

LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

FAKULTÄT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

DEPARTMENT FÜR GEOGRAPHIE

BACHELORARBEIT

Wissenschaftliche Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science

Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung von Warnsystemen im Katastrophenmanagement

Chances and Challenges of the Digitalization of Early Warning Systems in Disaster Management

**Verfasserin:
Leonie Eberhardt
Helene-Mayer-Ring 7B
80809 München
leonie.eberhardt@campus.lmu.de**

**Betreuerin:
Prof. Dr. Henrike Rau**

**Lehr- und Forschungseinheit
Mensch-Umwelt-Beziehungen**

Datum: 27.06.2023

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	III
Zusammenfassung	IV
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation der Arbeit.....	1
1.2 Zielsetzung und Abgrenzung der Arbeit.....	2
2 Theoretischer Rahmen	3
2.1 4-Komponenten-Modell des Katastrophenwarnsystems nach UNDRR	3
2.2 Institutionelle und technologische Betrachtung der Katastrophenwarnung.....	5
2.2.1 Definition von Warnung	5
2.2.2 Zuständigkeiten im nationalen Katastrophenmanagement in Bezug auf die Warnung der Bevölkerung.....	6
2.2.3 Modulares Warnsystem MoWaS	7
2.2.4 Digitale Warnmittel	8
2.2.5 Klassisch-analoge Warnmittel	8
2.3 Bevölkerungsseitige Betrachtung der Katastrophenwarnung	9
2.3.1 Adressaten der Warnung.....	9
2.3.2 Verarbeitungsprozess effektiver Katastrophenwarnungen	9
2.3.3 Vulnerable Bevölkerungsgruppen in der Katastrophenwarnung.....	11
3 Methodisches Vorgehen	12
3.1 Datenerhebung	12
3.1.1 Literaturrecherche	12
3.1.2 Experteninterviews.....	12
3.2 Datenauswertung.....	14
4 Ergebnisse	15
4.1 Status Quo des Warnsystems in Deutschland.....	16
4.2 Gegenüberstellung digitaler und klassisch-analoger Warnmittel.....	19
4.2.1 Relevanz digitaler Warnmittel.....	19
4.2.2 Relevanz klassisch-analoger Warnmittel.....	21
4.2.3 Synergieeffekte aus der Kombination digitaler und klassisch-analoger Warnmittel.....	24

4.3	Warnbedarf und Warnreaktion vulnerabler Gruppen	25
4.3.1	Status Quo der Warnung vulnerabler Gruppen	25
4.3.2	Herausforderungen bei der Warnung vulnerabler Gruppen	26
4.3.3	Inklusion vulnerabler Gruppen in die Katastrophenwarnung	29
4.4	Zusammenfassende Bewertung der Warnwirkung ausgewählter Warnmittel des nationalen Warnsystems	30
5	Diskussion der Ergebnisse	33
5.1	Zusammenhang zwischen einer Kombination aus digitalen und klassisch-analogen Warnmitteln und der Optimierung der Warnung vulnerabler Bevölkerungsgruppen.....	33
5.2	Identifikation von Handlungsfeldern zur Optimierung des Warnsystems	33
5.3	Implikationen für die zukünftige Ausrichtung des Warnsystems.....	36
5.4	Reflexion des eigenen Vorgehens.....	37
5.5	Offene Fragen und weiterer Forschungsbedarf.....	37
6	Fazit	38
	Literaturverzeichnis	40
	Anlagen	V

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Komponenten eines Warnsystems nach UNDRR-Definition	4
Abbildung 2: Informations- und Verarbeitungsprozess einer effektiven Warnung	10
Abbildung 3: Regionale Betrachtung der Wahrnehmung mindestens einer Probewarnung am Warntag 2022	18

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Rahmendaten der geführten Experteninterviews	13
Tabelle 2: Übersicht der Herausforderungen vulnerabler Gruppen im Informations- und Verarbeitungsprozess	28
Tabelle 3: Bewertung der Warnwirkung ausgewählter digitaler Warnmittel	31
Tabelle 4: Bewertung der Warnwirkung ausgewählter klassisch-analoger Warnmittel	32

Abkürzungsverzeichnis

BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BEREC	Body of European Regulators for Electronic Communications
BIWAPP	Bürger Info- und Warn-App
BMI	Bundesministerium des Innern und für Heimat
Destatis	Statistisches Bundesamt
DKKV	Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge
DWD	Deutscher Wetterdienst
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
HFA	Hyogo-Framework for Action
LRA	Landratsamt
MoWaS	Modulares Warnsystem
NINA	Notfall-Informations- und Nachrichten-App
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
SFDRR	Sendai Framework for Disaster Risk Reduction
UNDRR	United Nations Office for Disaster Risk Reduction
UN	Vereinte Nationen
WMO	World Meteorological Organization

Zusammenfassung

Im Zusammenhang mit zunehmenden Digitalisierungstrends entwickelte sich das nationale Warnsystem Deutschlands in den vergangenen Jahren zunehmend hin zu einem auf technologischer Ebene breit ausdifferenzierten System. Dabei wird im Zusammenspiel digitaler und klassisch-analoger Warnmittel vom Warnmittelmix gesprochen, mit dem eine möglichst breite Abdeckung der Bevölkerung erzielt werden soll. Da jedoch im Sinne des *Digital Divide* eine Heterogenität der Bevölkerung bezüglich der Teilhabe an der Digitalisierung vorliegt, dürfen soziale Prozesse in der Betrachtung des Warnsystems nicht außen vor gelassen werden. Auch unabhängig der Teilhabe an Digitalisierung stellen analoge und bevölkerungsseitige Komponenten des Warnsystems ein Handlungsfeld dar, dass neben den technischen Entwicklungsmöglichkeiten des Warnsystems ins Hintertreffen zu geraten droht. Im Rahmen dieser Arbeit wird dabei auf spezifische Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung von Warnsystemen im Katastrophenmanagement eingegangen und ein besonderer Fokus auf die Warnung vulnerabler Gruppen gelegt.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung und Motivation der Arbeit

In den vergangenen Jahren traten in regelmäßigen Abständen Katastrophenereignisse in den unmittelbaren Fokus von Politik und Gesellschaft. Zuletzt sorgte im Jahr 2021 die Flutkatastrophe mit 183 Todesopfern in Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, darunter insbesondere im Ahrtal, für Aufsehen (DKKV 2022, 25). Auch in den vorherigen Jahren traten wiederholt Katastrophenereignisse auf, die immer wieder die Notwendigkeit eines effektiven Warnsystems im Katastrophenmanagement verdeutlichten (Thieken et al. 2023, 975). Mit dem Voranschreiten der globalen Erwärmung steigt die Wahrscheinlichkeit an, dass derartige Katastrophenereignisse auch in Zukunft häufiger und extremer auftreten werden (IPCC 2021, 1533). Im Anschluss an Ereignisse wie im Ahrtal 2021 wird häufig der Ruf nach Anpassungen des Warnsystems laut (Thieken et al. 2023, 973). Die Bundesregierung versucht hier bereits Maßnahmen vorzunehmen (BBK 2021). So wurde das Sirenenförderprogramm des Bundes noch im Jahr 2021 gestartet, welches Kommunen und Landkreisen zur Finanzierung des (Wieder-)aufbaus der Sireneninfrastruktur Fördermittel zur Verfügung stellt (ebd.). Nach dem Auslaufen des Programms Ende 2022 erfolgte bislang allerdings keine Fortschreibung (BBK 2022c).

Auch mit Blick auf internationale Rahmenwerke wird die Relevanz von Warnsystemen im Katastrophenmanagement deutlich (UNISDR 2005, 1). Das *Hyogo-Framework for Action* (HFA) der Vereinten Nationen (UN) rückte die Thematik Katastrophenmanagement und -vorbeugung in den internationalen Fokus (ebd.). Es wurde im Jahr 2005 auf der Weltkonferenz der UN zur Katastrophenvorsorge in Kobe, Hyogo in Japan verabschiedet (ebd.). Ziel des HFA war es, katastrophenbedingte Verluste bis zum Jahr 2015 erheblich zu reduzieren (ebd.). In diesem Zusammenhang erfolgte die Ausrichtung des Katastrophenmanagements weg von reaktivem Verhalten hin zu präventiven und vorbereitenden Maßnahmen (Šakić Trogrlić et al. 2022, 25). Eine zentrale Komponente des HFA bildete die Frühwarnung der Bevölkerung mittels effektiver Warnsysteme (UNISDR 2005, 4). Zwar konnte der Bekanntheitsgrad von Warnsystemen im Katastrophenmanagement im globalen Kontext gesteigert werden, allerdings blieben die Ergebnisse in der Verstärkung der Implementierung hinter den Empfehlungen zurück (Šakić Trogrlić et al. 2022, 25). Als Reaktion auf die weiteren Möglichkeiten im Ausbau von Warnsystemen im globalen Kontext wurde 2015 das *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction* (SFDRR) als Folgerwerk des HFA verabschiedet (UNISDR 2015, 5). Dabei formuliert das SFDRR in einem seiner sieben globalen Ziele – Ziel G – die Forderung, „bis 2030 die Verfügbarkeit und den Zugang zu Multigefahren-Frühwarnsystemen sowie

Katastrophenrisikoinformationen und -bewertungen für die Menschen erheblich zu erhöhen“ (ebd., 12). Diese Rahmenwerke gelten als Basis für nationale Strategien und Aktionspläne (Khan et al. 2019, 930).

Da das nationale Warnsystem in Deutschland in den vergangenen Jahren im Rahmen von Digitalisierungsprozessen wesentlichen Veränderungen unterzogen wurde (Krebs & Hagenweiler 2021, 68), ist laufend eine Bewertung des aktuellen Zustands des Warnsystems hinsichtlich seiner Chancen und Herausforderungen notwendig (Šakić Trogrlić et al. 2022, 16). Digitalisierung ist dabei nicht lediglich als technologischer Prozess mit dem Wandel von analoger zu digitaler Datenübertragung aufzufassen (BEH & RUB 2022, 12). Vielmehr stehen in sozialwissenschaftlicher Betrachtung Transformationsprozesse in der Gesellschaft im Vordergrund, in denen digitale Technologien als Potenzial zur Optimierung der menschlichen Handlungsfähigkeit aufgefasst werden (ebd.). Dabei wird der Begriff des *Digital Divide* aufgeworfen (ebd., 9). Dieser besagt, dass die Teilhabe an Digitalisierung innerhalb der Gesellschaft ungleich verteilt ist und somit auch der Zugang zu digitalen Warnmitteln nicht als homogen angesehen werden kann (ebd, 34).

Ebenso sind die Möglichkeiten zur Reaktion auf Katastrophenereignisse innerhalb der Gesellschaft ungleich verteilt (Roth 2018, 253). Dadurch ist eine Einbeziehung der Betrachtung vulnerabler Gruppen im Rahmen dieser Arbeit als relevant anzusehen, um mögliche Exklusionsfaktoren im Warnsystem auszumachen.

1.2 Zielsetzung und Abgrenzung der Arbeit

Zur Begrenzung des Umfangs dieser Arbeit wurden mehrere Abgrenzungen in räumlicher, wie auch in inhaltlicher Hinsicht vorgenommen. Räumlich beschränkt sich die Arbeit auf die Betrachtung des nationalen Warnsystems in Deutschland. Diese Abgrenzung wurde gewählt, da in der Ausgestaltung der Warnsysteme im internationalen Vergleich wesentliche Unterschiede bestehen (Hauri et al. 2022, 5) und durch die räumliche Abgrenzung eine detailliertere Auseinandersetzung möglich ist. Inhaltlich erfolgt die Herangehensweise im Sinne einer sozialwissenschaftlichen Betrachtung des Warnsystems unter besonderer Berücksichtigung der bevölkerungsseitigen Aspekte der Warnung und nur in eingeschränktem Umfang der technischen Aspekte.

Ziel dieser Arbeit ist es, bestehende Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung von Warnsystemen aufzuzeigen. In diesem Zuge stellt die Beantwortung zweier Forschungsfragen das leitende Element der Arbeit dar.

Forschungsfrage F1: Inwiefern bedarf es im nationalen Warnsystem einer Kombination aus digitalen und klassisch-analogen Warnmitteln?

Forschungsfrage F2: Inwiefern ist die Warnung vulnerabler Bevölkerungsgruppen im Katastrophenfall zu verbessern?

Zunächst soll in F1 untersucht werden, inwiefern der Fortbestand klassisch-analoger Warnmittel trotz der zunehmenden Digitalisierung im nationalen Warnsystem und dem Einsatz digitaler Warnmittel relevant oder nicht relevant erscheint. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen soll im Rahmen der Forschungsfrage F2 auf die Warnung vulnerabler Gruppen Bezug genommen werden. Unter Betrachtung der Bezüge zur Warnung vulnerabler Gruppen soll eruiert werden, an welchen Stellen des Warnprozesses Lücken und Optimierungspotenzial vorhanden sind. Aufbauend auf den Ergebnissen werden Handlungsfelder identifiziert, die zu einer Optimierung des Warnsystems mit Hinblick auf die Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung beitragen könnten.

Eine trennscharfe Abgrenzung der Warninfrastruktur in digitale und analoge Warnmittel kann nicht generalisiert vorgenommen werden. Dies basiert auf der Tatsache, dass Warnmittel wie Sirenen und Radio aus informationstechnologischer Hinsicht sowohl auf analoger als auch auf digitaler Datenübertragung basieren können. Daher wird im Folgenden der Begriff klassisch-analog für diejenigen Warnmittel verwendet, die bereits vor der Implementierung des digitalen modularen Warnsystems und seines Vorgängermodells zur Warnung der Bevölkerung Anwendung fanden. Dies erfolgt in Anlehnung an Klafft (2021, 347), der „Sirenen, Lautsprecherwagen, Rundfunk und Fernsehen“ als „klassische Warnkanäle“ einstuft und diese von „digitale[n] Kanälen wie Warn-Apps und soziale[n] Medien“ (ebd., 343) abgrenzt. Die Vornahme einer solchen Abgrenzung erscheint indes sinnvoll, um das Warnsystem aus sozialer und bevölkerungsseitiger Betrachtung näher zu beleuchten.

Zur besseren Lesbarkeit wird in dieser Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Die Personenbezeichnungen beziehen sich dennoch ausdrücklich auf alle Geschlechter.

2 Theoretischer Rahmen

2.1 4-Komponenten-Modell des Katastrophenwarnsystems nach UNDRR

Dem Begriff des Warnsystems werden im Kontext des Katastrophenmanagements verschiedene Definitionen beigelegt (Šakić Trogrlić et al. 2022, 26). Zum einen wird er aus informationstechnologischer Hinsicht mit den technischen Komponenten der Warnung in Verbindung

gebracht (Frische et al. 2021, 674). In diesem Kontext wird in Deutschland das modulare Warnsystem (MoWaS) häufig als nationales Warnsystem bezeichnet (BBK 2022b, 2; Bonaretti & Fischer-Preßler 2023, 382). Aus sozialwissenschaftlicher Perspektive umfasst der Begriff des Warnsystems jedoch neben der technischen Infrastruktur zur Warnung der Bevölkerung auch die sozialen, bevölkerungsseitigen Komponenten (UNDRR 2023, 5). Das *United Nations Office for Disaster Risk Reduction* (UNDRR) legt hierzu eine Definition vor, die sowohl in der einschlägigen sozialwissenschaftlichen Literatur gebräuchlich ist als auch in dieser Arbeit als Grundlage verwendet wird.

Gemäß UNDRR (2023, 5) handelt es sich bei einem Warnsystem um ein:

“integrated system of hazard monitoring, forecasting and prediction, disaster risk assessment, communication and preparedness activities systems and processes that enable individuals, communities, governments, businesses and others to take timely action to reduce disaster risks in advance of hazardous events.”

Mit dieser Definition schreibt UNDRR einem Warnsystem vier Komponenten zu, die zur Implementierung eines effektiven Warnsystems zu berücksichtigen sind: Risikowissen, Monitoring und Warnung, Dissemination und Kommunikation sowie Reaktionsfähigkeit (ebd., 65). Diese sind in Abbildung 1 unter Nennung ihrer Kernpunkte dargestellt.

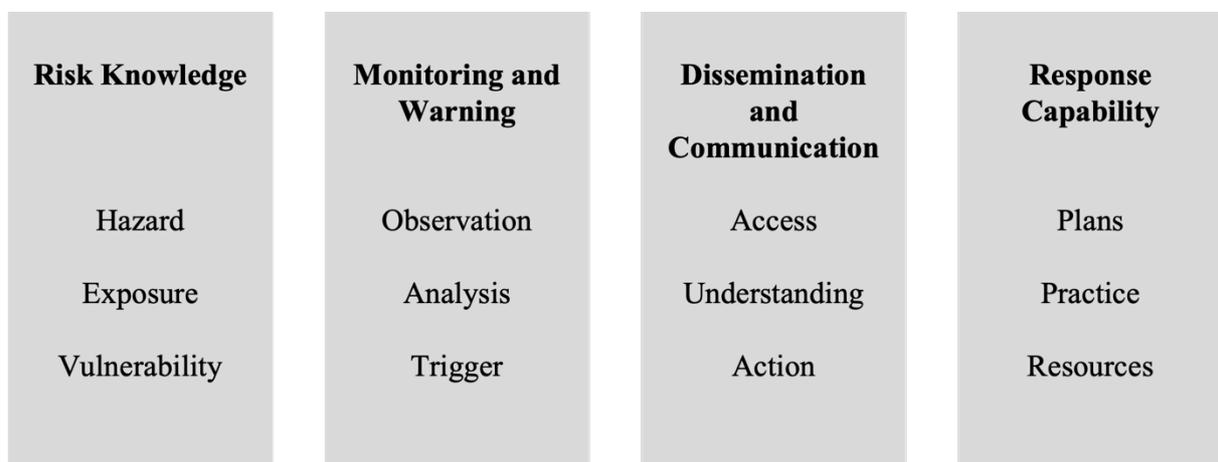


Abbildung 1: Komponenten eines Warnsystems nach UNDRR-Definition
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Šakić Trogrlić et al. 2022, 27

Die Komponente „*Risk Knowledge*“ bezieht sich auf die Kenntnis, Erfassung und Analyse von Daten zu potentiellen Gefahren, Exposition und Vulnerabilität (Marchezini 2020, 219; UNDRR 2023, 67). Diese Variablen ergeben im Zusammenspiel ein Risikoszenario (UNDRR 2023, 66). Da Risikoszenarien sowohl zeitlich als auch räumlich dynamische Änderungsprozesse erfahren, sind sie in einem regelmäßigen Turnus neu zu bewerten (Marchezini 2020, 219).

„*Monitoring and Warning*“ thematisiert die Verfügbarkeit von Ressourcen zur kontinuierlichen Überwachung ebendieser ausgemachten Gefahrenquellen und Analyse der Risikoszenarien (UNDRR 2023, 72), auf deren Basis eine Entscheidungsfindung zur Herausgabe einer Warnung basiert (Hemachandra et al. 2021, 403). Der Aspekt „*Dissemination and Communication*“ einer solchen Warnung an die Bevölkerung sind Bestandteil der dritten Komponente (UNDRR 2023, 81). Hierunter werden Verfahren zur Bereitstellung der Warnung und weiterführender Informationen an diejenigen verstanden, die aufgrund ihrer geographischen Position im Gefahrengebiet einer Warnung bedürfen (ebd.). Der Teilaspekt Dissemination bezieht sich dabei lediglich auf die Verbreitung der Warnung, während die Kommunikation den Inhalt der Warninformation und deren Verständlichkeit sowie im weiteren Sinne die Ermächtigung zur Handlung betrifft (Marchezini 2020, 219). „*Response Capability*“ bezeichnet einerseits das bevölkerungsseitige Wissen über Risiken und Gefahren, sowie andererseits die Fähigkeit, auf eine Warnung eine bestimmte Handlung folgen zu lassen (ebd.). Letzteres schließt Ressourcen (ebd.), eigene Fähigkeiten und das soziale Netzwerk der Betroffenen ein (Šakić Trogrlić et al. 2022, 30). Zur Verbesserung der Reaktionsfähigkeit dienen laut der UNDRR-Definition und einer darauf aufbauenden Checkliste der *World Meteorological Organization* (WMO) zur Implementierung von Warnsystemen unter anderem folgende Aspekte: definierte Verfahren und Abläufe, die zum einen durch Aufklärung, Sensibilisierung der Bevölkerung und Übungsszenarien aber auch durch klare Zuständigkeiten der beteiligten Akteure von der nationalen bis zur lokalen Ebene vorliegen (WMO 2018, 14).

In dieser Arbeit werden überwiegend die Komponenten „*Dissemination and Communication*“ und „*Response Capability*“ aufgegriffen. An diesen Schnittstellen zwischen warnender Einrichtung und gewarnter Bevölkerung bestehen entscheidende Handlungsfelder, die aus sozialwissenschaftlicher Perspektive einer weiteren Untersuchung bedürfen, um den Einfluss der Digitalisierung und Optimierungsbedarf zur Verbesserung des Warnsystems zu eruieren.

2.2 Institutionelle und technologische Betrachtung der Katastrophenwarnung

2.2.1 Definition von Warnung

Zur Definition einer Warnung müssen mehrere Teilaspekte herangezogen werden, bei denen nur in Kombination von einer Warnung gesprochen werden kann (Dashora 2020, 23; BBK 2022d, 12). Eine Warnung der Bevölkerung soll Aufmerksamkeit erzeugen (Scolobig et al. 2022, 74), Informationen über die Gefahrensituation (Klafft 2021, 344) mit deren Benennung und erwarteten Auswirkungen (Geenen 2009, 84; BBK 2022d, 12) sowie

Handlungsempfehlungen und Verhaltenshinweise liefern (Klafft 2021, 344). Ziel einer Warnung ist es, die Auswirkungen einer potenziellen Gefahr zu reduzieren (BBK 2022d, 11). Dadurch sollen Schäden an Infrastruktur und Lebensgrundlage der Bevölkerung vermindert sowie Fatalitäten vermieden werden (Thieken et al. 2022, 8; UNDRR 2023, 81). Um dieses Ziel zu erreichen, muss eine Warnung der betroffenen Bevölkerung als Ganzes und möglichst jeder Person als Individuum die Befähigung bieten, eine Schutzhandlung vorzunehmen (Scolobig et al. 2022, 74; Thieken et al. 2022, 8).

2.2.2 Zuständigkeiten im nationalen Katastrophenmanagement in Bezug auf die Warnung der Bevölkerung

Die Organisation des nationalen Warnsystems ist auf operationaler Ebene in verschiedene Zuständigkeitsbereiche auf mehreren Ebenen gegliedert (BBK 2022b, 2). Dabei kommen Institutionen und Einrichtungen auf regionaler bzw. kommunaler, Länder- und Bundesebene zum Tragen (ebd.). Die Kompetenzen sind dabei nach dem Prinzip der Subsidiarität verteilt (Dressel & Pfeil 2014, 12), sodass Entscheidungen stets auf möglichst niedriger Ebene getroffen werden (Karutz et al. 2017, 247; BMI 2022, 65).

In den im Rahmen dieser Arbeit näher beleuchteten Komponenten „*Dissemination and Communication*“ sowie „*Response Capability*“ der UNDRR-Definition eines Warnsystems (UNDRR 2023, 65) spielen zum einen Einsatzkräfte wie Feuerwehr und Polizei auf lokaler Ebene wie auch auf Landesebene eine zentrale Rolle (BBK 2023a). Je nach Ereignis können Warnungen auch direkt von Einrichtungen wie etwa dem Deutschen Wetterdienst (DWD) ausgelöst werden (BBK 2022b, 2). Zum anderen sind überwiegend die Länder sowie Landkreise und kreisfreie Städte mit der Warnung vor „Katastrophen und allgemeinen Gefahrenlagen“ (ebd.) betraut. Primär obliegt die Zuständigkeit zur Warnung und Aufklärung der Bevölkerung dabei den unteren Katastrophenschutzbehörden, die auf der Ebene der Landkreise und kreisfreien Städten angesiedelt sind (Karutz et al. 2017, 217; Thieken et al. 2023, 974). Auf dieser Ebene werden für regional und lokal auftretende Ereignisse Warnmeldungen und Handlungsempfehlungen verbreitet (Karutz et al. 2017, 217). Ist von einer Betroffenheit mehrerer Landkreise auszugehen, obliegt den Ländern die Koordination der Bevölkerungswarnung (ebd.). Auch im Auftrag des Bundes werden durch die Länder Warnungen ausgeführt (BBK 2022b, 2). Unmittelbar beim Bund bzw. dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) liegt die Zuständigkeit zur Warnung der Bevölkerung lediglich im Spannungs- und Verteidigungsfall, sowie in „eilbedürftigen Fällen“ (ebd.).

2.2.3 Modulares Warnsystem MoWaS

Das kooperative Agieren der mit der Warnung der Bevölkerung betrauten Einrichtungen im nationalen Warnsystem zeigt sich auch in der Verwendung der Warninfrastruktur, die zum großen Teil von mehreren Akteuren gemeinsam bespielt werden kann (BBK 2022b, 2). Seit seiner Implementierung im Jahr 2011 – als Nachfolgemodell des vorherigen satellitengestützten Warnsystems SatWaS – bildet das modulare Warnsystem MoWaS das Kernstück der nationalen Bevölkerungswarnung in Deutschland (BMI 2022, 65). Als digitales öffentliches Warnsystem wird MoWaS vom BBK betrieben und von Bund und Ländern gemeinsam zur Herausgabe von Warnungen an die Bevölkerung genutzt (Krebs & Hagenweiler 2021, 68).

Die Verbreitung von Warnungen über MoWaS ist darauf ausgelegt, eine maximale Ausschöpfung aller Ressourcen in der Übermittlung der Warnnachricht herbeizuführen (Fischer-Preßler et al. 2021, 4). Das Ziel ist es, mit der Katastrophenwarnung einen möglichst großen Anteil der Bevölkerung abzudecken, indem die Reichweite der Warnung an die Bevölkerung durch den Einsatz multipler Kanäle vergrößert wird (BBK 2022b, 2). MoWaS ist in der Lage, georeferenzierte Warnungen zu disseminieren, wodurch diese punktuell in der betroffenen Gebietskörperschaft ausgesendet werden kann (Weichselgartner et al. 2018, 482). Dazu sind über Warnmultiplikatoren wie Medienbetreiber und Betreiber von Warn-Apps (Thieken et al. 2023, 974) eine Vielzahl an Warnmitteln angeschlossen (Bonaretti & Fischer-Preßler 2023, 382). Diese umfassen Cell Broadcast, Warn-Apps, Radio, Fernsehen, digitale Stadtinformationstafeln, thematische Internetseiten sowie Fahrgastinformationssysteme von Verkehrsunternehmen (BMI 2022, 65).

Durch MoWaS soll gewährleistet werden, dass die Auslösung aller im Zuständigkeitsbereich beispielbaren Warnmittel medienbruchsfrei und mit geringem Bedienungsaufwand ermöglicht wird (BBK 2022b, 2). Zur lokalen Verbreitung von Warnungen über das modulare Warnsystem ist es seitens der Kommunen und Länder erforderlich, dass die dortige Warninfrastruktur mit MoWaS gekoppelt wird (Karutz et al. 2017, 254). Im Anschluss können Warnungen von verschiedenen Akteuren in das System eingepflegt und darüber ausgelöst werden. Die Nutzungsberechtigung beschränkt sich dabei auf autorisierte Einrichtungen im Bereich des Bevölkerungsschutzes, darunter Zivil- und Katastrophenschutzbehörden, den DWD, Polizeibehörden (BBK 2022b, 2) sowie Feuerwehrleitstellen (DKKV 2022, 30).

2.2.4 Digitale Warnmittel

Im Zusammenhang mit der Entwicklung des modularen Warnsystems hat die Nutzung digitaler Warnmittel in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen (Klafft 2021, 348). Hier sind besonders die mobilfunkgestützte Warninfrastruktur via Cell Broadcast als Warnmittel hervorzuheben, die 2023 Einzug in das nationale Warnsystem hielt (BBK 2023c). Daneben können Warnungen in Deutschland auch über digitale Bezugspunkte wie Warn-Apps, digitale Fahrgastinformationssysteme von Verkehrsunternehmen wie der Deutschen Bahn und ÖPNV-Betreibern, digitale Stadtinformationstafeln und das Online-Warnportal des BBK verbreitet werden (ebd.). Auch die Warnung über soziale Medien seitens der Behörden spielt vermehrt eine Rolle (Reuter & Kaufhold 2021, 413). Dies ist jedoch eher im erweiterten Sinne als Ergänzung des Warnsystems zu betrachten, worüber zusätzliche Handlungsinformationen an die Bevölkerung bereitgestellt werden können (Klafft 2021, 349).

Zur Warnung der Bevölkerung stehen in Deutschland diverse Warn-Apps zur Verfügung. Nach Reuter et al. (2018, 24) sind in Deutschland NINA und Katwarn die am häufigsten installierten Warn-Apps. Zudem bieten der Bund mit der „Bürger Info- und Warn-App“ BIWAPP (Krebs & Hagenweiler 2021, 69) und einige Länder mit lokalen Warn-Apps weitere Angebote an (BBK 2023a). Bei NINA handelt es sich um die zentrale Notfallinformations- und Nachrichten-App des BBK (Krebs & Hagenweiler 2021, 69). Katwarn hingegen wird vom Fraunhofer-Institut für offene Kommunikationssysteme betrieben (DKKV 2022, 30).

2.2.5 Klassisch-analoge Warnmittel

Mit den klassisch-analogen Warnmitteln stehen weitere Warnmittel zur Verfügung, die bereits seit mehreren Jahrzehnten zur Warnung der Bevölkerung im nationalen Warnsystem Anwendung finden (Klafft 2021, 347). Dazu werden im Rahmen dieser Arbeit jene Warnmittel gezählt, die in ihren Ursprüngen und teilweise noch immer auf analoge Weise warnen: stationäre und mobile Sirenen, Lautsprecherwagen, Rundfunkmedien wie Radio und Fernsehen sowie Zeitungen (ebd.).

Bis in die 1990er Jahre erfolgte die Warnung der Bevölkerung in erster Linie über ein flächendeckendes Netz an Sireneninfrastruktur (Karutz et al. 2017, 254; Fischer-Preßler et al. 2021, 4). Nach Ende des Kalten Krieges wurde diese jedoch zu großen Teilen zurückgebaut (Karutz et al. 2017, 254; Hauri et al. 2022, 22), sodass nur noch punktuell Sirenen zur Alarmierung der lokalen Einsatzkräfte oder in wenigen Fällen zur Warnung der Bevölkerung Einsatz finden (Karutz et al. 2017, 254). Sirenen und Lautsprecherwagen zeichnen sich hauptsächlich über die

Generierung eines Weckeffektes (BBK 2022b, 8) durch das Aussenden von Signalen über Lautsprecher aus (ebd., 1). Prinzipiell ist bei modernen Geräten auch die Ausgabe von Lautsprecherdurchsagen zur Herausgabe von Warninformationen und Handlungsempfehlungen über Sirenen möglich (Karutz et al. 2017, 251).

Die persönliche Warnung an Bekannte, Nachbarn oder Familie stellt ein Warnmittel zusätzliches klassisch-analoges Warnmittel dar, welches zwar nicht im eigentlichen Sinne institutionalisiert ist, aber dennoch Anwendung findet (Gerhold et al. 2021, 68). Dabei ist kein Dazutun des Gewarnten erforderlich, es muss lediglich die Entscheidung des Warnenden stattfinden, die Warnung weiterzuverbreiten (ebd.).

2.3 Bevölkerungsseitige Betrachtung der Katastrophenwarnung

2.3.1 Adressaten der Warnung

Aus sozialwissenschaftlicher Perspektive ist bei der Katastrophenwarnung das Hauptaugenmerk auf die Adressaten der Warnung zu legen (Geenen 2009, 79; BBK 2022d, 24). Dies bezieht sich nach Geenen (2009, 79) auf „alle Personen, die sich zum Zeitpunkt der Notwendigkeit der Verbreitung einer Warnung in demjenigen Gebiet [befinden], für das die Warnung ausgesprochen werden soll“. Dabei sind neben der ortsansässigen Wohnbevölkerung zumeist weitere Bevölkerungsgruppen miteinzubeziehen, die in Kombination als Aufenthaltsbevölkerung bezeichnet werden. Diese zusätzlichen Bevölkerungsgruppen umfassen Reisende wie Urlauber und sich kurzzeitig im Gebiet aufhaltende Geschäftsreisende, Personen auf der Durchreise, Pendler aus dem In- und Ausland sowie Personen ohne festen Wohnsitz (BBK 2022d, 24).

2.3.2 Verarbeitungsprozess effektiver Katastrophenwarnungen

Eine effektive Warnung setzt bevölkerungsseitig mehrere Informations- und Verarbeitungsprozessen voraus, die durchlaufen werden müssen, um dem Ziel einer Warnung nachgehen zu können. Dabei wird die Effektivität einer Warnung gemäß BBK (2022a, 4) folgendermaßen definiert:

„Eine Warnung ist umso effektiver, je näher sie dem Ziel kommt, von allen Bevölkerungsgruppen vollständig wahrgenommen, verstanden und akzeptiert zu werden, und je besser es gelingt Notfallinformationen und Handlungsempfehlungen so zu vermitteln, dass die Selbsthilfe- und Hilfefähigkeiten der zu Warnenden bestmöglich unterstützt werden. Je besser es gelingt, diese definierten Ziele zu erreichen, desto höher ist die Warnereffektivität.“ (BBK 2022a, 4)

Nach Klafft (2021, 346) und BBK (2022d, 18) besteht der Prozess vom Empfang einer Warnung bis zur Ausführung einer Handlung als Reaktion für Gewarnte aus einer Reihe aufeinanderfolgender Schritten (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Informations- und Verarbeitungsprozess einer effektiven Warnung
Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Klafft (2021, 346) und BBK (2022d, 18)

Zunächst muss die Warnung über ein geeignetes Warnmittel an den Adressaten übermittelt werden (Frische et al. 2021, 676). In der Folge muss die Warnung wahrgenommen werden (BBK 2022d, 18), was insbesondere nachts eine Herausforderung darstellen kann, wenn unterschiedliche Faktoren die Wahrnehmung einschränken (Klafft 2021, 346). Warnmittel mit Weckeffekt spielen in diesem Prozessschritt eine entscheidende Rolle, um die Wahrnehmung der Warnnachricht positiv zu beeinflussen (ebd.). Wird die Warnung wahrgenommen, ist das Verständnis der Warnung sicherzustellen (ebd.). Hierbei können der Umfang und die Bedeutung der Informationen, die verstanden werden, von Person zu Person abweichen (ebd.). Diese basieren auf Vorwissen (Kuller et al. 2021, 9), Erfahrungen (BBK 2022d, 23) wie auch auf sprachlichem Verständnis (Frische et al. 2021, 676). Im Anschluss ist die Warnung in ihrer Glaubwürdigkeit sowie der Bewertung der persönlichen Relevanz und Betroffenheit zu verifizieren (ebd.). Hierzu kann gegebenenfalls der Abgleich der erhaltenen Information mit weiteren Informationsquellen erfolgen (BBK 2022d, 18). Die Handlungsphase wird insofern eingeleitet, dass abzuwägen ist, welche Schutzhandlung einerseits erforderlich und andererseits mit den eigenen Mitteln umsetzbar ist (ebd.). Im letzten Schritt muss die Entscheidung erfolgen, der Handlungsempfehlung Folge zu leisten und diese in die Tat umzusetzen (ebd.).

2.3.3 Vulnerable Bevölkerungsgruppen in der Katastrophenwarnung

Im Kontext der Katastrophenwarnung ist die Betrachtung der zu warnenden Bevölkerung als heterogene Gruppe essentiell (BBK 2022d, 24). In diesem Zuge können diverse Bevölkerungsgruppen oder Individuen mit einer erhöhten Vulnerabilität eingestuft werden (ebd.). Dabei wird sich auf die in Kapitel 2.3.2 definierten Kategorien des Informations- und Verarbeitungsprozesses bezogen. Dieser Arbeit wird in Ermangelung einer einheitlichen Definition von Vulnerabilität im Kontext der Katastrophenwarnung in Anlehnung an Mioc (2012, 69) eine Arbeitsdefinition zugrunde gelegt. Dabei wird von einer Vulnerabilität ausgegangen, wenn seitens der zu warnenden Person größere Herausforderungen in der Bewältigung eines oder mehrerer Schritte des Warnprozesses zu erwarten sind. Da Vulnerabilität nach Šakić Trogrlić et al. (2022, 16) als dynamischer Prozess zu berücksichtigen ist, ist eine differenzierte Betrachtung komplex, sodass im Folgenden auf generalisierte Bevölkerungsgruppen zurückgegriffen wird.

Zur Einstufung bestimmter Bevölkerungsgruppen als vulnerabel im Bezug auf die Katastrophenwarnung können verschiedene Kriterien herangezogen werden. Zum einen kann in der Betrachtung vulnerabler Bevölkerungsgruppen eine Abgrenzung nach dem Lebensalter erfolgen (Geenen 2009, 80; BBK 2022d, 24). Hier treten insbesondere unbegleitete Kinder und Jugendliche, Eltern kleiner Kinder und ältere Personen hervor (ebd.). In finanzieller und sozialer Hinsicht isolierte Personen sowie Personen ohne festen Wohnsitz können ebenfalls als vulnerable Gruppen ausgemacht werden (BBK 2022d, 24). Als Teil der Aufenthalts-, aber nicht der Wohnbevölkerung gelten Reisende und Pendler als vulnerabel und gesondert zu berücksichtigen (Geenen 2009, 79f.). Hier können ebenso wie bei kürzlich Zugezogenen und Eingewanderten Sprachbarrieren bestehen, wie auch bei Personen, deren Muttersprache eine andere als die lokal verwendete Sprache ist und Einschränkungen in Verständnis und Kommunikation vorhanden sind (Dressel & Pfeil 2014, 19; Klafft 2021, 353). Des Weiteren können Beeinträchtigungen diverser Art zu einem erhöhten Maß an Vulnerabilität führen: kognitive und sprachliche Beeinträchtigungen (darunter unter anderem Analphabetismus und Legasthenie), Mobilitätsbeeinträchtigungen, visuelle Beeinträchtigungen wie Blindheit, schwere Sehbehinderung oder Farbenblindheit sowie auditive Beeinträchtigungen wie Taubheit und Hörschädigung (Dressel & Pfeil 2014, 19; Klafft 2021, 353f.).

3 Methodisches Vorgehen

3.1 Datenerhebung

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine systematische Recherche der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur vorgenommen, um einen Überblick der Thematik zu erlangen. Dabei war auffällig, dass entscheidende Informationslücken bestehen, die zur Beantwortung der Forschungsfragen geschlossen werden müssen. Aufgrund dessen erfolgte die Durchführung von vier Experteninterviews, um empirisch weitere Informationen zu erlangen.

3.1.1 Literaturrecherche

Der Bezug von Fachliteratur erfolgte über eine vom 18. April bis 07. Mai 2023 durchgeführte Internetrecherche. Dabei wurde vorwiegend auf die wissenschaftlichen Datenbanken und Rechercheplattformen ResearchGate, ScienceDirect, Springer Link, Web of Science, JSTOR, Google Scholar, sowie die elektronische Zentralbibliothek der Universität München zurückgegriffen.

Die genutzten Schlagworte umfassten dabei „*emergency*“, „*warning*“, „*system*“, „*public*“, „*early*“, „*vulnerable*“, „*hazard*“, „*disaster*“, „*risk*“, „*communication*“, „*mobile*“, „*cell broadcast*“, „*NINA*“, „*Katwarn*“. Diese wurden jeweils in verschiedenen thematisch geeigneten Kombinationen sowie in englischer wie in deutscher Sprache eingepflegt. Ferner wurden Bürger- und Fachinformationen zum aktuellen Zustand und der Bewertung von Aspekten des nationalen Warnsystems von institutioneller Seite über die Online-Mediathek des BBK und Publikationen des Deutschen Komitees Katastrophenvorsorge (DKKV) bezogen.

3.1.2 Experteninterviews

Aufbauend auf den Erkenntnissen der Literaturrecherche erfolgte die Planung und Durchführung mehrerer Experteninterviews. Dabei sollen neue Aspekte hinsichtlich der Beantwortung der Forschungsfragen eruiert sowie Informationslücken und bestehende Unklarheiten und Unstimmigkeiten aus der Literaturrecherche thematisiert werden (Bogner et al. 2002, 38). Zunächst wurden geeignete Ebenen identifiziert, auf denen die Thematik der Katastrophenwarnung eine praktische Anwendung findet. Dazu zählen in Deutschland auf institutioneller Ebene die unteren Katastrophenschutzbehörden, Innenministerien der Länder mit entsprechenden Abteilungen wie Katastrophenmanagement und -vorsorge sowie das BBK. Die Einbeziehung von Expertise auf regionaler bzw. kommunaler Ebene wurde als besonders relevant eingestuft, da

die Schnittstellen zwischen warnenden Einrichtungen und zu warnender Bevölkerung am unmittelbarsten sind und daraus eine Verknüpfung zwischen kleinräumigen Ereignissen und der Implementierung des nationalen Warnsystems geschlossen werden kann. Zudem wurden wissenschaftliche Institutionen sowie Vereinigungen als mögliche Ansprechstellen ausgemacht, die sowohl Einblicke in die praktische Umsetzung als auch die wissenschaftliche Abhandlung des nationalen Warnsystems ergänzen können.

Empirisch erfolgte die Durchführung der Experteninterviews in Form von leitfadengestützten Interviews (Döring & Bortz 2016, 372). Dabei können im Vorfeld einige als relevant erachtete Themengebiete ausgemacht werden, die im Interview eingebracht werden sollen (Bogner et al. 2002, 78). Jedoch bleibt die Möglichkeit erhalten, dem Gesprächsfluss Raum zu geben und an den entsprechenden Stellen auf Aspekte gezielter einzugehen und Rückfragen aus dem Gespräch zu generieren (Döring & Bortz 2016, 358). Hierzu wurde je Interview ein Leitfaden erstellt. Diese gliederten sich in einen Block von Fragen, die allen Teilnehmern gestellt wurden, sowie weiteren vordefinierten Fragen, die sich an der Expertise und dem inhaltlichen Schwerpunkt der Experten orientierten.

Tabelle 1: Übersicht über Rahmendaten der geführten Experteninterviews

Kürzel	Institution	Datum des Interviews	Dauer	Befragungsverfahren	Stegreif
E1, E2	LRA Garmisch-Partenkirchen	16.05.2023	35 min	Telefonisch	Nein
E3	Weizenbaum-Institut	16.05.2023	40 min	Telefonisch	Nein
E4	Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge	17.05.2023	45 min	Video-konferenz	Nein
E5	LRA München	17.05.2023	25 min	Video-konferenz	Nein

Quelle: eigene Darstellung

Eine Übersicht der durchgeführten Interviews kann Tabelle 1 entnommen werden. Von der Nennung personenbezogener Daten wie Name und Position innerhalb der Institution der Interviewten wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen abgesehen. Die Experten E1, E2 und E5 weisen alle Expertise im Bereich der unteren Katastrophenschutzbehörde auf, angesiedelt in den Landratsämtern (LRA) der Landkreise Garmisch-Partenkirchen (E1, E2) respektive München (E5) (siehe Tabelle 1). Die beiden Landkreise wurden gewählt, da eine grundlegende

Vergleichbarkeit des Katastrophenmanagements auf bayerischer Landesebene vorliegt und somit die spezifischen Unterschiede eruiert werden konnten, die sich auf lokaler Ebene ergeben. Zudem wurde vom Freistaat Bayern als einem der ersten Bundesländer im Jahre 2021 eine Verwaltungsvereinbarung zur Abschöpfung finanzieller Mittel aus dem Sirenenförderprogramm des Bundes (BBK 2021) unterzeichnet. Dadurch konnte untersucht werden, welche Rolle die Kombination digitaler und klassisch-analoger Warnmittel auf lokaler Ebene spielt.

Um daneben die Einschätzungen zweier außenstehender, nicht unmittelbar in den institutionellen organisatorischen Aspekt des Katastrophenmanagements eingebundener Experten einzuholen, wurden die Experten E3 und E4 des Weizenbaum-Instituts bzw. des Deutschen Komitees Katastrophenvorsorge interviewt (siehe Tabelle 1). Beide beschäftigen sich seit mehreren Jahren mit der Warnung der Bevölkerung in Deutschland, sind in ihren Ansichten dabei aber nicht an die Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten gebunden, sondern bieten eine übergreifende Perspektive dar.

3.2 Datenauswertung

Da sich die vorliegende Arbeit in der Beantwortung ihrer Forschungsfragen lediglich auf das nationale Warnsystem Deutschlands beschränkt, wurden zum einen Publikationen als geeignet identifiziert, die sich auf explizit den deutschen Raum oder im Allgemeinen auf die Warnung der Bevölkerung sowie Risiko- und Katastrophenkommunikation beziehen. Ein weiteres Kriterium bildet die zeitliche Aktualität der Publikationen. Dieses Kriterium fußt auf der Tatsache, dass die technologischen Entwicklungen im Bereich der Katastrophenwarnung insbesondere mit dem Fokus auf der Digitalisierung von Warnsystemen rasch voranschreiten.

Die Auswertung der Experteninterviews erfolgte im Rahmen einer zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring & Fenzl 2019, 633). Dazu wurden die Interviews mittels eines Audioaufnahmegeräts aufgezeichnet, um die anschließende Transkription zu erleichtern. Die Transkription erfolgte als vereinfachte Transkription in normales Schriftdeutsch, dabei wurde eine sprachliche Glättung vorgenommen (Döring & Bortz 2016, 367f.). Die Aussagen und Einschätzungen der Experten wurden anschließend systematisch kategorisiert. Dabei wurde ein besonderes Augenmerk auf spezifische Notwendigkeiten und Anforderungen an Warnsysteme im Katastrophenmanagement gelegt, die in der Literatur außen vor gelassen sind oder durch die Experten aus praktischen Erfahrungen und Gesprächen mit Betroffenen abgeleitet wurden.

Die im Rahmen dieser Arbeit erstellte Tabelle zur Bewertung der Warnwirkung ausgewählter Warnmittel im Bereich digitaler und klassisch-analoger Warnmittel orientiert sich an Kriterien-sammlungen des *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) (2020), des *Body of European Regulators for Electronic Communications* (BEREC) (2020), sowie einer Studie von Hauri et al. (2022). Letztere basiert zu großen Teilen auf den von ETSI aufgestellten Kriterien (Hauri et al. 2022, 15). Die gewählten Kriterien erheben dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr stellen sie eine Bewertung der Warnwirkung anhand von Kriterien dar, die im Rahmen dieser Arbeit thematisiert werden. Die Bewertung erfolgt anhand der folgenden vier Kategorien, die in Anlehnung an Hauri et al. (2022, 16-18) gewählt wurden:

- 3: in hohem Maß erfüllt
- 2: mit Einschränkungen erfüllt
- 1: nicht erfüllt
- n/a: keine Aussage möglich

Die Bewertung erfolgte dabei anhand der vorliegenden Literatur sowie der Auswertung der Experteninterviews. Im Anschluss wurden Mittelwerte gebildet, die sowohl die Bewertung der Warnmittel im Vergleich als auch die Erfüllung der Bewertungskriterien unter Betrachtung digitaler und klassisch-analoger Warnmittel sowie der Gesamtheit der Warnmittel abbilden. Dies erfolgte unter Ausgrenzung der als „n/a“ gewerteten Felder. Dabei ist zu beachten, dass dies keine quantitative Bewertung der Warnwirkung abbildet, sondern anhand einer qualitativen Einschätzung lediglich eine Orientierungsmöglichkeit darstellt.

4 Ergebnisse

In die Ergebnisfindung werden die Kernpunkte der UNDRR-Komponenten „*Dissemination and Communication*“ sowie „*Response Capability*“ miteinbezogen und je nach Relevanz des Kontextes aufgegriffen. Zur Beantwortung der Forschungsfragen ist es in einem ersten Schritt notwendig, den Status Quo des Warnsystems in Deutschland zu erfassen. Dabei wird betrachtet, inwiefern die Effektivität des Warnsystems bei vergangenen Warnereignissen der letzten beiden Jahrzehnte sowie des Warntags 2022 in Hinblick auf die Nutzung und Verbreitung digitaler und klassisch-analoger Warnmittel sowie die bevölkerungsseitige Annahme der Warnung gegeben war. Kapitel 4.2 thematisiert überwiegend die erlangten Ergebnisse zur Beantwortung der Forschungsfrage F1. Aufbauend auf den hier erlangten Ergebnissen vertieft Kapitel 4.3 die Thematik in Bezug auf die Warnung vulnerabler Gruppen. Die abschließende tabellarische

Darlegung der Bewertung der Warnwirkung ausgewählter Warnmittel dient zur Zusammenfassung der erlangten Erkenntnisse zu beiden Forschungsfragen.

4.1 Status Quo des Warnsystems in Deutschland

Das Warnsystem hat in den letzten Jahren einiges an Aufmerksamkeit erlangt und wurde dabei trendgetrieben immer wieder thematisiert (E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Dies geschieht überwiegend dann, wenn aus dem gesellschaftlichen und politischen Diskurs Verbesserungen im Aufbau und der Nutzung des Warnsystems eingefordert werden (E4, 17.05.2023; Henninger & Schneider 2021, 304). Generell betrachtet ist das Warnsystem in Deutschland gut aufgestellt – aus technischer Hinsicht und bezüglich der Umsetzung auf lokaler Ebene, was die Hilfeleistung durch ehrenamtliche Einsatzkräfte betrifft (E3, 16.05.2023). Zur Beurteilung des Status Quo des Warnsystems ist eine genauere Betrachtung vorzunehmen, der räumliche, zeitliche, ereignis- (E1, 16.05.2023) und bevölkerungsseitige Aspekte (E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023) zugrunde gelegt werden können.

Bei unterschiedlichen Katastrophenereignissen der vergangenen beiden Jahrzehnte zeigte sich, dass der Zeitpunkt und die Art des Ereignisses (E1, 16.05.2023; Thieken et al. 2023, 979) einen Einfluss auf die Effektivität verschiedener Warnmittel und des Warnsystems im jeweiligen Kontext aufweisen. Thieken et al. (2023) führten im Nachgang der Flutkatastrophe im Ahrtal 2021 eine Befragung der lokal betroffenen Personen durch. Dabei verglichen sie diese Ergebnisse in Hinsicht auf beispielsweise den Erhalt einer Warnung, den Erhalt von Handlungsinformationen sowie das Wissen und die Fähigkeiten, um eine adäquate Schutzhandlung auszuführen mit Ergebnissen früherer Hochwasser- und Sturzflutereignisse in Deutschland. Teils konnte eine hohe Warnquote erreicht werden, teils wurden nur wenige überhaupt mit einer Warnung versorgt (Thieken et al. 2023, 979). Bei Hochwasserereignissen in den Jahren 2002, 2005, 2010 und 2016 erhielten im Großteil der Gebiete zwischen 25 % und 35 % der Betroffenen keine Warnung (ebd., 980). Dahingegen lag der Anteil der Nicht-Gewarnten bei rasch einsetzenden Ereignissen wie Starkregen- und Sturzbachereignissen teils bei Werten zwischen 70 % (Leegebruch, Brandenburg im Jahr 2017) und knapp unter 80 % (Hersbruck, Bayern und Lohmar, Nordrhein-Westfalen 2005) (ebd., 980). Daraus kann abgeleitet werden, dass Warnungen besser an die Adressaten übermittelt werden, wenn das Ereignis wie beispielweise bei langsam ansteigendem Hochwasser gut vorhersehbar ist und den Abläufen zur Herausgabe einer Warnung Zeit eingeräumt wird (ebd., 976). Bei unmittelbar auftretenden Sturzfluten besteht im Gegensatz dazu ein größerer Zeitdruck, der sich sowohl im Erreichen der Warnmeldung als auch der Verarbeitungsprozesse der Bevölkerung negativ niederschlägt (ebd.).

Die Kommunikation der Warnung von autorisierten Einrichtungen an die zu warnende Bevölkerung stellte bei Ereignissen wie der Flutkatastrophe 2021 im Ahrtal eine Herausforderung dar, welche die Effektivität der Warnung erheblich beeinträchtigte (E4, 17.05.2023; DKKV 2022, 32). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Informationskette teilweise nicht bis zur Warnung der Bevölkerung ablaufen konnte und trotz vorhandenen Vorhersagen keine Warnung verbreitet wurde bzw. bei der Einspeisung von Warnmeldungen in MoWaS Schwierigkeiten bestanden (ebd.). Der Anteil der Personen, die tatsächlich eine Handlung aus der Warnung ableiten, hängt zudem generell stark davon ab inwiefern die Gewarnten die Quelle der Warnmeldung als vertrauenswürdig empfinden (Kreibich et al. 2016, 2078) und die Warnung auch bezüglich der vorhergesagten Auswirkungen ernst nehmen (Thieken et al. 2023, 973).

Neben der Auswertung der Warnung bei Katastrophenereignissen können zur Beurteilung des Status Quo die Ergebnisse der seit 2020 (Henninger & Schneider 2021, 304) durchgeführten nationalen Warntage herangezogen werden. Der Warntag 2020 wies mit einer geringen Durchdringung der Warnmeldungen an die Bevölkerung auf, wo im nationalen Warnsystem Verbesserungspotenzial besteht (Hauri et al. 2022, 22). Er ist dabei nach Meinung des Experten E4 (17.05.2023) dennoch nicht als gescheitert einzuschätzen, da nur durch Lücken in der Effektivität eine gezielte Ausmischung von Schwachstellen und eine Optimierung des Warnsystems erfolgen kann.

Dass seitdem Optimierungen vorgenommen wurden, zeigen die Ergebnisse des Warntags 2022, der vom BBK im Rahmen einer Online-Befragung ausgewertet wurde. Dabei konnte an 90,8 % der Befragten eine Warnmeldung übermittelt werden (BBK 2023b, 5). Besonders häufig nannten sie dabei den Erhalt der Warnmeldung über Cell Broadcast (53,7 %), Warn-Apps (50,8 %) und Sirenen (47,9 %), auch die persönliche Warnung erreichte mit 17,3 % einen zweistelligen Wert (ebd., 6). Verzerrungen durch individuelle Eigenschaften der Befragten im Warnverhalten sind jedoch nicht auszuschließen. Dies kann einerseits aufgrund der Durchführung der Befragung im Onlineformat nahegelegt werden (ebd., 21). Zudem besteht die Vermutung, dass Teilnehmende der Umfrage zur Evaluierung des Warntags ein höheres Risikobewusstsein und eine aktivere Beschäftigung mit Themen der Katastrophenwarnung aufweisen als im Durchschnitt der Bevölkerung (ebd., 21). Dies zeigt sich insbesondere in der Betrachtung von Warn-Apps. Hier kann in der Betrachtung der Gesamtbevölkerung nicht von einem Warnanteil von 50,8 % über Warn-Apps ausgegangen werden, da etwa die NINA-App lediglich rund 14,2 Millionen mal installiert ist (ebd., 8) und auch im Zusammenspiel mit anderen Apps nicht von einem derart hohen Durchdringungsgrad auszugehen ist (E4, 17.05.2023; Fischer-Preßler et al. 2022, 168) (siehe Kapitel 4.2.1).

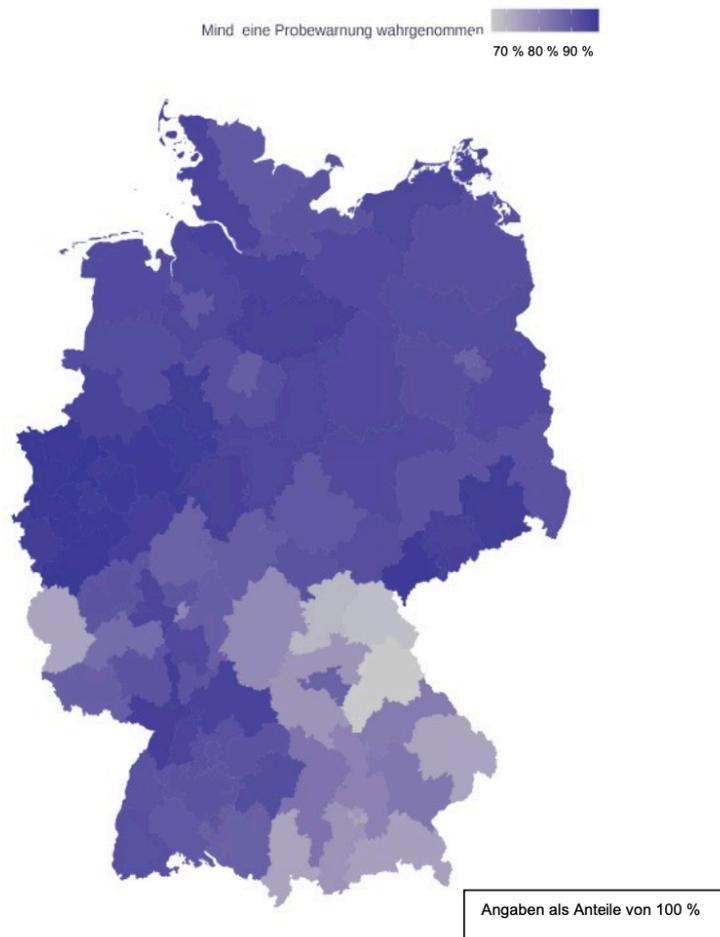


Abbildung 3: Regionale Betrachtung der Wahrnehmung mindestens einer Probewarnung am Warntag 2022
Quelle: BBK 2023c, 7

Zudem ergeben sich aus der Evaluierung des Warntags 2022 auf regionaler Ebene deutliche Unterschiede in der Übermittlung von Warnmeldungen (siehe Abbildung 3). Während in einigen Regionen beinahe alle Befragten eine Warnmeldung erhielten, lag die Quote in anderen Regionen bei etwa 70 % (BBK 2023b, 7). Hier treten insbesondere nahezu alle Regionen in Bayern mit geringerem Durchdringungsgrad der Warnmeldung hervor (ebd.). Die Veröffentlichung der Evaluierung des Warntags 2022 erfolgte erst nach Abschluss der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Experteninterviews. Daher konnten diesbezüglich keine Rückfragen an die Experten der unteren Katastrophenschutzbehörden der Landkreise Garmisch-Partenkirchen und München gestellt werden. Dennoch ergibt sich auch aus den Experteninterviews der Tenor, dass eine genauere Betrachtung im Hinblick auf die Effektivität auf lokaler Ebene erfolgen muss (E2, 16.05.2023; E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Diese kleinräumige Betrachtung erscheint notwendig, da die vor Ort vorhandenen Warnmittel, Art und räumliche Ausdehnung der Ereignisse, Grade an Digitalisierung der öffentlichen Infrastruktur wie auch der gesellschaftlichen Verbreitung der Digitalisierung als sozialem Prozess Unterschiede aufweisen (ebd.).

Die Bewertung des Status Quo wird neben regionaler Unterschiede durch das Phänomen der *Self-Destroying Prophecy* erschwert (BBK 2022d, 22). Dadurch können Ursache und Wirkung im Warnsystem nicht genau getrennt werden, was die tatsächliche Effektivität der Warnung schwer abschätzbar macht (E3, 16.05.2023). Erfolgt eine effektive Warnung, die zu einer Schutzhandlung der Bevölkerung führt, können dadurch potenziell auftretende Schadensereignisse verhindert werden (ebd.). Im gleichen Zug kann aber auch der Fall eintreten, dass das Ereignis schwächer ausfällt als erwartet, und aus diesem Grund mögliche Schadensereignisse nicht eingetreten sind (E3, 16.05.2023). Somit kann sich laut E3 (16.05.2023) „das Ziel der Warnung [...] auflösen, wenn die Warnung erfolgreich war“. Dies kann jedoch nicht immer in einen klaren Zusammenhang mit einer erfolgreichen Bevölkerungswarnung gestellt werden, wodurch erfolgreiche Warnungen teils nicht als solche wahrgenommen werden, sondern als „blinder Alarm“ (BBK 2022d, 22).

4.2 Gegenüberstellung digitaler und klassisch-analoger Warnmittel

Trotz der regionalen Unterschiede und der Herausforderungen, bezüglich des Status Quo des nationalen Warnsystems als Ganzem eine Bewertung zu treffen, können dennoch Aussagen darüber getroffen werden, welche Relevanz digitalen und klassisch-analoger Warnmitteln zuzuschreiben ist. Auf dieser Basis können für die lokale Umsetzung Schwachstellen und Stärken in Bezug auf die Kombination der Warnmittel unter besonderer Berücksichtigung der Umstände vor Ort ermittelt werden.

4.2.1 Relevanz digitaler Warnmittel

Die digitale Vernetzung ist in den letzten Jahren in allen Lebensbereichen stark angewachsen (Roth 2018, 255). Mittlerweile stehen digitale Warnmittel zur Verfügung, die eine große Bandbreite an Aufenthaltsorten im räumlichen Sinne sowie einen großen Anteil der Bevölkerung abdecken können (Dallo & Marti 2021, 1; Fischer-Preßler et al. 2022, 167).

Cell Broadcast hat nach Meinung der Experten die Möglichkeiten der Warnung stark verbessert. Dies rührt daher, dass es eine effektive Art darstellt, mit einem geringen Maß an Dazutun des Einzelnen eine Warnung auf das Handy zu erhalten (E3, 16.05.2023). Hierbei erfolgt die Warnung der Bevölkerung in Form standortbezogener Textnachrichten (DKKV 2022, 33; UNDRR 2023, 85). Jedoch steht die Warnwirkung in Abhängigkeit davon, ob das Handy eingeschaltet und mit dem Mobilfunknetz verbunden ist (E1, 16.05.2023). Außerdem muss die Software des Handys Cell Broadcast unterstützen (BBK 2023c) und die Zustellung von Cell Broadcast-

Nachrichten gegebenenfalls in den Einstellungen konfiguriert werden (UNDRR 2023, 85). In einem räumlich begrenzten Gebiet kann so eine potenziell große Anzahl an Personen erreicht werden, die unter den genannten Bedingungen ein Handy in Reichweite haben (ebd.). Als eines von wenigen digitalen Warnmitteln neben Warn-Apps verfügt Cell Broadcast über einen Weckeffekt mittels Aussendung eines Alarmtons sowie eines Vibrationsalarms, und ist damit insbesondere als Primärwarnmittel zur Erregung von Aufmerksamkeit relevant (ebd.). Dabei können Warnungen mit hoher Abdeckung und geringer Bandbreite bei geringer Beanspruchung des Mobilfunknetzes (Klafft 2021, 347; Hauri et al. 2022, 12) gezielt an viele Personen gesendet werden, die sich im Zielwarnbereich befinden (DKKV 2022, 33; Hauri et al. 2022, 13).

Bei Warn-Apps ist der potenzielle Informationsgehalt hoch (E1, 16.05.2023). Die Warnung per App kann über diverse Komponenten wie Textform, multimediale Visualisierung oder personalisierte Warnnachrichten an den Endnutzer übermittelt werden (Reuter et al. 2017, 2196f.). Allerdings müssen diese zuerst installiert werden und erfordern daher ein aktives Zutun der Bevölkerung (E3, 16.05.2023). Dies ist in Verbindung zu einem Risikobewusstsein zu betrachten, das im Vorfeld eines Ereignisses aufzubauen ist (E4, 17.05.2023). Zusätzlich zur Installation erfordern Warn-Apps zur Bevölkerungswarnung die Vornahme von Einstellungen zum Erhalt von Warnnachrichten je nach Ort (E1, 16.05.2023). Zudem muss entweder eine allgemeine Standortfreigabe zur GPS-Ortung erteilt werden, oder der Ort, für den eine Warnung erhalten werden soll, manuell per Postleitzahl hinzugefügt werden. Dieses manuelle Hinzufügen auf Reisen wird seitens der Experten als eher unüblich eingeschätzt (E1, 16.05.2023; E4, 17.05.2023).

Die Verbreitung von Warn-Apps wird seitens der Experten als unterschiedlich erfolgreich, generell aber als ausbaufähig eingeschätzt (E3, 16.05.2023). Aus einer repräsentativen Studie von Reuter et al. (2017, 5) geht hervor, dass zum damaligen Zeitpunkt rund 6 % der befragten Personen in Deutschland die Warn-App Katwarn nutzten, sowie 4 % die Warn-App NINA. Laut BBK (2023b, 8) ist NINA aktuell von 14,2 Millionen Nutzern installiert. Dem Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) zufolge konnten im Jahr 2021 bezüglich der Warn-App Katwarn rund 4 Millionen Nutzer verzeichnet werden (BMI 2021, 20). Um die aktuellen Nutzerzahlen sowie die Ergebnisse der Studie von Reuter et al. aus dem Jahr 2017 in Relation zu setzen, wird im Rahmen dieser Arbeit von einem stabilen Niveau der Nutzerzahl ausgegangen, sowie der aktuelle deutsche Bevölkerungsstand des Statistischen Bundesamts (Destatis) vom 30. September 2022 mit 84.271.000 Einwohnern zugrunde gelegt (Destatis 2023). Daraus ergibt sich ein Anteil von 16,9 % der Bevölkerung, welche die NINA-App nutzen, sowie 4,7 % Katwarn-Nutzer an der Gesamtbevölkerung. Somit kann lediglich für die NINA-App von einem

Anstieg der Nutzerzahlen ausgegangen werden, Katwarn hätte demnach im Vergleich zur repräsentativen Studie von Reuter et al. aus dem Jahr 2017 Einbußen an Nutzern zu verzeichnen. Über die zukünftige Entwicklung der Nutzerzahlen kann aufgrund der lückenhaften Datengrundlage jedoch keine verlässliche Aussage getroffen werden. Des Weiteren ist nicht auszuschließen, dass in den Nutzerstatistiken von NINA und Katwarn Doppelungen vorliegen, und somit ein geringerer Bevölkerungsanteil potenziell durch die genannten Warn-Apps erreicht werden kann.

Digitale Stadtinformationstafeln und Fahrgastinfosysteme verfügen zwar in städtischen Räumen punktuell über Einsatzzwecke, sind jedoch im ländlichen Raum kaum verbreitet (E1, 16.05.2023; E5, 17.05.2023). Hier erfolgt die Warnung im Alltagsgeschehen, ohne dass es einer spezifischen vorgelagerten Handlung – wie etwa dem Download einer App – bedarf. Die Warnung kann dabei in textueller und visueller Form bei digitalen Stadtinformationstafeln respektive zumeist textueller Form bei Fahrgastinformationssystemen erfolgen (BBK 2023a). Sie ist punktuell auf das nähere Umfeld der Warnmittel beschränkt und kann nur stationär erfolgen (BBK 2023a). Da die Beschaffung und Anbindung dieser Warnmittel von Seiten der Gemeinden erfolgt, ist dies aufgrund der Investitionskosten nicht als flächendeckende Lösung anzusehen (ebd.). Insbesondere in ländlichen Regionen steht die Investition in digitale Stadtinformationstafeln zumeist außer Frage, da die Verhältnismäßigkeit zum Nutzen nicht gegeben scheint (E5, 17.05.2023).

Teile der Bevölkerung greifen zum Erhalt von Warninformationen auf soziale Medien zurück. Allerdings ist dabei fehlendes Vertrauen in Informationen als Herausforderung in der Nutzung als Warnmittel zu sehen (Reuter et al. 2018, 22). Zwar werden soziale Medien immer öfters zur Information seitens der Behörden verwendet (Karutz et al. 2017, 251), jedoch geschieht dies bislang nicht im Rahmen eines institutionalisierten Vorgehens (BBK 2023c). Daneben trägt die Verbreitung von potenziellen Falschinformationen im Rahmen der Kommunikation innerhalb der Bürgerschaft entscheidend zum geringen Vertrauen in soziale Medien als Warnmittel bei (Reuter et al. 2018, 22; Kuller et al. 2021, 7). Daher kann es lediglich als zusätzliches Mittel zur Information betrachtet werden, und erfordert einen Abgleich der hierüber erhaltenen Informationen mit Informationen aus anderen Quellen (UNDRR 2023, 87).

4.2.2 Relevanz klassisch-analoger Warnmittel

Neben den zunehmenden Möglichkeiten, digitale Warnmittel zur Komponente „*Dissemination and Communication*“ eines Warnsystems einzubeziehen, steht die Relevanz klassisch-analoger

Warnmittel zur Diskussion. Warnmittel wie Rundfunk, Zeitungen, Sirenen und Lautsprecherwagen aber auch die persönliche Übermittlung einer Warnmeldung wurden bereits lange vor der Einführung von MoWaS als digitales Verteilzentrum von Warnmeldungen genutzt (Fischer-Preßler et al. 2022, 168).

Sirenen werden in Deutschland in unterschiedlichen Ausprägungen genutzt. Der Landkreis Garmisch-Partenkirchen steht beispielhaft für einen der wenigen Landkreise, bei denen Sirenen durchgehend genutzt wurden und auch in den 1990ern nicht abgebaut wurden (E1, 16.05.2023; E2, 16.05.2023). Aus Mitteln des Sirenenförderprogramms sollen hier Lücken geschlossen werden, um ein flächendeckendes Netz an Sireneninfrastruktur zu schaffen (ebd.). Auch andere Experten sehen Sirenen als wichtiges Warnmittel an. Der Landkreis München verfügt über 19 mobile Sirenen, und würde dieses Netz auch gerne weiter ausbauen (E5, 17.05.2023). Hier werden mobile Sirenen als vielseitiger angesehen als stationäre Sirenen, wovon im Landkreis München lediglich in drei Gemeinden Exemplare vorhanden sind (ebd.). Jedoch können diese nicht aus Mitteln aus dem Sirenenförderprogramm des Bundes finanziert werden, da es lediglich für stationäre Sirenen vorgesehen ist (ebd.).

Insbesondere in Regionen mit lückenhafter Netzabdeckung der Mobilfunkanbieter sind Sirenen weiterhin relevant (E1, 16.05.2023). Die Kenntnis über Sirensignale geht in der Bevölkerung stark auseinander (E3, 16.05.2023). Insbesondere für die ältere Bevölkerung, die ihre Bedeutung noch aus früherer Nutzung kennen, ist dieses Warnmittel aber besonders relevant (E1, 16.05.2023), da sie zum Teil über andere Warnmittel mit geringerer Wahrscheinlichkeit erreicht werden (Perera et al. 2020, 3).

Die Warnung über stationäre Sirenen funktioniert bei Flächenlagen gut, bei denen ganze Kommunen von einer Katastrophe betroffen sind (E5, 17.05.2023). Derartige Ereignisse, die zudem noch eine rasche Warnung der Bevölkerung erfordern und nicht über niederschwelligere Warnmittel wie Zeitungen abgehandelt werden können (E3, 16.05.2023), stellen jedoch nur einen Bruchteil der Warnereignisse dar (E4, 17.05.2023; E5, 17.05.2023). Mobile Sirenen sind bei kleinräumigen Ereignissen mit Radien von rund 500-1000 Metern als effektiver einzuschätzen als stationäre, da sie räumlich flexibler und punktuell einsetzbar sind (E5, 17.05.2023).

Der Weckeffekt von Sirenen ist gegenüber anderen Warnmitteln entscheidend (Frische et al. 2021, 674). Karutz et al. (2017, 252) gehen von einem Anteil von 80-90 % der Bevölkerung aus, die so erreicht werden können. Dennoch kann der Weckeffekt nach Meinung der Experten Einschränkungen erfahren durch etwa dreifachverglaste Fenster, sodass das Warnsignal bei geschlossenen Fenstern schlechter in Innenräume gelangen kann (E1, 16.05.2023). Auch weisen

Sirenen mit alleinigem Alarmton einen geringen Informationsgehalt auf, solange sie nicht durch Lautsprecherdurchsagen oder ähnliches mit Informationen zum Ereignis sowie Handlungsempfehlungen ergänzt werden (ebd.). Moderne Modelle sind bereits zur Ausgabe mehrsprachiger Mitteilungen von Warninformationen und Handlungsempfehlungen in der Lage (Karutz et al. 2017, 251).

Dennoch soll in der Betrachtung der Relevanz klassisch-analoger Warnmittel explizit nicht nur auf die Relevanz von Sirenen und Lautsprecherwägen im Warnmittelmix eingegangen werden, sondern auch auf den Fortbestand des Rundfunks als Warnmittel. Um das Warnsystem zielgruppenspezifisch auf die Bevölkerung auszurichten, ist es erforderlich, weiterhin auf Warnmittel zu setzen, die aktiv und von einigen Bevölkerungsgruppen als hauptsächliches Warnmittel genutzt werden (E4, 17.05.2023; Thieken et al. 2022, 38). Teile der Bevölkerung sind so lediglich über diese Wege zu erreichen, und würden bei deren schrittweiser Abschaffung Defizite im Erhalt einer Warnmeldung erlangen (DKKV 2022, 8).

Warnmittel des öffentlichen Rundfunks wie Fernsehen und Radio erfahren weiterhin eine große Nutzung zum Bezug von Warninformationen. Dabei dienen sie nach Wiegärtner et al. (2017, 612) insbesondere für ältere Personengruppen sowohl als Primärwarnmittel als auch als zum Bezug weiterführender Informationen, nachdem die Primärwarnung über ein anderes Warnmittel erfolgt ist. Der Weckeffekt ist hier allerdings als eingeschränkt zu betrachten, auch wenn Radios in einigen Haushalten als passives Mittel zur Schaffung einer Geräuschkulisse über lange Zeiträume des Tages eingeschaltet sind (ebd., 613). Auch unterwegs dient das Radio als Informationsquelle, insbesondere bei Fahrten in privaten PKWs ist das Radio nach wie vor als hauptsächliches Warnmittel anzusehen (ebd.).

Über die persönliche Mitteilung einer Warnung können personalisierte Informationen übergeben werden (E4, 17.05.2023; Karl et al. 2015, 22). Dies ist insbesondere in Bezug auf die Warnung vulnerabler Gruppen oft notwendig, da hier teils spezifische Informations- und Unterstützungsbedarfe vorliegen (E4, 17.05.2023). Die persönliche Warnung kann zum prinzipiellen Erreichen einiger Bevölkerungsteile beitragen, die über kein anderes Warnmittel erreicht werden (E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023; BBK 2022d, 27). Auch in den nachgelagerten Informations- und Verarbeitungsschritten kann der persönlichen Warnung eine besondere Rolle zugeschrieben werden. Sie kann personenzentriert fungieren, im persönlichen Kontakt kann auf spezifische Bedürfnisse eingegangen sowie gegebenenfalls beim Ausführen einer Schutzhandlung unterstützt werden (Perera et al. 2020, 3).

4.2.3 Synergieeffekte aus der Kombination digitaler und klassisch-analoger Warnmittel

Durch die Digitalisierung erfolgt eine Erweiterung des Angebots an Warnmitteln, über die zu warnende Personen potenziell erreicht werden können (Tan et al. 2020, 1). Damit differenziert sich die generelle Inhomogenität der Bevölkerung immer weiter aus, sodass eine Warnung der Bevölkerung über möglichst viele Warnmittel zu verbreiten ist (E3, 16.05.2023; Roth 2018, 255). Bestimmte Zielgruppen greifen dabei nach individuellen Präferenzen wie dem Medien-nutzungsverhalten und Fähigkeiten zur Informationsaufnahme und -verarbeitung auch häufig auf bestimmte Medien zu, auf andere hingegen nicht (ebd.). In diesem Zuge ist eine zielgrup-penspezifische Warnung besser zu ermöglichen, wenn auf den Warnmittelmix gesetzt wird und die Warninhalte und Handlungsempfehlungen je nach Informationskanal und zu erreichender Zielgruppe angepasst werden kann (E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023; Kron et al. 2022, 30).

Insbesondere in Bezug auf die Kreation eines Weckeffekts ist es von Bedeutung, im Warnmit-telmix mehrere Warnmittel zu verwenden, die kein aktives Dazutun der Bevölkerung erfordern und Aufmerksamkeit erzeugen (E1, 16.05.2023; E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Primärwarn-mittel mit Weckeffekt wie Sirenen oder unter bestimmten Umständen Cell Broadcast und Warn-Apps sind ein wichtiger erster Schritt der Komponente „*Dissemination und Communication*“ in der Warnung der Bevölkerung (E4, 17.05.2023). Dabei kann aus der Kombination digitaler und klassisch-analoger Warnmittel eine erhöhte Wahrscheinlichkeit generiert werden, dass der Weckeffekt durch zumindest ein Warnmittel erzielt wird (E3, 16.05.2023). Wenn die Aufmerk-samkeit der Bevölkerung geweckt ist, können etwa über Lautsprecherdurchsagen, Rundfunk oder Warn-Apps weitere Informationen und Handlungsempfehlungen übergeben werden, die einer möglichen Schutzhandlung vorangehen müssen (E5, 17.05.2023).

Grundsätzlich sollte immer eine möglichst große Anzahl verschiedener Warnmittel in Kombi-nation eingesetzt werden und der Warnmittelmix voll ausgeschöpft werden. So können Stärken und Schwächen der Warnmittel untereinander ausgeglichen werden und sich digitale und klas-sisch-analoge Warnmittel in Bezug auf diverse Bewertungskriterien in ihrer Warnwirkung er-gänzen (E1, 16.05.2023; E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Zudem kann über kein einzelnes Warnmittel von einem gleichermaßen guten Durchdringungsgrad an alle zu warnenden Perso-nen ausgegangen werden (Karutz et al. 2017, 250). Nach Schulze & Voss (2022, 26) sinkt mit zunehmendem Alter die Anzahl der Warnmittel, die Personen als sinnvoll zum Erhalt einer War-nung erachten.

Neben der Abdeckung verschiedener Personengruppen ergeben sich weitere Synergieeffekte durch die Nutzung des Warnmittelmixes aus digitalen und klassisch-analogen Warnmitteln.

Während bei Warnmitteln wie den sozialen Medien seitens der Bevölkerung eine mangelnde Vertrauenswürdigkeit empfunden wird, kann diese durch den Einsatz eines ergänzenden Warnmittels kompensiert werden (Scolobig et al. 2022, 60). Auch die Widerstandsfähigkeit des Warnsystems, etwa bei Ausfall des Mobilfunknetzes, einer generell schlechten Mobilfunkabdeckung oder Stromausfall im Zuge des Katastrophenereignisses, wird durch den kombinierten Einsatz diverser Warnmittel erhöht, die auf verschiedenen Übertragungsarten beruhen (DKKV 2022, 33).

4.3 Warnbedarf und Warnreaktion vulnerabler Gruppen

4.3.1 Status Quo der Warnung vulnerabler Gruppen

In vergangenen Katastrophenereignissen zeigte sich, dass Fatalitäten insbesondere in den in Kapitel 2.3.3 als vulnerabel gekennzeichneten Gruppen auftreten. Bei der Flutkatastrophe in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen 2021 zählten über zwei Drittel (E4, 17.05.2023), genauer 138 der 183 Todesopfer (DKKV 2022, 25-27) zu Personen über 60 Jahren (E4, 17.05.2023; DKKV 2022, 8). Dabei werden als mögliche Gründe des hohen Anteils vulnerabler Gruppen an den Fatalitäten zum einen angesehen, dass der Erhalt der Warnmeldung nicht zielgruppengerecht erfolgte oder komplett ausblieb (DKKV 2022, 8). Zum anderen wird ein Mangel an relevantem Situationswissen und dem Bewusstsein um die Effektivität von Schutzhandlungen als potenzielle Ursache angesehen (Thieken et al. 2023, 976). Dazu kommen fehlenden Kapazitäten zur Umsetzung von Schutzhandlungen, insbesondere Mobilitätseinschränkungen und Vorerkrankungen können hier die Reaktionsfähigkeit eingeschränkt haben (DKKV 2022, 25).

Im Lebenshilfehaus der Stadt Sinzig im Landkreis Ahrweiler kamen zwölf Personen ums Leben (ebd., 27), die allesamt eine körperliche oder geistige Beeinträchtigung aufwiesen und damit zu vulnerablen Bevölkerungsgruppen zu zählen sind (E4, 17.05.2023). Hier spielt ebenfalls zum einen der Erhalt der Warnung eine Rolle, jedoch sind diese Personen insbesondere auf Unterstützung von anderen angewiesen, da die alleinige Vornahme einer Schutzhandlung zumeist nicht durchführbar ist (ebd.).

Diese Verteilung der Fatalitäten mit einem Großteil der Todesopfer aus vulnerablen Bevölkerungsgruppen, manifestiert sich auch in der Betrachtung anderer Katastrophenereignisse der vergangenen Jahrzehnte (Thieken et al. 2022, 38). Daraus ergibt sich, dass bei der Verbreitung der Warnung an die Bevölkerung ein besonderes Augenmerk auf die Warnung vulnerabler

Gruppen zu legen ist und der Status Quo des Warnsystems insbesondere mit Berücksichtigung dieser Bevölkerungsgruppen Verbesserungsbedarf aufweist (DKKV 2022, 25).

4.3.2 Herausforderungen bei der Warnung vulnerabler Gruppen

Personen, insbesondere vulnerabler Bevölkerungsgruppen, haben unterschiedliche Ansprüche und Anforderungen an Warnungen, die es möglichst umfangreich zu berücksichtigen gilt (E4, 17.05.2023). Sie erfahren im Warnprozess in Bezug auf die verschiedenen Prozessschritte des Informations- und Verarbeitungsprozesses Herausforderungen, die sich sowohl auf die Barrierefreiheit der Warninformation als auch die Umsetzung der Schutzhandlung beziehen (ebd.).

Personen mit Mobilitätsbeeinträchtigungen können Schwierigkeiten in der Umsetzung der Handlungsempfehlungen aufweisen, die im Zuge der Katastrophenwarnung gegeben werden (Klafft & Reinhardt 2016, 3; Klafft 2021, 353). So kann eine rasche Ortsveränderung im Fall einer Evakuierung eine Herausforderung darstellen (Klafft 2021, 353). Auch das eigenständige Erreichen bestimmter Orte wie Sammelplätze oder geeigneter Rückzugsorte kann durch bauliche Hindernisse Schwierigkeiten verursachen (ebd.).

Durch visuelle Beeinträchtigungen können bereits beim Empfang oder dem Verständnis der Warnung Herausforderungen bestehen (Klafft 2021, 353f.). Bei visuellen Inhalten kann durch eine Sehbehinderung eine eingeschränkte Möglichkeit in beiden genannten Punkten nahegelegt werden (ebd.). Abhilfe kann die Hinterlegung von Beschreibungstexten zur Sprachausgabe schaffen, jedoch müssten diese aktiv seitens der warnenden Einrichtung eingepflegt werden (ebd., 353). Farbenblinde Personen hingegen können über einen eingeschränkten Interpretationsspielraum für visuelle Abbildungen und Symbole verfügen, die etwa den Schweregrad einer Katastrophe definieren (ebd., 354). Auch in der Umsetzung der Handlungsempfehlungen können Herausforderungen entstehen, wie in der eigenständigen räumlichen Orientierung in ungewohnten Szenarien für blinde oder schwer sehbehinderte Personen (ebd., 353).

Auch auditive Beeinträchtigungen wie Taubheit oder Hörschädigung können im Empfang von Warnungen Probleme bereiten. Insbesondere der Weckeffekt darauf ausgelegter Warnmittel erfolgt zumeist auditiv (E3, 16.05.2023), wohingegen Personen mit auditiver Beeinträchtigung den Weckeffekt über visuelle oder haptische Warnungen erlangen sollten (Klafft & Reinhardt 2016, 3). Für Warninhalte sowie Handlungsempfehlungen und deren Umsetzung kann eine visuelle und gebärdensprachliche Begleitung erforderlich sein (Klafft 2021, 354).

Personen mit kognitiven und sprachlichen Beeinträchtigungen umfassen eine weitere vulnerable Gruppe. Darunter wird neben dem reinen Vorliegen einer anderen Muttersprache als der Landessprache auch Analphabetismus oder Legasthenie gezählt. Hier können in nahezu allen Schritten des individuumsseitigen Warnprozesses Herausforderungen bestehen, aber insbesondere im Verständnis der Warnmeldung (Klafft 2021, 353). Warninformationen müssten in einer Vielzahl von Sprachen, wie auch in leichter Sprache, oder mittels visueller Optionen wie Piktogrammen und Symbolen angeboten werden (ebd.).

Ähnliche Herausforderungen können kürzlich Eingewanderte, Reisende oder Pendler aufweisen. Hinzukommen kann hier jedoch ein geringes Maß an Ortskenntnis, Kenntnis der lokalen Risiken- und Katastrophenszenarien wie auch die Kenntnis der lokalen Gepflogenheiten in der Warnung und ihrer Umsetzung (ebd.).

Familien mit Kindern und Jugendlichen tragen neben ihrer eigenen Sicherheit zusätzliche Verantwortung und Herausforderungen im Falle der Katastrophenwarnung. Eltern benötigen spezifische Informationen über Aufenthaltsort und die gegenwärtige Beaufsichtigung ihrer Kinder, falls sich diese zum gegebenen Zeitpunkt außerhalb ihrer Nähe aufhalten (ebd.). Auch unbegleitete Kinder und Jugendliche selbst können Schwierigkeiten aufweisen, Warnhinweise zu empfangen, zu verstehen und sich angemessen zu schützen (Klafft & Reinhardt 2016, 3).

Insbesondere ältere Personen können eine Kombination der oben genannten Beeinträchtigungen in Bezug auf Mobilität, Seh- und Hörsinn, kognitive sowie sprachliche Fähigkeiten aufweisen, die sie zu einer besonders vulnerablen Gruppe zusammenfassen lassen (E4, 17.05.2023; Dressel & Pfeil 2014, 18). Daneben können spezielle Präferenzen in der Nutzung von Warnmitteln und in der Nicht-Nutzung anderer Warnmittel vorliegen, die eine Herausforderung in der Übermittlung der Warnung dieser Bevölkerungsgruppe darstellen kann (BBK 2022d, 27). Auch im Verständnis, der Verifizierung und der Ausführung der Handlungsempfehlungen können zusätzliche Herausforderungen in vielfältigen Ausprägungen bestehen, die unter anderem auf individuellen Erfahrungen aus der Vergangenheit basieren (ebd.). Insbesondere bei Schutzhandlungen wie Evakuierungen kann das mindestens temporäre Zurücklassen des gewohnten Umfelds und die Unsicherheit über die Konsequenzen dessen eine nicht zu vernachlässigende Hürde darstellen (Klafft 2021, 347).

Personen, die soziale Isolation erfahren, sowie Personen ohne festen Wohnsitz bilden die letzte identifizierte vulnerable Bevölkerungsgruppe. Sie können begrenzten Zugang zum Empfang der Warnung, Mittel zur Überprüfung der Warnung wie auch mangelnde Kapazitäten zur eigenständigen Umsetzung der Handlungsempfehlung aufweisen (Geenen 2009, 80f.).

Eine zusammenfassende Übersicht der Herausforderungen vulnerabler Bevölkerungsgruppen ist in Tabelle 2 dargestellt. Dabei wird Bezug genommen auf die drei übergreifenden Prozessschritte aus Kapitel 2.3.2.

Tabelle 2: Übersicht der Herausforderungen vulnerabler Gruppen im Informations- und Verarbeitungsprozess

Vulnerable Gruppe	Information	Verarbeitung	Umsetzung
Personen mit Mobilitätsbeeinträchtigungen			x
Personen mit visuellen Beeinträchtigungen		x	x
Personen mit auditiven Beeinträchtigungen	x		x
Personen mit kognitiven Beeinträchtigungen		x	x
Personen mit sprachlichen Beeinträchtigungen		x	
Kürzlich Eingewanderte, Reisende und Pendler	x	x	
Unbegleitete Kinder und Jugendliche	x	x	x
Ältere Personen	x	x	x
Sozial Isolierte und Personen ohne festen Wohnsitz	x		

Quelle: eigene Darstellung nach Klafft 2021, 353f.

4.3.3 Inklusion vulnerabler Gruppen in die Katastrophenwarnung

In der Warnung der Bevölkerung sollte sichergestellt werden, dass die Warnung inklusiv und an die Bedürfnisse der zu warnenden Bevölkerung einschließlich der vulnerablen Gruppen angepasst ist (Latvakoski et al. 2022, 14; Šakić Trogrlić et al. 2022, 33). Warnmeldungen sollten dabei auf möglichst vielen verschiedenen Warnwegen und unter Einbeziehung aller verfügbarer Warnmittel barrierefrei sein (National Academies of Sciences & Medicine 2018, 12). Dies gilt sowohl für den Erhalt der Warnung als auch für die nachfolgenden Schritte im Informations- und Verarbeitungsprozess einer Katastrophenwarnung (E4, 17.05.2023).

In Deutschland werden bereits einige Maßnahmen zur Verbesserung der Warnung vulnerabler Gruppen getroffen, die sich überwiegend auf den Prozess der Übermittlung und des Verständnisses der Inhalte beziehen (BBK 2022d, 26). Dazu ist beispielsweise die Kompatibilität von Warninhalten, die in Schriftform ausgegeben werden, mit Text-to-Speech-Programmen zu zählen (ebd.). Auch Empfehlungen zur Barrierefreiheit graphischer Darstellungen für Personen mit visuellen Einschränkungen oder Farbenblindheit werden vom BBK verlautet, aber noch nicht flächendeckend umgesetzt (ebd.). Um jedoch die Bedürfnisse vulnerabler Gruppen in umfangreicher Ausprägung und auf individueller Basis zu erfüllen, wären weitere Optimierungen vonnöten, da nicht alle vulnerablen Gruppen Berücksichtigung finden (Gerhold et al. 2021, 68).

Eine zielgruppenspezifische Vorbereitung kann die Warnung vulnerabler Personen deutlich verbessern (Scolobig et al. 2022, 56). Dabei ist nicht nur auf die technologische Ausgestaltung der Inklusion vulnerabler Gruppen in die Bevölkerungswarnung Rücksicht zu nehmen, vielmehr müssen daneben die tatsächlichen Bedürfnisse der betroffenen Personen in den Fokus gestellt werden (Hemachandra et al. 2021, 410). Hierzu sollten auf lokaler Ebene individuelle Bedürfnisse vulnerabler Personen und Bevölkerungsgruppen identifiziert werden (E4, 17.05.2023). Diese werden oftmals durch die alleinige Verbesserung der Zustellung der Warnmeldung sowie deren Verständnis nicht abgedeckt, sondern ergeben sich im Rahmen der Umsetzung der Handlungsempfehlungen (ebd.). Voraussetzung ist, dass Abläufe und Zuständigkeiten für Hilfeleistende klar sind, und nicht in der Gefahrensituation erstmals durchgeführt werden (ebd.). Dies erfordert die Ausbildung eines Risikobewusstseins in der Gesellschaft, das mit präventiven Maßnahmen wie der Übung von Katastrophenszenarien verbunden ist (ebd.).

4.4 Zusammenfassende Bewertung der Warnwirkung ausgewählter Warnmittel des nationalen Warnsystems

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse kann der Bewertung der Warnwirkung ausgewählter Warnmittel entnommen werden. Tabelle 3 bezieht sich auf ausgewählte digitale Warnmittel, Tabelle 4 auf ausgewählte klassisch-analoge Warnmittel. Die Darstellung im Gesamtbild mit dem direkten Vergleich beider Warnmittelgruppen sowie der berechneten Mittelwerte der qualitativen Einschätzungen nach Warnmittel und Kriterium kann der Anlage im Anhang entnommen werden.

Es kann in Bezug auf F1 die Aussage getroffen werden, dass zur Erreichung einer möglichst hohen Warnwirkung im Warnsystem die Kombination digitaler und klassisch-analoger Warnmittel als sinnvoll erachtet werden kann. Die Digitalisierung bringt entscheidende Vorteile in der Möglichkeit, neue Warnmittel mit umfassenden Funktionalitäten zu nutzen. Diese weisen dennoch Limitierungen in mehreren Bewertungskriterien auf. Dadurch kann von keiner optimalen Warnwirkung gesprochen werden, wenn lediglich digitale Warnmittel zur Anwendung kommen. In Kombination mit Methoden der Warnung über klassisch-analoge Warnmittel können diese Schwachstellen überwiegend ausgeglichen werden, sodass der Warnmittelmix und die Weiterentwicklung klassisch-analoger Warnmittel als sinnvoll erscheinen.

Bezüglich F2 geht aus der Bewertung hervor, dass insbesondere im Bereich der Barrierefreiheit Defizite und Optimierungspotenzial vorhanden sind. Die Notwendigkeit einer genaueren Betrachtung einer zielgruppenspezifischen Kommunikation über eine große Bandbreite an Warnmitteln stellt damit einen wichtigen Punkt dar, der zur Verbesserung der Warnung vulnerabler Gruppen über den Warnmittelmix erreicht werden sollte. Die Aussagekraft in Bezug auf die Warnung vulnerabler Gruppen ist dennoch als eingeschränkt anzusehen. Im Rahmen dieser Bewertung wird überwiegend der Beginn des Informations- und Verarbeitungsprozesses zum Erhalt von Warnungen thematisiert. Auch wenn eine Warnung in dieser Hinsicht für vulnerable Gruppen über ein spezifisches Warnmittel erfolgsversprechend erscheint, kann noch nicht von einer erfolgreichen Warnung gesprochen werden. Hierzu bedarf es in einem nachfolgenden Schritt einer Betrachtung der Möglichkeiten zur Umsetzung der Handlungsempfehlungen. Diesbezügliche Potenziale zur Optimierung der Abläufe werden in der Diskussion eruiert.

Tabelle 3: Bewertung der Warnwirkung ausgewählter digitaler Warnmittel

Erläuterung der Bewertung: 3 - in hohem Maß erfüllt, 2 - mit Einschränkungen erfüllt, 1 - nicht erfüllt, n/a - keine Aussage möglich

Bewertungskriterium	Cell Broadcast	Warn-Apps	Digitale Stadtfinfotafeln	Digitale Fahrgastinfosysteme	Internetseiten	Soziale Medien
Reichweite						
Zu Hause (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	3	3
Arbeitsplatz (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	3	3
In der Öffentlichkeit (ETSI 2020, 12)	3	3	3	1	2	3
Zu Fuß unterwegs (ETSI 2020, 12)	3	3	2	2	2	3
In privatem Fahrzeug (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	2	3
In/an öfftl. Verkehrsmittel (ETSI 2020, 12)	3	3	2	3	2	3
Informationsgehalt						
Weckeffekt (Hauri et al. 2022, 18)	2	2	1	1	1	1
Erläuterung der Gefahrenlage (ETSI 2020, 12)	3	3	3	2	3	3
Handlungsempfehlungen (ETSI 2020, 12)	2	2	3	2	2	3
Erkennbarkeit des Absenders (ETSI 2020, 13)	3	3	3	3	3	3
Wiederholbarkeit (ETSI 2020, 13)	3	3	3	3	n/a	n/a
Möglichkeiten unmittelbarer Rückfragen (Hauri et al. 2022, 18)	2	3	1	1	1	3
Barrierefreiheit						
Mehrsprachigkeit (ETSI 2020, 13)	2	3	2	1	2	3
Personalisierung des Warninhaltes (ETSI 2020, 13)	1	1	1	1	1	1
Zielgruppenspezifische Kommunikation (ETSI 2020, 13)	2	3	2	1	3	2
Kein aktives Dazutun erforderlich (BEREC 2020, 23)	2	1	3	3	2	2
Übermittlung bei hoher Netzwerkauslastung / schlechter Mobilfunkabdeckung (ETSI 2020, 14)	3	1	3	3	1	1
Bevölkerung						
Abdeckung der Bevölkerung (Hauri et al. 2022, 18)	3	1	1	1	1	2
Akzeptanz der Sinnhaftigkeit (BBK 2023c, 10)	3	2	1	n/a	1	1
Wahrnehmung (BBK 2022c, 36)	2	2	2	2	1	2
Verständlichkeit (BBK 2022c, 36)	3	3	3	3	3	3
Vertrauenswürdigkeit (BBK 2022c, 36)	3	3	3	3	3	1

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Hauri et al. 2022, 16-18

Tabelle 4: Bewertung der Warnwirkung ausgewählter klassisch-analoger Warnmittel

Erläuterung der Bewertung: 3 - in hohem Maß erfüllt, 2 - mit Einschränkungen erfüllt, 1 - nicht erfüllt, n/a - keine Aussage möglich

Bewertungskriterium	Sirene (stationär / mobil)	Lautsprecherwagen	Radio	Fernsehen	Zeitung	Persönliche Mitteilung
Reichweite						
Zu Hause (ETSI 2020, 12)	2	2	3	3	3	3
Arbeitsplatz (ETSI 2020, 12)	2	2	1	1	1	3
In der Öffentlichkeit (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	2	3
Zu Fuß unterwegs (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	1	3
In privatem Fahrzeug (ETSI 2020, 12)	2	2	3	1	1	2
In/an öfftl. Verkehrsmittel (ETSI 2020, 12)	2	2	1	1	1	3
Informationsgehalt						
Weckeffekt (Hauri et al. 2022, 18)	3	2	1	1	1	2
Erläuterung der Gefahrenlage (ETSI 2020, 12)	2	3	3	3	3	2
Handlungsempfehlungen (ETSI 2020, 12)	2	3	3	3	3	2
Erkennbarkeit des Absenders (ETSI 2020, 13)	2	2	3	3	3	1
Wiederholbarkeit (ETSI 2020, 13)	3	3	3	3	2	n/a
Möglichkeiten unmittelbarer Rückfragen (Hauri et al. 2022, 18)	1	1	1	1	1	n/a
Barrierefreiheit						
Mehrsprachigkeit (ETSI 2020, 13)	2	2	2	2	2	3
Personalisierung des Warninhaltes (ETSI 2020, 13)	1	1	1	1	1	3
Zielgruppenspezifische Kommunikation (ETSI 2020, 13)	1	1	2	2	2	3
Kein aktives Dazutun erforderlich (BEREC 2020, 23)	3	3	2	2	2	3
Übermittlung bei hoher Netzwerkauslastung / schlechter Mobilfunkabdeckung (ETSI 2020, 14)	3	3	3	3	3	3
Bevölkerung						
Abdeckung der Bevölkerung (Hauri et al. 2022, 18)	3	3	2	2	2	3
Akzeptanz der Sinnhaftigkeit (BBK 2023c, 10)	3	1	2	2	n/a	1
Wahrnehmung (BBK 2022c, 36)	3	3	2	2	2	2
Verständlichkeit (BBK 2022c, 36)	2	2	3	3	3	3
Vertrauenswürdigkeit (BBK 2022c, 36)	3	3	3	3	3	2

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Hauri et al. 2022, 16-18

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Zusammenhang zwischen einer Kombination aus digitalen und klassisch-analogen Warnmitteln und der Optimierung der Warnung vulnerabler Bevölkerungsgruppen

In einigen Fällen kann Digitalisierung als Inklusionsfaktor, in anderen wiederum als Exklusionsfaktor in der Katastrophenwarnung betrachtet werden. Insbesondere vulnerable Gruppen können anhand des *Digital Divide* am sozialen Prozess, den die Digitalisierung mit sich bringt, nicht umfassend teilhaben (Bündnis Entwicklung Hilft & Ruhr-Universität Bochum 2022, 9). Einerseits bietet die Digitalisierung der Warnsysteme für bestimmte vulnerable Bevölkerungsgruppen zwar Vorteile im Rahmen von Barrierefreiheit und Möglichkeiten zur inklusiven Ausgestaltung des Warnsystems. Andererseits kann durch die ungleichen Möglichkeiten zum Empfang von Warnmeldungen über digitale Warnmittel wie Handys der Zugang zu Warninformationen erschwert werden, solange nicht auch klassisch-analoge Warnmittel bespielt werden (Latvakoski et al. 2022, 17). Somit kann sowohl in Bezug auf einzelne Warnmittel als auch auf den Warnmittelmix aus digitalen und klassisch-analogen Warnmitteln zumindest in Teilen ausgesagt werden, dass vulnerablen Bevölkerungsgruppen Hürden im Informations- und Verarbeitungsprozess vorliegen, wenn die Inklusion ihrer Bedürfnisse nicht gewährleistet ist (E4, 17.05.2023). In Abhängigkeit von zur Verfügung stehenden Warnmitteln und individuellen Präferenzen kann Digitalisierung sowohl eine Chance als auch eine Herausforderung in der Warnung vulnerabler Bevölkerungsgruppen darstellen.

5.2 Identifikation von Handlungsfeldern zur Optimierung des Warnsystems

Nachfolgend werden einige Punkte diskutiert, die zu einer effektiven Warnung der Bevölkerung – mit besonderem Augenmerk auf der Warnung vulnerabler Gruppen – notwendig sind und als Handlungsfelder zur Optimierung des Warnsystems identifiziert wurden. Die Forschungsfrage F1 wird dabei als Zwischenschritt auf dem Weg zur Beantwortung der Forschungsfrage F2 betrachtet, weshalb in der Diskussion überwiegend auf Aspekte zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage eingegangen wird.

Insgesamt kann es als Herausforderung betrachtet werden, dass durch die Digitalisierung vermehrt eine rein technische Betrachtung und Optimierung des Warnsystems als Lösung für eine effektive Warnung der Bevölkerung angesehen wird (E4, 17.05.2023). Dabei werden die wesentlich zum Erfolg einer Warnung beitragenden analogen Komponenten und sozialen Notwendigkeiten zum Handeln gegebenenfalls vernachlässigt, ohne die eine Warnung nicht effektiv

sein kann und ihr keine angemessene Schutzhandlung folgt (ebd.). Dabei ist es von besonderer Relevanz, nicht schlicht alles umzusetzen, was technisch machbar ist, sondern in einem ersten Schritt zu eruieren, welche Maßnahmen seitens der Bevölkerung vonnöten sind (Voss 2022, 38f.). So könnte die Annahme zugrunde gelegt werden, dass sich die Warnung vulnerabler Gruppen insbesondere dann verbessert, wenn die gesamtgesellschaftliche Warnung eine Verbesserung erfährt. Dies ist zurückzuführen auf den Status Quo der Warnung vulnerabler Gruppen. Hier wurde deutlich, dass nicht nur die unmittelbare Warnung vulnerabler Bevölkerungsgruppen als Herausforderung betrachtet werden muss, sondern teils das Bedürfnis nach externer Erbringung einer Hilfestellung zur Umsetzung von Handlungsempfehlungen besteht. Damit muss in puncto der Komponente „*Response Capability*“ eine Verbesserung erfolgen, um die Warnung vulnerabler Gruppen sicherzustellen.

Zur Umsetzung eines effektiven Warnsystems ist neben der technischen Ausgestaltung der Warnungen insbesondere der Optimierungsbedarf in organisatorischer Hinsicht bezüglich des institutionellen Handelns ein Handlungsfeld, das von allen Experten thematisiert wurde. Die technische Komponente mit MoWaS und dem Warnmittelmix stellt eine solide Basis dar, auf der das Warnsystem aufbauen kann (E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Dabei ist durch Möglichkeiten der inklusiven Ausgestaltung und der Implementierung des Warnmittelmixes in der Dissemination von Warnungen prinzipiell auch eine Einbeziehung der besonderen Bedürfnisse vulnerabler Gruppen möglich. Jedoch wird die korrekte Handhabung des Systems eher als potenzielle Fehlerquelle und Herausforderung gesehen, an der die effektive Umsetzung des Warnsystems scheitern kann (ebd.). Zum einen muss die warnende Einrichtung die situationsbezogene Sinnhaftigkeit der Herausgabe einer Warnung erfassen und diese zum anderen korrekt in MoWaS einpflegen (E4, 17.05.2023). So kann die Warnung vulnerabler Gruppen nicht nur im direkten Bezug auf die persönliche Umsetzung verbessert werden, sondern bereits an institutioneller Stelle mit ausreichend Personal und Möglichkeiten zur Schulung von Entscheidungsträgern als Optimierungspunkten angesetzt werden (E1, 16.05.2023; E5, 17.05.2023).

Ein weiteres Handlungsfeld zur Optimierung des Warnsystems umfasst die Öffentlichkeits- und Aufklärungsarbeit in Bezug auf die Warnung der Bevölkerung. Der Warntag wird bereits als solide Basis an Bildungsarbeit gesehen, um in diesem Rahmen nicht nur die Funktionalität der technischen Komponenten des Warnsystems zu überprüfen, sondern Öffentlichkeits- und Aufklärungsarbeit zu leisten (E1, 16.05.2023; E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Um eine effektive Warnung herbeizuführen, sehen die befragten Experten dies als einen elementaren Faktor an, um eine erhaltene Warnung in eine Schutzhandlung umzusetzen (ebd.). Im Rahmen des Warntags werden aktuell dem Erhalt der Warnung nachfolgende Schritte des Informations- und

Verarbeitungsprozesses nur geringerem Umfang miteinbezogen. Abhängig von Vorerfahrungen und inhaltlichen Kenntnissen können hier Wissensunterschiede identifiziert werden (Kox et al. 2018, 78), die es zu schließen gilt. Es ist jedoch auch vonnöten, die Bevölkerung auf die Umsetzung von Handlungsempfehlungen und eine angemessene Reaktion auf ein Warnereignis vorzubereiten (Frische et al. 2021, 683). Beispielsweise sollte die Bevölkerung auch zunächst über die Kenntnis verfügen, was zu tun ist, wenn die Sirene als Primärwarnmittel eingesetzt wird, und über welche Warnmittel weitere Informationen zum Ereignis eingeholt werden können (E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Diese Kenntnisse sollten im Vorfeld von Ereignissen vermittelt werden (ebd.), um im Anschluss den Warnmittelmix vollumfänglich ausschöpfen zu können (E1, 16.05.2023; E2, 16.05.2023).

Um Informations- und Verarbeitungsprozesse sowie die Reaktionsfähigkeit der Bevölkerung in Bezug auf die Warnung zu stärken, stellt die Kreation von Risikobewusstsein und eine Verbesserung der Risikowahrnehmung in der Bevölkerung ein weiteres Handlungsfeld dar (E1, 16.05.2023; E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Hierbei ist zu beachten, dass sich Teile der Bevölkerung bereits aktiv mit dem Themenfeld Risiken, Katastrophen und Warnung auseinandersetzen, andere jedoch passiver agieren oder das Themenfeld als für sich nicht relevant einschätzen (E3, 16.05.2023). Dabei spielt nach Fischer et al. (2019, 644f.) sowohl die Wahrscheinlichkeit, von einem Ereignis betroffen zu sein, als auch die Vertrauenswürdigkeit und Verlässlichkeit der warnenden Einrichtung wie auch der Warnmeldung eine Rolle. Kox & Thieken (2017, 311) führen zudem individuelle Faktoren wie Bildung, Wohnstatus und Vorerfahrungen als Determinanten an, die zur individuellen Risikowahrnehmung beitragen und setzen dieses Themenfeld somit in Verbindung zur Öffentlichkeits- und Aufklärungsarbeit. Zur Stärkung des Risikobewusstseins kann dabei eine Modifikation der Risikowahrnehmung hin zum Positiven als Optimierungsbedarf angesehen werden (E4, 17.05.2023). Von Seiten anderer Experten wird jedoch argumentiert, dass sich das Risikobewusstsein der Bevölkerung kurz- wie langfristig gesehen nicht ändern wird und auch eine Veränderung der Risikowahrnehmung zwar wünschenswert, aber realistisch betrachtet nicht umsetzbar ist (E5, 17.05.2023).

Bezüglich der Warnung vulnerabler Gruppen stehen oft nicht nur die eigenen Informations- und Verarbeitungsprozesse im Fokus, sondern vielmehr die Einbindung der lokalen Gemeinschaft, die als Handlungsfeld aufgefasst werden kann. Hierunter fällt die verstärkte Nutzung der Nachbarschaft und die Intensivierung der persönlichen Warnung (E4, 17.05.2023). Die Warnung vulnerabler Gruppen muss hier insofern verbessert werden, dass auch die lokale Nachbarschaft besser vernetzt wird und Handlungsabläufe und Zuständigkeiten geklärt sind (ebd.). Im Falle eines Warnereignisses sollten diejenigen Unterstützung erhalten können, die diese sowohl im

Verständnis- als auch im Umsetzungsprozess benötigen (ebd.). Neben Multiplikatoren der Warnung im nachbarschaftlichen Raum stellt hier somit die aktive Unterstützung zur Befähigung der Ausübung einer Schutzhandlung ebenfalls eine Rolle dar, die auf lokaler Ebene gewährleistet werden muss, um das Warnsystem in Bezug auf vulnerable Gruppen zu optimieren (ebd.). Auf dem Weg der persönlichen Mitteilung der Warnung sowie gegebenenfalls der Unterstützung bei der Ausübung notwendiger Schutzhandlungen können zielgruppenspezifische und personalisierte Bedürfnisse erfasst werden (Karl et al. 2015, 22).

In diesem Zusammenhang kann auch die aktive Einbeziehung der Bevölkerung und der Wandel von einem reinen Top-Down-Ansatz zur Integration von Bottom-Up-Prinzipien als Handlungsfeld identifiziert werden. Dabei soll die Rolle der persönlichen Warnwege (Marchezini 2020, 222) und die Rolle der Gemeinschaft wie auch des Einzelnen gestärkt werden (E3, 16.05.2023; E4, 17.05.2023). Warnende Einrichtungen fungieren weiterhin als Anlaufstellen zum Bezug von Informationen (Tan et al. 2017, 298), die Umsetzung vor Ort wird aber angepasst an individuelle Bedürfnisse in einem partizipativen Ansatz durchgeführt (E4, 17.05.2023). Diesbezüglich spielen auch Feedbackschleifen in einer bi- statt ursprünglich unidirektionalen Kommunikation zwischen warnenden Einrichtungen und zu warnender Bevölkerung eine Rolle, die zur Zielgruppenspezifität beitragen können sowie gezielt auf Bedürfnisse reagieren können (Karl et al. 2015, 22).

5.3 Implikationen für die zukünftige Ausrichtung des Warnsystems

Die tatsächliche Umsetzung der Handlungsfelder ist mit Blick auf die zukünftige Ausrichtung des Warnsystems mit Unsicherheiten verbunden. Zwar wäre dies im Rahmen einer wünschenswerten Zukunft als Nutzung von Chancen und Gegensteuerung gegenüber Herausforderungen der Digitalisierung des Warnsystems positiv konnotiert. Dennoch besteht die Abhängigkeit von diversen Faktoren wie finanziellen, personellen und organisatorischen Kapazitäten, sowie in großem Maße der Einsatz- und Informationsbereitschaft der Bevölkerung (E5, 17.05.2023). In diesem Kontext ist auch die Frage zu stellen, inwiefern eine im Rahmen des Warntags 2022 erreichte hohe Durchdringungsquote der Warnmeldung tatsächlich auf den Ernstfall übertragbar ist. Bei kurzfristig eintretenden Ereignissen fällt mit der Vorbereitungszeit ein entscheidender Faktor weg, der im Vorfeld einer Kompensation sowohl von Seiten der warnenden Einrichtung als auch von Seiten der gewarnten Bevölkerung bedarf. Letztlich ist dadurch weiterhin davon auszugehen, dass auch mit Blick auf die Zukunft Ereignisse auftreten werden, bei denen

das Warnsystem seine Grenzen erreichen wird und die Warnung mit besonderem Augenmerk auf vulnerablen Gruppen nicht optimal verlaufen wird (E4, 17.05.2023).

Eine grundsätzliche Umstellung des Warnsystems muss mit Blick auf die Zukunft aus technischer Betrachtung nicht erfolgen. Diesbezüglich scheinen die Reaktivierung und der Wiederaufbau einer Sireneninfrastruktur und die generelle Aufrechterhaltung des modularen Warnmittelmixes neben der Entwicklung ergänzender Ansätze sinnvoll. Dabei wird in Deutschland etwa in Kaiserslautern die Warnung über smarte Laternen getestet (BBK 2022b, 7f.). Weitere Überlegungen, digitale Warnmittel in den Warnmittelmix einzubinden, umfassen beispielsweise die Warnung über vernetzte Rauchwarnmelder oder der Anbindung eines Moduls zur automatischen Aktivierung von Rundfunkgeräten zur Übermittlung einer Warnung (Karutz et al. 2017, 252).

Für die zukünftige Ausrichtung des Warnsystems bleibt auch die Frage bestehen, auf welche Ereignisse eine Ausrichtung erfolgen soll. Großflächige Katastrophenereignisse wie die Flutkatastrophe im Ahrtal 2021 stellen nur einen Bruchteil der Warnmeldungen dar, die an die Bevölkerung kommuniziert werden. In diesem Zusammenhang wurde der Bedarf nach kleinräumigen Lösungen laut, die lokal umgesetzt werden und vor Ereignissen mit geringerer Flächenausdehnung potenziell dem Schadensmaß warnen können (E1, 16.05.2023; E5, 17.05.2023). Hierfür müssen auch je nach Art der lokal vorkommenden Ereignisse und unter Miteinbeziehung der Warnung vulnerabler Gruppen Lösungen gefunden werden, die der Ereignislage angepasst sind und damit sowohl ereignis- als auch zielgruppenspezifisch warnen können.

5.4 Reflexion des eigenen Vorgehens

Im Rahmen der Arbeit musste in Ermangelung einheitlicher Definitionen auf eigene Arbeitsdefinitionen zurückgegriffen werden, was in Bezug auf die Vergleichbarkeit mit anderen Arbeiten als limitierender Faktor betrachtet werden kann. Durch den regionalen Fokus im Rahmen der Expertengespräche auf zwei untere Katastrophenschutzbehörden aus Bayern konnte hier keine bundesweite Sicht auf die regionale und lokale Umsetzung vorgenommen werden. Es ist nicht auszuschließen, dass sich aus Gesprächen mit anderen Vertretern von Einrichtungen auf regionaler und kommunaler Ebene ein anderes Bild der Situation ergeben hätte.

5.5 Offene Fragen und weiterer Forschungsbedarf

In Bezug auf weiteren Forschungsbedarf wäre es mit Sicherheit interessant, Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung von Warnsystemen auf einer kleinräumigeren Skala zu

vergleichen. Dabei können lokal auftretende Vulnerabilitäten besser berücksichtigt werden und Möglichkeiten für individuelle Konzepte entwickelt werden, die bedürfnisorientiert angewendet werden können. Auch im Hinblick auf die erst kürzliche Einführung von Cell Broadcast wäre es interessant zu betrachten, welche Auswirkungen sich auf das Warnsystem ergeben, wenn diese außerhalb eines Warntages und in einem konkreten Fall der Katastrophenwarnung Anwendung finden. Insbesondere eine genauere Untersuchung der Einbeziehung sozialer Faktoren in die Betrachtungsweise der Warnung könnte weitere Implikationen für die zukünftige Ausrichtung des Warnsystems liefern.

6 Fazit

Die Relevanz von Warnsystemen im Katastrophenmanagement ist angesichts der zunehmenden Wahrscheinlichkeit für häufigere und extremere Katastrophenereignisse im Zuge der globalen Erwärmung nicht von der Hand zu weisen. In der praktischen Umsetzung ergeben sich im Zuge der Digitalisierung von Warnsystemen und der Anerkennung des *Digital Divide* sowohl Chancen als auch Herausforderungen, die im Katastrophenmanagement zur Ableitung von Optimierungspotenzialen genutzt werden können. Dabei ist die Inhomogenität der Bevölkerung sowohl in Bezug auf den *Digital Divide* – und damit die Teilhabe an Digitalisierung – als auch auf Kenntnisse und Fähigkeiten in der Verarbeitung und Umsetzung einer Katastrophenwarnung besonders hervorstechend.

Im Zuge dieser Arbeit sollten zwei Forschungsfragen beantwortet werden: Inwiefern benötigt es im Warnsystem im deutschen Katastrophenmanagement eine Kombination aus klassisch-analogen und digitalen Warnmitteln (F1)? Inwiefern ist die Warnung vulnerabler Bevölkerungsgruppen im Katastrophenfall zu verbessern (F2)?

In Bezug auf die Forschungsfrage F1 wurde im Rahmen einer Gegenüberstellung der Relevanz digitaler und klassisch-analoger Warnmittel sowie einer zusammenfassenden Betrachtung der Warnwirkung ausgewählter Warnmittel die Relevanz der Kombination beider Warnmittelgruppen herausgearbeitet. Synergieeffekte können genutzt werden, um bei der Verbreitung der Warnung über mehrere Warnmittel Stärken und Schwächen auszugleichen, die bei beiden Gruppen von Warnmitteln individuell bestehen.

Die Forschungsfrage F2 kann insofern beantwortet werden, dass diverse vulnerable Bevölkerungsgruppen bestehen, die jeweils spezifische Bedürfnisse im Informations- und Verarbeitungsprozess einer Katastrophenwarnung aufweisen. Mit Blick auf den Warnmittelmix bestehen noch große Optimierungsbedarfe in der Schaffung von Barrierefreiheit in der Übermittlung

der Warnung. Daneben wurde deutlich, dass bezüglich der Unterstützung vulnerabler Personen, eine Schutzhandlung auszuführen, Optimierungsstrategien für die lokale Umsetzung zu erarbeiten sind. Dementsprechend ist von einer Optimierung der Warnung vulnerabler Gruppen auszugehen, wenn die Warnung der Bevölkerung insgesamt Verbesserungen erfährt und diese durch die persönliche Mitteilung und Unterstützung auf vulnerable Gruppen transferiert werden können.

Das nationale Warnsystem in Deutschland ist insbesondere anhand der technischen Komponenten und mit der regelmäßigen Durchführung nationaler Warntage seit 2020 auf einem guten Niveau. Dabei treten jedoch regionale Unterschiede auf, wodurch eine Bewertung des Gesamtzustandes erschwert wird. Eine genaue Betrachtung des Status Quo des Warnsystems erfordert eine kleinräumige Auflösung, die lokale Charakteristika berücksichtigt. Neben der technischen Komponente treten jedoch soziale und bevölkerungsseitige Komponenten der Warnung als Handlungsfelder in den Fokus, die als Herausforderungen für die gegenwärtige und zukünftige Ausrichtung des Warnsystems bestehen. Dies bezieht sich sowohl auf den Aspekt „*Dissemination and Communication*“ als auch die „*Response Capability*“.

Es erfordert eine zielgruppen- und bedürfnisorientierte Ausrichtung, um bevölkerungsseitig eine möglichst effektive Warnung zu generieren. Als Kernchance der Digitalisierung von Warnsystemen im Katastrophenmanagement konnten Synergieeffekte der Kombination digitaler und klassisch-analoger Warnmittel herausgearbeitet werden, die auch mit Blick auf die Zukunft noch Optimierungspotenziale offenlassen. Die Kernherausforderung kann insofern aufgefasst werden, dass durch die technischen Möglichkeiten im Zuge der Digitalisierung soziale und bevölkerungsseitige Aspekte des Warnsystems ein zu geringes Maß an Berücksichtigung finden. Dabei sollten Möglichkeiten der Digitalisierung weiterhin genutzt werden und an technischen Lösungen zu einer besseren Übertragung der Warnmeldung geforscht werden. Daneben muss jedoch ein stärkerer Fokus auf der sozialen Komponente bestehen und die Verschiebung des Schwerpunkts weg von der Frage erfolgen, was im Rahmen der Digitalisierung technisch möglich ist, hin zur Frage, was seitens der Bevölkerung als notwendig und sinnvoll erachtet wird.

Literaturverzeichnis

- Body of European Regulators for Electronic Communications (BEREC) (2020): BEREC Guidelines on how to assess the effectiveness of public warning systems transmitted by different means. URL: https://www.berec.europa.eu/sites/default/files/files/document_register_store/2020/6/BoR_%2820%29_115_BEREC_Guidelines_on_PWS.pdf (Stand: 23.05.2023).
- Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (2002): Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung. Wiesbaden.
- Bonaretti, D., Fischer-Preßler, D. (2023): From Digital Public Warning Systems to Emergency Warning Ecosystems. In: Scholl, H. J., Holdeman, E. E. & Boersma, F. K. (Hrsg.): Disaster Management and Information Technology: Professional Response and Recovery Management in the Age of Disasters. Cham, 381-391.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2021): Der Ausbau des Sirennennetzes in Deutschland beginnt - Sieben Länder haben Vereinbarung mit Bund bereits unterzeichnet. URL: <https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/09/pm-sirenenfoerderprogramm-startet.html?nn=21260> (Stand: 14.05.2023).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2022a): Warnung über Smarte Laternen. Sozialwissenschaftliche Evaluation von Probemeldungen. Bonn.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2022b): Warnung über Smarte Laternen. Erprobung eines akustischen Warnmittels mit Sprachausgabe in Kaiserslautern. Bonn.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2022c): Voller Erfolg: Das Sirenenförderprogramm. URL: <https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Kurzmeldungen/DE/2022/07/om-20-sirenenfoerderprogramm.html> (Stand: 14.05.2023).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2022d): Warnbedarf und Warnreaktion. Grundlagen und Empfehlungen für Warnmeldungen. Bonn.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2023a): Warnung der Bevölkerung. Ein Bund-Länder-Projekt. URL: <https://warnung-der-bevoelkerung.de/impressum/> (Stand: 31.05.2023).
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2023b): Ergebnisse der Umfrage zum bundesweiten Warntag 2022. Bonn.
- Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (2023c): So werden Sie gewarnt. URL: https://www.bbk.bund.de/DE/Warnung-Vorsorge/Warnung-in-Deutschland/So-werden-Sie-gewarnt/so-werden-sie-gewarnt_node.html (Stand: 28.05.2023).

- Bundesministerium des Inneren und für Heimat (BMI) (2021): BLAG-Bericht zur Einführung einer modular aufgebauten Präventions- und Warn-App für die Polizeien des Bundes und der Länder. URL: https://www.innenministerkonferenz.de/IMK/DE/termine/to-beschluesse/20210616-18/anlage-zu-top-30.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (Stand: 21.05.2023).
- Bundesministerium des Innern und für Heimat (BMI) (2022): Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (2015–2030) – Der Beitrag Deutschlands 2022–2030. Berlin.
- Bündnis Entwicklung Hilft (BEH), Ruhr-Universität Bochum (RUB) (2022): WeltRisikoBericht 2022. Fokus Digitalisierung.
- Dallo, I., Marti, M. (2021): Why should I use a multi-hazard app? Assessing the public's information needs and app feature preferences in a participatory process. In: *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 57, 102197.
- Dashora, L. (2020): Strengthening Multi-Hazard Early Warning Systems and Early Actions by Impact-Based Forecasting and Warning Services. In: *Development Cooperation Review*, 3(2), 24-32.
- Deutsches Komitee Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) (2022): Die Flutkatastrophe im Juli 2021. Ein Jahr danach: Aufarbeitung und erste Lehren für die Zukunft. DKKV-Schriftenreihe Nr. 62. Bonn.
- Döring, N., Bortz, J. (2016): *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5. Auflage. Wiesbaden.
- Dressel, K., Pfeil, P. (2014): Bridging the gap between crisis management and their recipients—key findings from an European study on socio-cultural factors of crisis communication. In: Klafft, M. (Hrsg.): *Current Issues in Crisis Communication and Alerting*. o.O., 12-23.
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI) (2020): ETSI TS 102 182 V1.5.1 (2020-07). *Emergency Communications (EMTEL); Requirements for communications from authorities/organizations to individuals, groups or the general public during emergencies*. URL: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102100_102199/102182/01.05.01_60/ts_102182v010501p.pdf (Stand: 23.05.2023).
- Fischer, D., Putzke-Hattori, J., Fischbach, K. (2019): Crisis warning apps: Investigating the factors influencing usage and compliance with recommendations for action. In: *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- Fischer-Preßler, D., Bonaretti, D., Fischbach, K. (2021): Understanding Failures of Emergency Warning Systems from a Representation Perspective: A Case Study from Germany. In: *Proceedings of the ICIS, Austin, TX, USA, 12.-15.12.2021*.

- Fischer-Preßler, D., Bonaretti, D., Fischbach, K. (2022): A Protection-Motivation Perspective to Explain Intention to Use and Continue to Use Mobile Warning Systems. In: *Business & Information Systems Engineering*, 64(2), 167-182.
- Frische, A. K., Kirchner, J. F., Pawlowski, C., Halsbenning, S., Becker, J. (2021): Leave No One Behind: Design Principles for Public Warning Systems in Federalism. In: Ahlemann, F., Schütte, R. & Stieglitz, S. (Hrsg.): *Innovation Through Information Systems*. Cham, 673-686.
- Geenen, E. (2009): Warnung der Bevölkerung. In: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK) (Hrsg.): *Gefahren und Warnung*. Schriftenreihe der Schutzkommission beim Bundesminister des Innern, 1. Bonn, 59-102.
- Gerhold, L., Peperhove, R., Lindner, A.-K., Tietze, N. (Hrsg.) (2021): Schutzziele, Notfallvorsorge, Katastrophenkommunikation: Wissenschaftliche Empfehlungen für den Bevölkerungsschutz. In: *Schriftenreihe Forschungsforum Öffentliche Sicherheit*, Freie Universität Berlin, Nr. 28. Berlin.
- Hauri, A., Kohler, K., Scharte, B. (2022): A Comparative Assessment of Mobile Device-Based Multi-Hazard Warnings: Saving Lives through Public Alerts in Europe. *CSS Risk and Resilience Reports*, Center for Security Studies (CSS), ETH Zürich. Zürich.
- Hemachandra, K., Haigh, R., Amaratunga, D. (2021): Enablers for Effective Multi-hazard Early Warning System: A Literature Review. In: Dissanayake, R., Mendis, P., Weerasekera, K., De Silva, S. & Fernando, S. (Hrsg.): *ICSECM 2019, Lecture Notes in Civil Engineering* 94. Singapore, 399-416.
- Henninger, S., Schneider, M. (2021): Smarte Sirenen: Eine Möglichkeit zur Optimierung des Bevölkerungsschutzes. In: Meinel, G., Krüger, T., Behnisch, M. & Ehrhardt, D. (Hrsg.): *Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik - Konzepte - Analysen - Tools*. IÖR Schriften 79. Berlin, 303-311.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., Zhou, B.] (2021): *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, New York, USA.
- Karl, I., Rother, K., Nestler, S. (2015): Crisis-related apps: assistance for critical and emergency situations. In: *International Journal of Information Systems for Crisis Response and Management*, 7(2), 19-35.

- Karutz, H., Geier, W., Mitschke, T. (Hrsg.) (2017): Bevölkerungsschutz. Notfallvorsorge und Krisenmanagement in Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg.
- Khan, K. J., Bano, Z., Rahman, S. (2019): Nexus of Social and Technological Approaches to Floods Early Warning System (EWS) in Disaster Risk Management. In: International Journal of Scientific and Engineering Research, 10, 928-939.
- Klafft, M., Reinhardt, N. (2016): Information and interaction needs of vulnerable groups with regard to disaster alert apps. In: Weyers, B. & Dittmar, A. (Hrsg.): Mensch und Computer 2016 – Workshopbeiträge, 04.-07.09.2016. Aachen.
- Klafft, M. (2021): Die Warnung der Bevölkerung im Katastrophenfall. In: Reuter, C. (Hrsg.): Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion: Interaktive Technologien und Soziale Medien im Krisen- und Sicherheitsmanagement. Wiesbaden, 341-362.
- Kox, T., Thieken, A. (2017): To Act or Not To Act? Factors Influencing the General Public's Decision about Whether to Take Protective Action against Severe Weather. In: Weather, Climate, and Society, 9(2), 299-315.
- Kox, T., Kempf, H., Lüder, C., Hagedorn, R., Gerhold, L. (2018): Towards user-orientated weather warnings. In: International Journal of Disaster Risk Reduction, 30, 74-80.
- Krebs, H.-A., Hagenweiler, P. (2021): Maßnahmen der Resilienz. In: Krebs, H.-A. & Hagenweiler, P. (Hrsg.): Energieresilienz und Klimaschutz: Energiesysteme, kritische Infrastrukturen und Nachhaltigkeitsziele. Wiesbaden, 43-86.
- Kreibich, H., Pech, I., Schröter, K., Müller, M., Thieken, A. H. (2016): New insights into flood warning and emergency response from the perspective of affected parties. In: Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 17, 2075–2092.
- Kron, W., Bell, R., Thiebes, B., Thieken, A. (2022): The July 2021 flood disaster in Germany. In: 2022 HELP Global Report on Water and Disasters, 12-44.
- Kuller, M., Schoenholzer, K., Lienert, J. (2021): Creating effective flood warnings: A framework from a critical review. In: Journal of Hydrology, 602, 126708.
- Latvakoski, J., Öörni, R., Lusikka, T., Keränen, J. (2022): Evaluation of emerging technological opportunities for improving risk awareness and resilience of vulnerable people in disasters. In: International Journal of Disaster Risk Reduction, 80, 103173.
- Marchezini, V. (2020): “What is a Sociologist Doing Here?” An Unconventional People-Centered Approach to Improve Warning Implementation in the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction. In: International Journal of Disaster Risk Science, 11(2), 218-229.
- Mayring, P., Fenzl, T. (2019): Qualitative Inhaltsanalyse. In: Baur, N. & Blasius, J. (Hrsg.): Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden, 633-648.

- Mioc, D., Moreiri, K., Nkhwanana, N., Anton, F., Nikerson, B., McGillivray, E., Morton, A., Tang, P. (2012): On-line early warning system for evacuation of socially vulnerable population during flooding. In: WIT Transactions on Ecology and the Environment, 159, 67-78.
- National Academies of Sciences, E., and, Medicine (2018): Emergency Alert and Warning Systems: Current Knowledge and Future Research Directions. Washington, DC.
- Perera, D., Agnihotri, J., Seidou, O., Djalante, R. (2020): Identifying Societal Challenges in Flood Early Warning Systems. In: International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 101794.
- Reuter, C., Kaufhold, M.-A., Leopold, I., Knipp, H. (2017): Katwarn, NINA or FEMA? Multi-Method study on distribution, use and public views on crisis apps. In: 25th European Conference on Information Systems (ECIS), Guimarães, Portugal, 2187-2201.
- Reuter, C., Kaufhold, M.-A., Spielhofer, T., Hahne, A. S. (2018): Soziale Medien und Apps in Notsituationen. Eine repräsentative Studie über die Wahrnehmung in Deutschland. In: Bevölkerungsschutz Innovativ, 2, 22-24.
- Reuter, C., Kaufhold, M.-A. (2021): Soziale Medien in Notfällen, Krisen und Katastrophen. In: Reuter, C. (Hrsg.): Sicherheitskritische Mensch-Computer-Interaktion: Interaktive Technologien und Soziale Medien im Krisen- und Sicherheitsmanagement. Wiesbaden, 407-430.
- Roth, F. (2018): Einbindung der Bevölkerung in den resilienzorientierten Bevölkerungsschutz: Implikationen für die Risikokommunikation. In: Jäger, T., Daun, A. & Freudenberg, D. (Hrsg.): Politisches Krisenmanagement, Sicherheit – interdisziplinäre Perspektiven. Wiesbaden, 245-260.
- Šakić Trogrlić, R., van den Homberg, M., Budimir, M., McQuistan, C., Sneddon, A., Golding, B. (2022): Early Warning Systems and Their Role in Disaster Risk Reduction. In: Golding, B. (Hrsg.): Towards the “Perfect” Weather Warning: Bridging Disciplinary Gaps through Partnership and Communication. Cham, 11-46.
- Schulze, K., Voss, M. (2022): Weather Forecast and Weather Warning Preferences in Germany. Results of a national representative study. In: Katastrophenforschungsstelle (Hrsg.): KFS Working Paper (Vol. 24). Berlin.
- Scolobig, A., Potter, S., Kox, T., Kaltenberger, R., Weyrich, P., Chasco, J., Golding, B., Hilderbrand, D., Fleischhut, N., Uprety, D., Rana, B. (2022): Connecting Warning with Decision and Action: A Partnership of Communicators and Users. In: Golding, B. (Hrsg.):

- Towards the “Perfect” Weather Warning: Bridging Disciplinary Gaps through Partnership and Communication. Cham, 47-85.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) (2023): Bevölkerungsstand: Amtliche Einwohnerzahl Deutschlands 2022. URL: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/_inhalt.html#233972 (Stand: 19.05.2023).
- Tan, M. L., Prasanna, R., Stock, K., Hudson-Doyle, E., Leonard, G., Johnston, D. (2017): Mobile applications in crisis informatics literature: A systematic review. In: International Journal of Disaster Risk Reduction, 24, 297-311.
- Tan, M. L., Prasanna, R., Stock, K., Doyle, E. E. H., Leonard, G., Johnston, D. (2020): Usability factors influencing the continuance intention of disaster apps: A mixed-methods study. In: International Journal of Disaster Risk Reduction, 50, 101874.
- Thieken, A., Bubeck, P., Zenker, M.-L., Wutzler, B. (2022): Strukturierte Auswertung der Dokumentationen zu allen Hochwassertodesopfern in Nordrhein-Westfalen im Juli 2021 und Herausarbeitung von Verbesserungspotenzialen in der Risikokommunikation und in den Warnprozessen anhand der Todesumstände und -ursachen sowie Ereignischarakteristika. Gutachten für den Parlamentarischen Untersuchungsausschuss V (Hochwasserkatastrophe) des Landtags Nordrhein-Westfalen. Potsdam.
- Thieken, A., Bubeck, P., Heidenreich, A., von Keyserlingk, J., Dillenardt, L., Otto, A. (2023): Performance of the flood warning system in Germany in July 2021 – insights from affected residents. In: Natural Hazards and Earth System Sciences, 23(2), 973-990.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) (2005): Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters. In: World Conference on Disaster Reduction, Kobe, Hyogo, Japan, 18.-22.01.2005.
- United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) (2015): Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030. Sendai, Japan.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) (2023): Words Into Action. A Guide to Multi-Hazard Early Warning Systems. Genf.
- Voss, M. (2022): Zustand und Zukunft des Bevölkerungsschutzes in Deutschland – Lessons to learn. In: Katastrophenforschungsstelle (Hrsg.): KFS Working Paper Nr. 20 (Vol. 4). Berlin.
- Weichselgartner, J., Guézo, B., Beerlage, I., Després, C., Fekete, A., Hufschmidt, G., Lussignoli, O., Mey-Richters, S., Naumann, J., Wienand, I. (2018): Urban Resilience and Crisis Management: Perspectives from France and Germany. In: Fekete, A. & Fiedrich, F.

(Hrsg.): Urban Disaster Resilience and Security: Addressing Risks in Societies. Cham, 473-494.

Wiegärtner, D., Reuter, C., Müller, C. (2017): Erwartungen der älteren Bevölkerung an IKT für Krisenkommunikation. In: Mensch und Computer 2017 – Workshopband, Regensburg, 10.-13.09.2017.

World Meteorological Organization (WMO) (2018): Multi-Hazard Early Warning Systems: A Checklist. Genf.

Anlagen

Kategorie	Bewertungskriterium	Digitale Warnmittel						Klassisch-analoge Warnmittel						Durchschnittliche Bewertung je Kriterium [digital]	Durchschnittliche Bewertung je Kriterium [klassisch-analog]	Durchschnittliche Bewertung je Kriterium [gesamt]
		Cell Broadcast	Warn-Apps	Digitale Stadtfotafeln	Digitale Fahrgastinfo-systeme	Internetseiten	Soziale Medien	Sirene (stationär/mobil)	Lautsprecher-wagen	Radio	Fernsehen	Zeitung	Persönliche Mitteilung			
Reichweite	Zu Hause (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	3	3	2	2	3	3	3	3	2.33	2.67	2.50
	Arbeitsplatz (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	3	3	2	2	1	1	1	3	2.33	1.67	2.00
	In der Öffentlichkeit (ETSI 2020, 12)	3	3	3	1	2	3	3	3	1	1	2	3	2.50	2.17	2.33
	Zu Fuß unterwegs (ETSI 2020, 12)	3	3	2	2	2	3	3	3	1	1	1	3	2.50	2.00	2.25
	In privatem Fahrzeug (ETSI 2020, 12)	3	3	1	1	2	3	2	2	3	1	1	2	2.17	1.83	2.00
	In/an öfftl. Verkehrsmittel (ETSI 2020, 12)	3	3	2	3	2	3	2	2	1	1	1	3	2.67	1.67	2.17
Informationsgehalt	Weckeffekt (Hauriet al. 2022, 18)	2	2	1	1	1	1	3	2	1	1	1	2	1.33	1.67	1.50
	Erläuterung der Gefahrenlage (ETSI 2020, 12)	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2.83	2.67	2.75
	Handlungsempfehlungen (ETSI 2020, 12)	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2.33	2.67	2.50
	Erkennbarkeit des Absenders (ETSI 2020, 13)	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	1	3.00	2.33	2.67
	Wiederholbarkeit (ETSI 2020, 13)	3	3	3	3	n/a	n/a	3	3	3	3	2	n/a	3.00	2.80	2.89
	Möglichkeiten unmittelbarer Rückfragen (Hauriet al. 2022, 18)	2	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	n/a	1.83	1.00	1.45
Barrierefreiheit	Mehrsprachigkeit (ETSI 2020, 13)	2	3	2	1	2	3	2	2	2	2	2	3	2.17	2.17	2.17
	Personalisierung des Warninhaltes (ETSI 2020, 13)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1.00	1.33	1.17
	Zielgruppenspezifische Kommunikation (ETSI 2020, 13)	2	3	2	1	3	2	1	1	2	2	2	3	2.17	1.83	2.00
	Kein aktives Dazutun erforderlich (BEREC 2020, 23)	2	1	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	2.17	2.50	2.33
	Übermittlung bei hoher Netzwerkauslastung / schlechter Mobilfunkabdeckung (ETSI 2020, 14)	3	1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	2.00	3.00	2.50
Bevölkerung	Abdeckung der Bevölkerung (Hauriet al. 2022, 18)	3	1	1	1	1	2	3	3	2	2	2	3	1.50	2.50	2.00
	Akzeptanz der Sinnhaftigkeit (BBK 2023c, 10)	3	2	1	n/a	1	1	3	1	2	2	n/a	1	1.60	1.80	1.70
	Wahrnehmung (BBK 2022c, 36)	2	2	2	2	1	2	3	3	2	2	2	2	1.83	2.33	2.08
	Verständlichkeit (BBK 2022c, 36)	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3.00	2.67	2.83
	Vertrauenswürdigkeit (BBK 2022c, 36)	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	2	2.67	2.83	2.75
	Durchschnittliche Bewertung je Warnmittel	2.59	2.45	2.05	1.86	2.00	2.33	2.32	2.27	2.09	2.00	2.00	2.50			
	Durchschnittliche Bewertung digitale Warnmittel													2.22		
	Durchschnittliche Bewertung klassisch-analoge Warnmittel													2.19		
	Gesamtbewertung													2.21		

Anlage 1: Evaluierung der Warnwirkung ausgewählter digitaler und klassisch-analoger Warnmittel