

Gutachten für den Parlamentarischen Untersuchungsausschuss V  
(Hochwasserkatastrophe) des Landtags Nordrhein-Westfalen

# **Strukturierte Auswertung der Dokumentationen zu allen Hochwassertodesopfern in Nordrhein-Westfalen im Juli 2021 und Herausarbeitung von Verbesserungspotenzialen in der Risikokommunikation und in den Warnprozessen anhand der Todesumstände und -ursachen sowie Ereignischarakteristika**

Prof. Dr. Annegret Thieken  
Dr. Philip Bubeck  
Marie-Luise Zenker (MSc)  
Bianca Wutzler (BSc)



Professur für Geographie und Naturrisikenforschung  
Institut für Umweltwissenschaften und Geographie  
Universität Potsdam

Potsdam, 1. März 2022



Bildnachweis Deckblatt:

Kiesgrube in Erftstadt-Blessem während des Hochwassers im Juli 2021

Quelle: Rhein-Erft-Kreis

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>Erklärung .....</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Einführung: Kontext des Gutachtens .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Vorgehensweise: Material und Methoden.....</b>	<b>9</b>
2.1 Bereitgestellte Informationen zum Hochwasser 2021 in Nordrhein- Westfalen .....	9
2.2 Hilfs- und Vergleichsdatensätze .....	10
2.3 Methodisches Vorgehen .....	11
<b>3 Exkurs: Wie werden Hochwassertodesopfer gezählt? .....</b>	<b>16</b>
<b>4 Ergebnisse: Analyse der Todesumstände und Unfallverläufe in NRW im Juli 2021 .....</b>	<b>19</b>
4.1 Überblick .....	19
4.2 Einfluss sozio-demographischer Größen .....	27
4.3 Einfluss von naturräumlichen Gegebenheiten .....	30
<b>5 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse .....</b>	<b>34</b>
5.1 Sozio-demographische Vulnerabilitäten gegenüber Hochwasser und Konsequenzen für die Risikokommunikation .....	35
5.2 Ereignisintensitäten, Warnungen und Evakuierungen in den untersuchten Teilgebieten .....	39
<b>6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für Risikokommunikation und Warnprozesse .....</b>	<b>48</b>

<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>54</b>
<b>Anhang (nicht öffentlich) .....</b>	<b>57</b>

# Erklärung

Mit dem Beweisbeschluss Nr. 31 vom 22.12.2021 wurde Dr. Annegret Thieken, Professorin für Geographie und Naturrisikenforschung an der Universität Potsdam, vom Parlamentarischen Untersuchungsausschuss V (PUA V – Hochwasserkatastrophe) des Landtags NRW mit der Erstellung eines Gutachtens zu folgendem Thema beauftragt:

„Strukturierte Auswertung der Dokumentationen zu allen Hochwassertodesopfern in Nordrhein-Westfalen und Herausarbeitung von Verbesserungspotenzialen in der Risikokommunikation und in den Warnprozessen anhand der Todesumstände und -ursachen sowie Ereignischarakteristika.“

Der vorliegende Bericht präsentiert Umsetzung und Ergebnisse dieses Auftrags. Alle verwendeten Daten und Hilfsmittel sind benannt. Da in den Anlagen Textstellen aus Dokumenten dokumentiert sind, die als „Verschlussache – nur für den Dienstgebrauch“ (VS-nfD) gekennzeichnet sind, ist der Anhang **nicht** zur Veröffentlichung bestimmt.

Das Gutachten wurde unter Federführung von Prof. Thieken mit Unterstützung von Dr. Philip Bubeck (Methodenentwicklung, Datenauswertung, Diskussion und Anwendung des Kodierschemas, Textarbeiten), Marie-Luise Zenker (Datenauswertung, Diskussion und Anwendung des Kodierschemas, Textarbeiten) und Bianca Wutzler (Recherche und Verarbeitung von Geodaten, Auswertung der MOWAS-Warnungen und Recherchen zu Hochwasserentstehungsgebieten) erarbeitet. Alle Autor\*innen haben das vorliegende Dokument gelesen und kommentiert. Wir danken folgenden Personen für ihre Beiträge:

- Dr. Jennifer von Keyserlingk, Universität Potsdam, für die Medienrecherche;
- Dr. Rainer Bell, Universität Bonn, für die Bereitstellung von Abbildung 4.2 und den fachlichen Austausch sowie Ute Dolezal, Universität Potsdam, für die graphische Umsetzung von Abbildung 5.2 und Abbildung 5.4;
- Detlef Placzek, Opferbeauftragter des Landes Rheinland-Pfalz, und Dr. Sönke Knopp, Museum für Hamburgische Geschichte, für die Bereitstellung von Daten;
- Prof. Dr. Debarati Guha-Sapir, Université catholique de Louvain (Belgien), Prof. Dr. Ilan Kelman, University College London (Großbritannien) und Dr. Wolfgang Kron, ehemals Munich Re, für den fachlichen Austausch sowie
- Prof. Dr. Axel Bronstert, Universität Potsdam, und Meike Müller, Deutsche Rückversicherung, Düsseldorf, für die kritische Durchsicht und Kommentierung des Textentwurfs.

Das Gutachten wurde nach bestem Wissen und Gewissen angefertigt. Für etwaige Fehler oder Fehlinterpretationen wird keine Haftung übernommen.

Potsdam, 1. März 2022

Prof. Dr. Annegret Thieken  
**Universität Potsdam**  
Institut für Umweltwissenschaften und Geographie  
Geographie und Naturrisikenforschung  
Karl-Liebknecht-Str. 24-25  
D-14476 Potsdam - Golm



## Abkürzungsverzeichnis

BAO	Besondere Aufbauorganisation (Polizeiabkürzung)
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BK50	Bodenkundliche Karte im Maßstab 1:50.000
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (School of Public Health, Université catholique de Louvain, Belgien)
DGM	Digitales Geländemodell (der natürlichen Geländeform der Erdoberfläche)
DKKV	Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge
ELWAS	Fachinformationssystem zu Wasserthemen vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW
EM-DAT	Emergency Events Database
EU	Europäische Union
EUFF	European Flood Fatalities Database
EV	Erftverband
FR	Frankreich (sFR: Südfrankreich)
GB	Gigabyte
GIS	Geographisches Informationssystem
HANZE	Historical Analysis of Natural Hazards in Europe (paneuropäische Datenbank)
HH	Freie und Hansestadt Hamburg
HQ	Hochwasserabfluss oder –durchfluss
HW	Hochwasser oder Hochwasserstand
HWRM-RL	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
ICD10	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th revision
ID	Identity oder Identifier; eindeutige Kennziffer
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
IKSR	Internationale Kommission zum Schutz des Rheins



IM	Innenministerium (von Nordrhein-Westfalen)
IRDR	Integrated Research on Disaster Risk
IT	Italien
JM	Justizministerium (von Nordrhein-Westfalen)
KWIC	Key Word In Context
LANUV	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
LAWA	Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
NL	die Niederlande
NRW	Nordrhein-Westfalen
NW	Nordrhein-Westfalen
PDF	Portable Document Format (deutsch: (trans)portables Dokumentenformat)
PUA	Parlamentarischer Untersuchungsausschuss
QGIS	Quantum GIS, freie Geoinformationssystem-Software
RLP	Rheinland-Pfalz
RP	Rheinland-Pfalz
SN	Sachsen
SPSS	Statistiksoftware von IBM SPSS® Statistics
THW	Bundesanstalt Technisches Hilfswerk
UN	United Nations (deutsch: Vereinte Nationen – VN)
UNISDR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction (jetzt: UNDRR)
UTC	Coordinated Universal Time (koordinierte Weltzeit)
VG	Verwaltungsgrenzen
VS-nfD	Verschlusssache – nur für den Dienstgebrauch
WVER	Wasserverband Eifel-Rur
WHG	Wasserhaushaltsgesetz



# 1 Einführung: Kontext des Gutachtens

Am 14.07.2021 brachte das Tief „Bernd“ sehr ergiebige Niederschläge nach Westeuropa, die zu schweren Überflutungen führten, sogar an kleineren Gewässern und Bächen. In Deutschland waren die Bundesländer Nordrhein-Westfalen (NRW) mit den Einzugsgebieten von Erft, Rur, Ruhr und Wupper sowie Rheinland-Pfalz (RLP) mit den Einzugsgebieten von Ahr, Kyll und Prüm besonders betroffen. Das Hochwasser zerstörte und schädigte zahlreiche Gebäude und Infrastrukturen. Ein Fonds von 30 Milliarden Euro wurde gemeinsam von Bund und Ländern aufgesetzt, um die betroffenen Gebiete beim Wiederaufbau zu unterstützen. Nicht nur dieser hohe finanzielle Schadensaufwand ist außergewöhnlich, auch die humanitären Auswirkungen sind gewaltig: Allein in NRW haben die Überflutungen nach offiziellen Angaben 49 Menschen das Leben gekostet; aus ganz Deutschland wurden über 180 Todesopfer gemeldet, zwei Personen werden immer noch vermisst (vgl. Tabelle 1.1).

Tabelle 1.1: Todesopfer durch das Hochwasserereignis im Juli 2021 in Deutschland pro Bundesland (Stand: November 2021; Datengrundlage: Medienberichte und eigene Recherchen).

Bundesland	Todesopfer im Juli 2021 [Anzahl]	Bemerkungen
Rheinland-Pfalz (RLP)	135	davon neun Personen mit Wohnsitz in NRW und eine Person aus Niedersachsen
Nordrhein-Westfalen (NRW)	49	davon eine Person mit Wohnsitz in RLP; natürliche Todesfälle nach Evakuierungen wurden nicht berücksichtigt (vgl. Kapitel 3)
Bayern (BY)	2	darunter vermutlich ein natürlicher Todesfall
Sachsen (SN)	2	---
Baden-Württemberg (BW)	1	---
<b>Summe</b>	<b>189</b>	
Vermisste Personen	2	in RLP, davon eine Person mit Wohnsitz in Berlin

Zum Vergleich: Beim August-Hochwasser 2002, das – zumindest im Osterzgebirge – ähnliche hydrologische und hydraulische Eigenschaften aufwies wie das Ereignis im Juli 2021, verloren 21 Menschen in Sachsen ihr Leben (IKSE 2004). Seit 1870 sind in Deutschland nur bei der Sturmflut von 1962 mit 318 Toten in Hamburg und mindestens 347 in ganz Deutschland mehr Menschen durch Überflutungen ums Leben gekommen. Abbildung 1.1 verdeutlicht die Schwere des Ereignisses vom Juli 2021. Damit kann das erste Ziel des Sendai-Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge 2015–2030 (UN 2015), nämlich die Todesfallrate durch Naturgefahren pro 100.000 Einwohner im Zeitraum 2020–2030 gegenüber 2005–2015 erheblich zu verringern, in Deutschland nicht erreicht werden.

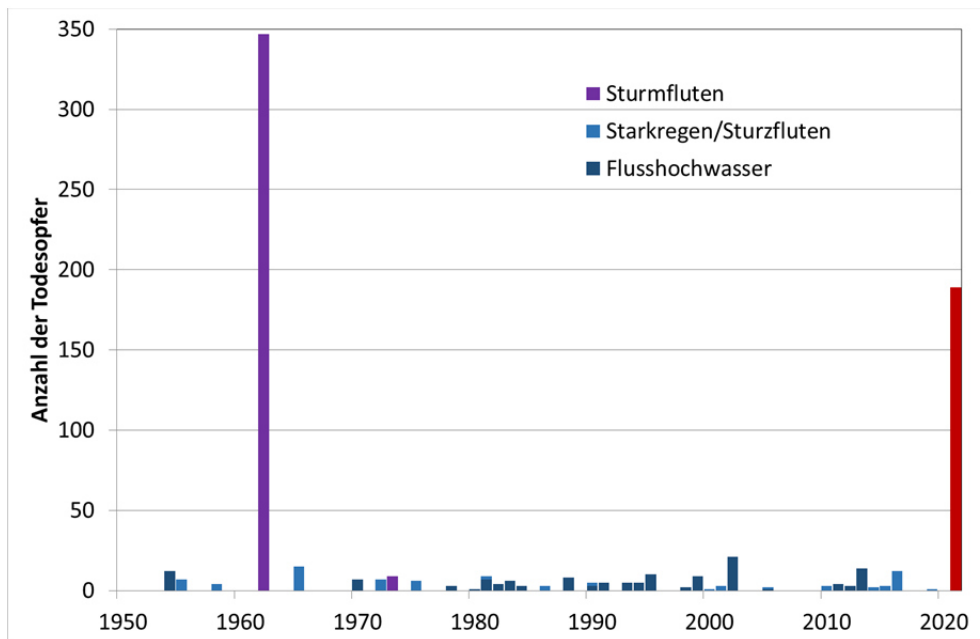


Abbildung 1.1: Todesopfer durch Überschwemmungen in Deutschland (Datengrundlage: HANZE-Datenbank von Paprotny et al. 2018; Werte wurden für 1962, 1965 und 2002 korrigiert sowie ab 2016 durch eigene Recherchen ergänzt). Die Unterscheidung zwischen Flusshochwasser einerseits sowie Starkregen und Sturzfluten andererseits ist nicht immer eindeutig. Das Ereignis vom Juli 2021 wurde rot hervorgehoben; die Zusammensetzung der Todesopfer pro Bundesland ist Tabelle 1.1 zu entnehmen.

Generell sollten bei Naturgefahrenprozessen wie Überflutungen Warnsysteme dazu beitragen, Todesopfer zu vermeiden, indem Menschen in den gefährdeten Gebieten sich rechtzeitig in Sicherheit bringen können oder gefährdete Gebiete durch den Katastrophenschutz evakuiert werden. Warnungen sind aber nur erfolgreich, wenn sie die gefährdeten Menschen erreichen, diese die Warnung richtig interpretieren und adäquat handeln (vgl. Penning-Rowse & Green 2000). Gefahren- und Risikobewusstsein zu erzeugen und über geeignete Schutz- und Vorsorgestrategien aufzuklären ist Aufgabe der Risikokommunikation, die im Ereignisfall durch die Krisenkommunikation, d. h. die Verbreitung von Warnungen vor konkreten potenziellen Schadensereignissen mit entsprechenden Handlungsempfehlungen, ergänzt wird.

Die hohe Zahl an Todesopfern im Juli 2021 stellt Risikokommunikation und Warnung in Deutschland grundsätzlich in Frage. Um in Zukunft Todesopfer bei Hochwasser zu verhindern, sind daher Warnprozesse, aber auch andere Aspekte des Hochwasserrisikomanagements zu verbessern. Um dies gezielt tun zu können, ist eine Analyse der Umstände und Kontexte, in denen es zu den Todesfällen gekommen ist, erforderlich. Daher wurde Dr. Annegret Thieken, Professorin für Geographie und Naturrisikoforschung an der Universität Potsdam, vom Parlamentarischen Untersuchungsausschuss V (PUA V – Hochwasserkatastrophe) des Landtags NRW mit dem Beweisbeschluss Nr. 31 vom 22.12.2021 mit der Erstellung eines Gutachtens zu folgendem Thema beauftragt:

*„Strukturierte Auswertung der Dokumentationen zu allen Hochwassertodesopfern in Nordrhein-Westfalen und Herausarbeitung von Verbesserungspotenzialen in der Risikokommunikation und in den Warnprozessen anhand der Todesumstände und -ursachen sowie Ereignischarakteristika.“*

Der vorliegende Bericht präsentiert die Ergebnisse dieses Auftrags.

## 2 Vorgehensweise: Material und Methoden

### 2.1 Bereitgestellte Informationen zum Hochwasser 2021 in Nordrhein-Westfalen

Für die Erstellung des Gutachtens wurden vom Untersuchungsausschuss zwei verschlüsselte Festplatten mit zahlreichen Dokumenten zur Verfügung gestellt. Eine erste Lieferung am 14.01.2022 umfasste Dokumente des nordrhein-westfälischen Innenministeriums (IM) im Umfang von insgesamt 112 Gigabyte (GB) mit mehr als 2700 durchnummerierten PDF-, Audio- und Video-Dateien und Zehntausenden von Seiten. Die Datenlieferung beinhaltete auch eine erste Übersichtstabelle zu den 49 Todesfällen in NRW (IM02211.pdf<sup>1</sup>), welche grundlegende sozio-demographische Angaben zu jedem Todesopfer (Geschlecht und Geburtsjahr) sowie Wohnort der/des Verstorbenen und Fundort der Leiche zusammenfasste; persönliche Angaben waren geschwärzt. Diese Liste diente als Orientierung in der nachfolgenden Recherche.

Eine zweite Festplatte traf am 04.02.2022 in Potsdam ein; das Passwort wurde am 07.02.2022 zugeschickt. Diese Datenlieferung im Umfang von 3,53 GB und ca. 380 Dateien enthielt Daten des nordrhein-westfälischen Justizministeriums (JM) und beinhaltete u. a. die staatsanwaltschaftlichen Ermittlungsakten (Todesermittlungsakten) zu 46 der 49 untersuchten Todesfälle.

Darüber hinaus wurden vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) sowie von Wasserverbänden (Erftverband, Ruhrverband und Wasserverband Eifel-Rur – WVER) hydrologische Daten, Querprofile, Berichte, Präsentationen und Medieninformationen zum Hochwasser im Juli 2021 zur Verfügung gestellt. Ursprünglich war geplant, mithilfe von Hochwassermasken – dies sind Anschlagsslinien, die die maximale räumliche Ausdehnung der Überflutungen zeigen, – die exponierte Bevölkerung pro Gemeinde zu ermitteln und den Todesopfern gegenüberzustellen (analog zu Brown & Graham 1988). Da die Hochwassermasken nicht in allen relevanten Gebieten ermittelt werden konnten, wurde dieser Ansatz verworfen. Stattdessen wurden für das Gutachten die Gefahrenkarten genutzt, die im Rahmen des zweiten Umsetzungszyklus der europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) erstellt wurden (s. u.). Die Dokumente und Daten vom LANUV und von den Wasserverbänden wurden zudem für die Interpretation der Ergebnisse sowie zur Aufarbeitung des Ereignisses im Abschnitt 5.2 verwendet.

---

<sup>1</sup> Auf die bereitgestellten Dokumente des Innen- und Justizministeriums wird nur – wenn nötig – anhand des Dateinamens verwiesen; sie werden nicht im Literaturverzeichnis aufgeführt.

## 2.2 Hilfs- und Vergleichsdatensätze

Zusätzlich zu den offiziell vom PUA bereitgestellten Informationen wurden folgende Datensätze als Informationsquellen genutzt:

- Medienrecherche im Online-Pressearchiv der GBI-Genios Deutsche Wirtschaftsdatenbank GmbH<sup>2</sup> zu Todesumständen beim Hochwasser 2021 (Recherchezeitraum: 14.07.2021 bis 31.12.2021);
- Amtliche Bevölkerungsstatistiken aus der GENESIS-Onlinedatenbank des Statistischen Bundesamtes destatis: 12411-0013: Bevölkerung: Bundesländer, Stichtag, Geschlecht, Altersjahre (31.12.1967 bis 31.12.2020)<sup>3</sup>;
- Gewässernetz sowie bodenkundliche und geologische Daten aus dem Geoportal des Landes NRW<sup>4</sup>;
- Verwaltungsgrenzen (VG250) und digitales Höhenmodell (DGM200) vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG);
- Warnungen, die im Juli 2021 über das modulare Warnsystem MOWAS vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) bereitgestellt wurden;
- Daten einer online-Befragung der Universität Potsdam zur Warnsituation im Juli 2021 in den betroffenen Gebieten; daraus wurden z. B. der Anteil Nicht-Gewarnter, der Zeitpunkt der ersten Warnung, wahrgenommenes Handlungswissen sowie wahrgenommene Ereignisstärke und Glaubwürdigkeit der Warnung pro Teilgebiet (vgl. Abbildung 4.1) abgeleitet.

Um die Ergebnisse für das Hochwasser 2021 in NRW einordnen zu können (vgl. Kapitel 5), wurden zudem Vergleichsdatensätze mit Hochwassertoten bei anderen Ereignissen recherchiert und neben der wissenschaftlichen Literatur im Gutachten berücksichtigt. Dies waren insbesondere folgende Daten und Ereignisse:

- Informationen zu den 135 Todesopfern, die im Juli 2021 in Rheinland-Pfalz (RLP) beim Hochwasser verstorben sind, wurden beim Opferbeauftragten des Landes RLP, Detlef Placzek, angefragt. Es wurden Informationen und zusammenfassende Statistiken, die am 19./20.11.2021 bereits in der Presse zu lesen waren, zugeschickt, aber keine Einzelfalldaten.
- Für 20 Todesfälle beim August-Hochwasser 2002 in Sachsen liegt eine kurze textliche Beschreibung in Reimer (2002) vor. Diese Daten wurden bereits von Jonkman & Kelman (2005) verwendet, für das vorliegende Gutachten jedoch neu kodiert.
- Für den Zeitraum 2000 bis 2018 wurden Daten der European Flood Fatalities Database (EUFF) aus Regionen berücksichtigt, in denen eine ausreichende Anzahl von Fällen vorlag, d. h. aus Tschechien, Südfrankreich und Italien (Petrucci, Aceto et al. 2019).
- Vom Museum für Hamburgische Geschichte wurde eine Liste der Todesopfer der Sturmflut vom Februar 1962 in Hamburg mit 318 Fällen bereitgestellt (Freie und Hansestadt Hamburg – Schulbehörde 1962). Neben den Namen der Toten bein-

---

<sup>2</sup> <https://www.genios.de/presse-archiv> (letzter Zugriff: 27.02.2022)

<sup>3</sup> Abrufbar unter: <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=12411-0013&bypass=true&levelindex=0&levelid=1642928753644#abreadcrumb> (letzter Zugriff: 26.02.2022).

<sup>4</sup> <https://www.geoportal.nrw/> (letzter Zugriff: 26.02.2022).

hält die Liste pro Person Angaben zum Alter und Wohnort, der in den meisten Fällen auch der Unfallort gewesen sein dürfte. Das Geschlecht wurde anhand der Vornamen zugeordnet.

- Zur Sturmflut von 1953 in den Niederlanden wurden die verfügbaren Namen der Verstorbenen von der Erinnerungsplattform des niederländischen Watersnoodmuseums<sup>5</sup> heruntergeladen. Anhand der Vornamen wurde jeder Person ein Geschlecht zugeordnet, sodass eine Todesopferstatistik in Bezug auf das Geschlecht erstellt werden konnte (vgl. Abschnitt 5.1).

## 2.3 Methodisches Vorgehen

Die methodische Herausforderung bestand vor allem darin, die große Datenlieferung des Innenministeriums in der verfügbaren Zeit mit vertretbarem Aufwand nach relevanten Informationen für das Gutachten zu durchsuchen. Das methodische Vorgehen zur strukturierten Auswertung der Dokumentationen zu allen Hochwassertodesopfern in NRW ist in Abbildung 2.1 zusammenfassend dargestellt und wird nachfolgend erläutert.



Abbildung 2.1: Schematische Darstellung des methodischen Vorgehens.

Um die sehr hohe Anzahl an Dokumenten des Innenministeriums handhaben und strukturiert auswerten zu können, wurde die Software AntConc (Version 4.0.4)<sup>6</sup> genutzt. Dabei handelt es sich um eine frei verfügbare Software für die linguistische Forschung und die quantitative Auswertung von Texten. Diese ermöglicht die Analyse großer Textmengen mit Hilfe des Werkzeugs *Key-Word-In-Context* (KWIC; Schlagwort-im-Kontext). Dazu werden mehrere PDF-Dateien in die Software eingeladen; Textstellen werden automatisch extrahiert und in eine Datenbank gespeichert. Das KWIC-Werkzeug durchsucht

<sup>5</sup> <http://www.deramp.nl/> (letzter Zugriff: 26.02.2022).

<sup>6</sup> Download unter: <https://www.laurenceanthony.net/software/antconc/> (letzter Zugriff: 26.02.2022)

alle Dokumente, die sich in der Datenbank befinden, nach benutzerdefinierten Schlagwörtern und zeigt für jeden Treffer die 10 bis maximal 25 Wörter an, die vor und hinter diesem Schlagwort stehen. Gleiche oder sehr ähnliche Textstellen werden in der Ergebnisliste direkt nacheinander aufgelistet, d. h., es erfolgt eine Ordnung der Fundstellen nach Häufigkeit. Ebenfalls wird aufgeführt, in welcher PDF-Datei sich die jeweilige Fundstelle befindet. Auf diese Weise konnten die vielfachen Redundanzen in den IM-Dokumenten erkannt und relevante Textstellen systematisch identifiziert werden. Reichten die 25 Kontextwörter nicht aus, um einen relevanten Sachverhalt zu erfassen, wurde die entsprechende Textstelle in der originären PDF-Datei recherchiert und in die Ergebnisliste kopiert. Neben den IM-Dokumenten wurden die Zeitungsartikel aus der Medienrecherche gleichermaßen analysiert. Video- und Audiodateien der IM-Datenlieferungen wurden hingegen vernachlässigt.

Die im Rahmen dieser Analyse verwendeten Schlagwörter umfassten die folgenden Begriffe:

- \*glück\*,
- \*starb\*,
- \*storben\*,
- ertrunken\*,
- exitus,
- leiche\*,
- leichnam,
- opfer\*,
- stromschlag\*,
- tod\*,
- tödlich\*,
- tot\*,
- unfall\*,
- verletzt\* und
- vermisst\*.

Der Einsatz des voran- oder nachgestellten „\*“ bewirkt, dass alle Wörter erfasst werden, die den jeweiligen Wortstamm enthalten (Trunkierung). Die Eingabe von \*storben\* identifiziert somit unter anderem auch die Wörter „verstorben“, „Verstorbene“, „Verstorbener“ und „gestorben“.

Da einige PDF-Dateien beim Einlesen eine Fehlermeldung verursachten, wurden diese Dateien mit einer reduzierten Schlagwortliste (exitus, leiche, leichnam, storben, tod, tot) einzeln mit der Suchfunktion im Adobe Acrobat Reader durchsucht.

Die Daten des Justizministeriums wurden einzeln ausgewertet, da hier Informationen zu den einzelnen Todesfällen in den staatsanwaltschaftlichen Ermittlungsakten zusammengefasst waren. Dateien, die nicht für die Todesfallermittlungen relevant waren, sondern z. B. die Schäden an Gebäuden und Vorgängen der Justiz behandelten, wurden nicht weiter berücksichtigt.

Alle relevant erscheinenden Textstellen aus beiden Datenlieferungen wurden wörtlich extrahiert und in einer Excel-Datei unter Angabe der Fundstelle gesammelt. Anschließend wurden alle Textstellen anhand der darin enthaltenen Angaben (z. B. Örtlichkeit, sozio-demographische Angaben) den einzelnen Hochwassertodesopfern über eine ID zugeordnet und so zusammengestellt, dass pro Verstorbenem ein Tabellenblatt mit allen

zugehörigen Textstellen entstand. Persönliche Angaben wurden nachträglich anonymisiert.

Da persönliche Angaben der Opfer in den Unterlagen des IM und JM unterschiedlich stark geschwärzt waren, konnten letztlich für (fast) alle Verstorbenen Alter und Wohnort exakt bestimmt werden, was die Zuordnung von Kontextinformationen erleichterte. Um festzustellen, ob sich ein Unfallort innerhalb einer Hochwassergefahrenzone befand, wurde jede Adresse eines Unfallortes auf der Seite des Wasserfachinformationssystems ELWAS<sup>7</sup> für NRW recherchiert. Verwendet wurden die Hochwassergefahrenkarten für ein extremes Hochwasserereignis, die 2019 für den zweiten Zyklus der europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) erstellt wurden. Diese enthalten u. a. Informationen zu möglichen Überflutungsflächen und Wassertiefen während eines extremen Hochwasserereignisses. In NRW spiegelt das in den Karten dargestellte Extrem-szenario ein Hochwasser wider, welches im Mittel deutlich seltener als alle 100 Jahre auftritt (sogenannte „Jahrtausendhochwasser“) (Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW, o. J.; Petrow & Thieken 2015). Für jeden Fall wurde ein Screenshot des Rechercheergebnisses in die Excel-Datei eingefügt. Die so zusammengestellten Textstellen und Kartenausschnitte werden den Mitgliedern des PUA in Anlage 1 zur Verfügung gestellt.

Zu einem späteren Zeitpunkt erfolgte eine weitere Analyse der Materialien des IM in AntConc im Hinblick auf Informationen über Evakuierungen. Auch hier wurden die relevanten Textstellen in einer Exceltabelle zusammengeführt und später für die Interpretation der Analyse der Todesumstände verwendet (vgl. Abschnitt 5.2 und Anlage 4).

Die gesammelten Informationen zu jedem Todesfall wurden mit Hilfe eines Kodierschemas strukturiert ausgewertet. Dieses umfasst Aspekte (z. B. Tageszeit, Unfalldynamik, sozio-demographische Charakteristika), die für die Ableitung von Handlungsempfehlungen für das Risikomanagement relevant sind. Das für dieses Gutachten erstellte Kodierschema orientiert sich (deduktiv) an der internationalen Fachliteratur und der europäischen Datenbank zur Erfassung von Hochwassertodesopfern EUFF (Jonkman & Kelman 2005; Petrucci, Papagiannaki et al. 2019), wurde jedoch anhand der vorliegenden Daten spezifisch (induktiv) angepasst. Tabelle 2.1 zeigt das für die übergreifende Auswertung verwendete Kodierschema.

Tabelle 2.1: Kodierschema zur Analyse der Todesumstände beim Hochwasser im Juli 2021 in NRW.

Variable	Erläuterung
ID	Individuelle Kennung jedes Todesopfers
Geschlecht	Geschlecht des Todesopfers (männlich: 0, weiblich: 1)
Alter	Alter des Todesopfers in Jahren
Vorerkrankungen	Erfassung von Vorerkrankungen oder Mobilitätseinschränkungen (dokumentierte Vorerkrankungen: 1, keine dokumentierten Vorerkrankungen oder unklar: 0)
Wohnort	Wohnort des Todesopfers
Unfallort	allgemeine Beschreibung des Unfallortes (Brücke, Keller, Straße etc.).
Fundort	Adresse des Leichenfundortes
Gemeinde	Gemeinde des Unfall- oder Fundortes nach amtlicher Gemeindebezeichnung
Gemeinde-	achtstelliger amtlicher Gemeindegemeinschaftsschlüssel, wobei die erste Stelle von 05 für

<sup>7</sup> <https://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.xhtml> (letzter Zugriff: 20.02.2022)



## Analyse der Todesumstände beim Hochwasser im Juli 2021

Variable	Erläuterung
schlüssel	NRW ignoriert wurde
Landkreis	Landkreis des Unfall-/Fundortes
Landkreis-schlüssel	fünfstelliger amtlicher Landkreisschlüssel, wobei die erste Stelle von 05 für NRW ignoriert wurde
Teilgebiete	Unterscheidung von drei Teilgebieten: 1 = Urft, Olef, Ahr; 2 = Erft und Swist; 3 = andere Gebiete (vgl. Abschnitt 4.1)
Tageszeit	Tageszeit des Unfalls: hell (ab 5 Uhr bis 22 Uhr); dunkel (zwischen 22 Uhr abends und 5 Uhr morgens); unklar
Bezug zum Ereignis	Zeitliche Einordnung des Unfalls im Hinblick auf das Ereignis: pre-impact; impact; post-impact
Gefahrenkarte	Erfassung, ob der Unfallort innerhalb oder außerhalb der Überflutungsfläche des HQextrem liegt (1: innerhalb, 0: außerhalb, 99: unklar)
Gefahrenkarte Wasserstand	Wasserstandsklasse gemäß der Gefahrenkarte des HQextrem: keine Überflutung; 0 m bis 0,5 m; 0,5 m bis 1 m; 1 m bis 2 m; 2 m bis 4 m; >4 m
Persönlicher Ortsbezug	Einordnung, ob es sich am Unfall-/Fundort um eine ortsansässige, nicht ortsansässige Person oder um eine (ortsansässige) Rettungskraft handelt
Örtlichkeit des Unfall-/Fundorts	Unterscheidet, ob sich der Unfall im Freien oder in einem Gebäude ereignet hat.
Details zur Örtlichkeit des Unfall-/ Fundorts	Spezifiziert den genauen Unfall- bzw. Fundort: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in einem Gebäude: Keller;</li> <li>• in einem Gebäude: Souterrainwohnung;</li> <li>• in einem Gebäude: Erdgeschoss;</li> <li>• in einem Gebäude: Obergeschoss;</li> <li>• in einem Nicht-Wohngebäude (z. B. Feuerwache, Notunterkunft);</li> <li>• im Freien auf/in/bei einem Fahrzeug;</li> <li>• im Freien auf offenem Gelände (zu Fuß);</li> <li>• im Freien auf der Straße (zu Fuß, Rad);</li> <li>• im Freien an/auf einer Brücke (zu Fuß, Rad);</li> <li>• im Freien in einem Tunnel/einer Unterführung;</li> <li>• im Freien auf einem Campingplatz;</li> <li>• im Freien am/im Fluss.</li> </ul>
Aktivität	Kategorisierung der Aktivität des Unfallopfers im Kontext des Unfalls: <ul style="list-style-type: none"> <li>• (im Schlaf oder in der Wohnung) vom Ereignis überrascht;</li> <li>• Warnungen/Sicherheitshinweise ignoriert und Gefahr unterschätzt, dann vom Ereignis überrascht;</li> <li>• bei/nach offiziellem Rettungseinsatz (der Feuerwehr u.a.);</li> <li>• zu Fuß unterwegs (auch: auf dem Weg von/zu der Arbeitsstelle oder Wohnung oder um sich selbst in Sicherheit zu bringen);</li> <li>• mit dem Auto unterwegs (auch: auf dem Weg von/zu der Arbeitsstelle oder Wohnung oder um sich selbst in Sicherheit zu bringen);</li> <li>• versucht, andere zu retten oder anderen zu helfen (privat);</li> <li>• Schaden/Anlagen (z. B. Heizung, Pumpen) während/nach dem Ereignis geprüft oder anderweitiger Versuch, Sachschaden zu minimieren;</li> <li>• bei/nach Rettungsversuch/Evakuierung (durch andere);</li> <li>• versucht, sich selbst in Sicherheit zu bringen – vertikal (z. B. in höheren Stockwerken, auf Bäumen);</li> <li>• offizielle Evakuierung verweigert;</li> <li>• versucht, Tiere zu retten;</li> <li>• Outdoor-Freizeitaktivitäten;</li> <li>• Schaulust (an Flüssen oder auf Brücken stehen).</li> </ul>
Unfalldynamik	Kategorisierung des Unfallverlaufs: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in einem überfluteten Raum (überraschend) eingeschlossen/-geklemmt;</li> <li>• in überfluteten Bereichen Kontrolle über das Fahrzeug verloren, im Auto eingeschlossen oder nach Verlassen weggerissen und durch Gegenstände/Treibgut im überfluteten Bereich eingeklemmt oder verletzt;</li> <li>• Brückenkollaps; dann vom Wasser mitgerissen und durch Gegenstände/Treibgut im überfluteten Bereich eingeklemmt oder verletzt;</li> </ul>

Variable	Erläuterung
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebäudekollaps; dann vom Wasser mitgerissen und durch Gegenstände/Treibgut im überfluteten Bereich eingeklemmt oder verletzt;</li> <li>• Straßenkollaps; dann vom Wasser mitgerissen und durch Gegenstände/Treibgut im überfluteten Bereich eingeklemmt oder verletzt;</li> <li>• nach Verlassen des Hauses vom Wasser mitgerissen und durch Gegenstände/Treibgut im überfluteten Bereich eingeklemmt oder verletzt;</li> <li>• auf der Straße/offenem Gelände von Hochwasserwelle, Wassermassen oder Schlamm mitgerissen und durch Gegenstände/Treibgut im überfluteten Bereich eingeklemmt oder verletzt;</li> <li>• durch Feuer, Rauch oder Gase betäubt/verletzt und handlungsunfähig;</li> <li>• häuslicher Unfall/Sturz (z. B. ausgerutscht und unter Wasser geraten);</li> <li>• Überanstrengung, Überforderung oder Schock;</li> <li>• in gesperrte Bereiche gefahren/gegangen und dort verunglückt.</li> </ul>
Medizinische Todesursache	Kategorisierung der medizinischen Todesursache: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ertrinken;</li> <li>• Ersticken;</li> <li>• Ersticken und Ertrinken;</li> <li>• Verletzung (Polytrauma);</li> <li>• internistische Ursache (Herzversagen, Herzinfarkt, Schlaganfall o. ä.);</li> <li>• Stromschlag;</li> <li>• Vergiftung (z. B. durch Kohlenmonoxid);</li> <li>• Verbrennung (d. h. Tod aufgrund großer Hitze- und Brandexposition inkl. Multiorganversagen nach erheblichen Verbrennungen)</li> <li>• Unterkühlung.</li> </ul>

In Anlage 2 ist die so kodierte und anonymisierte Information pro Todesfall zusammengestellt. Die kodierten Variablen wurden anschließend für verschiedene statistische Analysen in SPSS und Excel sowie räumliche Analysen im Geoinformationssystem QGIS zur Ableitung von Handlungsempfehlungen für das Risikomanagement genutzt. Da die in Tabelle 2.1 aufgeführten Variablen überwiegend auf der Nominalskala messen, d. h. verschiedene, sich gegenseitig ausschließende Kategorien abbilden, die in keiner Rangordnung zueinander stehen, kamen einfache deskriptive Statistiken, vor allem Häufigkeitsanalysen, zum Einsatz. Um beurteilen zu können, ob eine Häufigkeitsverteilung statistisch signifikant von einer anderen abweicht, kann bei diesem Datenniveau der Chi-Quadrat-Test eingesetzt werden. Er untersucht, wie stark beobachtete Häufigkeiten von erwarteten Häufigkeiten abweichen. Leider ist dieser Test bei kleinen Datenumfängen – im statistischen, nicht im humanitären Sinne – nur begrenzt aussagekräftig.

### 3 Exkurs: Wie werden Hochwassertodesopfer gezählt?

Aus den Recherchen in den Materialien des Innenministeriums geht hervor, dass neben den offiziellen 49 Todesopfern, die in der IM-Übersicht (IM02211.pdf) aufgeführt werden, weitere Todesfälle im fraglichen Zeitraum des Hochwasserereignisses aufgetreten sind. Bei einigen Fällen entstand eine Diskussion, ob diese in die Übersicht aufgenommen werden sollten oder nachträglich gestrichen werden müssten, d. h. als Hochwassertodesopfer gezählt werden müssten oder nicht. In einigen Fällen ist dies gut nachvollziehbar, da keinerlei Bezüge zum Hochwasser hergestellt werden konnten. An einigen Stellen wird jedoch deutlich, dass Personen, die nach erfolgreicher Evakuierung in einer Notunterkunft oder nach Verlegung später im Krankenhaus verstorben sind, nicht als Hochwassertodesopfer gezählt wurden, da diese Personen nicht unmittelbar mit dem Hochwasser Kontakt hatten und an einer natürlichen Todesursache verstorben sind (vgl. Tabellenblatt NW2021-05x in Anlage 1).

Auch wenn dieses Verständnis auf den ersten Blick und vor dem Hintergrund polizeilicher Ermittlungen plausibel erscheint, ist diese Vorgehensweise durchaus diskussionswürdig, zumal beim August-Hochwasser 2002 in Sachsen anders vorgegangen wurde: In Reimer (2002) sind vier Todesfälle aufgeführt, bei denen Menschen bei oder nach einer Evakuierung durch Herzversagen, Kreislaufversagen o. ä. gestorben sind – in einem Fall sogar, nachdem die Person aus der Notunterkunft nach Hause zurückgekehrt war. Die Frage ist, welche Vorgehensweise richtig ist. Darauf gibt die wissenschaftliche Literatur, insbesondere eine internationale Arbeitsgruppe, die sich im Rahmen von Integrated Research on Disaster Risk (IRDR) mit Fragen der Schadensdokumentation beschäftigt hat, Antworten.

In IRDR (2015) werden Todesopfer durch Naturgefahren als Personen definiert, die ihr Leben verloren haben, weil das Ereignis eingetreten ist (im Original auf S. 9: „Number of people who lost their life because the event happened.“). In den einschlägigen Schadensdatenbanken wie der EM-DAT<sup>8</sup> vom Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) oder der NatCatService-Datenbank der Munich Re<sup>9</sup> werden unter Hochwassertodesopfern in der Regel direkte Todesopfer, die durch den Kontakt mit dem Hochwasser ums Leben gekommen sind, d. h. in der Regel einen Ertrinkungstod erlitten haben, aber auch indirekte, unmittelbar mit dem Ereignis zusammenhängende Todesfälle (*indirect immediate*) berücksichtigt (IRDR 2015). Letztere sind Personen, die meistens an anderen Todesursachen verstorben sind, aber in einem Kontext, der durch das Ereignis ausgelöst

---

<sup>8</sup> <https://www.emdat.be/> (letzter Zugriff: 26.02.2022)

<sup>9</sup> <https://www.munichre.com/en/solutions/for-industry-clients/natcatservice.html> (Datenbank ist nicht mehr recherchierbar und öffentlich zugänglich)

wurde. Dazu zählen Fälle mit Herz-Kreislaufkrankungen aufgrund einer Überanstrengung bei der Durchführung von Schutzmaßnahmen, Aufräumarbeiten o. ä., Verkehrsunfälle, die durch das Ereignis oder bei Evakuierungen aufgetreten sind, sowie Todesfälle durch Stromschläge oder Sekundärgefahren wie Epidemien (IRDR 2015). Jonkman & Kelman (2005) haben ein sehr ähnliches Verständnis und stellen klar, dass Todesfälle als hochwasserbedingt angesehen werden, wenn sie bei einem Ereignis auftreten, bei dem Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist, überflutet ist; dies entspricht der Definition von Hochwasser im Wasserhaushaltsgesetz (WHG § 72). Im medizinischen Kodiersystem ICD10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10<sup>th</sup> revision) werden unter X38 Hochwassertote erfasst. Die Kodierregel betont, dass es hierbei um die Todesumstände, nicht um die Art der Verletzungen geht (im Original<sup>10</sup>: „X38.XXXA describes the circumstance causing an injury, not the nature of the injury“). Vinet et al. (2016) weisen hingegen darauf hin, dass es schwierig ist, einen vollständigen Überblick über Todesfälle nach Evakuierungen von Altenheimen zu erlangen und haben diese Fälle daher vernachlässigt.

Diese Definitionen implizieren, dass Todesfälle im Zusammenhang mit hochwasserinduzierten Evakuierungen berücksichtigt werden sollten, auch wenn die Todesursache natürlich ist (Jonkman & Kelman 2005). Ein Blick in internationale und europäische Studien zeigt, dass die medizinischen Todesursachen von Hochwassertodesopfern zwar vom Ertrinkungstod dominiert werden, aber eine weit größere Bandbreite an Todesursachen (Vergiftung, Verbrennung, Stromschlag, Verletzungen, natürliche Todesursachen) beinhalten (vgl. Jonkman & Kelman 2005; Saulnier et al. 2017; Petrucci, Aceto et al. 2019; Petrucci, Papagiannaki et al. 2019). Dabei werden auch Personen, die durch das Ereignis zunächst verletzt wurden und nach einer bestimmten Zeit versterben, berücksichtigt. Daher wird im Allgemeinen ein Zeitpunkt festgelegt, ab dem weitere Todesopfer nicht mehr als direkte Folge des Ereignisses gewertet werden. UNISDR (2017) empfiehlt, für Hochwasser einen Zeitraum von vier Wochen nach dem Ereignis zu betrachten; UN-Mitgliedsstaaten können aber davon abweichen.

Einschlägige Schadensdatenbanken übernehmen die Anzahl an Todesopfern aus offiziellen Quellen, wenn diese Zahl über einen längeren Zeitraum konstant bleibt (IRDR 2015). Diese Zahl enthält keine vermissten Personen; diese werden separat aufgeführt. IRDR (2015) empfiehlt weiterhin drei Informationsebenen bei der Dokumentation von Todesopfern als Folge von Naturgefahren: 1) die Gesamtzahl der Opfer, 2) differenziert nach direkten und indirekten, aber unmittelbaren Todesfällen und 3) weiter aufgeschlüsselt nach Geschlecht, Alter und Ort (z. B. Gemeinde). Der Leitfaden zur Umsetzung des Sendai-Rahmenwerks weicht hiervon etwas ab (vgl. UNISDR 2017), wird aber auch kritisiert (z. B. von Green et al. 2019).

Weitere Todesfälle, die mehrere Wochen oder Monate nach dem Ereignis auftreten, werden als indirekte und verzögerte Fälle (*indirect delayed*) bezeichnet. Sie werden in Schadensdatenbanken in der Regel nicht berücksichtigt (IRDR 2015) und nur selten quantifiziert oder untersucht (vgl. Jonkman & Kelman 2005). Im Gegensatz zu den direkten und indirekten, aber unmittelbaren Todesfällen wird hierbei eher ein statistischer Ansatz angewendet, z. B. wird die Übersterblichkeit im Vergleich zum Vorjahr bestimmt (vgl. Green

---

<sup>10</sup> <https://www.icd10data.com/ICD10CM/Codes/V00-Y99/X30-X39/X38-/X38.XXXA> (letzter Zugriff: 26.02.2022).

et al. 2019). Aufgrund der Covid-19-Pandemie ist diese Vorgehensweise beim Hochwasser im Juli 2021 aber vermutlich schwer umzusetzen.

Für das vorliegende Gutachten wurde die offizielle Zahl von 49 Todesfällen in NRW als Grundlage verwendet. Diese Fälle entsprechen den obigen Ausführungen und Kriterien, d. h. sie wurden direkt oder indirekt, aber unmittelbar durch das Hochwasser ausgelöst. Da im Juli 2021 zahlreiche Pflege- und Altenheime und auch Krankenhäuser in NRW evakuiert werden mussten, scheint eine Auswertung dieser Maßnahmen sinnvoll, da es sich bei den Betroffenen um vulnerable Gruppen handelt und Evakuierungen hier eine lebenswichtige, aber auch einschneidende Intervention sein können. Daher wird angeregt, die Fälle, in denen Menschen bei oder unmittelbar nach einer Evakuierung verstorben sind, auf Basis der obigen Ausführungen nochmals zu prüfen. Die Zusammenstellung in Anlage 1 (Tabellenblatt NW2021-05x) kann dafür erste Anhaltspunkte liefern.

Abschließend sei betont, dass für eine konsistente Erfassung von Todesfällen durch Naturgefahren wie Hochwasser eine klare Definition erforderlich ist, die im Juli 2021 (noch) nicht vorlag. Aus den analysierten Dokumenten wurde jedoch auch ersichtlich, dass alle Ermittlungen und Zusammenstellungen sehr sorgfältig erstellt, geprüft und bearbeitet wurden.

## 4 Ergebnisse: Analyse der Todesumstände und Unfallverläufe in NRW im Juli 2021

In diesem Kapitel werden zunächst im Abschnitt 4.1 die Gesamtergebnisse für alle 49 untersuchten Fälle präsentiert, während in den nachfolgenden Abschnitten die Rolle von Geschlechtszugehörigkeit, Alter und Vorerkrankungen der Verstorbenen (Abschnitt 4.2) sowie von geographischen Teilgebieten (Abschnitt 4.3) analysiert wird. Diese drei Merkmale spiegeln bestimmte Vulnerabilitäten bzw. Ereignischarakteristika wider und korrespondieren mit dem tertiären Datenniveau in internationalen Schadensdatenbanken (vgl. Kapitel 3; IRDR 2015). Für jedes dieser drei Merkmale (Geschlecht, Alter, geographische Teilgebiete) wird untersucht, ob signifikante Unterschiede in den Teildatensätzen hinsichtlich der medizinischen Todesursache, der Tageszeit und Örtlichkeit des Unfallorts sowie seiner Darstellung in Hochwassergefahrenkarten, der Aktivität des Verstorbenen und der Unfalldynamik bestehen und – ja wenn – welche. Für den Gesamtdatensatz werden diese Aspekte im Folgenden präsentiert.

### 4.1 Überblick

#### *Sozio-demographische Eigenschaften*

Von den insgesamt 49 untersuchten Todesopfern in NRW waren 31 männlich (63,3 %) und 18 weiblich (36,7 %). Die Abweichung von der Zusammensetzung der Gesamtbevölkerung Nordrhein-Westfalens (49,1 % männlich, 50,9 % weiblich, Stand: 31.12.2020) ist offensichtlich und daher Anlass, Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Todesopfern genauer zu untersuchen (vgl. Abschnitt 4.2).

Neben dem Geschlecht werden Alter und Gesundheitsstatus als wichtige Indikatoren für die Anfälligkeit einer Person gegenüber Hochwasser angesehen (z. B. Jonkman & Kelman 2005; Green et al. 2019; Petrucci 2022), wobei Kinder und ältere Menschen als besonders vulnerabel bei Überflutungen eingestuft werden, z. B. da ihre Stabilität in überfluteten Bereichen schlechter ist als die (gesunder) Erwachsener (vgl. Jonkman & Penning-Rowsell 2008).

Im Juli 2021 war die zwei jüngsten Todesopfer in NRW 18 Jahre alt, das älteste 86. Das Medianalter der Hochwasseropfer liegt bei 65 Jahren, der Mittelwert bei 62,65 Jahren, wobei in den Daten und Klassifizierungen nur das Alter in vollen Jahren berücksichtigt wurde, d. h. einzelne Monate wurden ignoriert. Tabelle 4.1 zeigt die Altersverteilung der 49 Hochwasseropfer in NRW. Die Altersgruppen der Kinder sowie der Erwachsenen zwischen 21 und 50 Jahren sind unter den Verstorbenen im Vergleich zu ihren Anteilen in der Gesamtbevölkerung unterrepräsentiert, während die Altersgruppen ab über 60 Jahren

deutlich überrepräsentiert sind. Die Anteile der 15- bis 20-Jährigen sowie der 51- bis 60-Jährigen entsprechen in etwa ihren jeweiligen Anteilen in der Gesamtbevölkerung (vgl. Tabelle 4.1). Zudem wurde bei 25 Personen eine Vorerkrankung in den analysierten Unterlagen erwähnt. Die Rolle von Alter und Vorerkrankungen bei den Todesumständen und Unfallverläufen wird in Abschnitt 4.2 im Detail untersucht.

Tabelle 4.1: Verteilung der Hochwassertodesopfer im Juli 2021 nach Altersklassen und im Vergleich zur Gesamtbevölkerung Nordrhein-Westfalens (NRW; Stand: 31.12.2020).

Altersklasse	Todesopfer im Juli 2021 [Anzahl]	Anteil [%]	Bevölkerung NRW am 31.12.2020 [Anzahl]	Anteil [%]
0 bis 14 Jahre (Kinder)	0	0,0 %	2.510.010	14,0 %
15 bis 20 Jahre	3	6,1 %	1.062.157	5,9 %
21 bis 30 Jahre	2	4,1 %	2.196.917	12,3 %
31 bis 40 Jahre	1	2,0 %	2.246.813	12,5 %
41 bis 50 Jahre	4	8,2 %	2.176.060	12,1 %
51 bis 60 Jahre	7	14,3 %	2.917.472	16,3 %
61 bis 70 Jahre	10	20,4 %	2.198.654	12,3 %
71 bis 80 Jahre	15	30,6 %	1.522.843	8,5 %
>80 Jahre (Hochbetagte)	7	14,3 %	1.094.644	6,1 %
Summe	49		17.925.570	

### ***Medizinische Todesursachen***

Als medizinische Todesursache wurde überwiegend, d. h. in 33 Fällen (67,3 %), ein Tod durch Ertrinken konstatiert. Bei drei weiteren Personen wurde eine Kombination aus Erstickten und Ertrinken (in Folge einer eingeklemmten Lage unter einem PKW im überfluteten Bereich bzw. einer CO<sub>2</sub>-Vergiftung in einem Keller, die zu Bewusstlosigkeit und einem Ertrinkungstod geführt hat) festgestellt. Bei zwei weiteren Personen wurde ein Erstickungstod als Folge des Einatmens von Schlamm bzw. aufgrund der Auflast eines schweren Gegenstandes auf dem Brustkorb als Todesursache bescheinigt. Die genannten Fälle sowie ein weiterer in Folge von zwei todesursächlichen Wirbelbrüchen mit Rückenmarksverletzungen (Polytrauma) sind auf die direkte physische Einwirkung des Hochwassers zurückzuführen. Demgegenüber wurden folgende Todesfälle durch das Hochwasser ausgelöst, auch wenn kein oder nur wenig Wasserkontakt bestand: Ein Fall mit Polytrauma ist auf einen Verkehrsunfall zurückzuführen, der als indirekte, aber unmittelbare Folge des Ereignisses zu werten ist. In sieben Fällen wurden internistische Todesursachen festgestellt, in der Regel Herzversagen, akuter Herzinfarkt o. ä., die durchaus auf Überanstrengung, Überforderung oder Schock zurückgeführt werden können (s. u.). Hinzu kommen zwei Fälle durch Verbrennung mit Todesfolgen: Ursächlich war hier ein Wohnhausbrand, der durch eine wassergeschädigte Ölheizungsanlage ausgelöst und durch eine Sauerstoffflasche (für ein Beatmungsgerät), die im Hausflur stand, verstärkt wurde. Eine Person verstarb direkt, eine weitere Betroffene Anfang August an Multiorganversagen als Folge der massiven Verbrennungen.

### ***Geographische Verteilung der Todesopfer***

Für eine Beurteilung, welche Rolle die Intensität des Ereignisses in verschiedenen Regionen spielt, ist die geographische Verortung der Todesfälle von Bedeutung. Abbildung



4.1 zeigt die räumliche Verteilung der 49 verstorbenen Personen auf Gemeindeebene. Ausschlaggebend für diese Verortung ist der Ort des Unfalls, der letztlich zum Tod geführt hat, oder – falls dieser nicht genau bekannt ist – der Ort des Leichenfundes. Motivation ist, dass die Unfallorte – nicht die Wohnorte – entscheidend für den Ablauf des Geschehens und evtl. Schlussfolgerungen für das Risikomanagement sind. Auf Gemeindeebene wurde allerdings für die Todesopfer in NRW kein Unterschied zwischen Unfall- und Fundort festgestellt (im Gegensatz zu RLP).

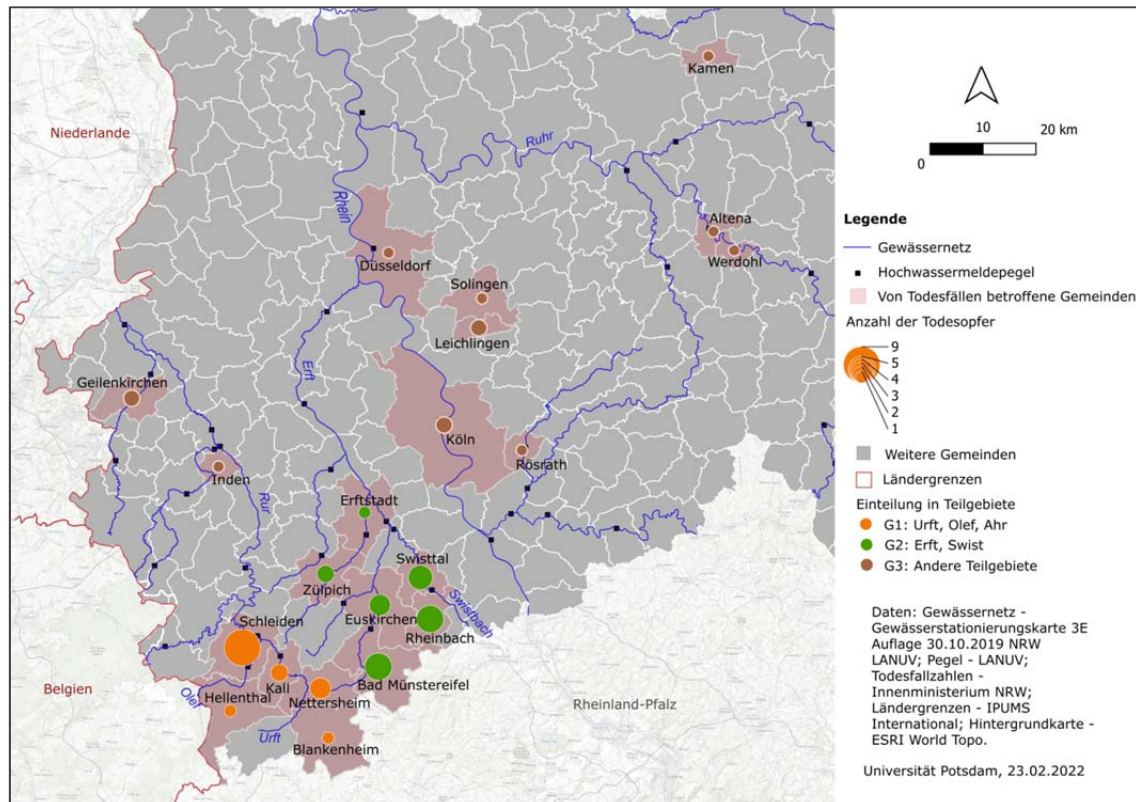


Abbildung 4.1: Geographische Verteilung der Hochwassertodesopfer vom Juli 2021 in Nordrhein-Westfalen auf Gemeindeebene. Es wurden nur Gewässer mit Hochwassermeldepegeln dargestellt.

In Abbildung 4.1 ist eine deutliche Konzentration in den oberen Einzugsgebieten von Olf, Urft, Erft und Swist zu erkennen. Daher wurden für die weitere Analyse drei Teilgebiete auf Basis der räumlichen Verortung der Todesopfer und der Ereignisstärke definiert.

Allein in Schleiden (inkl. des Ortsteils Gemünd) sind neun Menschen durch Überflutungen von Olf, Urft und kleineren Gewässern im oberen Einzugsgebiet der Rur (oberhalb des Rurstausees) verstorben. Drei weitere Personen in Nettersheim, zwei in Kall und eine in Hellersthal können ebenfalls diesem Einzugsgebiet zugeordnet werden. An der oberen Ahr, in der Gemeinde Blankenheim, ist eine Person verstorben. Diese wird im Folgenden mit den Fällen im Urfteinzugsgebiet zusammen als Teilgebiet G1 analysiert, das somit 16 Personen umfasst. Die Tagesniederschläge für den 14./15.07.2021 belegen, dass in diesem Gebiet hohe Niederschlagsmengen zwischen 125 und 150 mm in 24 Stunden aufgetreten sind (vgl. Abbildung 4.2). Laut WVER (2021) wurde in diesem Gebiet an drei Niederschlagsstationen (Blankenheim, Dahlem-Schmidtheim und Kall-Sistig) für die Niederschlagssummen vom 13. bis 15.07.2021 eine Jährlichkeit von 1000 überschritten.

Eine hohe Niederschlagssumme ist auch im Kopfeinzugsgebiet von Erft und Swistbach zu verzeichnen (vgl. Abbildung 4.2). An der Station Euskirchen-Steinbach wurde am 14.07.2021 ein punktuelles Maximum von 179 mm Niederschlag gemessen; im südlichen und südöstlichen Einzugsgebiet wurden flächendeckend über 130 mm Niederschlag verzeichnet, sodass verbreitet ein 100-jährliches Niederschlagsereignis deutlich überschritten wurde (Erftverband 2021). An fast allen Pegelmessstellen wurde der Wasserstand eines extremen Hochwassers, der den Gefahrenkarten zugrunde liegt, überschritten (Erftverband 2021). Tatsächlich sind im Gesamteinzugsgebiet der Erft die meisten Todesopfer zu verzeichnen – im Folgenden Teilgebiet G2 mit 20 Personen, – davon fünf in Rheinbach, vier in Swisttal, fünf in Bad Münstereifel, drei in Euskirchen, zwei in Zülpich und eine Person in der Nähe von Erftstadt (hochwasserbedingter Verkehrsunfall). Würden Todesfälle nach Evakuierungen berücksichtigt, kämen in diesem Teilgebiet weitere Fälle hinzu.

Im Teilgebiet G3 sind alle weiteren 13 Todesfälle zusammengefasst. Es umfasst somit je zwei Fälle aus Geilenkirchen, Köln und Leichlingen sowie jeweils eine Person aus Altena, Düsseldorf, Inden bei Jülich, Kamen, Rösrath-Hoffnungsthal, Solingen und Werdohl. Das Teilgebiet erstreckt sich somit über ein sehr großes und naturräumlich sehr heterogenes Gebiet; auch die Niederschlagsmengen sind sehr unterschiedlich (Abbildung 4.2). Eine feinere Unterteilung erscheint aber aus statistischen Gesichtspunkten nicht sinnvoll.

In den Abschnitten 4.3 und 5.2 wird weiter untersucht, ob bzw. inwieweit Todesursachen und Unfalldynamiken, aber auch die naturräumlichen Gegebenheiten im Hinblick auf Topographie und Oberflächenabflussentstehung sowie die Warnsituationen sich in diesen drei Teilgebieten unterscheiden und was dies für das Risikomanagement bedeutet.

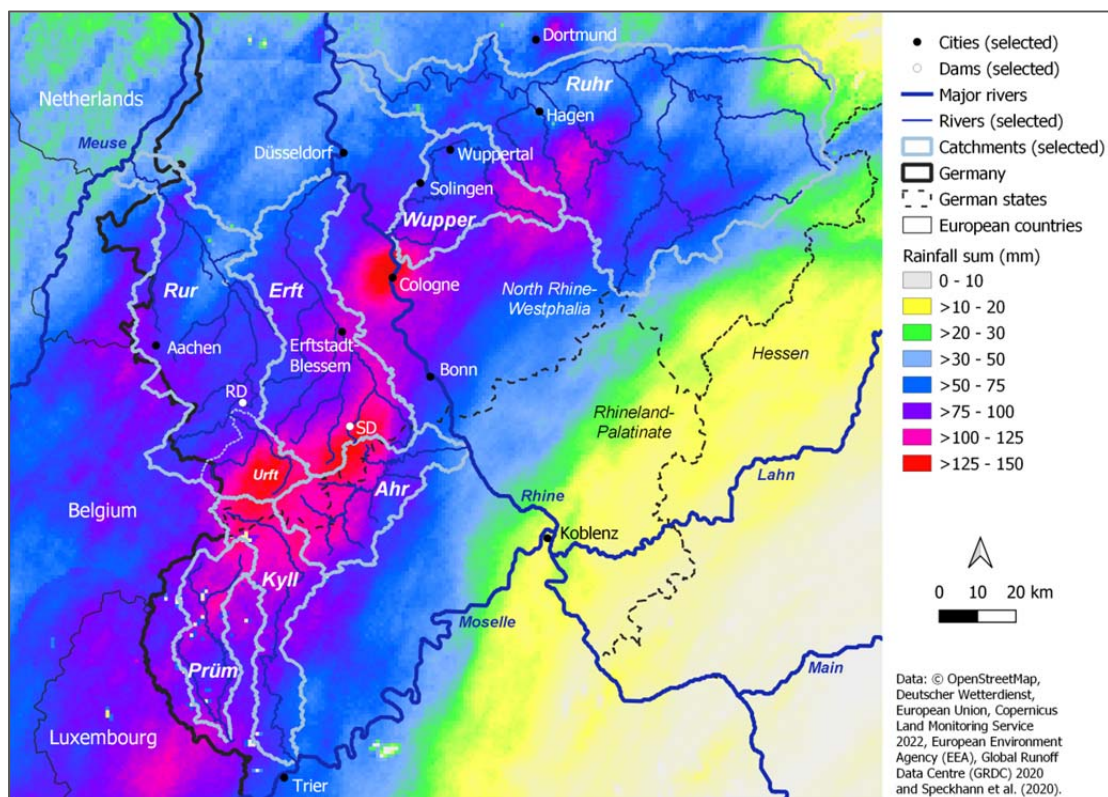


Abbildung 4.2: 24-Stunden Niederschlag (vom 14.07.2021, 5:50 UTC bis zum 15.07.2021, 5:50 UTC) in den betroffenen Gebieten in Westdeutschland auf Basis von DWD RADOLAN data (kombinierte Radar- und Stationsdaten; RD: Rurtalsperre, SD: Steinbachtalsperre; Datenverarbeitung und Karte: Dr. Rainer Bell, Universität Bonn).

### **Örtlichkeiten, Aktivitäten und Unfalldynamiken**

Neben der geographischen Verortung der Todesopfer ist für Verbesserungen im Risikomanagement vor allem relevant, an welcher Örtlichkeit und in welchen Kontexten die Menschen verunglückt sind. Die Örtlichkeit wurde auf zwei Detailebenen untersucht (vgl. Tabelle 4.2). Zunächst ist festzustellen, dass 25 Personen in einem Gebäude verstorben sind, 24 Personen bei Aktivitäten oder Aufenthalt im Freien. In den Gebäuden ist etwa die Hälfte der Menschen im Keller verunglückt (13 Personen). Hinzu kommen zwei Personen, die in Souterrainwohnungen ertrunken sind. Des Weiteren sind sieben Personen im Erdgeschoss zu Tode gekommen, zwei weitere in einem Obergeschoss und eine Person in einem Nicht-Wohngebäude (Feuerwache).

Tabelle 4.2: Örtlichkeit des Unfalls, der in NRW zum Tod durch das Hochwasserereignis im Juli 2021 geführt hat.

Örtlichkeit des Unfalls	Anzahl Personen	Anteil	Anzahl Personen	Anteil
im Gebäude: Keller	13	26,5 %	in einem Gebäude: 25	51 %
im Gebäude: Kellerwohnung	2	4,1 %		
im Gebäude: Erdgeschoss	7	14,3 %		
im Gebäude: Obergeschoss	2	4,1 %		
in einem Nicht-Wohngebäude	1	2,0 %		
im Freien: auf/in/bei einem Fahrzeug	11	22,4 %	im Freien: 24	49 %
im Freien: auf offenem Gelände (zu Fuß)	6	14,3 %		
im Freien: auf der Straße (zu Fuß)	4	8,2 %		
im Freien: an/auf einer Brücke (zu Fuß)	3	4,1 %		
Summe	49		49	

Bei einem Aufenthalt im Freien waren elf Personen in einem Fahrzeug unterwegs oder sind in der Nähe ihres Fahrzeugs verunglückt; die anderen 13 Personen waren zu Fuß unterwegs (vgl. Tabelle 4.2). Letztere wurden auf der Straße oder auf offenem Gelände von einer Hochwasserwelle erfasst, wobei drei Personen beim Überqueren eines Flusses oder Baches auf einer Brücke von einer Welle mitgerissen wurden. Zwei weitere Personen wurden in der Nähe ihres Wohnhauses im Garten tot aufgefunden, vermutlich als sie dieses verlassen wollten, um sich in Sicherheit zu bringen (s. u.).

Schließlich sei angemerkt, dass die meisten der Todesopfer (40 Personen sowie vier Rettungskräfte) ortsansässig waren, d. h. an ihrem Wohnort zu Tode gekommen sind. Vier Personen waren zum Unglückszeitpunkt mit dem Auto an Orten unterwegs, an denen sie nicht wohnten; eine Person verstarb an ihrem Arbeitsplatz. Zu beachten ist allerdings, dass von den nicht-ortsansässigen Personen nur eine Person außerhalb der betroffenen Gebiete in NRW, nämlich in Rheinland-Pfalz (Schuld), gemeldet war. Somit stellt sich die Frage, inwiefern die Verstorbenen auf Basis der amtlichen Hochwassergefahrenkarten sich im Vorfeld des Ereignisses über ihre Gefährdung hätten informieren und Entscheidungen, sich selbst zu evakuieren, d. h. das Gefährdungsgebiet zu verlassen, treffen können. Letzteres setzt eine entsprechend frühzeitige Warninformation voraus.

Die Gefahrenkarten für NRW sind im Portal ELWAS öffentlich zugänglich und erlauben eine adressgenaue Recherche. Da zu fast allen Fällen in den Unterlagen eine Adresse des Unfallortes auffindbar war, wurde die Darstellung der Unfallorte in den Gefahrenkarten – mit Ausnahme der drei offiziellen Rettungs-/Feuerwehreinsätze und einer fehlenden Adressangabe – recherchiert. Dabei ist zu beachten, dass bei den Personen, die im Freien

ums Leben kamen, der Unfallort oft nicht exakt bekannt ist. Daher wird das Rechercheergebnis im Folgenden nach der Örtlichkeit des Unfalls differenziert dargestellt.

Für die Gebäude, in denen Menschen ums Leben kamen, zeigen die Hochwassergefahrenkarten von 2019 für ein extremes Hochwasser in zehn Fällen keine Überflutungsfahr an, in neun Fällen nur eine geringe (0 bis 0,50 m) und nur in vier Fällen eine höhere Überflutung von bis zu einem Meter über der Geländeoberfläche. Für zwei Gebäude wurde die Gefährdung aus den oben genannten Gründen nicht ermittelt.

Die Unglücksstellen im Freien zeigen ein ähnliches Muster: An 14 Stellen wird keine Überflutung in den Karten dargestellt, an sechs Stellen Wassertiefen von 0 bis 0,50 m und an zwei Stellen 0,50 bis 1 m. Zwei Fälle wurden nicht untersucht (s. o.). Wie oben bereits erwähnt, sind die Angaben zu den Unfallstellen im Freien recht unsicher, da die verunglückten Personen zwischen Unfallort und Fundort vom Wasser transportiert wurden. Insgesamt zeigt sich aber, dass in den Hochwassergefahrenkarten das extreme Ereignis vom Juli 2021 nicht ausreichend abgebildet ist. Dies ist zum Teil auf die enorme Ausuferung kleiner Bäche, die von <1 m Breite auf mehrere Meter angeschwollen sind, zurückzuführen. Weiterhin sind sicherlich die zugrundeliegenden Annahmen der Hochwasserstatistik nach diesem Ereignis zu prüfen und ggf. zu aktualisieren. Auch Gefahrenpotenziale an Brücken durch Verklausungen, Rückstau oder Kollaps sind neu zu bewerten.

Der Chi-Quadrat-Test zeigt übrigens keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verteilungen der Hochwasserkarteninformationen an den Örtlichkeiten an, d. h., dass die relativen Häufigkeiten der Klassifizierungen (keine Überflutungen, 0 bis 0,5 m Wassertiefe und 0,5 bis 1 m Wassertiefe) in den beiden Teildatensätzen (in Gebäuden / im Freien) nicht deutlich von den Häufigkeiten im Gesamtdatensatz abweichen. Dies ist anders bei den medizinischen Todesursachen, den Aktivitäten der Verstorbenen, der Unfalldynamik sowie der Tageszeit des Unfalls, d. h., dass sich hier die Unglücksfälle im Gebäude von denen im Freien unterscheiden.

Die Unterschiede bei den medizinischen Todesursachen sind schwach signifikant ( $p \leq 0,1$ ) und bestehen im Wesentlichen darin, dass ein Ertrinkungstod häufiger bei Unfällen im Freien als im Gebäude konstatiert wurde. Bei den Todesfällen in Gebäuden wurden hingegen vermehrt internistische Ursachen festgestellt. Ein Tod durch Polytrauma (in zwei Fällen) kam ausschließlich im Freien vor, während Tod als Folge von Verbrennungen nur im Gebäude auftrat (s. o.).

Tabelle 4.3 unternimmt den Versuch, die Örtlichkeit des Unfalls mit der medizinischen Todesursache über die Aktivität der Verstorbenen und die Unfalldynamik zu verbinden. Daraus ergeben sich verschiedene Handlungslinien oder allgemeine Abläufe, die Ansatzpunkte für ein besseres Risikomanagement liefern können.

Die Aktivitäten der Todesopfer und die daraus resultierenden Unfalldynamiken unterscheiden sich naturgemäß zwischen einem Aufenthalt in einem Gebäude und im Freien; entsprechend ist Tabelle 4.3 strukturiert. Im Übrigen sind die Chi-Quadrat-Tests in Bezug auf die Aktivitäten und Unfalldynamiken in Gebäuden und im Freien hochsignifikant ( $p \leq 0,001$ ); sie unterscheiden sich demnach sehr stark (siehe auch Anlage 3).

Im Gebäude haben die meisten Todesopfer (14 Personen) Anlagen (z. B. Pumpen) kontrolliert oder den Schaden geprüft, beseitigt oder versucht zu minimieren (Tabelle 4.3). Dies fand vorwiegend im Keller bzw. in einer Kellerwohnung statt. Tabelle 4.3 belegt allerdings eindrücklich, dass diese Personen dabei nicht unbedingt durch einen Wasser einbruch im Keller eingeschlossen wurden, auch wenn es diese Fälle (insgesamt fünf),



teils mit vergeblichen und sehr dramatischen Rettungsversuchen gegeben hat (z. B. in Rösrath-Hoffnungsthal, vgl. Kölner Stadtanzeiger vom 20.09.2021). Vier Fälle sind auf Unfälle, vor allem Stürze in schwach bis mäßig überfluteten Kellern zurückzuführen, nach denen die Betroffenen sich nicht wieder aufrichten konnten. In weiteren drei Fällen ist der Tod auf internistische Ursachen und somit eher auf Überforderung durch die Situation bzw. Überanstrengung bei der Durchführung von Notmaßnahmen zurückzuführen. In zwei Fällen hat eine vorhergehende, bereits oben erwähnte CO<sub>2</sub>-Vergiftung eine Bewusstlosigkeit erzeugt, die im mäßig überfluteten Keller zum Ertrinkungstod führte.

Weiterhin sind zehn Personen in ihren Wohnungen (im Keller sowie im Erd- und Obergeschoss) vom Wassereinbruch bzw. dem ausgelösten Wohnungsbrand (s. o.) überrascht worden, wobei die Dokumentationen bei zwei Personen nahelegen, dass diese gewarnt waren, aber die Schwere des bevorstehenden Ereignisses unterschätzt haben und dann vom Wassereinbruch in der Wohnung überrascht wurden. Schutzangebote und Sicherheitshinweise wurden zu früh ausgeschlagen bzw. ignoriert. Sieben Personen wurden nach dem Wassereinbruch in einem überfluteten Raum eingeschlossen oder durch umfallende Gegenstände ausweglos eingeklemmt. Bei einer (herzkranken) Person führte der Wassereinbruch eher zu einem Herzversagen. Zwei Personen waren in Folge des Hausbrandes (s. o.) handlungsunfähig. Hier half auch eine Flucht in höhere Stockwerke nicht.

Tabelle 4.3: Zusammenfassung und Zusammenhänge\* von Unfallörtlichkeit, Aktivität der Verstorbenen, Unfalldynamik und medizinischer Todesursache (n: Anzahl der Fälle).

Unfallort	n	Aktivität	n	Dynamik	n	Todesursache	n
Keller	13	Anlagen (z. B. Pumpen) kontrollieren oder Sachschaden prüfen, beseitigen oder minimieren	14	in überflutetem Raum eingeschlossen oder eingeklemmt	5	Ersticken	1
				Unfall (Sturz)	4	Ertrinken	6
				Überanstrengung, Kollaps o.ä.	2	internistische Ursache	4
				durch CO <sub>2</sub> betäubt & handlungsunfähig	2	Ersticken und Ertrinken	2
Kellerwohnung	2	vom Ereignis überrascht	1	Überanstrengung, Kollaps o.ä.	1	Ertrinken	2
				in überflutetem Raum eingeschlossen	1		
Erdgeschoss	7	vom Ereignis überrascht	5	Überanstrengung, Schock o.ä.	1	internistische Ursache	1
		Warnungen ignoriert, Gefahr unterschätzt, dann überrascht	2	in einem überfluteten Raum eingeschlossen oder eingeklemmt	6	Ertrinken	6
Obergeschoss	2	vom Ereignis (Brand) überrascht	2	durch Feuer verletzt & handlungsunfähig	2	Verbrennung (und Folgen)	2
Feuerwache	1	bei/nach offiziellem Rettungseinsatz	1	Überanstrengung o.ä.	2	internistische Ursache	2
auf/ in/ bei einem Fahrzeug	11	bei/nach offiziellem Rettungseinsatz	2	vom Wasser mitgerissen	1	Ertrinken	8
		mit dem Auto unterwegs (u.a.)	9	in überfluteten Bereichen im Auto eingeklemmt	1		

## Analyse der Todesumstände beim Hochwasser im Juli 2021

Unfallort	n	Aktivität	n	Dynamik	n	Todesursache	n
		von/zu der Arbeitsstelle oder Wohnung oder um sich selbst in Sicherheit zu bringen)		geschlossen			
				in überfluteten Bereichen Kontrolle über das Fahrzeug verloren, nach Verlassen weggerissen, verletzt	7		
				in gesperrten Bereich gefahren, verunglückt	1	Polytrauma	2
zu Fuß auf offenem Gelände	6	zu Fuß unterwegs (u.a. von/zu der Arbeitsstelle oder Wohnung oder um sich in Sicherheit zu bringen)	3	vom Wasser mitgerissen	2	Ertrinken	4
				nach Verlassen des Hauses mitgerissen (und eingeklemmt)	2		
		Warnungen ignoriert, Gefahr unterschätzt, dann überrascht	2	auf Leiter/Gerüst geklettert, vom Wasser mitgerissen	1	Ersticken	1
		versucht, andere zu retten oder anderen zu helfen (privat)	2	vom Wasser mitgerissen	2	Ertrinken	4
zu Fuß auf der Straße	4	zu Fuß unterwegs (u.a. von/zu der Arbeitsstelle oder Wohnung)	3	vom Wasser mitgerissen (und eingeklemmt)	3	Ersticken und Ertrinken	1
zu Fuß an/auf einer Brücke	3	auf dem Weg von/zu der Arbeitsstelle oder Wohnung	2	vom Wasser mitgerissen	1	Ertrinken	3
				Brückenkollaps (und mitgerissen)	1		
		sich selbst in Sicherheit bringen	1	Brückenkollaps (und eingeklemmt)	1		

\* Lesehilfe am Beispiel der Unfallorte Keller und Kellerwohnung: Insgesamt sind 15 Menschen im Keller (13 Personen) bzw. in einer Kellerwohnung (2) ums Leben gekommen. Von diesen kontrollierten 14 Personen Anlagen oder prüften, beseitigten oder minimierten Sachschäden, während eine Person in einer Kellerwohnung vom Ereignis überrascht wurde. Die vom Ereignis überraschte Person in der Kellerwohnung wurde in einem überfluteten Raum eingeschlossen. Die anderen 14 Personen wurden entweder in einem überfluteten Raum eingeschlossen oder eingeklemmt (5 Personen), starben aufgrund eines Unfalls/Sturzes (4), aufgrund von Überanstrengung (2), aufgrund von Handlungsunfähigkeit/CO<sub>2</sub> Betäubung (2) oder nochmals wegen Überanstrengung (1). Die drei Fälle von Überanstrengung wurden nicht zusammengefasst, da zwei im Keller und einer in einer Kellerwohnung auftraten. Die letzte Spalte erweitert diese Zusammenhänge um die Todesursache: Von den vier Personen, die durch einen Unfall/Sturz ums Leben kamen, ertranken zwei Personen. Zwei weitere starben aufgrund einer internistischen Ursache.

Von den elf Personen, die mit einem Fahrzeug (PKW in neun Fällen und Einsatzfahrzeuge der Feuerwehr in zwei Fällen; vgl. Tabelle 4.3) unterwegs waren, ist (nur) eine Person angeschnallt im Fahrzeug ertrunken. Eine weitere Person erlitt einen Verkehrsunfall in einem aufgrund des Hochwassers abgesperrten Fahrbahnbereich und erlag im August 2021 ihren Verletzungen. Eine dritte Person erlitt auf der Fahrt (als Beifahrer) einen Schwächeanfall und verstarb trotz Reanimation. Eine vierte Person ist beim Einstieg in ein Rettungsfahrzeug hängen geblieben, wurde von der Strömung weggerissen, unter Wasser gedrückt und ist nachfolgend ertrunken. Bei den sieben verbleibenden Personen wurde (teilweise) beobachtet oder muss angenommen werden, dass sie im überfluteten Bereich die Kontrolle über ihr Fahrzeug verloren haben oder der Motor ausgefallen ist. Sie konn-

ten das Fahrzeug zwar noch verlassen, verloren aber in der Wasserströmung ihre Stabilität und wurden weggerissen. Die Fundorte und Verletzungen der Leichen legen nahe, dass diese Personen teils über mehrere hundert Meter durch das Wasser vom Unfallort wegtransportiert wurden. Dabei erlitten sie zum Teil schwere Verletzungen: Bei einer Person waren zwei Wirbelbrüche mit Rückenmarksverletzungen todesursächlich, alle anderen erlitten einen Ertrinkungstod. Die Tatsache, dass viele Leichen im Freien nur spärlich bekleidet oder gänzlich unbekleidet aufgefunden wurden, unterstreicht die sehr starke Strömung und Gefährlichkeit des Hochwassers.

Weiterhin waren 13 Personen im Freien zu Fuß unterwegs. Zwei davon waren bei privaten Rettungsaktionen aktiv; bei weiteren zwei Personen muss angenommen werden, dass sie Warnungen oder Sicherheitshinweise ignoriert und die Gefahr unterschätzt haben. Letztlich sind beide dann beim Versuch gescheitert, sich aus der Gefahrenzone zu begeben und wurden vom Wasser mitgerissen – wie eine weitere Person, die beim Verlassen ihres Hauses vom Wasser weggerissen und später tot im Garten aufgefunden wurde. Bei drei weiteren Fußgängern ist der Grund, warum sie draußen unterwegs waren, unklar, während in fünf anderen Fällen dokumentiert ist, dass die nun Verstorbenen auf den Nachhauseweg nach der Arbeit oder nach einem Besuch bei anderen Familienmitgliedern waren oder bei einem Familienmitglied Zuflucht suchen wollten, da die eigene Wohnung bereits überflutet war. Drei dieser (sehr jungen) Personen wurden an einer Brücke, d. h. beim Überqueren eines Baches oder Flusses, von einer Welle mitgerissen, wobei dies in zwei Fällen mit einem Brückenkollaps verbunden war. Im dritten Fall – wie auch vermutlich bei zwei weiteren, aber in anderen Dynamiken – spielt die Rettung von Hunden eine Rolle. Die Motivation, das Tier vor Überflutungen zu bewahren, führte dazu, dass sich die Hundehalter in (lebens-)gefährliche Situationen begeben haben – Berichten von Nachbarn zufolge in einem Fall sogar nach bereits erfolgter Evakuierung.

## 4.2 Einfluss sozio-demographischer Größen

### ***Geschlechtszugehörigkeit***

Von den insgesamt 49 untersuchten Todesopfern in NRW waren 31 männlich (63,3 %) und 18 weiblich (36,7 %). Die Gesamtbevölkerung Nordrhein-Westfalens besteht hingegen aus 49,1 % männlichen und 50,9 % weiblichen Personen (Stand: 31.12.2020). Ein Chi-Quadrat Goodness-of-Fit-Test bestätigt eine signifikante Abweichung der Geschlechterverteilung der Hochwasseropfer von der Geschlechterverteilung in der Gesamtbevölkerung (p-Wert: 0,0467). Im Juli 2021 sind Männer also signifikant häufiger durch das Hochwasser verstorben, als ihr Anteil in der Gesamtbevölkerung dies erwarten ließe. Dieses Muster ist nicht ungewöhnlich: In Europa, den USA und Australien sind ca. 65 % der Hochwasseropfer männlich (Petrucci 2022). Dies wird im Allgemeinen auf drei Faktoren zurückgeführt:

1) Männer üben öfter Berufe aus, bei denen sie im Freien tätig sind (dieser Umstand trifft im vorliegenden Datensatz auf einen Fall zu).

2) Sie sind deutlich überrepräsentiert im Rettungswesen (im Juli 2021 sind drei Feuerwehrmänner bei oder nach Einsätzen in NRW verstorben, ein weiterer bei einem privaten Rettungseinsatz).



3) Männer tendieren zu einem riskanteren Verhalten im Hochwasserfall (Badoux et al. 2016; Petrucci 2022).

Um zu untersuchen, ob Letzteres auch auf Unfallsituationen im Juli 2021 zutrifft, wurden die medizinischen Todesursachen, die Zeitpunkte und Örtlichkeiten der Unfälle sowie die Aktivitäten und Unfalldynamiken zwischen beiden Geschlechtern im vorliegenden Datensatz verglichen. Tatsächlich ergab die Analyse nur signifikante Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Personen im Hinblick auf ihre Aktivitäten, also das Verhalten während des Hochwassers.

Abbildung 4.3 illustriert, dass einige der verstorbenen Männer an privaten Rettungsaktionen und Feuerwehreinsätzen beteiligt waren (s. o.), allerdings auch mal Warnungen und Sicherheitshinweise ignoriert haben. Diese drei Aktivitäten wurden bei den verstorbenen Frauen gar nicht dokumentiert. Männer haben sich zudem häufiger darum gekümmert, Anlagen wie Pumpen im Keller zu kontrollieren oder Schäden zu prüfen, zu beseitigen oder zu minimieren. Frauen wurden hingegen prozentual etwas häufiger vom Ereignis überrascht und waren häufiger zu Fuß im überfluteten Gebiet unterwegs und sind dabei ums Leben gekommen, während bei den Unfällen in oder bei einem Fahrzeug fast eine Gleichverteilung zwischen den Geschlechtern zu verzeichnen ist (Abbildung 4.3). Badoux et al. (2016) merken an, dass Frauen zunehmend riskantes Verhalten – vor allem bei Outdoor-Freizeitaktivitäten – zeigen.

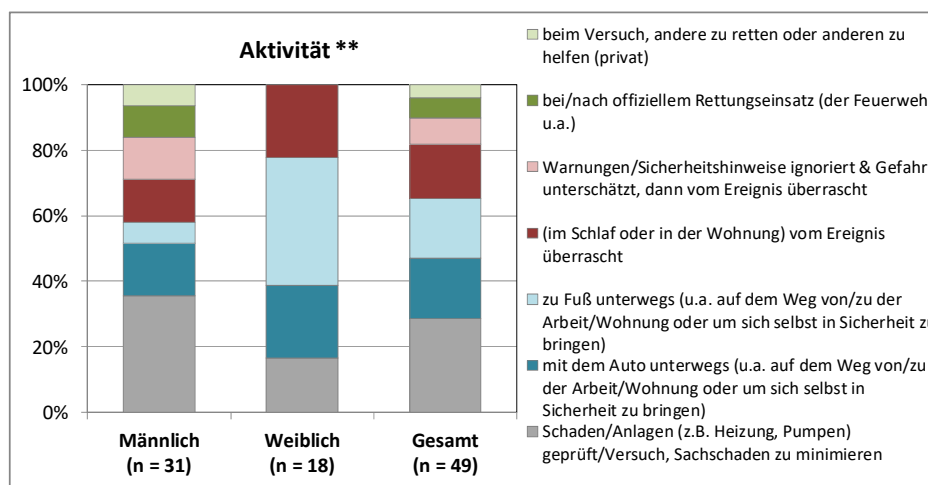


Abbildung 4.3: Aktivitäten der 49 Hochwassertodesfälle in NRW im Juli 2021, differenziert nach Geschlecht (Signifikanzniveau des Chi-Quadrat-Tests Likelihood-Quotient: (\*)  $\leq 0,1$ ; \*  $\leq 0,5$ ; \*\*  $\leq 0,01$ ; \*\*\*  $\leq 0,001$ ).

### Alter

Wie bereits ausgeführt, sind ältere Menschen ab 60 Jahren unter den Hochwassertodesopfern im Juli 2021 im Vergleich zur Gesamtbevölkerung NRWs deutlich überrepräsentiert (vgl. Tabelle 4.1). Auch bei der Altersverteilung ist der Chi-Quadrat Goodness-of-Fit-Test hochsignifikant ( $p \leq 0,001$ ), d. h., dass ältere Menschen deutlich häufiger unter den Hochwassertoten vertreten sind, als ihr Anteil an der Bevölkerung dies erwarten ließe. Daher wird in diesem Abschnitt der Frage nachgegangen, wodurch die höhere Mortalität unter älteren Menschen im Juli 2021 erklärt werden könnte. Dazu wird der Datensatz in zwei Altersklassen unterteilt:  $\leq 60$  Jahre mit 17 Fällen und  $>60$  Jahre mit 32 Fällen. Eine Analyse der medizinischen Todesursachen, der Zeitpunkte und Örtlichkeiten der Unfälle

sowie der Aktivitäten und Unfalldynamiken zwischen den ≤ 60-Jährigen und Über-60-Jährigen ergab mehrere signifikante Unterschiede, wobei die Abweichungen bei den Todeszeitpunkten (vgl. Abbildung 4.4B) vor allem auf die unklaren Fälle zurückzuführen sind. Keine signifikanten Unterschiede gab es lediglich bei den medizinischen Todesursachen.

Im Hinblick auf die Aktivitäten kontrollieren Über-60-Jährige deutlich häufiger Anlagen im Keller oder sie versuchen, den Schaden zu prüfen, zu beseitigen oder zu minimieren (vgl. Abbildung 4.4A). Insgesamt führte diese Aktivität bei 13 Personen zum Tod. Leicht erhöht ist auch der Anteil derjenigen, die in ihrer Wohnung vom Ereignis überrascht wurden (sechs Personen mit über 60 Jahren). Bei den jüngeren Personen spielten hingegen Rettungsaktionen (privat oder Feuerwehr) eine wichtigere Rolle, und sie waren häufiger zu Fuß im betroffenen Gebiet unterwegs und sind dabei verunglückt. Entsprechend unterscheiden sich die Unfallörtlichkeiten: Nur ein Viertel der ≤ 60-Jährigen verunglückte in einem Gebäude, während dies auf über 60 % der Über-60-Jährigen zutrifft (vgl. Abbildung 4.4D). Auch dieses Muster wird in der wissenschaftlichen Literatur berichtet (Petrucci 2022).

Die Unfalldynamiken sind bei den älteren Personen deutlich diverser. Am häufigsten wurden sie in einem überschwemmten Raum eingeschlossen oder eingeklemmt. Es wurde bereits ausgeführt, dass sich diese Dynamik nicht ausschließlich auf Kellerräume bezieht, sondern auch in Erdgeschosswohnungen aufgetreten ist, wohingegen in Kellerräumen auch andere Abläufe beobachtet wurden, vor allem Stürze und Überforderung oder Überanstrengung (vgl. Tabelle 4.3 und Abbildung 4.4C).

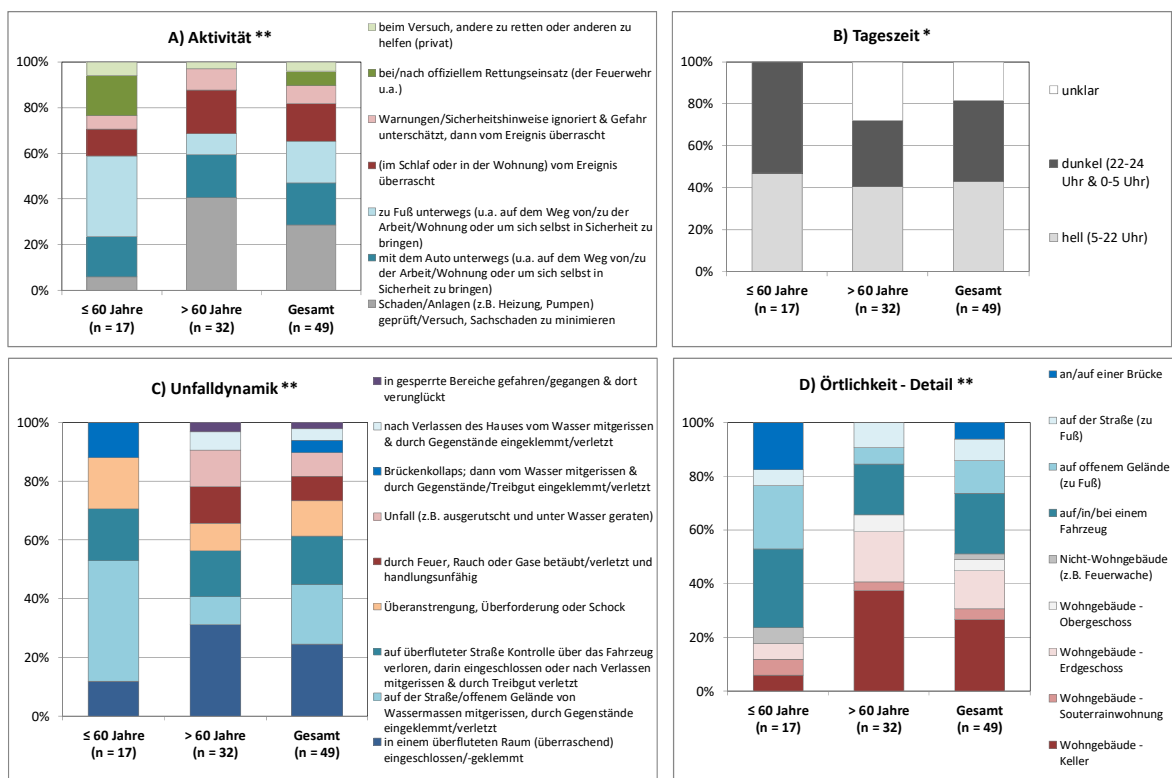


Abbildung 4.4: Aktivitäten (A), Tageszeit des Unfalls (B), Unfalldynamik (C) und Örtlichkeit des Unfalls (D) bei den 49 Hochwassertodesfällen in NRW im Juli 2021, differenziert nach dem Alter der Todesopfer (Signifikanzniveau des Chi-Quadrat-Tests Likelihood-Quotient: (\*) ≤ 0,1; \* ≤ 0,5; \*\* ≤ 0,01; \*\*\* ≤ 0,001).

### **Vorerkrankungen**

Unter den 25 Personen, für die Vorerkrankungen dokumentiert wurden, waren nur fünf  $\leq 60$ -Jährige. Da in den Daten eine deutliche Korrelation zwischen Alter und Vorerkrankungen vorliegt, wird der Einfluss der Vorerkrankungen auf Todesumstände nicht separat dargestellt. Es ergeben sich im Prinzip dieselben Erkenntnisse wie aus der Betrachtung der Altersunterschiede. Zudem wurden die Vorerkrankungen in den meisten Fällen nicht als todesursächlich eingestuft. Ausnahmen bilden Fälle mit einer internistischen Todesursache: In drei der sieben Fälle mit dieser Todesursache lag eine Vorerkrankung am Herzen, Bluthochdruck o. ä. vor, in zwei weiteren Fällen (starkes) Übergewicht und in den zwei verbleibenden Fällen lag die Todesermittlungsakte nicht vor, sodass hier der Gesundheitsstatus vor dem Unglück unklar ist. Zu beachten ist, dass von den sieben Personen, die aufgrund internistischer Ursachen verstorben sind, drei unter 60 Jahre waren (siehe auch Abbildung 4.4C). Zwei dieser Fälle traten unter Rettungskräften nach offiziellen Feuerwehreinsätzen auf. Auch weitere Feuerwehren haben nach Ende des Einsatzes vereinzelt schwerwiegende Erkrankungen wie Herzinfarkte oder Schlaganfälle unter Rettungskräften gemeldet (vgl. IM01601 - VS-nfD.pdf, S. 144; IM01055 - VS-nfD.pdf, S. 875; IM01383 - VS-nfD.pdf, S. 96). Dies verdeutlicht zum einen die enorme Belastung, unter der Rettungskräfte bei so einem Einsatz stehen. Zum anderen legt dieser Befund nahe, dass vorerkrankte oder ältere Mitglieder der Feuerwehren entsprechend weniger belastende Aufgaben übernehmen und mehr Pausen machen sollten.

### **4.3 Einfluss von naturräumlichen Gegebenheiten**

Wie bereits ausgeführt (vgl. Abbildung 4.1), wurden die 49 Todesfälle drei Teilgebieten zugeordnet:

- Teilgebiet G1 mit 16 Fällen: Einzugsgebiet von Olef und Urft oberstrom der Urft- und Rurtalsperre sowie ein Fall von der direkt angrenzenden oberen Ahr,
- Teilgebiet G2 mit 20 Fällen: Einzugsgebiet von Erft und Swistbach inkl. Erftstadt und Zülpich sowie
- Teilgebiet G3 mit den weiteren 13 Fällen.

In den Teilgebieten G1 und G2 sind am 14./15.07.2021 Niederschlagsmaxima aufgetreten (vgl. Abbildung 4.2). Ein Monitoring durch Hochwassermeldepegel ist jedoch unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Abbildung 4.1): Im vergleichsweise kleinen Einzugsgebiet der Urft (G1) gibt es drei Hochwassermeldepegel an Urft und Olef, während die obere Erft und der Swistbach jeweils nur mit einer Messstelle (bei Arloff bzw. Morenhoven) ausgestattet sind. Beispielsweise fehlt ein Hochwassermeldepegel oberstrom von Bad Münteriefel oder Rheinbach, an dem die Einwohner sich im Ereignisfall zur Warnung orientieren könnten. Teilgebiet G3 ist zu heterogen, um dazu Aussagen zu treffen.

Im Folgenden wird untersucht, ob und wie sich Todesumstände, Unfalldynamiken etc. in den drei Teilgebieten unterscheiden. Tatsächlich zeigt der Chi-Quadrat-Test (Likelihood-Quotient) für alle sechs untersuchten Variablen signifikante Unterschiede in den Teilgebieten an. Aufgrund der sehr kleinen Fallzahlen pro Teilgebiet sollten diese Werte jedoch nicht überinterpretiert werden. Abbildung 4.5 illustriert dennoch, dass es durchaus gebietsspezifische Phänomene zu geben scheint.

## Analyse der Todesumstände beim Hochwasser im Juli 2021

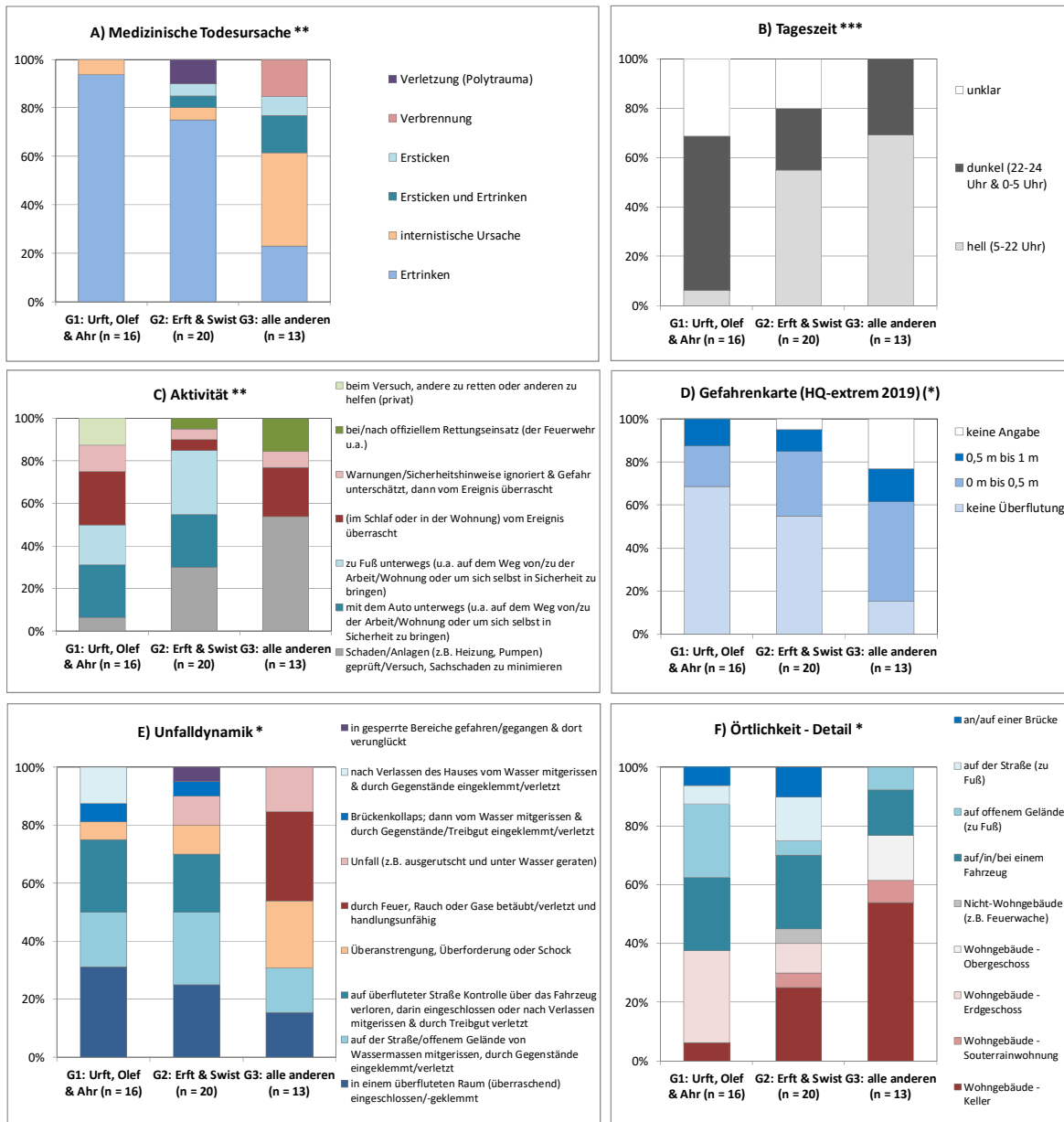


Abbildung 4.5: Medizinische Todesursachen (A), Tageszeit des Unfalls (B), Aktivitäten (C), Unfalldynamiken (E) und Örtlichkeiten (F) sowie Darstellung des Unfallortes in den Hochwassergefahrenkarten (D) für ein extremes Hochwasser (HQ-extrem, Stand: 2019) für die 49 Hochwassertodesfälle in NRW im Juli 2021, differenziert nach Teilgebiet (Signifikanzniveau des Chi-Quadrat-Tests Likelihood-Quotient: (\*)  $\leq 0,1$ ; \*  $\leq 0,5$ ; \*\*  $\leq 0,01$ ; \*\*\*  $\leq 0,001$ ).

Im Hinblick auf die medizinischen Todesursachen ist auffällig, dass der Anteil der Menschen, die einen Tod durch Ertrinken erlitten haben, in den Gebieten G1 und G2 deutlich höher ist als in G3. Im Gebiet G1 wurde nur für eine Person eine andere Todesursache, nämlich eine internistische, festgehalten. Auch im Gebiet G2 gibt es nur einen Fall mit einer internistischen Todesursache. Zu den 15 Ertrinkungstoden kommen jeweils ein Tod durch Ersticken sowie eine Kombination aus Ersticken und Ertrinken hinzu. Zwei Personen erlagen ihren Verletzungen (Polytrauma). Ein deutlich anderes Bild zeigt sich im Gebiet G3: Hier sind internistische Todesursachen mit fünf Fällen am häufigsten, gefolgt von einem Ertrinkungstod in drei Fällen und je zwei Fällen aus Ersticken und Ertrinken

sowie Verbrennungen. In einem Fall wurde ein Erstickungstod bescheinigt (vgl. Abbildung 4.5A). Dies bedeutet, dass in den Gebieten G1 und G2 der physische Kontakt mit dem Hochwasser bzw. die direkte Einwirkung des Wassers eine deutlich größere Rolle gespielt hat als im Gebiet G3. Für Rettungseinsätze und Ereignisbewältigung kam die Dunkelheit erschwerend hinzu (vgl. Abbildung 4.5B).

Auch die Unfallörtlichkeiten (vgl. Abbildung 4.5F) und Aktivitäten (vgl. Abbildung 4.5C) unterscheiden sich deutlich: Im Gebiet G3 gibt es wesentlich mehr Fälle, in denen Personen eine Anlage im Keller kontrolliert haben oder dort einen Schaden prüfen, beseitigen oder minimieren wollten. Zudem wurden einige Personen vom Ereignis überrascht (eine trotz Warnung), und zwei Personen kamen bei Rettungseinsätzen ums Leben. Nur drei der letztgenannten Fälle traten im Freien auf, alle anderen im Gebäude. Dies ist in den Gebieten G1 und G2 anders: Zahlreiche Personen kamen hier im Freien ums Leben, als sie mit dem Auto oder zu Fuß unterwegs waren. Im Gebiet G1 ist auch der Anteil derer, die vom Ereignis überrascht wurden, erhöht. Im Gegensatz zu den anderen Gebieten geschah dies meistens in Erdgeschosswohnungen (Abbildung 4.5F). In den Gebieten G1 und G2 traten auch die drei bereits erwähnten Unfälle beim Überqueren von Brücken auf (einer in G1, zwei in G2). Diese Stellen sind in den Hochwassergefahrenkarten nicht besonders markiert, zum Teil weisen sie dort nicht einmal eine Überflutung auf. Insgesamt schneiden die Gefahrenkarten im Gebiet G1 schlechter ab als in G2 und G3, wobei die Unterschiede hier nur schwach signifikant sind (vgl. Abbildung 4.5D). Das schlechtere Abschneiden der Gefahrenkarten im Gebiet G1 passt jedoch zur Tatsache, dass hier mehr Menschen vom Ereignis überrascht wurden, während im Gebiet G3 mehr Personen Anlagen der Hochwasservorsorge, nämlich Pumpen, kontrolliert oder Schäden minimiert haben (vgl. Abbildung 4.5C).

Einzelberichte zu fünf Fällen im Teilgebiet G1 belegen, dass diese Personen sich aus dem überfluteten Bereich horizontal, d. h. durch Wegfahren (zwei Personen) oder Weggehen (drei Personen), entfernen wollten und dabei von den Wassermassen erfasst wurden. Hingegen wird nur in einem Fall ein gescheiterter vertikaler Selbstevakuierungsversuch (gepaart mit einer Unterschätzung der Gefahr im Gebiet G3) geschildert. Hier wurde eine Leiter bzw. ein Gerüst bestiegen, das vom Wasser weggerissen wurde; spätere Rettungsversuche scheiterten ebenfalls. Im Gegensatz dazu gab es in der Nähe von dokumentierten Todesfällen in den Gebieten G1 und G2 mindestens sechs erfolgreiche vertikale Selbstevakuierungen, z. B. durch Ausharren auf dem Dachboden, auf einem Baum (für neun Stunden) oder ein Entkommen der Gefahrenzone über die Dächer. Zwar musste ein Teil dieser Personen auch von der Feuerwehr gerettet werden oder wurde im Krankenhaus behandelt, aber diese Versuche endeten immerhin nicht tödlich. Die systematische Untersuchung erfolgreicher Selbstevakuierungen wird in der Literatur vorgeschlagen (z. B. von Petrucci 2022), aber nicht umgesetzt. Auch in dieser Studie fehlt eine systematische Auswertung dieser Strategien. Dennoch legen die oben erwähnten Befunde nahe, dass im Zweifelsfall eine vertikale Flucht erfolgsversprechender ist als eine horizontale, wenn das Wasser bereits das Wohngebiet überflutet hat.

Allerdings zeigt der Ereignisablauf im Juli 2021 im rheinland-pfälzischen Ahrtal die Grenzen dieser Strategie auf: Wenn Gebäude vollständig vom Wasser eingestaut werden, kollabieren oder komplett weggespült werden, sind vertikale Fluchtrouten innerhalb von Gebäuden und auf Dächern nicht mehr existent. Zudem ist eine gewisse körperliche Fitness notwendig, die bei älteren Menschen oder Menschen mit Mobilitätseinschränkun-

gen nicht vorausgesetzt werden kann. Dies macht sie besonders vulnerabel (vgl. Abschnitt 4.2). Diese Personengruppe sollte in der Risikokommunikation daher besonders angesprochen werden.

Übrigens ist bei Feuer im Gebäude eine vertikale Flucht ohne entsprechende Lösch- und Rettungsvorgänge am Gebäude, die bei Überflutung deutlich erschwert sind, ebenfalls erfolglos, wie die hier analysierten Dokumente aus NRW zeigen. Demnach hat bei Extremereignissen eine (rechtzeitige) Evakuierung durch den Katastrophenschutz insgesamt eine besondere Bedeutung.

## 5 Interpretation und Einordnung der Ergebnisse

Sozio-demographische Eigenschaften wie Geschlecht und Alter, aber auch der Gesundheits-, Ernährungs-, Bildungs- und Einkommensstatus werden als wichtige Indikatoren für die Anfälligkeit und Sterblichkeit einer Person bei Naturgefahren wie Hochwasser angesehen (z. B. Green et al. 2019). Von diesen Vulnerabilitätsfaktoren lagen im vorliegenden Datensatz vollständige Angaben zu Geschlecht und Alter vor. Für diese Merkmale – wie auch für drei geographische Teilgebiete (vgl. Abbildung 4.1) – wurde untersucht, ob signifikante Unterschiede in den Teildatensätzen hinsichtlich der medizinischen Todesursache, der Tageszeit und Örtlichkeit des Unfallsorts sowie seiner Darstellung in Hochwassergefahrenkarten, der Aktivität des Verstorbenen und der Unfalldynamik bestehen. Abbildung 5.1 fasst die wesentlichen Befunde zusammen. Im Hinblick auf Geschlecht und Alter zeigen sich signifikante Unterschiede bei den Aktivitäten der Todesopfer sowie (nur beim Alter) bei Unfallverläufen und Örtlichkeiten. Daraus ergeben sich vor allem Erfordernisse für eine altersspezifische Risikokommunikation. Um Aussagen über spezielle Vulnerabilitäten im Juli 2021 ableiten zu können, sollen die Befunde zu Geschlecht und Alter aber zunächst mit Daten anderer Ereignisse (vgl. Abschnitt 2.2) verglichen werden.

Signifikanz des Chi-Quadrat-Tests (Likelihood-Quotient)	Geschlecht	Alter	Teilgebiet
Medizinische Todesursache			**
Tageszeit des Unfalls		*	***
Aktivität	**	**	**
Darstellung der Überflutung in Gefahrenkarten (HQ-extrem)			(*)
Unfalldynamik		**	*
Örtlichkeit (Detail)		**	*

**Legende**

***	p ≤ 0,001
**	p ≤ 0,01
*	p ≤ 0,05
(*)	p ≤ 0,1
	p > 0,1

Abbildung 5.1: Zusammenfassung der Analysen zu den Todesfällen im Juli 2021 in NRW (p: Signifikanzniveau, vgl. Kapitel 4).

Abbildung 5.1 zeigt zudem, dass für die drei geographischen Teilgebiete die meisten Unterschiede gefunden wurden. Hier können Ereigniseigenschaften (vor allem Intensitäten und Eintrittszeitpunkte), aber auch Warnungen und Evakuierungen eine Rolle spielen. Diese Aspekte werden in Abschnitt 5.2 diskutiert.



## 5.1 Sozio-demographische Vulnerabilitäten gegenüber Hochwasser und Konsequenzen für die Risikokommunikation

### Geschlecht

Wie in Abschnitt 4.2 erwähnt, entspricht die Geschlechterverteilung der Hochwassertodesopfer im Juli 2021 nicht der in der Gesamtbevölkerung NRW, sondern weist einen deutlichen Männerüberhang auf. Diese Geschlechterverteilung ist auch bei anderen Ereignissen zu beobachten, aber nicht immer (vgl. Abbildung 5.2). Ähnliche Geschlechterverteilungen wie in NRW im Juli 2021 sind in Sachsen beim Hochwasser 2002 sowie in Tschechien und Italien für den Zeitraum 2000 bis 2018 auf Basis von EUFF-Daten zu finden. In Südfrankreich (2000 bis 2018) ist der Effekt nicht signifikant ausgeprägt, während er in Rheinland-Pfalz für das Hochwasser im Juli 2021 gänzlich fehlt: Von den 135 Verstorbenen in Rheinland-Pfalz waren 65 männlich (48,1 % bei einem Anteil von 49,4 % in der Gesamtbevölkerung, Stand: 31.12.2020) und 70 weiblich (51,9 %, bei einem Anteil von 50,6 % in der Gesamtbevölkerung, Stand: 31.12.2020). Hier sind Ähnlichkeiten mit der Geschlechterverteilung der Sturmflutopfer von 1962 in Hamburg und 1953 in den Niederlanden auffällig (vgl. Abbildung 5.2).

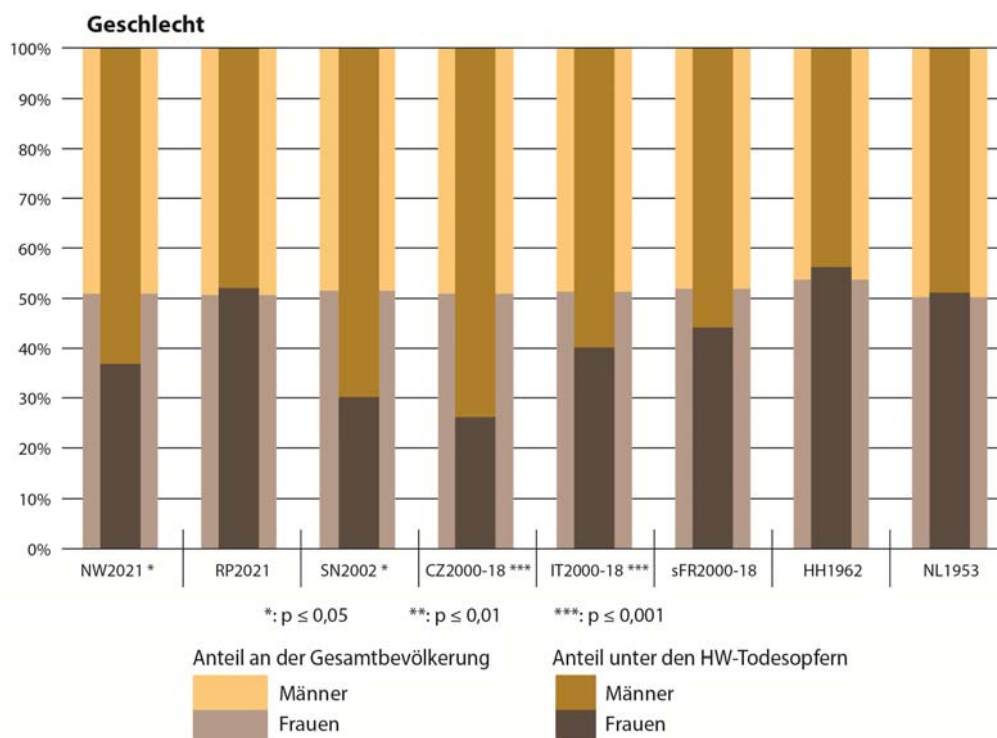


Abbildung 5.2: Geschlechterverteilungen unter den Todesopfern verschiedener Hochwasser- und Sturmflutereignisse im Vergleich zur Gesamtbevölkerung, wobei für Hamburg erst Daten zum 31.12.1967 vorlagen. Fälle ohne Angabe zum Geschlecht wurden nicht berücksichtigt. Abkürzungen: NW: Nordrhein-Westfalen, RP: Rheinland-Pfalz, SN: Sachsen, CZ: Tschechien, IT: Italien, sFR Südfrankreich, HH: Hamburg, NL: Niederlande, p: Überschreitungswahrscheinlichkeit/Signifikanzwert, HW: Hochwasser.

Jonkman & Kelman (2005) führen aus, dass die Gleichverteilung der Geschlechter bei der Sturmflut von 1953 in den Niederlanden vermutlich auf die fehlende Warnung und Evakuierung bei gleichzeitig starker Intensität der Überflutung zurückzuführen sei. Feh-

lende Warnungen und Evakuierungen sind auch für die Sturmflut im Februar 1962 in Hamburg dokumentiert: So wurden im Vorfeld keine Evakuierungen veranlasst und das abendliche Fernsehprogramm wurde trotz der sich verschärfenden Situation nicht unterbrochen, um Sturmflutwarnungen zu senden (vgl. Der Spiegel 1962). Nach zahlreichen Deichbrüchen gegen Mitternacht wurde die Hamburger Bevölkerung, insbesondere in den Stadtteilen Wilhelmsburg und Waltershof, von Überflutungen überrascht. Die Effektivität von rechtzeitiger Evakuierung zeigte sich 1962 im Vergleich mit Bremen, wo die kriegsbedingten Wohnverhältnisse in Behelfsheimen, Kleingartensiedlungen etc. noch ähnlich wie in Hamburg ausgeprägt waren. Gefährdete Bereiche waren aber am Abend evakuiert worden, sodass insgesamt „nur“ sieben Todesopfer gemeldet wurden, die sich trotz Aufforderung geweigert hatten, ihre Wohnungen bzw. Behelfsheime zu verlassen (vgl. Pfeifer 1963).

Die hohe Zahl der Opfer in RLP im Juli 2021, unter denen sich auch neun Personen mit Wohnsitz in NRW befanden, und die Gleichverteilung der Geschlechter deuten ebenfalls auf ein Versagen von Warnung bzw. vor allem auf eine fehlende Evakuierung hin. Es ist bereits belegt, dass der Landkreis Ahrweiler am 14.07.2021 erst gegen 22 Uhr den Katastrophenfall ausgerufen hat und dann die Bevölkerung 50 m rechts- und linksseitig der Ahr zur eigenständigen Evakuierung aufgerufen hat (pers. Mitteilung C. Weigand am 12.09.2021; dokumentiert in Medienbeiträgen, z. B. in NZZ 2021 oder Bartsch et al. 2022). Zu diesem Zeitpunkt waren viele Ortsteile bereits überflutet, sodass auch eine horizontale Evakuierung mit erheblichen Gefahren verbunden war, wie sich aus der Todesfallanalyse im Abschnitt 4.1 ableiten lässt.

In NRW kann auf Basis der Geschlechterverteilung der Todesopfer fehlende Warnung und Evakuierung zunächst nicht als Hauptgrund für die Todesfälle angenommen werden, wobei die Befunde aus den Teilgebieten G1 und G2 andeuten, dass Warnung und Evakuierung in diesen Gebieten problematisch gewesen sein könnten: Der sehr hohe Anteil von Todesfällen durch Ertrinken und überraschende Wassereintritte auch in Erdgeschosswohnungen (vgl. Abschnitt 4.3, insbesondere Abbildung 4.5) deuten darauf hin. Die ausgeglichene Geschlechterverteilung der Todesopfer im Gebiet G1 (Abbildung 5.3) ist ein weiteres Indiz, sollte aber nicht überinterpretiert werden. Hingegen scheinen im Gebiet G3 Todesfälle eher durch riskantes bzw. vorsorgendes Verhalten (vor allem das Aufsuchen von Kellerräumen) und sehr spezielle Unfallsituationen (z. B. Wohnungsbrand) geprägt zu sein (Abbildung 4.5). Dies entspricht stärker den Verhaltensmustern, die auch in anderen europäischen Ländern diskutiert werden und auf Defizite im Risikomanagement hinweisen (vgl. Jonkman & Kelman 2005; Badou et al. 2016; Petrucci, Aceto et al. 2019). Genannt werden z. B. Defizite in den Vorhersage- und Warnsystemen oder in unzureichender Bildung und Sensibilisierung für riskantes Verhalten sowie fehlende Beschilderungen und Straßensperrungen in Hochrisikogebieten oder fehlende praktische Evakuierungs- und Katastrophenschutzübungen.

### **Alter**

Der Datensatz aus NRW vom Juli 2021 wurde auch hinsichtlich der Altersverteilung der Hochwassertodesopfer mit anderen Ereignissen verglichen. Dabei wurden drei Altersklassen betrachtet, in denen die besonders vulnerablen Gruppen, also Kinder und Ältere, klar separiert sind: Kinder von 0 bis 14 Jahren, „Erwachsene“ von 15 bis 60 Jahren sowie Ältere mit über 60 Jahren.

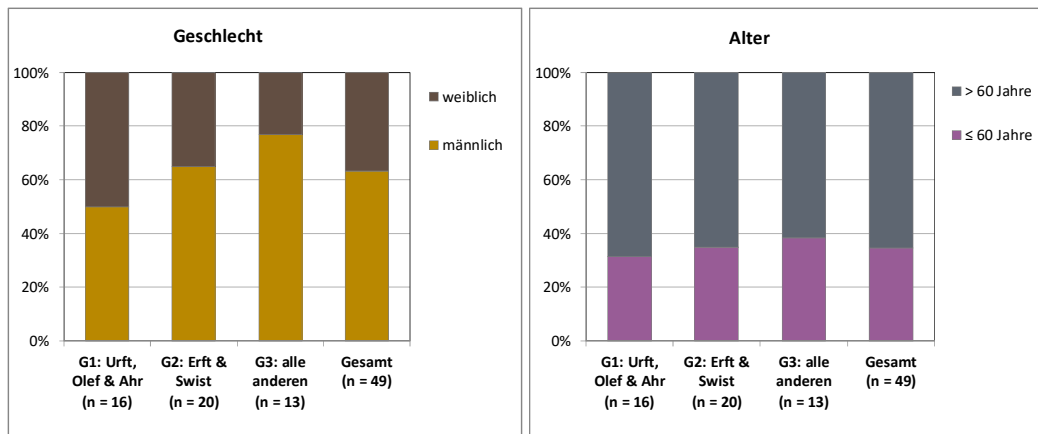


Abbildung 5.3: Zusammensetzung der Hochwassertodesopfer je Teilgebiet nach Geschlecht und Alter.

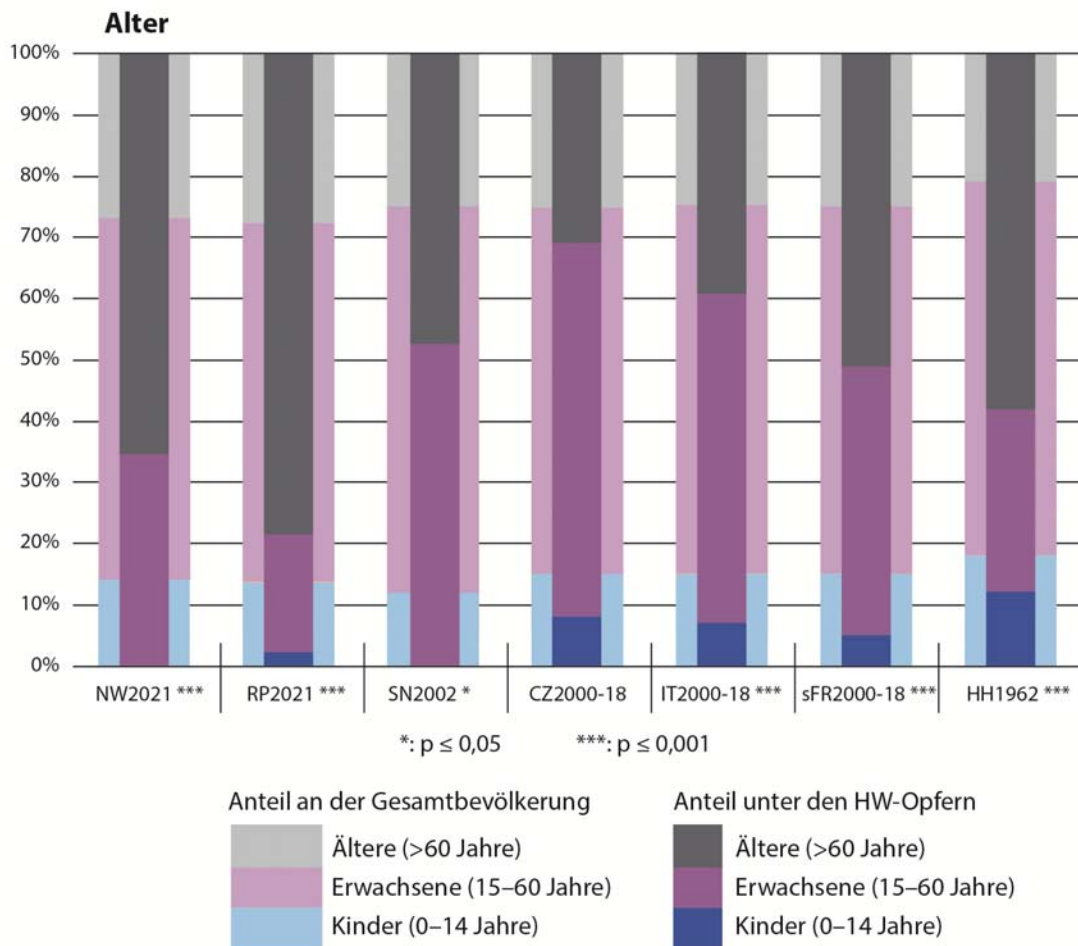


Abbildung 5.4: Altersverteilung der Todesopfer verschiedener Hochwasser- und Sturmflutereignisse im Vergleich zur Altersverteilung der Gesamtbevölkerung, wobei für Hamburg erst Daten zum 31.12.1967 vorlagen und die Verteilungen in Tschechien (CZ), Italien (IT) und Südfrankreich (sFR) grob geschätzt wurden. Fälle ohne Altersangabe wurden nicht berücksichtigt; Abkürzungen: siehe Abbildung 5.2.

Abbildung 5.4 zeigt die Verteilung in den drei Altersklassen bei unterschiedlichen Ereignissen und Regionen sowohl für die Todesopfer als auch in der Gesamtbevölkerung. Es entsteht durchaus ein heterogenes Bild: Bemerkenswert ist, dass in RLP der Anteil der älteren Bevölkerung unter den Hochwassertodesopfern im Juli 2021 mit 78,5 % (im Vergleich zu 28,1 % in der Gesamtbevölkerung) nochmals deutlich höher war als in NRW (65,3 % bei 26,9 % in der Gesamtbevölkerung, siehe auch Tabelle 4.1). Dies sind die beiden höchsten Anteile in allen untersuchten Datensätzen (vgl. Abbildung 5.4). Der dritthöchste Wert wird bei der Sturmflut 1962 in Hamburg mit 58 % (Gesamtbevölkerung: ca. 22 %) erreicht, wobei zu beachten ist, dass zu der Zeit die allgemeine Lebenserwartung und folglich der Anteil von Über-60-Jährigen in der Bevölkerung geringer waren als heute. Erst dann folgen Ereignisse jüngeren Datums (2000 bis 2018) aus Südfrankreich mit 51 %, Sachsen 2002 mit 47,4 % und Italien mit 38 %. Für diese sechs Datensätze bescheinigt der Chi-Quadrat Goodness-of-Fit-Test eine hochsignifikante Abweichung der Altersverteilung der Hochwasseropfer (Sachsen nur signifikant) von der Alterszusammensetzung in den jeweiligen Gesamtbevölkerungen. Nur der Datensatz aus Tschechien zeigt keine signifikanten Abweichungen, wobei hier neben dem geringsten Anteil von Älteren (31 %) auch nach der Sturmflut von 1962 der höchste Anteil an verunglückten Kindern vorliegt (vgl. Abbildung 5.4). Somit sticht der hohe Anteil von älteren Todesopfern im Juli 2021 durchaus hervor.

Die Vergleiche deuten an, dass bei fehlender Warnung und ohne rechtzeitige Evakuierung, wie dies z. B. im Februar 1962 in Hamburg der Fall war, vulnerable Gruppen – insbesondere Ältere – besonders häufig unter den Todesopfern zu finden sind. Die Analysen in Abschnitt 4.2 zeigen, dass ältere Personen auch im untersuchten Datensatz aus NRW 2021 häufiger vom Ereignis überrascht wurden, allerdings vereinzelt auch Warnungen und Sicherheitshinweise ignorierten oder riskantes Verhalten zeigten, indem sie z. B. trotz Überflutungen den Keller aufsuchten, Übernachtungsangebote in oberen Stockwerken ausschlugen oder mit dem Auto in gesperrte Bereiche fuhren. Auf diese Altersgruppe angepasste Formen der Risikokommunikation könnten hier eine Verbesserung erzielen.

Während jüngere Personen durch soziale Medien und internetbasierte Kommunikationen eher erreicht werden, sollte die ältere Bevölkerung stärker über traditionelle Kanäle wie Radio, Fernsehen und Printmedien (Zeitungen, Broschüren) angesprochen werden. Beispielsweise könnten vor oder nach den Hauptnachrichten Aufklärungsvideos zu Hochwassergefahren und risiko-angepasstem Verhalten zusammen mit den Warnungen gezeigt werden. Broschüren in Arztpraxen und Apotheken wären ebenfalls denkbar. Generell ist bei der Risikokommunikation wichtig, neben der Gefährdung auch Handlungsoptionen und deren Umsetzbarkeit zu kommunizieren; dazu raten umweltpsychologische Modelle (vgl. Heidenreich et al. 2020).

Abbildung 5.3 zeigt die Altersverteilung in den drei untersuchten Teilgebieten, wobei in der Häufigkeitsanalyse eher marginale (nicht signifikante) Unterschiede mit einer leichten Abnahme von Über-60-Jährigen von G1 über G2 zu G3 zu erkennen sind. Berechnet man Mittelwerte und Mediane direkt aus den Altersangaben, ergibt sich zudem ein anderes Bild: Beide Maße in den Gebieten G1 und G2 (Mittelwert für G1: 60,5 Jahre; Median: 63,5 Jahre; Mittelwert für G2: 60,1 Jahre, Median: 66,5 Jahre) unterscheiden sich deutlich vom Gebiet G3 (Mittelwert: 69,3 Jahre, Median: 74 Jahre). Dies ist vor allem auf die teils sehr jungen Todesopfer im Alter von unter 40 Jahren in den Gebieten G1 (zwei Personen im Alter von 18 Jahren) und G2 (jeweils eine Person im Alter von 19, 24, 30 und 36 Jah-

ren) zurückzuführen. Diese sechs Personen sind alle im Freien verunglückt: fünf zu Fuß (davon drei auf/an einer Brücke) und eine mit dem Auto. Auch in dieser jungen Bevölkerungsgruppe scheint das Gefahrenbewusstsein zu fehlen, was durch Thematisierung von Hochwassergefahren und -risiken, Umgang mit Gefahrenkarten und Unwetterwarnungen im Schulunterricht (Erdkunde bzw. Geographie) und in der Fahrschule geschaffen werden könnte. Der stimulierende Einfluss von spektakulären Selfies in gefährlichen Situationen sowie von animierenden Darstellungen von Geländefahrten in Autowerbespots auf riskantes Verhalten ist weiter zu untersuchen, wird aber bereits vermutet und hinterfragt (vgl. Petrucci 2022).

## 5.2 Ereignisintensitäten, Warnungen und Evakuierungen in den untersuchten Teilgebieten

Hochwasserschäden und Todesopfer sind das Resultat einer Wirkungskette, die beim auslösenden Niederschlag beginnt und beim Schaden endet. Dazwischen liegen Prozesse der Abflussbildung und -konzentration, der Wasserrückhaltung im Einzugsgebiet oder Speicherung in technischen Anlagen wie Talsperren sowie der Aufstauung, Ausuferung und Überflutung entlang der Gewässer (Thieken et al. 2021<sup>11</sup>). Aus der Ereignisintensität ergeben sich zusammen mit der Exposition und den schadensmindernden Maßnahmen der Bevölkerung, der Wasserwirtschaft und des Katastrophenschutzes letztlich die Schäden und die Anzahl der Opfer. Im Folgenden soll diese Wirkungskette für Gebiete mit den höchsten Todesopferzahlen, d. h. vor allem für G1 und G2, nur grob nachvollzogen werden, da der Fokus des Gutachtens nicht auf einer hydrometeorologischen Ereignisanalyse lag. Hydrologisch relevant sind das Einzugsgebiet der Urft (inkl. Nebenflüsse) bis zur Urftalsperre sowie das Einzugsgebiet der Erft (inkl. Nebenflüsse) bis Erftstadt, administrativ sind vor allem die Landkreise Euskirchen und Rhein-Sieg von Interesse. Das Gebiet G3 ist zu heterogen, um Ereignischarakteristika sinnvoll mit der Todesopferanalyse zu verknüpfen.

Die Niederschläge in den Teilgebieten G1 und G2 wurden bereits in Abbildung 4.2 dargestellt und durch konkrete Werte im Abschnitt 4.1 ergänzt (vgl. Erftverband 2021; WVER 2021). Diese Niederschläge trafen nicht nur auf ein Gebiet, das aufgrund vorangegangener Niederschläge bereits gesättigte Böden zeigte (vgl. Junghänel et al. 2021), sondern auch großflächig auf ohnehin bindige Böden mit eher geringer Wasserleitfähigkeit (Tabelle 5.1). Dies begünstigt die Bildung von Oberflächenabfluss. Insbesondere im Teilgebiet G1 sind zudem erhöhte Anteile mit stark geneigten Flächen (> 12°) anzutreffen, so dass eine schnelle Abflusskonzentration entsteht.

Die Informationen in Tabelle 5.1 wurden zusammengetragen, da sie Hinweise auf die Existenz von Hochwasserentstehungsgebieten liefern. Dies sind Gebiete, in denen schnell Oberflächenabfluss generiert wird. Sie werden in Sachsen ausgewiesen und mit Nutzungsbeschränkungen versehen, wie § 78d WHG dies ermöglicht. Es übersteigt den Rahmen des Gutachtens, solche Gebietsausweisungen für NRW zu prüfen. Gebiete mit

---

<sup>11</sup> Wortwörtliche Übernahmen aus dieser (unveröffentlichten) Stellungnahme sind im Dokument nicht ausdrücklich gekennzeichnet.

schneller Generierung von Oberflächenabfluss stellen aber auch besondere Anforderungen an die Gefahrenabwehr und Ereignisbewältigung. Daher sollten diese Gebietseigenschaften weiter untersucht werden.

Tabelle 5.1: Anteile der Flächen mit hohen Geländeneigungen (> 12°, abgeleitet aus DGM200) sowie bindigen Bodenarten (abgeleitet aus Bodenkarte 1:50.000 (BK50) für NRW).

Teilgebiet	Flächenanteile in %			
	Gemeinde	Neigung (> 12°)	Schluff/Lehm	Ton
G1	Schleiden	8	92,0	0,0
	Hellenthal	2	97,6	0,0
	Kall	0	85,7	6,6
	Nettersheim	0	85,7	14,3
	Blankenheim	1	90,1	8,8
G2	Rheinbach	0	99,9	0,1
	Swisttal	0	99,1	0,0
	Bad Münstereifel	2	94,3	5,7
	Euskirchen	0	99,7	0,0
G3	höchster Flächenanteil mit hohen Neigungen in NRW: Altena, 30 %			

Tabelle 5.2: Verschiedene Wasserstandsdaten an den Hochwassermeldepegeln in den Einzugsgebieten der Urft (bis zur Urftalsperre) und Erft (bis Erftstadt): Informationswerte für die Hochwasserwarnung, im Juli 2021 maximal beobachtete Wasserstände sowie Wasserstände, die der Erstellung der Hochwassergefahrenkarten zugrunde lagen (Datenquellen: Erftverband 2021, WVER 2021 und HYGON<sup>12</sup>; \*: die Pegel Gemünd und Arloff wurden durch das Hochwasser beschädigt; die Maximalwerte wurden durch die Wasserverbände geschätzt/simuliert; \*\*: die Uhrzeit des maximalen Wasserstand entspricht hier dem letzten gemessenen Wert; IW: Informationswert; HW: Hochwasser(stand); kA: keine Angabe).

Pegel	Gewässer	Warnung		Ereignis 2021		Gefahrenkarten		
		IW 2 [cm]	IW 3 [cm]	max. HW2021 [cm]	Datum, Uhrzeit	Faktor HW2021 / IW3	HW-100 [cm]	HW-extrem [cm]
Schleiden	Olef	210	250	467	14.07.2021, 22:45	1,9	kA	kA
Gemünd*	Urft	215	265	557*	14.07.2021, 23:00**	2,1	ca. 320	ca. 390
Kall-Sportplatz	Urft	180	230	354	14.07.2021, 22:15	1,5	kA	kA
Arloff*	Erft	115	130	247*	14.07.2021, 22:15**	1,9	180	220
Burg Veynau	Veybach	100	150	381	14.07.2021, 22:30	2,5	195	220
Bessenich	Neffelbach	125	145	179	14.07.2021, 23:10	1,2	130	150
Morenhoven	Swistbach	195	250	244	15.07.2021, 05:40	1,0	kA	280
Weilerswist	Swistbach	205	235	325	15.07.2021, 10:15	1,4	260	kA
Friesheim	Rotbach	150	220	244	15.07.2021, 15:07	1,1	153	220
Bliesheim	Erft	200	230	407	15.07.2021, 10:40	1,8	280	305

<sup>12</sup> <http://luadb.it.nrw.de/LUA/hygon/pegel.php?karte=nrw> (letzter Zugriff: 27.02.2022)

Es ist anzuerkennen, dass die Hochwasservorhersage und Warnung in kleinen und schnell reagierenden Einzugsgebieten eine besondere Herausforderung ist. Hier spielt die Genauigkeiten der Niederschlagsvorhersagen eine große Rolle, und zwar die Genauigkeit im Hinblick auf die zu erwartende Niederschlagsmenge, aber auch im Hinblick auf das zu erwartende raumzeitliche Niederschlagsmuster. Der Erftverband (2021) stellt die aus den variierenden Niederschlagsvorhersagen im Juli 2021 resultierenden Unsicherheiten für das Abflussgeschehen im oberen Erfteinzugsgebiet klar dar. Daher wird man vermutlich auch über ein erweitertes Netz von Hochwassermeldepegeln oberstrom von Ortschaften, die auf Basis von beobachteten Wasserständen warnen, nachdenken müssen.

Abflussbildung und -konzentration führten im Juli 2021 sodann zu steigenden Durchflüssen und Wasserständen in den Gewässern mit nachfolgenden Ausuferungen. Tabelle 5.2 zeigt verschiedene Wasserstandsdaten für zehn Pegelmessstellen (Hochwassermeldepegel<sup>13</sup>) in den Teilgebieten G1 und G2. Die Informationswerte 2 und 3 sind Schwellenwerte für die Aktivierung von Warnmeldungen mittlerer bzw. höchster Stufe (Warnstufe 2 bzw. 3). Es folgen dann die maximalen Wasserstände und deren Zeitpunkte, die im Juli 2021 beobachtet (oder bei geschädigten Pegeln geschätzt) wurden. Der Faktor „HW2021/IW3“ gibt an, wie sehr der maximale Wasserstand im Juli 2021 den Informationswert 3 überschritten hat: Mit einer Ausnahme wird der Informationswert 3 an allen betrachteten Pegeln überschritten; zum Teil beträgt der beobachtete Wasserstand (mehr als) das Doppelte (vgl. Tabelle 5.2). Dies unterstreicht die hohe Intensität des Ereignisses, zeigt aber auch, dass die Schwere des Ereignisses durch drei Warnstufen nicht ausreichend widerspiegelt wird.

Extreme Hochwasserereignisse sollten eigentlich in den Gefahrenkarten für ein HQ-extrem abgebildet sein (bzw. HW-extrem; im letzteren Fall beziehen sich die Angaben auf den Wasserstand, wie in Tabelle 5.2, nicht auf den Hochwasserabfluss HQ). Wie die Analyse in Kapitel 4 zeigte, sind an 24 von 45 untersuchten Unfallörtlichkeiten keine Überflutungen in den vorliegenden Gefahrenkarten dargestellt, insbesondere in den Teilgebieten G1 und G2 (vgl. Abbildung 4.5D). Tabelle 5.2 belegt, dass an sechs der zehn betrachteten Pegel der extreme Wasserstand, der der Erstellung der Gefahrenkarten zugrunde lag, im Juli 2021 überschritten wurde, wobei für drei Pegel der HW-extrem nicht ermittelt werden konnte. Nur am Pegel Morenhoven (Swistbach) wurde der HW-extrem nicht erreicht. Mancherorts, z. B. im Rhein-Erft-Kreis wurde aber auf Basis der HQ-extrem-Gefahrenkarten evakuiert (vgl. IM00006.pdf). Somit war das Ausmaß der Überflutungen sowohl für die betroffene Bevölkerung als auch für den örtlichen Katastrophenschutz insgesamt schwer zu antizipieren.

Die Gegenüberstellung der Wasserstände für die Informationswerte und Gefahrenkarten in Tabelle 5.2 zeigt zudem, dass offenbar kein konsistentes Konzept für die Risikokommunikation mit der Bevölkerung (und mit dem örtlichen, oft ehrenamtlich getragenen Katastrophenschutz) existiert. Mit wenigen Ausnahmen (Pegel Bessenich und Friesheim) korrespondieren die Informationswerte nicht mit den Wasserständen der Gefahrenkarten. Ergo ist im Ereignisfall die Übertragung einer Warnstufe in ein konkretes räumliches Überflutungsszenario schwierig. Diese Übertragung ist aber erforderlich, wenn man

---

<sup>13</sup> Lage siehe: <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/hochwasserschutz/hochwasser-meldedienst-nrw/> (letzter Zugriff: 28.02.2022)



Warnmeldungen oder Evakuierungsaufrufe verstehen oder sich selbst in Sicherheit begeben möchte. Zwei Beispiele aus dem Oberbergischen Kreis sollen dies veranschaulichen:

*„\*\*\*EVAKUIERUNG\*\*\* Wegen extremer Regenfälle wird die Wupper-Staumauer in Kürze überlaufen. Der Pegel der Wupper (Fluss) wird hierdurch im Stadtgebiet Radevormwald in kurzer Zeit sehr stark anschwellen! Es besteht die akute Gefahr der Überflutung. Die Anwohner der Ortslagen entlang der Wupper (Fluss) im Stadtgebiet Radevormwald werden aufgefordert, umgehend den Gefahrenbereich zu verlassen! Es besteht akute Lebensgefahr! Für betroffene Bürger richtet die Stadt Radevormwald eine Betreuungsstelle ein: Grundschule Wupper, Auf der Brede 33, Radevormwald. Begeben Sie sich unter keinen Umständen in die Nähe des Flusses. Es besteht Lebensgefahr! Folgen Sie den Anweisungen der Einsatzkräfte. Denken Sie auch an Ihre direkten Nachbarn. Helfen Sie Kindern, Älteren und mobilitätseingeschränkten Personen. Halten Sie die Notrufnummern von Feuerwehr und Polizei für Notrufe frei“ (IM01706.pdf, S. 112ff.).*

Positiv an dieser Meldung ist, dass eine Anlauf- und Betreuungsstelle klar benannt wird und die Betroffenen aufgefordert werden, vulnerablen Personen zu helfen. Verbesserungsbedarf ergibt sich hinsichtlich der räumlichen Abgrenzung des betroffenen Gebietes. So bleibt unklar, wo konkret der Gefahrenbereich liegt und endet. Eine eindeutige Verknüpfung von Warnstufen mit Gefahrenkarten könnte hier eine Verbesserung bieten. Eine solche Festlegung geht jedoch über die Kompetenzen des örtlichen Katastrophenschutzes hinaus und sollte auf Landesebene erfolgen. Impakt-basierte Vorhersagen mit einer Veröffentlichung der vermutlich überfluteten Bereiche würden ebenfalls viel Klarheit schaffen, wie Apel et al. (2022) am Beispiel der Ahr in RLP diskutieren, sind aber mit weiteren Unsicherheiten behaftet und daher eher nicht für Kopfeinzugsgebiete geeignet.

Auch in folgender Meldung sind die Handlungsanweisungen nicht ganz eindeutig:

*„Es folgt eine wichtige Information der Feuer- und Rettungsleitstelle des Oberbergischen Kreises: Die Staumauer der Bever-Talsperre in Hückeswagen läuft aktuell über! Die Ortslage Hartkopsbever sowie die Peterstraße in Hückeswagen werden evakuiert! Begeben Sie sich umgehend in höhere Lagen. Es besteht die Gefahr der Überflutung. Wenn Sie sich in dem betroffenen Bereich aufhalten, schalten Sie Heiz- und Kochgeräte ab. Verlassen Sie anschließend sofort das Gebäude und begeben Sie sich an einen sicheren Ort. Folgen Sie den Anweisungen der Einsatzkräfte. Denken Sie auch an Ihre direkten Nachbarn. Helfen Sie Kindern, Älteren und mobilitätseingeschränkten Personen. Halten Sie die Notrufnummern von Feuerwehr und Polizei für Notrufe frei“ (IM01706.pdf, S. 135).*

Die Analyse der Todesfälle in Kapitel 4 hat gezeigt, dass eine horizontale Evakuierung, d. h. ein Verlassen des überfluteten Bereiches, durchaus tödlich enden kann, während vertikale Evakuierungen an einigen dieser Örtlichkeiten erfolgreich waren. Somit sollten Aufforderungen, Gebäude zu verlassen, nur ausgesprochen werden, wenn genügend Zeit vorhanden ist, das Gebiet zu verlassen, bevor es dort zu Überflutungen kommt. Welche Orte sicher sind, bleibt in der obigen Meldung ebenfalls unklar. Daher sind Sammelstellen und Fluchtwege klar zu benennen (wie im ersten Beispiel). Weiterhin könnte die Aufforderung, Heiz- und Kochgeräten abzuschalten, Personen veranlassen, den Keller auszusuchen, um Heizungen auszuschalten. Eine zentrale Unterbrechung der Strom- und Gasversorgung mit entsprechender Informierung der Bevölkerung wäre hier vermutlich sicherer.

Insgesamt zeigen diese Beispiele, dass bei Evakuierungsaufrufen Verbesserungspotenzial besteht. Formulierungen, die auch die Abflusssdynamik im Gebiet berücksichti-

gen, sollten daher im Vorfeld überlegt und auf Verständlichkeit mit der Bevölkerung getestet werden. Die kommunikativen Aspekte sollten Gegenstand der Ausbildung von Rettungskräften sein.

In den Gebieten G1 und G2 wurde im Juli 2021 generell in den Landkreisen rechtzeitig gewarnt, wie die Meldungen in MOWAS zeigen, die in Tabelle 5.3 für den Landkreis Euskirchen und in Tabelle 5.4 für den Rhein-Sieg-Kreis zusammengestellt sind. Es zeigt sich allerdings auch, dass Warnstufen und Handlungsempfehlungen sehr unterschiedlich sind. Im Rhein-Sieg-Kreis sind die Handlungsempfehlungen sehr umfassend und ausführlich, die Warnstufe allerdings irritierend. Im Landkreis Euskirchen werden zudem nicht alle betroffenen Gebiete, z. B. Ortschaften im Urfeinzugsgebiet (G1), aufgeführt. Im Gebiet G2 wurde teilweise evakuiert sowie auch auf vertikale Fluchtwege in den Gebäuden hingewiesen (Tabelle 5.4). Im Falle einer Evakuierung mit Unterbringung in Notunterkünften sollte noch daran erinnert werden, wichtige Medikamente mitzunehmen. Dies kann sonst zu schwierigen Versorgungssituationen in Notunterkünften führen. Die hohe Zahl der Vorerkrankungen unter den Todesopfern unterstreicht nochmals deren Anfälligkeit in Krisen- und Stresssituationen.

Tabelle 5.3: Warnungen, die der Landkreis Euskirchen im Juli 2021 über MOWAS herausgegeben hat; W: Warnstufe; Zeitraum von der ersten Warnung bis zum 15.07.2021.

Datum, Uhrzeit	W	Prozess	Handlungsempfehlungen
12.07.2021, 16:54 Uhr	3	kommender Starkregen mit örtlichen Überschwemmungen; von Dienstag bis Donnerstag Regenmengen bis zu 200 L/m <sup>2</sup> erwartet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Passen Sie Ihr Verhalten im Straßenverkehr den Verhältnissen an.</li> <li>• Wir informieren Sie, wenn die Gefahr vorüber ist.</li> <li>• Gehen Sie bei Überschwemmungsgefahr nicht in Keller oder Tiefgaragen.</li> <li>• Fahren Sie nicht durch überflutete Straßen. Schon eine geringe Wasserhöhe kann die Steuerung behindern.</li> <li>• Halten Sie Abflüsse und Schächte frei, damit das Wasser abfließen kann.</li> </ul>
14.07.2021, 19:15 Uhr	3	schwere Unwetter, mögliche Überflutung und Wasserschäden, Stromausfälle	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiden Sie das betroffene Gebiet.</li> <li>• Informieren Sie Ihre Nachbarn.</li> <li>• Wir informieren Sie, wenn die Gefahr vorüber ist.</li> <li>• Folgen Sie den Anweisungen der Einsatzkräfte.</li> <li>• Helfen Sie Kindern und anderen hilfsbedürftigen Personen, aber ohne sich selbst zu gefährden.</li> <li>• Gehen Sie bei Überschwemmungsgefahr nicht in Keller oder Tiefgaragen.</li> <li>• Gehen Sie nicht an Gewässer, die Hochwasser führen. Flutwellen können Sie überraschen und das Ufer kann einbrechen.</li> <li>• Fahren Sie nicht durch überflutete Straßen. Schon eine geringe Wasserhöhe kann die Steuerung behindern.</li> </ul>
14.07.2021, 21:18 Uhr	2	akute Lebensgefahr durch Überflutung, Stromausfälle; Bevölkerung von Flamersheim, Palmersheim, Schweinheim und in Tallagen der Stadt Bad Münstereifel wird dringend gebeten, sich in höhere Etagen ihrer Häuser zu begeben und von elektrischen Geräten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informieren Sie Ihre Nachbarn.</li> <li>• Wir informieren Sie, wenn die Gefahr vorüber ist.</li> <li>• Folgen Sie den Anweisungen der Einsatzkräfte.</li> <li>• Wählen Sie nur in Notfällen den Notruf 110 (Polizei) und 112 (Feuerwehr).</li> <li>• Gehen Sie bei Überschwemmungsgefahr nicht in Keller oder Tiefgaragen.</li> <li>• Fahren Sie nicht durch überflutete Straßen.</li> </ul>

## Analyse der Todesumstände beim Hochwasser im Juli 2021

Datum, Uhrzeit	W	Prozess	Handlungsempfehlungen
		fernzuhalten.	Schon eine geringe Wasserhöhe kann die Steuerung behindern.
15.07.2021, 04:33 Uhr	2	Weilerswist: Füllstand von Überlaufbecken Horchheim erreicht; Gefahr von großen Wassermengen; in Vernich sind folgende Anweisungen zu beachten: 1.) Keller unbedingt meiden, 2.) sich in obere Gebäudebereiche zurückziehen und 3.) von elektrischen Geräten fernhalten.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informieren Sie Ihre Nachbarn.</li> <li>• Folgen Sie den Anweisungen der Einsatzkräfte.</li> <li>• Wählen Sie nur in Notfällen den Notruf 110 (Polizei) und 112 (Feuerwehr).</li> <li>• Gehen Sie bei Überschwemmungsgefahr nicht in Keller oder Tiefgaragen.</li> </ul>

Tabelle 5.4: Warnungen, die der Rhein-Sieg-Kreis im Juli 2021 über MOWAS herausgegeben hat; W: Warnstufe; Zeitraum von der ersten Warnung bis zum 15.07.2021.

Datum, Uhrzeit	W	Prozess	Handlungsempfehlungen
14.07.2021, 18:42 Uhr	1	Swisttal: Unwetter, Hochwasser, Stab für außergewöhnliche Ereignisse zusammengetreten; Bevölkerung wird gebeten, Vorkehrungen zum Hochwasserschutz zu treffen; betrifft alle Gewässer im Gemeindegebiet, insbesondere die Swist, den Orbach und den Jungbach	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiden Sie das betroffene Gebiet.</li> <li>• Umfahren Sie das betroffene Gebiet weiträumig.</li> <li>• Informieren Sie sich in den Medien, zum Beispiel im Lokalradio.</li> <li>• Folgen Sie den Anweisungen der Einsatzkräfte.</li> <li>• Helfen Sie Kindern und anderen hilfsbedürftigen Personen, aber ohne sich selbst zu gefährden.</li> <li>• Lassen Sie Haus- und Nutztiere nicht ins Freie.</li> <li>• Gehen Sie bei Überschwemmungsgefahr nicht in Keller oder Tiefgaragen.</li> </ul>
14.07.2021, 20:01 Uhr	1	Bornheim: langanhaltende und ergiebige Regenfälle; vor Befahren von Straßen in Hanglagen und Senken sowie von insbesondere Überführungen wird gewarnt, ebenso vor den Auswirkungen des Übertretens der Bäche im Stadtgebiet; Sperrung des Rheinuferwegs	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bringen Sie persönliche Wertgegenstände in höher liegende Gebäudeteile.</li> <li>• Schalten Sie Strom und Heizungen in gefährdeten Räumen ab. Eine Stromschlaggefahr besteht bereits bei Kondenswasser! Liegt der Stromkasten im überfluteten Raum, betreten Sie diesen nicht, sondern informieren Sie die Feuerwehr (112).</li> <li>• Gehen Sie nicht an Gewässer, die Hochwasser führen. Flutwellen können Sie überraschen und das Ufer kann einbrechen.</li> <li>• Schwimmen Sie nicht in überschwemmten Straßen! Auch das Durchschreiten von überschwemmten Unterführungen ist lebensgefährlich! Durch den Druck im Kanal können Schachtdeckungen hochgedrückt werden. Dabei entsteht ein Sog, durch den eine Person angesaugt werden kann.</li> <li>• Fahren Sie nicht durch überflutete Straßen. Schon eine geringe Wasserhöhe kann die Steuerung behindern.</li> <li>• Halten Sie Abflüsse und Schächte frei, damit das Wasser abfließen kann.</li> <li>• Halten Sie Abstand zu beschädigten Gebäuden und Stromleitungen.</li> </ul> <p>Sonstige Handlungsempfehlungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schalten Sie Rundfunk und Fernsehen an. Informieren Sie sich über alle verfügbaren Medien.</li> <li>• Bringen Sie Haustiere und Nutzvieh in Gebäude</li> </ul>

## Analyse der Todesumstände beim Hochwasser im Juli 2021

Datum, Uhrzeit	W	Prozess	Handlungsempfehlungen
			<p>oder Ställe. Stellen Sie deren Versorgung und Betreuung sicher.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Treffen Sie entsprechende Sicherungs- und Schutzmaßnahmen. Bringen Sie sich in Sicherheit.</li> <li>• Blockieren Sie nicht den Notruf von Feuerwehr und Polizei durch Nachfragen.</li> </ul>
14.07.2021, 23:07 Uhr (23:52 Uhr)	1	Swisttal (OT Swisttal-Odendorf, Essig, Ludendorf, Miel): sofortige Evakuierung aufgrund der Gefahrenlage an der Steinbachtalsperre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiden Sie das betroffene Gebiet.</li> <li>• Umfahren Sie das betroffene Gebiet weiträumig.</li> <li>• Informieren Sie sich in den Medien, zum Beispiel im Lokalradio.</li> <li>• Informieren Sie Ihre Nachbarn.</li> <li>• Folgen Sie den Anweisungen der Einsatzkräfte.</li> <li>• Wählen Sie nur in Notfällen den Notruf 110 (Polizei) und 112 (Feuerwehr).</li> <li>• Helfen Sie Kindern und anderen hilfsbedürftigen Personen, aber ohne sich selbst zu gefährden.</li> <li>• Nehmen Sie nur das Notwendigste mit, insbesondere Ausweise und Bargeld.</li> </ul>
14.07.2021, 23:20 Uhr (23:44 Uhr)	1	Rheinbach (OT Rheinbach-Oberdrees, Niederdrees): sofortige Evakuierung aufgrund der Gefahrenlage an der Steinbachtalsperre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiden Sie das betroffene Gebiet.</li> <li>• Umfahren Sie das betroffene Gebiet weiträumig.</li> <li>• Informieren Sie sich in den Medien, zum Beispiel im Lokalradio.</li> <li>• Wir informieren Sie, wenn die Gefahr vorüber ist.</li> <li>• Wählen Sie nur in Notfällen den Notruf 110 (Polizei) und 112 (Feuerwehr).</li> <li>• Helfen Sie Kindern und anderen hilfsbedürftigen Personen, aber ohne sich selbst zu gefährden.</li> <li>• Gehen Sie nicht an Gewässer, die Hochwasser führen. Flutwellen können Sie überraschen und das Ufer kann einbrechen.</li> <li>• Schwimmen Sie nicht in überschwemmten Straßen! Auch das Durchschreiten von überschwemmten Unterführungen ist lebensgefährlich! Durch den Druck im Kanal können Schachtdeckungen hochgedrückt werden. Dabei entsteht ein Sog, durch den eine Person angesaugt werden kann.</li> <li>• Fahren Sie nicht durch überflutete Straßen. Schon eine geringe Wasserhöhe kann die Steuerung behindern.</li> <li>• Blockieren Sie nicht den Notruf von Feuerwehr und Polizei durch Nachfragen!</li> </ul>
15.07.2021, 00:04 Uhr	1	Meckenheim: langanhaltende und ergiebige Regenfälle, Überflutungsgefahr im Bereich der Swist; Bereich ist großflächig zu meiden und zu umfahren; Uferbereich darf nicht betreten werden. Durch starke Strömung besteht Lebensgefahr.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiden Sie das betroffene Gebiet.</li> <li>• Umfahren Sie das betroffene Gebiet weiträumig.</li> <li>• Informieren Sie sich in den Medien, zum Beispiel im Lokalradio.</li> <li>• Wir informieren Sie, wenn die Gefahr vorüber ist.</li> <li>• Wählen Sie nur in Notfällen den Notruf 110 (Polizei) und 112 (Feuerwehr).</li> <li>• Helfen Sie Kindern und anderen hilfsbedürftigen Personen, aber ohne sich selbst zu gefährden.</li> <li>• Gehen Sie nicht an Gewässer, die Hochwasser führen. Flutwellen können Sie überraschen und das Ufer kann einbrechen.</li> <li>• Schwimmen Sie nicht in überschwemmten Straßen! Auch das Durchschreiten von überschwemmten Unterführungen ist lebensgefährlich! Durch den Druck im Kanal können Schachtdeckungen hochgedrückt werden. Dabei entsteht ein Sog, durch den eine Person angesaugt werden kann.</li> <li>• Fahren Sie nicht durch überflutete Straßen. Schon eine geringe Wasserhöhe kann die Steuerung behindern.</li> <li>• Blockieren Sie nicht den Notruf von Feuerwehr und Polizei durch Nachfragen!</li> </ul>
15.07.2021, 00:59 Uhr (Entwarnung: 15:21 Uhr)	1	Lohmar: Hochwasser, möglicher Dammbbruch der Agger im Bereich des Dornheckenweges; suchen Sie geschützte Räume in höhergelegenen Stockwerken auf oder begeben Sie sich in die Anlaufstelle in Lohmar (Jachbachhalle, Dohnrather Dreieck 12)	<p>Wie oben sowie zusätzlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verlassen Sie sofort das betroffene Gebiet.</li> <li>• Bereiten Sie sich auf eine Evakuierung vor.</li> <li>• Begeben Sie sich in höher liegende Gebäudeteile.</li> <li>• Halten Sie Abstand zu beschädigten Gebäuden und Stromleitungen.</li> </ul>

Weitere Meldungen zu Evakuierungen sind in Anlage 4 zusammengestellt. Einen Überblick zu erstellen war leider nicht möglich (siehe auch IM00977 - VS-nfD.pdf, S. 78), stand aber auch nicht im Fokus des Gutachtens.

Die Tatsache, dass in beiden Gebieten G1 und G2 Menschen vom Wassereinbruch in ihren Wohnungen überrascht wurden (vgl. Abbildung 4.5), wirft die Frage auf, ob die oben zusammengestellten Warnungen auch bei der Bevölkerung angekommen sind und wie die Betroffenen sich daraufhin verhalten haben. Dazu wurde von der Universität Potsdam unter Leitung der Gutachterin von Ende August bis Mitte Oktober 2021 eine Online-Befragung durchgeführt. Befragte wurden über Facebook, lokale Gruppen sowie Pressemeldungen in Lokalzeitungen erreicht. Insgesamt haben 1348 Personen teilgenommen, davon 892 aus NRW. Über Postleitzahlen und Gemeindefnamen wurde jeder Datensatz einem der drei hier untersuchten Teilgebiete zugeordnet, sodass für dieses Gutachten erste grobe regionale Auswertungen vorgenommen werden konnten.

Tabelle 5.5 zeigt, dass in den Gebieten G1 und G2 ein höherer Anteil von Befragten angab, nicht gewarnt worden zu sein. Besonders hoch ist der Anteil mit 42 % im Gebiet G2; hier ist auch der Anteil von Personen, die eine behördliche Warnung erhalten haben, mit 31 % vergleichsweise niedrig. Diese Werte sind jedoch vergleichbar mit der Situation 2002 im Osterzgebirge. Allerdings wurde seitdem viel in Warn- und Vorhersagesysteme investiert, sodass beim Flusshochwasser 2013 der Anteil von Nicht-Gewarnten auf ca. 5 % reduziert werden konnte (vgl. Thieken et al. 2016). Der Wert von 35 % Nicht-Gewarnten in NRW ist insgesamt sicherlich nicht akzeptabel, aber bei Starkregen leider keine Seltenheit, wie Vergleiche mit dem Starkregen in Münster 2014 und in Süddeutschland 2016 zeigen (vgl. Kind et al. 2019, S. 78ff).

Tabelle 5.5: Anteile von Befragten, die angaben, im Juli 2021 nicht gewarnt worden zu sein, sowie Anteile der Befragten, die behördliche Warnungen erhalten haben, differenziert nach Teilgebieten (Datenbasis: Online-Befragung der Universität Potsdam von August bis Oktober 2021).

	Befragte gesamt	davon nicht gewarnt	Anteil „nicht gewarnt“	behördliche Warnung	Anteil behördlicher Warnung	Todesopfer
G1: Urft, Olef & Ahr	57	15	26 %	28	49 %	16
G2: Erft & Swist (inkl. Erftstadt)	576	244	42 %	176	31 %	20
G3: alle anderen in NRW	259	52	20 %	141	54 %	13
Gesamt NRW	892	311	35 %	345	39 %	49

Tabelle 5.6: Einschätzungen der Befragten, die angaben, gewarnt worden zu sein, in Bezug auf 1) die Glaubwürdigkeit der Warnung, 2) die antizipierte Schwere des bevorstehenden Ereignisses und 3) die Einschätzung ihres Handlungswissens (Wissen, was zu tun ist), differenziert nach Teilgebieten (Datenbasis: Online-Befragung der Universität Potsdam von August bis Oktober 2021).

	Gewarnte gesamt	Anteil, der Warnung sehr glaubwürdig hielt	Anteil, der massive Schäden und Lebensbedrohung antizipiert hat	Anteil mit niedrigem Handlungswissen
G1: Urft, Olef & Ahr	42	48 %	24 %	51 %
G2: Erft & Swist (inkl. Erftstadt)	331	43 %	12 %	55 %
G3: alle anderen in NRW	207	47 %	17 %	37 %
Gesamt NRW	581	45 %	15 %	48 %

Tabelle 5.3 und Tabelle 5.4 belegen, dass im Landkreis Euskirchen erste Warnungen am 12.07.2021 verschickt wurden, im Rhein-Sieg-Kreis am frühen Abend des 14.07.2021. Von den Befragten gab insgesamt etwa die Hälfte an, bis einschließlich 14.07.2021 eine erste Warnung erhalten zu haben.

Tabelle 5.6 fasst zusammen, dass die Warnungen von etwa 45% der gewarnten Personen für sehr glaubwürdig gehalten wurden, aber nur ca. 15 % ein schweres Ereignis mit massiven Schäden und lebensbedrohlichen Situationen erwartet haben (im Gebiet G1 24 %). Das Wissen, was sie tun sollten, um sich und ihre Familien vor dem Hochwasser zu schützen, war ebenfalls schlecht ausgeprägt: Insbesondere in den Gebieten G1 und G2 wussten mehr als 50 % der Gewarnten nicht, was sie tun sollten. Auch diese Werte zeigen, dass in der Risikokommunikation noch großes Verbesserungspotenzial liegt, um Todesopfer, aber auch andere Verletzungen und Schäden zu vermeiden. Viele freie Kommentare in der Befragung zeigen, dass in den Wochen vor dem Ereignis zu viel (und falsch) gewarnt wurde, die Angaben der Niederschlagsmengen zu abstrakt sind, d. h. nicht in Gefahrensituationen übersetzt werden können und die Schwere des Ereignisses nicht verständlich war. Insbesondere in den schnell reagierenden Einzugsgebieten wie G1 und G2 wäre ein Art „Notfallruf“, ab dem sich alle in Sicherheit begeben sollten, eine denkbare Option. Die vielen Todesfälle in Kellern im Gebiet G3 könnten auch darauf hindeuten, dass die Betroffenen den Unterschied zwischen langsamen ansteigenden Flusshochwassern, wie sie z. B. am Rhein üblich sind, und schnelleren Sturzfluten nicht realisieren. Auch dies muss besser veranschaulicht werden. Die Kommunikation klarer Zeitpunkte, zu denen Schutzmaßnahmen beendet werden sollten und es darum geht, sich selbst in Sicherheit zu bringen, könnte hier hilfreich sein.

Weitergehende Analysen zur Warnsituation übersteigen den Rahmen des Gutachtens bzw. waren in der verfügbaren Bearbeitungszeit nicht möglich; ein näherer Abgleich von Hochwassersituationen, offiziellen Warnungen (inkl. Inhalten) und den Befragungsdaten wird pro Einzugsgebiet im BMBF-Projekt „Governance und Kommunikation im Krisenfall des Hochwasserereignisses im Juli 2021“ (HoWas2021) erfolgen, das bis Mai 2023 gefördert wird. Bei den hier präsentierten Ergebnissen ist zu beachten, dass bei einer Online-Befragung Verzerrungen auftreten können, d. h., dass vor allem diejenigen, die Interesse an einem Thema haben, an der Befragung teilnehmen. Zudem ist anzumerken, dass die Anzahl der Befragten im Gebiet G1 vergleichsweise gering ist.

## 6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für Risikokommunikation und Warnprozesse

Im vorliegenden Gutachten wurden die Kontexte untersucht, in denen 49 Menschen beim Hochwasser im Juli 2021 in Nordrhein-Westfalen ihr Leben verloren haben, um Verbesserungspotenziale für die Risikokommunikation und Warnung abzuleiten. Dazu wurden umfangreiche Dokumente des Innenministeriums sowie des Justizministeriums systematisch durchsucht. Relevante Textstellen wurden pro Todesfall zusammengestellt und mithilfe eines Kodierschemas (vgl. Tabelle 2.1) strukturiert aufbereitet und schließlich statistisch ausgewertet.

Unter den Todesopfern sind Männer und Personen über 60 Jahre deutlich überrepräsentiert. Diese Personengruppen zeigen vor allem andere Aktivitäten und – in Bezug auf das Alter – auch andere Unfallorte und -verläufe als Frauen bzw. jüngere Personen, sodass vor allem einer kontinuierlichen und altersgerechten Risikokommunikation große Bedeutung zukommt, um auf potenzielle Gefahren und adäquates Verhalten hinzuweisen (siehe **Empfehlung 2**).

Hochwassergefahrenkarten, die seit 2013 bundesweit verfügbar sind und regelmäßig, d. h. alle sechs Jahre, aktualisiert werden, sind eine wesentliche Grundlage für die Risikokommunikation. Leider zeigt das Hochwasser im Juli 2021, dass solche Extremereignisse, insbesondere in den Gebieten, in denen sehr hohe Niederschläge gefallen sind (z. B. im Urfeinzugsgebiet, Gebiet G1), in den Karten nur unzureichend abgebildet werden. Daher sind diese weiter zu verbessern (siehe **Empfehlung 1**).

Die Tatsache, dass von den 25 Personen, die beim Hochwasser 2021 in NRW in einem Gebäude verunglückt sind, sechs vom Ereignis in ihren Wohnungen überrascht wurden (vgl. Tabelle 4.3), belegt, dass Warnungen und Evakuierungen in den betroffenen Gebieten nicht optimal funktioniert haben. Aus Betroffenenbefragungen geht hervor, dass in den untersuchten Teilgebieten bis zu 42 % der Befragten angaben, nicht gewarnt worden zu sein, und im Mittel nur 15% der Gewarnten die Schwere des herannahenden Ereignisses antizipiert haben. Auch wenn in schnell reagierenden Einzugsgebieten Warnungen eine Herausforderung bleiben und unsicher sind, sind sicherlich auch hier Verbesserungen notwendig (siehe **Empfehlung 3**).

Warnungen bleiben unwirksam, wenn sie nicht in adäquates Handeln umgesetzt werden. Daher werden unter **Empfehlung 4** Vorschläge für die Unterstützung des örtlichen Katastrophenschutzes unterbreitet.

Schließlich hätten die Erkenntnisse aus diesem Gutachten mit deutlich weniger Aufwand erzielt werden können, wenn schon während des Ereignisses eine strukturiertere Dokumentation erfolgt wäre. Damit beschäftigt sich **Empfehlung 5**.



## **1. Hochwassergefahrenkarten und Bauvorsorge weiter verbessern**

Die europäische Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL; 2007/60/EG) gibt vor, dass in Gebieten mit signifikantem Hochwasserrisiko Gefahren- und Risikokarten mindestens für ein 100-jährliches Hochwasser sowie ein noch extremeres Ereignis zu erstellen sind. Diese Karten sind alle sechs Jahre zu aktualisieren, u. a., um mögliche Änderungen aufgrund des Klimawandels sowie Änderungen in den Einzugsgebieten und Gewässern zu berücksichtigen. Im Ergebnis liegen seit Dezember 2013 für Fluss- und Küstenhochwasser bundesweit Gefahrenkarten vor, in denen man adressgenau recherchieren kann, wie gefährdet ein Standort ist, wobei die Definition des extremen Hochwasserszenarios in Deutschland nicht einheitlich ist (vgl. Petrow & Thieken 2015). Die HWRM-RL enthält klare Vorgaben hinsichtlich der Inhalte der Gefahrenkarten (Ausmaß der Überflutung, Wassertiefen und ggf. Fließgeschwindigkeiten). Die Karten wurden 2019 erstmals aktualisiert; insbesondere wurde an einer Harmonisierung an den Bundesländergrenzen gearbeitet.

In Deutschland basiert auf den Hochwassergefahrenkarten vielerorts die amtliche Festsetzung von Überschwemmungsgebieten (vgl. § 76 WHG), in denen laut WHG (§ 78 und § 78a, § 78c) Bauverbote und weitere Nutzungseinschränkungen gelten. Im WHG (§ 78b, § 78c) werden auch die Gefahrenkarten für extreme Hochwasser mit Nutzungseinschränkungen oder -auflagen verbunden. Die Karten werden jedoch auch für weitere Zwecke eingesetzt, z. B. in der Risikokommunikation und Bewusstseinsbildung in der Bevölkerung, bei der Einschätzung der Versicherbarkeit sowie der Planung und Vorbereitung von Evakuierungen. Während eines Ereignisses können sie wichtige Hinweise zur Einschätzung der Lage liefern und Evakuierungsentscheidungen unterstützen.

Die Analyse in diesem Gutachten (vgl. Abbildung 4.5D) und andere Studien zum Hochwasser im Juli 2021 (z. B. Thieken et al. 2021, Apel et al. 2022) zeigen jedoch, dass dieses Ereignis so extrem war, dass vielerorts Bereiche überflutet wurden, für die selbst in den Karten für das Extremszenario keine Überflutung eingezeichnet war. Da die den Karten zugrunde liegende Hochwasserstatistik sich auf kontinuierlich gemessene Zeitreihen stützt, muss angenommen werden, dass extreme Abflüsse in den Messungen fehlen. Um diese Unsicherheiten – insbesondere bei den extremen Hochwasserszenarien – kenntlich zu machen, sollten zumindest die Bereiche, die nachweislich bei historischen Hochwassern überflutet waren, in den Karten zusätzlich gekennzeichnet werden. In NRW ist dieser Ansatz allerdings durch Änderungen in den Einzugsgebieten aufgrund von Talsperren und Bergbauaktivitäten erschwert. Regionalisierungsverfahren könnten hier eine andere Option sein, um die Datengrundlage zu verbessern.

Leichter ist es hingegen, neuralgische und potentiell lebensgefährliche Punkte wie Brücken und Unterführungen deutlicher in den Gefahrenkarten und ggf. auch im Gelände durch entsprechende Straßenschilder zu kennzeichnen. Im Juli 2021 wurden drei junge Menschen an Brücken vom Wasser mitgerissen und konnten nicht gerettet werden. In den bestehenden Hochwassergefahren- und -risikokarten in NRW ist derzeit nicht erkennbar, ob Brücken im Hochwasserfall passierbar sind. In Bayern wird hingegen der sogenannte Brückenstatus verwendet, der im UmweltAtlas Bayerns einsehbar ist. Dieser gibt an, ob das Bauwerk im jeweiligen berechneten Hochwasserfall (HQhäufig, HQ100, HQextrem) beeinträchtigt wird, d. h. eingestaut oder überströmt wird, oder ob das Wasser ungehindert unter der Brücke hindurchfließen kann (vgl. Abbildung 6.1). Darüber können Rückschlüsse sowohl über die Passierbarkeit als auch über die Erreichbarkeit be-

stimmter Gebiete im Hochwasserfall gezogen werden. Letzteres ist für Evakuierungsplanungen zentral. In Bayern ist der Brückenstatus noch nicht für jede Brücke implementiert, soll aber bei der Fortschreibung der Gefahrenkarten ergänzt werden (Bayerisches Landesamt für Umwelt 2021). Es wird empfohlen, ein analoges Vorgehen für NRW zu entwickeln. Dabei sind auch kleine Gewässer und Durchlässe zu berücksichtigen.

Die Todesfallanalyse hat zudem gezeigt, dass zwei Todesfälle in Kellerwohnungen stattgefunden haben, davon lag eine in einem überschwemmungsgefährdeten Gebiet und die Person wurde vom Ereignis überrascht und ist in der Wohnung ertrunken. Um solche Fälle zu verhindern, müsste auch in kleinen, schnell reagierenden Einzugsgebieten der Prozess der Warnung und Evakuierung sehr gut funktionieren. Das Juli-Ereignis zeigt, dass dies nicht immer gegeben ist, z. B. nachts. Daher ist zu überlegen, ob die Nutzung von Kellerräumen zu Wohnzwecken in Überschwemmungs- und Risikogebieten (im Sinne von § 76 bzw. § 78d WHG) untersagt werden sollte.

Weiterhin unterstreichen zwei Todesfälle infolge eines Wohnhausbrands, der durch eine wassergeschädigte Ölheizung ausgelöst und durch eine Sauerstoffflasche verstärkt wurde, sowie zwei weitere Fälle, bei denen dem Tod durch Ertrinken eine Bewusstlosigkeit durch die vermehrte Freisetzung von CO<sub>2</sub> (vermutlich aus der Heizungsanlage) voranging, dass hochwassersichere Heizungsanlagen nicht nur für die Reduktion des Sachschadens, sondern auch für die Vermeidung von Todesopfern (insgesamt vier von 49; ca. 8%) eine wichtige Rolle spielen. Daher ist § 78c WHG (Heizölverbraucheranlagen in Überschwemmungsgebieten und in weiteren Risikogebieten) konsequenter umzusetzen und zu kontrollieren.



Abbildung 6.1: Darstellung des Brückenstatus in bayerischen Hochwassergefahrenkarten (Quelle: Bayerisches Landesamt für Umwelt 2021).

## **2. Kontinuierliche und adressatengerechte Risikokommunikation etablieren**

Öffentlich zugängliche Hochwassergefahrenkarten sind eine wichtige Voraussetzung für eine gelungene Risikokommunikation mit der Bevölkerung, von der auch seit 2005 eingefordert wird, Eigenvorsorge zu betreiben, um Hochwasserschäden zu minimieren (§ 5 WHG). Die Todesfallanalyse zeigt allerdings, dass schadensmindernde Maßnahmen in 14 Fällen tödlich endeten (vgl. Tabelle 4.3). Daher sollte das WHG und/oder das nordrhein-westfälische Landeswassergesetz ergänzt werden und klarstellen, dass die Pflicht zur Eigenvorsorge und Schadensminderung endet, wo eine Verletzungs- und gar Lebensgefahr beginnt: Schutz von Leib und Leben hat Vorrang vor Sachschutz! Dies ist im Ereignisfall, insbesondere bei Starkregen und Sturzfluten im Rahmen der Warnung nochmals zu betonen.

Außerdem zeigt die vorliegende Analyse, dass das Gefahren- und Risikobewusstsein in der Bevölkerung sowohl bei jüngeren als auch bei älteren Menschen verstärkt werden sollte, damit sie sich nicht in gefährliche Situationen begeben. Dies ist Aufgabe der Risikokommunikation. Diese sollte zum einen Gefahreninformationen mit Handlungsoptionen verbinden und zum anderen adressaten-/zielgruppengerecht sein. Zudem ist eine kontinuierlichere Auseinandersetzung mit dem Thema ratsam, um Verhalten einzuüben.

Die Auseinandersetzung mit Hochwassergefahrenkarten, die Erklärung von Unwetterwarnungen und die Vermittlung adäquaten Verhaltens können in der Schule, zum Teil sogar spielerisch im Kindergarten, beginnen. Wasserthemen und Risikoräume können im Sachkundeunterricht oder später im Geographie-/Erdkundeunterricht thematisiert werden. (In-)Stabilität in fließendem Wasser kann im Physikunterricht angesprochen werden, während eine Spurensuche im Geschichtsunterricht dazu beitragen könnte, an Unwetter- und Hochwasserereignisse vor Ort zu erinnern und diese Ereignisse und dahinter liegende Prozesse fächerübergreifend zu bearbeiten. Die Diskussion aktueller Ereignisse hilft, an die Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler anzuknüpfen.

Im Juli 2021 sind mehrere Personen in oder bei einem Fahrzeug ums Leben gekommen, da sie in überfluteten Bereichen die Kontrolle über ihr Fahrzeug verloren hatten und später vom Wasser mitgerissen wurden. In den USA und Australien kommen diese Unfallverläufe nochmals häufiger vor (vgl. Jonkman & Kelman 2005). Daher sollte dieses Thema in Fahrschulen und bei Fahrsicherheitstrainings thematisiert werden.

Ältere Personen sind vorrangig in einem Gebäude, oft in Kellerräumen, verunglückt oder wurden vom Wassereinbruch überrascht. Dabei spielen unterschiedliche Unfallodynamiken eine Rolle, u. a. Stürze oder Überanstrengung (vgl. Tabelle 4.3). Ein einfacher Appell, nicht in den Keller zu gehen, hält viele Menschen nicht davon ab – auch dies zeigen die untersuchten Unterlagen. Hier kann eine gute Risikokommunikation helfen, im Vorfeld Gefahrenquellen im Haushalt zu erkennen und diese zu sichern, indem z. B. Fluchtwege aufgezeigt, potenzielle Unfallstellen gesichert und Handlungen in einem häuslichen Notfallplan festgehalten und eingeübt werden. Während jüngere Menschen durch soziale Medien und das Internet gut angesprochen werden können, sollten bei älteren Menschen eher traditionelle Medien (Radiosendungen, kurze Aufklärungsfilme vor den Fernsehnachrichten, Broschüren in Arztpraxen und Apotheken u. ä.) eingesetzt werden. Im Ereignisfall kann dann auf eingeübtes Verhalten zurückgegriffen werden.

Einige Todesfälle (fünf) sind auf Versuche, das Gefahrengebiet horizontal durch Weggehen oder Wegfahren zu verlassen, zurückzuführen. Obwohl eine detaillierte Analyse

fehlt, deuten erste Befunde an, dass vermutlich in den meisten Fällen eine vertikale Flucht innerhalb von Gebäuden sicherer wäre. Daher sollten Fluchtwege und Sammelstellen in Gebäuden, insbesondere in Mehrfamilienhäusern, geplant werden. In Ortschaften sind Sammelstellen und Schutzräume außerhalb der Gefahrenzonen zu benennen.

In Gebieten, in denen Hochwasser zu Gebäudekollapsen geführt hat, sind die hydraulischen Bedingungen zu rekonstruieren. Wohngebiete in überfluteten Bereichen sind daraufhin zu prüfen und Evakuierungspläne für gefährdete Gebäude zu entwickeln.

### ***3. Warnprozesse überarbeiten und in ein konsistentes und verständliches Risikokommunikationskonzept einbetten***

In Tabelle 5.2 wurde nicht nur die hohe Intensität des Ereignisses im Juli 2021 illustriert, sondern auch aufgezeigt, dass die Szenarien der Gefahrenkarten und die Schwellenwerte für die Hochwasserwarnung (Informationswerte 1 bis 3 in NRW) offenbar nicht (immer) aufeinander abgestimmt sind. Dies ist für ein konsistentes Risikokommunikationskonzept dringend zu bereinigen und wurde bereits nach dem Juni-Hochwasser 2013 empfohlen (vgl. DKKV 2015). Eine solche Kopplung von Warnstufen und Gefahrenkarten würde es im Ereignisfall deutlich erleichtern, gefährdete Gebiete zu identifizieren und entsprechende Maßnahmen zu treffen.

Die hohe Ereignisintensität stellt auch das dreistufige Warnkonzept in NRW infrage. Um sehr extreme Ereignisse wie im Juli 2021 im Vorfeld klar zu kennzeichnen, wären vier oder mehr Stufen sicherlich sinnvoll.

In schnell reagierenden Einzugsgebieten hängt die Abflussvorhersage sehr von der Güte der Niederschlagsvorhersage ab. Daher sind zum einen schnell reagierende Gebiete besser zu identifizieren. Hier könnte die Ausweisung als Hochwasserentstehungsgebiet (vgl. § 78d WHG) geprüft werden. Zum anderen sind für diese Gebiete spezielle Risikomanagementpläne zu entwickeln – im Hinblick auf Landnutzung, Schaffung von Retentionsräumen und Warnsystemen (z. B. durch lokale Pegel oberstrom von Ortschaften) und angepasste Risikokommunikation. Letztere sollte stärker als in Gebieten im Flachland oder entlang von größeren Flüssen die potenziell lebensbedrohliche Situationen im Blick haben und entsprechende Handlungsempfehlungen zur Selbstevakuierung und zum Schutz entwickeln.

Für alle Kommunikationsmittel gilt, dass ihre Verständlichkeit und Sinnhaftigkeit mit der betroffenen Bevölkerung auf Wirksamkeit getestet werden sollte. Die Verantwortlichkeit für die Verständlichkeit von Warnungen und die Stärkung adäquater Reaktionen in der Bevölkerung und im örtlichen Katastrophenschutz sollte als Aufgabe der für die Hochwasserwarnung zuständigen Behörden festgeschrieben werden (vgl. Penning-Rowsell et al. 2000). Entsprechend ausgebildetes Personal ist dafür einzuplanen.

### ***4. Qualität des örtlichen Katastrophenschutzes sichern***

Der örtliche Katastrophenschutz basiert in Deutschland, insbesondere in ländlichen Regionen, auf ehrenamtlichem Engagement; die Feststellung des Katastrophenfalls ist Aufgabe der Landkreise. Dieses System kann bei extremen Ereignissen an seine Grenzen stoßen, wenn Entscheidungsträger fachlich überfragt sind und/oder ehrenamtliche Feuerwehren über einen längeren Zeitraum die Einsatzfähigkeit nicht leisten können. Daher sollte der örtliche Katastrophenschutz durch verschiedene Maßnahmen und Vorgaben gestärkt bzw. entlastet werden, damit z. B. Evakuierungen rechtzeitig eingeleitet oder

gefährdete Bereiche so abgesperrt werden, dass Menschen und Fahrzeuge nicht in überschwemmten Gebieten in Not geraten.

Die Feststellung des Katastrophenfalls ist oftmals mit Kosten für den Landkreis verbunden, sodass diese Maßnahme auch mal verzögert wird (z. B. im Landkreis Ahrweiler, RLP). Sachsen hat daher den Katastrophenfall direkt an die höchste Hochwasserwarnstufe gekoppelt. Durch die automatisierte Feststellung werden Entscheidungsträger entlastet, Maßnahmen können rechtzeitig eingeleitet oder Hilfe von außen kann angefordert werden. Da in NRW ein landesweites System zur gegenseitigen Hilfe von Feuerwehren existiert, ist zu prüfen, ob das Prinzip aus Sachsen hier überhaupt (modifiziert) anwendbar wäre. Alternativ könnte man auch über eine verpflichtende Weiterbildung im Bereich des Katastrophenmanagements für Landräte und Bürgermeister nachdenken, damit diese Warnungen besser verstehen, weiterleiten und entsprechende Maßnahmen – in Zusammenarbeit mit dem Krisenstab – einleiten.

Für die Ereignisbewältigung vor Ort ist zu beachten, dass Hochwassereinsätze eine hohe Belastung für die Rettungskräfte darstellen. So sind zwei der drei Todesfälle unter Rettungskräften bei bzw. nach offiziellen Feuerwehreinsätzen auf internistische Ursachen zurückzuführen; weitere Feuerwehren haben nach Ende des Einsatzes schwerwiegende Herz-Kreislauf-Erkrankungen gemeldet. Insbesondere vorerkrankte oder ältere Mitglieder der Feuerwehren sollten daher entsprechend weniger belastende Aufgaben übernehmen und mehr Pausen machen. Eine offene Kommunikationskultur zu diesem Thema würde sicherlich helfen, Überlastungen frühzeitig anzuzeigen oder bei anderen zu erkennen.

### **5. Statistik/Fallzahlen prüfen & Vorgaben für die Zukunft:**

Wie in Kapitel 3 ausgeführt, waren Vorgaben zur Erfassung der Hochwassertodesopfer im Juli 2021 im IM teilweise unklar. Dies betrifft vor allem Fälle, die IRDR (2015) als indirekte, aber unmittelbare Fälle klassifiziert („indirect immediate“). Für eine umfassende Aufarbeitung des Ereignisses und für potenzielle zukünftige Ereignisse sollte daher frühzeitig festgelegt werden, welche Daten während eines Hochwassers wie und von wem erhoben werden. Das Kodierschema, das für dieses Gutachten entwickelt wurde (vgl. Tabelle 2.1), könnte beispielsweise eine Grundlage für eine umfassendere Todsopfer-Datenbank bilden. Dies wäre auch im Hinblick auf eine bessere Berichterstattung Deutschlands zum Sendai-Rahmenwerk wünschenswert. Es sei erwähnt, dass nicht alle möglichen Kategorien aus der Tabelle 2.1 im vorliegenden Datensatz vom Juli 2021 vergeben wurden. Das Kodierschema hat auch Kategorien, die in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben werden, berücksichtigt. Dies eröffnet nun die Möglichkeit, das Schema bei zukünftigen Ereignissen einzusetzen, um bereits im Ereignisfall eine konsistente Dokumentation zu erstellen. Daher wird in Anlage 5 eine Excelvorlage zur Verfügung gestellt.

Eine konsistente und kontinuierliche Dokumentation eröffnet Chancen, Verbesserungspotenziale zu entdecken, aber auch erfolgreiche Maßnahmen zu identifizieren. Um dieses Potenzial auszuschöpfen, sollte jedoch auch die ressortübergreifende Zusammenarbeit zwischen Innen-, Umwelt- und Gesundheitsministerien und den jeweils nachgeordneten Behörden gestärkt werden, damit Fachinformationen verstanden und aus unterschiedlichen Perspektiven interpretiert werden können. Auch dies ist in der Idee eines integrierten Hochwasserrisikomanagements angelegt.

# Literaturverzeichnis

- Apel, H., S. Vorogushyn & B. Merz (2022): Brief communication – Impact Forecasting Could Substantially Improve the Emergency Management of Deadly Floods: Case Study July 2021 floods in Germany. – Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., <https://doi.org/10.5194/nhess-2022-33> (in Begutachtung).
- Badoux, A., N. Andres, F. Techel & C. Hegg (2016): Natural hazard fatalities in Switzerland from 1946 to 2015. – Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 16: 2747–2768, doi:10.5194/nhess-16-2747-2016.
- Bartsch, M., A. Großbongardt, H. Gude & R. Lehberger (2022): Totales Führungsversagen. DER SPIEGEL Nr. 3, 24–29.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (2021): FAQ Hochwassergefahren- und –risikokarten. [https://www.lfu.bayern.de/wasser/hw\\_risikomanagement\\_umsetzung/faq/faq\\_karten/index.htm](https://www.lfu.bayern.de/wasser/hw_risikomanagement_umsetzung/faq/faq_karten/index.htm) (zuletzt abgerufen am 16.02.2022).
- Brown, C.A. & W.J. Graham (1988): Assessing the Threat to Life from Dam Failure. – Water Resources Bulletin 24(6): 1303–1309.
- Der Spiegel (1962): Stadt unter. In: Der Spiegel. Nr. 9, 1962, online unter: <https://www.spiegel.de/politik/stadt-unter-a-dabb29d6-0002-0001-0000-000045139168?context=issue> (zuletzt abgerufen am 27.02.2022).
- DKKV (2015, Hrsg.): Das Hochwasser im Juni 2013: Bewährungsprobe für das Hochwasserrisikomanagement in Deutschland. DKKV-Schriftenreihe Nr. 53, Bonn
- Junghänel, T., P. Bissolli, J. Daßler, R. Fleckenstein, F. Imbery, W. Janssen, F. Kaspar, K. Lengfeld, T. Leppelt, M. Rauthe, A. Rauthe-Schöch, M. Rocek, E. Walawender & E. Weigl (2021): Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021. Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721\\_bericht\\_starkniederschlaege\\_tief\\_bernd.html](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721_bericht_starkniederschlaege_tief_bernd.html) (letzter Zugriff: 28.02.2022)
- Erftverband (2021): Hochwasser an der Erft und ihren Nebengewässern 14. bis 16.07.2021. Erste Auswertung des Niederschlags- und Abflussgeschehens. Erftverband, 23. S.
- Freie und Hansestadt Hamburg – Schulbehörde (1962): Die große Flut in Hamburg. Eine Chronik der Katastrophe vom Februar 1962. Auszug „Die Toten der Sturmflut in Hamburg“, 9 S.
- Green, H.K., O. Lysaght, D.D. Saulnier, K. Blanchard, A. Humphrey, B. Fakhruddin & V. Murray (2019): Challenges with Disaster Mortality Data and Measuring Progress Towards the Implementation of the Sendai Framework. – International Journal of Disaster Risk Science 10: 449–461, <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00237-x>.
- Heidenreich, A., S. Köhler, S. Seebauer & T. Masson (2020): Schutzhandeln bei Hochwasser, Hitze und Co. – Umweltpsychologische Theorien für die Naturrisikoforschung. – Umweltpsychologie 24(2): 92-109.
- IKSE – Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (2004): Dokumentation des Hochwassers vom August 2002 im Einzugsgebiet der Elbe. Magdeburg.
- IRDR – Integrated Research on Disaster Risk (2015): Guidelines on Measuring Losses from Disasters: Human and Economic Impact Indicators (IRDR DATA Publication No. 2). Beijing: Integrated Research on Disaster Risk. Verfügbar unter:

- [https://www.irdrinternational.org/knowledge\\_pool/publications/413](https://www.irdrinternational.org/knowledge_pool/publications/413), zuletzt abgerufen am 20.02.2022.
- Jonkman, S.N. & I. Kelman (2005): An analysis of the causes and circumstances of flood disaster deaths. – *Disasters* 29(1): 75–97.
- Jonkman, S.N. & E. Penning-Rowsell (2008): Human Instability in Flood Flows. – *Journal of the American Water Resources Association* 44(5): 1208–1218.
- Kind, C., T. Kaiser, M. Riese, P. Bubeck, E. Müggenburg, L. Schüller, R. Fleischmann & A. Thieken (2019): Vorsorge gegen Starkregenereignisse und Maßnahmen zur wassersensiblen Stadtentwicklung – Analyse des Standes der Starkregenvorsorge in Deutschland und Ableitung zukünftigen Handlungsbedarfs. UBA-Text 55/2019; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/vorsorge-gegen-starkregenereignisse-massnahmen-zur>.
- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (o. J.): Hochwassergefahrenkarten / Hochwasserrisikokarten – Erläuterungen und Lesehilfe. [https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/lesehilfe\\_hwrmrl\\_hwgk.pdf](https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/lesehilfe_hwrmrl_hwgk.pdf) (zuletzt abgerufen am 17.02.2022).
- NZZ – Neue Züricher Zeitung (2021): Wie das Hochwasser in Ahrweiler so verheerend wurde. Dokumentation, <https://www.youtube.com/watch?v=3xYOMy3-PJU> (zuletzt abgerufen am 27.02.2022).
- Paprotny, D., O. Morales-Nápoles & S.N. Jonkman (2018): HANZE: a pan-European database of exposure to natural hazards and damaging historical floods since 1870. – *Earth Syst. Sci. Data* 10: 565–581, Datendownload: <https://doi.org/10.4121/uuid:5b75be6a-4dd4-472e-9424-f7ac4f7367f6>, zuletzt abgerufen im September 2021.
- Penning-Rowsell, E.C. & C. Green (2000): New insights into the appraisal of flood-alleviation benefits: (1) Flood damage and flood loss information. – *J. Chart. Inst. Water Engrs* 14, 347–353.
- Penning-Rowsell, E.C., S.M. Tunstall, S.M. Tapsell & D.J. Parker (2000): The benefits of flood warnings: real but elusive, and politically significant. – *J. Chart. Inst. Water Environm. Management* 14, 7–14.
- Petrow, T. & A. Thieken (2015): Entwicklungen in der Flächenvorsorge. Kapitel 5.1 in: DKKV (Hrsg.): *Das Hochwasser im Juni 2013: Bewährungsprobe für das Hochwasserrisikomanagement in Deutschland*. DKKV-Schriftenreihe Nr. 53, Bonn, S. 92–99.
- Petrucci, O. (2022): Review article: Factors leading to the occurrence of flood fatalities: a systematic review of research papers published between 2010 and 2020. – *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 22: 71–83, <https://doi.org/10.5194/nhess-22-71-2022>.
- Petrucci, O., K. Papagiannaki, L. Aceto, L. Boissier, V. Kotroni, M. Grimalt, M.C. Llasat, M. Llasat-Botija, J. Rosselló, A.A. Pasqua & F. Vinet (2019): MEFF: The database of MEditerranean Flood Fatalities (1980 to 2015). – *Journal of Flood Risk Management* 2019;12:e12461. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12461>.
- Petrucci, O., L. Aceto, C. Bianchi, V. Bigot, R. Brázdil, S. Pereira, A. Kahraman, Ö. Kılıç, V. Kotroni, M.C. Llasat, M. Llasat-Botija, K. Papagiannaki, A. Aurora Pasqua, J. Rehor, J.R. Geli, P. Salvati, F. Vinet & J.L. Zêzere (2019): Flood Fatalities in Europe, 1980–2018: Variability, Features, and Lessons to Learn. – *Water* 11: 1682, doi:10.3390/w11081682.
- Pfeifer, W. (1963): *Bremen im Schutz seiner Deiche*. Dokumentation zur großen Sturmflut vom 16. und 17. Februar 1962. Bremen: Carl Schünemann Verlag.
- Reimer, N. (2002): *Als der Regen kam: Ein Fotolesebuch zur Flut in Sachsen*. Michael Sandstein Verlag.
- Saulnier D.D., K. Brolin Ribacke & J. von Schreeb (2017): No calm after the storm: a systematic review of human health following flood and storm disasters. – *Prehosp Disaster Med.* 32(5): 568–579.



- Speckhann, G.A., H. Kreibich & B. Merz (2020): Inventory of dams in Germany. <https://doi.org/10.5880/GFZ.4.4.2020.005>.
- Thieken, A.H., M. Kemter, S. Vorogushyn, L. Berghäuser, T. Sieg, S. Natho, G. Samprogna Mohor, T. Petrow, B. Merz & A. Bronstert (2021): Extreme Hochwasser bleiben trotz integriertem Risikomanagement eine Herausforderung, 10 S., Technical Report. [https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/extrass/Flut2021\\_StatementThiekenEtAl.pdf](https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/extrass/Flut2021_StatementThiekenEtAl.pdf).
- Thieken, A.H., S. Kienzler, H. Kreibich, C. Kuhlicke, M. Kunz, B. Mühr, M. Müller, A. Otto, T. Petrow, S. Pisi & K. Schröter (2016): Review of the flood risk management system in Germany after the major flood in 2013. – Ecology & Society 21(2): 51, DOI: <http://dx.doi.org/10.5751/ES-08547-210251>.
- UN – United Nations (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Deutsche Übersetzung vom Mai 2019 erhältlich unter: [https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fremd-Publikationen/SENDAI/sendai-rahmenwerk-2015-2030.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=4](https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fremd-Publikationen/SENDAI/sendai-rahmenwerk-2015-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=4) (letzter Zugriff: 26.02.2022).
- UNISDR – United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2017): Technical Guidance for Monitoring and Reporting on Progress in Achieving the Global Targets of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction.
- Vinet, F., L. Boissier & C. Saint-Martin (2016): Flashflood-related mortality in southern France: first results from a new database. E3S Web of Conferences 06001: 1–10, DOI: 10.1051/e3sconf/20160706001.
- WVER – Wasserverband Eifel-Rur (2021): Sachstandsbericht: Hochwasserereignis Juli 2021. Extremereignis vom 14./15.07.2021. 8 S. plus Anlagen.

## **Anhang (nicht öffentlich)**

***Anlage 1: Dokumentation relevanter Textstellen pro Todesfall (Hinweis: Diese Anlage enthält Textstellen aus Dokumenten, die als VS-nfD gekennzeichnet sind.)***

***Anlage 2: Kodierter Datensatz der 49 Todesfälle in NRW im Juli 2021***

***Anlage 3: Kreuztabellen der Auswertungen in Kapitel 4***

***Anlage 4: Dokumentation von Textstellen zu Evakuierungen (Hinweis: Diese Anlage enthält Textstellen aus Dokumenten, die als VS-nfD gekennzeichnet sind.)***

***Anlage 5: Tabellenvorlage mit Kodierschema für zukünftige Dokumentationen***