

Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland

Ein Jahr danach: Aufarbeitung
und erste Lehren für die Zukunft

Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V.



Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland

Ein Jahr danach: Aufarbeitung und erste Lehren für die Zukunft

Impressum

Herausgeber:	Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV)
Geschäftsstelle:	Kaiser-Friedrich-Str.13 D 53113 Bonn Tel: 0228 / 26 199 570 Fax: 0228 / 26 199 571 www.dkkv.org
Projektleitung:	Benni Thiebes, Ronja Winkhardt-Enz, Isabelle Kleeschulte
Dank:	Wir bedanken uns bei Janos Bogardi und Zbigniew W. Kundzewicz für die sorgfältige Begutachtung des Berichts in seiner englischen Version, sowie Reimund Schwarze und Martin Voss für die hilfreiche Kommentierung dieser Ausgabe der DKKV Schriftenreihe. Des Weiteren danken wir allen Teilnehmenden der Expert:innen-delegation vom September 2021, ohne die diese Ausgabe der Schriftenreihe nicht zustande gekommen wäre.
Bildnachweis:	Von oben nach unten, von links nach rechts Alexander Fekete, Janos Bogardi, Rhein-Erft-Kreis, Michael Dietze
Zitation:	DKKV (Hrsg., 2022): Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland. Ein Jahr danach: Aufarbeitung und erste Lehren für die Zukunft. DKKV-Schriftenreihe Nr. 62, Bonn
Hinweis:	Der Hauptbericht ist eine übersetzte und leicht abgeänderte Version des Beitrags „The July 2021 flood disaster in Germany“ von W. Kron, R. Bell, B. Thiebes & A.H. Thieken im 2022 HELP Global Report on Water and Disasters, herausgegeben vom Sekretariat des High-level Experts and Leaders Panel on Water and Disasters (HELP), c/o GRIPS 7-22-1 Roppongi Minato-ku Tokyo 106-8677 Japan; www.wateranddisaster.org
Design:	Bassim Hashim – Satz und Logo – info@satzundlogobonn.de
Druck:	Bonndruck 24 – In den Tannen 27 – 53757 Sankt Augustin
Auflage:	Bonn, Deutschland August 2022 2. überarbeitete Auflage
ISBN online:	978-3-933181-72-5
ISBN Druck:	978-3-933181-71-8

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	5
Übergeordnete Lehren aus der Flutkatastrophe 2021	6
Vorwort Katja Dörner	10
Vorwort Cornelia Weigand	11
Vorwort Kenzo Hiroki	12
Einleitung	13
Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland	14
Zusammenfassung.....	14
1 Das auslösende Wetterereignis	15
1.1 Hydro-meteorologischer Kontext.....	15
1.2 Die betroffenen Gebiete.....	16
1.3 Klimatologischer Kontext.....	19
1.4 Die Rolle des Klimawandels.....	20
2 Die Flutkatastrophe	21
2.1 Abflüsse und Wasserstände.....	21
2.2 Historischer Kontext.....	22
2.3 Folgen und Schäden.....	25
2.4 Bemerkenswerte Vorkommnisse.....	27
2.5 „Bernds“ Platz in der Statistik.....	29
3 Katastrophenhilfe	30
3.1 Wettervorhersage und Frühwarnung in Deutschland.....	30
3.2 Warnverfahren.....	30
3.3 Vorhersage und Frühwarnung bei den Überschwemmungen im Juli 2021.....	30
4 Lehren für das Katastrophenmanagement	32
4.1 Gestörte Warnwege und individuelles Verhalten.....	32
4.2 Gelernte und noch zu lernende Lektionen.....	33
5 Vorsorge, Schutz und bauliche Aspekte	34
5.1 Wie haben die bestehenden Systeme ihre Aufgaben erfüllt?.....	34
5.2 Hochwasservorsorge – was ist zu tun?.....	35
5.3 Katastrophenvorsorge und Katastrophenmanagement.....	36
5.4 Hochwasserversicherung.....	37
6 Wiederaufbau und künftige Maßnahmen	39
6.1 Nationaler Wiederaufbauplan.....	39
6.2 Grundsätze und Besonderheiten des Wiederaufbaus.....	39
6.3 Forschungsprojekte zur Resilienz.....	40

7	Schlussfolgerungen	42
7.1	Für die Katastrophe verantwortliche Faktoren.....	42
7.2	Bauvorsorge und Hochwasserrisikomanagement.....	43
7.3	Frühwarnung und Verhalten.....	43
7.4	Raumplanung.....	43
	Zusammenfassung der Aktivitäten zur Aufarbeitung der Flutkatastrophe.....	45
	Referenzen.....	49

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Verfügbare Bodenwasserspeicher (mm) in den obersten 60 cm unter Grünland am 12. Juli 2021 (DWD 2021)	15
Abb. 2:	72-Stunden-Niederschlag in Deutschland vom 12. Juli 2021, 5:50 UTC bis 15. Juli 2021, 5:50 UTC (verarbeitet von R. Bell aus RADOLAN-Daten des DWD (kombinierte Radar- und Stationsdaten))	16
Abb. 3:	Niederschlagsanalyse auf der Grundlage von 72-stündigen hydro-meteorologischen Rasterdaten vom 12. bis 14. Juli 2021 (links) und 16. bis 18. Juli 2021 (rechts) (DWD 2021)	17
Abb. 4:	24-Stunden-Niederschlag im Katastrophengebiet in Westdeutschland vom 14. Juli 2021, 5:50 UTC bis 15. Juli 2021, 5:50 UTC (verarbeitet von R. Bell aus RADOLAN-Daten des DWD (kombinierte Radar- und Stationsdaten))	17
Abb. 5:	Kumulierte Niederschläge in der Woche vom 11. bis 17. Juli 2021 in Europa als Prozentsatz der Mittelwerte von 1982-2010 (DWD 2021)	18
Abb. 6:	Lage der Orte im Ahrtal (European Environment Agency EEA)	21
Abb. 7a:	An das Hochwasser von 1804 erinnert eine Inschrift „Ten 21 Julius a(nno) 1804 hat tie ar gestanten so hoch alhir Emmericus Lejih’s“-„(An) dem 21. Juli 1804 hat die Ahr hier so hoch gestanden. Emmericus Lejih’s (Eigentümer)“. An das Jahr 1910 erinnert die Tafel „Hochwasserstand 13.06.1910“ (Fotos A. Fekete)	22
Abb. 7b:	Wasserstandsmarken in Walporzheim: Die Marke von 1910 liegt etwa 50 cm über dem Bodenniveau; die Marke von 1804 liegt 1,7 m und die Marke von 2021 3,5 m über dem Hochwasserstand von 1910 (Foto A. Fekete)	22
Abb. 8:	Ansammlung von Treibgut (Verklausung) an einer Brücke bei Altenahr (DLR 2021)	23
Abb. 9:	Scheitelabflüsse in der Ahr und ihren Zuflüssen (aus Roggenkamp & Herget (2022), DGM: Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz)	24
Abb. 10:	Bad Neuenahr: Die Flut kam plötzlich und mit großer Geschwindigkeit und Macht in der Nacht; den Menschen blieben nur wenige Minuten, um ihr Leben zu retten; einige ertranken beim Versuch, Wertgegenstände in Sicherheit zu bringen. (Foto J. Bogardi)	25
Abb. 11:	Zerstörte Brücke in Bad Neuenahr-Ahrweiler (Foto P. Ruland)	26
Abb. 12:	Lage von Campingplätzen im Ahrtal und in Seitentälern (Abflussdaten: Roggenkamp & Herget (2022), DGM: Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz)	28
Abb. 13:	Jährliche Gesamtschäden (in Werten von 2018) aus „reinen“ Hochwasserereignissen und Schäden aus Überschwemmungen bei schweren konvektiven Stürmen (SCS) in Deutschland 1980-2021 (Kron et al. 2019 überarbeitet, Schäden 2019-2021 sind geschätzt)	29
Abb. 14:	Überschwemmte Bereiche während des Hochwassers im Juli 2021 und neu berechnetes – vorläufiges – 100-jährliches Überschwemmungsgebiet nach dem Hochwasser (R. Bell basierend auf SGD Nord 2021)	39

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Definitionen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für „Starkregen“ (DWD 2022); die Warnung wird in drei durch Schwellenwerte definierte Stufen eingeteilt.	19
------------	--	----

Übergeordnete Lehren aus der Flutkatastrophe 2021

Benni Thiebes und Melanie Schwarz

Ein zentraler Aspekt von Resilienz ist die Fähigkeit zu lernen, sich anzupassen und weiterzuentwickeln. In diesem Sinne müssen Krisen- und Katastrophenergebnisse aufgearbeitet werden, um sich für zukünftige Ereignisse besser aufstellen zu können.

Die Aufarbeitung der Flutkatastrophe durch unterschiedliche Akteure aus Wissenschaft, operativer Praxis, Politik und Zivilgesellschaft hat eine Vielzahl von Defiziten sichtbar gemacht und Lehren hervorgebracht (siehe Seite 45). Diese sollten zum jetzigen Zeitpunkt nicht als *lessons-learned*, sondern vielmehr als *lessons identified* oder *lessons to learn* bezeichnet werden. Die identifizierten Defizite und daraus abgeleiteten Empfehlungen für Verbesserungen allein sind noch nicht mit einer Verbesserung und einem intensiven Lernprozess gleichzusetzen. Hierzu bedarf es einer Überführung in institutionelles Wissen und Handeln. Dieser Prozess hat zweifellos begonnen, ist aber noch lange nicht abgeschlossen. Weiterhin muss berücksichtigt werden, dass noch nicht alle Aufarbeitungsprozesse beendet sind. Verschiedene Untersuchungsausschüsse arbeiten derzeit noch intensiv an der Aufarbeitung der Ereignisse. Weiterhin stehen ausführliche Auswertungen und Evaluierungen der Einsätze durch die operative Praxis aus, u. a. durch das Technische Hilfswerk (THW), die Hilfsorganisationen und durch die Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V. (vfdb). Auch von der Wissenschaft und der (Rück-)Versicherungsbranche sind bislang nicht alle Untersuchungen abgeschlossen und publiziert.

Dementsprechend sind die hier zusammengestellten übergeordneten Handlungsempfehlungen nicht als abschließend zu verstehen und eine Ausweitung ist in den kommenden Monaten und Jahren zu erwarten.

Die im Folgenden zusammengestellten zwölf Handlungsempfehlungen fassen einige zentrale *lessons to learn* aus einer übergeordneten Perspektive zusammen. Diese Empfehlungen sind das Ergebnis der Auswertung der unterschiedlichen Stellungnahmen, Berichte, Forschungsarbeiten und Aktivitäten (siehe Seite 45) sowie

des aktiven Austauschs im Rahmen von Fachgesprächen, Tagungen, Workshops und Diskussionen mit Expert:innen aus Wissenschaft, operativer Praxis und Politik.

Grundsätzlich sind die meisten der zusammengestellten Lehren nicht neu und wurden bereits in der Vergangenheit in ähnlicher Form festgehalten. Dennoch veranschaulichte die Flutkatastrophe, wie aktuell und relevant diese Erkenntnisse nach wie vor sind.

1. Stärkung der Risikowahrnehmung und Förderung einer positiven Risikokultur

Um in Krisen angemessen reagieren zu können, ist es notwendig, Risiken vorausschauend einschätzen zu können. Dafür sind eine Entwicklung der gesellschaftlichen Risikowahrnehmung und eine proaktive Risikokultur, die nicht nur häufig wiederkehrende, sondern auch seltene und singuläre Ereignisse bedenkt, notwendig. Lokale Risiken sind der jeweils örtlichen Bevölkerung jedoch oftmals unbekannt, werden unterschätzt oder verdrängt und auch professionelle Akteure des Risikomanagements schätzen Schadenspotenziale in einer sich dynamisch und intransparent entwickelnden Lage oft nicht adäquat ein. Daher ist es notwendig, Strategien und konkrete Aktivitäten zu entwickeln, um in einem positiven Rahmen über Risiken und den Umgang mit ihnen zu sprechen. So kann eine offene Kommunikation über potenzielle Gefahren und dadurch eine bessere Risikowahrnehmung erzielt werden.

2. Verbesserung der Risikokommunikation

Eine sachliche und unaufgeregte Risikokommunikation stellt eine zentrale Grundlage für eine erfolgreiche Krisenkommunikation und eine effiziente Reaktion der Bevölkerung im Krisen- oder Katastrophenfall dar. Dazu müssen Risiken ganzheitlich, d. h. unter Berücksichtigung der Gefahr, der Vulnerabilitäten wie auch der bestehenden oder fehlenden Schutzkapazitäten fortlaufend und transparent kommuniziert werden. So kann das Risikobewusstsein in der Bevölkerung geschärft, die Risikowahrnehmung aufrechterhalten und ein angemessener Umgang mit Risiken erreicht werden. Hierbei sollten nicht nur häufig auftretende Ereignisse, wie z. B. ein 10-jährliches Hochwasser, sondern auch historische Extremereignisse berücksichtigt werden. Durch zielgruppengerechte

und attraktive Formate kann die Selbstwirksamkeit jedes Einzelnen in den Vordergrund gestellt werden. Hierzu gibt es zahlreiche Ideen. Bei Dorf- oder Stadtfesten könnten beispielsweise historische Hochwasserstände mit Luftballons markiert werden, um dadurch Gefahren zu verdeutlichen. Für ein positives Framing sollten nicht die Schäden und Verluste in den Vordergrund gestellt werden, sondern stattdessen die erfolgreiche Bewältigung der Krise oder die gesellschaftliche Solidarität im Katastrophenfall. Weiterhin könnten Hochwassermarken an Bushaltestellen oder Lichtmasten angebracht werden. In jedem Fall ist Risikokommunikation gesamtgesellschaftlich zu denken. Dies kann vom Kindergarten über Schulen und Universitäten bis hin zu Fernsehwerbefilmen reichen.

3. Fokus auf Vorsorge

Zahlreiche Studien zeigen, dass Vorsorge kosteneffizienter ist als Nachsorge. Vorsorge ist jedoch nicht nur Aufgabe der Politik und der Verwaltung, sondern muss auch von der Bevölkerung selbst umgesetzt werden. Dazu zählt z. B. persönliche Dokumente sicher zu lagern, einen Notfallrucksack vorzubereiten, Schutzmaßnahmen für das Eigenheim zu prüfen und ggf. zu installieren sowie Warn-Apps zu nutzen. Zusätzlich können Versicherungen z. B., durch vergünstigte Prämien Anreize für die Vorsorge setzen und zudem einen zügigen Wiederaufbau unterstützen. All diese Empfehlungen sind nicht neu. Zentral ist hierbei, den Fokus auf Vorsorge mit einer effektiven Risikokommunikation zu verbinden, damit die bekannten Maßnahmen auch praktisch umgesetzt werden.

4. Verbesserung von Risikoanalysen

Die vorhandenen Gefahren- und Risikokarten schätzten die Lage für die Flutkatastrophe falsch ein und deckten nicht die real betroffenen Gebiete ab. Dies ist u. a. durch die fehlende Berücksichtigung historischer Extremereignisse begründet. Lokal führten zudem die Verklausungen an Brücken und Ablagerungen von Geschiebe zu höheren Hochwasserständen als erwartet, da diese Interaktion zwischen dem Hochwasser und der Infrastruktur nicht hinreichend in Risikoanalysen berücksichtigt wurde. Auch weitere Kaskadeneffekte, wie Erosionsrisiken, müssen beachtet werden. Es besteht also zweifellos Handlungsbedarf, Risikoanalysen umfassend zu modellie-

ren und diese regelmäßig zu prüfen. Daneben müssen Risikoanalysen besonders vulnerable und im Katastrophenfall auf Hilfe angewiesene Personengruppen berücksichtigen und eine Grundlage für die Planung von Evakuierungen darstellen. Zudem können bessere Risikoanalysen die Risikowahrnehmung nachhaltig stärken und eine bessere Planung von Maßnahmen ermöglichen.

5. Mehr Raum für Flüsse und Wasserrückhaltung

Die weiträumige Versiegelung von Flächen und fehlende Rückhaltebecken verstärken den Oberflächenabfluss und führen zu schnelleren Anstiegen von Pegeln sowie zu insgesamt höheren Pegelständen. Durch z. B. blau-grüne Infrastrukturen kann nach dem Prinzip der Schwammstadt der Abfluss von Niederschlagswasser verringert und verzögert werden. Auch Hochwasserrückhaltebecken können große Mengen an Niederschlagswasser zwischenspeichern und damit die Scheitel einer Hochwasserwelle senken. Naturbasierte Lösungen, wie die Speicherung von Wasser in Auen und Poldern, sind bei der Hochwasserschutzplanung stärker zu berücksichtigen. Flussbegradigungen hingegen können einen schnelleren Abfluss bedingen und dadurch die Hochwassergefahr erhöhen. Gleichzeitig sollte diskutiert werden, inwiefern Vorgaben zur Landnutzung einer Anpassung bedürfen und in einigen Gebieten ein Siedlungsrückzug angemessen ist. Es ist zudem notwendig, neben historischen Großereignissen auch die zu erwartenden Auswirkungen des Klimawandels in die Raumplanung zu integrieren, da diese die Gefahr von Extremereignissen weiter verschärfen können.

6. Stärkung von kritischen Infrastrukturen

Die Flut beschädigte mehrere Einrichtungen kritischer Infrastrukturen (KRITIS) schwer – darunter Kommunikationsnetze, die Strom- und Gasversorgung, Krankenhäuser und Kläranlagen. Die Versorgung der lokalen Bevölkerung konnte dadurch nicht aufrechterhalten werden. Durch die zentrale Bedeutung, die KRITIS für das gesellschaftliche Zusammenleben einnimmt, ist ein verbesserter Schutz dieser Infrastrukturen notwendig. Dies geschieht durch eine stärkere Berücksichtigung in Gefahrenkarten und bei Risikoanalysen sowie durch konkrete Schutzziele für sensible Infrastrukturen.

7. Frühwarnung neu denken

Die Warnung der Bevölkerung stellte vor und während der Flutkatastrophe eine zentrale Herausforderung dar. Als Folge wurde mit Cell Broadcasts und dem Ausbau des Sirennetzes bereits eine Verbesserung der Warninstrumente angestoßen. Die rein technische Übermittlung einer Information ist aber nicht hinreichend; erforderlich ist vielmehr, die Gefahrenlage greifbar und für unterschiedliche Menschen unmittelbar ansprechend sowie verknüpft mit Handlungsanweisungen zu veranschaulichen. Denn nur eine Warnung, die die Bevölkerung erreicht, von der jeweiligen Person in ihrer Bedeutung und Tragweite richtig verstanden wird und ihr die nun noch möglichen Handlungsmöglichkeiten veranschaulicht, führt optimal zur Risikominimierung. Dementsprechend müssen z. B. die Kommunikationskanäle zielgruppengerecht gewählt werden, sodass sie die gefährdete Bevölkerung und vulnerable Gruppen erreichen. Die Altersverteilung der Todesopfer an der Ahr zeigt, dass der Großteil der Opfer über 60 Jahre alt war – eine Altersgruppe, die beispielsweise nicht vollständig über Warn-Apps oder soziale Medien erreicht werden kann. Neben den Kommunikationskanälen ist auch die Sprache so zu wählen, dass die Warnung von der allgemeinen Bevölkerung sowie von besonders vulnerablen Gruppen verstanden wird. Eine Information, die die Niederschlagsintensität in Millimeter pro Stunde angibt, wird vermutlich von vielen Menschen nicht richtig interpretiert. Eine illustrative Beschreibung der konkreten Folgen (impact-based forecasting) und qualitative Aussagen, wie „das größte Hochwasser, das Sie jemals erlebt haben“ sind dafür angemessener. Klare Handlungsanweisungen ohne Verneinungen erweisen sich zudem als effektiver, denn Negationen können verwirren und falsche Impulse auslösen. Klare Aussagen wie „suchen Sie das Obergeschoss auf“ erweisen sich als zielführender, als darauf hinzuweisen, dass man nicht in den Keller gehen soll.

8. Krisenkommunikation und -management robuster gestalten

Beim Krisenmanagement und der Krisenkommunikation stehen das Management und der Austausch von Informationen während einer akuten Krise im Vordergrund. In einzelnen Krisenstäben, z. B. in Bad Neuenahr-Ahrweiler, war die Befähigung

zur Erstellung von Lagebildern stark beeinträchtigt und eine effiziente Steuerung der Hilfs- und Rettungsmaßnahmen stark eingeschränkt. Die Stabsarbeit wurde zudem erschwert, da viele Beteiligte selbst von der Katastrophe betroffen waren. Weiterhin spiegelt sich die bedeutende Rolle des Ehrenamts im Bevölkerungsschutz zum Teil auch in den Krisenstäben wider. Häufig haben diese jedoch nur wenig oder keine Erfahrung mit Großschadenslagen. Die Schwierigkeiten, die es bei der Arbeit des Krisenstabes und der operativen Einsatzkräfte gab, können durch zuvor geübte Abläufe und organisationsübergreifende Übungen sowie den Einsatz von erfahrenen Expert:innen reduziert werden. Robustere Kommunikationsmaßnahmen können den Zusammenbruch des Digitalfunks sowie des Netzempfangs verhindern und die Kommunikation der operativen Kräfte und die Koordinierung der Rettungsmaßnahmen verbessern.

9. Bessere Koordinierung

Die Koordinierung der Einsatzkräfte, Freiwilligen und Spontanhelfenden während und nach der Katastrophe stellte eine große Herausforderung dar, insbesondere da Kommunikations- und Transportnetze durch das Hochwasser stark beeinträchtigt wurden. Neben den professionellen, größtenteils aber ehrenamtlichen Helfer:innen sind auch die ungebundenen Spontanhelfer:innen besser in der Krisenkommunikation, in Bewältigungsmaßnahmen und die Aufbauplanung einzubinden, um Helfende besser koordinieren und effizienter einsetzen zu können. Die zahlreichen Menschen, die im Katastrophenfall der betroffenen Bevölkerung helfen und die Aufräumarbeiten unterstützen, müssen deshalb durch geschulte Expert:innen koordiniert werden. Zusätzlich wurde durch die Gründung des Gemeinsamen Kompetenzzentrums Bevölkerungsschutz (GeKoB) im Nachgang der Katastrophe inzwischen eine stärkere Einbindung des Bundes in der Koordinierung im Krisenfall implementiert.

10. Den Notfall planen und üben

Um eine effektive Reaktion im Katastrophenfall zu ermöglichen, müssen Katastrophen und Evakuierungen sowohl mit Einsatzkräften als auch mit der Bevölkerung regelmäßig geübt werden. Diese sollten auf Risikoanalysen aufbauen und

besonders vulnerable Gruppen und deren zielgerichtete Unterstützung bei der Evakuierung berücksichtigen. In anderen Ländern sind Katastrophenübungen ein essenzieller Bestandteil des Schul- und Universitätslebens (z. B. Japan, Neuseeland, USA) und ermöglichen es, Abläufe zu trainieren und Umsetzungsschwierigkeiten bereits in den Übungen zu erkennen. In Deutschland sind solche Übungen bislang unüblich. Ein erster Schritt in Richtung einer regelmäßigen Katastrophenübung wurde mit der Einführung eines deutschlandweiten Warntages im Jahr 2020 bereits erprobt, aber zeigte noch erhebliche technische und organisatorische Defizite in der Vorbereitung und Abstimmung von Bund- und Länderaktivitäten.

11. Angepasstes Material für operative Hilfskräfte

Durch operative Einsatzkräfte im Katastrophenschutz wurden bereits eine Reihe von Lehren aus der Bewältigung der Flutkatastrophe gezogen (z. B. 15 Big Points (Vfdb 2021)). Unter anderem bei der Ausrüstung von Einsatzkräften zeigten sich Defizite. Während der Evakuierungs- und Rettungsmaßnahmen am 14. und 15. Juli mangelte es z. B. an einsatzfähigen Hubschraubern mit Seilwinden, um Personen von Hausdächern retten zu können. Zu einer verbesserten Ausrüstung zählt neben technischem Equipment,

wie wassertauglichen Fahrzeugen, auch eine bessere persönliche Schutzausrüstung. Denn gerade in Katastrophengebieten wie an der Ahr, bei denen Verkehrswege und Brücken für Tage und Wochen zerstört waren, sind Einsatzkräfte für längere Zeit auf sich gestellt. Die zusätzlichen Investitionen in den Zivilschutz, auch in Reaktion auf den Ukrainekrieg, bieten die Möglichkeit, die Ausstattung im Katastrophen- und Zivilschutz zu modernisieren.

12. Nicht nur wiederaufbauen sondern „Build Back Better“

Diskussionen über die Gestaltung des Wiederaufbaus begannen bereits kurz nach der Flutkatastrophe. Ein Wiederaufbau, der das vergangene Ereignis und die Lehren daraus nicht berücksichtigt, würde zukünftig erneut zu gravierenden Schäden führen. Der Wiederaufbau sollte deshalb als Chance für eine resiliente Transformation verstanden werden und unter dem Aspekt „Build Back Better“ gestaltet und umgesetzt werden, was auch bedeutet, dass an manchen Stellen gar nicht wieder aufgebaut werden sollte. Für einen nachhaltigen und resilienten Wiederaufbau sind neben einer wissenschaftlichen Begleitung auch interkommunaler Austausch und Kooperation notwendig. So können zukünftige Extremereignisse vergleichbarer Magnitude zu weniger Opfern und geringeren Schäden führen.

Vorwort Katja Dörner

Die Flutkatastrophe im Juli 2021 forderte nicht nur mehr Todesopfer als jedes andere Hochwasser der letzten 60 Jahre, sondern verursachte auch höhere Schäden als jedes andere Ereignis der deutschen Nachkriegsgeschichte. Leider wissen wir, dass aufgrund der Klimakrise zukünftig immer mehr solcher Extremereignisse auftreten werden. Bei einer sich rapide verändernden Umwelt und neuen gesellschaftlichen Entwicklungen ist ein proaktiver, adaptiver und zielgruppenorientierter Umgang mit bekannten wie künftigen Risiken gefordert.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, müssen wir gemeinsam aus vergangenen Katastrophen lernen und die Entwicklung zukünftiger Ereignisse zu neuen Katastrophen verhindern. Das DKKV hat deshalb direkt nach der Flut damit begonnen, Expert:innen aus der Wissenschaft, der operativen Praxis sowie Betroffene zusammenzubringen. So konnten Potenziale identifiziert und Synergien geschaffen werden, die die Lernfähigkeit der Gesellschaft fördern und somit die gesamtgesellschaftliche Resilienz stärken. Diese Ausgabe der Schriftenreihe und die damit verbundenen Aktivitäten sind ein Ergebnis davon. Neben dem Hauptartikel, der das Ereignis dokumentiert und aufarbeitet, beinhaltet sie eine Zusammenfassung der Aktivitäten zur Aufarbeitung der Flut sowie erste Lehren für die Zukunft.

Es ist mir ein Anliegen, dass das DKKV sich auch weiterhin als Mittler und Plattform einbringt, um die Zusammenarbeit von Wissenschaft, Praxis, Politik und Zivilgesellschaft in allen Bereichen



Katja Dörner
DKKV Vorstandsvorsitzende

der Katastrophenvorsorge und Resilienzstärkung zu unterstützen. Gerade der DKKV-Flutverteiler mit seinen Austauschtreffen zeigt, wie wichtig auch „bottom-up“ Initiativen sind, um sich auszutauschen und gemeinsam Katastrophen wie diese aufzuarbeiten und weiteren vorzubeugen. Wir müssen uns heute auf den Weg hin zu einer resilienteren Gesellschaft machen, indem wir gemeinsam Brücken bauen, die uns vernetzen und den Wissensaustausch stärken.

Vorwort Cornelia Weigand

Mit der Flutkatastrophe im Juli 2021 haben wir erleben müssen, wie eine unbeschreibliche Naturgewalt über das Ahrtal hereingebrochen ist. 134 Menschen haben in der Nacht ihr Leben verloren, Tausende ihr gesamtes Hab und Gut. Die Wunden zu heilen und neue Perspektiven zu schaffen, muss unser vordringlichstes Ziel sein.

Die Flutkatastrophe hat alles übertroffen, was bisher vorstellbar war. Dies trifft sicherlich auf viele betroffene Gebiete in Belgien, den Niederlanden, in NRW und vor allem an der Ahr zu. Auch die Vorbereitungen auf ein Jahrhunderthochwasser, wie sie an vielen Bereichen der Ahr stattgefunden haben, haben bei diesen Wassermassen kaum oder keine Wirkung gezeigt. Wir sind sehr dankbar über die große Solidarität und Hilfe, die wir nach der Katastrophe erfahren durften. Gleichzeitig müssen wir aus den Erfahrungen bei der Bewältigung dieser Katastrophe Lehren für die Zukunft ziehen.

Vieles muss sich im Risiko- und Krisenmanagement verbessern, um zukünftigen Ereignissen mehr entgegenzusetzen zu können. Daher ist es wichtig, dass wir aus den Erfahrungen der betroffenen Regionen lernen und dies gesamtgesellschaftlich aufarbeiten. Wir müssen uns fragen, wie ein effektiver Katastrophenstab aufgebaut werden sollte und welche Arbeitsweise effektive Hilfe verspricht. Bessere Schutz- und Warnmöglichkeiten im Katastrophenfall müssen untermauert werden mit einer zielgruppengerechten Risikokommunikation und all das vor dem Hintergrund effektiver Hochwasserschutzkonzepte. Dabei gilt es, von Tief „Bern“ massiv betroffene, teils zerstörte Orte und gleichermaßen auch nichtbetroffene Orte auf die Risiken der Zukunft vorzubereiten. Hierzu ist die Synthese der wissenschaftlichen, politischen und zivilgesellschaftlichen Perspektiven fundamental.



Cornelia Weigand
Landrätin im Kreis Ahrweiler

Gerne habe ich nach diesen Erfahrungen die Aktivitäten des DKKV in Hinblick auf die Aufarbeitung unterstützt. Bietet das DKKV doch besonders auch dem für das Risikomanagement so wichtigen Austausch eine Plattform. Das DKKV hofft mit diesem Bericht, dessen Ergebnisse aus einer breit angelegten Betrachtung resultieren, einen wichtigen Baustein liefern zu können für das Ziel, den Wiederaufbau in eine neue, klimaneutrale Zukunft zu begleiten, den Menschen an der Ahr eine nachhaltige Perspektive zu geben und Pläne für die kommenden Jahre zu erstellen, die uns als Gesellschaft resilienter machen.

Vorwort Kenzo Hiroki

Wasser ist Leben. Wasser ist aber gleichzeitig auch eine Bedrohung für das Leben. Wasserbedingte Katastrophen fordern einen hohen Tribut an Menschenleben; der Verlust an Lebensgrundlagen sowie viele weitere kurz- und langfristige soziale und wirtschaftliche Auswirkungen sind immens. In den letzten 20 Jahren waren vier Milliarden Menschen unmittelbar durch von Naturereignissen ausgelösten Katastrophen betroffen, davon 3,8 Milliarden oder 95 % durch wasserbedingte Katastrophen. Das bedeutet, dass jeder Mensch auf der Erde im Durchschnitt zweimal in seinem Leben in eine Katastrophe gerät. Der wirtschaftliche Schaden ist enorm. Weltweit waren in den letzten 20 Jahren Verluste von über zwei Billionen Dollar zu verzeichnen. Wasserbedingte Katastrophen behindern auf jeden Fall eine nachhaltige Entwicklung, unabhängig davon, ob es sich um Industrie- oder Entwicklungsländer handelt.

Katastrophen treten immer wieder auf und bedrohen die Menschen unaufhörlich, auch während der COVID-19-Pandemie. Die schweren Regenfälle und Überschwemmungen, die im Juli 2021 viele Länder Europas heimsuchten, sind ein alarmierendes Beispiel für extreme hydrologische Ereignisse, die auf der Erde immer häufiger und schwerwiegender werden. Die dreistellige Zahl der Todesopfer in Deutschland und Belgien macht die Katastrophe zu einer der schlimmsten in Europa in der jüngeren Vergangenheit. Was können wir aus dieser Katastrophe lernen, damit die Welt besser auf die Zukunft vorbereitet ist?

Der Klimawandel, der hydrologische Extreme verschärft, ist eine offensichtliche Ursache für das Ereignis. Da Wasser bei 80 % der Folgen des Klimawandels eine Rolle spielt, kann dieser zusammen mit anderen Antriebskräften des globalen Wandels – Bevölkerungswachstum, rasche Verstädterung, steigende Vermögenswerte –



*Prof. Kenzo Hiroki
Professor, National Graduate Institute for Policy Studies (GRIPS), Japan
Koordinator des High-level Experts and Leaders Panel on Water and Disasters (HELP)*

dazu führen, dass wasserbedingte Katastrophen häufiger auftreten und sogar noch heftiger ausfallen. Katastrophenvorsorge, Wasserwirtschaft und Anpassung an den Klimawandel sollten nicht länger als getrennte Themen behandelt werden.

Dieser Beitrag über Starkregen und die Flut im Juli 2021, der von renommierten Expert:innen verfasst wurde, gibt uns Hinweise darauf, wie wir uns besser vorbereiten und dringende Maßnahmen ergreifen können, um die Risiken von Katastrophen zu verringern, die uns schon morgen treffen können.

Einleitung

Ronja Winkhardt-Enz

Die starken Regenfälle im Juli 2021, die in verschiedenen Teilen Deutschlands zu großflächigen Überschwemmungen und Sturzfluten führten, haben massive Schäden verursacht. Diese Flutkatastrophe war die schlimmste Katastrophe in Deutschland in den letzten 60 Jahren und forderte mehr als 180 Menschenleben. Diese hohe Opferzahl ist gesellschaftlich unannehmbar und erschwert, dass das erste Ziel des Sendai-Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge 2015-2030 (UNDRR 2015), die Zahl der Todesopfer durch Naturgefahren im Zeitraum 2020-2030 im Vergleich zum Zeitraum 2005-2015 deutlich zu reduzieren, erreicht werden kann.

So einschneidend diese Ereignisse bzgl. der Konsequenzen sind, so wichtig ist es auch, diese in voller Offenheit und Breite aufzuarbeiten. Die Geschehnisse zum Starkregen und Hochwasser im Juli 2021 werden deshalb von vielen Akteuren der Wissenschaft, Politik und Praxis untersucht, diskutiert und aufgearbeitet (siehe Seite 45). Dies bietet eine große Chance, den Austausch und die Forschung übergreifend und integrativ durchzuführen. Als größte nationale Plattform im Bereich Katastrophenvorsorge (DRR) sieht sich das DKKV auch in diesem Fall als Mittler zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis. So organisierte das DKKV eine in-

ternationale Expert:innendelegation, um das Katastrophengebiet zu besuchen, mit der Bürgermeisterin von Altenahr zu sprechen und Herausforderungen und Lösungen zu diskutieren. Die Delegation wurde vom Koordinator des UN High-level Experts and Leaders Panel on Water and Disasters (HELP) initiiert und von der Universität Bonn und dem DKKV mitorganisiert. Hieraus resultierte nicht nur die sogenannte Flutplattform, mit einer Übersicht von Forschungsarbeiten zur Flutkatastrophe 2021 und dem Flutverteiler mit seinen Austauschtreffen, sondern auch der HELP Bericht (Kron et al. 2022), der hier in seiner übersetzten Form den Hauptteil dieser Ausgabe der DKKV-Schriftenreihe bildet.

Der Bericht „Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland“ geht zunächst auf das auslösende Wetterereignis ein, bevor die Flutkatastrophe beschrieben und analysiert wird. Daraufhin werden die Katastrophenhilfe, die Frühwarnung und das Warnverfahren beleuchtet. Daraus werden dann erste Lehren für das Katastrophenmanagement gezogen und es wird auf Vorsorge, Schutz und Strukturfragen eingegangen. Vor der Schlussfolgerung werden der Stand des Wiederaufbaus und künftige Maßnahmen vorgestellt.

Während übergeordnete Lehren bereits einleitend auf Seite 6 zu finden sind, werden im Anschluss an den Hauptbericht die Aktivitäten zur Aufarbeitung der Flutkatastrophe zusammenfassend dargestellt.

Die Flutkatastrophe im Juli 2021 in Deutschland

*Rainer Bell
Geographisches Institut, Universität Bonn*

*Wolfgang Kron
im Ruhestand, (ehem. Geo Risks Research, Munich Re)*

*Benni Thiebes
Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge*

*Annegret Thieken
Institut für Umweltwissenschaften und Geographie,
Universität Potsdam*

Zusammenfassung

Vom 12. bis 19. Juli 2021 wurden verschiedene Regionen in Europa von extremen Niederschlägen heimgesucht, die durch ein quasistationäres Tiefdruckgebiet namens „Bernd“ ausgelöst wurden. Betroffen waren vor allem zwei Bundesländer in Westdeutschland, Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, sowie angrenzende Regionen in Belgien. Das Juli-Hochwasser war die teuerste Katastrophe in Deutschlands jüngerer Geschichte, mit Schäden in der Größenordnung von 33 Milliarden Euro. Mindestens 189 Menschen starben, mehr als bei jedem anderen Hochwasser in Deutschland in den letzten 50 Jahren. Einige enge Täler in der Eifel wurden innerhalb weniger Stunden sintflutartig von Wassermassen überflutet, die noch nie dagewesene Ausmaße erreichten. Es kam zu extremen Zerstörungen durch Überschwemmungen, Treibgut, Ufererosion und Ablagerungen. Die lokale Verkehrsinfrastruktur,

die Strom-, Gas- und Wasserversorgung sowie die Telekommunikationsnetze wurden stark beschädigt und unterbrochen.

Obwohl die Wetterdienste einige Tage im Voraus schwere Regenfälle vorausgesagt hatten, funktionierte das Frühwarnsystem und die Evakuierung nicht erwartungsgemäß. Die Warnungen der herausgebenden Behörde erreichten viele der vorgesehenen Empfänger:innen nicht rechtzeitig und manche Frühwarnketten funktionierten nicht wie geplant. Daher wurden mancherorts die Evakuierungsmaßnahmen zu spät oder gar nicht eingeleitet. Außerdem unterschätzten viele diejenigen, die Warnmeldungen erhalten hatten, die Schwere des bevorstehenden Ereignisses.

Der Hilfs- und Wiederaufbauprozess wurde zu einer nationalen Aufgabe. Unmittelbar nachdem das Wasser zurückgegangen war, kamen Tausende Ersthelfer:innen (die meisten von ihnen Freiwillige) aus dem ganzen Land, um bei den Aufräumarbeiten zu helfen und die Bewohner:innen mit Hilfsgütern zu versorgen. Der Wiederaufbau der Region wird mit Bundesmitteln unterstützt und von neu eingerichteten Forschungsprojekten begleitet, die einen sinnvollen, nachhaltigen und resilienten Wiederaufbau der zerstörten Täler gewährleisten sollen. Gefördert werden sowohl Infrastrukturmaßnahmen als auch die Unterstützung von Hausbesitzer:innen und Gewerbetreibenden. Weniger als die Hälfte von ihnen war gegen einen solchen Katastrophenfall versichert.

1 Das auslösende Wetterereignis

1.1 Hydrometeorologischer Kontext¹

Sowohl der Mai als auch der Juni 2021 waren in Westdeutschland, mit 10-40 % mehr Niederschlag als im Durchschnitt, bereits recht feucht. Dies führte zu einer hohen Bodenfeuchte in weiten Teilen des Landes. Insbesondere in der südlichen Hälfte Deutschlands standen weniger als 10 mm (10 l/m²) Porenvolumen für die Speicherung von Bodenwasser zur Verfügung (Abb. 1).

Vor dem Juli-Hochwasser führte bereits eine 13-tägige Unwetterserie, die vom 18. bis 30. Juni

2021 von Westen nach Osten durch die Mitte des Landes zog, zu großer Zerstörung. Gewitter, Starkregen, Hagel und Blitzeinschläge verursachten dabei versicherte Schäden in Höhe von 1,7 Mrd. Euro – davon rund 400 Mio. Euro durch Überschwemmungen (GDV 2021). Dies bedeutet, dass die Gesamtschäden wahrscheinlich in der Größenordnung von 3 Mrd. Euro lagen.

Ab dem 12. Juli 2021 zog das atmosphärische Tiefdruckgebiet „Bernd“ über Mitteleuropa. Es bewegte sich nur sehr langsam vorwärts, zeitweise blieb es stationär. Diese Drucklage führte feuchtwarme Luft aus dem nördlichen Mittelmeerraum über Slowenien und Österreich in die Tschechische Republik und Polen und schließlich nach Norddeutschland.

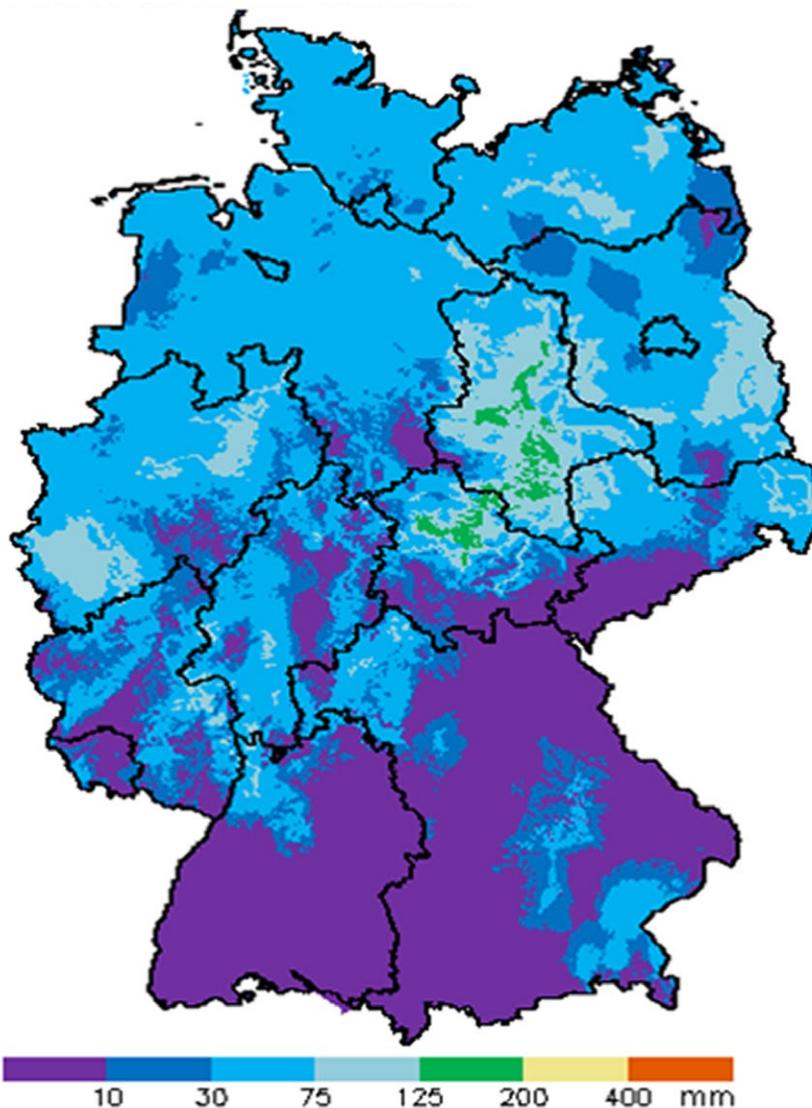
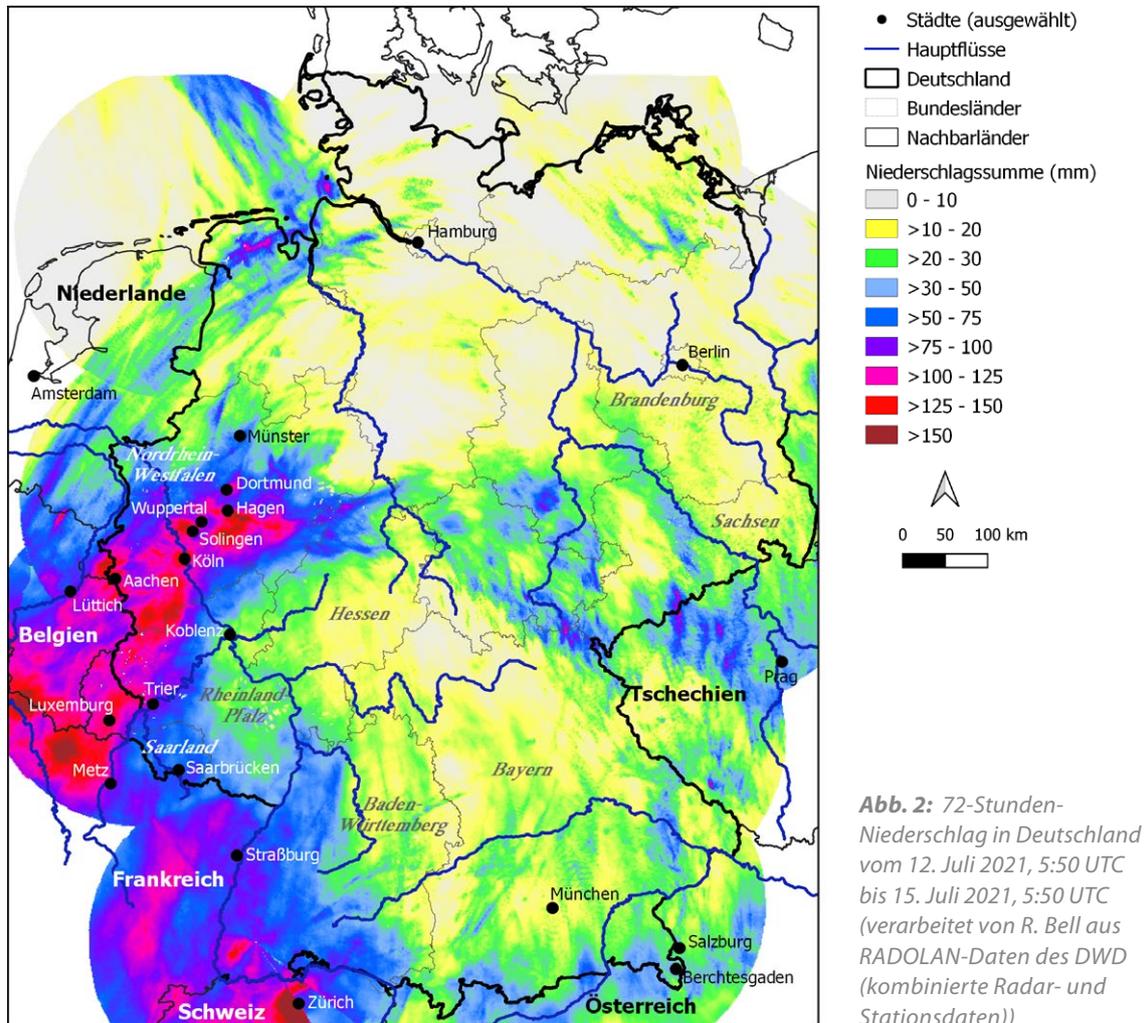


Abb. 1: Verfügbarer Bodenspeicher (mm) in den obersten 60 cm unter Grünland am 12. Juli 2021 (DWD 2021)

¹ Meteorologische Daten und Beschreibungen aus DWD (2021)

Am Abend des 14. Juli lag die Temperatur in Westdeutschland bei etwa 14 °C, während in Norddeutschland 30 °C und Gewitter gemeldet wurden. Die sehr warme und feuchte Luft im Norden wurde in das Tief hineingezogen. Gleichzeitig zog kalte Luft aus Frankreich nach Deutschland. Die Vermischung dieser Luftmassen führte zu außerge-

wöhnlichen Kondensationsprozessen und aufgrund der langsamen Vorwärtsbewegung von „Bernd“ zu extremen Gebietsniederschlagsmengen von teilweise mehr als 150 mm in 72 Stunden (Abb. 2). „Bernd“ blieb bis zum 19. Juli 2021 aktiv und verursachte Überschwemmungen nicht nur in Deutschland, sondern in weiten Teilen Europas.



1.2 Die betroffenen Gebiete

Die anhaltenden und lokal sehr intensiven Niederschläge betrafen mehrere Regionen Deutschlands nacheinander von West nach Ost (Abb. 3). Am 12. Juli fielen im Südwesten Deutschlands (Teile von Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland und Nordrhein-Westfalen) bis zu 50 mm Niederschlag in 24 Stunden. Am 13. Juli fielen in einigen Regionen Mitteldeutschlands (Ruhrgebiet, Nordhessen, Nordbayern und Sachsen) Niederschläge mit örtlichen Intensitäten von mehr als 40 mm in 30 Minuten, fast 90 mm in 2 Stunden und regional mehr als 150 mm an einem Tag. In der Stadt Hagen maßen die Behörden 241 mm in 22 Stunden. Die Niederschläge traten als Dauerregen auf, die sich

mit episodischen Starkregenperioden abwechselten. In zahlreichen Dörfern, aber auch größeren Städten (z. B. Wuppertal, Hagen, Solingen, Köln, Bonn, Düsseldorf) kam es zu lokalen heftigen Regenfällen und schweren Überschwemmungen.

Die Katastrophe im Westen von Rheinland-Pfalz (RLP) und in der südlichen Hälfte von Nordrhein-Westfalen (NRW) begann am 14. Juli 2021. Starke Niederschläge, die immer wieder von intensiven Schauern unterbrochen wurden, trafen ein Gebiet, das sich von Dortmund (Norden) über Köln bis Trier (Süden) hin erstreckte (Abb. 4). Großflächig wurden mehr als 100 mm in 72 Stunden registriert, mit regionalen Spitzenwerten von über 150 mm in nur 24 Stunden. Der 14. Juli war der regenreichste Tag in Köln seit Beginn der Messun-

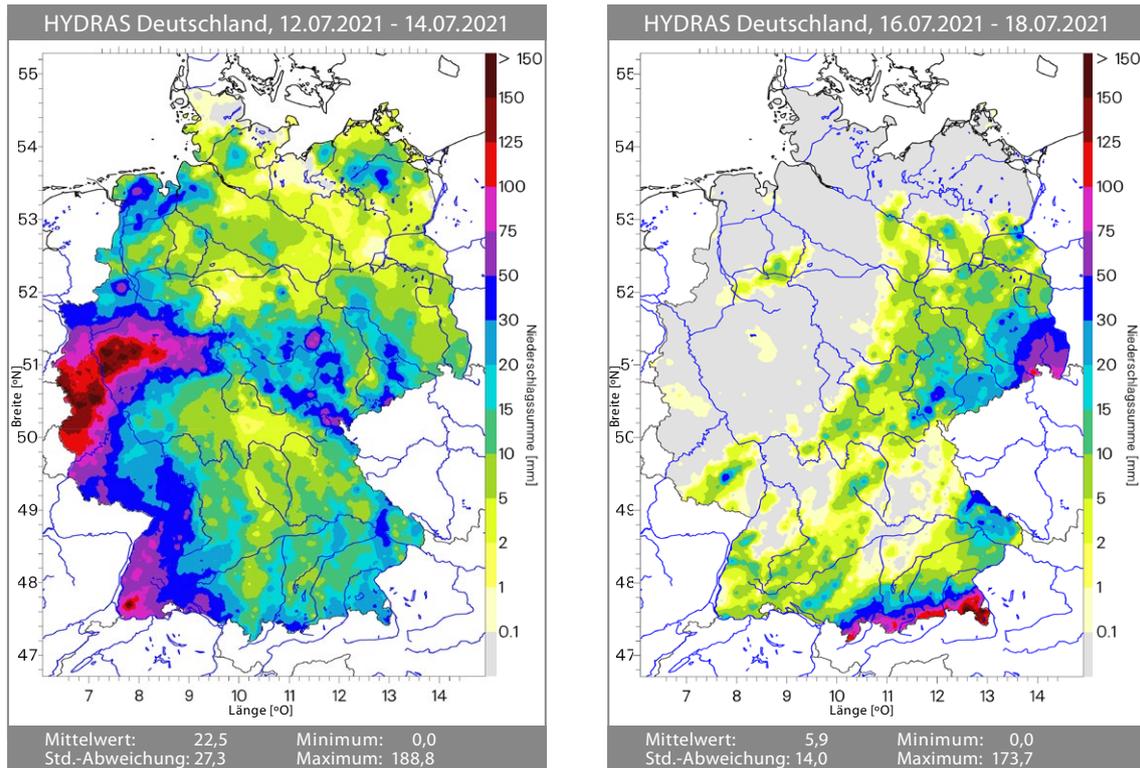
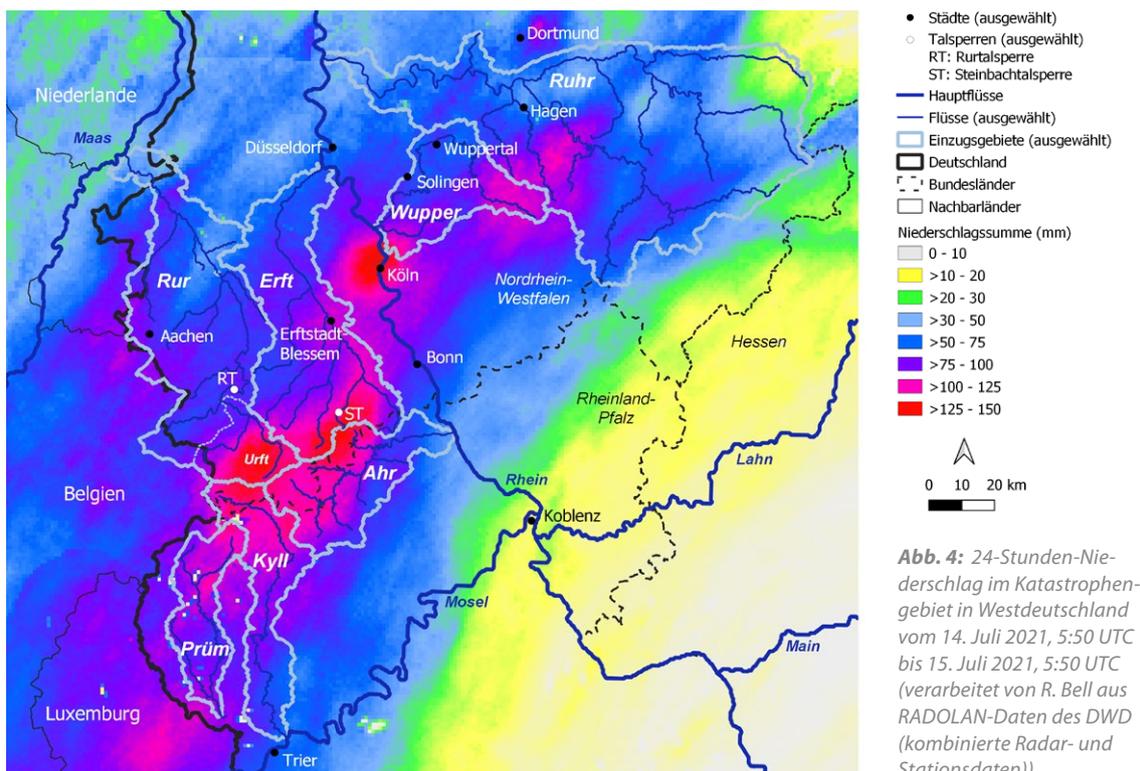


Abb. 3: Niederschlagsanalyse auf der Grundlage von 72-stündigen hydro-meteorologischen Rasterdaten vom 12. bis 14. Juli 2021 (links) und 16. bis 18. Juli 2021 (rechts) (DWD 2021)

gen vor 70 Jahren. Ganze Einzugsgebiete in den betroffenen Gebieten in RLP und NRW verzeichneten hohe Niederschlagsmengen. Der Regen traf auf eine Region mit hoher Bodenfeuchte und weitgehend ausgeschöpftem Rückhaltevermögen des Bodens. Weiträumiger Oberflächenabfluss, teilweise sogar

in Form von Schichtfluten, war die Folge. Doch auch ungesättigte Böden hätten die enormen Niederschlagsmengen nicht aufnehmen können. Das Wasser wurde dadurch in den oft sehr engen Tälern der Flüsse Ahr, Erft, Rur, Kyll, Prüm, Wupper, Ruhr und ihrer Nebenflüsse kanalisiert (Abb. 4).



Darüber hinaus kam es zu lokalen Sturzfluten, ohne dass ein größeres Gewässer beteiligt war. Bäche und Flüsse traten fast allerorts über die Ufer. Es kam zu massiven Erosionen, Auskolkungen und Unterspülungen von Hängen, Straßen, Bahnlinien und Gebäuden sowie zum Umstürzen von Bäumen. An vielen Stellen wurden die Wasserstände durch die Verklausung von Brücken durch Treibgut erheblich erhöht. Nach der Flut verbot die Landesregierung von RLP die Lagerung von Brennholz und anderem unbefestigtem Material im freien Gelände. Diese Vorsichtsmaßnahme sollte verhindern, dass bei einer erneuten Überschwemmung wieder hohe Mengen an Treibgut anfallen.

Am Pegel Altenahr überschritt der Wasserstand der Ahr den Wert von 9 m und lag damit mehr als 8 m über dem Normalwert bei einem mittleren Abfluss von 7 m³/s und mehr als 5 m über dem Wert beim amtlich ermittelten 100-jährlichen Hochwasserabfluss von 241 m³/s. In Altenahr wurden sogar 10 m beobachtet, wobei diese Zahl durch die lokalen hydraulischen Verhältnisse

(z. B. Sedimentablagerungen oder Rückstau) verfälscht gewesen sein kann.

Während Tief „Bernd“ vom 15. bis 19. Juli in süd-östlicher Richtung weiterzog, fielen in Ostsachsen und Südostbayern hohe Niederschlagsmengen (Abb. 3 rechts). Wiederum verstärkten orografische Effekte (am Erzgebirge, der Lausitz und an den Alpen) die Intensitäten. Es kam zu zahlreichen Sturzfluten und kurzen extremen Hochwasserwellen in einigen Nebenflüssen des Rheins und der Mosel.

Insgesamt brachte „Bernd“ in weiten Teilen West-, Mittel- und Osteuropas außergewöhnliche Niederschläge (Abb. 5). Sie führten in Großbritannien (v. a. London), Frankreich, der Schweiz, den Benelux-Ländern, der Tschechischen Republik, Österreich, Italien, Polen, der Slowakei, Ungarn, den nördlichen Balkanländern, Rumänien und Bulgarien zu Überschwemmungen und Schäden, die aber – mit Ausnahme von Belgien – deutlich geringer ausfielen als in RLP und NRW.

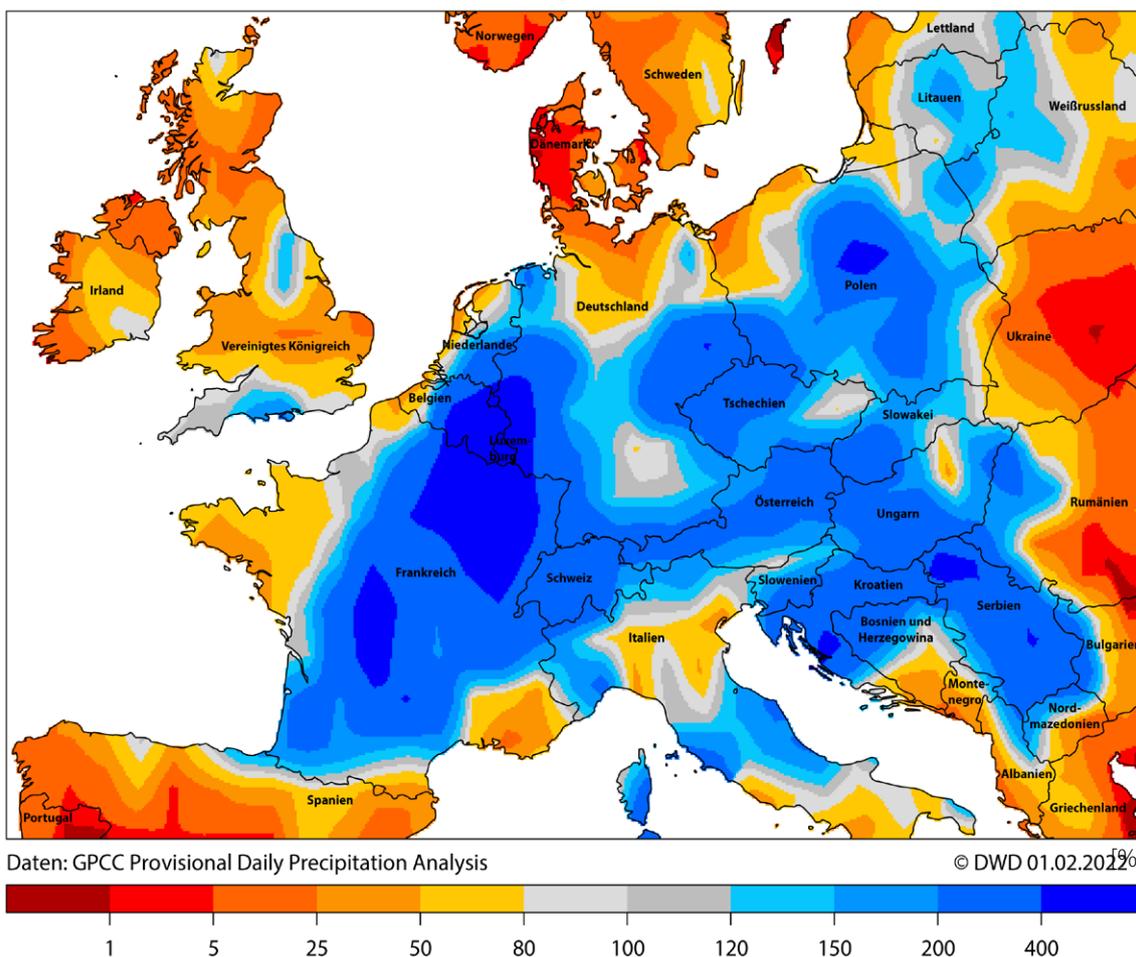


Abb. 5: Kumulierte Niederschläge in der Woche vom 11. bis 17. Juli 2021 in Europa als Prozentsatz der Mittelwerte von 1982-2010 (DWD 2021)

1.3 Klimatologischer Kontext

Die mittlere 72-stündige Gebietsniederschlagsmenge von 127 mm vom 12. bis 14. Juli in den sechs Einzugsgebieten von Ahr, Erft, Rur, Prüm, Kyll und Wupper entsprach etwa 170% der mittleren Juli-Gesamtniederschlagsmenge von 1991 bis 2020. Im Einzugsgebiet der Ruhr waren es 104%. Die täglichen Stationsniederschlagsmengen zwischen 80 und 120 mm in der Eifel südlich von Köln entsprachen in etwa 100-jährlichen Tagesniederschlagsereignissen. Die Analyse eines 30-jährigen Niederschlagsdatensatzes für die beiden Einzugsgebiete von Ahr und Erft (siehe Abb. 4) ergab jedoch ein 24-Stunden-Flächenmittel von 93 mm, ein Wert, dem bei einer Häufigkeitsanalyse eine Wiederkehrperiode in der Größenordnung von 15.000 Jahren zugeordnet wird (Kreienkamp et al. 2021). Dies zeigt, wie extrem das Ereignis war. Dennoch wurde im Jahr 2021 kein deutscher Niederschlagsrekord gebrochen. An ungewöhnlich vielen Wetterstationen im Westen des Landes wurden aber bisherige Höchstwerte überschritten.

Punktuelle Niederschläge von 150 mm innerhalb von 24 Stunden sind in Deutschland keine Seltenheit. Nur zwei Wochen zuvor, am 30. Juni 2021, waren in drei Landkreisen im Nordosten Brandenburgs rund 300 mm gefallen, also doppelt so viel.

Brandenburg ist jedoch flach und hat sandige Böden mit hoher Infiltrationskapazität, so dass dieser Regen zwar erhebliche, aber keine katastrophalen Schäden verursachte. Hätte er sich über die Eifel statt über Brandenburg ergossen, wäre es dort zu einem noch katastrophaleren Ereignis gekommen.

Großflächige Niederschläge mit mehr als 100 mm in 24 bis 48 Stunden sind in Deutschland jedoch selten. Solche Intensitäten treten meist nur lokal auf und haben kleinräumige Überschwemmungen zur Folge. Die Niederschlagsintensität im Juli 2021 variierte im Verlauf des Ereignisses erheblich. Zu Beginn traten fast nur kurze Starkregen mit einer Dauer von einer bis sechs Stunden auf. Im Folgenden wurde eine Mischung aus episodischen Ereignissen (d. h. solche mit unterbrochenem Regen) und Dauerereignissen (d. h. ununterbrochener Regen) verzeichnet. Dies führte zu sehr hohen Niederschlagshöhen in den Zeitspannen von 9 bis 48 Stunden. Die meisten Niederschlagsmengen in der ersten Phase des Tiefs wurden in Mittel- und Westdeutschland als 100-jährliche – und oft noch viel seltenere – Ereignisse eingestuft. Der DWD orientiert sich bei seinen Warnungen vor Starkregen an festgelegten Schwellenwerten der Niederschlagsintensität, getrennt nach kurzzeitigen Starkregen von einer bis sechs Stunden Dauer und Dauerregen von zwölf bis zweiundsiebzig Stunden Dauer (Tab. 1).

Tabelle 1: Definitionen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für „Starkregen“ (DWD 2022); die Warnung wird in drei durch Schwellenwerte definierte Stufen eingeteilt.

Warnstufe	Beschreibung	Starkregen	Dauerregen	Darstellung
		Schwellenwert für den Niederschlag		
1	Markantes Wetter möglich (sich informiert halten)	< 15 mm in 1 Std. < 20 mm in 6 Std.	< 25 mm in 12 Std. < 30 mm in 24 Std. < 40 mm in 48 Std. < 60 mm in 72 Std.	
2	Markantes Wetter	15 bis 25 mm in 1 Std. 20 bis 35 mm in 6 Std.	25 bis 40 mm in 12 Std. 30 bis 50 mm in 24 Std. 40 bis 60 mm in 48 Std. 60 bis 90 mm in 72 Std.	orange 
3	Unwetter	25 bis 40 mm in 1 Std. 35 bis 60 mm in 6 Std.	40 bis 70 mm in 12 Std. 50 bis 80 mm in 24 Std. 60 bis 90 mm in 48 Std. 90 bis 120 mm in 72 Std.	rot 
4	Extremes Unwetter	> 40 mm in 1 Std. > 60 mm in 6 Std.	> 70 mm in 12 Std. > 80 mm in 24 Std. > 90 mm in 48 Std. > 120 mm in 72 Std.	violett 

Bereits im Juli zählte das Jahr 2021 zu den fünf niederschlagsreichsten Jahren in Deutschland seit dem Jahr 2000, obwohl der September – neben dem Mai – üblicherweise der Monat mit den stärksten Regenfällen ist. Zwar kann Starkregen überall in Deutschland auftreten, aber extreme Ereignisse mit langer Dauer (9 bis 72 Stunden) sind typisch für die Mittel- und Hochgebirgsregionen (GDV 2019).

1.4 Die Rolle des Klimawandels

Die Durchschnittstemperatur ist in Deutschland seit dem späten 19. Jahrhundert noch stärker gestiegen (etwa 1,6 °C) als im globalen Durchschnitt (1,2 °C). Tief „Bernd“ könnte ein Vorbote dessen gewesen sein, was in Zukunft vermutlich mit größerer Häufigkeit zu erwarten ist. Bei dem Flutereignis spielte allerdings die Tatsache, dass wärmere Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen und damit auch abgeben kann, wohl weniger eine Rolle als die weltweit gestiegenen Temperaturen, welche sich auf die globalen atmosphärischen Zirkulationsmuster auswirken.

Der polare Jetstream hat in den letzten zehn Jahren seine Eigenschaften deutlich verändert. Er verlangsamte sich zeitweise und wird schwächer, wodurch der ehemals stabile Luftstrom nun Ausbuchtungen aufweist, die bis in den Süden Mitteleuropas reichen können. Die Mäander können Hochs und Tiefs einschließen, die dadurch quasi-stationär werden und über mehrere Wochen in einem großen Gebiet entweder extrem feuchte oder extrem trockene und heiße Perioden erzeugen. Zahlreiche wetterbedingte Katastrophen in den vergangenen zwei Jahrzehnten können auf ein solches Verhalten des Jetstreams zurückgeführt werden. Das vielleicht auffälligste Ereignis fand im Jahr 2010 statt, als Westrussland in einem atmosphärischen Hoch-

druckgebiet eine rekordverdächtige Hitze- und Waldbrandsaison erlebte und Pakistan zur gleichen Zeit unter katastrophalen Regenfällen litt, die zur Indus-Flut führten (Hoffmann et al. 2021).

Aus einer Analyse der täglichen Niederschlagsdaten der letzten 70 Jahre hat der Deutsche Wetterdienst ermittelt, dass Häufigkeit und Intensität von Starkregenereignissen (>20 mm/d) in Deutschland leicht zugenommen haben, obwohl die Gesamtzahl der Regentage abgenommen hat. Der Weltklimarat IPCC hat in seinem jüngsten Sachstandsbericht (IPCC 2021) eine ähnliche Aussage getroffen. Es gibt jedoch noch keine statistische Aussage darüber, ob sich Wettersysteme aufgrund des Klimawandels länger über einer bestimmten Region halten. Einigkeit besteht jedoch darüber, dass die natürliche Variabilität auch in den kommenden Jahrzehnten dominieren wird. Wo, wann und wie schwerwiegende Extremereignisse auftreten und wo es zu Katastrophen kommt, wird weiterhin hauptsächlich von der jeweiligen Situation und den lokalen Gegebenheiten abhängen.

Das Verweilen eines Mäanders des Jetstreams war ein wesentlicher Faktor von „Bernd“. Das Tiefdruckgebiet bewegte sich nicht weiter, was dazu führte, dass riesige Wassermengen auf ein und dasselbe Gebiet abregneten. Die Ereignisse wurden von 39 Forscher:innen der World Weather Attribution Initiative analysiert. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit von extremen Niederschlagsereignissen wie bei den Überschwemmungen im Juli 2021 für beliebige Regionen in Westeuropa aufgrund des Klimawandels um den Faktor 1,2 bis 9 gestiegen ist. Diese Analyse zeigte auch, dass die Niederschlagsintensität in Westeuropa aufgrund des anthropogenen Klimawandels zwischen 3 und 19 % zugenommen hat (Kreienkamp et al. 2021).

2 Die Flutkatastrophe

2.1 Abflüsse und Wasserstände

Der Untergrund in der Eifel besteht überwiegend aus Schiefergestein, das die Versickerung erschwert und den Untergrund nahezu undurchlässig macht. In den oberen Einzugsgebieten der Flüsse finden sich meist wellige Landschaften mit flachen bis moderaten Neigungen; die Flusstäler haben dicht bebaute enge Talsohlen und steile Flanken, die mit Weinreben bepflanzt sind und keine Bodenbedeckung aufweisen. Diese wenig strukturierten und damit „hydraulisch glatten“ Flächen bieten kaum Fließwiderstand und beschleunigen den Abfluss.

Die orografischen Gegebenheiten, das Fehlen von Rückhalteflächen, versiegelte städtische Flächen und dichte Besiedlung waren in Verbindung mit den feuchten Bodenverhältnissen und den enormen Niederschlagsmengen die Hauptfaktoren für das Hochwasser. Besonders das Ahrtal ist in Bezug auf Abflüsse, Wasserstände sowie Verluste an Menschenleben und Sachwerten hervorzuheben. Der Fluss ist mit 89 km zwar nicht der längste in der Region und hat auch nicht das größte Einzugsgebiet (900 km²), aber es lag fast vollständig im Zentrum des Niederschlags (vgl. Abb. 4).

Der Abfluss in der Ahr, der normalerweise unter 10 m³/s liegt, schoss innerhalb weniger Stunden auf geschätzte 700 bis 1200 m³/s hoch, wobei der

Wasserspiegel am Pegel Altenahr (Abb. 6) von 1 m auf über 9 m anstieg. Beim Erreichen von 5 m wurde die Mess-Station zerstört, so dass der tatsächliche Scheitelwert nur geschätzt werden konnte. Der höchste gemessene historische Wert (am 2. Juni 2016), der damals für ein etwa 100-jährliches Hochwasser gehalten wurde, lag bei 236 m³/s mit einem Pegelstand von 3,71 m. Eine statistische Einordnung des außergewöhnlich großen Ahr-Ereignisses von 2021 ist aufgrund der vergleichsweise kurzen beobachteten Zeitreihe seit 1946, selbst bei Hinzuziehung der beiden historischen Großereignisse von 1804 und 1910, äußerst schwierig. Die Wiederkehrperiode des geschätzten Abflusses in der Ahr dürfte aber (weit) jenseits von 500 Jahren liegen.

Die für Juli 2021 gültigen Hochwassergefahrenkarten für das Ahrtal beruhen auf vollständigen homogenen Abflussaufzeichnungen seit 1946. Bei der Erstellung dieser Karten wurden historische Extremereignisse nicht berücksichtigt, wie es in Deutschland dem Stand der Technik entspricht. Daher beträgt der 100-jährliche Abflusswert am Pegel Altenahr „nur“ 241 m³/s. Eine Häufigkeitsanalyse durchgeführt im Graduiertenkolleg NatRiskChange (Thieken et al. 2021), die historische Werte seit 1804 berücksichtigt, ergab für den Abfluss 2016 eine Wiederkehrperiode von nur etwa 30 Jahren, nicht von 100 Jahren. Diese Analyse zeigte auch, dass die meisten der in die Extremwertstatistik eingehenden Jahreshöchstwerte von Winterhochwassern stammten, während Extremereignisse im Sommer zwar selten waren, dafür aber die höchsten.

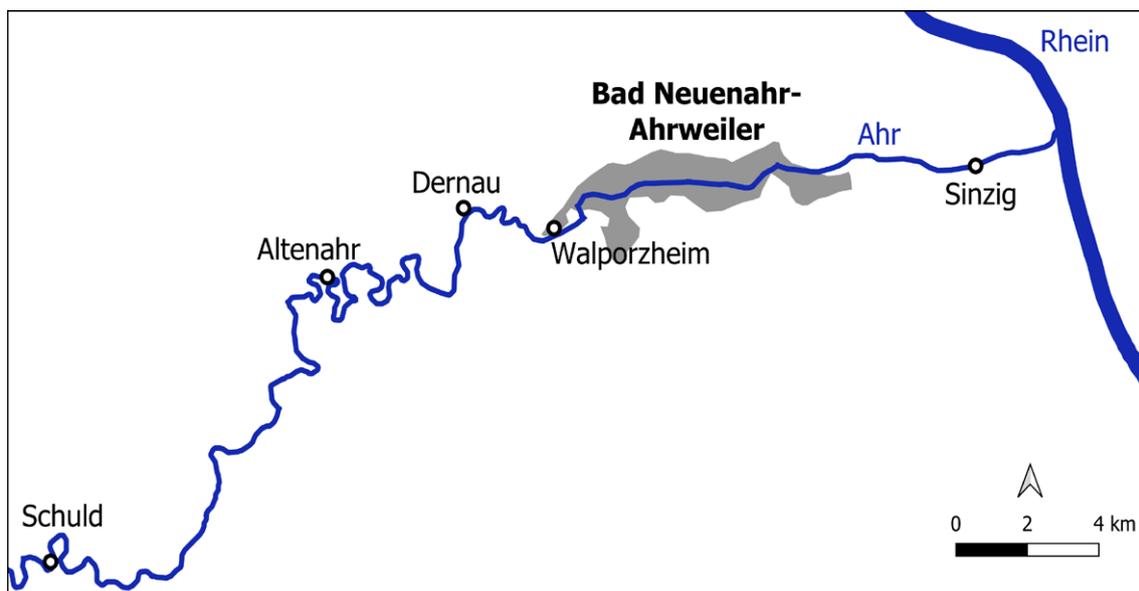


Abb. 6: Lage der Orte im Ahrtal

2.2 Historischer Kontext

Das Ereignis im Juli 2021 wurde sofort als „beispiellose“ Überschwemmung bezeichnet, die man „noch nie im Leben gesehen hat“. Das war richtig und falsch zugleich. Es war nicht das erste extreme Hochwasser im Ahrtal. Neben dem erwähnten – niedrigeren – Ereignis von 2016 gibt es historische Berichte über vergleichbare Extremhochwasser in den Jahren 1804 und 1910 mit 63 bzw. 52 Todesopfern.

Abbildung 7 zeigt ein Haus in Walporzheim (9 km flussabwärts von Altenahr und 16 km flussaufwärts von der Mündung der Ahr in den Rhein) mit drei Wasserstandsmarken. Der Wasserstand im Juli 2021 war um etwa 3,5 m höher als der von 1910. Der Vergleich der Hochwassermarken allein ermöglicht jedoch keine genaue Schätzung des Abflusses im Jahr 2021.

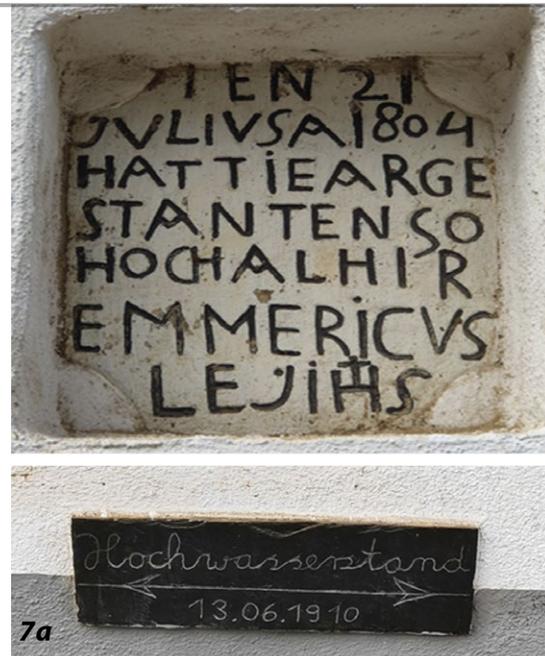


Abb. 7a, oben: An das Hochwasser von 1804 erinnert eine Inschrift „Ten 21 Julius a(nno) 1804 hat tie ar gestanten so hoch alhir Emmericus Lejih’s“ - „(An) dem 21. Juli 1804 hat die Ahr hier so hoch gestanden. Emmericus Lejih’s (Eigentümer)“. An das Jahr 1910 erinnert die Tafel „Hochwasserstand 13.06.1910“ (Fotos A. Fekete)

Abb. 7b, links: Wasserstandsmarken in Walporzheim: Die Marke von 1910 liegt etwa 50 cm über dem Bodenniveau; die Marke von 1804 liegt 1,7 m und die Marke von 2021 3,5 m über dem Hochwasserstand von 1910 (Foto A. Fekete)

In den vergangenen 100 Jahren hat sich das Tal stark verändert, von der Umgestaltung des Flussbettes über den Bau von Brücken bis hin zur Bebauung der Talsohle. Vor allem die beiden letztgenannten Faktoren dürften einen großen Einfluss auf die Wasserstände gehabt haben. Die meisten Brücken waren während des Ereignisses durch Totholz, entwurzelte Bäume und Schutt verklaut, was zu einem Rückstau des Wassers und damit zu höheren Wasserständen führte (Abb. 8). Auch standen mehr Gebäude als 1910 und 1804 in einem Bereich, in dem das Wasser bei extremen Abflüssen strömt. Sie verursachten einen höheren Strömungswiderstand und wohl auch Rückstau. Es ist sehr wahrscheinlich, dass dies neben der Ablagerung von Geröll und Schlamm ein Grund für die deutlich höheren Wasserstände im Jahr 2021 im Vergleich zu 1804 war (unter der Annahme,

dass sich die Abflüsse in den beiden Jahren nicht wesentlich unterschieden).

Roggenkamp & Herget (2014) schätzten die Abflüsse in Walporzheim für die beiden Ereignisse von 1804 und 1910 auf 1180 bzw. 540 m³/s. Der Abfluss des Jahres 2021 wird von verschiedenen Forscher:innen zwischen diesen beiden Werten angesiedelt. Ein auf die Region angepasstes und mit den beobachteten Niederschlägen betriebenes Niederschlag-Abfluss-Modell ergab am Pegel Altenahr einen Abfluss von 850 m³/s (persönliche Mitteilung des Hochwassermeldestandes Rheinland-Pfalz am 10.02.2022). Roggenkamp und Herget (2022) rekonstruierten auf der Basis von Geländebefunden einen Scheitelabfluss in der Ahr zwischen Rech und Dernau von ca. 1120 m³/s (± 100 m³/s).



Abb. 8: Ansammlung von Treibgut (Verklausung) an einer Brücke bei Altenahr (DLR 2021)

Abb. 9 zeigt eine Übersicht über die von ihnen rekonstruierten Scheitelabflüsse im Haupttal wie auch in den Nebentälern und belegt, dass die nördlichen Nebenflüsse entsprechend der Niederschlagsverteilung die größten Abflussmengen beisteuerten. Allerdings ist anzumerken, dass die einzelnen Abflussscheitel aufgrund der zeitlichen Dynamik nicht einfach aufaddiert werden dürfen. Bemerkenswert ist, dass die Zeitspanne zwischen den drei Ereignissen 1804, 1910 und 2021 mit etwa 110 Jahren annähernd gleich lang war.

Das Hochwassermanagement und insbesondere der Einfluss von Stauseen hatten einen spürbar positiven Effekt. Dabei wurden erhebliche Unterschiede zwischen Einzugsgebieten mit und ohne große Staudämme deutlich. Im Gegensatz zu den Einzugsgebieten von Ahr und Erft, in denen fast keine Stauseen zu finden sind – zumindest keine von nennenswerter Größe, sondern nur einige kleine Dämme ohne Hochwasserrückhaltefunktion – verfügt das Einzugsgebiet der Rur über ein komplexes System von Talsperren. Während oberhalb der Rurtalsperre im Einzugsgebiet der Urft (dem Gebiet mit den höchsten Niederschlagsmengen) extreme Überschwemmungen auftraten, die in

einigen Dörfern zusammen 15 Todesopfer forderten, war der Abfluss unterhalb der Rurtalsperre niedriger als der höchste bislang gemessene Wert. Der Staudamm hat also noch höhere Schäden verhindert.

Im nördlichen und mittleren NRW, wo zahlreiche große Talsperrensysteme vor allem für die Trinkwasserversorgung existieren (z. B. an Ruhr und Wupper), spielten Talsperren eine erhebliche Rolle bei der Abmilderung der Hochwasserscheitel. Das stark betroffene Wupper-System mit seinen 14 Dämmen blieb von einer Katastrophe verschont, auch wenn viele Siedlungen überflutet wurden.

Praktisch alle Stauseen waren bis zum Rand gefüllt und ihre Hochwasserentlastungen im Einsatz. Die Abflüsse betragen in einigen Fällen das Doppelte des Bemessungshochwassers, d. h. eines 10.000-jährlichen Ereignisses, das bei der Planung eines großen Staudamms zugrunde gelegt wird. Trotz der großen Zuflüsse überstanden alle Dämme die Flut ohne nennenswerte Schäden, obwohl manche von ihnen mehr als 100 Jahre alt waren. Schwere Schäden traten nur an einigen kleinen Dämmen auf, die nicht Teil eines Reservoir-Systems waren.

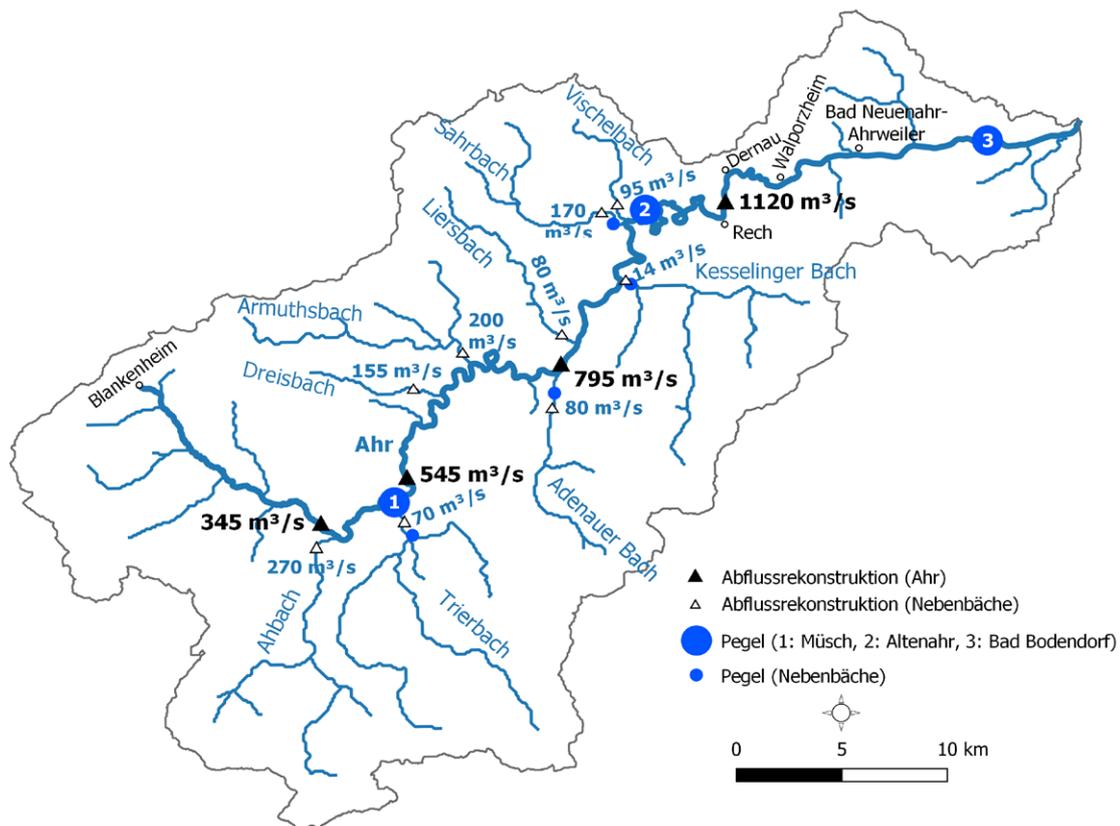


Abb. 9: Scheitelabflüsse in der Ahr und ihren Zuflüssen (aus Roggenkamp & Herget (2022), DGM: Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz)

2.3 Folgen und Schäden

Das Juli-Hochwasser hat vielerorts Chaos, Zerstörung und Leid verursacht, Menschen verletzt und getötet und viele unter Schock gesetzt (Abb. 10). Insgesamt verloren bei den Hochwassern vermutlich 189 Menschen in fünf Bundesländern ihr Leben, 135 in RLP, 49 in NRW und fünf in anderen Bundesländern. Zusätzlich werden noch immer zwei Männer vermisst. Eine Feuerwehrfrau in RLP und drei Feuerwehrmänner in NRW starben im Dienst. Ein weiterer Feuerwehrmann der Ehrenabteilung kam in NRW während einer privaten Rettungsaktion um. Leider wurde auch von mindestens vier Selbstmorden in Folge des Ereignisses berichtet. Exakte Zahlen von Toten sind bei Naturkatastrophen oft schwierig zu benennen, da manchmal – z. B. bei einem Herzinfarkt oder einem Unfall – nicht eindeutig ein kausaler Zusammenhang mit dem Naturereignis feststellbar ist.

Allein in RLP wurden rund 770 Menschen verletzt, Tausende sind traumatisiert. Im Kreis Ahrweiler (RLP) fielen 134 Menschen der Katastrophe zum Opfer. Die meisten von ihnen (106) waren ältere Menschen über 60 Jahre; drei Kinder unter 14 Jahren starben (DKKV 2022). Das Verhältnis von Frauen (70) zu Männern (65) war ausgeglichen – ein Muster, das in Europa auch im Zusammenhang mit Sturmfluten an der Nordseeküste, 1953 in den Niederlanden

und 1962 in der Stadt Hamburg, beobachtet wurde. In NRW waren 25 Städte und Kreise von den Überschwemmungen betroffen. Von den 49 Todesopfern in NRW waren 31 männlich und 18 weiblich, was dem typischen Geschlechtermuster der Hochwassertoten in Europa, den USA und Australien mit einer deutlichen Überrepräsentation von Männern entspricht. Auch hier waren ältere Menschen häufiger betroffen als es ihr Anteil an der Gesamtbevölkerung vermuten lässt: 32 der 49 Opfer waren älter als 60 Jahre, was ihre besondere Vulnerabilität verdeutlicht; viele von ihnen hatten bereits bestehende Krankheiten oder waren in ihrer Mobilität eingeschränkt.

An den unmittelbaren und mittelfristigen Hilfsmaßnahmen beteiligten sich Feuerwehren, das Technische Hilfswerk (THW), das Deutsche Rote Kreuz (DRK) und verschiedene andere, meist ehrenamtliche, Hilfsorganisationen, die Polizei und sogar die Bundeswehr mit ihren schweren Räumungsgeräten. Darüber hinaus reisten eine Vielzahl von nicht spezifisch in der Katastrophenhilfe geschulten freiwilligen Helfer:innen in die betroffenen Gebiete und boten Unterstützung an. Sie halfen bei Aufräumarbeiten oder brachten und verteilten Lebensmittel, Getränke, lebensnotwendige Dinge des täglichen Bedarfs (z. B. Hygieneartikel), Kleidung, Möbel usw. Auch zu Beginn des Jahres 2022 waren noch Freiwillige aus ganz Deutschland vor Ort.



Abb. 10: Bad Neuenahr: Die Flut kam plötzlich und mit großer Geschwindigkeit und Macht in der Nacht; den Menschen blieben nur wenige Minuten, um ihr Leben zu retten; einige ertranken beim Versuch, Wertgegenstände in Sicherheit zu bringen. (Foto J. Bogardi)

Das Ausmaß der Schäden bei Wohngebäuden könnte sich auf bis zu 15 Mrd. Euro belaufen. Ein Großteil des geschätzten Gesamtschadens von 33 Mrd. Euro ist auf die großflächige Zerstörung der Infrastruktur zurückzuführen. Im Ahrtal wurden 103 Straßenbrücken zerstört oder schwer beschädigt. Landesweit (RLP) wurden 106 km Orts-, Kreis- und Landesstraßen, 115 km Bahngleise und sieben Eisenbahnbrücken unterspült, zerstört oder beschädigt und damit unbenutzbar. In der Kreisstadt Bad Neuenahr-Ahrweiler, die durch die Ahr in zwei Teile geteilt wird, verschwanden 13 von 15 Brücken (Abb. 11).

So etwas kann zu großen Problemen führen, wenn sich die Feuerwache, die Polizei oder das einzige Krankenhaus auf der anderen Seite des Flusses befinden. Zahlreiche Versorgungseinrichtungen wie Kläranlagen, Wasser-, Gas- und Stromnetze wurden unterbrochen, 17 Schulen wurden schwer beschädigt, und 19 Pflegeheime mussten evakuiert werden. Sechs Krankenhäuser und zwei Rehabilitationszentren wurden überflutet; ein Krankenhaus

wird für immer geschlossen bleiben. In Kliniken befinden sich häufig wichtige und teure Geräte im Keller. Ein Totalausfall der Stromversorgung zwang das Klinikpersonal in der Stadt Eschweiler, 300 Patient:innen während der Evakuierung durch das Treppenhaus zu tragen und damit zu gefährden. Hunderte von Arztpraxen waren betroffen; viele von ihnen mussten wochenlang geschlossen bleiben, einige sogar für immer. Mehr als 330 Menschen wurden mit Hubschraubern von den Dächern ihrer Häuser oder von Bäumen gerettet.

Unmittelbar nach der Flut waren bis zu 165.000 Menschen ohne Strom, Trinkwasser und Mobilfunkverbindung. Undichte Gasleitungen behinderten die Hilfsmaßnahmen. Der 100 Jahre alte, 17 m hohe Steinbachdamm (siehe Abb. 4) drohte zu brechen und eine tödliche Flutwelle in flussabwärts gelegene Ortschaften zu schicken. Ein katastrophaler Bruch konnte durch das Eingreifen eines Arbeiters verhindert werden, der mit seinem Bagger abgerutschtes Dammmaterial entfernte, das den Grundablass blockierte, und somit das Bauwerk sicherte.



Abb. 11: Zerstörte Brücke in Bad Neuenahr-Ahrweiler (Foto P. Ruland)

Entlang der Wasserläufe kam es zu gewaltigen Erosionen, wobei es den dramatischsten Vorfall in Erftstadt-Blessem gab, wo die Erft ihr Bett verließ und eine Kiesgrube überflutete. Durch die starke Rückwärtserosion stürzten acht Gebäude in die Grube oder wurden durch Unterspülung irreparabel beschädigt. Glücklicherweise kam hier niemand unmittelbar ums Leben, aber das Bild dieses Ortes wurde zu einem der Symbole für die Gewalt der Flut. Darüber hinaus kam es zu erheblichen Verkehrsbehinderungen, da eine Autobahn gesperrt werden musste, was zu einem tödlichen Autounfall unmittelbar nach dem Hochwasser führte. Ein weiterer tödlicher Unfall ereignete sich später im August, als eine Schülerin im hohen Verkehrsaufkommen auf einer Umleitung durch Erftstadt-Blessem von einem Auto erfasst wurde.

Die Aufforderung zum Verlassen des Risikogebiets kam in einigen Fällen (zu) spät. Im Ahrtal waren schätzungsweise 42.000 Menschen betroffen, 17.000 von ihnen erlitten massive Verluste. Im gesamten Bundesland RLP lag die Zahl der Betroffenen bei 65.000. Rund 8.800 Gebäude entlang der Ahr wurden beschädigt (DKKV 2022); fast 200 Wohnhäuser und 275 weitere Gebäude wurden vollständig zerstört oder mussten abgerissen werden. In zahlreichen Fällen mussten bereits wiederhergestellte Häuser, die Ölschäden erlitten hatten, Monate später abgerissen werden, weil die – vermutlich gesundheitsschädlichen – Ölausdünstungen nicht beseitigt werden konnten. Noch im April 2022 fiel die Entscheidung, dass dies allein in Altenahr mindestens 13 Häuser betrifft; weitere könnten folgen. Eine große Anzahl von Autos versank im Wasser oder wurde weggeschwemmt. Das Ahrtal ist eine der wichtigsten Weinbauregionen in Deutschland. Von 563 Hektar Rebflächen wurden ca. 60 Hektar beschädigt oder verwüstet.

Auch öffentliches Eigentum und nicht zur Infrastruktur gehörende Vermögenswerte wurden schwer getroffen. In Krankenhäusern fielen die Klimaanlage in den Operationssälen aus, Kirchen wurden verschlammte und unterspült, Friedhöfe erodiert und verwüstet, und natürlich wurden auch Rathäuser und andere Gebäude, in denen sich wichtige Dokumente befanden, Opfer der

Wassermassen. Menschen, die in ihren überfluteten Wohnungen persönliche Dokumente verloren hatten, konnte nicht geholfen werden, da auch viele amtliche Dokumente und elektronische Datensicherungen in den Fluten untergingen. In Bad Neuenahr-Ahrweiler war etwa ein Drittel des Personals der öffentlichen Verwaltung selbst von der Flut betroffen und wurde aber gleichzeitig auch dringend benötigt, um den verzweifelte Einwohner:innen der Stadt zu helfen.

Zwar liegen noch keine Daten aus dem Jahr 2021 vor, aber ein Vergleich der durchschnittlichen Schadengrade an Häusern beim Flusshochwasser 2013 und den Sturzfluten 2016 in Deutschland, deren Dynamik mit der Flut im Juli 2021 vergleichbar war, ergab, dass sie im ersten Fall (2013: 9 % für Gebäude, 19 % für Hausrat) deutlich niedriger waren als im zweiten (2016: 21 % für Gebäude, 39 % für Hausrat) (Thieken et al. 2022a).

2.4 Bemerkenswerte Vorkommnisse

Die Eifelregion ist bei Touristen sehr beliebt. Entlang der Ahr und einiger ihrer Nebenflüsse befinden sich zahlreiche Campingplätze (Abb. 12). Mehrere dieser Plätze liegen flussaufwärts der obersten Pegelstation, was ein Problem darstellt, wenn die Frühwarnung auf beobachteten Messungen beruht. So sind auf dem Campingplatz Stahlhütte in Dorsel unterhalb der Einmündung des Ahbachs in die Ahr sieben Menschen gestorben, auf dem Campingplatz im Sahrachtal zwei. Die meisten Campingplätze wurden stark beschädigt oder vollständig zerstört.

Der tragischste Vorfall ereignete sich in der Stadt Sinzig (Abb. 6). Das Erdgeschoss des „Lebenshilfehauses“, eines Heims für 36 Menschen mit Behinderung, das fast 300 m von der Ahr entfernt liegt (aber innerhalb des offiziellen Extremhochwasserbereichs!), wurde binnen weniger Minuten überflutet. Zwölf Bewohner:innen, die nicht in der Lage waren, aus eigener Kraft in das Obergeschoss zu gelangen, ertranken. Es wurde ein Ermittlungsverfahren darüber eingeleitet, welche Warnungen herausgegeben worden waren und wie sie umgesetzt wurden.

In Deutschland heizen viele Menschen ihre Wohnungen mit Holzpellets. Diese Pellets werden oft in den Kellern der Häuser oder in Nebengebäuden gelagert. Sie nehmen massiv an Volumen zu, wenn sie mit Wasser in Berührung kommen. Es gibt Berichte, dass selbst 24 cm dicke Ziegelwände unter dem Druck aufgequollener Pelletlager barsten, so dass Gebäude instabil wurden und abgerissen werden mussten. Außerdem verwandelt sich die Pelletmasse, die sich normalerweise wie ein Granulat verhält, in einen monolithischen, betonartigen Block, wenn sie durchfeuchtet wird.

In NRW setzte eine überflutete Heizungsanlage eine größere Menge CO₂ frei. Zwei Personen, die im Keller arbeiteten, wurden bewusstlos, fielen ins Wasser und ertranken. In einer anderen Stadt fing eine überflutete Ölheizung Feuer, zwei Menschen starben. Diese Fälle unterstreichen die Notwendig-

keit von hochwasserangepasster Heizungssysteme in flutgefährdeten Gebieten, ganz zu schweigen von den Verschmutzungsproblemen durch ausgelaufenes Öl.

Ein weiteres spektakuläres Ereignis war die Überflutung des Braunkohletagebaus Inden im Einzugsgebiet der Rur. Der Deich des Flüsschens Inde war gebrochen, und das Wasser strömte in die Grube, wodurch eine 4,5 Hektar große Schlucht entstand. Tragischerweise kam dabei ein Raupenfahrer ums Leben.

Im äußersten Südosten Bayerns rund um Berchtesgaden verursachten Sturzfluten und Erdbeben nach massiven, kurzzeitigen Regenfällen (ein bis drei Stunden) erhebliche lokale Schäden und zerstörten die weltberühmte Bob-, Rodel- und Skeletonbahn.

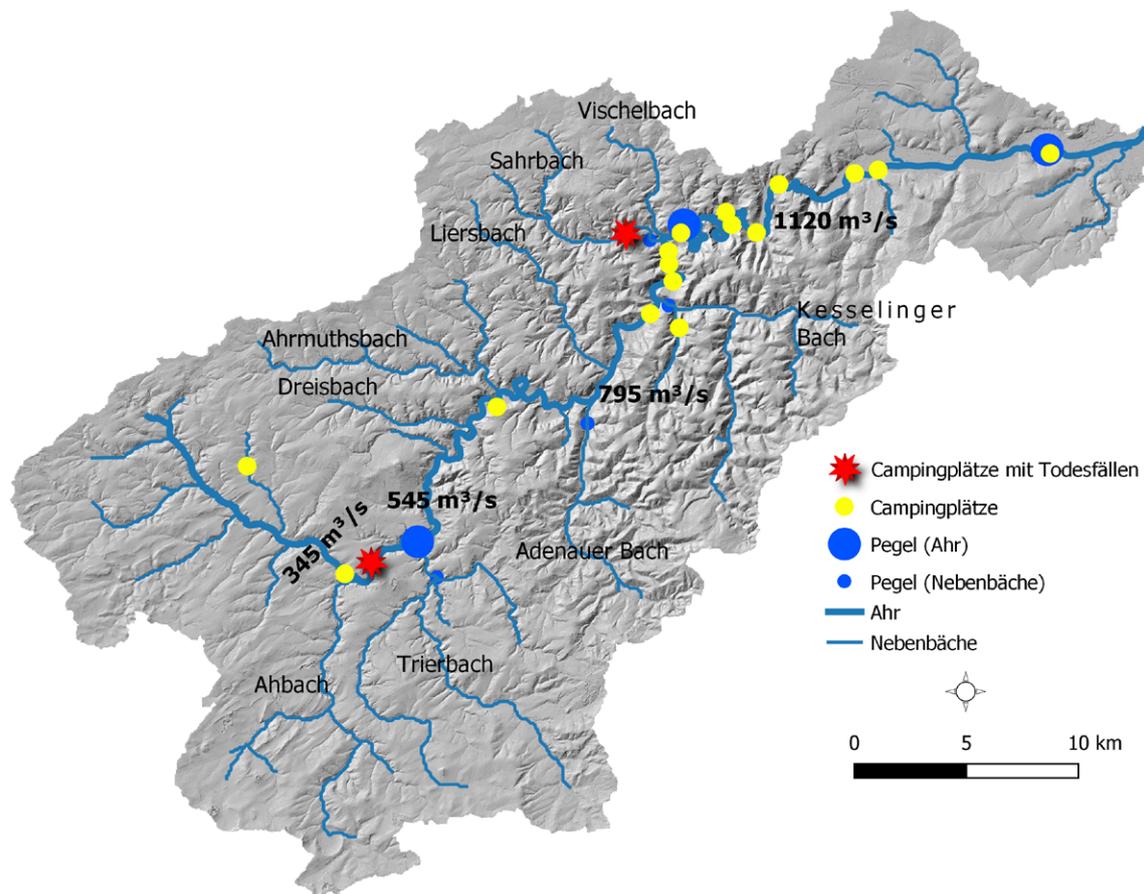


Abb. 12: Lage von Campingplätzen im Ahrtal und in Seitentälern (Abflussdaten: Roggenkamp & Herget (2022), DGM: Landesvermessungsamt Rheinland-Pfalz)

2.5 „Bernds“ Platz in der Statistik

„Bernd“ verursachte nach 2002, 2010, 2013 und 2016 den fünften Milliarden Schaden in Deutschland im 21. Jahrhundert durch Überschwemmungen (Abb. 13). Keines der drei vorangegangenen Ereignisse hatte jedoch so viele Todesopfer, Verletzte und Gesamtschäden zur Folge wie das Hochwasser 2021. Die jüngste Schätzung liegt bei 33 Mrd. Euro (Stand: 10. Januar 2022) (Munich Re 2022). In RLP fielen bis zu 20 Mrd. Euro Schaden an, von denen 75 % nicht versichert waren (DKKV 2022). Nur eine Katastrophe – ohne Einbezug von Hitzewellen und Kälteeinbrüchen – hat seit 1900 in Deutschland mehr Todesopfer gefordert: die Hamburger Sturmflut vom Februar 1962, bei der mindestens 347 Menschen starben.

Europaweit forderte „Bernd“ wahrscheinlich 230 Menschenleben (Tote und Vermisste): 191 in Deutschland, 38 in Belgien und eines in Österreich. Belgien meldete einen geschätzten versicherten Schaden von 2,164 Mrd. Euro (RTBF 2021), was darauf schließen lässt, dass dort mit Gesamtschäden in mindestens zwei- bis vierfacher Höhe gerechnet werden muss. Addiert man die Schadenzahlen aus allen anderen betroffenen Ländern, ergibt sich eine Gesamtsumme von 46 Mrd. Euro (Munich Re 2022).

Abb. 13 zeigt die Abfolge der jährlichen Hochwasserschäden in Deutschland von 1980 bis 2021. Dabei wird zwischen „reinen“ Hochwassern und Hochwassern infolge von schweren konvektiven Ereignissen (Severe Convective Storms, SCS; Gewittern)

unterschieden. Solche Wetterphänomene verursachen in den meisten Fällen nicht nur Überschwemmungen, sondern auch Schäden durch Sturmböen und Hagelschlag, die sich in der Regel nicht voneinander trennen lassen. Als Faustregel kann man davon ausgehen, dass 50 % der Schäden auf Überschwemmungen entfallen. Während die Balken in Abb. 13 für reine Überschwemmungen eine große Volatilität, aber keinen eindeutigen Trend über den dargestellten Zeitraum aufweisen, nehmen die SCS-bedingten Schäden offensichtlich zu.

Es scheint, dass nach den großen Flussüberschwemmungen in den Jahren 1993 und 1995 (Rheingebiet) sowie 2002 und 2013 (Elbe-, Donaugebiet) extrem kostspielige Sturzfluten (d.h. durch kurzzeitige, intensive Regenfälle verursachte Überschwemmungen) immer mehr an Bedeutung gewonnen haben, was die Schäden in Milliardenhöhe anbelangt. Im Jahr 2010 kosteten die Überschwemmungen in Ostachsen über eine Milliarde Euro, 2016 summierten sich die Schäden in zwei Regionen Süddeutschlands auf 2,5 Milliarden Euro. Der 33-Milliarden-Euro-Schaden von 2021 war der dritte in dieser Reihe.

Man darf aber auch nicht vergessen, dass der Großteil (zwei Drittel) der 11,6 Mrd. Euro Schadensumme im Jahr 2002 (Originalwert) durch Sturzfluten im sächsischen Erzgebirge entstanden ist – durch ganz ähnliche Niederschläge wie 2021 in der Ahr-Erft-Region. Das Phänomen teurer Sturzfluten ist demnach kein neues Phänomen, sondern nur (noch) nicht im Bewusstsein der Öffentlichkeit angekommen.

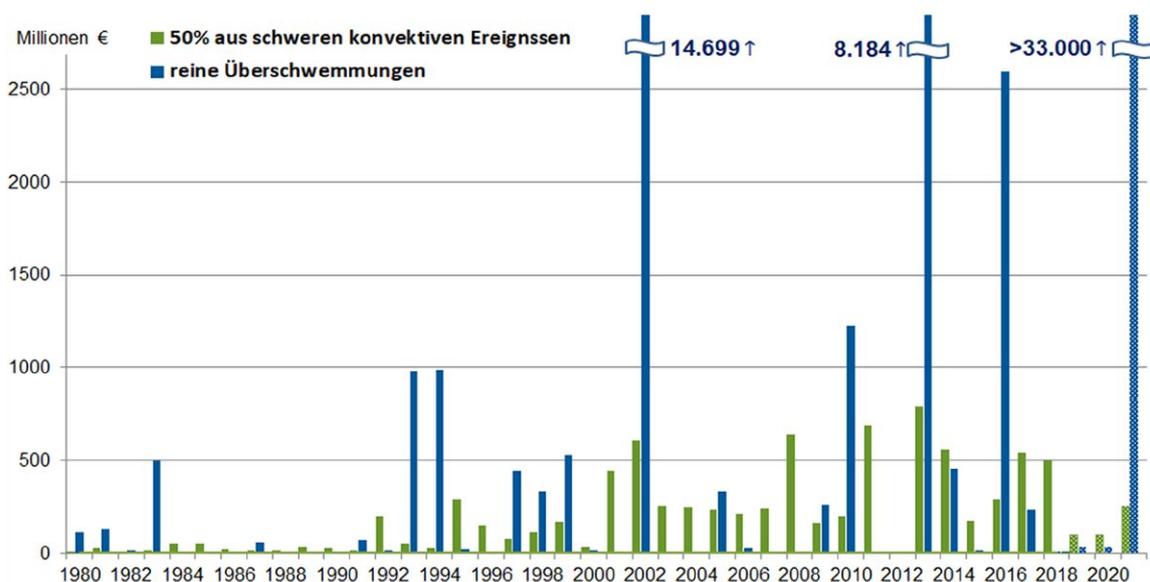


Abb. 13: Jährliche Gesamtschäden (in Werten von 2018) aus „reinen“ Hochwasserereignissen und Schäden aus Überschwemmungen bei schweren konvektiven Stürmen (SCS) in Deutschland 1980-2021 (Kron et al. 2019 überarbeitet, Schäden 2019-2021 sind geschätzt)

3 Katastrophenhilfe

3.1 Wettervorhersage und Frühwarnung in Deutschland

In Deutschland gehört die Warnung vor bedrohlichen Wetterereignissen, einschließlich potenzieller Starkregen und Überschwemmungen von Gebieten, die nicht an Wasserläufen liegen, zu den Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD). Hochwasservorhersage und -warnung sind rechtlich gesehen Aufgaben der Bundesländer.

Sobald ein Unwetterereignis erkannt wird, werden bis zu 48 Stunden vor seinem Eintreten offizielle Warnmeldungen veröffentlicht; Vorab-Meldungen werden sogar schon fünf Tage vorher in der Wochenvorhersage Wettergefahren herausgegeben. In diesen Berichten wird die erwartete Entwicklung der Wetterlage in den folgenden 24 Stunden basierend auf numerischen Simulationen beschrieben. Eine frühzeitige Warnung vor Wolkenbrüchen ist jedoch schwierig, da diese Art von Ereignissen in der Regel von dynamischen, konvektiven Gewitterzellen hervorgerufen wird, die oft lokal und kleinräumig auftreten. Obwohl die numerischen Modelle heutzutage sehr leistungsfähig sind, ist die Herausforderung, genaue Werte für Zeitpunkt, Ort und Intensität von Starkniederschlägen zu ermitteln, oft zu groß. Die Modelle sind nur in der Lage, Vorhersagen für diese drei Parameter innerhalb bestimmter Bandbreiten zu treffen.

Die Hochwasservorhersagen für Flüsse werden von der jeweiligen Hochwasserzentrale der 16 Bundesländer auf der Grundlage der Wettervorhersagen des DWD erstellt. Für die großen Flüsse und ihre Hauptzubringer gibt es hydrologische und hydraulische Modelle, aber auch für viele mittlere und sogar kleinere Flüsse liegen Vorhersagen vor. Die zu erwartende Abflussentwicklung in den folgenden Stunden ist im Internet (bereitgestellt von der Hochwasserzentrale des jeweiligen Bundeslandes) länderübergreifend unter <https://www.hochwasserzentralen.de> für jeden Hochwassermeldepegel abrufbar.

3.2 Warnverfahren

In der Erwartung eines potenziellen Katastrophenereignisses ist es besonders wichtig, die gefährdete Bevölkerung sowie die am Katastrophenmanagement Beteiligten (Behörden, Katastrophenhilfsdienste usw.) schnell und gezielt zu informieren

und zu warnen. Eine präzise Frühwarnung ist eine der wirksamsten Maßnahmen, um Leben zu retten. Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben entscheiden über den Inhalt der Meldungen und den Zeitpunkt der Versendung. Die von Bund und Ländern eingesetzten Instrumente zur Warnung der Bevölkerung sind: öffentlicher Rundfunk (Radio und Fernsehen), Handy-Apps, Sirenen und Fahrzeuge mit Lautsprechern. Darüber hinaus gibt es offizielle Warnwege zu Behörden und bestimmten Empfängergruppen (z.B. Akteure des Katastrophenschutzes). Im Katastrophenfall ist die sofortige Information, d. h. die Benachrichtigung über ein bevorstehendes oder bereits eingetretenes Ereignis, von entscheidender Bedeutung.

Die Verfahren zur Frühwarnung vor Wetter- und Hochwasserereignissen wurden nach 2002 geändert, als der DWD eine zusätzliche violette Warnstufe 4 für extreme, potenziell lebensbedrohliche Ereignisse einführte. Auch die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen öffentlichen Stellen (DWD, Hochwasserzentralen, Katastrophenschutz) wurde verbessert und die Arbeitsabläufe wurden harmonisiert. Dennoch kann die Organisation der Hochwasservorhersage und -warnung von Bundesland zu Bundesland noch unterschiedlich sein.

In Deutschland gibt es mehrere Apps zur Verteilung von Warninformationen an die Bevölkerung. Eine ist NINA (Notfall-Informationen- und Nachrichten-App) des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), eine andere WarnWetter des DWD. Katwarn ist eine App des Fraunhofer-Instituts für Offene Kommunikationssysteme (Fraunhofer 2022), die den Nutzer:innen Warnungen und Handlungsempfehlungen für ihre jeweilige Umgebung gibt. Es gibt auch Apps von Versicherungsunternehmen. Warnmeldungen behördlicher Institutionen (z. B. BBK, DWD, örtliche Feuerwehren) werden über MoWaS, ein Mehrwege-Warnsystem des BBK (BBK 2022), verbreitet. Sowohl NINA als auch Katwarn zeigen diese Meldungen an.

3.3 Vorhersage und Frühwarnung bei den Überschwemmungen im Juli 2021

Das Ereignis vom Juli 2021 wurde vom Vorhersage- und Warnsystem insgesamt gut erfasst. Der DWD und andere private Wetterdienstleister hatten frühzeitig vor Starkniederschlägen gewarnt und die potenziell betroffenen Landkreise gaben 150 Warnungen auf dem MoWaS des BBK über Apps und über die Medien heraus. Das Landesamt für Umwelt in RLP veröffentlichte am 14. Juli um 15:30 Uhr eine

Hochwasserwarnung. Der vorhergesagte Wasserstand am Pegel Altenahr/Ahr (5,19 m) lag dabei deutlich über dem höchsten bis dahin gemessenen Wasserstand (3,71 m im Jahr 2016) und löste die höchste Warnstufe aus. Sie wurde kurz nach 17 Uhr über die Warn-Apps und andere Medien verbreitet. Trotz einer Zwischenprognose, die einen niedrigeren Wert (ca. 4 m) auswies – bedingt durch den Ausfall

eines Pegels und die Tatsache, dass der DWD die zu erwartenden Niederschläge herabgesetzt hatte – blieb die hohe Warnstufe bestehen. Die folgenden Vorhersagen – nach dem Ausfall der Pegel Müsch und Altenahr – waren 5,30 m um 20 Uhr, 6,81 m um 21:30 Uhr und 7 m um 22:25 Uhr. Am frühen Morgen des 15. Juli überschritt der Wasserstand schließlich 9 m (Kirschstein 2022).

4 Lehren für das Katastrophenmanagement

4.1 Gestörte Warnwege und individuelles Verhalten

Trotz der rechtzeitigen Kenntnis der bevorstehenden außergewöhnlichen Regenfälle und der Durchführung der üblichen Vorbereitungsmaßnahmen konnten sich sowohl die Behörden als auch die Menschen in der Region nicht vorstellen, wie hoch und wie schnell die Flutwellen sein würden.

In RLP und NRW gab es gravierende Probleme in der Frühwarnkette. Vorhersagen und Warnungen waren von den zuständigen Behörden herausgegeben worden, aber die Informationskette war teilweise unterbrochen und die Warnung blieb auf dem Weg zu den Menschen stecken. Es schien, dass sowohl individuelle Fehlentscheidungen als auch Verfahrensmängel für diese Vorfälle verantwortlich waren. Sie wurden zu Fällen, die von Staatsanwält:innen und Parlamentsausschüssen untersucht wurden.

In vielen Fällen erreichte die Warnung die Betroffenen nicht, weil die Warnsysteme nicht richtig funktionierten oder – wie im Fall der Sirenen – demontiert worden waren. Warnungen über Smartphones konnten nur diejenigen erreichen, die die entsprechende App installiert hatten. Viele Menschen hatten ihre Smartphones nachts ausgeschaltet, und in einigen Gebieten waren der Strom und die Mobilfunknetze wegen des Hochwassers sofort unterbrochen. Auch die Warnungen unterschieden sich nicht wesentlich von denen eine Woche zuvor, als „normale“ Starkregen- und Unwetterereignisse angekündigt worden waren. Man kann also von einem gewissen Ermüdungseffekt bei der Wahrnehmung solcher Meldungen ausgehen.

Automatische Anzeigen, Vorhersagen und Warnungen sind zwar hilfreich, reichen aber oft nicht aus, um die Zielpersonen im Extremfall angemessen zu informieren. Um es anschaulich auszudrücken: Sie „schreien den Adressaten nicht mit eindringlicher Stimme an“. Selbst ein blinkender roter Punkt auf dem Display ist nicht vergleichbar mit einem Anruf von Mensch zu Mensch, der die entscheidenden Akteure wie Polizei, Hochwasserschützer:in und Katastrophenmanager:in über den Ernst der Lage informiert. Im Ahrgebiet gab es in den zwei Wochen vor der Katastrophe mehrere Unwetterwarnungen, einige davon mit der höchsten (roten)

Stufe. Diese Inflation von Warnungen ist im Hinblick auf die Effizienz kontraproduktiv. Was fehlt, ist eine klare Ansage: „Holt eure Leute raus! Sofort und auf der Stelle!“.

Allein die Höhe der Flutwelle war von niemandem vorhergesehen worden, weder von den Expert:innen noch von der Bevölkerung; sie kam völlig überraschend. Die Katastrophenmanager:innen zweifelten zum Teil an der Glaubwürdigkeit der Vorhersagewerte. Daher ordneten sie teilweise keine Evakuierungen an oder zögerten in einigen Fällen, vermutlich weil die Ausrufung des Notstands auch mit Kosten verbunden ist, die von den Landkreisen getragen werden müssen. Außerdem vernachlässigten (oder vergaßen) einige lokale Behörden die Existenz von Hochwassergefahren- und -risikokarten, als sie die zu evakuierenden Gebiete auswählten. Es muss eingeräumt werden, dass die Evakuierungen mancherorts zwar auf der Grundlage der Gefahrenkarten für ein extremes Hochwasser erfolgten, das tatsächliche Ausmaß der Flut jedoch die kartierten Gebiete übertraf.

Von den 189 Menschen, die in Deutschland ihr Leben verloren, starben 134 im Ahrtal. Mehr als die Hälfte dieser Todesfälle ereignete sich in Bad Neuenahr-Ahrweiler. Es ist nicht möglich, alle Todesfälle bestimmten Ursachen zuzuordnen (z. B. keine oder zu späte Warnung, Versuche, Gegenstände aus den überfluteten unteren Teilen der Häuser zu retten, usw.), aber der besonders tragische Fall der zwölf Todesopfer im Lebenshilfehaus in Sinzig (siehe Abschnitt 2.4) ist eindeutig eine Folge der unterlassenen Evakuierung des Hauses.

Eine von Thieken et al. (2022b) durchgeführte Umfrage ergab, dass 29 % in RLP und 35 % in NRW der von der Flut betroffenen Menschen aussagten: „Ich wurde nicht gewarnt oder bin nicht auf das bevorstehende Hochwasser aufmerksam geworden“. Diese Zahlen passen gut zu den Ergebnissen früherer Umfragen nach Sturzfluten in Deutschland, die – mit wenigen Ausnahmen – zwischen etwa 25 und 40 % liegen. Bei reinen Flussüberschwemmungen schneiden Warnungen deutlich besser ab; nur 5 % der betroffenen Bevölkerung wurden im Juni 2013 nicht erreicht. Im Juli 2021 fand etwa die Hälfte der Menschen (48 %) die Warnungen (sehr) glaubwürdig, aber nur 15 % erwarteten, dass die Situation mit weitreichenden Überflutungen und lebensbedrohlichen Situationen sehr ernst werden würde. Der Anteil der Befragten, die zwar gewarnt wurden, aber nicht wussten, was sie tun sollten, um ihr Leben und ihr Eigentum vor dem Hochwasser zu schützen, lag bei 41 % in RLP bzw. 51 % in NRW, was ebenfalls recht typisch für Sturzfluten in Deutschland ist. Dieser Mangel

an Wissen und Bewusstsein zeigt deutlich, dass die größte Herausforderung darin besteht, die Aufmerksamkeit der Menschen zu erreichen, und nicht darin, die technischen Systeme und die Frühwarnkette zu optimieren. Die Risikokommunikation in Bezug auf Starkniederschläge und Sturzfluten ist im Vergleich zur Risikokommunikation bei typischen Flusshochwassern unterentwickelt.

Eine Person, die in einem Haus in der Nähe eines kleinen Nebenflusses der Ahr wohnte, war evakuiert worden, kehrte aber zurück, um einen Hund zu retten, und ertrank im Keller des Hauses, nachdem sich die Feuerwehr wegen des steigenden Wassers zurückgezogen hatte. Solche Fälle, in denen Menschen in Panik oder ohne ihr eigenes Risiko richtig einzuschätzen handeln, werden oft nach Hochwasserereignissen publik. Rettungsversuche von Haustieren oder Autos sind bei Überschwemmungen eine häufige Todesursache.

4.2 Gelernte und noch zu lernende Lektionen

Bis in die 1990er Jahre hatte praktisch jede Kommune in Deutschland eine Sirene. Als nach dem Ende des Kalten Krieges die Notwendigkeit zur Warnung vor Luftangriffen nicht mehr gesehen wurde und gleichzeitig Kommunikationsmittel zur Alarmierung der Feuerwehren (z. B. Piepser, Handys) zur Verfügung standen, wurden die Sirenen in den meisten Orten abgebaut. Dies wird von Katastrophenschützer:innen seit vielen Jahren kritisiert. Sirenen sind zuverlässige und robuste Warnmittel und zumindest eine wichtige zusätzliche Methode, um eine Botschaft zu vermitteln. Informationen über mobile Geräte wie Mobiltelefone sind nur möglich, wenn die Mobilfunk- und Stromnetze intakt sind. Es ist entscheidend, sich nicht nur auf ein einziges Mittel zu verlassen, sondern eine Reihe von Systemen zu verwenden, die auf bestimmte Adressaten und Situationen zugeschnitten sind. Steht eine Krise unmittelbar bevor oder ist sie bereits im Gange, ist digitale Kommunikation allein nicht ausreichend. Die Stromversorgung (auch die der Mobilfunkmasten) kann ausfallen, während die Sirenen – mit Batterien als Reserve – betrieben werden können. Feuerwehr- und Polizeifahrzeuge mit Lautsprechern sind ebenfalls eine Option (vorausgesetzt, die Straßen sind befahrbar), und auch das Läuten der Kirchenglocken sollte nicht vergessen werden.

Eine weitere Methode zur Warnung des zivilen Sektors ist Cell Broadcast, d. h. alle Mobiltelefone in dem betroffenen Gebiet erhalten automatisch eine Textnachricht. Diese Methode ist – anders als in

einigen anderen Ländern wie den Niederlanden, Italien und den USA – in Deutschland noch nicht verfügbar. Als eine Konsequenz aus der Hochwasserkatastrophe beschloss der Bundestag allerdings einige Wochen nach dem Hochwasser die Einführung von Cell Broadcast.

Ein entscheidender Aspekt bei Warnungen ist die Ergänzung der reinen Alarmmeldung durch spezifische Anweisungen, was zu tun (oder zu unterlassen) ist und wie man sich verhalten soll. Warn-Apps bleiben im Allgemeinen auf der Ebene vorformulierter Aussagen und lassen Empfehlungen vermischen, die konkret auf das bevorstehende Ereignis und die angesprochene Zielgruppe zugeschnitten sind. Eine Smartphone-Wetter-App liefert eine Reihe von Zahlen und vielleicht einen standardisierten Wortlaut einer Warnung. Im Gegensatz dazu interpretiert ein Fachmann oder eine Fachfrau im Fernsehen diese Zahlen und sagt den Menschen, was sie zu erwarten haben und was sie tun sollten. Außerdem muss vor einem Ereignis und während des Ereignisses unterschieden werden. Während des Ereignisses müssen detaillierte Informationen über spezifische lokale Situationen verbreitet werden, z. B. über unpassierbare Straßen, sichere Sammelplätze (und wie man dorthin gelangt), drohende akute Gefahren, usw.

Der allgemeine Mangel an Vorbereitung (einschließlich nachlässiger oder fehlender Schutzmaßnahmen) spiegelt ein geringes Risikobewusstsein in Bezug auf extreme Wetterereignisse wider – sowohl bei Einzelpersonen als auch bei Gruppen und Gemeinden. Es ist eine modifizierte, lokalisierte Risikowahrnehmung erforderlich. Sturzfluten, die typischerweise kleinräumig sind und weit entfernt vom eigenen Wohnort auftreten, schaffen kein ausreichendes Bewusstsein, auch wenn Nachrichten aus den betroffenen Gebieten zwar gehört, das Eintreten eines ähnlichen Ereignisses am eigenen Standort aber nicht als Möglichkeit angesehen wird. Die Menschen zögern daher, Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Angesichts eines drohenden Extremereignisses neigen Alteingesessene jedoch möglicherweise dazu, zu glauben, sie hätten alles unter Kontrolle, während Zugezogene sich eher unsicher fühlen und vorsichtiger sind. Um dieser Haltung entgegenzuwirken, muss ein Umdenken stattfinden und eine positive Risikokultur geschaffen werden. Die Bevölkerung muss künftig besser mit der Frühwarnung als Teil eines effizienten Katastrophenmanagements vertraut gemacht werden. Die Einführung von „Warntagen“ und häufige (z. B. jährliche) Übungen zur Vorbereitung auf den Katastrophenfall in der Öffentlichkeit und in Schulen sowie in Unternehmen sind unerlässlich.

5 Vorsorge, Schutz und bauliche Aspekte

5.1 Wie haben die bestehenden Systeme ihre Aufgaben erfüllt?

Der Hochwasserschutz entlang der relativ kleinen Flüsse in der Eifel ist wenig ausgeprägt. Rückhalte-räume sind an den Gewässern wegen des sehr begrenzten Platzes in den engen Tälern kaum vorhanden. Nur in den Oberläufen von Ahr und Erft befinden sich einige kleine Hochwasserrückhalte-becken. An den meisten Stellen gibt es keine Hochwasserdeiche oder -mauern. Dort, wo es bauliche Schutzmaßnahmen gibt, fallen diese kaum auf, weil sie meist klein sind. Auch wenn sichtbare Hochwasserschutzanlagen von manchen als störend empfunden werden, haben sie doch die Wirkung, dass sie – wie an der Küste oder entlang großer Flüsse – auch zum Gefahrenbewusstsein beitragen können. Fehlen sie, so sind ins Auge fallende Hochwassermarken umso wichtiger.

Die materiellen Folgen signifikanter Überschwemmungen werden in erster Linie bestimmt durch 1) die vorhandenen exponierten Werte und ihre Anfälligkeit, und 2) die Möglichkeiten, wie das Hochwasser beeinflusst werden kann. Letzteres umfasst alles, was auf den Abfluss und die Strömung einwirkt: Landnutzung, natürlicher Rückhalt, Entwässerungssysteme, Gewässerausbau, Stauseen, Deiche, Hochwassermauern, Hochwasserumleitungen, usw. Bei diesen Themen wurden in den letzten Jahren, insbesondere nach den großen Hochwasserereignissen 2002 und 2013, etliche Defizite und Fehler der letzten Jahrhunderte erkannt und korrigiert. Der ansteigende Trend der Schäden, hervorgerufen durch die Bebauung von Wohn-, Gewerbe- und Industriegebieten an risikoreichen Stellen, ist jedoch – wie überall auf der Welt – seit vielen Jahrzehnten ungebrochen. Der Aufschrei und die Forderungen in der Öffentlichkeit, den Medien und der Politik nach schadenträchtigen Ereignissen klingen in der Regel innerhalb weniger Monate wieder ab.

In Europa wurden mit der Einführung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (EU 2007) für jedes Mitgliedsland Karten mit der Hochwassergefahr und dem Hochwasserrisiko durch Flüsse gefordert. Die Mitgliedsstaaten haben die Möglichkeit, die Gefahr von pluvialen Überschwemmungen (aufgrund von zu geringer Kapazität von Kanalisationssystemen) zu vernachlässigen. Die Richtlinie war ein wichtiger Schritt in Richtung Risikomanagement und Risikominderung. Deutschland hat nach 2002

und 2013 weitere bemerkenswerte Fortschritte bei der Verbesserung der Hochwasservorsorge und des Hochwasserschutzes gemacht. Das Hochwasser von 2002 gab den Anstoß zu einer Neuformulierung von Geboten und Verboten im Wasserhaushaltsgesetz (WHG), die (im Wesentlichen) lautet: „Die Ausweisung neuer Siedlungsflächen in ausgewiesenen 100-jährlichen Überschwemmungsgebieten (= typisches Bemessungshochwasser) ist unzulässig.“ Diese prinzipiell begrüßenswerte Vorgabe wird jedoch durch neun Ausnahmen modifiziert – und abgeschwächt. Nur einer dieser neun Punkte bezieht sich auf Hochwasserschäden, indem es heißt: „Gebäude sind so zu errichten, dass bei Eintritt des Bemessungshochwassers keine baulichen Schäden zu erwarten sind“. Die anderen beziehen sich auf Aspekte, die für die Schadenminderung irrelevant sind, wie Gesundheit, Abflussgeschehen, usw. Die Kehrseite einer solchen Regelung ist, dass der Gesetzgeber nur wenig bis gar keinen Einfluss auf die Vermeidung von Sachschäden bei Ereignissen hat, bei denen die Annahmen für das Bemessungshochwasser überschritten werden. Es besteht jedoch Hoffnung, dass sich dies ändert. Der Koalitionsvertrag von SPD, Grünen und FDP, welche seit Dezember 2021 die neue Bundesregierung bilden, sieht eine Überprüfung des Ausnahmekatalogs im WHG vor mit dem Ziel, die Risiken zu reduzieren.

Eine Konsequenz aus dem Hochwasser 2013 war ein Nationales Hochwasserschutzprogramm, das sich auf die Verbesserung und den Ausbau von Retentionsräumen zur Abmilderung von Hochwasserspitzen und auf die Beseitigung von Schwachstellen konzentriert. Die Gesamtkosten der mehr als 100 ausgewiesenen Maßnahmen werden auf fast 5,5 Milliarden Euro geschätzt (BMUV 2014). Sie werden jedoch hauptsächlich entlang der großen Flüsse durchgeführt, da die geförderten Maßnahmen bundeslandübergreifende Wirkung entfalten müssen.

Diese Maßnahmen haben den Status des Hochwasserschutzes in Deutschland definitiv positiv verändert. Allerdings beziehen sie sich fast ausschließlich auf Flusshochwasser, während der Schutz vor lokalen Sturzfluten kaum berücksichtigt wird. Mehrere außergewöhnliche Ereignisse (u. a. 220 mm Niederschlag in 100 Minuten in der Stadt Münster im Jahr 2014 und zerstörerische Sturzfluten in kleineren Städten in Süddeutschland im Jahr 2016) haben das Bewusstsein für diese Art von Überflutungen geschärft. Angesichts der Charakteristika solcher lokaler Katastrophen ist es in erster Linie die Aufgabe und Verantwortung der Gemeinden – und nicht die von Bund und Ländern –, ihr eigenes Risiko zu erkennen und zu verringern. In den letzten Jahren

haben einige Gemeinden Anstrengungen unternommen, um das Risiko zu minimieren, andere wiederum haben sich diesbezüglich zurückgehalten. Das Juli-Hochwasser 2021 wird hoffentlich dazu beitragen, diese Bemühungen zu intensivieren.

In den Siedlungen entlang der Eifelflüsse ist der Talgrund dicht bebaut, da die Hänge steil, oft geologisch instabil und schwer zu erschließen sind. Daher war eine sehr große Zahl an Häusern betroffen. Traditionell werden die Gebäude in Deutschland als Mischkonstruktionen aus Mauerwerk und Beton errichtet. Geschossdecken und Kellerwände (die meisten Häuser sind unterkellert) werden aus Ort beton hergestellt. Die oberirdischen Wände sind aus Ziegeln gemauert. Holzbauten sind selten, aber Fertighäuser sind seit einigen Jahrzehnten immer häufiger anzutreffen. Trotz ihres relativ hohen Potenzials, äußeren Einwirkungen zu widerstehen, wurden viele Gebäude zerstört oder so stark beschädigt, dass sie einen Totalschaden erlitten. Wenn nicht Strömungen mit hoher Geschwindigkeit, der Aufprall großer Trümmerteile oder Unterspülungen Zerstörung brachten, war auslaufendes Öl häufig die Ursache für großen Schaden. Denn die Mehrzahl der Häuser wird mit Heizöl beheizt. Sobald Öl in das Mauerwerk (gebrannte Lehmziegel oder Porenbeton) eindringt, wird ein Haus unbewohnbar. Der Geruch und die gesundheitsschädlichen Gasemissionen können viele Jahre lang anhalten. Fast immer muss zumindest der Putz entfernt werden. Als Faustregel gilt: ölverschmutztes Hochwasser verdoppelt bis verdreifacht den Schaden.

Einrichtungsgegenstände in überfluteten Stockwerken erleiden in der Regel einen Totalschaden durch den Kontakt mit (kontaminiertem) Wasser, Schlamm, Fäkalien und Öl. Zerstörte Möbel und Haushalts-/Büro-/Laden-/Werkstattgegenstände türmten sich entlang der Ahr und anderer Gewässer zu kilometerlangen und meterhohen Müllhalden auf – auch noch Monate nach dem Ereignis. Müllverbrennungsanlagen und Deponien konnten die riesigen Mengen – Hunderttausende von Tonnen – nicht bewältigen. Allein aus dem Ahrtal wurden rund 300.000 Tonnen abtransportiert, eine Masse, die der Abfallmenge von 35 Jahren des gesamten Kreises Ahrweiler entspricht.

5.2 Hochwasservorsorge – was ist zu tun?

Um großen Schäden vorzubeugen, empfiehlt es sich für Bewohner:innen, Unternehmen und Gemeinden, dass sie sich ihr individuelles Risiko und die potenzielle Gefährdungslage durch Extremwetter ausreichend bewusst machen. Der erste Schritt beim

Risikomanagement und die Entscheidungsgrundlage für zukünftige mobile oder permanente Maßnahmen ist eine fundierte Analyse der Gefährdung. Permanente bauliche Maßnahmen sind mobilen Lösungen vorzuziehen, da letztere eine ausreichende Vorlaufzeit benötigen (die bei einer Sturzflut in der Regel nicht gegeben ist) und bei der Umsetzung mit Problemen und Verzögerungen verbunden sein können.

Die Anfälligkeit von Siedlungen für Starkregenereignisse kann durch die Erhöhung der Speicherkapazität von Wäldern und landwirtschaftlichen Flächen, die Wiederherstellung von Überschwemmungsgebieten und die Bereitstellung zusätzlicher offener Grünflächen innerhalb dicht bebauter Gebiete verringert werden. Die Idee der Schwammstadt zielt eindeutig in die richtige Richtung, auch wenn ihre Wirksamkeit bei Extremereignissen begrenzt ist. Um das Risikobewusstsein der Bevölkerung zu schärfen, sind Konzepte erforderlich, die von der Stadt- und Regionalplanung über Frühwarnsysteme bis hin zu Evakuierungsübungen und Katastrophenmanagement reichen.

Der Staat kann keinen umfassenden Schutz für das individuelle Eigentum bieten, und er kann individuelle, private Schäden nicht vollständig abdecken. Das Wasserhaushaltsgesetz besagt, dass jede und jeder Einzelne für seinen Eigenschutz und seine Eigenvorsorge selbst verantwortlich ist. Hochwasserschutzmaßnahmen zur Vermeidung oder Verminderung von Schäden an Haus und Grundstück sind daher Aufgabe des Eigentümers, sei es in Bezug auf die Gestaltung von Garten und Haus oder die Abdichtung von Lichtschächten und Kellereingängen. Während es zu dieser Verantwortung gehört, über den Schutz für sich und sein Eigentum informiert zu sein, müssen die Eigentümer:innen frühzeitig in die Planungsprozesse von Kommunen und Behörden eingebunden, durch transparente Entscheidungsprozesse beteiligt und zur gemeinsamen Realisierung von Schutzkonzepten ermutigt werden. Die Erfahrung zeigt, dass die Maßnahmen umso besser angenommen und umgesetzt werden, je früher und aktiver Anwohner:innen in die Schutzmaßnahmen einbezogen werden. Sie können sich anhand von Hochwassergefahrenkarten darüber informieren, ob ihr Haus (und dessen Umgebung) von einem Flusshochwasser oder Sturzflutereignis betroffen sein kann und wie hoch die Wahrscheinlichkeit dafür ist.

Es gibt eine Fülle von Informationsblättern, Newslettern, Broschüren und Internetseiten, in denen Behörden, Gemeinden, Versicherer, Hilfsorganisationen, u. a. Informationen und Empfehlungen geben, wie

man sich und sein Hab und Gut vor Hochwasser, Sturm, Blitzschlag, Erdbeben, Schneedruck, Frost, Erdbeben, usw. schützen kann. Es ist für alle Bürger:innen ratsam, einige davon zu lesen, um zumindest einen Eindruck vom richtigen Handeln und Verhalten zu bekommen – und auch um eine Vorstellung davon zu haben, wo man etwas im Bedarfsfall noch einmal nachschlagen kann.

Eine recht umfassende Informationsquelle ist das Handbuch des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) „Die unterschätzten Risiken Starkregen und Sturzfluten“ (BBK 2015). Hausbesitzer:innen in Deutschland können zudem den „Hochwasserpass“ nutzen, ein Instrument, mit dem sich die Risikosituation eines Hauses einschätzen lässt und der ggf. Empfehlungen zur Verbesserung nahelegt. Darüber hinaus ist eine Versicherung gegen Hochwasserschäden (und andere Naturgefahren) für die meisten Hausbesitzer:innen sehr empfehlenswert und sollte von ihnen in Betracht gezogen werden. Sie erhöht die eigene Resilienz erheblich und kann die Sorgen über finanzielle Folgen nach einer Katastrophe vergessen lassen.

Die effektivste Methode zur Vermeidung von Schäden besteht darin, überschwemmungsgefährdete Gebiete von Gebäuden freizuhalten. Leider ist der Druck von Einheimischen und Bauherr:innen, Häuser, Werkstätten und Fabriken zu errichten, in Verbindung mit dem Streben der Gemeinden nach Weiterentwicklung (und Einnahmen durch den Verkauf von Grundstücken an künftige Eigentümer:innen) so groß, dass diese einfache Methode nur selten eine Chance hat – vor allem, wenn gleichzeitig die gesetzlichen Beschränkungen zu schwach sind.

5.3 Katastrophenvorsorge und Katastrophenmanagement

Deutschland ist erfahren genug, um mit normalen Hochwassern, auch mit größeren, gut und routiniert umzugehen. Aufgrund der guten Bewältigung dieser Hochwasser entsteht das trügerische Gefühl, alles unter Kontrolle zu haben. Dies führt zu Problemen bei extremen, seltenen Hochwassern. Beim Umgang mit einer Katastrophe besteht ein deutlicher Unterschied zwischen lokalen, kurzfristigen Überschwemmungen mit hoher Intensität, die durch konvektive Wolkenbrüche verursacht werden (pluviale Überschwemmungen, Sturzfluten), und großflächigen, langanhaltenden Flussüberschwemmungen. Im ersten Fall werden lokale Einsatzkräfte benötigt, die kaum Zeit haben, ihre Einsatzfähigkeit vorzubereiten. Das bedeutet, dass diese Helfer:innen über breit angelegte, geschulte und sofort anwend-

bare Fähigkeiten verfügen müssen, um auf ein Ereignis angemessen und unmittelbar reagieren zu können. Im Gegensatz dazu ist es bei einem Flusshochwasser in der Regel möglich, sich auf den Einsatz vorzubereiten, auch wenn die Vorlaufzeit vielleicht nur einen Tag beträgt. Man kann sich ein Bild von der Situation machen, mögliche Maßnahmen diskutieren und eine Strategie entwickeln.

Häufig sind Überschwemmungen eine Mischung aus beiden Arten von Ereignissen. Sie beginnen mit lokalen Sturzfluten, die schließlich in ein größeres Flusshochwasser münden. Ein dritter Typ ist ein stationäres Tief, das nicht nur eine hohe Niederschlagshöhe mit sich bringt, sondern auch eingebettete Zellen, die Niederschlagsintensitäten erzeugen können, die mit denen eines Gewitters vergleichbar sind. Das Hochwasser von 2021 war das Ergebnis eines solchen Ereignisses. Es betraf nicht nur ein Einzugsgebiet, sondern eine Reihe mittelgroßer Flüsse wie die Ahr, Erft, Rur, Prüm, Kyll und Wupper, jeweils mit einer Länge in der Größenordnung von 100 km und Einzugsgebietsgrößen zwischen 827 und 2361 km².

Seit 2004 werden alle drei Jahre regelmäßige Krisenmanagementübungen (LÜKEX) unter Beteiligung von Akteuren aus verschiedenen Verwaltungen und anderen Sektoren durchgeführt. Bei diesen vom BBK geleiteten Übungen werden fiktive Extremszenarien simuliert, um sich auf mögliche Katastrophensituationen vorzubereiten, die durch extreme Naturereignisse, technische Unfälle, terroristische Anschläge usw. entstehen können. Bestehende Pläne, Konzepte und Bewältigungskapazitäten werden in realistischer Umgebung getestet und trainiert. An den LÜKEX-Übungen sind Krisenstäbe von Bundes- und Landesbehörden, Betreiber kritischer Infrastrukturen (z. B. Energie, Kommunikation etc.) und Katastrophenschutzorganisationen beteiligt.

Neben den professionellen, gut ausgebildeten öffentlichen Akteuren bilden organisierte zivile ehrenamtliche Helfer:innen das Fundament der Katastrophenhilfe in Deutschland. Sie spielen eine entscheidende Rolle im Katastrophenmanagement, wahrscheinlich mehr als in jedem anderen Land. Die THW-Einheiten (Bundesanstalt Technisches Hilfswerk), Feuerwehren und Hilfsorganisationen sowie viele Verbände und Organisationen mit karitativen und gemeinnützigen Zielen stützen sich weitgehend auf Freiwillige. Nur in Großstädten gibt es Berufsfeuerwehren (insgesamt etwa 100). In den meisten Fällen üben alle Mitglieder einer Feuerwehr – von der Führungsebene bis zur Jugendfeuerwehr – ihre Tätigkeit als freiwillige Freizeitbeschäftigung aus,

liegen in GK1 und GK2 und sind damit problemlos zu einem günstigen Preis versicherbar (Prämie in GK1: 0,2-0,3 Promille der Versicherungssumme). Nur 0,4 % der Adressen befinden sich in GK4, wo die Versicherung sehr teuer und/oder nur mit einem hohen Selbstbehalt möglich ist.

Nicht flussbürtige Überschwemmungen werden im System erst seit 2019 berücksichtigt, als eine zusätzliche Bewertungsstufe für lokale Starkregenereignisse eingeführt wurde. Deutschland ist in drei Starkregenklassen (SGK) unterteilt, die 1) Standorte auf einer Kuppe oder im oberen Bereich eines Hangs (SGK1, 22 % der Fläche), 2) auf mittleren/unteren Hangbereichen oder in der Ebene (SGK2, 66 %) und 3) im Tal oder in der Nähe eines Bachs (SGK3, 12 %) widerspiegeln.

Nach jedem größeren Hochwasser wird über die Einführung einer obligatorischen Überschwemmungsversicherung diskutiert, eine Lösung, die vom GDV nicht befürwortet wird. Der Verband schlägt eine Lösung vor, bei der die Elementarversicherung automatisch in künftige Verträge aufgenommen wird, allerdings mit einer Opt-out-Klausel. Das heißt, die Kunden müssen aktiv ablehnen, gegen Elementargefahren versichert zu werden, wenn sie dies wünschen. Der GDV fordert, dass diese Änderung der Versicherungspolice mit strengeren gesetzlichen Beschränkungen für das Errichten von Gebäuden in überschwemmungsgefährdeten Gebieten, Vorschriften für hochwassersicheres Bauen in bestimmten Bereichen und Klimaanpassungsmaßnahmen seitens der Regierung einhergehen muss. Anfang Juni 2022 forderten die Bundesländer eine Pflichtversicherung gegen Elementarschäden; die Bundesregierung stimmte einer Prüfung der Einführung zu.

Es ist ungerecht, wenn die Regierung Schäden von Nichtversicherten mit Steuergeldern ausgleicht,

während die Versicherten ihre Erstattung auf der Grundlage von Verträgen erhalten, für die sie Prämien bezahlt haben. Eine solche Politik untergräbt auch die Bemühungen der Betroffenen um Schadenverhütung und Schadenminderung. Einige deutsche Bundesländer, z. B. Sachsen und Bayern, haben daher eine Regelung eingeführt, wonach nur diejenigen, die keine Elementarversicherung abschließen können (z. B. wegen ihrer hohen individuellen Gefährdung), eine Entschädigung aus öffentlichen Geldern erhalten können. Wie diese Regelung nach einem künftigen Überschwemmungsereignis durchgesetzt wird, steht auf einem anderen Blatt. Die politische Situation zu diesem Zeitpunkt (z. B., ob eine Wahl bevorsteht) kann dieses gut gemeinte Gebot außer Kraft setzen.

Die Schäden aus der Kfz-Versicherung machen bei Überschwemmungen oft einen erheblichen Teil der versicherten Schäden aus, da die Teilkaskoversicherung in Deutschland weit verbreitet ist. Auch wenn die meisten Autos einen Totalschaden erleiden, wenn sie unter Wasser gesetzt oder weggeschwemmt werden, ist es keine gute Idee, zu versuchen, ein bedrohtes Auto zu retten. Eine hohe Zahl von Todesfällen steht im Zusammenhang mit solchen Aktionen und dem Durchfahren von Wasser bei Überflutungen. Solche Todesfälle sind definitiv vermeidbar.

Das Hochwasser von 2021 war der höchste versicherte Schaden, der jemals bei einem Einzelereignis in Deutschland entstanden ist, und übertraf den bisherigen Rekord von 4,8 Mrd. Euro aus dem Elbe-Donau-Ereignis von 2002. Die Versicherer zahlen voraussichtlich rund 8,5 Mrd. Euro für Schäden im Zusammenhang mit „Bernd“. Die versicherten Sachschäden für rund 213.000 gemeldete Fälle beliefen sich auf 8,1 Mrd. Euro, die Kfz-Versicherung steuerte 350 Mio. Euro bei (GDV 2021).

6 Wiederaufbau und künftige Maßnahmen

6.1 Nationaler Wiederaufbauplan

Nur wenige Wochen nach der Hochwasserkatastrophe beschlossen Bund und Länder ein Finanzpaket von bis zu 30 Milliarden Euro, um den Wiederaufbau der Infrastruktur in den betroffenen Regionen zu unterstützen und den Menschen vor Ort zu helfen, ihre Lebensverhältnisse wiederherzustellen. Zusätzlich wurden Mittel aus dem EU-Katastrophenfonds beantragt. An private Haushalte im Kreis Ahrweiler wurden in den Wochen nach der Hochwasserkatastrophe Soforthilfen in einer Größenordnung von 25 Mio. Euro ausgezahlt; für ganz RLP betrug diese Hilfe rund 33 Mio. Euro. Im Durchschnitt erhielten die privaten Haushalte 2.000 Euro.

6.2 Grundsätze und Besonderheiten des Wiederaufbaus

Beim Wiederaufbau müssen einige Grundsätze beachtet werden. Die Rettung von Menschenleben hat Vorrang, weshalb der Schwerpunkt auf Vorhersage, Warnung und Evakuierung liegt. Das Ausmaß der Überschwemmungen muss gemildert werden, indem den Flüssen Raum gegeben wird (natürliche Rückhalteräume) und Wasser gezielt zurückgehal-

ten wird (Dämme), wo immer dies möglich ist. Abflusshindernisse (z. B. enge Brückendurchlässe) müssen vermieden oder beseitigt werden. Quellen von Treibgut im Einzugsgebiet und entlang der Flüsse müssen so klein wie möglich gehalten werden. Für die Flächennutzungs-, Bau- und Evakuierungsplanung müssen aktuelle Hochwasserkarten zur Verfügung gestellt werden, in denen historische Hochwasserereignisse berücksichtigt sind. RLP hat dies in der zweiten Hälfte des Jahres 2021 zumindest in einer vorläufigen Version bereits getan (Abb. 14). Am Pegel Altenahr beispielsweise hat der neue 100-jährliche Abfluss von rund 420 m³/s den bisherigen Wert von 241 m³/s ersetzt.

Wiederaufbau schafft Fakten. Ein vorrangiges Ziel im Wiederaufbauprozess ist es, eine hohe Resilienz für die Zukunft zu schaffen. Ein grundlegendes Problem ist dabei der Konflikt zwischen schneller Erholung und sinnvollen Maßnahmen. Die Menschen brauchen so schnell wie möglich Wohnungen und Verkehrseinrichtungen, während die Planung Zeit braucht, nicht zuletzt für fundierte Diskussionen zur Integration der verschiedenen Aspekte einer Gesellschaft. Nach einer Entscheidung der Landesregierung RLP dürfen bis auf 34 alle Häuser an ihrem bisherigen Standort im Ahrtal wieder aufgebaut werden. Die Zukunft wird zeigen, wie nachhaltig die getroffenen Entscheidungen sein werden.

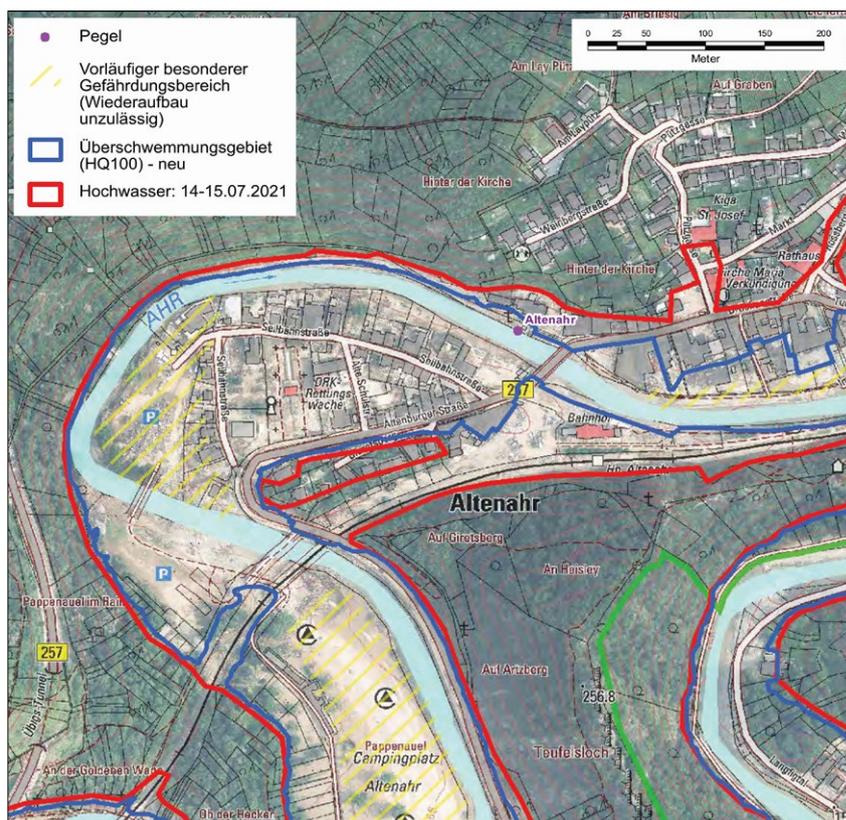


Abb. 14: Überschwemmte Bereiche während des Hochwassers im Juli 2021 und neu berechnetes – vorläufiges – 100-jährliches Überschwemmungsgebiet nach dem Hochwasser (R. Bell basierend auf SGD Nord 2021)

Die ersten Anstrengungen galten der Wiederherstellung der Verkehrs-, Strom-, Wasser- und Abwasser-, Gas- und Telekommunikationssysteme. Diese konnten in viel kürzerer Zeit als befürchtet repariert werden. Insbesondere die Heizgasversorgung, die in Bad Neuenahr-Ahrweiler stark in Mitleidenschaft gezogen worden war, konnte noch vor dem Winter wiederhergestellt werden.

Ein weiterer vorrangiger Bereich war die Bereitstellung von Wohnraum für Menschen, die ihre Häuser verloren hatten oder die unbewohnbar waren. In Sinzig, Bad Neuenahr-Ahrweiler und Altenahr wurden 170 Mobilheime eingerichtet, um Menschen ohne Wohnung über den Winter zu bringen. Sie können bis zu drei Jahre in diesen Unterkünften bleiben und zahlen nur eine sehr geringe Miete. Auf diese Weise können die Bewohner:innen ihre sozialen Kontakte und Verbindungen aufrechterhalten und werden gleichzeitig ermutigt, in der Region zu bleiben und nicht wegzuziehen. Der psychische Druck auf die Menschen ist ohnehin schon hoch, aber wenn insbesondere Alte, Kranke und Pflegeintensive ihr häusliches Umfeld verlassen müssen, ist das für sie eine zusätzliche psychische Belastung. Die Katastrophe wird höchstwahrscheinlich langfristige Auswirkungen auf die betroffenen Gebiete haben. Die Stadt Bad Neuenahr-Ahrweiler befürchtete ursprünglich, dass ein Drittel der 30.000 Einwohner:innen in Zukunft nicht mehr in der Stadt leben wollte. Das wäre ein herber Verlust für diese florierende Kurstadt im Ahrtal. Laut neueren Erkenntnissen scheint sich dieser Bevölkerungsverlust aber wohl nicht einzustellen.

Eines der Probleme nach Überschwemmungen sind giftige und unhygienische Schlammreste, die Böden und Wände sowohl im Inneren als auch außen bedecken. Um Häuser wieder bewohnbar zu machen, wurden „Effektive Mikroorganismen (EM)“ eingesetzt. Diese Mischung aus verschiedenen Mikroorganismen wird mit Wasser vermischt und wirkt wie ein natürliches Reinigungsmittel. Es ist vollständig biologisch und enthält keine Chemikalien. EM verhindert Schimmel, Fäulnis und schlechte Gerüche.

Der immense Umfang des Wiederaufbaus führte zu einem gravierenden Mangel an professionellen Bauunternehmen, Handwerksbetrieben, qualifizierten Fachkräften und vor allem an Baumaterial.

Dieses bekannte Phänomen wird als „Nachfrageschub (demand surge)“ bezeichnet und ist nach Katastrophen häufig zu beobachten. Dabei steigen nicht nur die Preise, sondern es werden auch unlautere und betrügerische Angebote von bestimmten Firmen und Personen gemacht. Die Stadt Erftstadt gab eine Warnung heraus: „Vorsicht bei der Abgabe von Soforthilfe-Anträgen. Es sind Betrüger:innen unterwegs, die Daten abgreifen wollen.“ Im Jahr 2021 fiel der Nachfrageschub nach der Katastrophe mit allgemeinen Lieferverzögerungen und steigenden Preisen zusammen, die durch unterbrochene Lieferketten aufgrund der Covid-19-Pandemie verursacht waren. Inwieweit die Pandemie den Wiederaufbauprozess behindert hat, muss jedoch noch untersucht werden.

Neben den materiellen Verlusten war auch Geld direkt betroffen. Die Bundesbank ersetzte Bargeld in Höhe von mehr als 100 Millionen Euro. Für den Umtausch kamen Banknoten und Münzen in Frage, die zu mindestens 50 % erhalten waren. Fast 60 Millionen Euro wurden von Privatpersonen abgegeben; der Rest ging an Banken, um das in Tresoren und Schließfächern verlorene Geld zu ersetzen. Das Trocknen und Zählen der 1,5 Millionen nassen, verschmutzten oder verschimmelten Scheine erwies sich für die Bundesbank als Herausforderung. Die Banknoten klebten zusammen, bildeten manchmal betonähnliche Klumpen und zerfielen beim Trennen. Zählmaschinen konnten nicht eingesetzt werden. Nach der Behandlung der Scheine in Wäschetrocknern – mit Duftstoffen gegen den Geruch – wurde die Zählung von Hand vorgenommen. Diese Aufgabe wurde bis Ende 2021 abgeschlossen; danach begann die Reinigung von 1,2 Millionen Münzen.

6.3 Forschungsprojekte zur Resilienz

Die Bundesregierung (Ministerium für Bildung und Forschung) hat mehrere Forschungsprogramme aufgelegt, um den Wiederaufbauprozess in RLP und NRW wissenschaftlich zu beraten und zu begleiten.

Das Programm KAHR steht für Klimaanpassung, Hochwasser und Resilienz und ist mit 5,2 Millionen Euro für den Zeitraum 2021-2024 ausgestattet. Ziel ist es, den Akteuren beim Wiederaufbau neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zur Klimaanpassung und zum Katastrophenmanagement zur Verfügung

zu stellen, um einen nachhaltigen und klimaresilienten Bauzustand zu erreichen. 13 Partner aus verschiedenen Disziplinen sind an der Beratung der Akteure auf unterschiedlichen Ebenen (kommunal, regional, bundeslandweit, national) beteiligt. Vorgeslagene Präventionsmaßnahmen werden bewertet und auf die jeweiligen lokalen Bedürfnisse zugeschnitten. Die entwickelten Konzepte für Hochwasser und Extremniederschläge gehen über die Festlegung von Überschwemmungsgebieten hinaus. Raumplanerische Vorsorgemaßnahmen und solche auf der Grundstücksebene werden gestärkt und Bewältigungskapazitäten für künftige – möglicherweise stärkere – Ereignisse werden durch die Zusammenarbeit der Bereiche Wasserwirtschaft, Katastrophenmanagement und Raumplanung optimiert.

Ein weiteres interdisziplinäres Projekt, HoWas2021, beschäftigt sich mit „Governance und Kommunikation im Krisenfall des Hochwasserereignisses im Juli 2021“ und wird mit 1,5 Millionen Euro für 18 Monate gefördert. Fünf Universitäten und eine Reihe von Bundes-, Landes- und privaten Akteuren untersuchen die Verbesserung von Vorhersagen, Krisenkommunikation und Katastrophenmanagement bei der Bewältigung von Extremwetterlagen. Anhand von Expert:inneninterviews, Metaanalysen und

ausgewählten Fallstudien in den vom Hochwasser 2021 betroffenen Regionen werden die verschiedenen Phasen der Katastrophenbewältigung analysiert. Dabei wird der Schwerpunkt auf die Bevölkerungsschutzorganisationen und die längerfristigen Wiederaufbauprozesse gelegt.

Neben dem physischen Wiederaufbauprozess darf man auch den psychischen Erholungsprozess der Menschen nicht vergessen. Hunderte, wenn nicht Tausende haben wahrscheinlich eine posttraumatische Belastungsstörung (PTBS) entwickelt, als sie sahen, wie ihr Hab und Gut und damit ihr „Leben“ im Wasser versank. Eine PTBS kann auch noch Wochen und Monate nach dem auslösenden Ereignis auftreten. Die Erfahrung zeigt, dass etwa 30 % der Überlebenden von Naturkatastrophen an dieser Störung leiden. Symptome sind: Flashbacks (d. h. die verstörenden Szenen tauchen immer wieder vor dem geistigen Auge auf), erhöhte Suizidneigung, Angststörungen, Depressionen, Somatisierungsstörungen (d. h. unerklärliche Schmerzen ohne körperliche Ursache) und Panikattacken. Es ist notwendig, diesen Menschen psychologische Hilfe anzubieten. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde im Dezember 2021 das Trauma Hilfe Zentrum im Ahrtal eingerichtet.

7 Schlussfolgerungen

7.1 Für die Katastrophe verantwortliche Faktoren

Die folgenden Faktoren waren ausschlaggebend für das Hochwasser im Juli 2021 in Deutschland:

1. extreme Niederschläge, sowohl in Bezug auf die Gesamtmenge als auch auf die Intensität, im Zusammenhang mit einer quasistationären Wetterlage in Europa;
2. geringes Rückhaltevermögen in den Einzugsgebieten aufgrund der vorherrschenden feuchten Bedingungen und der topografischen Gegebenheiten;
3. sehr schneller Oberflächenabfluss, kurze Konzentrationszeiten und reißender Abfluss in den Wasserläufen aufgrund des steilen Gefälles in den betroffenen Regionen;
4. schnell ansteigende Wasserstände und rasch zunehmende Fließgeschwindigkeiten, die mitunter durch die Verklausung von Brücken und andere Strömungshindernisse lokal erhöht wurden;
5. das Wasser, das mehrere Meter hoch selbst durch weit vom Fluss entfernte niedrig gelegene Gebiete strömte, nachdem es über die Ufer getreten war, stellte eine große Gefahr für Menschen dar und entwickelte eine immense Zerstörungskraft für Gebäude und andere Strukturen;
6. Beschädigung von Bauwerken (z. B. Gebäude, Brücken) durch den Aufprall großer Objekte wie Baumstämme, Fahrzeuge und anderes Treibgut;
7. Erosion von Ufern, Auskolkung, Unterspülung von Bauwerken und Sedimentablagerungen (Geröll, Schlamm);
8. Probleme und Verzögerungen bei der Warnung und Evakuierung;
9. Gefahrenkarten, die die tatsächliche Situation nur unzureichend widerspiegelten;
10. der Überraschungseffekt in Verbindung mit dem mangelnden Vorstellungsvermögen der Menschen und (einiger) Katastrophenmanager:innen, dass ein solches Ereignis tatsächlich eintreten würde.

Hochwasserkatastrophenmanagement kann nur dann erfolgreich sein, wenn alle Risikokomponenten – Gefährdung, Exposition, Vulnerabilität – wirksam reduziert werden. Die Verbesserung von Frühwarnsystemen und die Aufklärung der Gesellschaft erfordern genaue Kenntnisse über die Risiken in den betreffenden Gebieten auf der Grundlage zuverlässiger Gefahren- und Risikokarten, wobei der Schwerpunkt auf kritischen Infrastrukturen liegen muss.

Es war offensichtlich, dass die Gefahr, die vom Hochwasser im Juli 2021 ausging, unterschätzt wurde. Die Warnstufe 4 wurde vom DWD rechtzeitig ausgegeben, aber die Dringlichkeit dieser Information ging auf dem Weg zu den beteiligten Akteuren und Betroffenen teilweise verloren. Todesfälle auf überfluteten Straßen und in überschwemmten Häusern zeigen, dass die Warnungen die Menschen nicht rechtzeitig erreichten oder nicht konkret genug waren, so dass sie adäquat hätten handeln können. Aber auch individuelles Fehlverhalten war sicherlich in vielen Fällen ein Faktor.

Die Evakuierung erfolgt in der Regel auf der Grundlage von Gefahren- und Risikokarten, die potenziell überschwemmungsgefährdete Gebiete zeigen. Diese Karten müssen auf dem neuesten Stand sein und mögliche Veränderungen aufgrund des Klimawandels und der örtlichen Gegebenheiten berücksichtigen. Sie sollten historische Hochwasser und deren Überschwemmungsgebiete widerspiegeln. Fehlende Hinweise auf frühere Ereignisse („Ankerbeispiele“) erschweren die Bewertung von Maßnahmen und deren Durchsetzung. Außerdem müssen die Gebiete angegeben werden, die überflutet werden, wenn Deiche und andere Schutzeinrichtungen versagen, sowie der Zeitpunkt, zu dem eine Hochwasserwelle aus dem Einzugsgebiet eintreffen wird (Konzentrationszeit) und die Fließgeschwindigkeiten in bestimmten Bereichen. Ungenaue Karten können zu Fehlentscheidungen führen. Eine kurze Zeitspanne vom Niederschlag bis zur Überflutung von Gebäuden und Abflüssen mit einem hohen Zerstörungspotenzial erfordern eine extrem schnelle Entscheidungsfindung.

Das Wissen und die Risikowahrnehmung von Institutionen und Bevölkerung sind entscheidend dafür, wie schnell und umfassend Notfallmaßnahmen ergriffen werden. Wie Umfragen in Deutschland zeigten, ist das Verständnis von Warnstufen und Risikokarten in der Bevölkerung bei Sturzfluten weniger ausgeprägt als bei Flusshochwassern. Nur wer richtig reagiert, kann die Folgen für seine Gesundheit und Objekte mindern. Innovative technische

Warnmittel und -methoden müssen durch Aufklärungs- und Kommunikationsmaßnahmen ergänzt werden.

Warnungen mit Vorhersagen von potenziellen Auswirkungen haben großes Potenzial, die Reaktion im Ereignisfall zu verbessern. Mit ihnen lassen sich Gebäude und Infrastrukturkomponenten identifizieren, die vermutlich überflutet werden. Bestehende Hochwasservorhersagemodelle müssen um Modellkomponenten erweitert werden, die die überfluteten Gebiete und mögliche Folgen (lebensgefährliche Bereiche, mögliche Schäden) aufzeigen.

Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich Lehren, die in den drei folgenden Bereichen umgesetzt werden müssen:

7.2 Bauvorsorge und Hochwasserrisikomanagement

Extreme Sturzfluten lassen sich nicht vermeiden, aber hochwasserangepasste und hochwasserresistente Gebäude sowie dauerhafte bauliche Schutzmaßnahmen können die Schäden verringern. Bei der Planung neuer Brücken muss berücksichtigt werden, dass Hochwasser große Mengen an Gesteine und Treibgut mit sich führt. Dem kann begegnet werden, indem man größere Brückendurchlässe vorsieht. Wenn möglich, sollte eine Bauweise gewählt werden, die sich bei extremen Ereignissen als resilient erweist. Das bedeutet, dass die Brücke nicht nur den physischen Belastungen während des Hochwassers standhalten sollte, sondern dass das Wasser auch bei einer verstopften Öffnung ohne nennenswerten Rückstau und Erosion der Ufer am Bauwerk vorbeifließen kann. Um dies zu gewährleisten, sollten die Auffahrrampen so gestaltet sein, dass sie überströmt werden können, ohne dass es zu Erosion kommt. Schließlich muss die Brücke unmittelbar nach dem Rückzug des Hochwassers benutzbar sein, bestenfalls ohne oder mit nur geringen Schäden.

Hochwassermanagement und operativer Hochwasserschutz müssen mögliche Extremszenarien vorhersehen, auch wenn sie nicht wahrscheinlich erscheinen. Die technischen Einsatzmöglichkeiten und die Vorbereitung der Kommunikation müssen mit allen potenziellen Beteiligten und Akteuren im Krisenfall geprüft und abgestimmt werden. Das BBK fordert eine stärkere Einbindung und Zusammenarbeit der Behörde mit den Krisenstäben der Bundesländer. Im Zuge einer Neuausrichtung wird zur besseren Koordination ein Kompetenzzentrum

Bevölkerungsschutz eingerichtet, an dem das BBK, die 16 Bundesländer, Hilfsorganisationen und Rettungsdienste beteiligt sind. Es muss Standards geben wie einheitliche Karten und Begriffe, die von allen beteiligten Akteuren, Behörden, Wasserwirtschaftsämtern, Katastrophenschutzeinheiten und Bürger:innen verwendet werden. Es sollten Übungen durchgeführt werden. Die Forderung: „Üben - üben - üben!“ ist mehr als nur ein Schlagwort.

7.3 Frühwarnung und Verhalten

Elementare und rechtzeitige Information und Vorbereitung auf den Ernstfall sind von entscheidender Bedeutung. Die hohe Zahl der Todesfälle ließ den Schluss zu, dass viele Bewohner:innen nicht ausreichend darüber informiert waren, mit welchen Gefahren sie in ihren Häusern rechnen mussten, wie sie sich vorbereiten und wie sie sich im Ereignisfall verhalten sollten. Die rein meteorologische Aussage muss in eine konkrete Gefahr (mögliche Folgen) übersetzt und mit spezifischen Handlungsanweisungen versehen werden. Nur dann können die Gemeinden und Einwohner:innen sie verstehen und in die Tat umsetzen.

Ein effizientes Frühwarnsystem ist eine der wichtigsten Komponenten des Katastrophenschutzes. Ein solches System muss robust sein und über Redundanzen verfügen, einschließlich Personal und Medien, die nicht auf das Stromnetz angewiesen sind. Seine Struktur sollte an den regionalen Bedarf angepasst sein, damit es auch in einem kleinen Einzugsgebiet eingesetzt werden kann. Dabei müssen die lokalen Gegebenheiten und möglichen Auswirkungen berücksichtigt werden.

Die Adressaten (Bevölkerung und Akteure des Katastrophenmanagements) müssen aufgeklärt, informiert und in Bezug auf das Risikowissen geschult werden. Dies kann über Schulen, Fernsehspots zu Frühwarnung, Gefahrenkarten, Broschüren und Kurzlehrgänge über angemessenes Verhalten geschehen. Zum Risikowissen gehören Notfallpläne und für den Einzelnen eine Vorstellung davon, wie man sich angemessen verhält. Werkzeuge und Geräte für die Hochwasserabwehr sollten zur Verfügung stehen. Ein Versicherungsschutz wird dringend empfohlen.

7.4 Raumplanung

Eine hochwassersensible Raumplanung hält die bei extremen Abflüssen aktivierten Fließwege und Überschwemmungsbereiche frei von Häusern und

anderen Bauwerken wie Straßen, Bahngleisen und Brückenauffahrten sowie Bepflanzungen. Um Schäden zu vermeiden, sollte man darauf verzichten, hochwassergefährdete Gebiete zu entwickeln und dort zu bauen. Im Hinblick auf den Wiederaufbau kann dies bedeuten, die Forderung „Build Back Better (Bau besser)“ durch „Build Back Elsewhere (Bau woanders)“ zu ersetzen, wo immer dies möglich ist. Die Identifizierung von Stellen, an denen Wasser stehenbleiben oder sich sammeln kann (Senken), und seiner bevorzugten Fließwege bei starken Regenfällen hilft, Schäden zu vermeiden. Es sollten Abflussmöglichkeiten geschaffen werden, die das Wasser ohne schwerwiegende Folgen nutzen kann.

Offizielle Datenbanken mit Ereignis- und Schaden- daten fehlen. Bislang haben private Unternehmen (z. B. Rückversicherer) und nichtstaatliche Einrichtungen (z. B. Universitätsinstitute) die Sammlung dieser Daten übernommen, aber diese Art und Weise ist nicht vollständig, zuverlässig und nachhaltig. Ein Unternehmen kann von einem Tag auf den anderen beschließen, seinen Dienst einzustellen – und niemand kann das verhindern. An einer Universität kann das Betreiben der Datenbank von einer einzigen Person abhängen und enden, wenn diese Person geht oder die Mittel gekürzt werden. Die Datenerhebung, -verarbeitung und -bereitstellung muss daher als öffentliche Aufgabe wahrgenommen werden, deren Kontinuität und Qualität garantiert ist. Abgesehen von ihrer Bedeutung für die Dokumentation sind diese Daten eine wertvolle Grundlage für die Ausweisung von Entwicklungsgebieten und Einschätzung von Katastrophenrisiken.

Die gesetzlichen Bestimmungen in Deutschland sind zu locker, wenn es darum geht, ein Gebäude in einer Hochrisikozone zu errichten. In der Schweiz z. B.

ist bei Projektplanungen das Bauen in einer „roten Zone“ ausnahmslos verboten. Schwammstädte mit weniger versiegelten Flächen, mehr Parks und begrünten Dächern können Wasser speichern und so nicht nur den Abfluss aus der Stadt verringern, sondern gleichzeitig das Stadtklima durch ihren Einfluss auf Luftfeuchtigkeit, Luftqualität und Temperatur verbessern.

Die künftige Ausrichtung auf ein umfassendes Hochwasserrisikomanagement und eine entsprechende Katastrophenvorsorge muss als gemeinsame Aufgabe unter Einbeziehung von Raum- und Stadtplanung, Verkehrsplanung, Meteorologie, Hydrologie, Wasserbau, Sozialwissenschaften, Kommunikation, Verwaltung und Katastrophenhilfe erfolgen, um nur einige zu nennen. Wissenschaftliche Erkenntnisse und neue Forschungsergebnisse müssen so vermittelt werden, dass sie für jeden verständlich sind. Entscheidungsträger:innen und Bürger:innen müssen davon überzeugt werden, wissenschaftlichem Fachwissen zu vertrauen und sich darauf zu verlassen. Planer:innen und Entscheidungsträger:innen ihrerseits müssen mit ihren Empfehlungen mehr Leute erreichen. Wissen ist vorhanden, aber oft gelingt es den Expert:innen nicht, es in den politischen und gesellschaftlichen Raum, d.h. zu den Menschen, zu bringen.

Die Hochwasserkatastrophe vom Juli 2021 hat gezeigt, dass nicht nur die Erforschung von Extremwetterlagen, sondern auch die Frühwarnung, das Bewusstsein für die Risiken und die Vorsorgemaßnahmen verbessert werden müssen. Darüber hinaus muss es politische Leitlinien geben, die sich insbesondere mit Starkregen und Sturzfluten befassen. Bei letzteren stehen andere Maßnahmen im Mittelpunkt als bei Flussüberschwemmungen.

Zusammenfassung der Aktivitäten zur Aufarbeitung der Flutkatastrophe

Ronja Winkhardt-Enz und Benni Thiebes

Als direkte Reaktion auf die Flutkatastrophe rief das DKKV eine Austauschplattform ins Leben, auf der allgemeine Informationen zur Flut, Veröffentlichungen und Pressebeiträge sowie Informationen zum Flutverteiler, den Austauschtreffen und aktuellen Forschungsaktivitäten zu finden sind (DKKV 2021). Um Doppelforschung zu vermeiden und einer dadurch bedingten Überforderung und Ermüdung der Befragten vorzubeugen, können auf der DKKV Flutplattform auch Umfragen eingereicht werden, um einen Abgleich zu ermöglichen und Synergien zu schaffen. Die dort eingereichten und gesammelten Informationen ermöglichen es nun, hier einen Überblick der Aktivitäten zur Aufarbeitung der Flutkatastrophe zu erstellen, wobei diese Zusammenfassung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Im Folgenden wird eine Auswahl an Projekten und Fördermaßnahmen, Veröffentlichungen, aktuellen Umfragen, Berichten der Politik und von Untersuchungsausschüssen sowie Netzwerken zusammengefasst.

Das *Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)* fördert verschiedene Projekte, um den Wiederaufbauprozess wissenschaftlich zu beraten und zu begleiten. Das Projekt „KAHR – Klima-Anpassung, Hochwasser und Resilienz“ – organisierte in diesem Rahmen bereits eine erste Wissenschaftskonferenz, um wissenschaftlichen Austausch anzuregen und erste Lehren aus der Flutkatastrophe zu erarbeiten und vorzustellen. Als ein Ergebnis der ersten Konferenz wurden zehn Empfehlungen der Wissenschaft für den Wiederaufbau und die Zukunftsfähigkeit der flutbetroffenen Regionen zusammengestellt (KAHR 2022). Diese weisen weitreichende Überschneidungen zu den Lehren aus der Flutkatastrophe in diesem Bericht (Seite 6) auf. Weitere Informationen zu KAHR sowie zu „HoWas2021 – Governance und Kommunikation im Krisenfall des Hochwasserereignisses im Juli 2021“ wurden bereits in Kapitel 6.3 „Forschungsprojekte zur Resilienz“ beschrieben. Andere Forschungsprojekte zu hydro-meteorologischen Extremereignissen wurden bereits vor der Flutkatastrophe initiiert. Dazu gehört auch die Fördermaßnahme „Wasser-Extremereignisse“ (WaX 2022), in der zwölf Vorhaben zu unterschiedlichen Methoden, Managementstrategien und -maßnahmen von wasserbezogenen Naturgefahren wie Hochwasser, Starkregen und Dürre forschen. Diese beschäftigen

sich u. a. mit urbanen Wasserextremen und Wasserinfrastrukturen, mit Hoch- und Niedrigwassermanagement sowie mit der Vorhersage und Kommunikation von Wasserextremen.

Das *Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK)* hat im Zuge von Sturmtief „Bernd“ eine Informationsseite zur Hochwasserlage in Deutschland eingerichtet. Darüber hinaus wurden die unterschiedlichen Aspekte der Katastrophe im Magazin „Bevölkerungsschutz: Pandemie und Hochwasserkatastrophe“ (4/2021) beleuchtet (BBK 2021a). Das BBK hat zudem ein Handbuch für Bürger:innen und Kommunen zu unterschätzten Risiken von Starkregen und Sturzfluten veröffentlicht. In diesem Zuge wurde auch der Abschlussbericht des Projekts der Strategischen Behördenallianz „Anpassung an den Klimawandel: Klassifikation meteorologischer Extremereignisse zur Risikovorsorge gegenüber Starkregen für den Bevölkerungsschutz und die Stadtentwicklung (KlamEx)“ veröffentlicht (BBK 2021b). Der neue Ereigniskatalog umfasst alle Starkregenereignisse in Deutschland seit 2001. Mit Fokus auf den besiedelten Raum wurden Zusammenhänge zwischen Einsatzorten bei Starkregenvorkommen und siedlungsspezifischen Parametern untersucht.

Das *Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology (CEDIM)* des *Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)* hat im Rahmen einer Forensischen Katastrophenanalyse einen Bericht zu dem Ereignis im Juli 2021 mit Fokus auf Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz veröffentlicht (Schäfer et al. 2021). Darin wird unter anderem auf meteorologische und hydrologische Hintergründe eingegangen sowie die Rolle des Klimawandels bei diesem Hochwasser eingeschätzt. Des Weiteren wird das Ereignis in den historischen Kontext der Ahr eingeordnet. Zum Schluss wird eine erste Abschätzung zu den Schäden der Überflutungen gegeben und die Auswirkungen auf den Verkehr visualisiert. Kurze Zeit später wurde eine Ergänzung veröffentlicht, die Niederschlagssummen für Postleitzahlgebiete abbildet. Darüber hinaus wird das Ausmaß der Unwetterschäden in Bezug auf das Bahn- und Straßenverkehrsnetz erläutert.

Das *Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)* hingegen erfasste Luftbilder und Auswertungen von satellitengestützten Daten von betroffenen Regionen, hauptsächlich von Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz und wertete sie mit weiteren Erdbeobachtungsdaten für die Helfer:innen aus. Zusätzlich hat das *Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI)* des DLR Hochwasser-

informationen aus Satellitendaten abgeleitet. Diese wurden an Rettungskräfte weitergegeben und als Lageinformation veröffentlicht (DLR 2021).

Der *Deutsche Wetterdienst (DWD)* hat die Aufarbeitung der Flutkatastrophe mit einer hydro-klimatologischen Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021 unterstützt. Dabei wird zunächst auf die Wetter- und Ausgangslage eingegangen und folglich der zeitliche und regionale Verlauf beschrieben. Darauf aufbauend erfolgt die klimatologische Einordnung (DWD 2021). Forscher:innen des DWD haben zusammen mit insgesamt 39 Forscher:innen der *World Weather Attributions Initiative* eine Studie durchgeführt (Kreienkamp et al. 2021), die sich mit dem Einfluss des Klimawandels auf die Starkregenfälle im Juli 2021 beschäftigte: Die Wahrscheinlichkeit, dass es zu extremen Regenfällen wie im Juli 2021 in Deutschland, Belgien, den Niederlanden und Luxemburg kommt, die zu Überschwemmungen führen, hat sich durch den Klimawandel um das 1,2- bis 9-fache erhöht. Aus der Studie geht außerdem hervor, dass sich die Intensität dieser extremen Niederschläge aufgrund der durch den Menschen verursachten globalen Erwärmung in der Region zwischen 3 und 19 Prozent erhöht hat.

Von den Helmholtz-Zentren haben sich gleich mehrere mit der Flutkatastrophe im Juli 2021 beschäftigt. Stellvertretend werden hier einige Arbeiten des *Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ)* und des *Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ)* zusammengefasst. Am GFZ ist eine internationale Gruppe von Forscher:innen um den GFZ-Hydrologen Bruno Merz den Fragen nachgegangen, wie eine Flut zur Katastrophe wird und was Ursachen und Auswirkungen von Hochwasserkatastrophen an Flüssen sind (Merz et al. 2021). Wissenschaftler:innen des GFZ, der Universität Potsdam und des *Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)* haben zudem das Statement „Extreme Hochwasser bleiben trotz integriertem Risikomanagement eine Herausforderung“ veröffentlicht (Thielen et al. 2021). Das Statement beschäftigt sich unter anderem mit den Fragen, warum die Hochwasserkatastrophe im Ahrtal so unerwartet kam und wie historische Erkenntnisse genutzt werden können, um Vorhersagen zu verbessern.

Das UFZ hat im Zusammenhang mit der Flutkatastrophe „Fünf Prinzipien für klimasichere Kommunen und Städte“ veröffentlicht (Kuhlicke et al. 2022). In diesem programmatischen Beitrag werden wesentliche Prinzipien vorgestellt, an denen sich der Umbau von Städten und Gemeinden orientieren sollte, um ihre Klimasicherheit zu erhöhen.

Viele der Forderungen wurden bereits nach den großen Hochwassern 1993 und 1995 am Rhein bzw. im Nachgang zu den zerstörerischen Hochwassern 2002 und 2013 öffentlich gemacht. Mit diesem Statement soll auch ihre Bedeutung nochmals unterstrichen werden. Die Prinzipien gehen über die Gemeinde- und Stadtgrenzen hinaus, da viele Maßnahmen zwar in Städten wirken, aber auf anderer räumlicher oder föderaler Ebene entschieden und umgesetzt werden müssen. Die Prinzipien sollen helfen, die Klimasicherheit von Städten und Gemeinden stärker zu priorisieren. Während einige Prinzipien unmittelbar angegangen und zeitnah umgesetzt werden sollten (z. B. Frühwarnung und Bevölkerungsschutz), sind andere nur längerfristig umsetzbar (Umbau von Infrastruktursystemen, Steigerung der Speicherkapazität von Landschaften). Weitere Statements aus Wissenschaft und Praxis sammelte zudem die *Helmholtz-Klima-Initiative* auf ihrer Webseite (Helmholtz-Klima-Initiative 2022). Nicht zuletzt hat das *Umweltbundesamt (UBA)* das Papier „Klimaresilienz stärken – Bausteine für eine strategische Klimarisikoversorge“ veröffentlicht, um verschiedene Maßnahmen hauptsächlich für Immobilien und Infrastrukturen für die strategische Klimarisikoversorge zusammenzustellen (UBA 2021).

Eine direkte Umfrage mit Bewohner:innen der vom Starkregen- und Hochwasserereignis betroffenen Orte hat beispielsweise die *Arbeitsgruppe Geographie und Naturrisikoforschung der Universität Potsdam* in Form einer Online-Befragung durchgeführt. Aufgrund der immensen Schäden und zahlreichen Todesopfer, die zu beklagen sind, wird mit dieser Umfrage der Frage nachgegangen, ob, wann und wie die Menschen vor Ort gewarnt wurden (Thielen et al. 2022b). In Bezug auf Einsatzkräfte und Spontanhelfende wurden einige Umfragen und Forschungen von der *Technischen Hochschule Köln (THK)* durchgeführt. Beispielsweise haben Vertreter:innen der THK, der *Universität Wuppertal* und der *Universität Bonn* anhand einer Umfrage ermittelt, welche Erfahrungswerte die Spontanhelfer:innen im Rahmen ihrer Einsätze zur Flutbewältigung gesammelt haben. Dabei sollen die Umfrageergebnisse insbesondere Aufschluss über die Bedeutung von Faktoren wie Motivation, Koordination, Arbeitsschutz und gesellschaftlicher Grundhaltungen geben. Basierend auf solchen Umfragen wurden Berichte über Motivation, Zufriedenheit und Risiken von Einsatzkräften und Helfer:innen bei den Hochwassereinsätzen 2021 und 2013 in Deutschland sowie Lehren aus dem Starkregen und den Überschwemmungen in Deutschland 2021 veröffentlicht (Fekete 2021). Weitere Umfragen und Interviews wurden auch im Forschungsprojekt

Resilienz und Evakuierungsplanung für sozioökonomische Infrastrukturen im medico-sozialen Kontext (RESIK) der *Katastrophenforschungsstelle (KFS) der Freien Universität Berlin* durchgeführt, um Abläufe und Herausforderungen bei Evakuierungen sowie Möglichkeiten zur Steigerung der Resilienz von Krankenhäusern zu untersuchen. Im Forschungsprojekt RESIK wird nicht nur das Krankenhaus selbst als Teil der Kritischen Infrastruktur betrachtet, sondern auch das Netzwerk, das für den Erhalt eines Krankenhauses notwendig ist (RESIK 2022). Es gibt zudem auch länderübergreifende Studien, wie die der *Zurich Flood Resilience Alliance*, die eine ganzheitliche Analyse der Hochwasserereignisse in Deutschland, Belgien, den Niederlanden und Luxemburg basierend auf einer Synthetisierung von wissenschaftlichen Informationen und Medienberichten vor allem durch semistrukturierte Expert:inneninterviews durchgeführt hat. Die Ergebnisse dieser Studie wurden im Juni 2022 veröffentlicht (Flood Resilience Portal 2022).

Des Weiteren werden auf der DKKV Flutplattform einige studentische Umfragen und deren Ergebnisse gelistet (DKKV 2021).

Da die Flutkatastrophe auch politisch aufgearbeitet wird, gibt es sowohl in Nordrhein-Westfalen als auch in Rheinland-Pfalz einen Untersuchungsausschuss. Hierzu wurde beispielsweise auch der Abschlussbericht des vom Ministerium des Innern berufenen *Kompetenzteams Katastrophenschutz in Nordrhein-Westfalen* zu Rate gezogen. Dabei handelt es sich nun um die Quintessenz der intensiven Beratungen dieses Kompetenzteams Katastrophenschutz. Die große Chance der Arbeit dieses interdisziplinär arbeitenden Kompetenzteams war es, Antworten auf die drängenden Fragen zur Weiterentwicklung des Katastrophenschutzes in Nordrhein-Westfalen zu finden und damit Lösungswege aufzuzeigen (Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen 2022). Ein vergleichbarer Bericht wurde auch vom *Wiederaufbaustab im rheinland-pfälzischen Innenministerium* veröffentlicht (Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz 2022a). Ein Jahr nach der Flutkatastrophe hat das *Innenministerium von Rheinland-Pfalz* einen Bericht über die Fortschritte des Wiederaufbaus veröffentlicht (Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz 2022b). Des Weiteren wurde für beide Länder je ein Bericht bei *Dipl. Ing. Albrecht Broemme*, Vorstandsvorsitzender des Zukunftsforum öffentliche Sicherheit e.V. (ZOES) und ehemaliger Präsident des THW, in Auftrag gegeben, um nach dem Unwetterereignis Strategien zur Vor-

beugung, Vorbereitung, Koordinierung, Nachbereitung und zur verbesserten Resilienz zu erarbeiten (Broemme 2022a, Broemme 2022b). Auf Bundesebene wurde im Kabinett bereits der Abschlussbericht der eingerichteten Stäbe des *Bundesministeriums des Innern, für Bau und Heimat (BMI)* und des *Bundesministeriums der Finanzen (BMF)* zusammen mit beteiligten Behörden, aber auch anderer wichtiger Akteure wie den Hilfsorganisationen vorgestellt (BMI 2022). Der Abschlussbericht zur Flutkatastrophe baut auf den Zwischenbericht vom September 2021 auf. Der Bericht umfasst nicht nur Informationen zu Schäden und Maßnahmen, sondern setzt auch einen Schwerpunkt auf die Erkenntnisse, die aus den verheerenden Ereignissen gewonnen wurden.

Neben den Untersuchungsausschüssen und Abschlussberichten haben einzelne Parteien/Fraktionen Statements zum Thema der Flutkatastrophe veröffentlicht, in denen Vorschläge für eine Stärkung des Bevölkerungs- und Katastrophenschutzes gemacht werden (vgl. Die Grünen 2022; Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen 2022).

Neben dem DKKV, das zum Thema Flutkatastrophe 2021 eine Themenseite, ein Statement, einen Newsletter sowie die Flutplattform aufgesetzt hat, setzten sich auch andere Netzwerke mit den Starkregenereignissen auseinander. Dazu gehört auch die *DKK Starkregen Initiative*, die ein informelles, inter- und transdisziplinäres Netzwerk darstellt, das sich für Starkregenvorsorge und Klimaresilienz einsetzt (DKK 2022). Die *Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.* hat anlässlich der Flutkatastrophe eine Expertenkommission aus Vertreter:innen der zivilen Gefahrenabwehr, Wissenschaft und weiteren Fachleuten einberufen, um die Erfahrungen der rheinland-pfälzischen und nordrhein-westfälischen Starkregenkatastrophe auszuwerten (Vfdb 2021). Für das Netzwerk des *Hochwasser Kompetenz Centrum e.V. (HKC) Köln* steht vor allem die Frage nach zentralen Handlungsfeldern im Mittelpunkt. Dabei werden insbesondere Risikokommunikation, Frühwarnung und Alarmpläne, Bauvorsorge, Hochwasserentstehung in der Fläche, Anpassung an hydro-klimatische Extreme, Umgang mit den bestehenden Instrumenten zur Vorsorge vor Hochwasser und Starkregen benannt (HKC 2021).

Auch wenn diese Zusammenfassung der Aktivitäten zur Aufarbeitung der Flutkatastrophe aufgrund der Vielzahl an Projekten, Forschungen, Umfragen und Veröffentlichungen nicht alle Aktivitäten mitaufnehmen konnte, zeigt sie doch wie inter- und transdisziplinär und ganzheitlich die Flutkatastrophe

beleuchtet und aufgearbeitet wird. Auch auf politischer Ebene hat die Flutkatastrophe zu Aufarbeitungsprozessen geführt. So wurden im Deutschen Bundestag bereits mehrere Anhörungen durchgeführt. Bei einer öffentlichen Anhörung des Ausschusses für Inneres und Heimat am 04. Juli 2022 mahnten beispielsweise Expert:innen zu besseren Strukturen im Bevölkerungsschutz (Deutscher Bundestag 2022).

Dies zeigt, dass die Aktivitäten zur Aufarbeitung der Flutkatastrophe 2021, der Wissenstransfer und das Lernen von- und miteinander den Wiederaufbau im Sinne von „build back better“ nachhaltig begleiten können. Nur wenn die Lehren für eine risikoinformierte, klimasensitive und nachhaltige Entwicklung angewandt werden, können wir die Zukunft resilient gestalten.

Referenzen

BBK (2015): Die unterschätzten Risiken Starkregen und Sturzfluten.

https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/bbk_starkregen.pdf

BBK (2021a): Magazin Bevölkerungsschutz: Pandemie und Hochwasserkatastrophe (4/2021).

https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/BSMAG/bsmag-21-04.pdf?__blob=publicationFile&v=5

BBK (2021b): Klassifikation meteorologischer Extremereignisse zur Risikovorsorge gegenüber Starkregen für den Bevölkerungsschutz und die Stadtentwicklung (KlamEx).

https://www.dwd.de/DE/fachnutzer/wasserwirtschaft/kooperationen/klamex/pdf/abschlussbericht_klamex.pdf?__blob=publicationFile&v=1

BBK (2022): Das Modulare Warnsystem (MoWaS)

https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/Warnung-in-Deutschland/Warnmittel/MoWaS/mowas_node.html

BMI (2022): Bericht zur Hochwasserkatastrophe 2021:

Katastrophenhilfe, Wiederaufbau und Evaluierungsprozesse.

https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/veroeffentlichungen/2022/abschlussbericht-hochwasserkatastrophe.pdf?__blob=publicationFile&v=1

BMUV (2014): NHWSP - Liste prioritärer Maßnahmen zur Verbesserung des präventiven Hochwasserschutzes

https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/hochwasserschutzprogramm_massnahmen_bf.pdf

Broemme (2022a): Unwetterereignisse Strategien für Nordrhein-Westfalen zur Vorbeugung, Vorbereitung, Koordinierung, Nachbereitung und zur verbesserten Resilienz

<https://www.landtag.nrw.de/portal/WWW/dokumentenarchiv/Dokument/MMV17-6729.pdf>

Broemme (2022b): Unwetterereignisse Strategien für Rheinland-Pfalz zur Vorbeugung, Vorbereitung, Koordinierung, Nachbereitung und zur verbesserten Resilienz

https://mdi.rlp.de/fileadmin/isim/Startseite/Dokumente/Unwetterereignisse_-_Strategien_fuer_RLP.pdf

Deutscher Bundestag (2022): Experten mahnen zu mehr Strukturen im Bevölkerungsschutz.

<https://www.bundestag.de/dokumente/textarchiv/2022/kw27-pa-inneres-bevoelkerungsschutz-901210>

Die Grünen (2022): 15 Punkte krisenfestes Land.

https://cms.gruene.de/uploads/documents/20220425_15_Punkte_krisenfestes_Land.pdf

DKK (2022): Starkregen-Initiative

<https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/starkregen-initiative.html>

DKKV (2021): Flutkatastrophe 07/21. Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge, Bonn

<https://www.dkkv.org/de/navigationsmenu/flutkatastrophe-07/2021/allgemeine-informationen>

DKKV (2022): Opfer- und Schadensdaten der Flut 2021 in Rheinland-Pfalz;

Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge, Bonn

https://www.dkkv.org/fileadmin/user_upload/Anfrage_Opfer-_und_Schadensdaten_der_Flut_2021.pdf

DLR (2021): Unwetter in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, Deutschland.

<https://activations.zki.dlr.de/de/activations/items/ACT152.html>

https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2021/03/20210716_lageinformationen-fuer-die-rettungskraefte.html

DWD (2021): Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Bernd“ vom 12. bis 19. Juli 2021.

https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20210721_bericht_starkniederschlaege_tief_bernd.html

DWD (2022): Wetter und Klima - Warnkriterien; Deutscher Wetterdienst

https://www.dwd.de/DE/wetter/warnungen_aktuell/kriterien/warnkriterien.html

EU (2007): Richtlinie 2007/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken, Europäische Kommission.

https://ec.europa.eu/environment/water/flood_risk/

Fekete, A. (2021): Motivation, Satisfaction, and Risks of Operational Forces and Helpers Regarding the 2021 and 2013 Flood Operations in Germany. *Sustainability*, 13(22), 12587

Flood Resilience Portal (2022): PERC Ereignisanalyse Hochwasser „Bernd“.
<https://floodresilience.net/resources/item/perc-ereignisanalyse-hochwasser-bernd/>

Fraunhofer (2022): Fraunhofer FOKUS | WE CONNECT EVERYTHING.
<https://www.fokus.fraunhofer.de/en>

GDV (2019): Forschungsprojekt Starkregen von DWD und GDV. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, 4 S.
<https://www.gdv.de/resource/blob/52868/c6d7ffceab5d13fc0f7659496ced6421/forschungsprojekt-starkregen-summary-download-data.pdf>

GDV (2021): Naturgefahrenreport 2021. Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, 64 S.
<https://www.gdv.de/resource/blob/71294/ebaad3ff1563be2b92e0dd0ce4c0751c/download-naturgefahren-report-data.pdf>

GDV (2022): Ein Jahr nach der schadenreichsten Naturkatastrophe in Deutschland: Versicherer ziehen Bilanz zur Schadenregulierung, Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft, Medieninformationen am 6.7.2022
<https://www.gdv.de/de/medien/aktuell/ein-jahr-nach-der-schadenreichsten-naturkatastrophe-in-deutschland-versicherer-ziehen-bilanz-zur-schadenregulierung-85458>

Helmholtz Klima Initiative (2022): Ein Jahr nach der Flut.
<https://www.helmholtz-klima.de/aktuelles/ein-jahr-nach-der-flut>

HKC (2021): Extremhochwasser nimmt zu – Wie handeln?
https://www.hydrotec.de/wp-content/uploads/HKC_Extremhochwasser-nimmt-zu-Was-tun.pdf

Hoffmann, P., Lehmann, J., Fallah, B. et al. (2021) Atmosphere similarity patterns in boreal summer show an increase of persistent weather conditions connected to hydro-climatic risks. *Sci Rep* 11, 22893 (2021).
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-01808-z>

IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. AR6 - IPCC.
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

KAHR (2022): Klima-Anpassung, Hochwasser und Resilienz.
<https://hochwasser-kahr.de/index.php/de/>

Kirschstein, G. (2022): Die Katastrophe war um 17.17 Uhr sichtbar, Rheinzeitung 2022/2/31

Kreienkamp et al. (2021): Rapid attribution of heavy rainfall events leading to the severe flooding in Western Europe during July 2021.
<https://www.worldweatherattribution.org/heavy-rainfall-which-led-to-severe-flooding-in-western-europe-made-more-likely-by-climate-change/>

Kron, W., Bell, R., Thiebes, B. & Thieken, A. H. (2022): „The July 2021 flood disaster in Germany“ in 2022 HELP Global Report on Water and Disasters, herausgegeben vom Sekretariat des High-level Experts and Leaders Panel on Water and Disasters (HELP), c/o GRIPS 7-22-1 Roppongi Minato-ku Tokyo 106-8677 Japan;
<https://www.wateranddisaster.org>

Kron, W., Eichner, J. & Kundzewicz, Z.W. (2019): Reduction of flood risk in Europe – Reflections from a reinsurance perspective. *Journal of Hydrology* 576, 197-209.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.050>

Kuhlicke, C., Albert, C., Bachmann, D., Birkmann, J., Borchardt, D., Fekete, A., Greiving, S., Hartmann, T., Hansjürgens, B., Jüpner, R., Kabisch, S., Krellenberg, K., Merz, B., Müller, R., Rink, D., Rinke, K., Schüttrumpf, H., Schwarze, R., Teutsch, G., Thieken, A., Ueberham, M., Voss, M. (2022): Fünf Prinzipien für klimasichere Kommunen und Städte.
<https://www.ufz.de/index.php?de=48382>

Merz, B., Blöschl, G., Vorogushyn, S., Dottori, F., Aerts, J. C., Bates, P., Bertola, M., Kemter, M., Kreibich, H., Macdonald, E. (2021): Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(9), 592-609.
<https://doi.org/10.1038/s43017-021-00195-3>

Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen (2022): Katastrophenschutz der Zukunft.
https://www.im.nrw/system/files/media/document/file/berkompetenzteam2_0.pdf

- Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz (2022a):
Der Wiederaufbau in Rheinland-Pfalz
https://wiederaufbau.rlp.de/fileadmin/wiederaufbau/2022/02-Februar/Der_Wiederaufbau_in_Rheinland-Pfalz_2021-2022.pdf
- Ministerium des Innern und für Sport des Landes Rheinland-Pfalz (2022b):
Ein Jahr Wiederaufbau in Rheinland-Pfalz
<https://wiederaufbau.rlp.de/fileadmin/wiederaufbau/2022/07-Juli/Ein-Jahr-Wiederaufbau-in-RLP.pdf>
- Munich Re (2022): Hurrikane, Kältewellen, Tornados:
Wetterkatastrophen in den USA dominieren Naturkatastrophen-Schadenstatistik 2021, Munich Re.
<https://www.munichre.com/de/unternehmen/media-relations/medieninformationen-und-unternehmensnachrichten/medieninformationen/2022/bilanz-naturkatastrophen-2021.html>
- RESIK (2022): Resilienz und Evakuierungsplanung für sozio-ökonomische Infrastrukturen im medico-sozialen Kontext.
<https://resik.de/>
- Roggenkamp, T. & Herget, J. (2014): Reconstructing peak discharges of historic floods of the River Ahr, Germany. *Erdkunde* Vol. 68, No. 1, 49-59
- RTBF (2021): Inondations de juillet 2021: 71.746 dossiers d'indemnisation introduits au-près des assureurs (71.746 Schadensfälle, die nach Angaben der Versicherer eingereicht wurden). Radio Télévision Belge Francophone
<https://www.rtf.be/article/inondations-de-juillet-2021-71746-dossiers-dindemnisation-introduits-aupres-des-assureurs-10868318> (in Französisch)
- SGD Nord (2021): Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Überschwemmungsgebiet der Ahr, Übersichts- und Detailkarten, Sep. 2021.
https://sgdnord.rlp.de/fileadmin/sgdnord/Wasser/UESG/Ahr/Arbeitskarten/Ueberschwemmungsgebiet_Ahr-Arbeitskarten_Zukunftskonferenz.pdf
- Schäfer, A., Mühr, B., Daniell, J., Ehret, U., Ehmele, F., Küpfer, K., Brand, J., Wisotzky, C., Skapski, J., Rentz, J., Mohr, S., Kunz, M. (2021): Hochwasser Mitteleuropa, Juli 2021 (Deutschland): 21. Juli 2021 – Bericht Nr. 1 „Nordrhein-Westfalen & Rheinland-Pfalz“.
<https://www.cedim.kit.edu/2926.php>
- Thielen, A. H., Kemter, M., Vorogushyn, S., Berghäuser L., Sieg, T., Natho, S., Mohor, G.S., Petrow, T., Merz, B. & Bronstert, A. (2021): Extreme Hochwasser bleiben trotz integriertem Risikomanagement eine Herausforderung. Stellungnahme des DFG-Graduiertenkollegs „NatRiskChange“.
https://www.uni-potsdam.de/fileadmin/projects/extrass/Flut2021_StatementThielenEtAl.pdf
- Thielen, A. H., Mohor, G., Kreibich, H. & Müller, M. (2022a): Compound flood events: different pathways, different impacts and different coping options. *NHESS* 22, 165-185.
<https://doi.org/10.5194/nhess-22-165-2022>
- Thielen, A. H., Bubeck, P., Heidenreich, A., von Keyserlingk, J., Dillenardt, L. & Otto, A. (2022b): Performance of the flood warning system in Germany in July 2021 – insights from affected residents, *EGUsphere* [preprint]
<https://egusphere.copernicus.org/preprints/2022/egusphere-2022-244/>
- UBA (2021): Klimaresilienz stärken: Bausteine für eine strategische Klimarisikoversorge.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_empfehlungen_klimarisikoversorge.pdf
- UNDRR (2015): Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015-2030
https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Fremd-Publikationen/SENDAI/sendai-rahmenwerk-2015-2030.pdf?__blob=publicationFile&v=4
- Vfdb (2021): Expertenkommission Starkregen
<https://www.vfdb.de/forschung/umfragen/expertenkommission-starkregen>
- WaX (2022): WaX – Wasser-Extremereignisse
<https://www.bmbf-wax.de/>

Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. |
German Committee for Disaster Reduction
Kaiser-Friedrich-Str. 13
53113 Bonn

Phone: +49 (0)228/26 199 570
Email: info@dkkv.org
Internet: <http://www.dkkv.org>



DKKV-Schriftenreihe 62, August 2022

