

Mathematisch – Naturwissenschaftliche Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Masterarbeit

im Studiengang
Katastrophenvorsorgemanagement

Modellierung von Starkregenereignissen zur Einsatzvorplanung der Feuerwehr

Analyse einer vergangenen Sturzflut zur Identifizierung von potenziell zukünftig
wiederkehrenden Einsatzschwerpunkten in Dortmund



Vorgelegt von: Tim Ellerkmann

Erstgutachten: Prof. Dr.-Ing. Thomas Glade, Universität Wien
Zweitgutachten: Dr.-Ing. Sylvia Pratzler-Wanczura, Institut für Feuerwehr- und
Rettungstechnologie Dortmund

Bonn, den 26.09.2018

Erklärung

Hiermit versichere ich, die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst und erstellt zu haben. Dabei habe ich keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt und die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind kenntlich gemacht. Das Gleiche gilt auch für enthaltene Zeichnungen, Karten und Abbildungen. Darüber hinaus habe ich mich auch in sonstiger Weise keiner unerlaubten Hilfe bedient.

Bonn, den 26.09.2018

Tim Ellerkmann

Danksagung

Zur Erstellung dieser Masterarbeit war ich auf Hilfe und Unterstützung angewiesen, die mir auf vielfältige Weise zu Teil gekommen ist. An dieser Stelle möchte ich mich für diese Hilfe bedanken.

Zunächst gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Thomas Glade für die Konkretisierung der grundlegenden Arbeitsidee und die gute Betreuung. Des Weiteren danke ich Dr.-Ing. Sylvia Pratzler-Wanczura, dass sie mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ohne die Unterstützung der geomer gmbH wäre diese Arbeit nicht realisierbar gewesen. Für die Erstellung der Modellierungen und die Möglichkeit der Einblicke in Heidelberg gilt mein Dank dem ganzen Team von geomer. Besonderer Dank geht an Dr. rer. nat. Stefan Jäger für die grundlegende Realisierung der Unterstützung und Johanna Pulgrabia für die Umsetzung und weitergehende Hilfestellung bei der GIS-Darstellung.

Dem Team der Einsatzplanung der Feuerwehr Dortmund, dem Dortmunder Katasteramt und der Dortmunder Stadtentwässerung danke ich für die Hilfestellung und die Bereitstellung grundlegender Daten. Ebenso allen Interviewpartnern, die als Experten für diese Arbeit zur Verfügung gestanden haben. Hervorheben möchte ich hier Dr. rer. nat. Bodo Bernsdorf, über den ich, neben seiner Expertise, viele Kontakte knüpfen konnte.

Außerdem möchte ich all meinen Freunden für die Entlastungen während der Erstellungsphase danken. Der größte Dank gilt aber meiner Frau Antje, die mich bei der Erarbeitung der Masterarbeit stets unterstützte und mir die nötigen zeitlichen Freiräume zur Realisierung des Projekts ermöglichte.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
Abstract	X
1. Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Problemdarstellung	1
1.2 Arbeitshypothesen	2
2. Theoretische Grundlagen	4
2.1 Ausprägungen von Hochwasser	4
2.1.1 Definition eines fluvialen Hochwassers	5
2.1.2 Hochwassergefahrenkarten	6
2.1.3 Definition von Sturzflut und Starkregen	7
2.1.4 Starkregengefahrenkarten	9
2.1.5 Abgrenzung von Sturzflut und fluvialen Hochwassern	10
2.2 Chancen und Grenzen der Wettervorhersage	11
2.3 Einsatzvorplanung der Feuerwehren bei Sturzflutereignissen	13
2.3.1 Aktuelle Vorplanungspraxis für den operativen Starkregeneinsatz	13
2.3.2 Taktische Unterschiede im Einsatz bei fluvialen Hochwassern und Sturzfluten	14
2.3.3 Nutzung von Geoinformationssystemen bei Feuerwehren	15
3. Methodik	17
3.1 Geoinformationssysteme als umfangreiche Informationsquelle	17
3.2 Erstellung einer Einsatzstellenkarte als Nachbetrachtungs- und Validierungsprodukt	17
3.2.1 Grundlagen für die Aufbereitung von Daten aus einem Einsatzleitsystem	18
3.2.2 Aufbereitung von Einsatzdaten	18
3.2.3 Übertragung von Einsatzdaten in Geoinformationssysteme	20
3.3 Modellierung von Starkregenereignissen	21
3.3.1 Erfassung der Datengrundlagen	21
3.3.2 Aufarbeitung der Vorprodukte zur Modellierung	21

3.3.3	Nachgehende Modellierung eines realen Starkregenereignisses.....	23
3.3.4	Modellierung eines fiktiven Referenzereignisses mit festgelegter Magnitude...	24
3.3.5	Validierung der Modellierungsergebnisse	25
3.4	Modellierungsanalyse.....	25
4.	Ergebnisse	27
4.1	Nachbetrachtung der Jahrhundertsturzflut vom 26.07.2008 in Dortmund.....	27
4.2	Bestimmung und Charakteristik des Untersuchungsgebietes	28
4.3	Erstellung einer Einsatzstellenkarte vom 26.07.2008	29
4.4	Modellierung der Sturzflut vom 26.07.2008.....	31
4.4.1	Implementierung des Niederschlagsereignisses.....	32
4.4.2	Erstellung des abschließenden Modells	33
4.4.3	Validierung des Ergebnisses.....	36
4.5	Modellierung eines standardisierten Starkregens im Stadtgebiet Dortmund	39
4.5.1	Auswahl des Bemessungsregens	39
4.5.2	Validierung des Ergebnisses.....	42
5.	Gefährdungsanalyse	43
5.1	Auswahl der Betrachtungsobjekte.....	43
5.2	Gefährdungsanalyse des Referenzgebietes	44
6.	Diskussion.....	48
6.1	Ungenauigkeiten der Modellierung.....	48
6.1.1	Einheitlicher Bemessungsregen.....	48
6.1.2	Einfluss des Abwassersystems	49
6.1.3	Resilienz des Betrachtungsgebietes	49
6.2	Hochwassergefahrenkarte vs. Starkregenmodellierung	50
6.3	Starkregenrisikomanagement.....	51
7.	Perspektiven der Nutzung von Starkregengefahrenkarten bei der Feuerwehr	52
7.1	Starkregengefahrenkarten als Instrument zur Einsatzplanung der Feuerwehr	52
7.2	Starkregengefahrenkarten als taktisches Einsatzmittel	52
8.	Zusammenfassung.....	54
	Literaturverzeichnis.....	55
	Interviewverzeichnis.....	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Ausprägungen von Hochwasser (Zahnt et al. 2017)	4
Abbildung 2:	Beispiel einer Hochwassergefahrenkarte für ein Teilgebiet der Emscher (MULNV NRW 2018)	6
Abbildung 3:	Beispiel einer Starkregengefahrenkarte aus dem Einzugsgebiet der Glems (LUBW 2016)	10
Abbildung 4:	Vorwarnung vor potentiellen Gewittern mit Starkregen, konkrete Warnung erst bei realem Ereigniseintritt (eigene Darstellung aus DWD Wetterwarn-App, 12. und 13.05.2018)	12
Abbildung 5:	Erstellung der Abflussbeiwerttraster mit HydroRas (geomer GmbH 2018)...	23
Abbildung 6:	Endbetonter Niederschlagsverlauf für 100mm/h (Assmann 2008)	25
Abbildung 7:	Methoden zur Analyse der Verwundbarkeit von Bevölkerung und KRITIS gegenüber Starkregen (BBK 2013)	26
Abbildung 8:	Verortung des Referenzgebietes innerhalb des Dortmunder Stadtgebietes (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	29
Abbildung 9:	Darstellung der ereignisbezogenen Einsatzorte vom 26.07.2008 (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	30
Abbildung 10:	Darstellung der Einsatzorte im Referenzgebiet (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	31
Abbildung 11:	Stündliche RADOLAN Niederschlagshöhen im Gebiet von Dortmund am 26.07.2008 zwischen 15:00 und 18:00 Uhr (Grünewald et al. 2009)	32
Abbildung 12:	Modellierung der Überflutungstiefen nach dem Starkregen vom 26.07.2008, ohne fluvialen Einfluss (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	34
Abbildung 13:	Wasserstandanstieg an den Emscherpegeln Dortmund-Dorstfeld und Dortmund-Mengede (Grünewald et al. 2009)	35
Abbildung 14:	Modellierung der Überflutungstiefen nach dem Starkregen vom 26.07.2008 (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	36
Abbildung 15:	Vergleich des Modellierungsproduktes mit realer Bildbetrachtung an der Domänenstraße in Dortmund-Hombruch (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	37
Abbildung 16:	Vergleich des Modellierungsproduktes mit realer Bildbetrachtung an der Kreuzung Vogelpothsweg/Oberbank in Dortmund-Dorstfeld (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	37
Abbildung 17:	Vergleich des topografischen Senkenmodells (rot dargestellt) mit der Ereignismodellierung (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	38
Abbildung 18:	Modellierung der Überflutungstiefen bei einem Niederschlag von 60mm/h, ohne fluvialen Einfluss (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	40

Abbildung 19:	Darstellung der Überflutungstiefen für ein extremes Ereignis nach 60mm/h Niederschlag im Referenzgebiet (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	41
Abbildung 20:	Darstellung der Starkregengefahrenkarte für einen Niederschlag von 60mm/h (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap).....	42
Abbildung 21:	Verschnitt der potentiellen Schutzgüter und der Starkregengefahrenkarte (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	45
Abbildung 22:	Verschnitt der potentiellen Schutzgüter und der Nachbetrachtungskarte inkl. Fließgeschwindigkeiten und Einsatzstellen (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)	47
Abbildung 23:	Vergleich zwischen der Darstellung von Einsatzstellenkarte und HWGK und Einsatzstellenkarte mit Überflutungstiefen aus Modellierung der Nachbetrachtung (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap).....	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Schwellenwerte für Starkregen nach DWD (eigene Tabelle)	7
Tabelle 2:	Mustertabelle für eine regionale Bewertung nach KOSTRA-DWD (DWD 2018).....	9
Tabelle 3:	Auszug der unbearbeiteten Tabelle aus Einsatzdaten vom 26.07.2008 (eigene Darstellung, basierend auf einer Tabelle der Feuerwehr Dortmund, aus Datenschutzgründen verändert)	19
Tabelle 4:	Auszug aus der Matrix der Alarmierungstichworte der Feuerwehr Dortmund (Feuerwehr Dortmund 2017).....	20
Tabelle 5:	Relevante Einsatzstichworte Überschwemmung Feuerwehr Dortmund	29
Tabelle 6:	Regenmessung 26.07.2008 Wetterstation Dortmund-Universität (Meteomedia) (Grünwald et al. 2009).....	33
Tabelle 7:	Verwandte Berechnungsintervalle für die Modellierung des Realereignisses	33
Tabelle 8:	Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010 für die südwestlichen Stadtteile Dortmunds (DWD 2015).....	39
Tabelle 9:	Betrachtungsobjekte für die vereinfachte Gefährdungsanalyse.....	44
Tabelle 10:	Klassifizierung der Fließgeschwindigkeiten zur Gefahrenanalyse (LUBW 2016).....	46

Abkürzungsverzeichnis

AAO	Alarm- und Ausrückeordnung
ALK	Amtliches Liegenschaftskataster
ATKIS	Amtliches Topgraphisches-Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BHKG	Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz in Nordrhein-Westfalen
BSI-KritisVO	Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz
BÜK50	Bodenübersichtskarte (Maßstab 1:50.000)
DGM	Digitales Geländehöhenmodell
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
DWD	Deutscher Wetterdienst
ELS	Einsatzleitstelle
ELR	Einsatzleitrechner
EU	Europäische Union
FeWIS	Feuerwehr Wetterinformationssystem (Produkt des DWD)
GeoTIFF	Geo Tagged Image File Format
GIS	Geoinformationssystem
HWGK	Hochwassergefahrenkarte
HWRL	Hochwasserrichtlinie
KONRAD	Konvektive Entwicklung (Produkt des DWD)
KOSTRA	Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und –auswertung (Produkt des DWD)
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
MULNV NRW	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
MWIDE NRW	Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen
NRW	Nordrhein-Westfalen
QGIS	Quantum GIS

RADOLAN	Radar-Online-Aneichung (Produkt des DWD)
URBAS	Studie ‚Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten‘
VM NRW	Ministerium für den Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen
WCS	Web Coverage Service
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WMTS	Web Map Tile Service
WMS	Web Map Service

Abstract

In contrast to river floods, flash floods caused by heavy rain can cause floods even far away from any waters and endanger urban areas. Due to their legal mandate, fire brigades must avert personal injury and property damage and help with the handling of damage, both in the event of river floods and during flash floods. All potential application scenarios should be considered by fire brigades within the scope of pre-planning. The flood hazard maps available allow fire brigades to map and plan the hazards of river floods. There are currently no corresponding presentation options for the heavy rain events. Therefore, the fire brigades' pre-planning practice is currently limited to flood operations after river floods. GIS-based hydraulic modelling in the form of heavy rain hazard maps can compensate for this representation deficit. In this paper the creation and use of heavy rain hazard maps is presented. For this purpose, a heavy rain hazard map for a part of the city of Dortmund was modelled and a past flash flood event was traced at the same location. With the help of the created map, the past event could be analyzed systematically. In addition, a method for identifying future areas of application after heavy rain events was presented on the basis of the maps drawn up. This resulted in a systematic analysis of the identification of endangered objects. The practical applicability of the analysis was proved by comparing the forecast result with a review of the past flash flood. Using GIS and hydraulic modelling, the fire brigades will be able to present the risks of flash flood events for their own pre-planning and prepare for future events.

1. Einleitung

Naturgefahren stellen eine zunehmende Bedrohung für die weltweite Bevölkerung dar (Glade/Nadim 2013). Vorkommen und Auswirkungen solcher durch Wetterphänomene ausgelösten Schadensereignisse rücken durch vermehrte Berichterstattung der Medien in den Fokus der Gesellschaft (Zahnt et al. 2017). Akteure im Bevölkerungsschutz müssen sich auf Extremwetterlagen vorbereiten. Insbesondere großflächige Überschwemmungen führen vermehrt zu Einsätzen der Feuerwehr und verursachen weltweit Schäden von mehreren Milliarden Euro jährlich (Kutschker/Glade 2016a). Vor diesem Hintergrund sollen folgend die Problemstellung dieser Arbeit und die zu untersuchenden Arbeitshypothesen vorgestellt werden.

1.1 Hintergrund und Problemdarstellung

Die exemplarische Aufzählung von besonders schadensreichen Sturzflutereignissen wie in Dortmund im Juli 2008, Münster im Juli 2014, Braunsbach im Mai 2016 oder Wuppertal im Mai 2018, zeigt das hohe Gefährdungspotential von Sturzfluten. Dabei werden Gefahren durch Starkregen und daraus resultierenden Sturzfluten sowohl national als international häufig unterschätzt (URBAS 2008, Diakakis et al. 2018). Selbst die Europäische Union (EU) befasst sich in der „Richtlinie über die Betrachtung und das Management von Hochwasserrisiken“ (EU-HWRL) ausschließlich mit Hochwasserereignissen, die von Gewässern ausgehen. Die Gefahr von Überschwemmungen durch Starkregen bleibt in dieser Richtlinie vollkommen unberücksichtigt (Assmann 2008). Dabei sind rund die Hälfte der in Deutschland entstandenen Überschwemmungsschäden auf Starkregen zurückzuführen (BBK 2015, Günthert/Faltermaier 2016). Die Unterschätzung des Risikos führt zu einem trügerischen Sicherheitsgefühl bei der Bevölkerung und den zuständigen Sicherheitsorganen (BBK 2015). Sturzfluten stellen überall eine reale Gefahr dar, da dieses Phänomen auch fernab jeglicher Gewässer auftritt (DWA 2013). Durch die klimatische Veränderung der Erde wird die Häufigkeit von Starkregenereignissen in weiten Teilen Deutschlands zunehmen (Quirnbach 2011). Insbesondere plötzlich auftretende Sturzfluten, führen neben immensen Sachschäden immer wieder zu Personenschäden (DWA 2013). Die Abwehr von Personen- und Sachschäden sowie die Beseitigung eben dieser Schäden obliegt in Deutschland, trotz föderaler Gesetzesregelung, einheitlich den Feuerwehren (Kutschker/Glade 2016a). Es ist Aufgabe der Feuerwehren sich auf derartige Einsätze vorzubereiten und eine strukturelle Vorplanung vorzunehmen. Zur Vorplanung von sturzflutbedingten Überschwemmungsereignissen fehlen derzeit Instrumente und Informationsgrundlagen (vgl. Gespräch Aschenbrenner, Anlage 1).

Mit dieser Arbeit soll eine Modellierung als Instrument zur Vorplanung einer Sturzflut erarbeitet und auf ihren taktischen Nutzen für Feuerwehren untersucht werden. Darüber hinaus wird der Nutzen von Modellierungen als Instrument zur Nachbetrachtung geprüft. Zuvor wird der wissenschaftliche und einsatztaktische Unterschied zwischen einem fluvialen Hochwasser und einer Sturzflut verdeutlicht und die aktuelle Planungspraxis der Feuerwehren im Bezug auf

Hochwassergefahren vorgestellt. Diese Betrachtung konzentriert sich auf die rechtlichen Vorgaben des Landes Nordrhein-Westfalen (NRW), wobei die gewonnen Erkenntnisse auf alle Feuerwehren in Deutschland übertragbar sind. Für die Modellierung wird auf die gebotenen Möglichkeiten von Geoinformationssystemen (GIS) zurückgegriffen. Die Erarbeitung der Modellierung sowie die Untersuchung werden exemplarisch für ein Teilgebiet der Stadt Dortmund durchgeführt. Auf diese Weise wird eine Sturzflut nachbetrachtet, die in Dortmund am 26.07.2008 in Folge eines Starkregens einen Sachschaden in Millionenhöhe verursachte (BBK 2015).

1.2 Arbeitshypothesen

Zur Vorplanung von Überschwemmungsereignissen stehen den Feuerwehren aktuell flächendeckend nur Hochwassergefahrenkarten (HWGK) zur Verfügung. Nach der allgemein gebräuchlichen Assoziation mit dem Begriff „Hochwasser“, müssten diese Karten alle potentiell gefährdeten Überflutungsflächen ausweisen und somit für die Einsatzplanung relevante und Gefährdungsbereiche aufzeigen. Ausgehend von dieser Ansichtsweise müssten Einsatzschwerpunkte jeglicher, vergangener Überflutungsereignisse mit den ausgewiesenen Gefahrenflächen der HWGK übereinstimmen. In der Hypothese wird davon ausgegangen, dass diese Betrachtung eine Fehleinschätzung ist. Vielmehr werden in der Nachbetrachtung der Dortmunder Sturzflut vom 26.07.2008 Einsatzschwerpunkte erfasst, die bei einer Überschneidung mit HWGK keine übereinstimmende, räumliche Verortung aufweisen. Hierbei wird das Missverhältnis zwischen Einsatzschwerpunkten nach Starkregenereignissen und HWGK sichtbar. Modellierungen von Starkregenereignissen hingegen können alle tatsächlichen Gefahrenbereiche ausweisen und der einer Überschneidung mit ausgewerteten Einsatzorten eine Übereinstimmung liefern. Zur Prüfung dieser Hypothese sind folgende Fragen zu untersuchen:

1. *Zeigen die ausgewiesenen Risikoflächen aus den HWGK die Einsatzschwerpunkte eines nachträglich betrachteten Starkregenereignisses?*
2. *Zeigt die Modellierung des Wetterereignisses vom 26.07.2008 Flächen auf, die in den Hochwassergefahrenkarten nicht als Risikofläche ausgewiesen wurden aber dennoch einen Einsatzschwerpunkt der Feuerwehr darstellten?*

Unabhängig von der Frage zur Verwendbarkeit der Modellierungen als Identifizierungsprodukt von Einsatzschwerpunkten der Feuerwehr, wird die Möglichkeit der Erstellung von allgemeinen Starkregen Gefahrenkarten angenommen. Durch die Modellierung eines Starkregens mit festgelegter Magnitude wird bewiesen, dass diese Modelle mit den realen Verhältnissen vergleichbar sind und auch potentielle Überflutungsgefahren anzeigen. Hierfür müssen folgende Fragestellungen erörtert werden:

1. *Ist es möglich, durch Vorgabe fester Magnituden, allgemeine Starkregenmodellierungen vorzunehmen?*
2. *Können allgemeine Starkregenmodellierungen die gleichen Gefahrenpunkte ausweisen, die auch in einer Nachbetrachtung erkannt wurden?*

Die Modellierung von Starkregengefahrenkarten ermöglicht die Ausweisung von Risikoflächen und konkrete Gefahren beispielsweise für kritische Infrastrukturen oder die eigene Betroffenheit von Strukturen der Feuerwehr aufzuzeigen. Durch die Verwendung der Karten kann die Feuerwehr bereits in der Planung Maßnahmen für den potentiellen Ereigniseintritt ergreifen und organisatorische, personelle oder technische Vorbereitungen anpassen. Damit erhöht sich die Effektivität der agierenden Einsatzkräfte. Um dies zu beweisen sind folgende Fragen zu klären:

1. *Zeigen Vergleiche der Starkregenmodellierung mit einer Übersichtskarte von kritischen Infrastrukturen, Störfallbetrieben oder Ähnlichem eine Betroffenheit dieser Strukturen im Ereignisfall?*
2. *Können aus dem vorhergehenden Vergleich Maßnahmen für die Einsatzplanung der Feuerwehr abgeleitet werden?*

2. Theoretische Grundlagen

Zur Untersuchung der aufgestellten Arbeitshypothesen werden die maßgeblichen Faktoren zunächst theoretisch erläutert. Besonders betrachtet werden die Definitionen und Unterschiede von pluvialen und fluvialen Hochwassern. Zudem wird auf die Vorhersagemöglichkeit der unterschiedlichen Hochwasserausprägungen eingegangen. Weiterer Aspekt ist die aktuelle Praxis der Einsatzplanung und -bewältigung von Sturzfluten bei den Feuerwehren.

2.1 Ausprägungen von Hochwasser

Der Begriff ‚Hochwasser‘ kennzeichnet im Allgemeinen die Überschwemmung von Flächen durch eine große Menge Wasser. Nach Herget (2008) wird ein Hochwasser als vorübergehendes Ansteigen des Wasserstandes über einen festzulegenden Schwellenwert definiert. Ursachen für den Anstieg von Wasserständen oder gar die Existenz von großen Mengen Wasser an Stellen, die normalerweise nicht von Wasser bedeckt sind, können unterschiedlich sein. Die Ursachen bedingen differenzierte Ausprägungen in Bezug auf Ausbreitung, Dauer und in letzter Konsequenz auch Schadenspotenzial eines Hochwasserereignisses. Wie in Abbildung 1 dargestellt, werden Hochwasser in der Forschung entsprechend der Ursache differenziert und untergliedert.

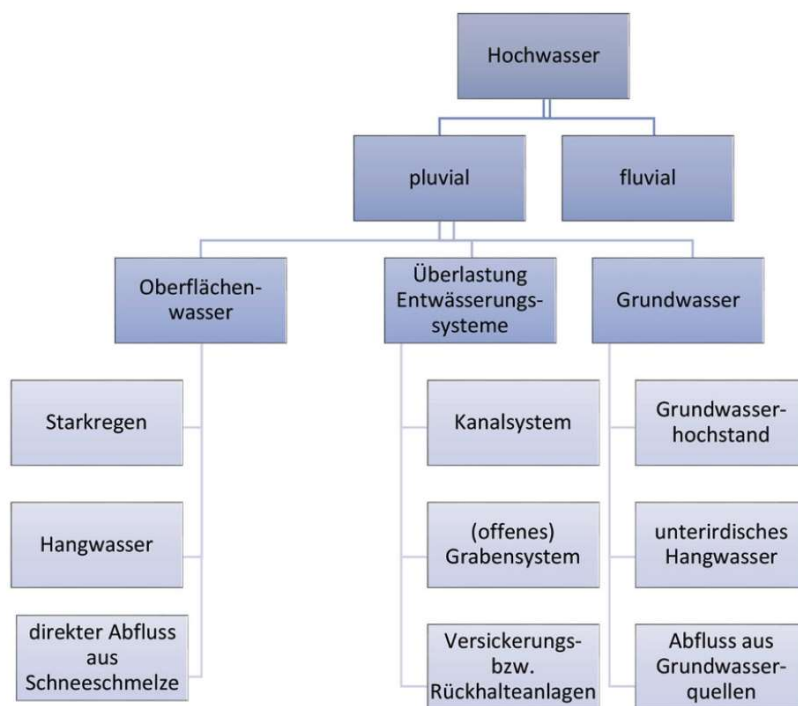


Abbildung 1: Ausprägungen von Hochwasser (Zahnt et al. 2017)

Allgemein werden fluviale und pluviale Hochwasser unterschieden, wobei fluviale Hochwasser grundsätzlich die Hochwasser in Verbindung mit Gewässern und pluviale Hochwasser sämtliche Überflutungen ohne Gewässerbezug darstellen. Pluviale Hochwasser können, hinsichtlich der Ursache, noch in weitere Kategorien untergliedert werden. Wie die genauen Definitionen

der unterschiedlichen Hochwasserausprägungen zeigen werden, sind die Ergebnisse der Hochwasserforschung, die eine Differenzierung von Hochwassern verlangen, außerhalb der Fachwelt nicht präsent (BBK 2015). Im Allgemeinen wird ein ‚Hochwasser‘ begrifflich mit einem fluvialen Hochwasser gleichgesetzt.

2.1.1 Definition eines fluvialen Hochwassers

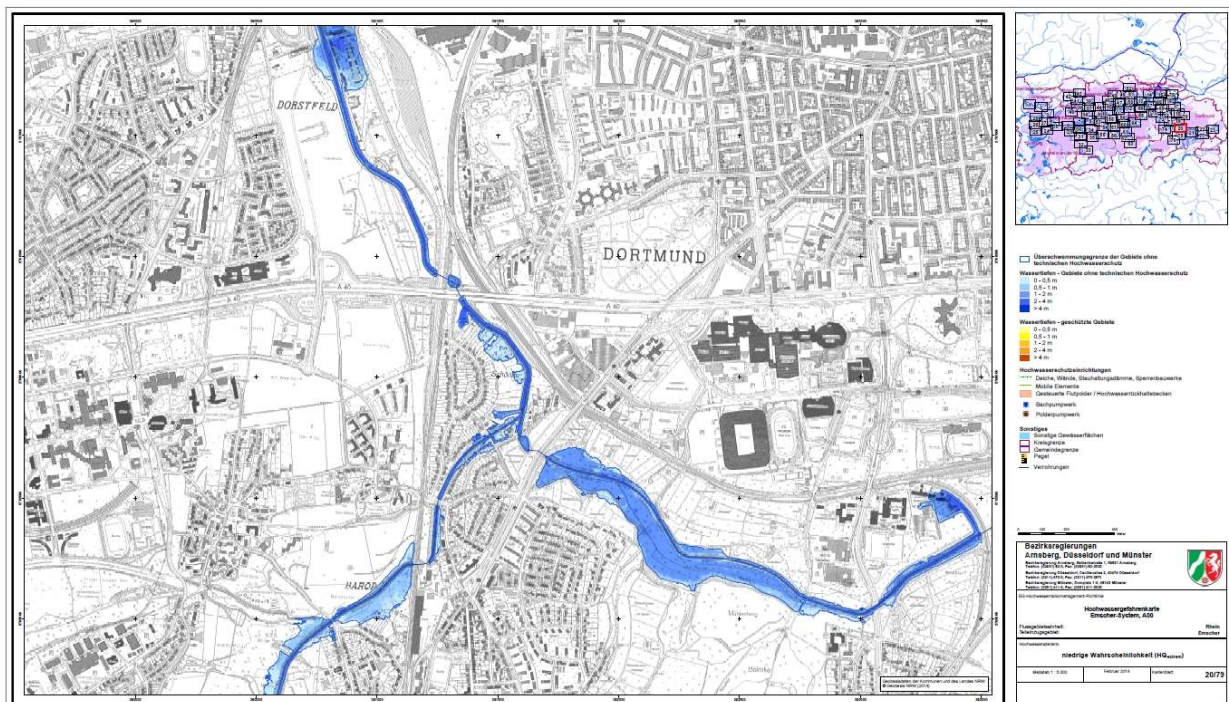
Grundsätzlich ist das Wort ‚fluvial‘ eine Ableitung des lateinischen Wortes für „Fluss“ und bedeutet „zum Fluß gehörig, von ihm abgelagert, geschaffen“ (Stemplewski/Ruppert 2011, 117). Aus dieser Herleitung und der Verwendung des Begriffes in der Fachliteratur wird deutlich, dass fluviale Hochwasser im Bezug zu einem Gewässer stehen. Im Leitfaden für die Berichterstattung im Rahmen der Hochwasserrichtlinie 2007/60/EC (2013) wird ein fluviales Hochwasser als Überflutung von Land durch Gewässer, die Teil eines natürlichen Entwässerungssystems sind, einschließlich natürlicher oder modifizierter Entwässerungsrinnen, definiert. Dies umfasst Überschwemmungen von Flüssen, Bächen und Entwässerungssystemen, Kanälen, Wildbächen sowie kurzlebige Wasserläufe, Seen und Überschwemmungen, die durch Schneeschmelze entstehen. Durch diese Definition konkretisiert die EU die eigene Definition eines ‚Hochwassers‘ aus dem Jahre 2007. Durch die Veröffentlichung der EU-HWRL wurde ein Hochwasser als zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist definiert. Diese umfasst Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser; Überflutungen aus Abwassersystemen können ausgenommen werden (EU 2007). Eine gleichlautende Definition findet sich in § 72 Wasserhaushaltsgesetz (WHG). Die allgemeine Hochwasserdefinition der EU beschreibt damit ausschließlich ein fluviales Hochwasser. Trotz der allgemeinen Gültigkeit der gesetzlichen Definition finden sich in der jüngeren Literatur weitere Definitionen eines allgemeinen Hochwassers. Beispielsweise wird ein Hochwasser von Stemplewski/Ruppert (2011) als das erhebliche Ansteigen des natürlichen Abflusses oder Wasserstandes von Flüssen und Seen definiert. Weitergehend wird dort erläutert, dass sich ein Hochwasser Flussabwärts in Gestalt einer Welle fortpflanzt, wobei der Scheitel abflacht. Alle genannten Definitionen setzen die Existenz eines Gewässers, als Ursache für eine Überschwemmung voraus. Die Definitionen beschreiben nur vermeintlich den allgemeinen Begriff ‚Hochwasser‘, vielmehr werden fluviale Hochwasser beschrieben. Insbesondere durch gesetzliche Festlegung des Hochwasserbegriffes verfestigt sich die Assoziation zwischen dem allgemeinen Hochwasserbegriff und fluvialen Hochwassern.

Fluviale Hochwasser können hinsichtlich ihres statistischen Wiedereintretens klassifiziert werden. Die Einordnung eines fluvialen Hochwassers basiert auf speziell für ein Gewässer ermittelten, statistischen und hydrologischen Abflusskennwerten. Die Klassifizierung erfolgt anhand von Jährlichkeiten, die ein statistisch einmaliges Auftreten des Ereignisses innerhalb einer ausgewählten Zeitspanne angeben (LUBW 2016).

2.1.2 Hochwassergefahrenkarten

Mit der HWRL hat die EU die Gefahren fluvialer Hochwasser erkannt und eine rechtlich verbindliche Handlungsanweisung zur Hochwasserprävention an die Mitgliedstaaten ausgegeben (vgl. EU 2007). Kern dieser Richtlinie ist die Darstellung von fluvialen Hochwassergefahren in Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, sowie die daraus resultierende Erstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen. Die Vorgabe der EU wurde 2009 bei der Überarbeitung des WHG in nationales deutsches Recht umgesetzt, wonach die Bundesländer für die Umsetzung der EU Vorgaben verantwortlich sind.

In NRW wurden die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten bis Ende des Jahres 2013 erstellt. Seitdem stehen diese Karten für die Flüsse Rhein, Ems, Maas und Weser sowie deren Zuflüsse zur Verfügung (MULNV NRW 2014). In den HWGK werden Überflutungsflächen der Fließgewässer bei unterschiedlichen Referenzereignissen dargestellt. Gemäß den Vorgaben von § 74 Abs. 2 WHG existieren Gefahrenkarten für Hochwasser mit hoher (HQ10), mittlerer (HQ100) und niedriger (HQextrem) Wahrscheinlichkeit. Abbildung 2 zeigt eine exemplarische Hochwassergefahrenkarte für ein HQextrem an der Emscher (Zufluss des Rheins) in Dortmund. In den Gefahrenkarten werden das Ausmaß der Überflutung (Fläche), der mögliche Wasserstand in den Überflutungsgebieten und gegebenenfalls die Fließgeschwindigkeit oder der relevante Wasserabfluss dargestellt (MULNV NRW 2014). Seit ihrer Erstellung dienen die Hochwassergefahrenkarten den Gemeinden in vielfältiger Weise zur Ausweisung von Gefahrenflächen, bei der Bauplanung und eben auch zur Vorplanung von Schutzmaßnahmen für die Bevölkerung.



2.1.3 Definition von Sturzflut und Starkregen

Pluviale Hochwasser sind „Überflutungen, die aus niederschlagsgenerierten Oberflächenabflüssen und -überflutungen verursacht werden, bevor der Abfluss ein Fließgewässer oder ein Entwässerungssystem erreicht, oder nicht in dieses Netzwerk fließen kann, da seine Kapazitätsgrenzen erreicht sind“ (Falconer et al. 2009, zit. n. Zahnt et al. 2017, 65). Ähnlich definiert die EU (2013) pluviale Hochwasser als Überschwemmung von Land direkt aus Niederschlagswasser oder eine Landüberschwemmung durch Niederschlagsabflüsse. Nach Herget (2008, 165) versteht man unter einer Sturzflut: „Ein in kleinen Einzugsgebieten zu beobachtendes abruptes Ansteigen des Abflusses in Folge konvektiver Niederschläge“. Starke Niederschläge sind als Ursache von Sturzfluten anzusehen (Bek et al. 2010). Entsprechend der Definitionen sind Sturzfluten durch Niederschlagsabflüsse ausgelöste, pluviale Hochwasser.

Nach dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2015) sind Starkregenereignisse ausschließliche Auslöser einer Sturzflut. Die 2008 in Deutschland fertig gestellte Studie „Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten“ (URBAS) bestätigt diese Angabe. Nach dieser Studie entsteht keine Sturzflut ohne Starkregen (URBAS 2008). Der Begriff ‚Starkregen‘ ist nur eine umgangssprachliche Beschreibung für einen Starkniederschlag (Kutschker/Glade 2016a). Mittlerweile wird der Begriff in den Publikationen des BBK als Leitthema genannt und in der weiteren Fachliteratur anstelle des Begriffes ‚Starkniederschlag‘ genutzt. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit durchgehend der Begriff ‚Starkregen‘ verwandt. Für die Definition eines Starkregens gibt es unterschiedliche, wissenschaftliche Ansätze (Kutschker/Glade 2016a). Für das grundsätzliche Verständnis wird die vereinfachte Definition des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen. Starkregen sind demnach große Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit (DWD 2018). Rückfolgender müssen Schwellenwerte existieren, die einen Starkregen von einem normalen Niederschlagsereignis unterscheiden. Diese Schwellenwerte wurden vom DWD aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegt und werden in Tabelle 1 dargestellt. Bei einer Schwellenwertüberschreitung gibt der DWD eine Warnung aus. Ein Regenereignis mit mehr als 15 l/m² in einer Stunde bzw. 20 l/m² in sechs Stunden wird vom DWD als Starkregen eingestuft.

Tabelle 1: Schwellenwerte für Starkregen nach DWD (eigene Tabelle)

Warnstufe	Schwellenwert	Quelle
Markantes Wetter	15 bis 25 l/m ² in 1 h 20 bis 35 l/m ² in 6 h	DWD Warnkriterien (Homepage DWD)
Unwetter	> 25 l/m ² in 1 h > 35 l/m ² in 6 h	DWD Warnkriterien (Homepage DWD)
Extremes Unwetter	> 40 l/m ² in 1 h > 60 l/m ² in 6 h	DWD Warnkriterien (Homepage DWD)

Da der DWD für die amtlichen Wetterwarnungen in Deutschland zuständig ist (Kunz-Plapp 2008) und die Feuerwehren mit dem DWD zusammenarbeiten, werden die Schwellenwerte des DWD im Rahmen dieser Arbeit als Kriterium für die Einstufung eines Regenereignisses herangezogen.

Ob und ab welcher Intensität ein Starkregen eine Sturzflut auslöst und damit ggf. Schäden verursacht, ist nicht nur vom Regen, sondern insbesondere vom beregneten Gebiet und dessen Oberfläche abhängig. Durch die unterschiedliche topographische Beschaffenheit verschiedener Regionen, unterscheidet sich das Abflussverhalten von Regenwasser teilweise erheblich. Vergleichbare Niederschläge können in manchen Regionen zu massiven Schäden führen, während andernorts überhaupt keine Schäden auftreten. Zusätzlich sind Starkregen sowohl zeitlich, als auch räumlich sehr variabel (DWD 2017).

Eine Zuweisung von vergleichbaren Starkregenextremwerten kann nur regional begrenzt erfolgen. Die regionale Ermittlung und Einordnung der statistischen Wiederkehrzeit wird durch die ‚Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des DWD‘ (KOSTRA-DWD) vorgenommen. Hiermit entsteht ein Atlas, in dem für kleinräumige Gebiete, Starkniederschlagshöhen in verschiedenen Dauerstufen aufgelistet und einem statistischen Wiederkehrintervall zugewiesen werden. Die Einordnung der Niederschlagshöhen basiert auf einer einheitlichen, statistischen Auswertung vergangener Niederschläge in der ausgewählten Region (DWD 2015). Der Atlas wird in regelmäßigen Abständen fortgeschrieben und betrachtet eine historische Auswertung der Niederschläge zwischen dem Jahr 1951 und dem Erstellungsjahr der aktuellen Atlasausgabe (DWD 2017). Für jedes Gebiet ist im KOSTRA-Atlas eine Tabelle ausgewiesen, wie sie exemplarisch in Tabelle 2 dargestellt wird. Über die KOSTRA Zuweisung können gemessene Starkregen regional, extremwertstatistisch eingeordnet werden (Grünwald et al. 2009).

Tabelle 2: Mustertabelle für eine regionale Bewertung nach KOSTRA-DWD (DWD 2018)

DWD

Deutscher Wetterdienst
Wetter und Klima aus einer Hand

Niederschlagshöhen und Niederschlagsspenden
Musterort KOSTRA - DWD 2010

Auswertungszeitraum: 1951 - 2010

Jan - Dez

Andauer	Wiederkehrzeit (Jahre)																
	1		2		5		10		20		30		50		100		
	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	N	R	
5 Min.	5,3	176,7	6,8	226,1	8,7	291,4	10,2	340,8	11,7	390,2	12,8	419,1	13,7	455,5	15,1	504,9	
10 Min.	8,3	138,3	10,4	172,7	13,1	218,1	15,1	252,4	17,2	286,8	18,4	306,9	19,9	332,2	22,0	366,5	
15 Min.	10,3	114,4	12,8	142,2	16,1	178,9	18,6	206,7	21,1	234,4	22,6	250,7	24,4	271,1	26,9	298,9	
20 Min.	11,7	97,5	14,6	121,4	18,4	152,9	21,2	176,8	24,1	200,7	25,8	214,7	27,9	232,3	30,7	256,1	
30 Min.	13,6	76,6	17,1	94,9	21,7	120,4	25,1	136,7	28,6	156,0	30,7	170,3	33,2	184,5	36,7	203,8	
45 Min.	15,2	56,3	19,4	71,9	25,0	92,5	29,2	108,1	33,4	123,8	35,9	132,9	39,0	144,4	43,2	160,0	
60 Min.	16,1	44,7	20,9	56,1	27,3	75,9	32,1	89,3	37,0	102,7	39,8	110,6	43,4	120,5	48,2	133,9	
90 Min.	17,9	33,2	22,7	42,0	29,0	53,8	33,8	62,6	38,6	71,5	41,4	78,7	45,0	83,3	49,7	92,1	
2 Std.	19,2	26,7	24,0	33,3	30,3	42,0	35,0	48,7	39,8	55,3	42,6	59,2	46,1	64,0	50,9	70,7	
3 Std.	21,3	19,7	26,0	24,1	32,3	29,9	37,0	34,3	41,7	38,7	44,5	41,2	48,0	44,4	52,7	46,8	
4 Std.	23,0	16,0	27,7	16,2	33,9	23,5	38,6	26,8	43,3	30,1	46,1	32,0	49,6	34,4	54,3	37,7	
6 Std.	25,5	11,8	30,2	14,0	36,3	16,8	41,0	19,0	45,7	21,1	48,4	22,4	51,8	24,0	56,5	26,2	
9 Std.	28,2	8,7	32,8	10,1	39,0	12,0	43,6	13,5	48,2	14,9	50,9	15,7	54,3	16,8	59,0	18,2	
12 Std.	30,4	7,0	35,0	8,1	41,1	9,5	45,7	10,6	50,3	11,6	53,0	12,2	56,4	13,0	61,0	14,1	
18 Std.	34,4	5,3	40,0	6,2	47,5	7,3	53,1	8,2	58,8	9,0	62,0	9,6	66,2	10,2	71,8	11,1	
24 Std.	37,6	4,4	44,0	5,1	52,4	6,1	58,7	6,8	65,1	7,6	68,8	8,0	73,5	8,5	79,9	9,3	
48 Std.	46,5	2,7	54,6	3,2	65,4	3,8	73,5	4,3	81,6	4,7	86,4	5,0	92,3	5,4	100,5	5,8	
72 Std.	52,6	2,1	61,8	2,4	73,8	2,9	83,0	3,2	92,2	3,6	97,5	3,8	104,3	4,1	113,4	4,4	

N = Niederschlagshöhe in Millimeter

R = Niederschlagsspende in Liter pro Sekunde und Hektar

Mittlere jährliche Niederschlagshöhe für 1951 - 2010: xxx mm

Gutacht

© DWD - Hydrometeorologie

Erstellungsdatum: 30.06.16

2.1.4 Starkregengefahrenkarten

Im Gegensatz zu HWGK existiert für die Erstellung von Starkregengefahrenkarten keine verbindliche Rechtsgrundlage. Dies bedingt ebenfalls eine fehlende Zuständigkeits- bzw. Verantwortungszuweisung für deren Erstellung. Eine flächendeckende Verfügbarkeit dieser Karten besteht in Deutschland nicht (Stemplewski et al. 2015). Für die Erstellung von Starkregengefahrenkarten existiert auch keine verbindliche Norm. Die allgemeinen Erstellungshinweise der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) oder die Erstellungsleitfäden der Fachministerien der Bundesländer Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg entfalten keine rechtliche Bindung für die Ersteller. In den anderen Bundesländern oder gar bundesweit existieren keine Leitfäden oder Vorgaben. Die Gefahrenkarten werden auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse erstellt und können in der verwandten Methodik voneinander abweichen.

Grundsätzlich sind Starkregengefahrenkarten das Ergebnis hydraulischer Berechnungen eines potentiellen Oberflächenabflusses (LUBW 2016) und dienen der Darstellung von potentiell vom Starkregenabfluss betroffenen Flächen (Assmann et al. 2012). In Starkregengefahrenkarten können die Ausdehnung der Überflutung, die Überflutungstiefe und die tiefengemittelten Fließgeschwindigkeiten dargestellt werden (LUBW 2016). Abbildung 3 zeigt exemplarisch eine Starkregengefahrenkarte für die Gemeinde Ditzingen im Einzugsgebiet der Glems.

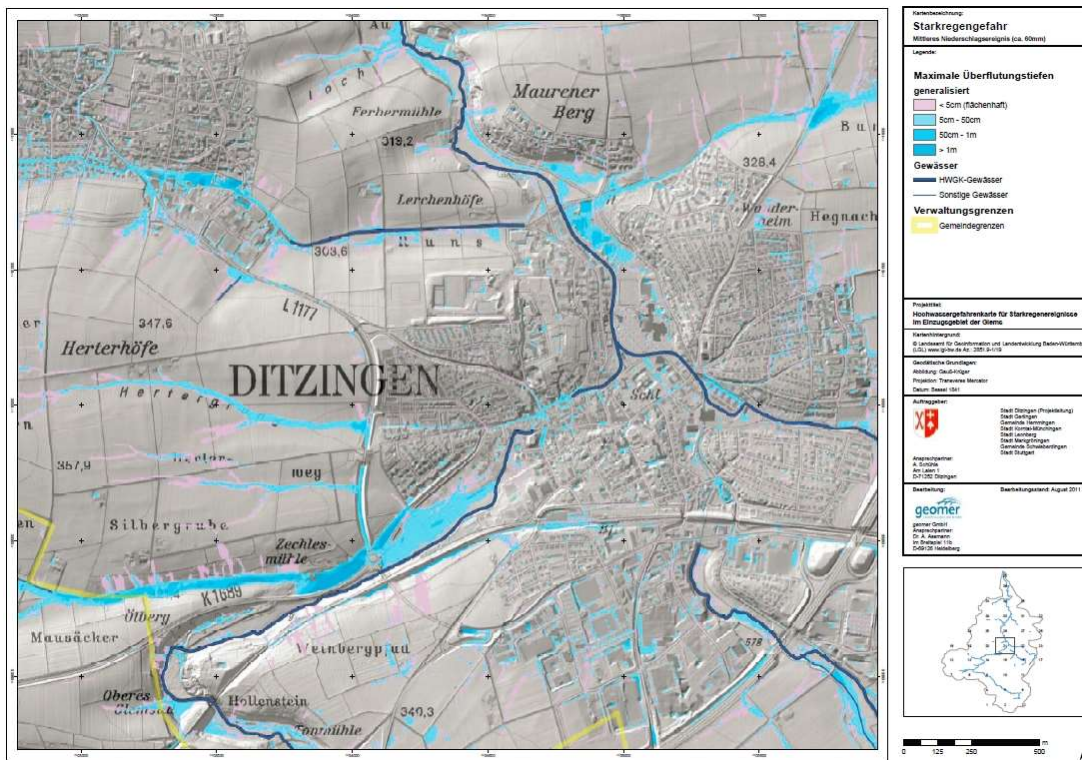


Abbildung 3: Beispiel einer Starkregengefahrenkarte aus dem Einzugsgebiet der Glens (LUBW 2016)

Berechnungen für Starkregengefahrenkarten basieren auf den Eingangsgrößen Niederschlag und Oberflächeneigenschaften. Im Gegensatz zu Hochwassergefahrenkarten liegen für diese Eingangsgrößen keine statistischen Abflusskennwerte o.ä. vor, die eine Auswertung von Eintrittswahrscheinlichkeiten zulassen würden. Die Zuweisung von vergleichbaren Jährlichkeiten ist daher nicht möglich (LUBW 2016). In den benannten Leitfäden wird die Erarbeitung verschiedener Starkregengefahrenkarten für das gleiche Gebiet empfohlen. In der Regel werden Starkregengefahrenkarten für regional seltene, außergewöhnliche und extreme Ereignisse erarbeitet (LUBW 2016). Die variable Kenngröße für diese Szenarien ist dann der ausgewählte Bemessungsniederschlag, der sich gemäß KOSTRA-DWD einordnen lässt.

2.1.5 Abgrenzung von Sturzflut und fluvialen Hochwassern

Sturzfluten und fluviale Hochwasser erzeugen eine Überschwemmung von sonst überflutungsfreien Flächen. Die Ursache der Phänomene ist dabei sehr unterschiedlich. Für den Umgang mit Hochwasser ist eine ursachenbezogene Differenzierung sinnvoll, da auch Vorsorge und Risikomanagement den Ursachen angepasst werden müssen (Herget 2008). Insbesondere für Organe der Gefahrenabwehr ist diese Erkenntnis von handlungsleitender Bedeutung, da Gefahrenabwehr in der Regel eine Ursachenbekämpfung darstellt.

Fluviale Hochwasser entstehen an Gewässern. Ihr Gefahrenpotential ist auf die Umgebung eines Gewässers beschränkt und kann räumlich abgegrenzt werden. Darüber hinaus entstehen diese Hochwasser durch einen Zulauf von Wasser in das entsprechende Gewässer. Bei Flüssen setzt sich das Hochwasser als Welle im Flusslauf fort. Der Zulauf und die entstehende Hochwasserwelle lassen sich zeitlich gut berechnen und ermöglichen eine Vorhersage (DWA

2013). Überschwemmungen durch fluviale Hochwasser laufen grundsätzlich statisch ab. Durch die Erhöhung des Wasserstandes in einem Gewässer, wird das umliegende Land weiter durch Wasser bedeckt. Hohe Fließgeschwindigkeiten ergeben sich höchstens durch die eigene Fließgeschwindigkeit des Gewässers oder durch Kaskadenereignisse, wie Damm- oder Deichbrüche.

Sturzfluten sind räumlich nicht begrenzt und können überall, auch fernab von Gewässern auftreten (Stemplewski/Ruppert 2011, BBK 2015, DWA 2013). Des Weiteren ist die räumliche Ausdehnung des Ereignisses unbekannt. Die Ursache dieses Phänomens, der Starkregen, lässt sich nicht sicher voraussagen (Wünsche 2016). Bei der Entstehung einer Sturzflut ist keine nennenswerte Vorwarnzeit möglich (DWA 2013). Nach den Erkenntnissen der Studie URBAS (2008) ist eine Vorwarnung solcher Ereignisse sogar nahezu ausgeschlossen. Das Schadenspotential von Sturzfluten wird durch die auftretende Dynamik des Ereignisses wesentlich erhöht, da bei Oberflächenabflüssen oftmals hohe Fließgeschwindigkeiten entstehen (Stemplewski et al. 2015). Diese zusätzlich auftretenden Kräfte erhöhen die Gefahr für Sach- und Personenschäden (Beyer 2016). Unter bestimmten Voraussetzungen korrelieren fluviale Hochwasser mit pluvialen Ereignissen. Fließgewässer bilden die Endpunkte des natürlichen Oberflächenabflusses und werden bei Starkregen besonders beaufschlagt. Insbesondere Abflussraten kleiner Flüsse und Bachläufe mit einem Einzugsgebiet unter 200 km² (Krahe 2017) steigen bei einem lokalen Starkregenereignis schlagartig auf ein extremes Niveau an. Hierdurch entstehen atypische fluviale Hochwasser, die in Verbindung mit dem gleichzeitig ablaufenden pluvialen Ereignis eine besonders starke Sturzflut auslösen. Die Eigenschaften dieser korrelierenden Ereignisse sind jedoch mit denen pluvialer Hochwasser gleichzusetzen.

Fluviale Hochwasser können durch Kräfte der Gefahrenabwehr nicht nur vorgeplant, sondern im Ereignisfall praktisch vorbereitet werden. Hier sind sowohl die örtliche Ausprägung des Ereignisses, als auch der zeitliche Eintritt der Gefahr mit ausreichendem Vorlauf bekannt. Sturzfluten hingegen können weder örtlich präzise, noch in der räumlichen Ausdehnung oder gar in deren Intensität vorausgesagt werden. Damit sind Sturzfluten unberechenbar (BBK 2015) und stellen insbesondere Feuerwehren vor eine besondere Herausforderung (Beyer 2016).

Das Schadenspotential eines Hochwassers ist nicht nur von der Art und Intensität des Ursachenereignisses, sondern auch von der Vulnerabilität des betroffenen Gebietes abhängig. Ist ein Gebiet auf Hochwasserschäden vorbereitet und hält entsprechende Schutz- und Bewältigungsmechanismen vor, wird das Schadensausmaß bei einem vergleichbaren Ereignis, geringer sein, als in unvorbereiteten Gebieten (Weichselgartner 2008). Nach den Vorgaben des geltenden Baurechts, begrenzt sich die Vorbereitung in Deutschland auf die Abwehr von fluvialen Hochwassern (Günthert/Faltermeier 2016).

2.2 Chancen und Grenzen der Wettervorhersage

Zur effektiven Gefahrenabwehr, insbesondere zur Erarbeitung von präventiven Maßnahmen zur Vermeidung von Personen- und Sachschäden ist eine rechtzeitige Warnung der agieren-

den Kräfte erforderlich. Eine frühzeitige Vorhersage von Starkregenereignissen ist nach aktuellem Forschungsstand nahezu unmöglich (BBK 2015). Zwar werden Starkregen von den Wetterdiensten erfasst und ausgewertet, eine zuverlässige und frühzeitige Vorhersage wie bspw. bei Warnungen vor starken Stürmen, steht den Gefahrenabwehrbehörden aber nicht zur Verfügung. Die Vorhersagbarkeit dieser Ereignisse scheitert an der kurzfristigen Entstehung eines Starkregenfeldes. In der Regel sind Starkregen konvektive Niederschläge (Wünsche 2016, URBAS 2008, DWD 2017). Diese Niederschlagsart entsteht vorrangig zu den warmen Jahreszeiten und ist an einen hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft gekoppelt (URBAS 2008). Durch unterschiedliche meteorologische Vorgänge kann die feuchte Luft zum Aufstieg gebracht werden, wo sie sich abkühlt und die Feuchtigkeit in Form von Regen herabfällt (URBAS 2008). Dieser Vorgang kann in kurzer Zeit auf einem kleinräumlich begrenzten Gebiet entstehen und ist im Rahmen der Vorhersage kaum zu erfassen. Lediglich das Potenzial einer Gesamtwetterlage, die einen konvektiven Niederschlag ermöglicht oder begünstigt, kann vorausgesagt werden (Wünsche 2016). Der tatsächliche Eintritt eines Starkregens kann zeitlich und örtlich nur etwa 30-60 Minuten vorab und damit sehr kurzfristig prognostiziert werden (Wünsche 2016). Dabei werden potentielle Starkregenzellen radarbasiert bei deren Entstehung erfasst und vorausgesagt. Diese Vorhersage stellt eine aktuelle IST-Analyse dar und wird in der Meteorologie auch als Nowcasting-Verfahren bezeichnet (URBAS 2008).

Der in Deutschland für allgemeine Wetterwarnungen zuständige DWD warnt die Bevölkerung vor Starkregen über frei zugängliche Warnkanäle. Wie in Abbildung 4 dargestellt wird frühzeitig in den Gebieten gewarnt, in denen das Potential für eine Unwetterlage vorhanden sein wird. Konkrete Warnungen werden erst bei Eintritt des Ereignisses ausgesprochen.

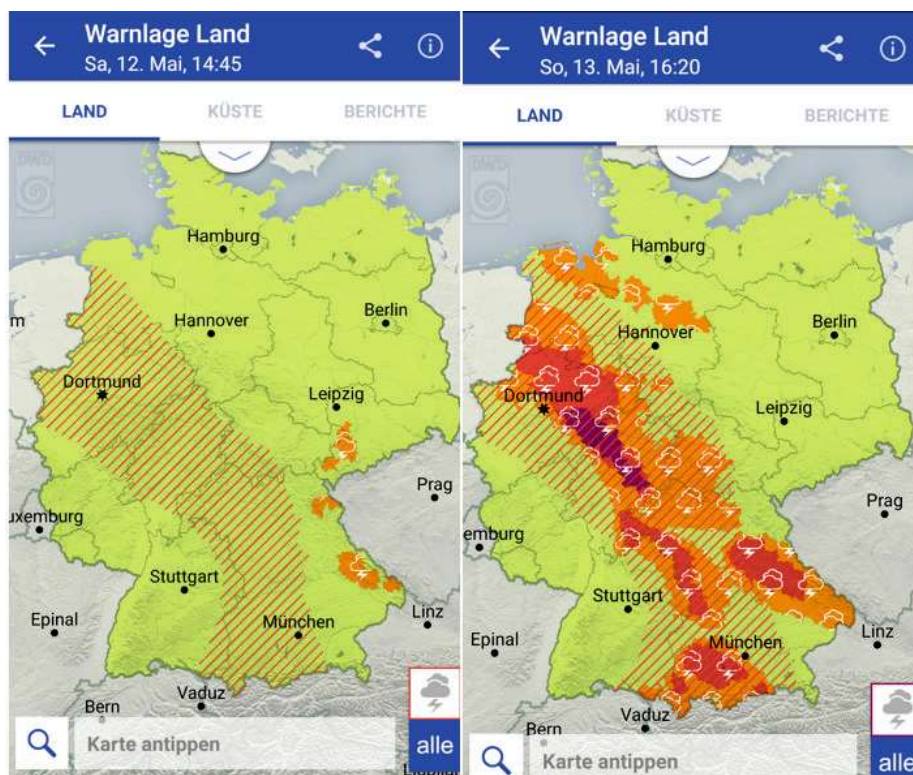


Abbildung 4: Vorwarnung vor potentiellen Gewittern mit Starkregen, konkrete Warnung erst bei realem Ereigniseintritt (eigene Darstellung aus DWD Wetterwarn-App, 12. und 13.05.2018)

Mit dem Feuerwehr-Wetterinformationssystem (FeWIS) stellt der DWD den Feuerwehren ein System zur dauerhaften Wetterbeobachtung zur Verfügung. Über dieses System werden online basierte Echtzeit-Warnungen, Radarbilder und weitere Produkte des DWD zur Verfügung gestellt. Eines dieser Produkte ist das Nowcasting-Verfahren KONRAD. Ziel des Produktes ist die radarbasierte Erkennung, Verfolgung und Vorhersage von Gewitterzellen, insbesondere von konvektiven Wetterereignissen (DWD 2018). Die Aktualisierung der KONRAD Daten und Karten erfolgt alle fünf Minuten. Eine frühere Warnung vor Starkregenereignissen ist durch dieses System zwar nicht möglich, dennoch kann über dieses Nowcasting-Produkt die räumliche Ausdehnung, die Intensität und der mögliche weitere Verlauf eines Starkregens beobachtet und abgeschätzt werden. Dies ermöglicht den Nutzern, den potentiellen weiteren Verlauf eines konvektiven Ereignisses nachzuvollziehen. Eine exakte Echtzeit Messung der Niederschlagsintensität über Radardaten ist jedoch nicht möglich (Canli et al. 2016).

2.3 Einsatzvorplanung der Feuerwehren bei Sturzflutereignissen

Die Gemeinden in NRW sind gesetzlich verpflichtet, vorbeugende und abwehrende Maßnahmen bei Brandgefahren, sonstigen Unglücksfällen und Katastrophen zu gewährleisten. Hierfür haben die Gemeinden leistungsfähige Feuerwehren vorzuhalten (BHKG NRW). Weiter schreibt der Gesetzgeber in NRW vor, dass die Gemeinden unter Beteiligung der Feuerwehr, Brandschutzbedarfspläne und konkrete Pläne für den Einsatz der öffentlichen Feuerwehr aufzustellen haben (BHKG NRW 2015). Neben den konkret vorgeschriebenen Brandschutzbedarfsplänen, in denen der grundsätzliche Aufbau der Feuerwehr, die möglichen Gefahrenschwerpunkte der Gemeinde und finanzielle Anforderungen der Feuerwehr beschrieben werden, existieren in den Gemeinden in NRW sog. Alarm- und Ausrückeordnungen (AAO). Mit der AAO wird der gesetzliche Auftrag zur Vorplanung konkreter Einsätze erfüllt. In der AAO werden spezielle Einsatzszenarien kategorisiert und konkrete Handlungsanweisungen für die Feuerwehrkräfte sowie die Alarmierungsfolge der Einsatzkräfte festgelegt. Eine gesetzliche Vorgabe zum Inhalt von Brandschutzbedarfsplänen und AAOs existiert nicht. Die ‚Handreichung zur Brandschutzbedarfsplanung für kommunale Entscheidungsträger‘ des NRW Innenministeriums zeigt umzusetzende Inhalte der Brandschutzbedarfspläne auf, entfaltet aber keine Rechtsbindung für die Feuerwehren. Praktisch werden die Pläne von den Gemeinden stets nach sorgfältiger Betrachtung des eigenen Gefahrenpotentials, auf Basis wissenschaftlicher Grundlagen und anhand von Empfehlungen der Feuerwehrfachverbände festgelegt. Grundsätzlich führt die fehlende rechtliche Inhaltsvorgabe zwischen den Gebietskörperschaften zu großen Unterschieden in der Vorplanung von Feuerwehreinsätzen, sowohl in taktischer als auch technischer Hinsicht.

2.3.1 Aktuelle Vorplanungspraxis für den operativen Starkregeneinsatz

Welche konkreten Szenarien von einer Feuerwehr in der eigenen Vorplanung betrachtet werden, obliegt der Zuständigkeit der Gemeinde. Nach der Empfehlung des Innenministeriums NRW werden von den Feuerwehren Einsatzszenarien für Brände, Verkehrsunfälle und Unfälle

mit atomaren Stoffen vorgeplant (MIK NRW et. al. 2016). Eine Vorplanung von Hochwasserereignissen ist in der Empfehlung nicht vorgesehen und bei den Feuerwehren noch eine Seltenheit (vgl. Gespräch Aschenbrenner, Anlage 1). Bei Gemeinden an großen Fließgewässern existieren entsprechende Planungen, die sich in der Regel ausschließlich mit der Abwehr fluvialer Hochwasserereignisse befassen.

Das MULNV NRW und das VM NRW haben im Jahr 2016 das ‚Konzept Starkregen NRW‘ veröffentlicht. In diesem Konzept werden Maßnahmen, Angebote und Programme des Landes zur Verringerung von Schäden durch starkregenbedingte Sturzfluten vorgestellt. Nach diesem Konzept sollen die Gemeinden, die spezifischen Gefahren durch Starkregen im Rahmen der Brandschutzbedarfspläne betrachten. Eine rechtliche Verpflichtung oder eine konkrete Beschreibung einer solchen Vorplanung findet sich in diesem Maßnahmenpaket nicht. Eine Umsetzung dieser Empfehlung ist bisher ebenso wenig erfolgt. Die Bedarfsplanung der Feuerwehren ist kein kontinuierlicher Prozess, da die rechtliche Verpflichtung zur Fortschreibung nur alle 5 Jahre besteht (BHKG NRW). Aus diesem Grund muss die weitere Entwicklung der Empfehlungsumsetzung abgewartet werden.

2.3.2 Taktische Unterschiede im Einsatz bei fluvialen Hochwassern und Sturzfluten

Im Gegensatz zu anderen Einsatzszenarien werden Hochwasser- und Sturzfluteinsätze in der Ausbildung der Feuerwehreinsatzkräfte nicht thematisiert, obwohl eine spezielle Unterweisung nötig wäre (Bartmann 2007). Dies gilt sowohl für die Grund- als auch für die Führungsausbildung. Eben so wenig wird das Thema in den Standardregelwerken der Feuerwehr bspw. den Feuerwehrdienstvorschriften aufgefasst. Darüber hinaus bestehen, im ansonsten von Normen und Standards dominierten Fachbereich der Feuerwehr, keine genormten Vorgehensweisen oder Planungen für den operativ-taktischen Einsatz bei Sturzfluten. Ebenso mangelt es an Richtlinien oder Fachempfehlungen der Feuerwehrverbände, wobei die Erarbeitung entsprechender Richtlinien bereits angedacht ist (vgl. Gespräch Aschenbrenner, Anlage 1).

Die sekundäre Einsatzabarbeitung der Feuerwehren unterscheidet sich zwischen den betrachteten Hochwasserarten nicht. Ist Wasser in urbane Gebiete vorgedrungen und hat Keller volllaufen, Straßen unterspülen oder Hänge abrutschen lassen, ist die Ursache des Ereignisses unerheblich. Die Maßnahmen der Feuerwehr konzentrieren sich dann auf das Leerpumpen von Gebäuden und das Absperren von zerstörten Straßen und Wegen. Diese Einsätze sind in der Regel nicht zeitkritisch (Beyer et al. 2018), es sei denn, existenzielle Schäden an einer Gebäudestatik sind eingetreten oder die Folgen betreffen kritische Infrastrukturen, deren Funktionen durch die Hochwasserfolgen eingeschränkt sind. Bei Ereignissen großer zeitlicher Dauer können sich weitere Einsatzszenarien ergeben, wenn bspw. Menschen oder ganze Orte über einen langen Zeitraum hochwasserbedingt von den strukturellen Versorgungseinrichtungen abgeschnitten sind. Die Maßnahmen der sekundären Abarbeitung können in der Regel durch Feuerwehrkräfte ohne weitere Spezialausbildung durchgeführt werden.

In der primären Einsatzabarbeitung unterscheiden sich die Hochwasserformen hingegen deutlich. Bei fluvialen Hochwassern beginnen die Einsätze schon weit vor Eintritt des Schadensereignisses.

eignisses. Der zeitlich und räumlich vorhersagbare Ereigniseintritt bietet die Möglichkeit Schäden durch das Hochwasser auszuschließen. Primäres Einsatzziel ist der Rückhalt des Wassers im eigentlichen Gewässer. Hierfür können Schutzdämme erweitert oder temporär errichtet werden. Sollten diese Maßnahmen nicht ausreichen können Personenschäden durch frühzeitige Evakuierungen der potentiell betroffenen Hochwassergebiete und durch Warnung der Bevölkerung minimiert oder gar ausgeschlossen werden.

Pluviale Hochwasser erfordern in der primären Einsatzphase eine andere Vorgehensweise. Das Ereignis tritt ohne Vorwarnung und ohne Kenntnis über die räumliche Ausdehnung ein. Temporäre Schutzmaßnahmen können vorab nicht installiert werden. Die Bevölkerung wird ebenso unvorbereitet getroffen. Durch die besondere Dynamik einer Sturzflut treten zusätzliche Gefahren für sämtlich gefährdete Schutzgüter auf. Es ergeben sich zeitkritische Einsätze, um Menschen aus volllaufenden Kellern oder sonstigen Notlagen zu befreien. Zudem könnten kritische Infrastrukturen oder besonders wertvolles Kultur- oder Forschungsgut durch eine Sturzflut völlig unvorbereitet bedroht werden. Die Einsatzkräfte der Feuerwehr müssen hier zeitkritisch und priorisiert Einsätze abarbeiten. Neben dem Einsatz allgemeiner Feuerwehrrkräfte, wird in diesem Fall der Einsatz von Spezialkräften (Strömungsretter, Taucher, usw.) erforderlich. Taktische Problemlösungen, wie sie bei fluvialen Hochwassereinsätzen angewandt werden, sind aufgrund des damit verbundenen Zeitaufwandes nicht anwendbar (Beyer 2016). Insbesondere muss den operativen Kräften klar sein, dass Sturzfluten im Gegensatz zu fluvialen Hochwassern nicht bekämpft werden können (Beyer 2016). Aufgrund fehlender Strukturen, Handlungsanweisungen und Mittel zur Führungsunterstützung ist die erfolgreiche Abwicklung einer Sturzfluteinsatzlage aktuell sehr stark von der Erfahrung, dem Improvisationstalent und der Kompetenz der eingesetzten Führungskräfte abhängig (Beyer 2016). Dies gilt sowohl für die Führungskräfte im aktiven Einsatz, als auch für die planenden Kräfte in der rückwärtigen Führungsunterstützung.

2.3.3 Nutzung von Geoinformationssystemen bei Feuerwehren

GIS sind rechnergestützte Systeme zur Erfassung, Speicherung, Analyse, Transformation und Präsentation von georäumlichen Daten auf Grundlage eines einheitlichen räumlichen Bezugssystems (Stemplewski/Ruppert 2011). Das Potenzial umfassender GIS für die Aufgabenerledigung der Feuerwehr wird bisher kaum genutzt, obwohl Geodaten in Form von Karten oder Luftbildern bei der alltäglichen Arbeit der Feuerwehren Anwendung finden (Bernsdorf et al. 2017). Aktuell werden GIS beim Routing und der Anpassung von Ausrückezeiten genutzt. Die Untersuchungen werden allerdings vielfach nicht von Feuerwehren selbst, sondern von externen Gutachtern durchgeführt (vgl. Gespräch Bernsdorf, Anlage 1). Einzelne Feuerwehren nutzen GIS zur Festlegung und Analyse von Evakuierungsradien (Dunkel 2018) oder zur Ermittlung von Zufahrtswegen in Wald- und Forstgebiete. Standardisierte Nutzverfahren oder -vorgaben für GIS im Feuerwehrwesen existieren hingegen nicht. Die Anwendung von GIS ist in den einzelnen Feuerwehren in der Regel auf das Fachwissen und das Engagement einzelner Entscheidungsträger zurückzuführen (vgl. Gespräch Bernsdorf, Anlage 1).

GIS können als vollumfängliche Informationssysteme fungieren, die eine schnelle Informationsgewinnung zu jeder Tages- und Nachtzeit ermöglichen (vgl. Gespräch Bernsdorf, Anlage 1). Darüber hinaus bieten GIS die erforderliche Grundlage für die Erstellung von analytischen Modellierungen zur Vorplanung der Gefahrenabwehrbehörden (Cova 1999).

3. Methodik

In diesem Kapitel wird das methodische Vorgehen dieser Arbeit erläutert. Zunächst werden GIS als Grundlage für die Kartenerstellung vorgestellt. Im weiteren Verlauf wird das Vorgehen zur Erstellung des Kartenmaterials dargestellt. Bei den Karten handelt es sich um eine Einsatzstellenkarte sowie zwei deterministische Niederschlags-Abfluss-Modellierungen. Abschließend wurden die Karten systematisch analysiert und mittels eines Vergleiches zur Hypothesenprüfung genutzt.

3.1 Geoinformationssysteme als umfangreiche Informationsquelle

Gefahren, Schadens- und Einsatzorte haben immer einen Raumbezug und liefern automatisch eine Geoinformation. Mit Hilfe dieser Geoinformationen können umfangreiche, raumbasierte Analysen durchgeführt werden (Löw et al. 2018). Die Erhebung, Erfassung und Speicherung raumbezogener Daten erfolgt für unterschiedlichste Statistiken und Untersuchungen. Seit der flächendeckenden Verfügbarkeit von GIS werden raumbezogene Daten digital verarbeitet. Hierdurch können Daten leicht für andere Nutzer zugänglich gemacht und interdisziplinär genutzt werden. Durch die zunehmende Verfügbarkeit raumbezogener Daten ergeben sich stetig neue Möglichkeiten für eine praktische Anwendbarkeit der Systeme. Anwender im Bereich des Bevölkerungsschutzes können GIS zur Erlangung differenzierter, räumlicher Gefährdungsinformationen nutzen, diese gleichzeitig verwalten und darstellen (Siebert/Loster 1997). Digitale Kartenvergleiche ermöglichen die Durchführung von Gefahrenanalysen unter Nutzung des Überschneidungsprinzips.

Die gängigsten Softwarelösungen für GIS erlauben den Anwendern die Erstellung eigener Karten auf Basis selbst erfasster Daten. Die Einsatzstellenkarte wurde mit der Software MapInfo (Firma MapInfo Cooperation/pitney bowes, www.pitneybowes.com) und alle Vorprodukte der Modellierung mit der Software ArcGis (Firma ESRI, www.arcgis.com) erstellt. Die Auswertung der Datensätze erfolgte ausschließlich mit der OpenSource Software QuantumGIS (QGIS, www.qgis.org). Die Arbeitsschritte zur Erstellung und Auswertung der Datensätze sind grundsätzlich mit allen drei Softwareprodukten durchzuführen.

3.2 Erstellung einer Einsatzstellenkarte als Nachbetrachtungs- und Validierungsprodukt

Folgend wird die Erstellung einer Übersichtskarte von Einsatzstellen der Feuerwehr dargestellt. Mit Hilfe der Einsatzstellenkarte wurden Einsatzorte für die Nachbetrachtung einer Flächenlage graphisch aufbereitet, mit dem Ziel Einsatzschwerpunkte zu visualisieren. Die Identifizierung von Einsatzschwerpunkten ermöglicht die Ursachenforschung in Bezug auf die Schadensausbreitung.

3.2.1 Grundlagen für die Aufbereitung von Daten aus einem Einsatzleitsystem

Grundlage für die Erstellung der Einsatzstellenkarte waren Daten aus dem Einsatzleitsystem einer Feuerwehrleitstelle. In einem Einsatzleitrechner (ELR) werden alle Daten gespeichert, die vorrangig zur Abarbeitung eines Einsatzes notwendig sind. ELR arbeiten grundsätzlich auf Basis von Datenbanken, in denen die Datensätze aller Einzeleinsätze gespeichert werden (vgl. Gespräch Schröer, Anlage 1). Da die Einsatzleitdaten der Feuerwehr gesetzlichen Aufbewahrungspflichten unterliegen, werden diese nach einem Einsatz nicht umgehend gelöscht. Die Möglichkeit der nachträglichen Datenauswertung ist damit gegeben (Kutschker/Glade 2016b). Je nach gesetzlicher Vorgabe sind die Leitstellen für einzelne Städte, Kreise oder anders definierte Bereiche zuständig. Für die Aufbereitung einer raumbezogenen Nachbetrachtung müssen die Datensätze teilweise zunächst für das ausgewählte Betrachtungsgebiet gefiltert werden. Für alle angelegten Einsätze wird im ELR ein Datensatz gespeichert. Aus diesem Satz können unterschiedliche Einzelinformationen extrahiert werden. Zur Aufbereitung zu einer Einsatzstellenkarte mussten folgende Daten ausgelesen werden:

- Einsatznummer
- Einsatzstichwort
- Einsatzort
- Einsatzdatum und Einsatzuhrzeit
- Alarmierungstext

Zwischen den Einsatzleitstellen (ELS) können sich Datensätze und deren Inhalte aufgrund anderer Einsatzleitsoftware oder abweichender Arbeitsvorgaben unterscheiden. Eine Auswertung nach dem folgenden Muster ist dennoch bei allen Leitstellen möglich, da lediglich Grundlagendaten benötigt werden, die bei jedem Einsatzleitsystem erfasst werden müssen.

3.2.2 Aufbereitung von Einsatzdaten

Bei der Auswertung einer Gesamteinsatzlage sind Beginn und Ende der Lage zu betrachten. Die Kenntnis dieser Zeitpunkte muss für die Datenaufbereitung vorausgesetzt werden. Durch die zeitliche Eingrenzung des Ereignisses ist es möglich alle Einzeleinsätze aus diesem Zeitkorridor zu erfassen und wie in Tabelle 3 darzustellen (Kutschker/Glade 2016b).

Tabelle 3: Auszug der unbearbeiteten Tabelle aus Einsatzdaten vom 26.07.2008 (eigene Darstellung, basierend auf einer Tabelle der Feuerwehr Dortmund, aus Datenschutzgründen verändert)

Einsatzstichwort	Einsatznummer	Einsatz aufgenommen	Einsatzort	Ortsteil	Strasse	Hausnummer	Geokoordinaten	Funkrufname	Freitext
GL2-Pumpe	2008054598	26.07.2008	DO	Dorstfeld	Pl		07.400000/51.000133	21-44-01	rewe, wasser im geschäft
GL1-Saage	2008054610	26.07.2008	DO	Eichlinghofen	Am		07.400000/51.000134	16-49-01	baum auf fahrbahn + 87
GL1-Pumpe	2008054612	26.07.2008	DO	Barop	An	50	07.400000/51.000135	01-44-02	wik
F_Gebäude_ohne_Pers1	2008054613	26.07.2008	DO	Barop	Ba	7	07.400000/51.000136	08-56-01	brandgeruch aus dg,
F_Gebäude_ohne_Pers1	2008054613	26.07.2008	DO	Barop	Ba	7	07.400000/51.000137	01-33-01	brandgeruch aus dg,
F_Gebäude_ohne_Pers1	2008054613	26.07.2008	DO	Barop	Ba	7	07.400000/51.000138	11-83-01	brandgeruch aus dg,
F_Gebäude_ohne_Pers1	2008054613	26.07.2008	DO	Barop	Ba	7	07.400000/51.000139	FR_117	brandgeruch aus dg,
F_Gebäude_ohne_Pers1	2008054613	26.07.2008	DO	Barop	Ba	7	07.400000/51.000140	05-11-01	brandgeruch aus dg,
F_Gebäude_ohne_Pers1	2008054613	26.07.2008	DO	Barop	Ba	7	07.400000/51.000141	04-44-02	brandgeruch aus dg,
F_Gebäude_ohne_Pers1	2008054613	26.07.2008	DO	Barop	Ba	7	07.400000/51.000142	05-44-01	brandgeruch aus dg,
GL1-Pumpe	2008054622	26.07.2008	DO	Oespel	Ov	192	07.400000/51.000143	25-44-01	wik
GL1-Pumpe	2008054631	26.07.2008	DO	Marten	In	21	07.400000/51.000144	27-44-01	wik klopfen weil kein strom 02318092903
GL1-Pumpe	2008054635	26.07.2008	DO	Eichlinghofen	He	12	07.400000/51.000145	17-42-01	wik
GL1-Pumpe	2008054637	26.07.2008	DO	Marten	Al	63	07.400000/51.000146	25-44-01	wik
GL2-Pumpe	2008054640	26.07.2008	DO	Eichlinghofen	Ei	19	07.400000/51.000147	19-45-01	wasser in whg
GL1-Pumpe	2008054645	26.07.2008	DO	Hombbruch	Ot		07.400000/51.000148	23-42-01	wik
GL1-Pumpe	2008054644	26.07.2008	DO	Barop	Pa	8	07.400000/51.000149	04-44-01	keller
GL2-Pumpe	2008054649	26.07.2008	DO	Eichlinghofen	Ha		07.400000/51.000150	17-45-01	wb 4 ges. ah unter wasser
GL2-Pumpe	2008054652	26.07.2008	DO	Kirchlinde	Er	29	07.400000/51.000151	20-45-01	wik
GL2-Pumpe	2008054654	26.07.2008	DO	Dorstfeld	Kl	1	07.400000/51.000152	21-44-01	keller, straße
GL2-Pumpe	2008054655	26.07.2008	DO	Kirchhörde	We	26	07.400000/51.000153	17-42-01	kellerwohnung wik
GL2-Pumpe	2008054655	26.07.2008	DO	Kirchhörde	We	26	07.400000/51.000154	18-44-01	kellerwohnung wik
GL2-Pumpe	2008054655	26.07.2008	DO	Kirchhörde	We	26	07.400000/51.000155	02-44-02	kellerwohnung wik

Die Einsätze lassen sich anhand einer individuellen Einsatznummer trennen. In der Regel erscheinen Einsatznummern bei der Auswertung mehrfach, da hier die Einzelalarmierung aller Einsatzfahrzeuge wiedergegeben wird. Werden mehrere Fahrzeuge zu einer Einsatzstelle entsandt, wird die Einsatznummer bei der Auswertung für jedes alarmierte Fahrzeug erscheinen. Zur Auswertung der Einsatzsorte war die Tabelle auf einen Eintrag pro Einsatznummer zu bereinigen.

Während einer Großeinsatzlage können bei Feuerwehren parallel Einsätze anfallen, die nicht durch die gleiche Ursache ausgelöst wurden (bspw. ein Wohnungsbrand während eines Starkregens). Diese Einsätze müssen aus der übertragenen Tabelle aussortiert werden. Das Kriterium für die Sortierung der Einsätze ist das Einsatzstichwort. Einsatzstichworte dienen der ELS primär zur Kategorisierung von Einsätzen und zur Zuteilung einer Einsatzmittelkette. Die Stichworte werden in der AAO festgelegt. Die Existenz eines differenzierten Katalogs von Einsatzstichworten macht eine Auswertung von einzelnen Einsatzszenarien erst möglich (Kutscher/Glade 2016b). Die folgende Tabelle 4 zeigt einen exemplarischen Auszug der Einsatzstichworte im Bereich der technischen Hilfe aus der AAO der Feuerwehr Dortmund.

Tabelle 4: Auszug aus der Matrix der Alarmierungstichworte der Feuerwehr Dortmund (Feuerwehr Dortmund 2017)

Einsatzstichwort:	
TH	
TH_klein	
TH_0	
TH_Pers_eingekl._1	20
TH_Pers_eingekl._2	21
TH_ExplEinst/Bus/Bahn_3	9
TH_NotlagePerson(en)	
TH_Pers_Aufzug	
TH_Pers_d_z_spring	22
TH_Pers_Eis_Wasser	23
TH_Pers_Tuer	
TH_Pers_verschuettet3	24

Zur Beschränkung der Auswertungstabelle auf relevante Einträge, sind alle Einträge mit sachfremden Stichworten zu entfernen. Bei Vorlage eines sehr differenzierten Katalogs an Einsatzstichworten, kann die Bereinigung der Tabelle mit diesem Schritt abgeschlossen werden.

Oftmals beinhaltet die Tabelle weitere Datensätze mit allgemein bezeichneten oder undefinierten Stichworten. Der zeitliche und räumliche Bezug des Datenpakets sowie die grobe Einsortierung des Stichwortes, sind ein erster Hinweis auf einen tatsächlichen Ereignisbezug. Für eine genauere Betrachtung muss in fraglichen Fällen der dokumentierte Alarmierungstext betrachtet werden. Dieser Text wird in der Leitstelle erstellt, um den Einsatzkräften noch genauere Hinweise auf die zu erwartende Einsatzlage zu geben (Kutschker/Glade 2016b). Typische Einträge wie ‚Wasser im Keller‘ oder ‚Person in PKW von Wasser eingeschlossen‘ weisen auch auf einen direkten Bezug zu bspw. einem Starkregenereignis hin. Wiederum sind alle Einsätze mit einem sachfremden Alarmierungstext auszusortieren. Abschließend entsteht eine bereinigte Tabelle mit den relevanten Datenpaketen des Betrachtungsereignisses.

3.2.3 Übertragung von Einsatzdaten in Geoinformationssysteme

Jeder Datensatz eines Einsatzes enthält die zwingende Information des Einsatzortes. Der Einsatzort ist in der Regel als Adresse angegeben, kann aber auch als hinterlegtes Objekt, als definierter Rettungspunkt oder sonstige konkrete Ortsangabe verarbeitet sein. Egal in welcher Form der Einsatzort bei der Einsatzeröffnung vorgegeben wird, der Ort hat immer einen Raumbezug und kann in Geokoordinaten wiedergegeben werden. ELR errechnen die Geokoordinaten für einen Einsatzort automatisch. Die Umrechnung in Geokoordinaten erfolgt hauptsächlich, um dem Disponenten den Einsatzort bei der Einsatzeröffnung auf einer Karte darzustellen oder um den Einsatzort bei der Alarmierung auf das Navigationsgerät der Einsatzfahrzeuge zu übermitteln. Diese Nebenanwendung des ELR kann bei der räumlichen Nachbetrachtung genutzt werden. Die angegebenen Koordinaten lassen sich direkt in einem Geoinformationssystem verarbeiten und sowohl graphisch, als auch georeferenziert in einer Karte darstellen (Kutschker/Glade 2016b).

3.3 Modellierung von Starkregenereignissen

Die Modellierung von Abfluss- und Beregnungsmodellen erfordert spezifische Fachsoftware. Für diese Arbeit wurde die Modellierungssoftware FloodArea der geomer GmbH genutzt. Die Software kann Überschwemmungstiefen, Fließgeschwindigkeiten und -richtungen berechnen und flächenhaft darstellen. Die Berechnungen können auf Wasserzufluss aus Beregnungen, Gewässern mit definiertem Wasserstand oder Zuflussganglinien basieren (Tader et al. 2016, geomer GmbH 2018). Ein Produkt dieser Anwendung ist die Erstellung von sog. Niederschlag-Abfluss-Modellen, die als Starkregengefahrenkarten genutzt werden können (Assmann et al. 2012). Bei der hydrodynamischen Modellierung mit FloodArea werden dynamische Prozesse eines Starkregens, wie die Veränderung der Niederschlagsintensität oder der Bodeninfiltrationsrate berücksichtigt und in der Simulation automatisch zeitvariabel angepasst (Assmann et al. 2012). Die Modellierung mit FloodArea erfolgt nach den Vorgaben des ‚Leitfadens Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg‘.

3.3.1 Erfassung der Datengrundlagen

Vor der Modellierung muss das Untersuchungsgebiet festgelegt werden. Das Untersuchungsgebiet für eine Starkregemodellierung muss bei einer Ereignisnachbetrachtung mindestens das tatsächlich betroffene Gebiet und den hydraulisch relevanten Umkreis umfassen. Modellierungen von Starkregengefahrenkarten betrachten in der Regel komplette Gemeinde- oder Kreisgebiete und werden durch Verwaltungsgrenzen definiert. Für die Modellierung sind grundlegende Basisdaten über die Geländeoberfläche erforderlich. Benötigt werden Daten zur Beschaffenheit des Bodens (BÜK50), Landnutzungsdaten (ALK/ALKIS), ein digitales Geländehöhenmodell (DGM/1-m Laserscan Höhenmodell) und ein Kataster der vorhandenen Fließgewässer (Assmann et al. 2012). Zusätzliche Informationskarten wie bspw. Gebäude- oder Straßendarstellungen können ebenfalls verarbeitet werden und präzisieren das Aufarbeitungsergebnis. Neben den Daten zur Aufbereitung der Geländeoberfläche, werden Vorgaben für den Bemessungsniederschlag benötigt. Hierbei können fiktive Niederschlagsverläufe gewählt oder reale Niederschlagsdaten in die Modellierungen eingearbeitet werden.

3.3.2 Aufarbeitung der Vorprodukte zur Modellierung

Zur Berechnung des Niederschlags-Abfluss-Modells in FloodArea werden die Inputdaten nach einem vorgegebenen Standard aufgearbeitet. Das Programm benötigt zur Berechnung einer Beregnungskarte ein speziell aufbereitetes DGM sowie ein Beregnungsraster (geomer 2016).

Bei der Aufbereitung des DGM werden zunächst alle künstlichen Fließhindernisse, also Gebäude und andere Bauwerke, eingearbeitet. Hierzu wird das Gebäudekataster des Betrachtungsgebietes auf das DGM projiziert und alle Gebäude mit einer einheitlichen Höhe von 5m als dreidimensionale Form in das DGM übertragen. Anschließend wird das Kataster der Fließgewässer in das DGM unnatürlich tief eingeschnitten. Dieser Bearbeitungsschritt ist erforderlich, da Fließgewässer die natürlichen Abflussendpunkte von Oberflächenwasser darstellen. Innerhalb der Fließgewässer staut sich das Wasser an den, aus den HWGK bekannten Stellen

auf. Der Aufstau der Fließgewässer würde die Berechnung des Oberflächenabflusses beeinflussen. Durch den Einschnitt der Gewässer versinkt das Wasser bei der Berechnung an den Fließgewässern, verhindert den simulierten Aufstau und damit den Einfluss auf die nächsten Berechnungsschritte. Im Modell stellen erhöhte Straßen, Erhöhungen oder Gebäude Fließhindernisse dar, die das Wasser bei der Modellierung ableiten oder aufstauen. Etwaige Öffnungen innerhalb dieser Hindernisse bspw. Unterführungen, offene Rohrleitungen oder sonstige Verdohlungen, sind im DGM zunächst nicht abgebildet. Aus diesem Grund werden diese Durchlässe als Polygone in das DGM eingebracht und je nach Größe mit einem festen Durchflusswert belegt. Die Standorte und Größen der Durchlässe werden in einer gesonderten Datei erfasst. Mit Hilfe dieser Datei simuliert FloodArea während der Berechnung eine fiktive Pumpstrecke an den Durchlasspunkten. Die natürliche Wasserausbreitung durch die Durchlässe wird damit in der Berechnung sichergestellt. Die Erfassung der Durchlässe bildet den Abschluss der Aufbereitung des DGM für die Modellierung.

Für die Nutzungsvariante ‚Beregnung‘ wird anschließend mit der Zusatzsoftware HydroRas eine Serie von Abflussbeiwertrastern erstellt. In diesen Rastern ist der prozentuale Anteil der gefallen Niederschlagsmenge enthalten, die direkt zum Oberflächenabfluss führt (geomer 2018). Dabei wird der Niederschlag mit Hilfe einer Ganglinie in die Raster eingebracht. Der erzeugte Oberflächenabfluss orientiert sich an den eingebrachten Faktoren Boden, Landnutzung und Relief. Die Kombination der genannten Faktoren ergibt eine eindeutig festgelegte Abflussbeiwert-ID, die in Abhängigkeit vom Niederschlagsereignis sowie den spezifischen Bodeneigenschaften einer Bodenart einen bestimmten zeitlichen Verlauf enthält. Der zeitliche Verlauf wird dabei über ein vereinfachtes Infiltrationsmodell generiert (geomer 2018). Zur Erstellung der Abflussbeiwert raster müssen zunächst drei Arbeitsraster erstellt werden, die wie in Abbildung 5 dargestellt, in der Folge zu den Abflussbeiwert rastern kombiniert werden. Zunächst wird zur Berechnung von Fließwegen das Relief aus dem DGM ausgearbeitet und in einem Raster wiedergegeben. Um den realen Oberflächenabfluss berechnen zu können, muss die Rauigkeit der Oberflächen bekannt sein. Aus diesem Grund wird ein weiteres Raster mit Rauigkeitsbeiwerten aus den ALKIS Landnutzungsdaten erstellt. Je nach Landnutzung werden Flächen in diesem Raster fest definierte Rauigkeitsbeiwerte zugewiesen, die auf Berechnungen von Manning-Strickler beruhen (geomer 2016). Zuletzt werden in einem Raster die Eigenschaften des Bodens betrachtet und in die Berechnung eingebracht. Dabei werden den unterschiedlichen Bodenarten definierte Beiwerte zugewiesen, aus denen HydroRas den Versiegelungsgrad des Bodens und dessen Veränderungseigenschaften bei der Aufnahme von Wasser ableiten kann. In der Kombination der Raster wird jede Fläche klassifiziert und erhält für die Faktoren Relief, Landnutzung und Boden einen fest definierten Abflussbeiwert (geomer 2018).

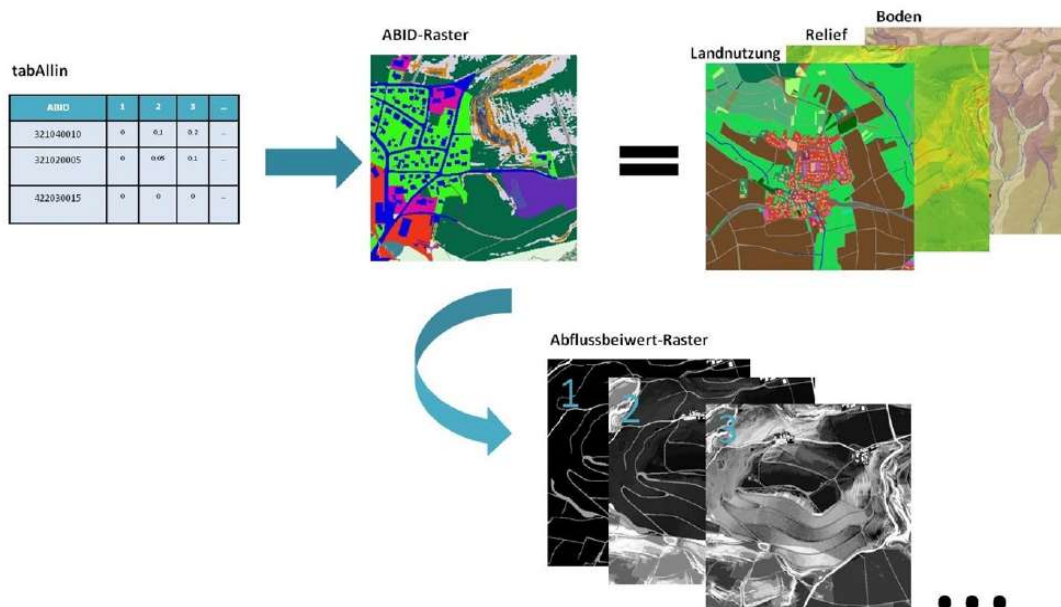


Abbildung 5: Erstellung der Abflussbeiwerttraster mit HydroRas (geomer GmbH 2018)

Das entstandene Abflussbeiwerttraster wird mit der eingebrachten Niederschlagsganglinie in mehreren Berechnungsschritten kombiniert und unterliegt pro Berechnungsschritt einer stetigen Veränderung. Die Anzahl an Berechnungsschritten kann frei festgelegt werden. Je kleiner die Zeitschritte gewählt werden, desto mehr Abflussbeiwerttraster werden erzeugt und desto genauer wird der Verlauf der Abflusskurve (geomer 2018). Nach Vorgabe des maßgeblichen Leitfadens sollen 12 Berechnungsschritte pro modellierter Stunde Ereignisdauer erfolgen. Die erzeugten Abflussbeiwerttraster nutzt FloodArea in der Modellierung als Berechnungsraster. Aus der Kombination der Berechnungsraster und des aufgearbeiteten DGM erzeugt das Programm die abschließende Modellierung.

Eine Betrachtung des Niederschlagsabflusses über vorhandene Abwasserkanalsysteme kann durch eine vorherige Anpassung von Berechnungsfaktoren ebenfalls in die Modellierung eingebracht werden (Tader et al. 2016). Bei außergewöhnlichen und extremen Starkregenereignissen wird die Leistungsfähigkeit der Kanalsysteme jedoch überschritten und der Wasserabfluss findet überwiegend an der Oberfläche statt. Das Kanalsystem spielt in der Gesamtdynamik des Abflusses dann keine Rolle mehr und wird gemäß des Leitfadens für die Modellierung vernachlässigt (LUBW 2016). Eine Modellierung ohne Betrachtung des Abwassersystems ist deswegen vorrangig für Starkregenszenarien geeignet, die deutlich über der Leistungsfähigkeit des Kanalnetzes liegen (DWA 2013).

3.3.3 Nachgehende Modellierung eines realen Starkregenereignisses

Wie in Kapitel 3.3.2 beschrieben kann die Niederschlagsmenge für die Berechnung in FloodArea variabel, mittels einer Ganglinie sowie unter Berücksichtigung der Ereignisdauer, eingebracht werden. Um einen dynamischen Abflussverlauf darzustellen, wird die Berechnung des Abflusses in einem Zeitverlauf durchgeführt. Dabei wird die Niederschlagsganglinie im Verlauf

mit den Abflussbeiwertstrastern kombiniert. Es erfolgt eine Berechnungsserie, bei der das Beiwertstraster dynamisch an die Veränderung des vorangegangenen Niederschlags angepasst wird (geomer GmbH 2018). Da die modellierten Abflüsse und Aufstauflächen in der Realität nicht abrupt mit dem Ende des Regenereignisses verschwinden und bereits existierendes Oberflächenwasser weiterhin in Bewegung sein wird, simuliert FloodArea nach dem zeitlichen Ablauf des Regenereignisses einen sog. Nachlauf. Hierbei wird über die Niederschlagsganglinie kein weiterer Niederschlag hinzugefügt. Für die möglichst genaue Nachzeichnung eines realen Ereignisses wird die Niederschlagsganglinie auf Basis realer Niederschlagsdaten zusammengestellt. Je nach Verfügbarkeit kann hier auf projizierte und extrapolierte Radardaten (bspw. RA-DOLAN) als auch auf gemessene Niederschlagsdaten einer oder mehrerer Wetterstationen zurückgegriffen werden, deren Messungen ebenfalls für das gesamte Untersuchungsgebiet hochgerechnet werden. Je detaillierter die Daten durch die Wetterdienste erfasst wurden, desto genauer kann hieraus eine Niederschlagsganglinie erstellt werden. Die Betonung des Niederschlagsverlaufes ergibt sich bei der Nachbetrachtung eines Ereignisses aus den tatsächlichen Gegebenheiten.

3.3.4 Modellierung eines fiktiven Referenzereignisses mit festgelegter Magnitude

Im Gegensatz zu Nachbetrachtungen von realen Ereignissen, liegen bei der Modellierung fiktiver Ereignisse, keine Niederschlagsdaten vor. Diese Tatsache beschreibt die grundsätzliche Ausgangslage bei der Erstellung von Starkregengefahrenkarten. Als Basis für die Modellierung von Starkregengefahrenkarten dienen normierte Niederschlagsverläufe, mit festgelegten Magnituden. Für die Niederschlagsverläufe wird eine ausgewählte Niederschlagsmenge in einem zeitlichen Verlauf betrachtet, in zeitlich gleich lange Teilmengen aufgeteilt und daraus eine normierte Ganglinie erstellt. Hierzu müssen vorab die Gesamtdauer des Ereignisses und die Niederschlagsmenge während dieser Zeit festgelegt werden. Niederschlagsverläufe können Anfangs-, Mittel oder Endbetont ausgestaltet werden. Abbildung 6 zeigt einen endbetonten Niederschlagsverlauf, wie er nach Vorgabe des maßgebenden Leitfadens zur Modellierung von Starkregengefahrenkarten berechnet wird. Der Berechnung wird ein niederschlagsfreier Nachlauf von einer Stunde hinzugefügt.

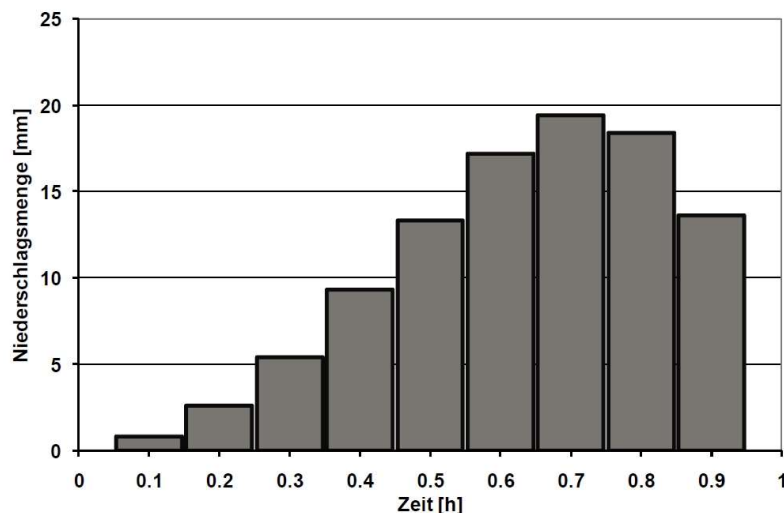


Abbildung 6: Endbetonter Niederschlagsverlauf für 100mm/h (Assmann 2008)

3.3.5 Validierung der Modellierungsergebnisse

Zur Validierung der vorliegenden Modellergebnisse wurde zunächst eine optische Plausibilitätskontrolle durchgeführt (Assmann et al. 2012). Hierbei wird die kartographische Darstellung auf Unstimmigkeiten geprüft, die sich in Form von unnatürlich geformten Wassersammlungen oder Abflüssen durch Gebäude darstellen könnten. Des Weiteren können statistische Analysen oder Bilddokumentationen vergangener Ereignisse zur Überprüfung der Modelle herangezogen werden. Hierzu eignen sich die Betrachtung von Einsatzorten der Feuerwehr oder Aufnahmen von Überwachungskameras (Gaitan et al. 2016). Ebenso können Bildaufnahmen von Reportern, Feuerwehrkräften oder Privatpersonen die Ergebnisse der Modelle bestätigen (Tader et al. 2016). Soweit bereits ähnliche Modelle existieren, eignet sich eine Quervalidierung mittels Vergleich zur weiteren Plausibilitätskontrolle (Assmann et al. 2012).

3.4 Modellierungsanalyse

Anhand der vorhandenen HWGK und den erstellten Modellierungen wurde eine Naturgefahrenanalyse durchgeführt, die sich aus der Gefährdungsanalyse und der Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses mit bestimmter Magnitude zusammensetzt (von Elverfeldt et al. 2008). Die Gefährdungsanalyse wurde anhand der Kartenauswertung vorgenommen. Durch die transparente Darstellung konnte ein Vergleich der Modellierung mit vorhandenem Basiskartenmaterial durchgeführt werden, so war eine objektive Gefahrenbewertung möglich (von Elverfeldt et al. 2008). Die Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit der betrachteten Ereignisse war bei den HWGK bereits vorgegeben. Bei der Modellierung des Realereignisses wurde die statistische Wiederkehrzeit anhand der vorangehenden gutachterlichen Untersuchung und durch Vorgaben der Fachliteratur zu Grunde gelegt.

Die weitergehende Analyse betrachtet die Verwundbarkeit des betroffenen Raumes oder einzelner Objekte gegenüber der Naturgefahr. Verwundbarkeit beinhaltet die Parameter Exposi-

tion, Prävention (auch: Anfälligkeit) und Bereitschaft (auch: Bewältigungskapazität) (Weichselgartner 2008). Hier wurde mittels eines Vergleiches analysiert, ob bestimmte Objekte oder Räume überhaupt von der Naturgefahr ‚Starkregen‘ betroffen sind. Im Ergebnis wurde die Exposition von Objekten oder Räumen bestimmt (Weichselgartner 2008). Dieses Vorgehen folgte der empfohlenen Methode zur Untersuchung der Verwundbarkeit gegenüber Starkregen aus Sicht des BBK, wie in Abbildung 7 dargestellt. Eine endgültige Verwundbarkeitsanalyse unter Betrachtung von Prävention und Bereitschaft der exponierten Räume und Objekte konnte allerdings nicht vorgenommen werden, da hierfür weitergehende Daten und Untersuchungen erforderlich wären. Die Erkenntnisse dieser Arbeit können entsprechend als Grundlage für eine weitergehende Verwundbarkeitsanalyse nach dieser Methode genutzt werden.

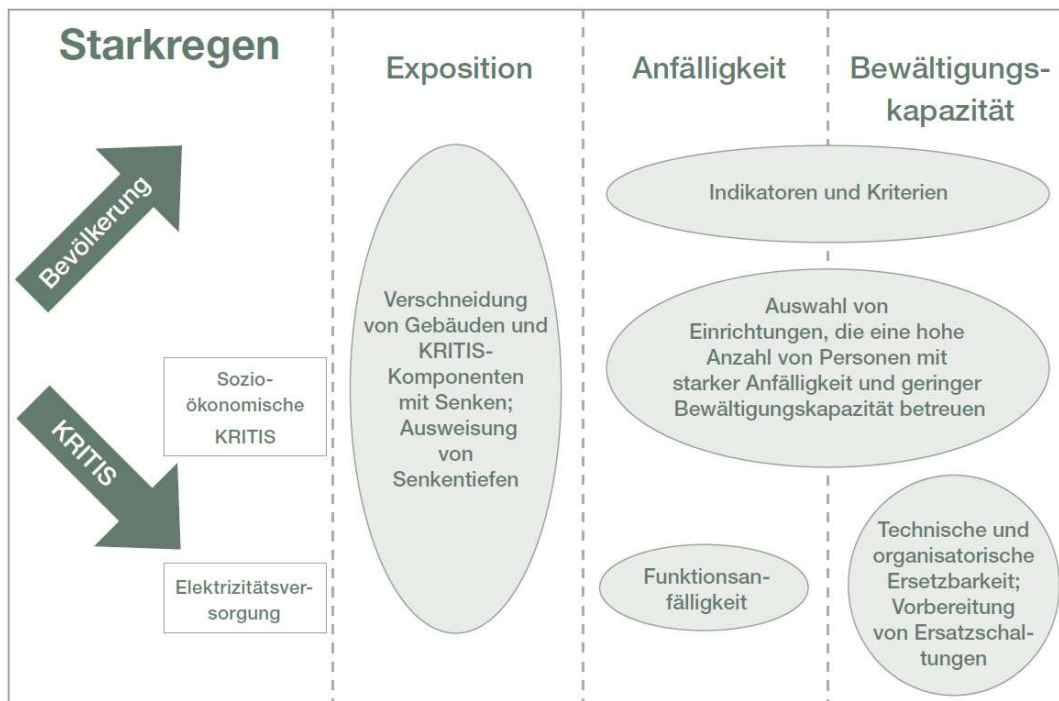


Abbildung 7 Methoden zur Analyse der Verwundbarkeit von Bevölkerung und KRITIS gegenüber Starkregen (BBK 2013)

4. Ergebnisse

In dieser Arbeit wurde ein Starkregenereignis vom 26.07.2008 in Dortmund besonders untersucht. Für ein ausgewähltes Untersuchungsgebiet wurde eine Einsatzstellenkarte erzeugt und das Ereignis hydraulisch modelliert. Zur weitergehenden Analyse wurde eine Starkregengefahrenkarte für das Untersuchungsgebiet erstellt.

4.1 Nachbetrachtung der Jahrhundertsturzfut vom 26.07.2008 in Dortmund

Am 26.07.2008 kam es in einigen Stadtteilen Dortmunds zu einem Starkregen, der in diesem Gebiet vorab nicht aufgezeichnet werden konnte. Aus einer ortsfesten Gewitterzelle fielen innerhalb von 2,5 Stunden rund 200 mm Niederschlag (Grünewald et al. 2009). Ohne Vorwarnung entwickelte sich eine Sturzflut, deren Abfluss weitem ein fluviales Hochwasser im Fluss Emscher auslöste. Durch das Gesamt ereignis wurden mehrere Ortsteile ganz oder teilweise überschwemmt (BBK 2015). Viele Menschen wurden durch die rasant auftretende Flut überrascht und gefährdet. Glücklicherweise verzeichnete man im Nachgang keine nennenswerten Personenschäden, jedoch entstanden massive Sachschäden an Gebäuden, der Infrastruktur und in Forschungseinrichtungen. Der monetäre Gesamtschaden des Ereignisses betrug 17,2 Mio. Euro (Greiving/Lindner 2011). Die Dortmunder Feuerwehr erreichten an diesem Tag 4.500 Notrufe, aus denen ca. 850 ereignisbezogene Einsätze resultierten (Feuerwehr Dortmund 2009). Zur Abarbeitung der Einsätze wurde Vollalarm für die Feuerwehr ausgelöst und Unterstützung vom Technischen Hilfswerk (THW) angefordert. Dennoch dauerte die Abarbeitung aller Einsätze mehrere Tage. Das Einsatzspektrum umfasste in der Akutphase die Menschenrettung aus überfluteten Fahrzeugen und Gebäuden, den Sachwertschutz von Wissenschafts- und Forschungsgut sowie die Aufrechterhaltung der infrastrukturellen Versorgung. Nach Abklang des intensiven Regens musste der Großteil der Einsätze in Form von Pumpeinsätzen durchgeführt werden.

Das Schadens ereignis vom 26.07.2008 wurde bundesweit medial verbreitet. Der hohe Sachschaden und die enorme Betroffenheit der Bürgerschaft verlangte eine politische und planerische Aufarbeitung. Diesbezüglich gab die Stadt Dortmund ein Gutachten zur Ereignisanalyse, zur Einschätzung der kommunalen Hochwasservorsorge und zur Erarbeitung von Handlungsempfehlungen in Auftrag (Grünewald et al. 2009). Neben konkreten baulichen Veränderungen, einer Änderung der Informationspolitik und einzelnen Vorschlägen zur technischen Ausstattung des Katastrophenschutzes empfahl das Gutachten die Erstellung von Gefahrenkarten für das gesamte Stadtgebiet. Vorrangig wurde die Empfehlung für die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten ausgegeben, die aktuell seit der Umsetzung der EU-HWRL im Jahr 2013 für Dortmund vorliegen. Die Erarbeitung von Starkregengefahrenkarten steht in Dortmund bis heute (Stand 04.09.2018) aus. Um die benannten Forschungsfragen zu erörtern, mussten die erforderlichen Modellierungen und Einsatzstellenkarten selbst erstellt werden.

4.2 Bestimmung und Charakteristik des Untersuchungsgebietes

Typischerweise betraf das betrachtete Ereignis nicht das komplette Dortmunder Stadtgebiet. Starkregen sind lokal begrenzte Ereignisse, dessen genaue Messdaten aufgrund der weiten Entfernung von Messstationen, kaum genau erfasst werden (Assmann et al. 2012). Das betrachtete Referenzereignis kann diese Tatsache bestätigen. Während am 26.07.2008 an einer privaten Messstation an der Universität 200,2 mm Niederschlag in 2,5 h gemessen wurden (Grünewald et al. 2009) sind im gleichen Zeitraum an der 16 km (Luftlinie) entfernten und damit nächstgelegenen Wetterstationen des DWD in Waltrop 9,8 mm Niederschlag aufgezeichnet worden (Auswertung DWD, Produkt Weste XL, 2018).

Das Schadensereignis vom 26.07.2008 beschränkte sich räumlich auf die südwestlichen Stadtteile Dortmunds, insbesondere auf die Stadtbezirke Marten, Dorstfeld, Barop und Hombruch (Grünewald et al. 2009). Aufgrund räumlich begrenzt zur Verfügung gestellter Basisdaten, konnte eine Modellierung nicht für das gesamte Stadtgebiet erstellt werden und auf ein frei gewähltes Untersuchungsgebiet begrenzt werden. Zur aussagekräftigen Nachbetrachtung musste das Untersuchungsgebiet innerhalb des Schadenskorridors vom 26.07.2008 liegen. Für eine möglichst isolierte Betrachtung des pluvialen Ereignisses, unter weitestgehender Ausgrenzung der fluvialen Auswirkungen, wurde ein ca. 25 km² großes Gebiet rund um die Stadtteile Oberdorstfeld, Barop und Hombruch gewählt. Die Auswahl erfolgte, da durch das vorliegende Gutachten bekannt war, dass die Schäden in Dortmund-Marten und Unterdorstfeld durch den ereignisbedingten Überlauf der Emscher und den kaskadierenden Ausfall eines Emscherpumpwerkes überflutet wurden (Grünewald et al. 2009). Wie in Abbildung 8 dargestellt, liegt das Untersuchungsgebiet im Südwesten Dortmunds. Es beinhaltet neben vielen Wohngebieten auch den kompletten Kernbereich der Technischen Universität Dortmund, der Fachhochschule Dortmund, des Technologieparks, das Stadtteilzentrum Hombruch und das Marienkrankenhaus. Im Norden wird das Gebiet von der autobahnähnlich ausgebauten Bundesstraße 1 und von Südosten nach Norden von der Emscher durchquert. Der betrachtete Raum ist stark urban geprägt und weist nur wenig unbebaute Stellen aus.

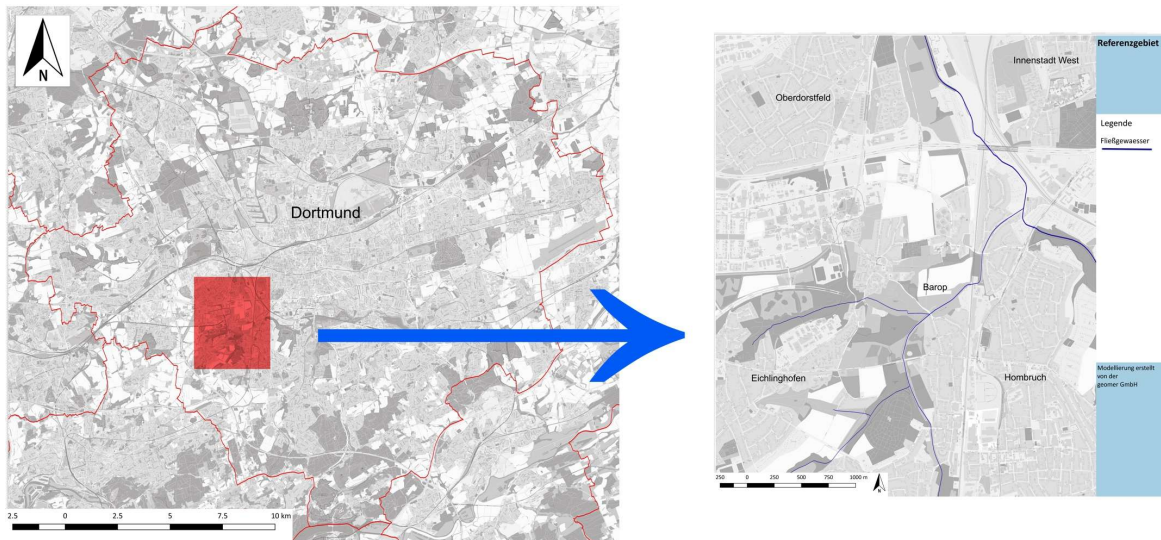


Abbildung 8: Verortung des Referenzgebietes innerhalb des Dortmunder Stadtgebietes (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

4.3 Erstellung einer Einsatzstellenkarte vom 26.07.2008

Im Betrachtungsgebiet konnte ein Großteil der ereignisspezifischen Feuerwehreinsätze am 26.07.2008 verortet werden. Hierzu wurde auf die Daten des ELR der Feuerwehr Dortmund zurückgegriffen. Die AAO in Dortmund enthält einen detaillierten Katalog an Einsatzstichworten, der einzelne Aspekte im Bereich der technischen Hilfe unterscheidet. Ein Auszug der relevanten Einsatzstichworte ist in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Relevante Einsatzstichworte Überschwemmung Feuerwehr Dortmund

Einsatzstichwort	Ausgeschriebene Schreibweise
TH_klein	Technische Hilfe allgemein
GL1_Pumpe	Großlage Pumpe Priorität niedrig
GL2_Pumpe	Großlage Pumpe Priorität mittel
GL3_Pumpe	Großlage Pumpe Priorität hoch
GL1_sonstige	Großlage Sonstige Priorität niedrig
GL2_sonstige	Großlage Sonstige Priorität mittel
GL3_sonstige	Großlage Sonstige Priorität hoch

Die Kategorisierung der Einsätze konnte fast ausschließlich über die Betrachtung der Einsatzstichworte erfolgen. Die verwandten Einsatzstichworte weisen in Dortmund immer eine Standardalarmstufe und ein mögliches Szenario aus, bspw. ‚TH_1_Person_eingekl.‘ (Feuerwehr Dortmund 2018). Eine Ausnahme stellen Einsatzstichworte für sog. ‚Großlagen‘ dar. Hierbei handelt es sich um Flächeneinsatzlagen, bei der eine Vielzahl von Einsätzen durch die Feuerwehr abuarbeiten ist. Die Abarbeitung von Starkregenereignissen, so auch das Ereignis im Juni 2008, sind in der Regel eine solche Großlage im Sinne der AAO. In diesem Fall werden die Einsatzstichworte mit dem Wort ‚GL‘ gekennzeichnet, weisen eine bezifferte Bearbeitungspriorität (‚1‘ = Priorität niedrig – ‚3‘ = Priorität hoch) aus und umschreiben die zu erwartende Tätigkeit bspw. ‚GL1_Pumpe‘ (Feuerwehr Dortmund 2018).

Die vorliegende Tabelle mit Einsatzdaten aus ca. 1.000 Datensätzen war zunächst auf einen Datensatz pro Einsatznummer zu begrenzen. Danach wurde die Tabelle auf alle Einsätze beschränkt, die ein Einsatzstichwort aus Tabelle 5 aufwiesen. Nach diesem Schritt blieben nur wenige Datensätze mit allgemein bezeichneten Stichworten bspw. ‚TH_klein‘ oder ‚GL1_sonstige‘ übrig, die möglicherweise keinen Ereignisbezug auswiesen. Über die Betrachtung des Alarmierungstextes wurden noch wenige unrelevante Datensätze aussortiert. Die bereinigte Tabelle wies nun alle Einsätze aus, die durch die Feuerwehr am 26.07.2008 als Folge der eingetretenen Sturzflut abzuarbeiten waren. Die Datensätze der Tabelle enthielten neben der konkreten Einsatzadresse bereits die passenden Geokoordinaten. Über diese Angaben konnte jeder Datensatz unmittelbar im Geoinformationssystem dargestellt werden. Abbildung 9 zeigt das Ergebnis der Einsatzstellenkarte in der stadtweiten Ausdehnung.

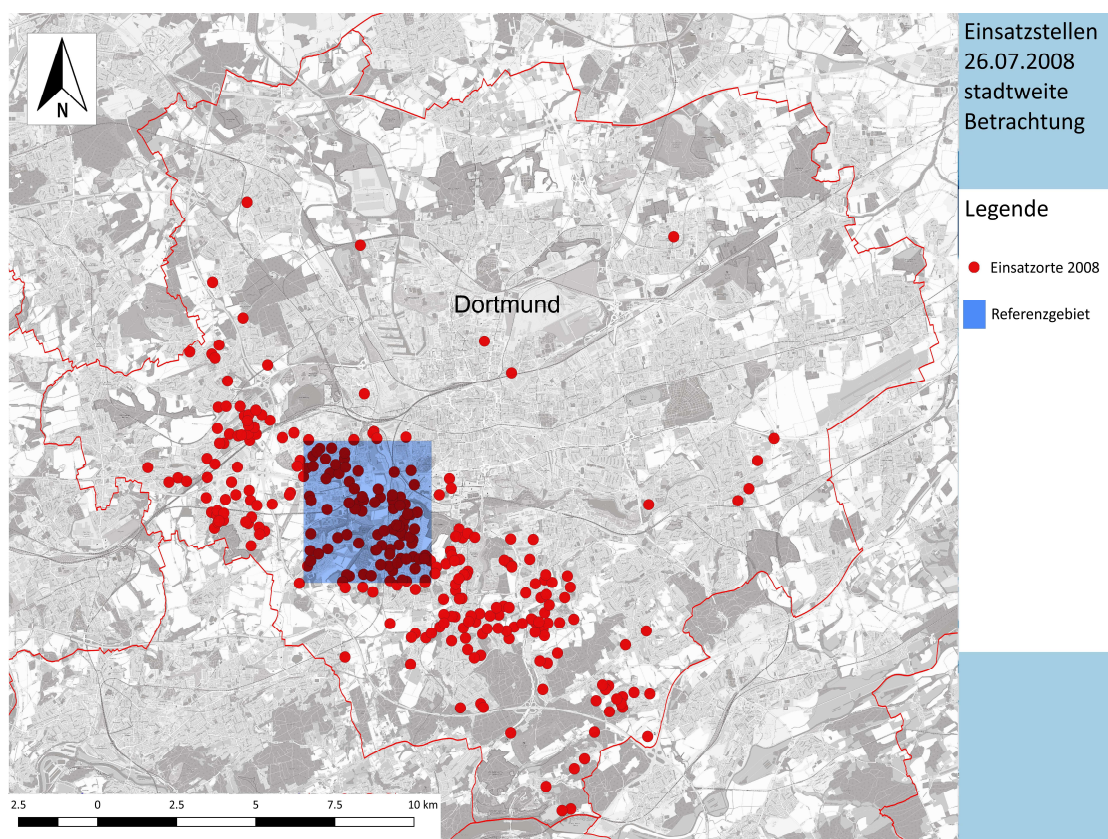


Abbildung 9: Darstellung der ereignisbezogenen Einsatzorte vom 26.07.2008 (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

Auf der Karte ist eine eindeutige Konzentration der Einsatzorte im Südwesten der Stadt erkennbar. Die Darstellung bestätigt dabei das Ergebnis des bekannten Gutachtens, da sich die dort beschriebene räumliche Ausdehnung des Schadensereignisses und die räumliche Konzentration der Einsatzorte gleichen. Eine hohe Dichte an Einsatzstellen ergab sich im ausgewählten Untersuchungsgebiet. Die genaue Darstellung der Einsatzorte innerhalb des Gebietes zeigt die nachfolgende Abbildung 10.

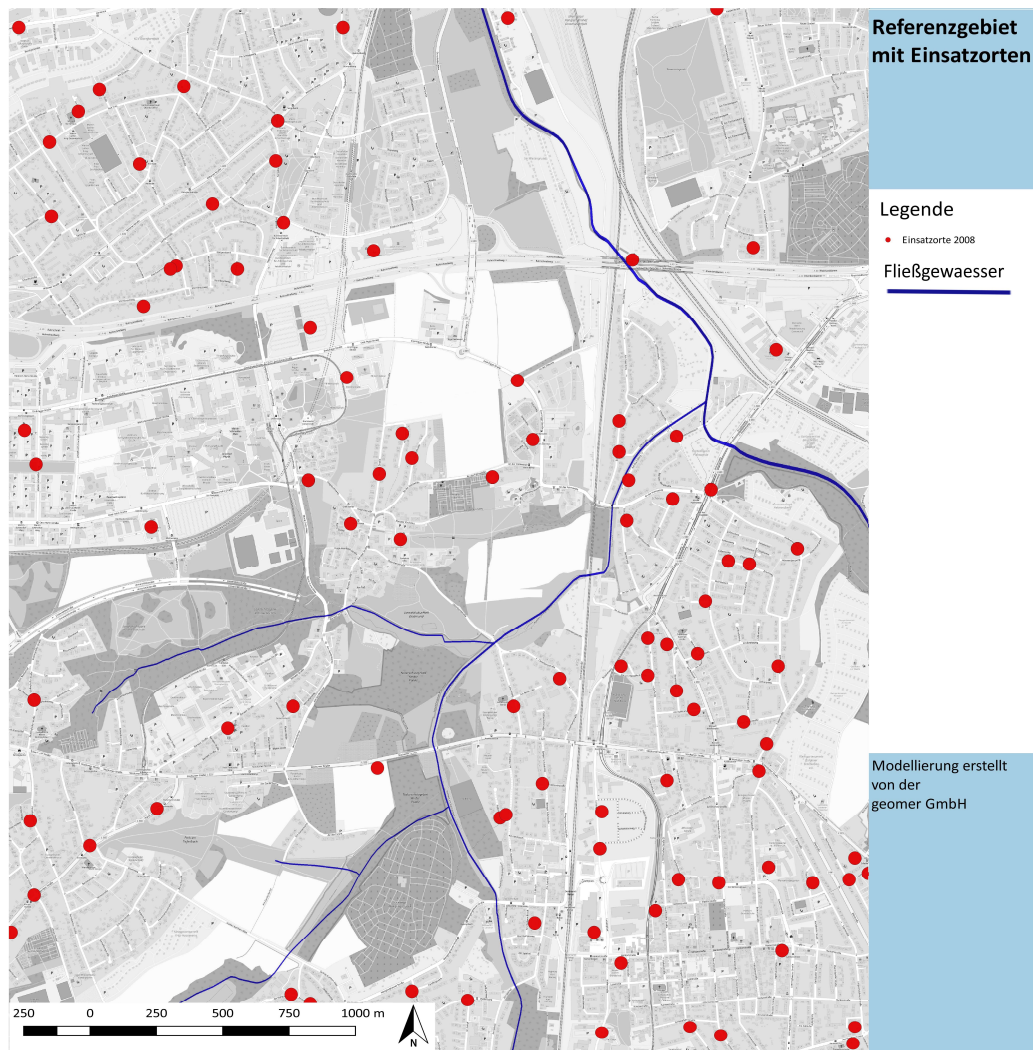


Abbildung 10: Darstellung der Einsatzorte im Referenzgebiet (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreet-Map)

4.4 Modellierung der Sturzflut vom 26.07.2008

Für die Stadt Dortmund existierte vor der Erstellung dieser Arbeit keine hydraulische Modellierung des Oberflächenabflusses. Durch die geomer GmbH wurde ein Modell zur Nachbetrachtung des Starkregens vom 26.07.2008 gefertigt. Die Genauigkeit der Modellierung ist insbesondere von der Auflösung der Basisdaten abhängig (Hunter et al. 2007). Hochauflösende Geobasisdaten werden vom Land NRW als OpenSource Produkt zur Verfügung gestellt und konnten dort bezogen werden. Das erforderliche Gebäudekataster wurde vom Katasteramt der Stadt Dortmund zur Verfügung gestellt und zur Bearbeitung freigegeben. Für die Modellierung wurden die vorhandenen Karten gemäß des ‚Leitfadens Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg‘ zur Nutzung im Programm FloodArea aufgearbeitet.

Bei der Modellierung wurde auf die Betrachtung des Kanalsystems verzichtet, da die Gründe des vom Leitfaden vorgegebenen Verzichtes, in Dortmund ebenfalls zutreffend sind. Die vorhandenen Abwasserkanäle haben die Aufgabe Schmutz-, Fremd- und Niederschlagswasser abzuführen (Günthert/Faltermaier 2016). Zur Bemessung des Kanalsystems hat eine Niederschlagsprognose zu erfolgen, in der die Menge und Häufigkeit der Niederschläge erfasst wird.

Zudem weichen, je nach Lage des Kanalsystems, die festgelegten Überflutungsschutzniveaus der Kanäle voneinander ab (Günthert/Faltermeier 2016). Die Dortmunder Kanalnetze sind für extreme Niederschläge nicht ausgelegt (Grünewald et al. 2009). Eine Änderung der Bemessungskriterien von Kanalnetzen oder eine generelle Vergrößerung der Kanalquerschnitte ist in Dortmund nicht geplant (Stadt Dortmund 2014). Bei extremen Starkregenereignissen wird es somit zu einer sofortigen Überflutung des Kanalsystems kommen und damit ein ungehinderter Oberflächenabfluss entstehen. Bei der Modellierung von Extremereignissen für Dortmund ist eine Vernachlässigung des Kanalsystems damit vertretbar.

4.4.1 Implementierung des Niederschlagsereignisses

Zur Erstellung der Abflussbeiwerttraster der realen Nachzeichnung wurden präzise Niederschlagsdaten benötigt. Die Erfassung von Niederschlägen über Messstationen ist aufgrund der geringen räumlichen Stationsdichte vielfach nicht möglich, so dass zur Nachbetrachtung auf radarbasierte Messungen zurückgegriffen werden muss (Pfister et al. 2015). Beim Referenzereignis konnte eine private Messstation an der Universität in Dortmund den Niederschlag des Ereignisses zufällig aufzeichnen. Die Messung ergab 200,2 mm Niederschlag in 2,5 Stunden (Grünewald et al. 2009). Über das DWD Produkt RADOLAN werden radarbasierte Projektionen zu Niederschlagsereignissen erstellt, die eine Auswertung der Niederschlagsmenge und -intensität zulassen. Abbildung 11 zeigt die Auswertung der Projektion vom 26.07.2008 im Gebiet Dortmund. Hiermit konnten die gemessenen Niederschlagshöhen der privaten Wetterstation an der Universität bestätigt werden.

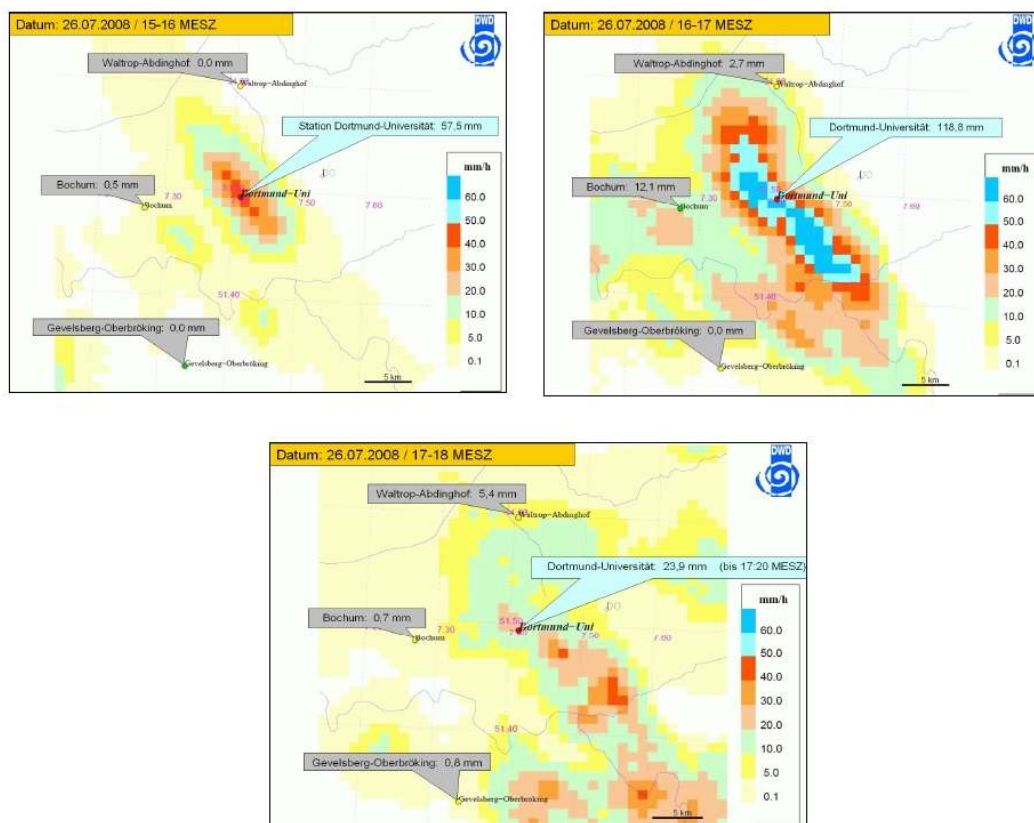


Abbildung 11: Stündliche RADOLAN Niederschlagshöhen im Gebiet von Dortmund am 26.07.2008 zwischen 15:00 und 18:00 Uhr (Grünewald et al. 2009)

Für die Abbildung des realen Starkregens konnte hier sowohl auf Radardaten des DWD als auch auf real gemessene Niederschlagsdaten der Wetterstation des privaten Wetterdienstes Meteomedia zurückgegriffen werden. Zwar lässt sich eine Implementierung der Radarprojektion aus dem Produkt RADOLAN in FloodArea abbilden, die gängige Implementierung des Niederschlages erfolgt aber über eine Ganglinie, die aufgrund der guten Datenlage in dieser Arbeit genutzt wurde. Die Auswertung der Niederschlagshöhen lag in Zeitabständen von 10 Min. vor (Tabelle 6).

Tabelle 6: Regenmessung 26.07.2008 Wetterstation Dortmund-Universität (Meteomedia) (Grünwald et al. 2009)

MESZ	14:50 bis 15:00	15:00 bis 15:10	15:10 bis 15:20	15:20 bis 15:30	15:30 bis 15:40	15:40 bis 15:50	15:50 bis 16:00	16:00 bis 16:10	16:10 bis 16:20	16:20 bis 16:30	16:30 bis 16:40	16:40 bis 16:50	16:50 bis 17:00	17:00 bis 17:10	17:10 bis 17:20
Menge [mm]	0,3	3,6	3,5	15,8	12,7	21,6	26,2	20,1	24,6	20,0	11,6	16,3	8,5	12,4	3,0

Zur Erstellung der Ganglinie mussten die bekannten Werte den Vorgaben von FloodArea angepasst werden. Die vorliegenden Niederschlagshöhen wurden von mm/10 Min. auf mm/h umgerechnet und die Berechnungszeiten auf 5 Min. verkürzt. Aus den in Tabelle 7 dargestellten Werten ergab sich die Ganglinie für den modellierten Niederschlag.

Tabelle 7: Verwandte Berechnungsintervalle für die Modellierung des Realereignisses

Berechnungslauf	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
Niederschlagsmenge in mm/h	1,8	21,6	21	94,8	76,2	129,6	157,2	120,6

Berechnungslauf	17-18	19-20	21-22	23-24	25-26	27-28	29-30
Niederschlagsmenge in mm/h	147,6	120	69,6	97,8	51	74,4	14

4.4.2 Erstellung des abschließenden Modells

Zur Fertigstellung des Modells wurde die Berechnungsdauer an die reale Ereignisdauer von 2,5 Stunden angeglichen. Zur Nachlaufberechnung musste von den Vorgaben des maßgebenden Leitfadens abgewichen werden. Die Programmierung von FloodArea erlaubt derzeit nur eine Gesamtberechnungsdauer von drei Stunden. Anstatt der üblichen Zeit von einer Stunde musste der Nachlauf auf eine halbe Stunde gekürzt werden. Nach der Berechnung konnte die Modellierung fertig- und in einem GIS dargestellt werden. Das Modell teilte sich in drei verschiedene Karten auf. So konnten die Überflutungstiefen, die gemittelten Fließgeschwindigkeiten und die Fließrichtung dargestellt werden. Für die Gefahrenanalyse sind insbesondere die Betrachtung der Überflutungstiefen und die dynamischen Auswirkungen der Fließgeschwindigkeiten von Belang. Starkregengefahrenkarten sollen beide Aspekte darstellen (LUBW 2016). Nachbetrachtungen sollten sich ebenfalls an dieser Vorgabe orientieren. Die nachfolgenden Ergebnisse und die Validierung werden zunächst nur anhand der ermittelten

Überflutungstiefen (Abbildung 12) dargestellt. Auf die Darstellung und den Einfluss der Fließgeschwindigkeiten wird bei der Erstellung der Starkregengefahrenkarte und der Gefährdungsanalyse eingegangen.

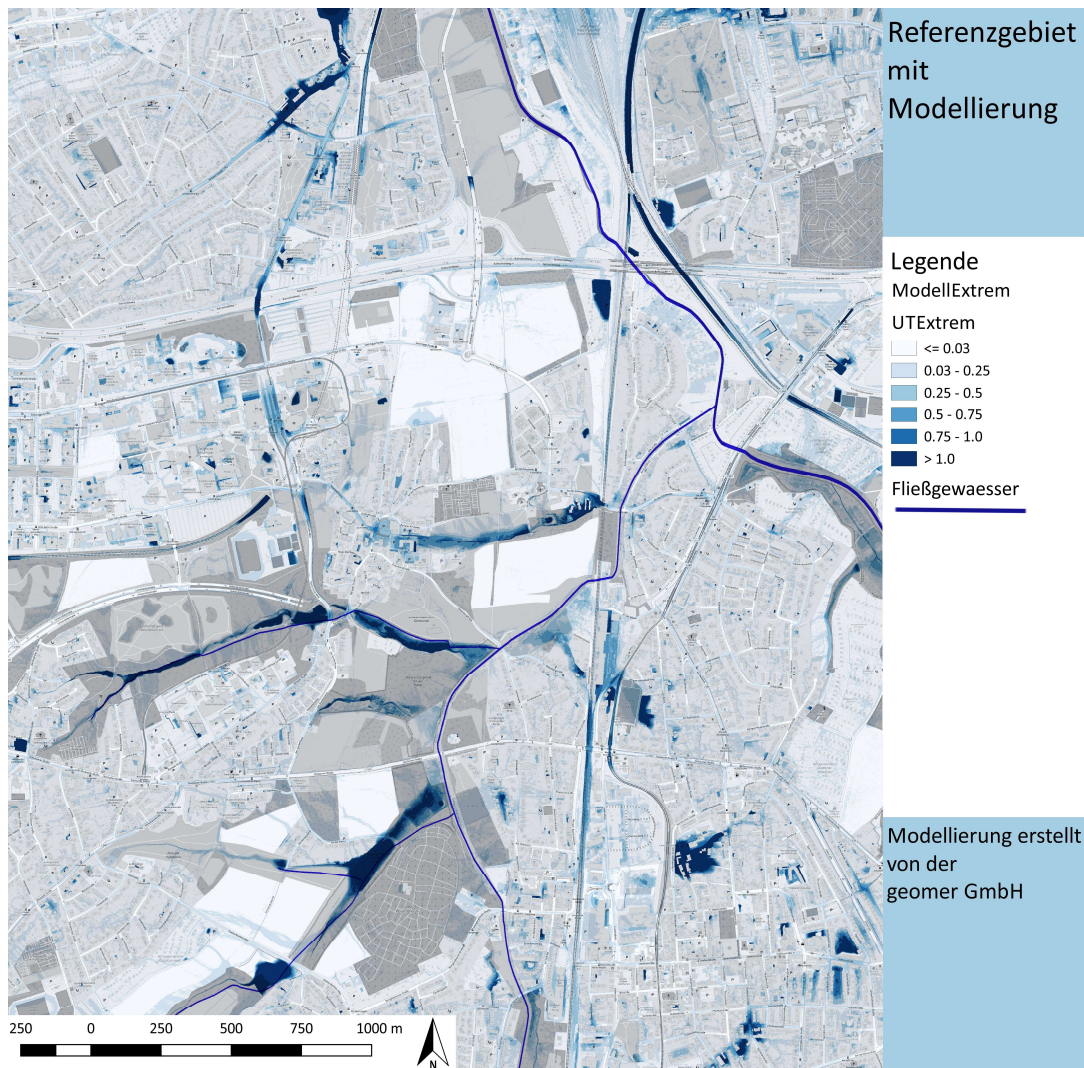


Abbildung 12: Modellierung der Überflutungstiefen nach dem Starkregen vom 26.07.2008, ohne fluvialen Einfluss (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

Aufgrund der Eingabemethode musste die Modellierung der Überflutungstiefen noch mit der HWGK des Betrachtungsgebietes kombiniert werden. Nur so können die realen Überflutungsflächen vom 26.07.2008 betrachtet werden (Assmann et al. 2012). Das Modell war mit der HWGK der Emscher und deren Zuläufe zu kombinieren. Da das Referenzgebiet im quellnahen Oberlauf der Emscher liegt, sind sowohl das Einzugsgebiet (196 km² und damit unter 200 km²) (MLNuv NRW 2011) als auch die vorhandenen Retentionsflächen des Flusses relativ klein. Dies bedingt einen starken Einfluss von Regenereignissen auf den Wasserstand des Gewässers. Der extreme Regen des Referenzereignisses ließ den Wasserstand der Emscher und deren Zuläufe schlagartig ansteigen (Grünwald et al. 2009). Wie in Abbildung 13 zu sehen, hatte sich 2,5 Stunden nach Beginn des Starkregens der Wasserstand an der nächstgelegenen Messtation in Dortmund-Dorstfeld versechsfacht.

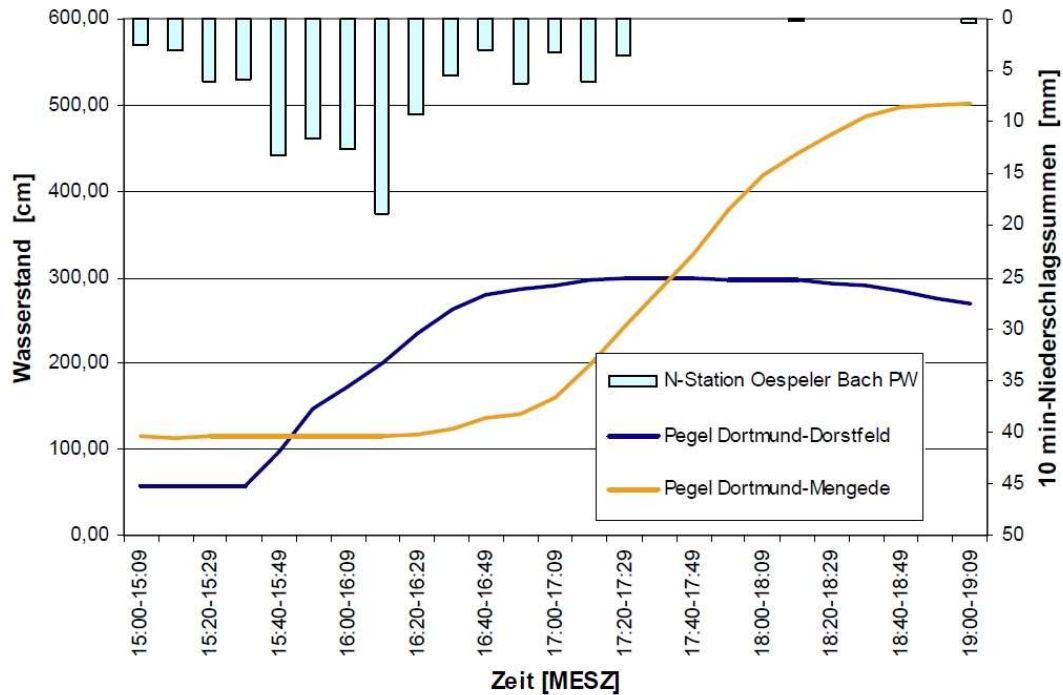


Abbildung 13: Wasserstandanstieg an den Emscherpegeln Dortmund-Dorstfeld und Dortmund-Mengede (Grünwald et al. 2009)

An den zulaufenden Bächen war der relative Anstieg des Wasserstandes noch höher. Damit löste der Starkregen ein paralleles fluviales Hochwasser aus. Bei der extremwertstatistischen Einordnung dieses Hochwassers wurde festgestellt, dass die Kennzahlen für ein 100-jähriges Ereignis deutlich überschritten wurden (Grünwald et al. 2009). Bei der Erstellung des Gutachtens waren die Bemessungskriterien der EU-HWRL noch nicht bekannt. Die statistische Einordnung erfolgte auf Grundlage der Jährlichkeiten des ‚Hochwasser-Aktionsplans Emscher‘ (HAE) aus dem Jahr 2004. Da die Bemessungskriterien für ein 100-jähriges Ereignis nach HAE überschritten wurden und das fluviale Hochwasser als Extremereignis einzustufen war (Grünwald et al. 2009), ist nach der heutigen Bemessungsgrundlage von einem extremen Hochwassergefahr auszugehen. Folglich musste Vervollständigung der Darstellung auf die HWGK-extrem zurückgegriffen werden. Hierdurch ergab sich die endgültige Karte mit Ausweisung der Überschwemmungsflächen vom 26.07.2008 (Abbildung 14).

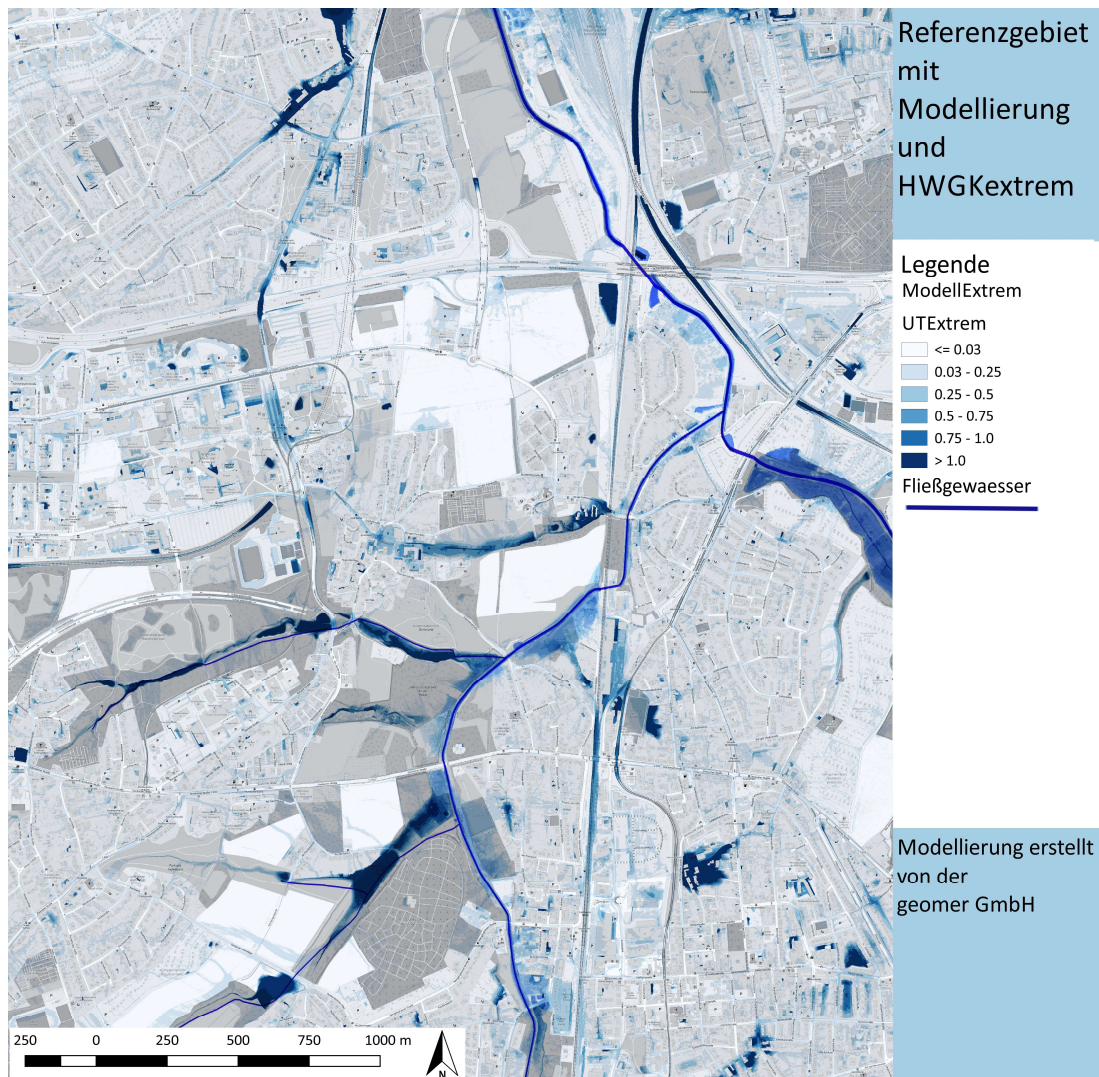
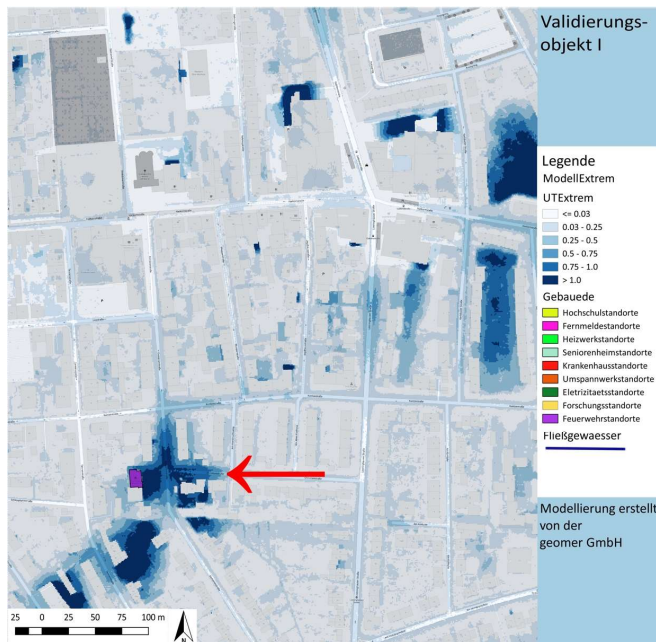


Abbildung 14: Modellierung der Überflutungstiefen nach dem Starkregen vom 26.07.2008 (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

4.4.3 Validierung des Ergebnisses

Zur Validierung des Ergebnisses wurde eine optische Plausibilitätskontrolle durchgeführt, bei der keine Unstimmigkeiten zu erkennen waren. Des Weiteren konnte auf Pressebilder, das Fotoarchiv der Pressestelle der Feuerwehr Dortmund und eigens erstellte Bilder zurückgegriffen werden. Räumlich verortete Punkte mit vorhandenem Bildmaterial wurden betrachtet und mit der Modellierung verglichen. Exemplarisch wird in Abbildung 15 die Situation rund um das Gerätehaus der Freiwilligen Feuerwehr in Dortmund-Hombruch dargestellt. Die Modellierung zeigt an dieser Stelle eine Überflutungstiefe von mehr als einem Meter. Tatsächlich standen der Vorplatz und die Fahrzeughalle unter Wasser.

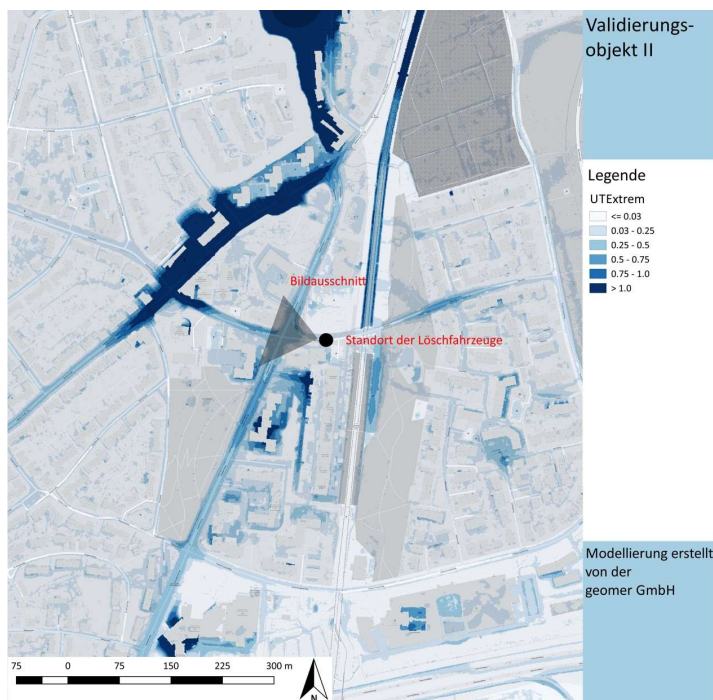


Gerätehaus des Löschzug 16 / Hombruch
der Feuerwehr Dortmund

Zur Verfügung gestellt von der Pressestelle der Feuerwehr Dortmund

Abbildung 15: Vergleich des Modellierungsproduktes mit realer Bildbetrachtung an der Domänenstraße in Dortmund-Hombruch (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

Ein weiterer exemplarischer Abgleich konnte für den Bereich Vogelpothsweg/Oberbank in Dortmund-Dorstfeld erstellt werden. Auf der topographisch teilweise höher liegenden Straße Oberbank, waren am 26.07.2008 zwei Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr Dortmund von Wasser eingeschlossen. Eine Abfahrt über den weiteren Verlauf der Oberbank oder den kreuzenden Vogelpothsweg war nicht mehr gefahrlos möglich. Die Modellierung zeichnet diese Situation exakt nach. Nach Ansicht des Bildmaterials aus Abbildung 16 kann auch der modellierte Wasserstand am Vogelpothsweg bestätigt werden.



Bilder selbst erstellt am 26.07.2008

Abbildung 16: Vergleich des Modellierungsproduktes mit realer Bildbetrachtung an der Kreuzung Vogelpothsweg/Oberbank in Dortmund-Dorstfeld (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

In Vorbereitung einer hydraulischen Analyse wurden bei der Stadt Dortmund bereits topografische Untersuchungen angestellt. Das Ergebnis waren Modelle mit ausgewiesenen Senken, in denen sich Oberflächenwasser bei einer Beregnung ansammeln wird. Die Analyse wurde von der Stadtentwässerung Dortmund für die Verwendung in dieser Arbeit freigegeben. In den ausgewerteten Senken müssen sich zwangsläufig die modellierten Wasseransammlungen wiederfinden. Die separat erstellte topografische Analyse eignet sich damit für eine Quervalidierung des Modellergebnisses. Abbildung 17 zeigt in rot dargestellt die ermittelten Senken im Untersuchungsgebiet. Zur Hälfte wurde diese Darstellung mit der Modellierung verschnitten, wobei alle Senken mit den blauen Darstellungen der Überflutungstiefen überlagert wurden. Weder abweichende Senken noch Überflutungstiefen sind erkennbar. Somit zeigt auch die Quervalidierung keine Unstimmigkeiten. Insgesamt zeigt die Validitätsprüfung keine Schwächen der Modellierung auf.

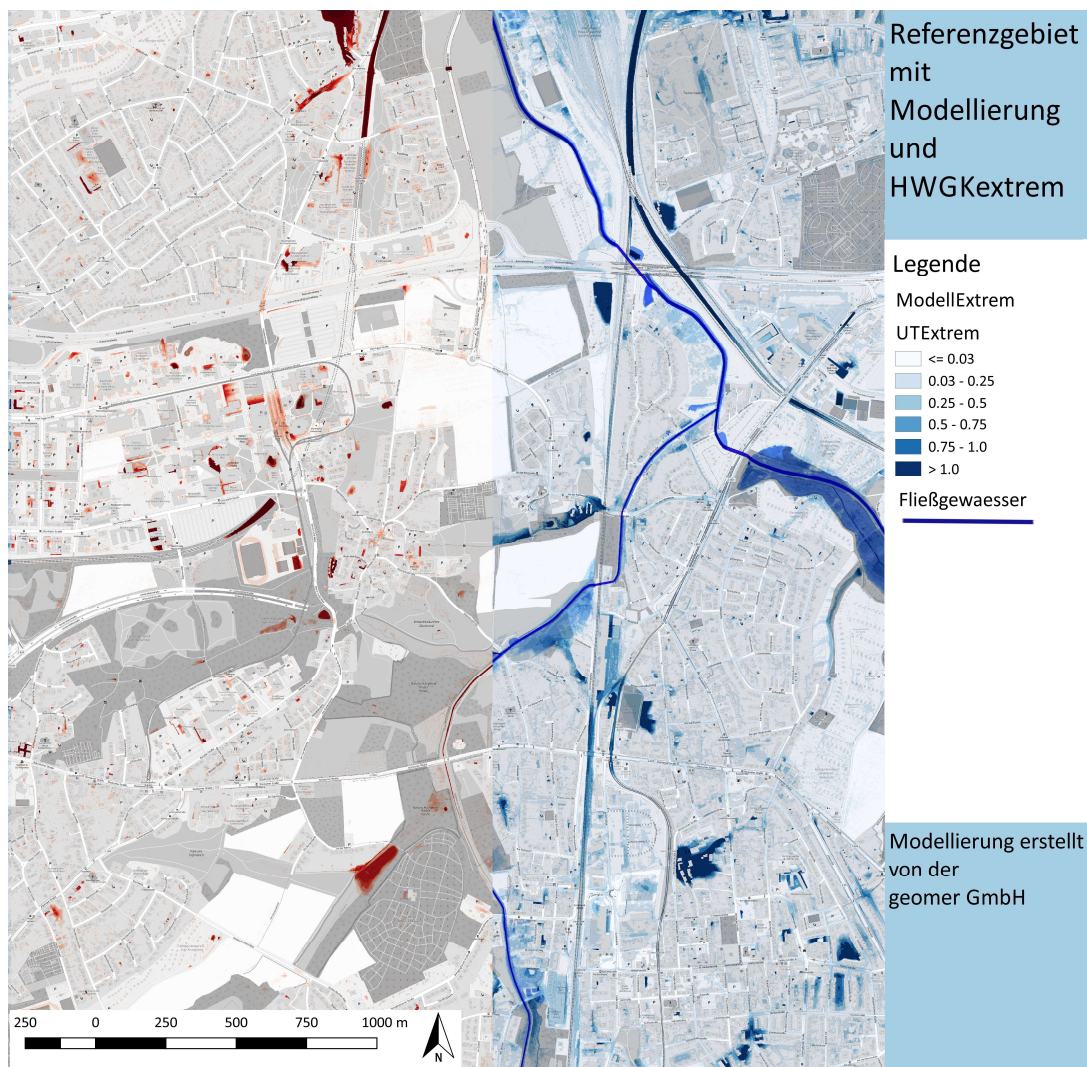


Abbildung 17: Vergleich des topografischen Senkenmodells (rot dargestellt) mit der Ereignismodellierung (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

4.5 Modellierung eines standardisierten Starkregens im Stadtgebiet Dortmund

Anstatt ein vergangenes Ereignis nachzubilden, werden Modellierungen von Starkregen vorrangig für präventive Anwendungen erstellt. Im Gegensatz zur Ereignisnachbildung wird auf standardisierte Bemessungsregen, mit festgelegten Magnituden zurückgegriffen. Diese Modelle werden als Starkregengefahrenkarten genutzt. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Starkregengefahrenkarte für das Untersuchungsgebiet erarbeitet.

4.5.1 Auswahl des Bemessungsregens

Die Auswahl der Magnitude des Bemessungsregens erfolgte nach Einordnung der KOSTRA-DWD Tabelle (Tabelle 8) für die südwestlichen Stadtteile Dortmunds. Demnach wird eine Niederschlagsintensität von 50,2 mm/h als 100-jähriges Ereignis ausgewiesen. Alle Niederschlagsintensitäten darüber hinaus sind als Extremereignisse zu bewerten. Im Rahmen dieser Arbeit sollte ein Extremereignis dargestellt werden, dass in Gänze nicht dem betrachteten Realereignis entspricht. In der intensivsten Beregnungsphase des Realereignisses vom 26.07.2008 trat an der Messstelle ‚Universität Dortmund‘ eine durchschnittliche Niederschlagsintensität von ca. 120mm/h auf. Zur abweichenden Darstellung wurde die halbe Niederschlagsintensität des Realereignisses für die Modellierung gewählt, die nach KOSTRA-DWD trotzdem ein Extremereignis darstellt.

Tabelle 8: Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010 für die südwestlichen Stadtteile Dortmunds (DWD 2015)

KOSTRA-DWD 2010R

Nach den Vorgaben des Deutschen Wetterdienstes - Hydrometeorologie -



Niederschlagshöhen nach KOSTRA-DWD 2010R

Rasterfeld : Spalte 14, Zeile 48
Ortsname : Dortmund (NW)
Bemerkung :
Zeitspanne : Januar - Dezember

Dauerstufe	Niederschlagshöhen hN [mm] je Wiederkehrintervall T [a]								
	1 a	2 a	3 a	5 a	10 a	20 a	30 a	50 a	100 a
5 min	5,5	7,3	8,4	9,7	11,5	13,3	14,3	15,6	17,4
10 min	8,5	10,9	12,4	14,1	16,5	19,0	20,4	22,2	24,6
15 min	10,4	13,3	15,0	17,1	20,0	22,8	24,5	26,6	29,5
20 min	11,7	14,9	16,8	19,2	22,5	25,7	27,6	30,0	33,3
30 min	13,3	17,2	19,5	22,3	26,2	30,1	32,3	35,2	39,1
45 min	14,7	19,3	22,0	25,4	30,0	34,6	37,3	40,7	45,4
60 min	15,5	20,7	23,8	27,6	32,9	38,1	41,1	45,0	50,2
90 min	16,9	22,4	25,6	29,6	35,1	40,6	43,8	47,8	53,3
2 h	18,1	23,7	27,0	31,2	36,8	42,5	45,8	49,9	55,6
3 h	19,7	25,7	29,1	33,5	39,4	45,3	48,8	53,1	59,0
4 h	21,0	27,1	30,7	35,2	41,3	47,4	51,0	55,5	61,6
6 h	23,0	29,4	33,1	37,8	44,2	50,6	54,4	59,1	65,5
9 h	25,1	31,8	35,8	40,7	47,4	54,1	58,0	62,9	69,6
12 h	26,8	33,7	37,7	42,8	49,8	56,7	60,7	65,8	72,7
18 h	29,3	36,5	40,8	46,1	53,3	60,6	64,8	70,2	77,4
24 h	31,2	38,7	43,1	48,6	56,1	63,5	67,9	73,4	80,9
48 h	38,4	48,0	53,1	59,4	68,0	76,6	81,7	88,0	96,6
72 h	45,2	54,5	59,9	66,7	76,0	85,3	90,7	97,5	106,8

Legende

T Wiederkehrintervall, Jährlichkeit in [a]: mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
D Dauerstufe in [min, h]: definierte Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen
hN Niederschlagshöhe in [mm]

Der Bemessungsregen wurde nach Maßgabe des genutzten Leitfadens für einen endbetonten Niederschlagsverlauf mit der Gesamtniederschlagsmenge von 60mm modelliert. Der gesamte Berechnungszeitraum wurde auf eine Stunde mit zusätzlichem Nachlauf begrenzt. Zur Modellierung in FloodArea wurde auf die aufbereiteten Grundlagen der Realmodellierung zurückgegriffen. Die Abflussbeiwertstraster wurden mit der Niederschlagsganglinie neu berechnet. Die abschließende Berechnung ergab das Modell aus Abbildung 18.

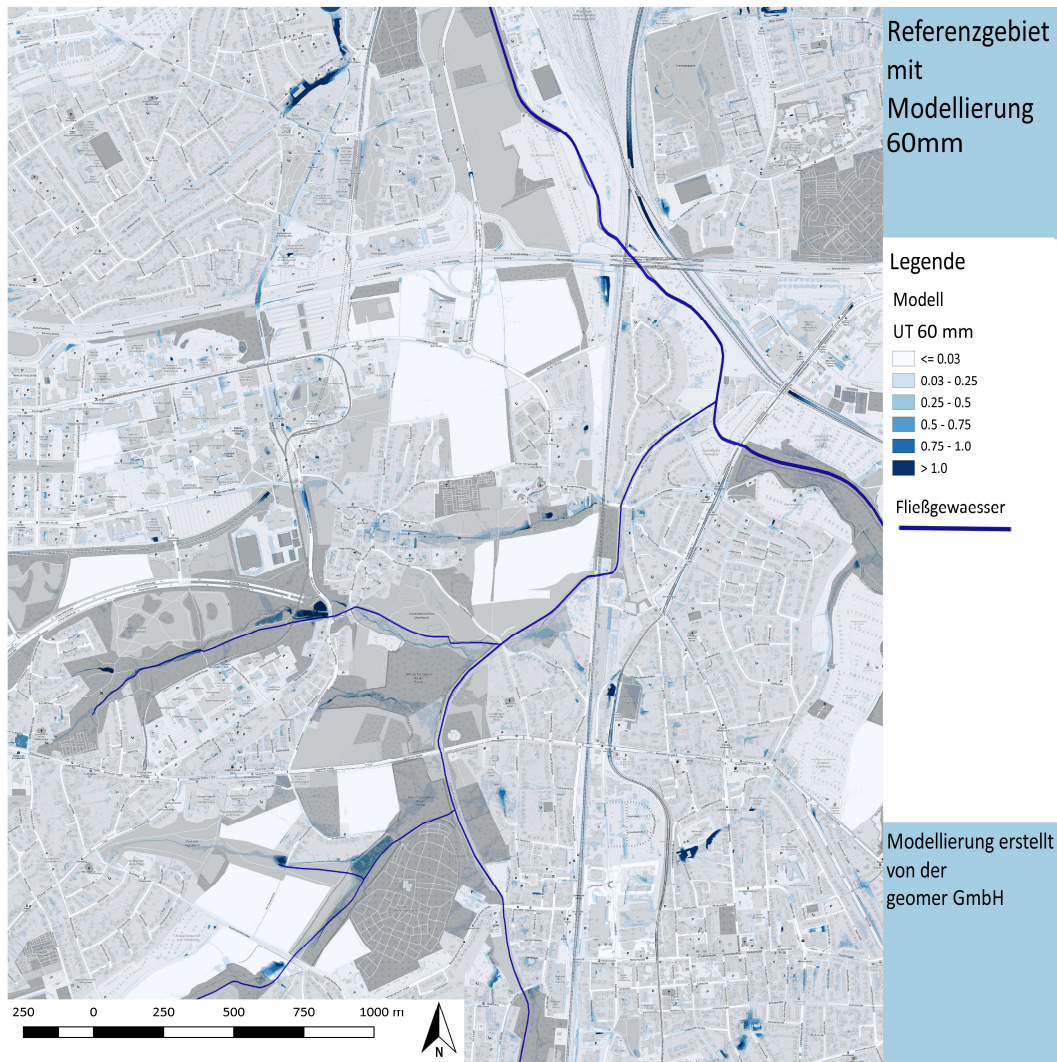


Abbildung 18: Modellierung der Überflutungstiefen bei einem Niederschlag von 60mm/h, ohne fluvialen Einfluss (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

Zur endgültigen Darstellung der Ergebnisse als Starkregengefahrenkarte war die Modellierung auch mit der zutreffenden HWGK zu verschneiden. Für diesen Fall lag keine gutachterliche Untersuchung oder Messergebnisse des Regeneinflusses auf die Emscher und deren Zuläufe vor. Rückschlüsse aus dem bekannten Gutachten lassen aber die Annahme zu, dass der gewählte Bemessungsregen ebenfalls zu einem außergewöhnlichen fluvialen Ereignis führen würde. Da sowohl die Gesamtdauer und die Magnitude des Bemessungsregens für diese Starkregengefahrenkarte ungefähr der halben Intensität des zuvor betrachteten Referenzereignisses entsprechen, werden die entstandenen Abflüsse in der Emscher ebenfalls wesentlich geringer ausfallen. Es ist davon auszugehen, dass die Bemessungskriterien für ein HQextrem

unterschritten, die Kriterien für ein HQ100 hingegen erfüllt werden. Die Modellierung war deswegen mit der HWGK100 zu verschneiden. Das Gesamtergebnis der Darstellung der Überflutungstiefen für das angenommene Extremereignis ist in Abbildung 19 dargestellt.

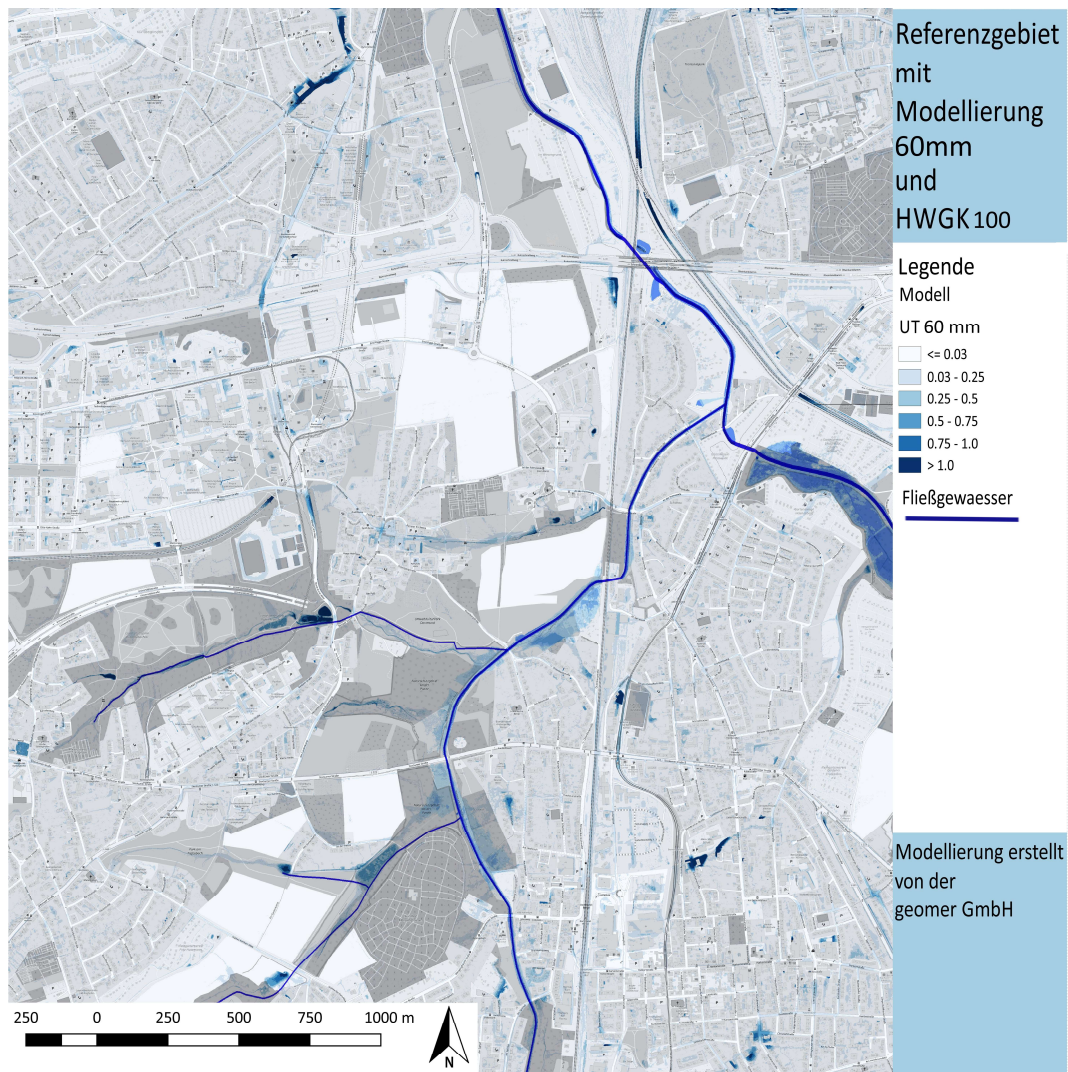


Abbildung 19: Darstellung der Überflutungstiefen für ein extremes Ereignis nach 60mm/h Niederschlag im Referenzgebiet (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

Um die Darstellung als Starkregengefahrenkarte zu nutzen, müssen auch die gemittelten Fließgeschwindigkeiten dargestellt werden. Bei der Modellierung durch FloodArea werden die Geschwindigkeiten berechnet und in einer gesonderten Karte ausgewiesen. Nach Vorgabe des Leitfadens werden die Fließgeschwindigkeiten in Farben dargestellt. FloodArea weist vorhandene Fließgeschwindigkeiten nur an den Stellen aus, an denen auch ein Wasserabfluss stattgefunden hat. Damit werden auch Fließwege des Wassers dargestellt, an denen kein Wasseraufstau stattfindet. Die Überlagerung der Überflutungstiefen und der Fließgeschwindigkeiten erzeugt die in Abbildung 20 dargestellte Modellierung, die als Starkregengefahrenkarte genutzt werden kann.

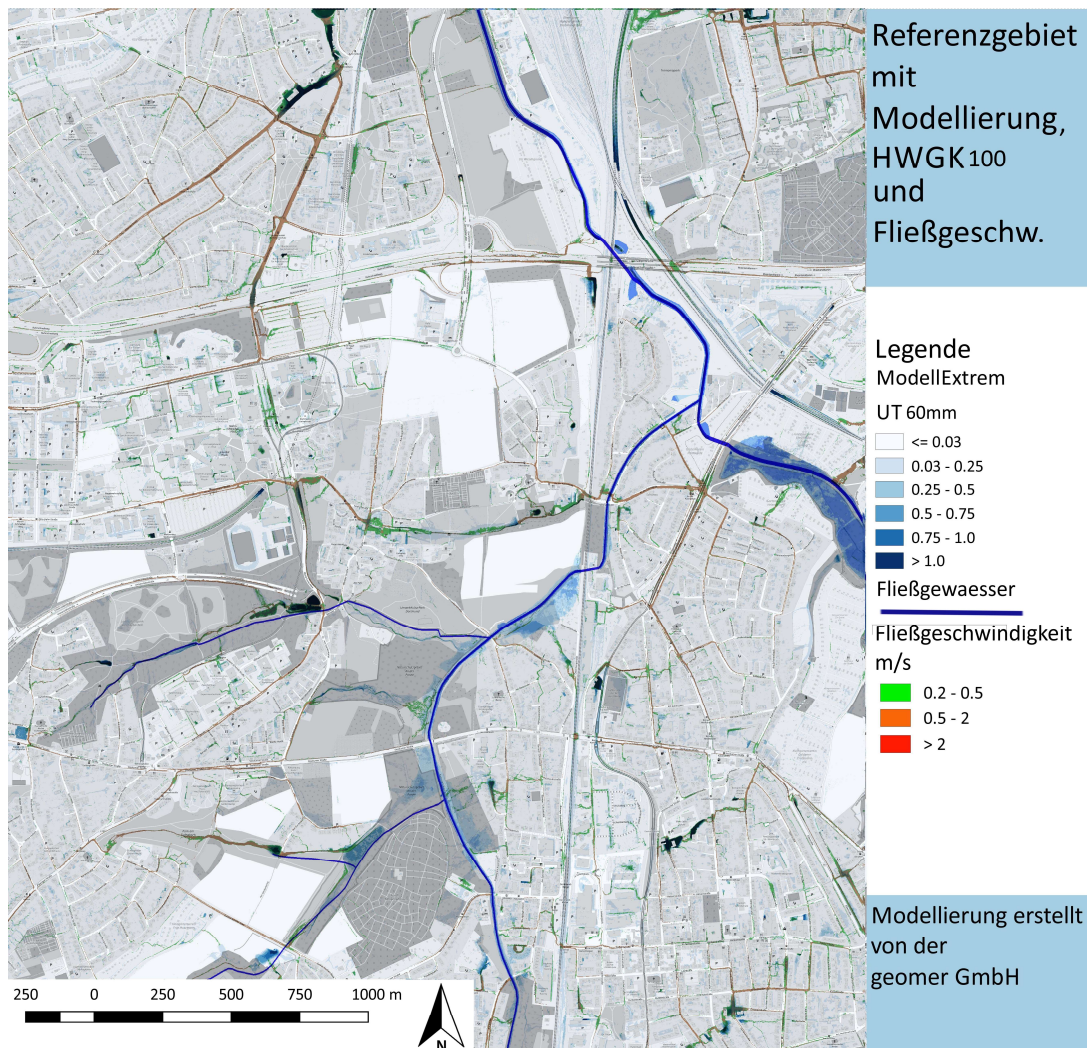


Abbildung 20: Darstellung der Starkregengefahrenkarte für einen Niederschlag von 60mm/h (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

4.5.2 Validierung des Ergebnisses

Bei der optischen Plausibilitätskontrolle fanden sich keine Auffälligkeiten. Eine Quervalidierung mit dem vorhandenen Senkenmodell ergab flächendeckende Übereinstimmungen zwischen Senken und Überflutungsgebieten. Die Datengrundlagen der beiden Modellierungen in dieser Arbeit waren identisch, der Unterschied lag nur im ausgewählten Bemessungsregen und der Berechnungszeit. Die erstellte Starkregengefahrenkarte muss folglich die gleiche Validität aufweisen, wie die vorangegangene Ereignismodellierung.

5. Gefährdungsanalyse

Feuerwehren müssen zur Vorplanung analysieren welche potentiellen Risikoelemente sich im Zuständigkeitsgebiet befinden. Risikoelemente sind alle Objekte, die gegenüber der betrachteten Gefahr exponiert (Krings/Glade 2017), also welche Objekte der betrachteten Gefahr ausgesetzt sind (Weichselgartner 2008). Das generelle Risiko von Starkregen ist die Kombination aus Gefährdung und Vulnerabilität (LUBW 2016). Die Bewertung des Risikos ist von Vulnerabilität der Risikoelemente abhängig (Krings/Glade 2017). Da die Vulnerabilität der Elemente in der Regel unbekannt ist, kann eine abschließende Risikobewertung nicht vorgenommen werden. Über die Bestimmung der Exposition kann für die Vorplanung jedoch eine Gefährdungsanalyse erstellt werden. Nachfolgend wurde eine vereinfachte Gefährdungsanalyse für das Untersuchungsgebiet durchgeführt, die sich an den Vorplanungskriterien der Feuerwehr orientiert.

5.1 Auswahl der Betrachtungsobjekte

Bei der Vorplanung der Feuerwehr werden vordergründig Schutzgüter betrachtet. Hierbei handelt es sich um Elemente die aufgrund ihres materiellen oder ideellen Wertes besonders vor Schäden bewahrt werden sollen (BBK 2011). Aus Sicht der Feuerwehr müssen Schäden vorrangig von Menschen und Tieren abgewandt werden. Gefährdungsanalysen für Naturgefahren können diese Schutzgüter nur indirekt begutachten, da es sich hierbei um bewegliche Objekte handelt. Bei der Naturgefahrenanalyse steht die Exposition von Gebäuden im Vordergrund. Im Fokus der Betrachtung stehen besonders kritische Einrichtungen (vgl. Gespräch Aschenbrenner, Anlage 1). Die Kritikalität der Objekte bemisst sich dabei an diversen Faktoren bspw. Nutzung des Objektes oder Anzahl der zu erwartenden Personenzahl im Objekt. Eine Einschätzung der Kritikalität erfolgt vielfach durch bestehende Gesetzgebung und Richtlinien. Im Rahmen des Baugesetzbuch (BauGB), der Verordnung zur Bestimmung Kritischer Infrastrukturen nach dem BSI-Gesetz (BSI-KritisV) oder auch der SEVESO III-Richtlinie werden besonders kritische Objekte bereits klassifiziert und für Feuerwehren als Schutzgut definiert. Neben kritischen Objekten ist es Ziel der Vorplanung, eine Gefährdung für den Ausfall von Hauptzufahrtswegen zu analysieren. Insbesondere durch Starkregen können Straßen und damit primäre Zufahrtswege der Feuerwehr blockiert sein (Albano et al. 2014). Für die Gefährdungsanalyse wurden die in Tabelle 9 benannten Elemente exemplarisch ausgewählt, da diese im Untersuchungsgebiet zu finden sind und als potentiell gefährdete Schutzgüter eingeordnet werden können.

Tabelle 9: Betrachtungsobjekte für die vereinfachte Gefährdungsanalyse

Betrachtungsobjekt	Indiz für Kritikalität	Einordnung nach Gesetz
Hochschul- und Forschungsstandort	besonders wertvolle Forschungsgüter	-
Fernmeldestandort	Ausfall der Telekommunikation (Kaskadeneffekt)	BSI-KritisV
Heizwerk	Ausfall der Wärmeversorgung (Kaskadeneffekt)	BSI-KritisV
Seniorenheim	besondere Konzentration von hilfsbedürftigen Menschen	BauGB, BauO
Krankenhaus	besondere Konzentration von hilfsbedürftigen Menschen, Ausfall der medizinischen Versorgung (Kaskadeneffekt)	BSI-KritisV
Elektrizitätsstandorte	Ausfall der Elektrizitätsversorgung (Kaskadeneffekt)	BSI-KritisV
Feuerwehrstandorte	Ausfall des Hilfssystems	KRITIS außerhalb der BSI-KritisV
besondere Zufahrtswege	Zufahrtswege für Hilfeinheiten	-

5.2 Gefährdungsanalyse des Referenzgebietes

Für die Analyse wurden die benannten Schutzgüter im GIS dargestellt und mit der erstellten Starkregengefahrenkarte verschnitten. Von den Betrachtungsobjekten konnten im Ergebnis sechs Risikoelemente identifiziert werden (Abbildung 21). Erkennbar wäre im Ereignisfall unter Ziffer 1 ein Seniorenheim sowohl vom Einstau als auch von der hohen Fließgeschwindigkeit des Oberflächenwassers bedroht. Von einer Überflutung wären ebenfalls das Marienkrankenhaus in Dortmund-Hombruch (Ziffer 4), eine Forschungseinrichtung der Technischen Universität Dortmund (Ziffer 6) und das Gerätehaus der Feuerwehr Dortmund im Stadtteil Hombruch betroffen (Ziffer 4). Zusätzlich sind Einschränkungen der Hauptzufahrtswege erkennbar. Sowohl die Wittener Straße zwischen der Kreuzung Oberbank und der Kreuzung Vogelpothsweg (Ziffer 2) als auch die Marie-Curie-Allee im Bereich der Universität (Ziffer 5) wären für Fahrzeuge der Feuerwehr und des Rettungsdienstes aufgrund der entstehenden Überflutungstiefe unpassierbar. Die genannten Objekte sind gegenüber einem Starkregen mit 60mm/h exponiert und damit durch ein solches Ereignis gefährdet.

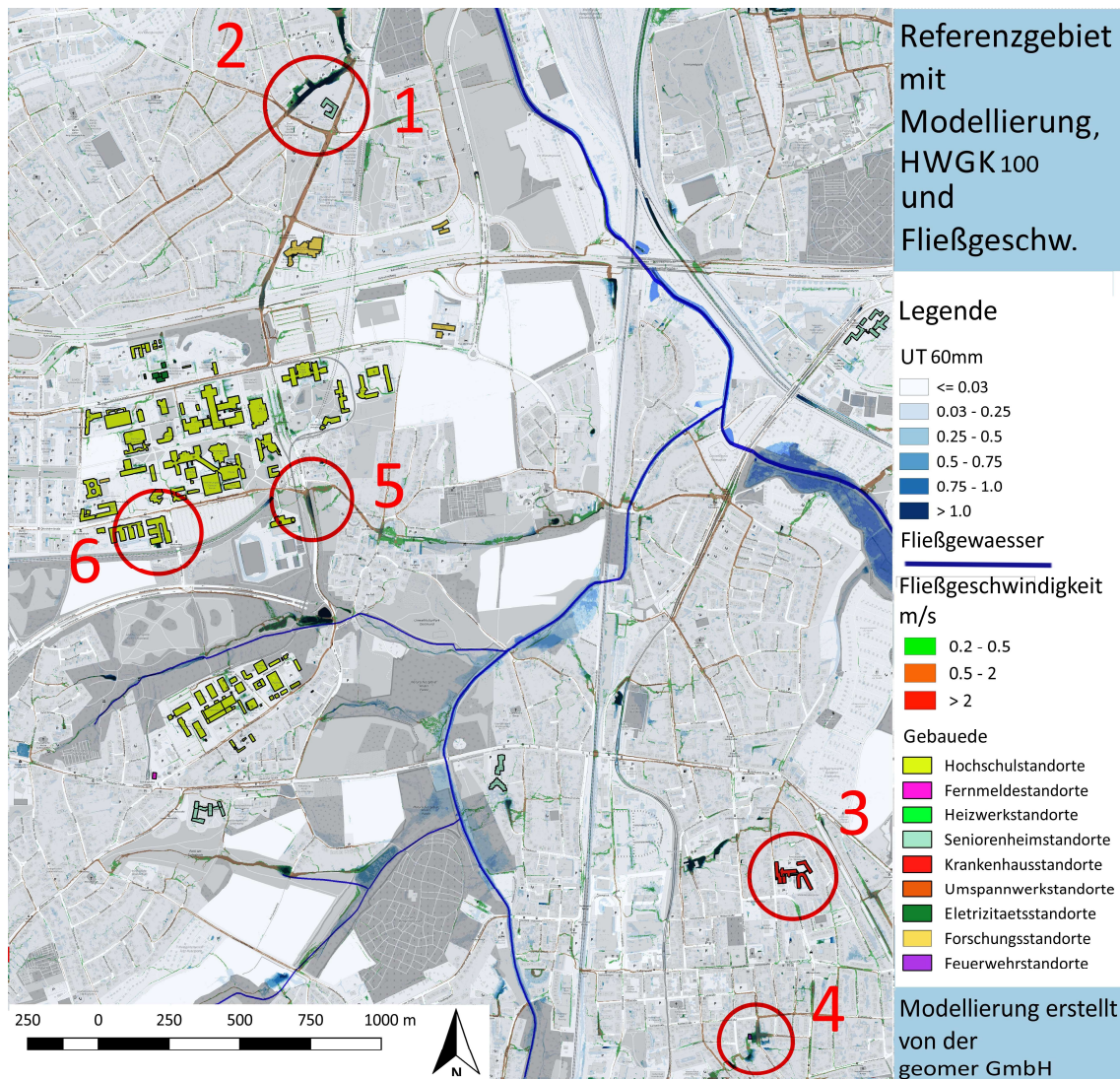


Abbildung 21: Verschnitt der potentiellen Schutzgüter und der Starkregengefahrenkarte (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

Auffallend sind die teilweise hohen Fließgeschwindigkeiten. Im Gegensatz zu fluvialen Ereignissen entstehen diese schnellen Wasserabläufe nicht in einem Gewässer, sondern auf bebauten Straßen, auf denen sich potentiell Menschen befinden oder Gebäude beschädigt werden können. Tabelle 10 zeigt eine Klassifizierung der schadensbringenden Fließgeschwindigkeiten. Diese Werte werden in einigen Bereichen der Starkregengefahrenkarte massiv überschritten. An diesen Stellen entsteht durch die Dynamik des Abflusses während eines potentiellen Ereignisses Gefahr für Leib und Leben.

Tabelle 10: Klassifizierung der Fließgeschwindigkeiten zur Gefahrenanalyse (LUBW 2016)

Fließgeschwindigkeit	Potenzielle Gefahren für Leib und Leben	Potenzielle Gefahren für Infrastruktur und Objekte
> 0,2 – 0,5 m/s	■ Gefahr für ältere, bewegungseingeschränkte Bürger oder Kinder beim Queren des Abflusses	■ Versagen von Türdichtungen durch erhöhten Druck
> 0,5 – 2 m/s	■ Gefahr für Leib und Leben beim Versuch, sich durch den Abflussstrom zu bewegen	■ Möglicher Bruch von Wänden durch Kombination von hohen statischen und dynamischen Druckkräften
> 2 m/s	■ Gefahr für Leib und Leben bei Versagen von Bauwerksteilen ■ Gefahr durch mitgeführte, größere Feststoffe (z. B. Container, Auto, Baumstamm etc.) ■ Versagen von Bauelementen in Folge von Unterspülung	■ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch hohe dynamische Druckkräfte ■ Mögliches Versagen von Bauwerksteilen durch mitgeführte Feststoffe ■ Beschädigung der Bausubstanz durch Unterspülung

Die reale Gefährdung der erkannten Schutzgüter wird bei der Verschneidung mit der Nachbetrachtung deutlich. Hierbei wurden in der Nachbetrachtung ebenfalls die errechneten, gemittelten Fließgeschwindigkeiten integriert. Das Referenzereignis stellt im Vergleich zur vorliegenden fiktiven Betrachtung tatsächlich nur eine Erhöhung der Magnitude des Bemessungsregens dar. Zwangsläufig müssen die gefährdeten Schutzgüter auch während des Referenzereignisses betroffen gewesen sein. Abbildung 22 zeigt die Überflutungshöhen und Fließgeschwindigkeiten des Oberflächenwassers nach dem Starkregen vom 26.07.2008. Ebenfalls dargestellt sind die daraus resultierenden Einsatzstellen der Feuerwehr. Mit Ausnahme des Seniorenheimes (Ziffer 1) und des Gerätehauses der Feuerwehr (Ziffer 4) mussten an allen erkannten Schutzgütern Einsätze abgearbeitet werden. Wie aus Kapitel 4.4.3 bekannt, war das Gerätehaus der Feuerwehr ebenfalls betroffen. An dieser Stelle wurde lediglich kein eigener Einsatz eröffnet. Somit musste die Feuerwehr bei einem realen Starkregen relativ genau an den Orten Einsätze abarbeiten, die über eine Modellierung vorab als Risikoelemente benannt werden konnten. Diese Feststellung beweist, dass über die Analyse reale Gefährdungselemente identifiziert werden können. Darüber hinaus zeigt die Nachbetrachtung, dass die Fließgeschwindigkeiten mit der Zunahme des Oberflächenabflusses ebenfalls ansteigen und damit weitere Gefahrenpunkte entstehen.

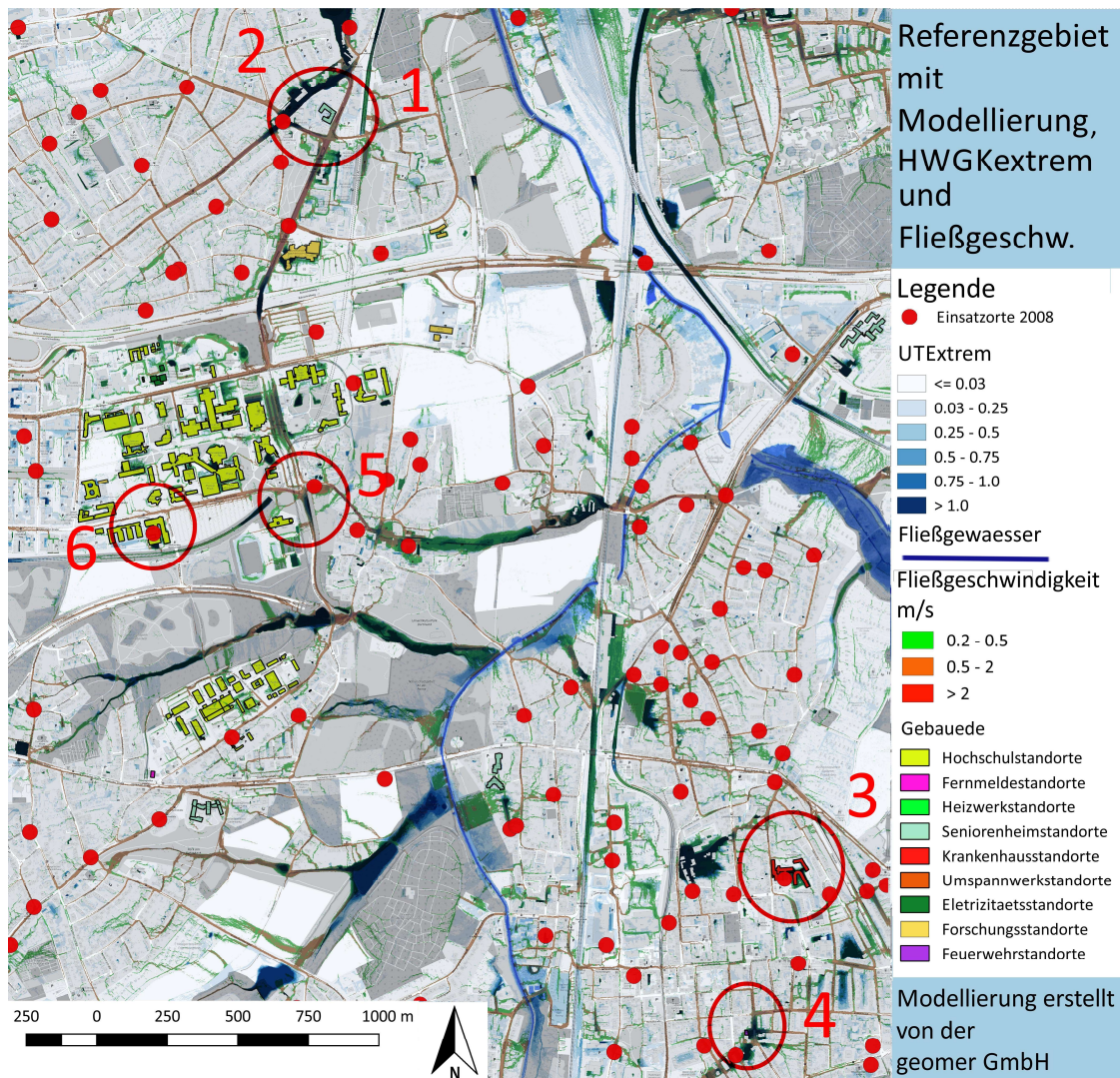


Abbildung 22: Verschnitt der potentiellen Schutzgüter und der Nachbetrachtungskarte inkl. Fließgeschwindigkeiten und Einsatzstellen (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

6. Diskussion

Nutzbarkeit und Mehrwert von Starkregengefahrenkarten und Nachbetrachtungsmodellen sind durch die Ergebnisse und die Analyse deutlich geworden. Dennoch handelt es sich bei den Instrumenten um berechnete Modelle, die auf Eingabeparametern basieren. Eine Veränderung dieser Parameter würde zu einem abweichenden Ereignisablauf führen. Darüber hinaus sind die Darstellungs- und Berechnungsmöglichkeiten technisch begrenzt. Im folgenden Kapitel wird auf die Ungenauigkeiten der erstellten Karten und deren Auswirkungen auf die Verwendbarkeit eingegangen. Außerdem werden die grundlegenden Forschungsfragen dieser Arbeit erörtert.

6.1 Ungenauigkeiten der Modellierung

Festzustellen ist, dass die Modellierung von Starkregenereignissen aus verschiedenen Gründen ungenau sein kann. Dies liegt insbesondere in der Tatsache begründet, dass es sich bei Datenmodellierungen immer um Momentaufnahmen handelt, in denen Änderungen in verschiedenen Bereichen nicht immer Berücksichtigung finden. Da sich urbane Räume stetig baulich verändern, ist eine regelmäßige Anpassung der Modelle notwendig. Neben den realen Veränderungen entstehen durch die Berechnungsart weitere Ungenauigkeiten. Außerdem lassen sich bestimmte Auswirkungen eines Starkregens nicht über die Modellierungen abbilden.

6.1.1 Einheitlicher Bemessungsregen

Für die Modellierungen wurde der Regen über eine Ganglinie eingebracht. Durch diese Methode wird jeder Punkt einheitlich mit dem gleichen Bemessungsregen beaufschlagt. Der methodisch gleichförmig erzeugte Regen, kommt in der Realität nicht vor. Regen fällt räumlich begrenzt und nur kleinräumig in der gleichen Intensität aus. Die Ungenauigkeit der Modellierung verstärkt sich mit der Größe des Untersuchungsgebietes. Für die Nachzeichnung eines realen Ereignisses ist dieser Faktor zu berücksichtigen, da es hierdurch zu Abweichungen kommen kann. Die in dieser Arbeit erstellte Nachbetrachtung wurde für ein relativ kleines Untersuchungsgebiet erstellt. Zudem wurden die Messdaten des Regens im Untersuchungsgebiet aufgenommen. Es ist davon auszugehen, dass bei dem Ereignis innerhalb des Untersuchungsgebietes ein relativ die gleiche Niederschlagsmenge gefallen ist, auch wenn der zeitliche Verlauf innerhalb des 2,5 stündigen Ereignisses an unterschiedlichen Punkten im Untersuchungsgebiet abweichen konnte. Eine signifikante Abweichung des Ergebnisses durch die Berechnungsart ist daher für die Nachbetrachtung hier nicht zu vermuten.

Bei der Betrachtung von Starkregengefahrenkarten hingegen ist diese Berechnungskünstlichkeit insgesamt nicht ausschlaggebend, da die Modellierungen zur Vorbetrachtung genutzt werden. Durch die einheitliche Beregnung wird für die gewählte Magnitude das Worst-Case Szenario dargestellt. Diese Tatsache ist für eine Betrachtung der Feuerwehr sogar zu begrüßen, da der größtmögliche Schaden berücksichtigt werden kann.

6.1.2 Einfluss des Abwassersystems

In urbanen Gebieten wird Regenwasser zunächst nicht über die Oberfläche, sondern über Abwassersysteme abgeführt. Wie bereits in Kapitel 4.4 beschrieben werden die Kanalrohre für bestimmte Überflutungsszenarien bemessen und weichen innerhalb des Systems, je nach Lage, im Querschnitt voneinander ab (Günthert/Faltermaier 2016). Zunächst erzeugt das Abwassersystem einen positiven Effekt, indem Regenwasser unterirdisch abgeführt wird. Die positiven Auswirkungen können über einen Reduktionsfaktor in die Modellierung eingebracht werden. Dabei wird die durchschnittliche Kapazität des Kanalsystems vom Bemessungsniederschlag abgezogen und der reduzierte Wert in die Abflussbeiwerte eingebracht (Tader et al. 2016).

Bei einem Starkregen werden die Kapazitäten des Kanalsystems schlagartig überlastet, womit sich der Einfluss des Systems ins Negative wandelt. Zunächst entsteht ein Überstau (Fuchs 2013), bei dem das Wasser über direkte Anschlüsse in Gebäude entweichen kann. Gebäude ohne Rückschlagklappen oder Hebeanlagen werden in diesem Fall durch das Kanalsystem von innen geflutet. Das Regenwasser muss an der Oberfläche abfließen, zudem besteht die Gefahr eine Kanalüberflutung (Günthert/Faltermaier 2016). In diesem Zustand tritt Wasser wieder aus dem Kanal aus. In Kanalrohren mit großem Querschnitt wird das Wasser noch problemlos transportiert, bevor es im System auf kleinere Kanäle trifft und eine Überflutung folgt. Dieser Umstand kann zu einer Verlagerung des Schadensereignisses, fernab des auslösenden Regens, führen. Eine Abbildung der negativen Auswirkungen über die Modellierung ist nur bedingt möglich (Fuchs 2013).

Insgesamt ist die Betrachtung des Kanalsystems ein Schwachpunkt der Modellierung. Der im angewandten Leitfaden gewählte Ansatz, das Kanalsystem bei der Modellierung von Starkregengefahrenkarten nicht zu beachten ist jedoch vertretbar. Bei Starkregen kann von einer direkten Überlastung des Systems ausgegangen werden. Der berechenbare, positive Effekt des Kanalnetzes stellt sich hier nicht ein. Zudem sollen Starkregengefahren das größtmögliche Überflutungspotential des gewählten Ereignisses darstellen. Der genutzte Reduktionsfaktor ist wiederum eine angegliche Berechnungsgröße, die vom tatsächlichen Ereignisablauf abweicht. Somit würde an einigen Stellen ein positiver Effekt eingerechnet, der real nicht entsteht.

6.1.3 Resilienz des Betrachtungsgebietes

Über die erstellte Einsatzstellenkarte wurde ein Rückschluss über die räumliche Ausdehnung des auslösenden Schadensereignisses getroffen. Bei diesem Ergebnis muss ein Unsicherheitsfaktor der Einsatzstellenkarte berücksichtigt werden. Die Karte basiert auf Einsatzdaten der ELS und damit ausschließlich auf gemeldeten Einsätzen (vgl. Gespräch Schröer, Anlage 1). Die Feuerwehr wird in der Regel in Anspruch genommen, wenn das Ausmaß eines Schadens die Selbsthilfefähigkeit der Bürger übersteigt. Die Unsicherheit bei dieser Betrachtung liegt in der Resilienz der Betroffenen. Während einige Bürger Vorkehrungen zum Schutz vor Naturereignissen getroffen haben und auf Mechanismen zur Bewältigung von Schäden zurückgreifen können, sind andere Bürger weniger widerstandsfähig. Einige Betroffene sind bereits bei

kleinsten Schäden, bspw. 5 cm Wasser im Keller, überfordert und alarmieren umgehend die Feuerwehr. Andere Bürger hingegen nehmen bei einem komplett vollgelaufenen Keller, keine Hilfe der Feuerwehr in Anspruch. In resilienten Gebieten wird die Verdichtung der Einsätze weniger stark sein, als in Gebieten mit einer geringen Widerstandsfähigkeit der Bürger. Dieser Unsicherheitsfaktor vermindert sich, je höher die Anzahl der Einsätze pro Ereignis liegt. In der Regel ist dann von einer hohen Magnitude des Ereignisses auszugehen, bei der auch die Schwelle der Widerstandsfähigkeit der vorbereiteten Gebiete überschritten wird.

Zudem wird ein weiterer Einfluss auf das Meldeverhalten für die Nachbetrachtung relevant. Der Feuerwehr werden nur entdeckte Gefahrensituationen oder Schäden gemeldet. Zu Nachtzeiten oder am Wochenende werden vor allem Schäden in unbewohnten Gebäuden bspw. Gewerbebetrieben nicht entdeckt. Hierdurch unterbleibt vielfach eine Meldung zur Feuerwehr. Teilweise werden die Schäden mit großer Verzögerung entdeckt und gemeldet. Verspätete Meldungen erschweren die Zuordnung des Einsatzes zum Schadensereignis, da hier möglicherweise bereits andere Ursachen den Schaden ausgelöst haben könnten.

Am 26.07.2008 wurden der Feuerwehr in Dortmund vergleichbar extrem viele Einsätze gemeldet. Diese Einsätze bezogen sich, von wenigen Ausnahmen abgesehen, auf das gleiche Gebiet. In der Betrachtung der Einsatzstellenkarte zeigt sich die eindeutige Konzentration der Einsatzorte im Südwesten der Stadt. Es ist hier davon auszugehen, dass die Einsatzstellenkarte auch das räumliche Ausmaß des grundlegenden Schadensereignisses darstellt. Zusätzlich unterstreicht das Ergebnis die Feststellungen aus dem bekannten Gutachten, das ebenfalls den Südwesten Dortmunds als Schadensraum identifizierte. Darüber hinaus fand das Schadensereignis an einem Samstag Nachmittag statt. Zu dieser Zeit sollten alle relevanten Einsätze zeitnah bei der Feuerwehr gemeldet worden sein. Insgesamt erfüllt die erstellte Karte alle Kriterien um valide Rückschlüsse auf die Ausbreitung des Schadensereignisses zu nehmen.

6.2 Hochwassergefahrenkarte vs. Starkregenmodellierung

Der Entstehungsmechanismus von pluvialen und fluvialen Hochwassern erfordert eine differenzierte Betrachtung dieser Phänomene. Eine Abbildung pluvialer Ereignisse ist über HWGK nicht möglich, wofür die Ergebnisse dieser Arbeit einen objektiven Beweis liefern können. In Abbildung 23 wird der Verschnitt der Einsatzstellenkarte mit der HWGK dem Verschnitt von Einsatzstellenkarte und Modellierung der Nachbetrachtung gegenübergestellt. Die Einsatzorte liegen deutlich erkennbar außerhalb der fluvialen Überflutungsgebiete. Die Modellierung des Starkregens hingegen zeigt eine deutliche Überschneidung zwischen Überflutungsflächen und Einsatzorten.

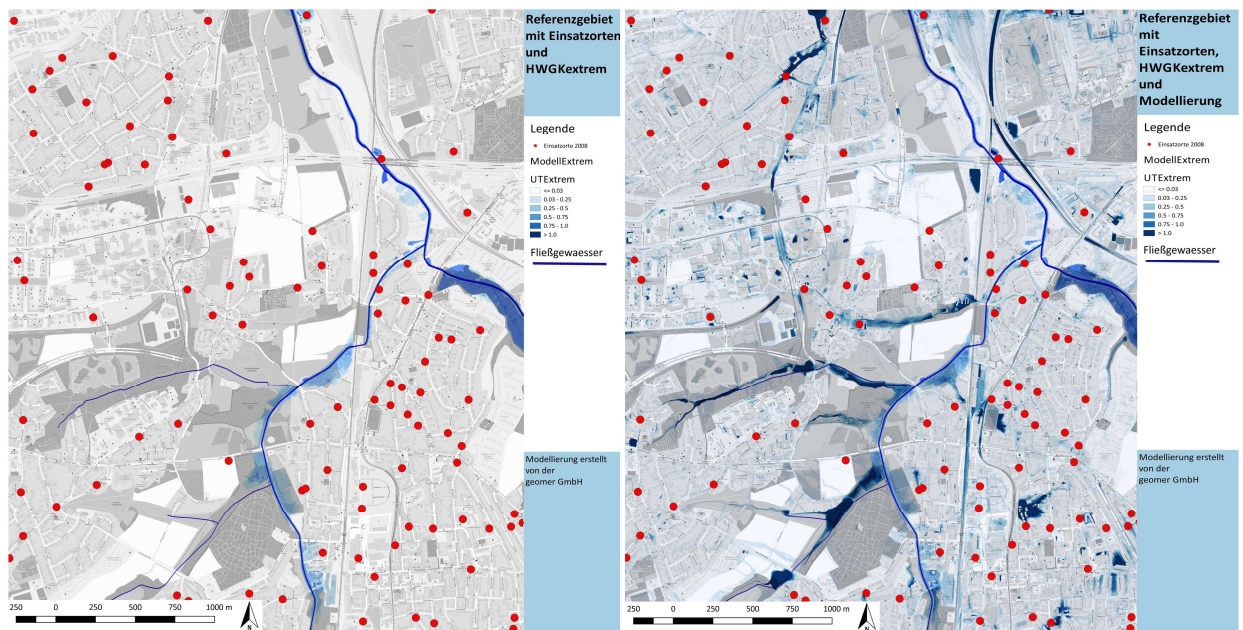


Abbildung 23: Vergleich zwischen der Darstellung von Einsatzstellenkarte und HWGK und Einsatzstellenkarte mit Überflutungstiefen aus Modellierung der Nachbetrachtung (eigene Darstellung, basierend auf OpenStreetMap)

Eine einfache Betrachtung von HWGK ist nur in Bereichen von Flüssen mit großen Einzugsgebieten sinnvoll, da hier isolierte fluviale Hochwasser auftreten. Insbesondere in urbanen Gebieten müssen Starkregengefahrenkarten in eine umfassende Überflutungsvorsorge und Einsatzplanung einbezogen werden, auch wenn Parameter wie das Kanalnetz nicht eindeutig abgebildet werden können. Die Modellierungen ermöglichen die Ermittlung von gefährdeten Überflutungsgebieten (Alle et al. 2011) und zeigen über die Fließgeschwindigkeiten auch die dynamischen Gefahren eines Starkregens. Damit liefern Starkregengefahrenkarten einen eindeutigen Mehrwert in der Gefahrenbetrachtung und sind für die Beurteilung Überflutungsgefahr unerlässlich.

6.3 Starkregenrisikomanagement

Für fluviale Hochwasser ist in Deutschland bereits ein umfassendes Risikomanagement der Planungsbehörden etabliert (Greiving 2006). Mit Hilfe von Starkregengefahrenkarten ist man ebenfalls in der Lage potentiell gefährdete Gebiete Elemente zu identifizieren (Albano et al. 2014). Die Umsetzung eines konsequenten Risikomanagements für pluviale Hochwasser ist damit ebenfalls notwendig. Eine abschließende Bewertung des Risikos für Bestandselemente ist nicht möglich, da die Schadensanfälligkeit gegenüber Regenereignissen auch vom Vorbereitungsgrad des Elementes abhängig ist. Dagegen lassen sich Risikoflächen ausweisen, die nicht nur für die Feuerwehr, sondern insbesondere für die Planungsbehörden von Interesse sind. Perspektivisch muss durch verbindliche Planung eine Bebauung in besonders gefährdeten Bereichen unterbleiben (Greiving/Lindner 2011) oder nur mit Auflagen zum Überflutungsschutz freigegeben werden. Einsätze der Feuerwehr wären an diesen Stellen dann nicht mehr zu erwarten.

7. Perspektiven der Nutzung von Starkregengefahrenkarten bei der Feuerwehr

In Brandschutzbedarfsplänen stellen Feuerwehren das vorhandene Gefahrenpotential im eigenen Zuständigkeitsbereich dar. Neben der grundlegenden Bedarfsplanung erstellen Feuerwehren, unter Berücksichtigung ihrer technischen Möglichkeiten, vorgeplante Konzepte für potentielle Einsatzlagen. In der Planung der Feuerwehren ist die Nutzung von Karten unausweichlich (Dymon 1990). Gleiches gilt für die direkte Einsatzabarbeitung. Alle Informationen, die der Feuerwehr im Einsatzfall schon vorab bekannt sind, verringern den Erkundungsaufwand und das Risiko eines unerwartet eintretenden Einsatzhindernisses. Für Starkregeneinsätze liegen diese Hilfsmittel bisher nicht flächendeckend vor. Starkregengefahrenkarten können dieses Informationsdefizit sowohl in der Vorplanung, als auch im akuten Einsatz verringern.

7.1 Starkregengefahrenkarten als Instrument zur Einsatzplanung der Feuerwehr

Starkregengefahrenkarten können insbesondere bei der Vorplanung angewandt werden. Das Risiko durch Starkregen kann bei den Feuerwehren aktuell nicht visualisiert werden. Mangels Darstellungsmöglichkeit unterbleibt eine Betrachtung dieser Gefahr sowohl in den Brandschutzbedarfsplänen, als auch in der Erstellung konkreter Einsatzpläne. Bereits die Existenz von Starkregengefahrenkarten macht das Risiko des Naturphänomens deutlich. Mit Hilfe der Karten ist eine Feuerwehr in der Lage Gefahrenschwerpunkte im Zuständigkeitsgebiet zu erkennen und ihr taktisches und technisches Konzept in der Bedarfsplanung auf diese potentielle Gefahr auszuweiten. Darüber hinaus zeigen die Karten eine mögliche eigene Betroffenheit der Feuerwehrstandorte auf. Bei einer Neuplanung von Standorten kann die Bedrohung durch Starkregen zukünftig Berücksichtigung finden. Außerdem kann die Stationierung von Einsatzmitteln zur Hochwasserbekämpfung sinnvoller geplant werden, da möglichst selbst betroffene Standorte hierfür nicht genutzt werden sollten.

Überflutungen sind vielfach Auslöser kaskadierender Schadensereignisse, wie z.B. Stromausfälle (BBK 2013). Der Eintritt von Kaskadeneffekten birgt neue Gefahren für die Bevölkerung und wird bei der Feuerwehr zu zusätzlichen Einsätzen führen. Im Sinne der bedarfsgerechten Vorplanung sollten entsprechende Ereignisse vermieden werden. Über Starkregengefahrenkarten können Feuerwehren die potentiell kritischen Elemente identifizieren. Einerseits kann die Feuerwehr die Betreiber der kritischen Elemente aktiv auf die Gefährdung hinweisen, andererseits kann eine Kompensation durch eigene Mittel der Feuerwehr geprüft und geplant werden.

7.2 Starkregengefahrenkarten als taktisches Einsatzmittel

In der Einsatzabarbeitung können Starkregengefahrenkarten als Führungshilfsmittel eingesetzt werden. Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich hier sowohl bei Einsatzkräften im

akuten Einsatz, als auch in der rückwärtigen Führungsebene. Nach Eintritt des Ereignisses können die realen Wetterdaten schnell abgefragt und das Ereignis auf der passenden Starkregengefahrenkarte dargestellt werden. In der rückwärtigen Führungsebene wäre man dann in der Lage Einsätze nicht nur nach Meldung, sondern nach dem zu erwartenden Schadenspotential auszuwerten. Die Karten helfen zudem auch bei Gesamteinschätzung der Lage und bringen damit einen Vorteil zur Einschätzung des zeitlichen und personellen Aufwandes für die Abarbeitung des Gesamteinsatzes. Sobald den Führungskräften im Zuge der Digitalisierung der Feuerwehren auch vor Ort entsprechende technische Mittel zur Verfügung stehen, können diese die Starkregengefahrenkarten auch vor Ort nutzen. Bereits auf der Anfahrt können Führungskräfte anhand der maßgeblichen Karte Einschränkungen und Blockaden auf dem vorgeplanten Anfahrtsweg erkennen und diese Hindernisse zeitsparend umfahren. Weiterhin können Starkregengefahrenkarten insbesondere bei Pumpeinsätzen eine Lageabschätzung unterstützen. Anhand der Karten kann der weitere Verlauf der Überflutung eingeschätzt und damit sowohl der zeitliche als auch der sinnvolle Entwässerungspunkt eines Pumpeinsatzes geplant werden.

Alle Anwendungen der Starkregengefahrenkarten für den operativen Einsatz erfordern eine Fortschreitung der Digitalisierung der Feuerwehr. Damit einhergehend muss die Nutzung von GIS Einzug in den alltäglichen Einsatz finden und das Thema ‚Überflutungen aus Starkregen‘ in die Curricula der Führungskräfteausbildung aufgenommen werden.

8. Zusammenfassung

Überflutungen stellen eine wiederkehrende Gefährdung urban geprägter Strukturen dar. Es handelt sich hierbei um Naturereignisse die ein hohes Schadenspotential bieten. Zur effektiven Gefahrenabwehr ist eine ursachenbezogene Differenzierung der Überflutungszustände notwendig. Im Gegensatz zu fluvialen Hochwassern sind Sturzfluten nicht vorhersagbar. Starkregen erzeugen Sturzfluten auch fernab von Gewässern. Bei Überflutungsereignissen müssen Feuerwehren ihrem gesetzlichen Auftrag zur Gefahrenabwehr nachkommen und sind in dieser Hinsicht bei der Bewältigung der Schadensereignisse besonders gefordert. In den Brandschutzbedarfsplänen der Feuerwehren NRWs wird das Risiko von Überflutungen bisher nicht umfassend abgebildet. Dieser Umstand kann mit einem mangelnden Risikobewusstsein und dem aktuellen Unvermögen zur Darstellung der Gefahr erklärt werden.

Im Gegensatz zu Gefahrenkarten für fluviale Hochwasser, stehen Darstellungen für Sturzfluten nicht flächendeckend zur Verfügung. Hydraulische Modellierungen können das vorherrschende Informationsdefizit bei den Feuerwehren egalisieren. Mit Hilfe der Modellierungen lassen sich Überflutungstiefen und Fließgeschwindigkeiten nach Regenereignissen visualisieren und Gefahrenzonen ausweisen. Die Modelle können vergangene Ereignisse nachzeichnen und bieten einen großen Mehrwert in der Aufarbeitung eines Schadensereignisses. Zur Prognose über die Auswirkungen zukünftiger Ereignisse lassen sich Modellierungen erstellen, die als Starkregengefahrenkarten genutzt werden können. Starkregengefahrenkarten basieren auf hydraulischen Berechnungen und parameterisierten Eingangsdaten. Bestimmte Einflüsse des Abflussverhaltens bspw. der Einfluss des Kanalsystems können mit den Karten nicht dargestellt werden.

Mit Hilfe der vorgestellten Methode können Feuerwehren vergangene Starkregenereignisse systematisch analysieren und Gefahrenkarten für zukünftige Ereignisse erstellen. Die gewonnenen Erkenntnisse müssen sich bei der Fortschreibung von Bedarfsplänen widerspiegeln. Hierbei sind die Feuerwehren gefordert, auf die bereits existierenden Möglichkeiten von GIS zurückzugreifen und diese Systeme in den täglichen Arbeitsalltag zu integrieren.

Darüber hinaus kann diese Arbeit als Basis für eine weitergehende Risikobetrachtung genutzt werden, in dem die erkannten Schutzgüter auf Ihre Vulnerabilität hin untersucht werden. Die weitergehende Untersuchung bietet die Möglichkeiten die benannten Schutzgüter widerstandsfähiger gegenüber der Gefahr von Sturzfluten zu machen. In dieser Hinsicht wird für Feuerwehren die Möglichkeit entwickelt, auch außerhalb der Abwehr von Brandgefahren, bereits präventive Gefahrenabwehr im Überflutungsschutz zu leisten.

Literaturverzeichnis

- Albano, R.; Sole, A.; Adamowski, J.; Mancusi, L. (2014): A GIS-based model to estimate flood consequences and the degree of accessibility and operability of strategic emergency response structures in urban areas. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 14. 2847 - 2865.
- Alle, M.; Tyrna, B.; Haller, B. (2011): Fernerkundungsbasierte Modellierung von Überflutungsszenarien nach Starkregenereignissen als Grundlage zur Risikoabschätzung. (DWA).
- Assmann, A. (2008): Einsatzgebiete und Erstellung von Starkregen-Gefahrenkarten. Abrufbar unter: <https://docplayer.org/11910085-Einsatzgebiete-und-erstellung-von-starkregen-gefahrenkarten.html> (letzter Abruf 24.09.2018).
- Assmann, A.; Fritsch, K.; Jäger, S. (2012): Starkregengefahrenkarten und Risikomanagement im Glems-Einzugsgebiet. In: Strobl, J.; Blaschke, T.; Griesebner, G. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2012. (Herbert Wichmann Verlag) Berlin/Offenbach. 576 - 585.
- Bartmann, H. (2007): Grundlagen des Hochwassereinsatzes. (ecomед Verlagsgesellschaft). Leipzig/Frankfurt.
- Bek, S.; Jezek, J.; Bliznak, V. (2010): Spatial relationships on heavy rains in Czech Republic. In: Advances in Geosciences 25. 85 - 90.
- Bernsdorf, B.; Löw, F.; Edner, D.; Judex, M. (2017): Big Data beim Feuerwehreinsatz. In: Feuerwehr-Magazin 12/2017. (Ebner Verlag GmbH & Co. KG). 80 - 86.
- Beyer, R. (2016): Starkregen und Sturzfluten. (ecomед Verlagsgesellschaft). Leipzig/Frankfurt.
- Beyer R.; Sicks, A.; Tausche, A. (2018): Nach dem Regen kommt der Alarm. In: Feuerwehr-Magazin - Sonderheft. Richtiges Vorgehen beim Unwettereinsatz. (Ebner Verlag GmbH & Co. KG). 41 - 50.
- BBK – Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2011): BBK-Glossar – Ausgewählte zentrale Begriffe des Bevölkerungsschutzes. Bonn.
- BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2013): Abschätzung der Verwundbarkeit gegenüber Hitzewellen und Starkregen. Bonn.
- BBK - Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (Hrsg.) (2015): Die unterschätzten Risiken „Starkregen“ und „Sturzfluten“ – Ein Handbuch für Bürger und Kommunen. Bonn.
- Canli, E.; Loigge, B.; Glade, T. (2018): Spatially distributed rainfall information and its potential for regional landslide early warning systems. In: Natural Hazards. Vol. 91. (Springer Netherlands). 103 - 127.

- Castro, D.; Einfalt, T.; Frerichs, S.; Friedeheim, K.; Hatzfeld, F.; Kubik, A.; Mittelstädt, R.; Müller, M.; Seltsmann, J.; Wagner, A. (2008): Schlussbericht Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Aachen.
- Cova, T. (1999): GIS in Emergency Management. In: Geographical Information Systems. (John Wiley & Sons). New York. 845 - 858.
- Deckers, T.; van Schelvel, M. (2017): Starkregenereignis forderte Feuerwehren in NRW. Landrat des Kreises Borken löste Katastrophenalarm aus. In: FEUERWEHREinsatz:nrw 03/2017. 12 - 21.
- Diakakis, M.; Priskos, G.; Skordoulis M. (2018): Public perception of flood risk in flash flood prone areas of Eastern Mediterranean: The case of Attica Region in Greece. In: International Journal of Disaster Risk Reduction. Vol. 28. (Elsevier). 404 - 413.
- Dunkel, S. (2018): Alternative Anwendungen im Geoinformationswesen. In: Bevölkerungsschutz 2/2018. 10 - 13.
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (Hrsg.) (2010): Abflüsse aus extremen Niederschlägen. Ergebnisse einer Bestandsaufnahme: Hochwasserereignisse und Modellansätze zu ihrer Abbildung. (DWA-Taschenbuch). Hennef.
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (Hrsg.) (2013): Starkregen und urbane Sturzfluten. Praxisleitfaden zur Überflutungsvorsorge. (DWA-Themen). Hennef.
- DWD - Deutscher Wetterdienst (2015): KOSTRA-DWD-2010. Starkniederschlagshöhen für Deutschland (Bezugszeitraum 1951 bis 2010). Abschlussbericht. Offenbach am Main.
- DWD - Deutscher Wetterdienst (2017): KOSTRA-DWD-2010R. Bericht zur Revision der koordinierten Starkregenregionalisierung und -auswertung des Deutschen Wetterdienstes. Offenbach am Main.
- DWD - Deutscher Wetterdienst (2018): Wetterlexikon. Lexikon der meteorologischen Begriffe. Deutscher Wetterdienst. Abrufbar unter: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102936&lv3=103132> (letzter Abruf: 24.09.2018).
- Dymon U. (1990): The role of emergency mapping in disaster response. In: Quick Response Research Report Nr. 42. Natural Hazards Research and Applications Information Center. Colorado.
- von Elverfeldt, K.; Glade, T.; Dikau, R. (2008): Naturwissenschaftliche Gefahren- und Risikoanalyse. In: Felgentreff, C.; Glade, T. (Hrsg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. (Spektrum Akademischer Verlag). Berlin/Heidelberg. 165 - 172.
- 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. In: Amtsblatt der EU vom 06.11.2007, Nr. L288. Straßburg. 27 - 34.

- EU - Europäische Union (2013): Guidance for Reporting under the Floods Directive (2007/60/EC). Guidance Document No. 29 A Compilation of reporting sheets adopted by Water Directors Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Luxemburg.
- Feuerwehr Dortmund (2018): Alarm- und Ausrückeordnung. Für Feuerwehr, Rettungsdienst und Katastrophenschutz der Stadt Dortmund. Dortmund.
- Feuerwehr Dortmund (2009): Geschäftsbericht 2008 der Feuerwehr Dortmund. Dortmund.
- Fuchs, L. (2013): Gefährdungsanalyse zur Überflutungsvorsorge kommunaler Entwässerungssysteme. In: Sanierung und Anpassung von Entwässerungssystemen – Alternder Infrastruktur und Klimawandel. (Österreichischer Wasser und Abfallwirtschaftsverband). Wien.
- Gaitan, S.; van de Giesen, N.; Ten Veldhuis, M.-C. (2016): Can urban pluvial flooding be predicted by open spatial data and weather data?. In: Environmental Modelling and Software Nr. 85. 156 -171.
- geomer GmbH (2016): Flood Area HPC – Desktop. ArcGIS-Erweiterung zur Berechnung von Überschwemmungsbereichen. Anwenderhandbuch. Heidelberg.
- geomer GmbH (2018): Hydro RAS. Software zur Berechnung von Abflussbeiwerten für die Starkregensimulation mit FloodAreaHPC. Anwenderhandbuch. Heidelberg.
- Glade, T.; Nadim, F. (2014): Early warning systems for natural hazards and risks. In: Natural Hazards. Vol. 70. (Springer Netherlands). 1669 – 1671.
- Greiving, S. (2006): Dealing with Natural Hazards in Germany's Planning Practice. In: Fleischauer, M.; Greiving, S.; Wanczura, S. (Hrsg.): Natural Hazards an Spatial Planning in Europe (Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur). Dortmund. 55 – 67.
- Greiving, S.; Lindner, C. (2011): Assessment of Flash Flood Risk in a Continuous Urban Fabric by the Example of the City of Dortmund. In: Zenz, G.; Honrich, R. (Hrsg.): UFRIM – Urban Flood Risk Management. Approaches to enhance resilience of communities. Proceedings from the International Symposium, 21st – 23rd September 2011. Graz. 257 – 262.
- Grünwald, U.; Schümborg, S.; Wöllecke, B.; Graf van Riesenbeck, G.; Piroth, K. (2009): Gutachten zu Entstehung und Verlauf des extremen Niederschlag-Abfluss-Ereignisses am 26.07.2008 im Stadtgebiet von Dortmund. Einschließlich der Untersuchung der Funktionsfähigkeit von wasserwirtschaftlichen Anlagen und Einrichtungen der Stadt, Emscher-Genossenschaft und Dritter in den Gebieten Dortmund-Marten, -Dorstfeld und -Schönau. (Lehrstuhl für Hydrologie und Wasserwirtschaft Brandenburgische Technische Universität Cottbus). Cottbus/Karlsruhe/Köln.
- Günthert, F.; Faltermaier, S. (2016): Studie Niederschlagswasser. Anpassung der quantitativen Niederschlagswasserbeseitigung an den Klimawandel. Urbane Sturzfluten. (Bundesverband Deutscher Baustoff-Fachhandel e.V.). München.

- Herget, J. (2008): Hochwasser, Sturzfluten und Ausbruchsflutwellen. In: Felgentreff, C.; Glade, T. (Hrsg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. (Spektrum Akademischer Verlag). Berlin/Heidelberg. 165 - 172.
- Hunter, N. M.; Bates, P.D.; Neelz, S.; Pender, G.; Villanueva, I.; Wright, N. G.; Liang, D.; Falconer, R.A.; Lin, B.; Waller, S.; Crossley, A.J.; Mason, D.C. (2007): Benchmarking 2D hydraulic models for urban flooding. In: Water Management 161. 13 - 30.
- HYDROTEC - Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH (2004): Hochwasser-Aktionsplan Emscher. Grundlagen, Überflutungsgebiete, Schaden. Aachen. Abrufbar unter: <https://docplayer.org/66641208-Hochwasser-aktionsplan-emscher-grundlagen-ueberflutungsgebiete-schaden.html> (letzter Abruf 24.09.2018).
- Krahe, P. (2017): Vorhersage und Vorhersagbarkeit von Hochwasserereignissen. In: Karutz, H.; Geier, W.; Mitschke, T. (Hrsg.): Bevölkerungsschutz. Notfallvorsorge und Krisenmanagement in Theorie und Praxis. (Springer-Verlag). Berlin/Heidelberg. 234 - 239.
- Krings, S.; Glade, T. (2017): Terminologische Normierungen und Diskussionen. In: Karutz, H.; Geier, W.; Mitschke, T. (Hrsg.): Bevölkerungsschutz. Notfallvorsorge und Krisenmanagement in Theorie und Praxis. (Springer-Verlag). Berlin/Heidelberg. 30 - 54.
- Kunz-Plapp, T. (2008): Vorwarnung, Vorhersage und Frühwarnung. In: Felgentreff, C.; Glade, T. (Hrsg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. (Spektrum Akademischer Verlag). Berlin/Heidelberg. 213 - 223.
- Kutschker, T.; Glade, T. (2016a): Unwetter! – Starkregen als Herausforderung für den anwendungsbezogenen Bevölkerungsschutz. In: Kuhlmei, M.; Freudenberg, D. (Hrsg.) Krisenmanagement – Bevölkerungsschutz. Berlin. 465 - 489.
- Kutschker, T.; Glade, T. (2016b): Unwetter! Analyse von Einsatz- und Wetterdaten für die lokale Notfallplanung. Starkregenereignisse und mögliche Konsequenzen für die Einsatzplanung am Beispiel Hessen In: Notfallvorsorge 2/2016. 21 - 28.
- Kutschker, T.; Glade, T. (2016c): Unwetter! Monitoring von Starkregenereignissen am Beispiel Hessen. Unwetterdatenauswertung als Werkzeug für die Einsatzplanung. In: Notfallvorsorge 3/2016. 4 - 10.
- Löw, F.; Judex, M.; Wania, A.; Salamon, P. (2018): Mit Fernerkundung vor die Lage kommen. Was nach Zukunftsmusik klingt, soll bei Copernicus Realität werden. In: Bevölkerungsschutz 1/2018. 23 - 26.
- LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg. Karlsruhe.
- Markart, G.; Kohl, B.; Schauer, T.; Sotier, B.; Bunza, G. (2006): Eine einfache Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes bei Starkregen. Wiener Mitteilungen Band 197. Wien.

- MIK NRW – Ministerium für Inneres und Kommunales des Landes Nordrhein-Westfalen; Städtetag NRW; Landkreistag NRW; Städte- und Gemeindebund NRW (2016): Handreichung zur Brandschutzbedarfsplanung für kommunale Entscheidungsträger. Abrufbar unter: http://www.idf.nrw.de/service/downloads/pdf/2018/2016-07-07-brandschutzbedarfsplanung_-_handreichung_fuer_kommunale_entscheidungstraeger.pdf (letzter Abruf 24.09.2018).
- MULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2011): Bericht zur vorläufigen Bewertung nach der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EG-HWRM-RL) in NRW. Düsseldorf.
- MULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2014): Bericht zu den Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten (HWGK/HWRK) im Rahmen der EG-Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie in NRW. Düsseldorf.
- MULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen; VM NRW - Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2016a): Stadt im Klimawandel – Vor uns die Sintflut? Herausforderung Starkregen – Vorsorge, Anpassung, Management. Tagungsdokumentation 07.04.2016.
- MULNV NRW - Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen; VM NRW - Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (2016b): Konzept Starkregen NRW. Düsseldorf.
- MULNV NRW - Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2018): Flussgebiete NRW. Gefahren- und Risikokarten. Abrufbar unter: <https://www.flussgebiete.nrw.de/hochwassergefahrenkarten-und-hochwasserrisikokarten-194> (letzter Abruf: 24.09.2018).
- Pfister, A.; Treis, A.; Teichgräber, B. (2015): Der Einsatz von Radardaten für wasserwirtschaftliche Zwecke bei der Emschergenossenschaft und Lippeverband. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 2/2015. 115 - 124.
- Quirnbach, M. (2011): Analyse der Häufigkeit von Starkregen mit $N \geq 20$ mm/d in der Emscher-Lippe-Region. dynaklim-Kompakt 1/2011. Essen.
- Quirnbach, M.; Freistühler, E.; Papadakis, I. (2012): Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region. Analysen zu den Parametern Lufttemperatur und Niederschlag. dynaklim-Kompakt 30/2012. Essen.
- Siebert, A.; Loster, T. (1997): GIS bei der Risiko-Analyse und Schadenfeststellung im Versicherungswesen. In: Geo-Informationssysteme, Zeitschrift für raumbezogene Information und Entscheidungen 5/97. 5 - 9.

- Simóes, N. E.; Ochoa-Rodriguez, S.; Wang, L.-P.; Pina, R. D.; Sá Marques, A.; Onof, C.; Leitão, J. P. (2015): Stochastic Urban Pluvial Flood Hazard Maps Based upon a Spatial-Temporal Rainfall Generator. In: Water 7/2015. 3396 - 3406.
- Stadtentwässerung Stadt Dortmund (2014): Handlungsstrategie für den Umgang mit Starkregenereignissen. Dortmund.
- Stemplewski, J.; Ruppert, J. (Hrsg.) (2011): Unser Wasser von A bis Z. Ein Lexikon zur Wasserwirtschaft. (Oldenbourg Industrieverlag). München.
- Stemplewski, J.; Johann, G.; Bender, P.; Grün, B. (2015): Das Projekt „Stark gegen Starkregen“. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 2/2015. 108 - 114.
- Tader, A.; Mergili, M.; Glade, T. (2016): Risk:ATlas - Atlas der Naturgefahren und -risiken in Österreich, eine Vorstudie.- Endbericht. Wien.
- Wünsche, V. (2016): Ursachen und Auswirkungen von Starkregen. In: brandwacht 4/2016, 130–132.
- Weichselgartner, J. (2008): Hochwasserverwundbarkeit in Kantabrien, Spanien. In: Felgentreff, C.; Glade, T. (Hrsg.): Naturrisiken und Sozialkatastrophen. (Spektrum Akademischer Verlag). Berlin/Heidelberg. 325 - 336.
- Zahnt, N.; Eder, M.; Habersack, H. (2017): Herausforderungen durch pluviale Überflutungen – Grundlagen, Schäden und Lösungsansätze. In: Österreichische Wasser und Abfallwirtschaft 02/2018, 64 - 77.
- Zohlen, M. (2015): Modellierung von pluvialen Überstau- und Überflutungsereignissen. Bewertungsverfahren zur Gefährdungsanalyse von urbanen Räumen unter Berücksichtigung des Klimawandels. dynaklim-Publikation Nr. 62. Aachen.

Interviewverzeichnis

Aschenbrenner, Dirk, Dipl.-Ing.: Leiter der Feuerwehr Dortmund, Präsident der Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes.

Bernsdorf, Bodo, Dr. rer. nat.: Mitglied im vfdb-Arbeitskreis „Geoinformation im Feuerwesens“, Löschzugführer des LZ 1 - Stadtmitte der Freiwilligen Feuerwehr Werne.

Greiving, Stefan, Prof. Dr.-Ing.: Leiter des Instituts für Raumplanung der Technischen Universität Dortmund.

Schröer, Ralf, M. Sc.: Stellv. Leiter der Einsatzleitstelle der Feuerwehr Dortmund.

Anlage 1 – Experteninterviews

Übersicht

1	Ralf Schröer, FW Dortmund	63
2	Bodo Bernsdorf, FW Werne	66
3	Dirk Aschenbrenner, FW Dortmund	69
4	Stefan Greiving, TU Dortmund.....	72

Ralf Schröer, FW Dortmund

Dipl.-Ing (FH) Elektrotechnik

M. Sc. Sicherheitsingenieurwesen

Leitender Systemadministrator Leitstelle Feuerwehr Dortmund

Feuerwehr Dortmund

Abteilung 37/2-FüLe-ELR

E-Mail: rschroeer@stadtdo.de

Tel.: 0231/8452177

Interview am 17.04.2018, 10:00 Uhr

Feuerwache 1, Steinstraße 25, 44147 Dortmund

- 1. Einsatzverläufe, insbesondere Großeinsatzlagen lassen sich durch eine Betrachtung von Einsatzdaten im Nachgang auswerten. Woher stammen diese Einsatzdaten und wie setzen sich die Einsatzdaten zusammen?**

Die Daten stammen aus den, teilweise automatisierten, Eingaben in den Einsatzleit-rechner. Bei der Eröffnung eines Einsatzes werden von einem Anrufer oder durch au-tomatisierte Systeme Daten übermittelt, die händisch oder automatisch in den Einsatz-leitrechner eingegeben werden. Nach speziellen Vorgaben der Alarm- und Ausrücke-ordnung werden nach der Einsatzeröffnung Einsatzkräfte alarmiert und zum Einsatzort geschickt. Dieser Vorgang und alle weiteren Rückmeldungen von der Einsatzstelle wer-den im Einsatzleitrechner dokumentiert und stehen im Nachgang ebenfalls als Daten-satz zur Verfügung. Nach dem Einsatzende steht damit eine Vielzahl von Informationen über den Einsatz bereit. Die vorhandenen Daten enthalten bspw. ein Einsatzstichwort, den Einsatzort (Adresse und Koordinaten), die alarmierten und eingesetzten Einsatz-fahrzeuge, Datum und Uhrzeit der Alarmierung oder die Einsatzdauer.

- 2. Welche konkreten Einsatzmerkmale lassen sich aus den Einsatzdaten auswerten?**

Der Einsatzleitrechner verwaltet und arbeitet grundsätzlich auf Basis einer Datenbank. Entsprechend lassen sich alle eingegebenen und vorhandenen Daten im Nachgang aus-werten.

- 3. Bei der nachträglichen Betrachtung lassen sich Einsätze anhand von Einsatzstichwor-ten differenzieren. Was sind Einsatzstichworte, wer legt den vorhandenen Katalog an Einsatzstichworten fest und für welchen Geltungsbereich werden die Einsatzstich-worte festgelegt?**

Einsatzstichworte werden durch die Alarm- und Ausrückeordnung (AAO) festgelegt. Mit der AAO erfüllt jede Feuerwehr den rechtlichen Vorplanungsauftrag und wird von

jeder Gemeinde selbst festgelegt. Es ergeben sich damit durchaus Unterschiede zwischen den einzelnen Gemeinden, bezogen auf die Anzahl, Ausprägung, Bedeutung und Benennung von Einsatzstichworten.

Einsatzstichworte dienen der Kategorisierung von Einsätzen. Sie sind ein Produkt der Einsatzvorplanung. Über die AAO werden in der Vorplanung nicht nur die Einsatzstichworte festgelegt, sondern auch Standardalarmierungsfolgen für alle Stichworte. Dies erleichtert die Arbeit in der Leitstelle. Der Disponent in der Leitstelle entscheidet bei der Einsatzeröffnung, bspw. aufgrund der Schilderung eines Anrufers, welches Einsatzstichwort für den Einsatz gewählt wird. Danach wird ihm vom Einsatzleitrechner genau die nach AAO festgelegte Stärke an Feuerwehrkräften zur Alarmierung vorgeschlagen.

Ohne Einsatzstichworte müsste ein Disponent bei jedem Einsatz selbst entscheiden wie viele Kräfte er zum jeweiligen Einsatz schicken würde. Die gesetzlich vorgeschriebene Vorplanung von Einsätzen würde damit ausgehebelt. Eine Übersicht der Einsatzstichworte findet sich in der AAO der Feuerwehr Dortmund.

4. Nach welchen Kriterien werden Einsatzstichworte festgelegt?

Die Benennung der Einsatzstichworte ist in Dortmund historisch gewachsen und beruht auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und jahrelanger Einsatzerfahrung. Bei der Benennung und Schaffung von Einsatzstichworten ist das Ziel, Einsatzszenarien so genau wie möglich zu benennen und Einsatzarten bereits in der Vorplanung, möglichst zutreffend zu differenzieren. Dabei darf der Katalog an Einsatzstichworten aber nicht zu weit und detailliert gefasst werden. Die Einsatzstichworte müssen bei der Einsatzeröffnung schnell und zutreffend festgelegt werden. Ein sehr detailreicher Katalog an Einsatzstichworten verlangsamt die Arbeit der Disponenten und zwingt diese ein detailliertes Stichwort festzulegen, auch wenn nur wenige Informationen von den Meldenden übermittelt werden.

5. Wird der Katalog an Einsatzstichworten regelmäßig verändert?

Die Einsatzstichworte werden in der Alarm- und Ausrückeordnung (AAO) festgelegt und beschrieben. Die AAO wird jährlich zum 01.04. überarbeitet und veröffentlicht. Hierzu können alle Kräfte der Feuerwehr Dortmund bis zum 01.10. des Vorjahres Verbesserungsvorschläge einreichen. Zusätzlich wird von Amtswegen eine notwendige Veränderung der AAO aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse, neuer technischer Möglichkeiten oder neuer örtlicher Gegebenheiten geprüft. Die Änderung der AAO könnte dann auch eine Änderung des Einsatzstichwortkatalogs bedingen.

6. Wie und zu welchem Zeitpunkt wird einem Einsatz ein Einsatzstichwort zugewiesen?

Erstmalig wird einem Einsatz bei der Einsatzeröffnung ein Einsatzstichwort zugewiesen. Wie bereits beschrieben, wählt der Disponent erstmalig das Einsatzstichwort aus.

Das Stichwort ist aber im weiteren Verlauf durchaus veränderbar. Den alarmierten Einsatzkräften vor Ort bietet sich beispielsweise ein anderes Bild als dem Disponenten am Telefon. Aufgrund entsprechender Rückmeldungen von einer Einsatzstelle würde das Einsatzstichwort noch im Einsatzverlauf verändert. Eine weitere Änderung kann sich bei der Erstellung des Einsatzberichtes ergeben. Der Einsatzleiter muss einen Einsatzbericht erstellen und legt dabei das endgültig zutreffende Einsatzstichwort fest.

Bodo Bernsdorf, FW Werne

Dr. rer. nat. Geografie

Mitglied im vfdB Arbeitskreis „Geoinformation im Feuerwehrwesen“

Freiwillige Feuerwehr Werne

Löschzugführer LZ 1 Stadtmitte

Konrad-Adenauer-Platz 1b

59368 Werne

E-Mail: bodo.bernsdorf@feuerwehr-werne.de

**Interview am 18.07.2018, 10:00 Uhr Gerätehaus der Feuerwehr Werne Löschzug
Stadtmitte, Konrad-Adenauer-Platz 1 b, 59368 Werne**

1. Wie werden GIS aktuell in der Einsatzplanung oder Abarbeitung durch die Feuerwehr genutzt?

Die Nutzung von GIS ist bei den Feuerwehren bisher nicht weit verbreitet. In der Nutzung dieser Systeme steckt insbesondere für Feuerwehren viel Potential. Aufgrund dieser Erkenntnis und aus dem Engagement einzelner Feuerwehren bzw. Feuerwehrkräften wurde der Arbeitskreis „Geoinformation im Feuerwehrwesen“ in der vfdB gegründet. Ziel des Arbeitskreises ist es, die Nutzung von GIS in der Feuerwehr zu etablieren und das vielfältige Potential solcher Systeme aufzuzeigen.

Spezielle GIS Anwendung werden nur von wenigen Städten genutzt. Meist sind dies große Berufsfeuerwehren. Die dortigen Anwendungen, bspw. als Hilfsmittel zur Evakuierungsplanung sind aber auch auf das Wissen und Engagement einzelner Einsatzkräfte zurückzuführen. Bei Freiwilligen Feuerwehren und damit bei einem Großteil der Wehren in Deutschland werden GIS überhaupt nicht genutzt bzw. sind dort kaum bekannt.

Die Nutzung von GIS durch Einsatzkräfte wird auch in der Ausbildung der Feuerwehr nicht thematisiert. Dies gilt sowohl für die Grund- als auch für die Führungsausbildung. Daran ist ebenfalls zu erkennen, dass das Potential dieser Systeme bisher nicht erkannt wurde. Bspw. wird die Planung einer Wasserförderung über lange Wegstrecken für Führungskräfte anhand von topographischen Karten und manuellen Messsystemen gelehrt. Führungskräfte sind dann gezwungen an Einsatzstellen Karten zu vermessen und händisch Pumpenstrecken zu berechnen. Dieses Basiswissen ist für Führungskräfte wichtig. GIS könnten solche Aufgaben automatisiert berechnen und damit die Führungskräfte entlasten. Diese Möglichkeit wird in der Ausbildung aber nicht ansatzweise vorgestellt.

Gleiches gilt für das Wissen über vorhandene Systeme. Über Rapid Mapping Dienste können durch Fernerkundung von Satelliten oder Drohnen, noch während eines Einsatzes exakte Karten von Einsatzstellen und Schadensausbreitung erstellt und in GIS dargestellt werden. Diese Dienste können auf festgelegten Meldewegen rund um die Uhr aktiviert werden. Die Existenz dieser Dienste wird aber in der Führungsausbildung nicht vorgestellt. In Unkenntnis über deren Existenz, werden diese Dienste entsprechend selten aktiviert.

2. Gibt es konkrete Anwendungsbeispiele für die Nutzung von GIS im Feuerwehrwesen?

Große Feuerwehren, wie die Feuerwehr Köln, Hamburg, München oder Frankfurt nutzen GIS zum Routing von Einsatzzeiten. Mit Hilfe der Systeme können Einsatzzeiten und Anfahrtswege analysiert und optimiert werden.

Diese Routingverfahren werden auch zur Berechnung von Hilfsrsten und Eintreffzeiten eingesetzt. Dabei dienen GIS als Hilfsmittel zu Brandschutzbedarfsplanung. Diese Vorgänge werden aber in der Regel nicht durch Feuerwehren durchgeführt, sondern von externen Gutachtern die mit der Erstellung von Bedarfsplänen beauftragt werden.

GIS eignen sich ebenfalls hervorragend als Informationsquellen an Einsatzstellen. So ist eine Nutzung eines digitalen Hydrantenplans, eines Baumkatasters oder von Hochwassergefahrenkarten an Einsatzstellen möglich. Diese Informationen stünden in den digitalen Systemen rund um die Uhr zur Verfügung und sind alle über ein platzsparendes elektronisches System abrufbar. Die Informationsgewinnung an Einsatzstellen wird um ein Vielfaches beschleunigt und der große Platzbedarf von gedrucktem Kartenmaterial oder Informationsordnern entfällt.

In Werne sind die o.g. Pläne schon in einem selbst erstellen Feuerwehr GIS abrufbar. Dieses System wurde in Werne selbst erstellt und ist auch hier auf das Engagement einzelner Fachleute zurückzuführen.

3. Starkregengefahrenkarten eignen sich als Hilfsmittel zur Einsatzplanung sowie zur Einsatzabarbeitung. Wird dieses Medium bereits bei Feuerwehren genutzt?

Mir selbst ist nicht bekannt, dass Feuerwehren Starkregengefahrenkarten nutzen. Eine interne Abfrage bei den Mitgliedern des Arbeitskreises „Geoinformation im Feuerwehrwesen“ lieferte das gleiche Ergebnis. Dieser Arbeitskreis ist durch die Initiative der aktuellen Mitglieder entstanden, um eine weitere Nutzung von GIS bei anderen Feuerwehren zu etablieren. Die Mitglieder des Arbeitskreises repräsentieren damit die Feuerwehren, die überhaupt GIS, außerhalb des Einsatzzeitenroutings, nutzen. Eine

Nutzung von Starkregengefahrenkarten für Einsatzplanungszwecke oder als Führungshilfsmittel bei Feuerwehren, die nicht dem Arbeitskreis angehören ist damit äußerst unwahrscheinlich. Zudem ist eine flächendeckende Verfügbarkeit dieser Gefahrenkarten in Deutschland nicht vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass Starkregengefahrenkarten bei Feuerwehren in Deutschland bisher nicht zweckgerichtet verwendet werden.

4. Sind bspw. im Rahmen der Digitalisierung der Feuerwehren weitere Projekte zur Anwendung von GIS bekannt?

Die Digitalisierung der Feuerwehr ist momentan das Leitthema auf allen Fachtagungen der Feuerwehrwelt. So war die Digitalisierung auch das Leitthema der kürzlich abgeschlossenen Vfdb Tagung. Die erweiterte Nutzung von GIS ist hierbei aber kein Thema. Selbst in dem Gesamtkontext der Digitalisierung steckt die GIS Nutzung noch in den Kinderschuhen. Konkrete Projekte sind mir damit nicht bekannt.

Dirk Aschenbrenner, FW Dortmund

Dipl.-Ing Sicherheitstechnik

Leiter der Feuerwehr Dortmund

Präsident der vfdb e.V.

Feuerwehr Dortmund

Amtsleitung

E-Mail: daschenbrenner@stadtdo.de

Interview am 15.08.2018, 15:00 Uhr

Feuerwache 1, Steinstraße 25, 44147 Dortmund

1. Hochwasser treten in Deutschland vermehrt auf, wie bereitet sich die Feuerwehr auf diese Naturgefahr vor?

Grundsätzlich werden alle potentiellen Risiken für eine Gemeinde und damit die möglichen Aufgaben der Feuerwehr im Rahmen der Brandschutzbedarfsplanung betrachtet. Auf Basis dieser Planung stellt sich die Feuerwehr taktisch und technisch auf. Die Bedarfsplanung soll alle Risiken betrachten, auch die aus Naturgefahren von Hochwassern oder Stürmen. Die Betrachtung von Naturgefahren wird in Handlungsempfehlungen zur Bedarfsplanung bisher nicht thematisiert.

Die Empfehlungen konzentrieren sich in der Regel auf die Betrachtung von Szenarien denen man ein wissenschaftlich untersuchtes Schutzziel zuordnen kann (bspw. Szenario: Wohnungsbrand mit AGBF Schutzziel). Diese Schutzzieldefinitionen liegen für Naturgefahren noch nicht vor. Die Bedarfsplanung vieler Feuerwehren, insbesondere kleinerer Wehren, orientiert sich an den Handlungsempfehlungen zur Bedarfsplanung. Naturgefahren werden in vielen Bedarfsplänen entsprechend nicht betrachtet. Dies mag auch darin begründet sein, dass die eigene Bedarfsplanung die Feuerwehren zu weiterem Handeln und zur Umsetzung der Planung zwingt. Mittlerweile sind Feuerwehren gezwungen sich entsprechend breit aufzustellen, um alle Gefahrenrisiken bewältigen zu können. Teilweise sind Feuerwehren in der Fläche aber gerade so gut aufgestellt, dass die Schutzziele der Standardszenarien bedient werden können. Weitere Risiken würden die Feuerwehren bereits in der Planung zu Maßnahmen zwingen, die sie nicht erfüllen können.

In Dortmund hat man aus den Erfahrungen der Sturzflut aus dem Jahr 2008 gelernt und das Ereignis rückwirkend betrachtet. Hierzu wurde ein Gutachten erstellt und das Szenario im Rahmen eines EU-Forschungsprojektes betrachtet. Im Ergebnis entwickelte die Feuerwehr Dortmund ein taktisches Konzept, als Grundlage für ein weitergehendes technisches Konzept. Das Gesamtkonzept spiegelt sich in der internen Unwetterrichtlinie der Feuerwehr wieder. Hieraus resultierten die Anschaffung mehre-

rer Fahrzeuge, Großpumpen und weiterer Gerätschaften. Die vorgehaltenen Ressourcen sind dennoch so geplant, um den gesetzlich geregelten Aufgaben der Feuerwehr nachzukommen. Damit kann die Feuerwehr Dortmund beim Eintritt einer Hochwasserlage primär zur Rettung von Menschenleben, Abwehr weiterer Personenschäden und zur Abwehr von Schäden an Infrastruktur sowie eingesetzt werden. Die Abwehr oder Behebung von Schäden an privatem Eigentum oder gleichgeartete Einsätze steht zwar ebenfalls im Vordergrund, kann aufgrund der vorhandenen Ressourcenknappheit aber in der Regel nur nachrangig und nach Verfügbarkeit abgearbeitet werden.

Dennoch ist die Feuerwehr Dortmund in diesem Bereich sehr gut aufgestellt. Für Hochwassereinsätze hält die Feuerwehr Dortmund Spezialtechnik vor, auf die nur bei wenigen Feuerwehren zurückgegriffen werden kann. Dies ist auch notwendig, da selbst im Rahmen der überörtlichen Hilfe nicht auf diese spezielle Technik zugegriffen werden kann.

2. Werden Planungen der Feuerwehr unter dem Gesamthema „Hochwasser“ geführt oder existieren differenzierte Planungen für Sturzfluten und Flusshochwasser?

Grundsätzlich wird in der Vorplanung schon zwischen Flusshochwassern und Sturzfluten unterschieden. Die Betrachtung der Planung konzentriert sich aber eher auf die Auswirkungen der Szenarien und vor allem auf das Gefahrenpotential der betrachteten Gemeinde. Zur Einschätzung der Gefahr von Flusshochwassern liegen natürlich wesentlich mehr Daten und Hilfsmittel zur Verfügung, was den Planungsaufwand minimiert.

3. Würden Starkregengefahrenkarten nach Ihrer Einschätzung weitere Erkenntnisse für die Einsatzplanung oder einen taktischen Nutzen für Einsatzleiter oder die nachgeordnete Führungsunterstützung bringen?

Grundsätzlich sind Feuerwehren zur Vorplanung auf Informationen und insbesondere auf Karten angewiesen. Die erarbeiteten Konzepte basieren vielfach auf Kartenmaterial.

Starkregengefahrenkarten liefern bisher unbekannte Informationen und bringen damit natürlich einen Mehrwert. Die Anwendung kann vielfältig sein und reicht von der grundlegenden Risikoerkennung im Bedarfsplan bis zur praktischen Anwendung in speziellen Einsatzkonzepten. Darüber hinaus können die Gefahrenkarten bei der akuten Lageeinschätzung und bei der Darstellung des Lagebildes helfen.

4. Sind Ihnen Feuerwehren bekannt, die bereits zur Planung oder Bewältigung entsprechender Einsatzlagen auf Starkregengefahrenkarten zurückgreifen?

Nein.

5. Warum werden Schadensfälle, ausgelöst durch Naturereignisse, in der Regel nicht in der Brandschutzbedarfsplanung betrachtet?

Siehe 1. Durch Naturereignisse ausgelöste Schadensfälle sind in der Regel Großeinsatzlagen oder gar Katastrophen. Diese Ereignisse begrenzen sich auch vielfach nicht auf einzelne Gemeindegebiete, sondern führen zu grenzübergreifenden Schadenfällen. Allein diese Tatsache erschwert die Planung einzelner Gemeinden. Aus den Brandschutzbedarfsplänen müssten eigentlich Brandschutz- und Katastrophenschutzpläne werden, die auch ein besseres Zusammenwirken und vor allem eine gemeinsame Planung zwischen Städten, Gemeinden und Kreisen erfordern. Damit würde wahrscheinlich die Planung von Naturereignissen selbstverständlich.

6. Bestehen bereits Empfehlungen der Feuerwehrfachverbände o.ä. zur Einsatzplanung oder Einsatzabarbeitung bei Starkregenereignissen?

Bisher sind keine Richtlinien, Empfehlungen oder Konzepte bekannt. Die Notwendigkeit hierfür wurde aber bereits bei mehreren Fachverbänden erkannt. Bei der vfdb ist die Entwicklung einer Richtlinie/eines Konzeptes oder ähnliches geplant. Die Umsetzung ist aber bisher nicht konkret beauftragt und wird daher noch einige Zeit dauern.

Stefan Greiving, TU Dortmund

Prof. Dr.-Ing.

Technische Universität Dortmund

Fakultät Raumplanung

Institut für Raumplanung

August-Schmidt-Straße 10

44227 Dortmund

**Interview am 06.08.2018, 09:00 Uhr Technische Universität Dortmund, Campus Süd,
August-Schmidt-Straße 10, 44227 Dortmund**

- 1. Durch Flächenentsiegelung, Erbauung von Rückhaltebecken und weitere planerische Änderungen der Landschaft sollen Schäden von Sturzfluten entschärft bzw. sogar verhindert werden. Würden diese Maßnahmen vor extreme Sturzflutereignisse verhindern?**

Urbane Sturzfluten werden in der Regel durch starke Regenfälle ausgelöst. Bei extremen Regenereignissen findet ein Versiegelungsaufbruch auch bei sonst aufnahmebereiten Böden nicht statt und das Wasser fließt sofort an der Oberfläche ab. Darüber hinaus übersteigt das Volumen von Regenfällen mit extremer Magnitude die Kapazitäten der Retentionsflächen und der künstlich geschaffenen Rückhaltebecken. Diese angesprochenen Maßnahmen werden die Auswirkungen etwaiger Schadensereignisse sicherlich dämpfen, für extreme Magnituden ist der Einfluss der Maßnahmen aber marginal. Eine Verhinderung von Sturzfluten kann damit nicht erreicht werden.

- 2. Wenn Sturzfluten raumplanerisch nicht beeinflussbar sind, gibt es dennoch Ansätze um dieses Naturphänomen planerisch zu beeinflussen?**

Das Ereignis selbst ist natürlichen Ursprungs und damit nicht planbar. Über Raumplanung können jedoch die Folgen begrenzt werden. Es müssen Gefahrengebiete definiert und vulnerable Nutzung erkannt werden. Hierfür muss ein Perspektivwechsel stattfinden, in dem Gefährdungsbeurteilung und das Definieren von Schutzniveaus bereits in der Planung stattfinden und nicht erst bei der Umsetzung im Bau angepasst werden.

Der gefährdete Bestand ist dabei nicht planbar. Hier können nur mögliche Rückbaukonzepte entwickelt werden (Beispiel zur praktischen Umsetzung Pirna/Meißen). Für zukünftige Planungsvorhaben muss definiert werden, dass keine weitere Bebauung in Gefahrengebieten stattfinden darf. Insbesondere KRITIS oder besonders vulnerable Bebauung (Betriebe die unter die SEVESO-Richtlinien fallen oder emitierende Betriebe) müssen aus Gefahrengebieten ferngehalten werden.

Die Planungshoheit liegt bei den Gemeinden und ist damit kleinräumlich begrenzt. Zur Gefahrenabwehr müsste in eine überregionale Planung erfolgen. Nur so können KRITIS (insbesondere Verkehrswege, Stromnetze) auch gefahrungsfrei geplant werden.

3. Die Multi-Risiko Kartierung ist eine Methode zur Folgenabschätzung. Insbesondere für Akteure im Bevölkerungsschutz sind solche Instrumente von besonderer Bedeutung für die Planung eigener Maßnahmen. Sehen Sie hier entsprechendes Potential bei der Erstellung von Starkregengefahren- bzw. risikokarten?

Bei der Multi-Risiko-Kartierung werden Gefahrenquellen, daraus resultierende Gefahren und die Vulnerabilität einzelner Objekte in Bezug gesetzt. Hier kann aber nur eine räumliche Überlagerung dargestellt werden. Dieser Ansatz ist mittlerweile überholt. Vielmehr muss bei der Multi-Risiko-Kartierung auch die zeitliche und systemische Überlagerung von Schadenseintritten betrachtet werden. So führen Naturgefahren teilweise gleichzeitig oder auch zeitlich versetzt zu technischen Katastrophen und lösen damit Kaskadeneffekte aus, die das Schadensausmaß der eigentlichen Naturgefahr weit übertreffen können. Die systemischen Effekten müssen in den Fokus der Betrachtung gebracht werden, da hierdurch das größte Gefahrenpotential zu erwarten ist.

Anlage 2 – Karten

