



Alexandra Schüller

Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes – ein Beitrag aus wasserwirtschaftlicher Perspektive

**SHAKER
VERLAG**

Bericht 23
Reihe der Berichte des Fachgebietes
Wasserbau und Wasserwirtschaft der
TU Kaiserslautern

Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes – ein Beitrag aus wasserwirtschaftlicher Perspektive

Vom Fachbereich Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Kaiserslautern
zur Verleihung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)

genehmigte

Dissertation

von Frau
Alexandra Elisabeth Schüller, geb. Steinebach M.Sc. M.Sc. Techn. Ass.
aus Koblenz

Tag der mündlichen Prüfung: 07.07.2022

Dekan:	Prof. Dr.-Ing. Hamid Sadegh-Azar
Vorsitzender der Promotionskommission:	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit
Erstgutachter:	Prof. Dr. Robert Jüpner
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Gordon Müller-Seitz
Drittgutachter:	Prof. Dr.-Ing. Alexander Fekete

Berichte des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft der
Technischen Universität Kaiserslautern

Bericht 23 (2022)

Alexandra Schüller

**Möglichkeiten zur Weiterentwicklung
des operativen Hochwasserschutzes
– ein Beitrag aus wasserwirtschaftlicher Perspektive**

D 386 (Diss. Technische Universität Kaiserslautern)

Shaker Verlag
Düren 2022

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Kaiserslautern, TU, Diss., 2022

Impressum

Reihe der Berichte des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Kaiserslautern

Herausgeber der Schriftenreihe: Prof. Dr. Robert Jüpner
Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft
Technische Universität Kaiserslautern
Paul-Ehrlich-Straße 14
67663 Kaiserslautern

Herausgeber Bericht 23: Prof. Dr. Robert Jüpner

Redaktion: Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft
der Technischen Universität Kaiserslautern

Kaiserslautern, im August 2022

Copyright Shaker Verlag 2022

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8730-7

ISSN 1433-4860

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren
Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

In der vorliegenden Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit, z.B. bei Fachbegriffen und Berufsbezeichnungen, wie „Fachberater“ oder „Experte“, das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint.

Teilinhalte der Dissertation wurden bereits vorab veröffentlicht und sind im Antrag auf Anerkennung von Vorveröffentlichungen entsprechend angegeben. Dies umfasst die Veröffentlichungen SCHÜLLER & JÜPNER (2021), RINNERT et al. (2021), KLAUS et al. (2021), SCHÜLLER et al. (2022a) und SCHÜLLER et al. (2022b) sowie den Konferenzbeitrag JÜPNER et al. (2022).

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle herzlichst meinem Doktorvater Prof. Dr. Robert Jüpner für die kompetente fachliche Betreuung der vorliegenden Arbeit, seine stets hilfreichen Ratschläge und den konstruktiven Austausch während des gesamten Ideenfindungs-, Datenerhebungs- und Auswertungsprozesses danken. Sein langjähriges Engagement für den operativen Hochwasserschutz ist für mich ein großes Vorbild. Auch der von ihm initiierte Austausch mit seinen anderen Doktorandinnen und Doktoranden sowie die durchgeführte Doktorandenexkursion brachten neue Erkenntnisse für meine Doktorarbeit.

Prof. Dr. Gordon Müller-Seitz danke ich sehr für die Betreuung des methodischen Teils der vorliegenden Arbeit und sein stets offenes Ohr für meine vielzähligen Fragen. Da die Methoden der Wirtschaftswissenschaften für mich Neuland waren, war der dazugehörige Einarbeitungsprozess sehr intensiv.

Meinem Drittbetreuer Prof. Dr.-Ing. Alexander Fekete danke ich sehr für den stetigen Input aus dem Bereich Rettungswesen und Katastrophenschutz und die Einbindung in das Netzwerk der TH Köln.

Die gemeinsamen Treffen mit allen drei Betreuern waren stets produktiv, konstruktiv und aufgrund der Interdisziplinarität sehr facettenreich. Ich bedanke mich sehr für das geduldige Beantworten meiner vielen Fragen und Ideen.

Des Weiteren danke ich allen Experten sowie allen Kontaktpersonen für ihre Unterstützung und ihren fachlichen Input zur Arbeit. Ein besonderer Dank gilt den Institutionen der teilnehmenden Beobachtung, dem Stab, in dem ich mitgearbeitet habe, sowie dem gesamten Team des digitalen Lagebildes. Der Institution, in der ich im Jahr 2021/22 tätig war, danke ich für den stets konstruktiven und kollegialen Austausch.

Des Weiteren danke ich Frau Prof. Gabriele Wernecke, die mich als meine wissenschaftliche Mentorin stets zum Schreiben einer Doktorarbeit ermutigt hat und gemeinsam mit Prof. Dr. Lothar Kirschbauer den Kontakt zur TU Kaiserslautern initiiert hat.

Zutiefst zu Dank verpflichtet bin ich schlussendlich meiner Familie, die mich während meines gesamten akademischen Weges stets tatkräftig unterstützt hat. Hierzu gehören mein Ehemann Harald Schüller, meine Tochter Marie Schüller, meine Mutter Birgit Steinebach sowie mein bereits verstorbener Vater Peter Steinebach. Auch dem noch ungeborenen Nachwuchs gilt ein Dank, dass er so geduldig bis zum Abschluss der Dissertation ausgeharrt hat.

Zusammenfassung

Technische Hochwasserschutzanlagen schützen grundsätzlich nur gegen Hochwasserereignisse einer gewissen Jährlichkeit. Um das verbleibende Risiko, z.B. aufgrund eines planmäßigen oder außerplanmäßigen Versagens, für Mensch und Sachgüter im Rahmen der Bewältigung von Hochwasser- und Starkregenereignissen reduzieren zu können, sind geeignete operative Maßnahmen erforderlich. Mit dieser Aufgabe beschäftigt sich der operative Hochwasserschutz, dessen Wirkungsbereich bzw. Verständnis bislang auf die Zeit *während* eines Hochwasserereignisses begrenzt war. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, wie der operative Hochwasserschutz im deutschen Binnenland für eine erfolgreiche Ereignisbewältigung weiterentwickelt werden kann. Mit dem Ziel einer strukturierten Herangehensweise an die Thematik wurden die Handlungsfelder Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur theoretisch-konzeptionell identifiziert. Dabei wird der Fokus auf die dazugehörigen Forschungsschwerpunkte Entscheidungsvariablen, Priorisierung, Entscheidungsrelevante Daten, Automatisierung/Auslöseschwellen, Technische Instrumente und Struktur gelegt. Im Rahmen einer empirischen Studie wurden mit Hilfe von Experteninterviews, teilnehmender Beobachtung, Sekundär-/Archivdaten sowie einem Online-Fragebogen Daten für ausgewählte Szenarien erhoben und vorwiegend qualitativ mit Hilfe einer fokussierten Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ (2018) ausgewertet. Als Erkenntnis der vorliegenden Abhandlung konnte herausgearbeitet werden, dass der operative Hochwasserschutz entgegen dem bisherigen (Begriffs-)Verständnis nicht allein auf die Phase *während* eines Hochwasser- oder Starkregenereignisses eingegrenzt werden kann, sondern in inhaltlich aufeinander aufbauende Handlungsphasen mit den drei Säulen operative Hochwasservorsorge (*vor*), -bewältigung (*während*) und -nachsorge (*nach einem Hochwasserereignis*) zu unterteilen ist. Das Zusammenspiel der drei Säulen in Verbindung mit einer interdisziplinären Betrachtungsweise unter Einbeziehung von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz stellt zusammenfassend einen ganzheitlichen operativen Hochwasserschutz dar, wobei die zyklische Weiterentwicklung über zeitlich aufeinanderfolgende Teilschritte hinweg einen elementaren Bestandteil bildet. Hochwassermanagementsysteme stellen einen Ansatz dar, um sowohl den Anforderungen aller drei Säulen des operativen Hochwasserschutzes als auch den vier o.g. Handlungsfeldern gerecht zu werden. Im Sinne eines integrierten operativen Hochwasserschutzes sollte die bisherige Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz qualitativ zu einer integrierten Verbindungsstelle weiterentwickelt werden, in deren Fokus die gemeinsame Aufstellung und Weiterentwicklung von szenarienspezifischen Alarm- und Einsatzplänen, die Nutzung von Hochwassermanagementsystemen und gemeinsame interdisziplinäre Schulungen und Übungen stehen sollten.

Abstract

Flood protection systems are designed only to protect against regularly occurring flood events. In order to reduce the remaining residual risks, such as the failure of the flood protection system, and to protect people and material, suitable operational measures are required. This is the task of flood emergency management, whose scope has thus far been limited to the period of the flood event itself.

This study examines how flood emergency management in the German inland can be enhanced for successful flood management, particularly regarding the domains of leadership, data, technical instruments, and structure. It focuses on decision-making variables, prioritization, decision-relevant data, automation/trigger thresholds, technical instruments, and structure. Data for selected scenarios were collected using expert interviews, participant observation, archival documents, and an online questionnaire. They were analyzed primarily qualitatively, using a Qualitative Text Analysis according to KUCKARTZ (2018). It concludes that flood emergency management, contrary to the previous (conceptual) understanding, should not be limited to the duration of a flood or heavy rain event alone. Instead, it should be divided into phases of action that build on each other in terms of content, according to the established three pillars of operational flood prevention (*before*), management (*during*), and post-flood management (*following a flood event*). The interaction of these pillars in connection with an interdisciplinary approach that includes water management and disaster control offers a strategy for holistic flood emergency management. In this context, a continual refinement of procedures that includes all three sequential sub-steps forms a fundamental component. Flood management systems can help to effectively meet the requirements of all three pillars of flood emergency management, as well as the requirements of the four fields of action mentioned above. In order to successfully address flood events, the existing interface between water management and disaster control should be better integrated. Focus should be on joint preparation and the further development of scenario-specific flood emergency plans, as well as on the use of flood management systems and joint training and exercises.

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1 HINTERGRUND DER ARBEIT	1
1.2 ZIELSTELLUNG	2
1.3 UNTERSUCHUNGSRAHMEN UND VORSTELLUNG DER BETRACHTETEN SZENARIEN	2
1.4 VORGEHENSWEISE UND AUFBAU	4
2. THEORETISCHER HINTERGRUND	5
2.1 HOCHWASSER- UND STARKREGENISIKOMANAGEMENT	5
2.1.1 <i>Hochwasser und Starkregen: Typen und Ausprägungen</i>	5
2.1.2 <i>Grundlagen des Hochwasser- und Starkregenrisikomanagements</i>	7
2.1.3 <i>Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten</i>	9
2.1.4 <i>Hochwasservorhersagen und -meldungen</i>	11
2.1.5 <i>Technischer Hochwasserschutz</i>	12
2.1.6 <i>Zwischenfazit zum Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement</i>	13
2.2 GRUNDLAGEN DES KATASTROPHENSCHUTZES	14
2.2.1 <i>Allgemeines zum Katastrophenmanagement</i>	14
2.2.2 <i>Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten</i>	15
2.2.3 <i>Stabsarbeit</i>	16
2.2.4 <i>Führungskreislauf nach FwDV 100</i>	18
2.2.5 <i>Priorisierung und Prioritätensetzung im Katastrophenschutz</i>	20
2.2.6 <i>Entscheidungsrelevante Daten im Katastrophenschutz</i>	21
2.2.7 <i>Alarm- und Einsatzpläne Hochwasser und Starkregen</i>	22
2.2.8 <i>Warnung und Alarmierung</i>	23
2.2.9 <i>Kritische Infrastrukturen</i>	24
2.2.10 <i>Zwischenfazit zum Katastrophenschutz</i>	24
2.3 OPERATIVER HOCHWASSERSCHUTZ AN DER SCHNITTSTELLE ZW. WASSERWIRTSCHAFT UND KATASTROPHENSCHUTZ	26
2.3.1 <i>Begriffsdefinition und Einordnung in den HWRM-Zyklus</i>	26
2.3.2 <i>Beteiligte im operativen Hochwasserschutz</i>	29
2.3.3 <i>Einfluss der Klimaänderungen auf den operativen Hochwasserschutz</i>	29
2.3.4 <i>Operative Bewältigung von Starkregenereignissen</i>	31
2.3.5 <i>Technische Instrumente im operativen Hochwasserschutz</i>	32
2.3.6 <i>Operativer Hochwasserschutz im internationalen Kontext</i>	34
2.3.7 <i>Zwischenfazit zum operativen Hochwasserschutz</i>	36
2.4 STAND DER FORSCHUNG UND WISSENSCHAFT SOWIE AKTUELLE ENTWICKLUNGEN ZUM THEMA OPERATIVER HOCHWASSERSCHUTZ	37
2.4.1 <i>Fachgebiete innerhalb des operativen Hochwasserschutzes</i>	37

2.4.2	<i>Vorschläge verantwortlicher Institutionen und Entscheidungsträger zur Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes</i>	38
2.4.3	<i>Forschungsprojekte im operativen Hochwasserschutz</i>	42
2.5	FAZIT UND ABLEITUNG DER FORSCHUNGSFRAGESTELLUNG	50
3.	METHODIK	53
3.1	FALLAUSWAHL UND EMPIRISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	53
3.2	DATENERHEBUNG	59
3.2.1	<i>Teilnehmende Beobachtung</i>	60
3.2.2	<i>Experteninterviews</i>	62
3.2.2.1	Vorstudie	62
3.2.2.2	Halbstrukturierter Interviewleitfaden	63
3.2.2.3	Transkription.....	64
3.2.2.4	Anonymisierung.....	64
3.2.3	<i>Sekundär-/Archivdaten der Interviewpartner</i>	65
3.2.4	<i>Quantitativ-qualitative Befragung</i>	66
3.2.4.1	Gestaltung des Fragebogens.....	67
3.2.4.2	Pretest	67
3.2.4.3	Rücklaufquote.....	68
3.2.5	<i>Vergleich der Datenerhebungsmethoden</i>	68
3.3	DATENANALYSE	69
3.3.1	<i>Qualitative Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ (2018)</i>	69
3.3.2	<i>Quantitativ-qualitative Analyse</i>	73
3.4	METHODENKRITIK UND ÜBERPRÜFUNG DER GÜTEKRITERIEN	73
4.	ERGEBNISSE	77
4.1	ENTSCHEIDUNGSVARIABLEN	78
4.1.1	<i>Allgemein</i>	78
4.1.2	<i>Szenario Routine</i>	79
4.1.3	<i>Szenario 1a</i>	79
4.1.4	<i>Szenario 1b</i>	80
4.1.5	<i>Szenario 2</i>	80
4.1.6	<i>Szenario 3</i>	82
4.1.7	<i>Zwischenfazit</i>	82
4.2	PRIORISIERUNG	83
4.2.1	<i>Allgemein</i>	83
4.2.2	<i>Szenario Routine</i>	84
4.2.3	<i>Szenario 1a</i>	85
4.2.4	<i>Szenario 1b</i>	86
4.2.5	<i>Szenario 2</i>	87
4.2.6	<i>Szenario 3</i>	88

4.2.7	Zwischenfazit	89
4.3	ENTSCHEIDUNGSRELEVANTE DATEN	89
4.3.1	Allgemein	89
4.3.2	Szenario Routine	92
4.3.3	Szenario 1a	92
4.3.4	Szenario 1b	93
4.3.5	Szenario 2	94
4.3.6	Szenario 3	96
4.3.7	Zwischenfazit	97
4.4	AUTOMATISIERUNG UND AUSLÖSESCHWELLEN	98
4.4.1	Allgemein	98
4.4.2	Szenario Routine	100
4.4.3	Szenario 1a	101
4.4.4	Szenario 1b	103
4.4.5	Szenario 2	104
4.4.6	Szenario 3	106
4.4.7	Zwischenfazit	108
4.5	TECHNISCHE INSTRUMENTE	109
4.5.1	Allgemein	109
4.5.2	Szenario Routine	111
4.5.3	Szenario 1a	112
4.5.4	Szenario 1b	113
4.5.4.1	Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung	113
4.5.4.2	Entwicklung digitales Lagebild	115
4.5.5	Szenario 2	120
4.5.6	Szenario 3	120
4.5.7	Zwischenfazit	121
4.6	GESTALTUNG DER STRUKTUR DES OPERATIVEN HOCHWASSERSCHUTZES	122
4.6.1	Allgemein	122
4.6.2	Szenario Routine	125
4.6.3	Szenario 1a	126
4.6.4	Szenario 1b	129
4.6.5	Szenario 2	131
4.6.6	Szenario 3	133
4.6.7	Zwischenfazit	135
4.7	FAZIT ZU DEN ERGEBNISSEN DER UNTERSCHIEDLICHEN DATENERHEBUNGSMETHODEN	136
5.	DISKUSSION	141
5.1	BESONDERHEITEN DER SZENARIEN	141
5.1.1	Diskussion der Ergebnisse	141

5.1.2	Interpretationsvergleich	142
5.1.3	Beantwortung von Frage F.1	143
5.2	ENTSCHEIDUNGSVARIABLEN	146
5.2.1	Diskussion der Ergebnisse	146
5.2.2	Interpretationsvergleich	148
5.2.3	Beantwortung von Frage F.2	148
5.3	PRIORISIERUNG	149
5.3.1	Diskussion der Ergebnisse	149
5.3.2	Interpretationsvergleich	150
5.3.3	Beantwortung von Frage F.3	152
5.4	ENTSCHEIDUNGSRELEVANTE DATEN	153
5.4.1	Diskussion der Ergebnisse	153
5.4.2	Interpretationsvergleich	154
5.4.3	Beantwortung von Frage F.4	158
5.5	AUTOMATISIERUNG UND AUSLÖSESCHWELLEN	159
5.5.1	Diskussion der Ergebnisse	159
5.5.2	Interpretationsvergleich	162
5.5.3	Beantwortung von Frage F.5	164
5.6	TECHNISCHE INSTRUMENTE	165
5.6.1	Diskussion der allgemeinen Ergebnisse	165
5.6.2	Digitales Lagebild: Potenzialanalyse und Weiterentwicklungsmöglichkeiten	167
5.6.3	Interpretationsvergleich	171
5.6.4	Beantwortung von Frage F.6	174
5.7	GESTALTUNG DER STRUKTUR DES OPERATIVEN HOCHWASSERSCHUTZES	175
5.7.1	Diskussion der Ergebnisse	175
5.7.2	Interpretationsvergleich	177
5.7.3	Beantwortung von Frage F.7 und F.8	181
6.	MÖGLICHKEITEN ZUR WEITERENTWICKLUNG DES OPERATIVEN HOCHWASSERSCHUTZES	185
7.	KRITISCHE REFLEXION UND AUSBLICK	193
8.	LITERATUR	201
9.	SYMBOL- UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	217
10.	LEBENSLAUF	221
11.	ANHANG I	223
11.1	ANHANG ZU KAPITEL 2 (THEORETISCHER HINTERGRUND)	223
11.2	ANHANG ZU KAPITEL 3 (METHODIK)	227
11.3	ANHANG ZU KAPITEL 4 (ERGEBNISSE)	243
12.	ANHANG II (TRANSKRIPTE) (NUR FÜR PRÜFUNGSKOMMISSION, UMFANG: 824 SEITEN)	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchte Flusshochwasserereignisse und Szenarien	3
Abbildung 2: Aufbau der Dissertation	4
Abbildung 3: Hochwasserrisikomanagementzyklus	7
Abbildung 4: Dreistufiger Verwaltungsaufbau der Wasserwirtschaftsverwaltung inklusive ergänzender Institutionen sowie deren Aufgaben	10
Abbildung 5: Mobile Hochwasserschutzsysteme	12
Abbildung 6: Visualisierung der Unterschiede zwischen Risiko, Krise und Katastrophe	14
Abbildung 7: (a) Sechsstufiger Katastrophenmanagement-Kreislauf. (b) Beziehung zwischen Katastrophenvorsorge und Bekämpfung bzw. Bewältigung	15
Abbildung 8: Aufbau des Führungsstabes inklusive Aufgabenverteilung der Sachgebiete ..	17
Abbildung 9: Komponenten der Einsatzleitung	18
Abbildung 10: Führungskreislauf nach (Fw)DV 100	19
Abbildung 11: Betrachtung von Entscheidungsvariablen im Rahmen der Lagebeurteilung ..	19
Abbildung 12: Entscheidungsrelevante Daten im Rahmen der Lagefeststellung	21
Abbildung 13: Geodaten im BOS-Umfeld	21
Abbildung 14: Interdependenzen bzw. unmittelbare Abhängigkeiten der Sektoren von Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) sowie deren Branchen	24
Abbildung 15: (Darstellungs-)Lücke im HWRM-Zyklus für die Zeit der Ereignisbewältigung ..	27
Abbildung 16: Beteiligte im operativen Hochwasserschutz	29
Abbildung 17: Herausforderungen durch Starkregenereignisse für deren operativen Hochwasserschutz	31
Abbildung 18: Themen des operativen Hochwasserschutzes innerhalb der Fachgebiete Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz sowie an deren Schnittstelle	37
Abbildung 19: Aus der Analyse in Tabelle 6 identifizierte Handlungsfelder des operativen Hochwasserschutzes	42
Abbildung 20: Überblick über recherchierte Veröffentlichungen und Projekte aus Forschung und Wissenschaft, eingeordnet in die Handlungsfelder Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur	43
Abbildung 21: Ableitung der Forschungsfrage sowie der begleitenden Fragen und Forschungsschwerpunkte	51
Abbildung 22: Fachliche Fallauswahl der Experten	56
Abbildung 23: Übersicht über die im Rahmen der empirischen Studie betrachteten Szenarien, Themen bzw. Hauptkategorien und Datenerhebungsmethoden ..	58
Abbildung 24: Entwicklung der Rückläufe der Umfrage	68
Abbildung 25: Ablauf der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse in sieben Schritten	71

Abbildung 26: Aufbau und Inhalte des Hauptkategoriensystems	72
Abbildung 27: Aufbau des digitalen Lagebildes	116
Abbildung 28: Realisierte Anknüpfungspunkte des digitalen Lagebildes an die Forschungsschwerpunkte der empirischen Studie	118
Abbildung 29: Unterscheidung der Szenarien nach HW-Intensität und Vorlaufzeit	141
Abbildung 30: Zusammenhang zwischen Präventionszeit und Rüstzeit im Rahmen der operativen Bewältigung inkl. Lösungsmöglichkeiten für den Negativfall.	145
Abbildung 31: Wechselwirkungen und Zusammenhänge der Handlungsfelder des operativen Hochwasserschutzes mit Potenzial zur Weiterentwicklung	186
Abbildung 32: Das neue Leitbild des operativen Hochwasserschutzes mit den drei Säulen Vorsorge, Bewältigung und Nachsorge	188
Abbildung 33: Handlungsfelder über die drei Säulen des operativen Hochwasserschutzes hinweg	190
Abbildung 34: Schlüsselemente der Integrierten Verbindungsstelle von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz	192
Abbildung 35: Zukunftsprognose bzgl. Frage 11	252
Abbildung 36: Mehrwert der jetzigen Karte bzgl. Frage 4	252
Abbildung 37: Funktion der Teilnehmer bzgl. Frage 1: „Was war Ihr Einsatzgebiet?“	253
Abbildung 38: Verteilung der Mediennutzung bzgl. Frage 2: „Wurde das digitale Lagebild von Ihnen per PC, Tablet oder Smartphone verwendet?“	253
Abbildung 39: Eigenes Einbringen von Informationen bzgl. Frage 3: „Haben Sie selbst Informationen an die Lagekarte weitergegeben, die aufgenommen werden sollten?“	254
Abbildung 40: Wege zur Datenübermittlung bzgl. Frage 3.1	254
Abbildung 41: Funktionsnutzung bzgl. Frage 5: „Welche Funktionen der Lagekarte haben Sie genutzt?“	255
Abbildung 42: Anzahl genutzter Funktionen je Teilnehmer bzgl. Frage 5	255
Abbildung 43: Genutzte Informationen bzgl. Frage 6: „Mit welchen Informationen (Layern) aus der Lagekarte haben Sie insbesondere gearbeitet?“	256
Abbildung 44: Nutzungszweck der Informationen bzgl. Frage 7: „Wofür haben Sie die Informationen der Lagekarte genutzt?“	256
Abbildung 45: Zukünftig gewünschte Funktionen bzgl. Frage 8: „Welche Funktionen hätten Sie sich in der Lagekarte noch gewünscht?“	257
Abbildung 46: Zukünftig gewünschte Informationen eines digitalen Lagebildes bzgl. Frage 9: „Welche Informationen (Layer) hätten Sie sich noch gewünscht?“	258
Abbildung 47: Potenziell bereitzustellende Informationen für die Öffentlichkeit bzgl. Frage 10: „Welche Informationen aus dem Stab würden Sie gerne mit der Öffentlichkeit teilen?“	258

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der Unterschiede zwischen Starkregen- und Flusshochwasserereignissen.	6
Tabelle 2: Gegenüberstellung der dargestellten Inhalte in Hochwassergefahren- und -risikokarten.....	8
Tabelle 3: Hochwassermeldung und -vorhersage als Instrumente zur Warnung vor Hochwassergefahren	11
Tabelle 4: Inhalte des nichtpolizeilichen Bevölkerungsschutzes mit dessen Bestandteilen Katastrophenschutz und Zivilschutz	16
Tabelle 5: Bestandteile eines Alarm- und Einsatzplans (AEP) Hochwasser	22
Tabelle 6: Zusammenstellung von durch verantwortliche Institutionen und Entscheidungsträger in ausgewählten Veröffentlichungen und Berichten benannte Weiterentwicklungsmöglichkeiten für den operativen Hochwasserschutz.	40
Tabelle 7: Variablen bezüglich der 43 Experteninterviews mit insgesamt 47 Personen.....	57
Tabelle 8: Zuordnung der Datenerhebungsmethoden zu den im Rahmen dieser empirischen Studie betrachteten Szenarien	60
Tabelle 9: Informationen zu den durchgeführten teilnehmenden Beobachtungen	61
Tabelle 10: Aufschlüsselung der Sekundär-/Archivdaten bzw. Archivdokumente anhand ihres Dokumententyps.....	66
Tabelle 11: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – allgemein.....	79
Tabelle 12: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario „Routine“	79
Tabelle 13: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 1a	80
Tabelle 14: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 1b	80
Tabelle 15: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 2.....	81
Tabelle 16: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 3.....	82
Tabelle 17: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – allgemein	84
Tabelle 18: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario „Routine“	85
Tabelle 19: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 1a.....	86
Tabelle 20: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 1b.....	86
Tabelle 21: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 2.....	88
Tabelle 22: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 3.....	88
Tabelle 23: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – allgemein	91
Tabelle 24: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Sz. „Routine“.....	92
Tabelle 25: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 1a	93
Tabelle 26: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 1b	94
Tabelle 27: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 2	95

Tabelle 28: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 3	97
Tabelle 29: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – allgemein	100
Tabelle 30: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automat. – Sz. „Routine“	101
Tabelle 31: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Sz. 1a.....	103
Tabelle 32: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Sz. 1b.....	104
Tabelle 33: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Sz. 2.....	106
Tabelle 34: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Sz. 3.....	108
Tabelle 35: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – allgemein	111
Tabelle 36: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario „Routine“	111
Tabelle 37: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 1a	113
Tabelle 38: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 1b	115
Tabelle 39: Ergebniszusammenfassung Online-Fragebogen zum digitalen Lagebild.....	119
Tabelle 40: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 2	120
Tabelle 41: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 3	121
Tabelle 42: Ergebniszusammenfassung Struktur – allgemein	125
Tabelle 43: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario „Routine“	126
Tabelle 44: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 1a	129
Tabelle 45: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 1b	131
Tabelle 46: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 2	133
Tabelle 47: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 3	135
Tabelle 48: Schlussfolgerungen zum Thema Szenarien	146
Tabelle 49: Schlussfolgerungen zum Thema Entscheidungsvariablen.....	149
Tabelle 50: Schlussfolgerungen zum Thema Priorisierung	153
Tabelle 51: Schlussfolgerungen zum Thema Entscheidungsrelevante Daten	159
Tabelle 52: Schlussfolgerungen zum Thema Automatisierung und Auslöseschwellen	165
Tabelle 53: Schlussfolgerungen zum Thema Technische Instrumente.....	175
Tabelle 54: Schlussfolgerungen zu vorbereitbaren Aspekten.....	182
Tabelle 55: Schlussfolgerungen zum Handlungsfeld Struktur	183

Anhangsverzeichnis

Anhang I:

Anhang 1: Unterschiede bezüglich der Inhalte bzw. der Gestaltung der Hochwassergefahrenkarten je nach Bundesland	223
Anhang 2: Zusammenstellung ausgewählter Veröffentlichungen und Projekte aus Wissenschaft und Forschung, sortiert nach Handlungsfeldern des operativen Hochwasserschutzes– Teil A: Handlungsfelder übergeordnet, Szenarien, Führung und Daten (Teil A-C).....	224
Anhang 3: Informationsblatt zum Experteninterview mit organisatorischen und inhaltlichen Vorinformationen	227
Anhang 4: Halbstrukturierter Interviewleitfaden	229
Anhang 5: Anonymisierte Angaben zu den 43 Experteninterviews mit 47 Personen	230
Anhang 6: Transkriptionsregeln für die vorliegende Dissertation	231
Anhang 7: Entschlüsselungstabelle für die qualitativen Daten der empirischen Studie	232
Anhang 8: Inhalt des Online-Fragebogens zum digitalen Lagebild.....	233
Anhang 9: Codierschema für die Hauptkategorien inkl. Merkmalen und Beispielzitate.....	236
Anhang 10: Codierschema für die Hauptkategorien Struktur, Entscheidungsvariablen und Entscheidungsrelevante Daten	237
Anhang 11: Codierschema für die Hauptkategorien Priorisierung, Automatisierung/ Auslöseschwellen, Technische Instrumente, „Wünsch dir was“ / Weiterentwicklungspotenzial, Sonstiges, Zitierfähige Stellen und Szenarien.....	238
Anhang 12: Zuordnung der Fragen des Interviewleitfadens zu Kategorien	239
Anhang 13: Entwicklung eines szenarienspezifischen Kategoriensystems	239
Anhang 14: Codierschema für die qualitativen Fragen 6-10 des Online-Fragebogens zum digitalen Lagebild	240
Anhang 15: Gütekriterien unterteilt in die versch. Phasen der empirischen Erhebung.....	242
Anhang 16: Liste mit Entscheidungsrelevanten Daten gemäß den Ergebnissen der empirischen Studie (Teil A-D).....	246
Anhang 17: Ergebnisse zum Thema Automatisierung, unterteilt in die Themen Automatismen und automatische Prozesse (Teil A-D).....	250
Anhang 18: Detaillierte Auflistung der im Rahmen der empirischen Studie benannten Auslöseschwellen	251
Anhang 19: Detaillierte Ergebnisse des Online-Fragebogens	252

Anhang II: Transkripte- (unveröffentlicht)

1. Einleitung

Große Hochwasserereignisse in den vergangenen Jahren, zuletzt auch die Flutkatastrophe im Juli 2021 im Westen Deutschlands, haben gezeigt, dass eine absolute Sicherheit vor Überflutung durch präventive Maßnahmen nicht erreicht werden kann. Vielmehr muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass es ab einer gewissen Ereignisgröße zu Überflutungen und damit verbundenen Schäden kommen kann, weshalb auch von staatlicher Seite eine bewusste Auseinandersetzung mit diesem Risiko und dem Ziel der Ableitung struktureller Maßnahmen zur Minderung des Schadensrisikos geboten ist. Dabei ist jedoch festzustellen, dass die in Angriff genommenen (oder aktuellen) Weiterentwicklungen eher Insellösungen für bestimmte Zielgruppen, Teilprozesse oder Regionen darstellen. Die interdisziplinäre Vernetzung einzelner Fragestellungen sowie die Verschneidung der Perspektiven verschiedener Akteure finden vergleichsweise wenig Beachtung. Diese bergen dennoch ein großes Potenzial für die erfolgreiche Realisierung einzelner Maßnahmen. Insbesondere die Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz steht im Fokus dieser Überlegung (LUBW 2016).

1.1 Hintergrund der Arbeit

Hochwasserereignisse können hinsichtlich ihres Ereignisverlaufs in Routinefälle und Fälle mit katastrophalem Verlauf unterschieden werden. Für den Routinefall, gut planbare Ereignisse mit langer Vorwarnzeit oder für Ereignisse mit vorliegenden Erfahrungswerten, wurden vielerorts bereits entsprechende Vorbereitungen für die Systeme im operativen Hochwasserschutz, u.a. durch die Umsetzung der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL 2007) sowie eine entsprechende Alarm- und Einsatzplanung (AEP) Hochwasser, getroffen. Seltenerere Ereignisse, wie z.B. sehr große Hochwasser oder Ereignisüberlagerungen, für die bislang keine oder kaum Erfahrungswerte vorliegen, werden jedoch oftmals nicht oder nur ansatzweise beachtet und vorbereitet. Bei einer Überlagerung ungünstiger Ereignisse bzw. Faktoren von hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung (z.B. technisches Versagen oder zusätzlicher Starkregen) verändert sich die Lage sehr schnell und erfordert entsprechenden Fachverstand der Entscheidungsträger zur schnellen Entscheidungsfindung. Die bestehenden Systeme müssen eine hohe inhaltliche und strukturelle Flexibilität aufweisen, um auf Unvorhergesehenes reagieren zu können. Die Bewältigung von Hochwasser- und Starkregenereignissen erfordert spezifische Kenntnisse wasserwirtschaftlicher Zusammenhänge für den Katastrophenschutz, um im Ereignisfall effektiv und wirksam Schäden reduzieren zu können. Flusshochwasser (HW) und Starkregen stellen üblicherweise unterschiedliche Anforderungen, ebenso wie „Katastrophen in der Katastrophe“, wie z.B. Deichbrüche. Hinsichtlich der vorgenannten Punkte zeigt sich bei den bestehenden Systemen Potenzial zur Weiterentwicklung.

1.2 Zielstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Ermittlung von prozessorientierten Lösungsansätzen zur Weiterentwicklung der Vorbereitungs- und Entscheidungsprozesse im operativen Hochwasserschutz (OHWS) für den Hochwasser- und Starkregenfall, mit Fokus auf ausgewählte Szenarien von hoher wasserwirtschaftlicher Bedeutung. Darauf aufbauend sollen Möglichkeiten zur Weiterentwicklung für die ausgewählten und weitere Szenarien mit vergleichbaren Rahmenbedingungen und Herausforderungen für die Ereignisbewältigung erarbeitet werden. Hierzu gehört die Ermittlung von Entscheidungsvariablen sowie von entscheidungsrelevanten Lageinformationen und szenarienspezifischen Prozessen und Abläufen, die im Rahmen der operativen Hochwasservorsorge bereits vorbereitet und ggf. priorisiert, digitalisiert und/oder mit Hilfe von Auslöseschwellen automatisiert werden könnten. Zusätzlich sollen prozess- und szenarienspezifische Möglichkeiten zur Einbindung von modernen technischen Instrumenten aufgezeigt werden. Anschließend sollen strukturelle Erkenntnisse zur Organisation des operativen Hochwasserschutzes gewonnen werden. Als Ergebnis sollen Entwicklungsmöglichkeiten für den Gesamtprozess des operativen Hochwasserschutzes an der Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz abgeleitet werden. Diese Zielsetzung erfordert eine interdisziplinäre Betrachtung des Forschungsgegenstandes unter Berücksichtigung der beiden v.g. Schnittstellenpartner sowie unter Einbeziehung wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Methoden.

1.3 Untersuchungsrahmen und Vorstellung der betrachteten Szenarien

Diese Abhandlung beleuchtet das System des operativen Hochwasserschutzes an der Schnittstelle der Fachgebiete Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft. Der Fokus liegt auf Flusshochwasserereignissen im deutschen Binnenland an Gewässern I. oder II. Ordnung. Neben reinen Flusshochwasserereignissen sollen zusätzlich Ereignisüberlagerungen, z.B. durch technisches Versagen von Hochwasserschutzanlagen oder ein zusätzliches Starkregenereignis, betrachtet werden (s. Abbildung 1).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden deshalb vorab festgelegte Szenarien mit spezifischen Ausprägungen in einer empirischen Studie untersucht (s. Abbildung 1). Diese werden wie folgt definiert:

- 1) **Szenario „Routine“:** Ein Ereignis $< HQ_{10}$, das den vorhandenen technischen Hochwasserschutz planmäßig nicht überschreitet. Es handelt sich um ein Ereignis, das bereits aufgetreten ist und für das daher bereits Erfahrungen bei den Einsatzkräften und Entscheidungsträgern vorliegen.

- 2) **Szenario 1:** Sehr großes Hochwasser ($> HQ_{200}$), das einen ggf. vorhandenen technischen Hochwasserschutz planmäßig überschreitet und zu einer großflächigen Überflutung des Hinterlandes führt.
 - Szenario 1a: Sehr großes Hochwasser ($> HQ_{200}$) an einem Gewässer mit großem Einzugsgebiet ($> 2.000 \text{ km}^2$)
 - Szenario 1b: Sehr großes Hochwasser ($> HQ_{200}$) an einem Gewässer mit kleinem Einzugsgebiet ($< 2.000 \text{ km}^2$) im Mittelgebirge
- 3) **Szenario 2:** Außerplanmäßiges Versagen des technischen Hochwasserschutzes, der zu einer Überflutung des Hinterlandes führt.
 - Szenario 2a: Außerplanmäßiges Versagen des mobilen technischen Hochwasserschutzes bei einem kleinen Flusshochwasser (HQ_{10}) unterhalb des Bemessungsabflusses der technischen Anlage (BHQ)
 - Szenario 2b: Außerplanmäßiges Versagen der Deichstrukturen (Deichbruch) bei einem mittleren Flusshochwasser ($< HQ_{100}$) unterhalb des Bemessungsabflusses der technischen Anlage (BHQ)
- 4) **Szenario 3:** Kombination aus einem kleinen Flusshochwasser (HQ_{10}) und einem lokalen Starkregenereignis.

Die Bemessungshöhe von Hochwasserschutzanlagen kann der DIN 19712 (DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG 2013) entnommen werden.







		Szenarien					
		\geq allgemein gültige Bemessungshöhe von techn. HWS		$<$ allgemein gültige Bemessungshöhe von techn. HWS			
Ereignis	Fluss-HW	Szenario 1a HQextrem Gr. FlusEZG 	Szenario 1b HQextrem Mittelgebirge 	Szenario 2a Versagen mobiler techn. HWS 	Szenario 2b Deichbruch 	Szenario 3 HQ10 + Starkregen 	Szenario „Routine“ Gr. FlusEZG 
	Techn. Versagen						
	Starkregen						
		$\geq HQ_{200}$	$\geq HQ_{200}$	$< HQ_{10}$	$< HQ_{100}$	$\leq HQ_{10}$	$< HQ_{10}$

Abbildung 1: Untersuchte Flusshochwasserereignisse und Szenarien (HW = Hochwasser, HWS = Hochwasserschutz, EZG = Einzugsgebiet, HQ = Jährlichkeit, blaue Markierung = ausgewählter Ereignistyp)

1.4 Vorgehensweise und Aufbau

Basierend auf einem vertieften Verständnis der Zielstellung und Inhalte des Hochwasserrisiko-managements sowie des Katastrophenschutzes soll das Konzept des operativen Hochwasserschutztes anhand vordefinierter Hochwasserszenarien an Gewässern I. und II. Ordnung im deutschen Binnenland untersucht werden. Zudem sollen die dazugehörigen Grundlagen, Instrumente und Handlungsoptionen (mit Fokus auf Deutschland) dargestellt werden.

Im Rahmen einer theoretisch-konzeptionellen Betrachtung werden Grundlagen, Begriffe, Inhalte und Ziele des Hochwasserrisiko-managements sowie des Katastrophenschutzes zur Bewältigung von Hochwasserereignissen und daran anschließend die hieraus gezogenen Rückschlüsse für den operativen Hochwasserschutz aufgezeigt.

Aus den Erfahrungen vergangener katastrophaler Hochwasser- und Starkregenereignisse in Deutschland ergeben sich Entwicklungspotenziale, die im nächsten Schritt angeführt werden. Der gegenwärtige Stand der Forschung und Wissenschaft sowie diesbezüglich bestehende Forschungsprojekte werden dahingehend analysiert, inwieweit die ausgewiesenen Defizite und Weiterentwicklungspotenziale der verantwortlichen Institutionen und Entscheidungsträger aufgegriffen werden und zu deren Umsetzung beitragen können. Es werden Potenzialfelder identifiziert, zu denen bislang keine weitergehenden Untersuchungen angestrengt wurden. Aus den ermittelten Forschungs- und Entwicklungspotenzialen werden Handlungsfelder für den operativen Hochwasserschutz und anschließend dazugehörige Forschungsfragen abgeleitet.

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wird eine empirische Studie mit einer qualitativen Inhaltsanalyse von Experteninterviews, Sekundär-/Archivdaten und teilnehmenden Beobachtungen sowie einem Online-Fragebogen durchgeführt, deren Methodik im Hinblick auf die Datenerhebung und -analyse in Kapitel 3 erläutert wird. Es folgen eine Darstellung der herausgearbeiteten Ergebnisse (Kap. 4) sowie eine abschließende Diskussion der abgeleiteten Erkenntnisse (Kap. 5) im Hinblick auf die anschließende Beantwortung der Forschungsfragestellung (Kap. 6). Nach einer kritischen Reflexion der angewandten Methodik sowie der im Rahmen der Dissertation gewonnenen Erkenntnisse wird abschließend in Kap. 7 ein Ausblick zu zukünftigen Weiterentwicklungsmöglichkeiten des operativen Hochwasserschutzes gegeben (s. Abbildung 2).

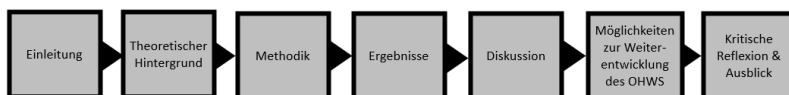


Abbildung 2: Aufbau der Dissertation

2. Theoretischer Hintergrund

Im Folgenden soll ein Überblick über die Grundlagen des Hochwasser- und Starkregenrisikomanagements sowie des Katastrophenschutzes gegeben werden, um anschließend den operativen Hochwasserschutz an der Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz theoretisch-konzeptionell zu beleuchten. Ein Überblick zu aktuellen Weiterentwicklungsmöglichkeiten aus Praxis und Fachliteratur sowie zum aktuellen Stand der Forschung und Wissenschaft soll Forschungspotenzial aufzeigen und der Ableitung der Forschungsfragestellung dienen. Mit Blick auf den regional eingegrenzten Untersuchungsrahmen beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen zu strukturellen und rechtlichen Rahmenbedingungen auf das System des deutschen operativen Hochwasserschutzes. Sollten die Regelungen und fachlichen Inhalte je nach Bundesland abweichen, werden allgemein zutreffende Aussagen oder exemplarisch Informationen zu einem Bundesland dargestellt. Internationale Erkenntnisse werden, sofern passend, aufgenommen.

2.1 Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement

Das Hochwasser- und Starkregenmanagement bildet die fachliche Grundlage des operativen Hochwasserschutzes. Der Schwerpunkt liegt hierbei vor allem auf der Vorsorge. Im Folgenden sollen daher der Hochwasserrisikomanagementzyklus sowie weitere für den operativen Hochwasserschutz relevante fachliche und rechtliche wasserwirtschaftliche Grundlagen vorgestellt werden.

2.1.1 Hochwasser und Starkregen: Typen und Ausprägungen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Hochwasserereignisse betrachtet, deren Begriffsdefinition daher als theoretische Grundlage an den Anfang zu stellen ist. Bezüglich „Hochwasser“ existieren verschiedene Begriffe, die diesem zugeordnet werden können. Ein relevanter Teilbegriff ist der Begriff der „Überschwemmung“. Dieser umfasst gemäß § 72 WHG (Wasserhaushaltsgesetz 2009) die zeitlich befristete Bedeckung von normalerweise nicht mit Wasser bedeckten Landflächen durch Gewässer (Binnengewässer oder Küstengewässer). Gründe für Überschwemmungen können gemäß DISSE (2020) und WBW (2006) Niederschläge, Schneeschmelze, Eisgang, Verklausungen, Qualmwasser, Rückstau aus der Kanalisation oder Versagen von Schutzbauwerken sein.



Geht es um Typen von Hochwasser, wird wiederum zwischen den Begriffen Flussüberschwemmungen, Sturmfluten sowie hinsichtlich Starkregenereignissen zwischen flächigen Überflutungen aus Starkniederschlägen und Sturzfluten unterschieden (PATT & JÜPNER 2020a). Sturmfluten treten gemäß PATT & JÜPNER (2020a) „an den Küsten der Meere und großen Seen auf“ und werden im Rahmen dieser Dissertation nicht weiter betrachtet. Der

Untersuchungsgegenstand wird auf Hochwasserereignisse im Binnenland und somit auf Flusshochwasser und Überflutungen durch Starkregenereignisse eingegrenzt. In Tabelle 1 sind deren Unterscheidungsmerkmale zusammenfassend dargestellt. Im Rahmen dieser Arbeit werden im Folgenden der Begriff „Überschwemmung“ bezüglich Flusshochwasserereignissen und der Begriff „Überflutung“ bezüglich Starkregenereignissen verwendet.

Der Begriff Starkregen ist in der Fachliteratur aufgrund unterschiedlicher Charakteristika des Einzugsgebiets (z.B. Größe, Topografie) sowie ortsspezifischer hydrologischer Bedingungen (z.B. Niederschlagsintensität, Sättigung der Speicherkapazität des Bodens) nicht einheitlich definiert (PAPAGIANNAKI et al. 2015; LÖWE et al. 2017; BMBF 2008). Allgemeine Ausführungen zur Definition und zu Merkmalen von Starkregenereignissen sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Die Wassertiefen bei Flusshochwasser können grundsätzlich mit hydraulischen Modellen berechnet werden. In engen Flusstälern erfolgt dies mit Hilfe einer eindimensionalen, in breiten Flusstälern mit hoher Überflutungsausdehnung mit einer zweidimensionalen Berechnung (PATT & JÜPNER 2020b). Solche sog. Flutungsmodelle sind auch für Starkregen zur Ermittlung der Fließwege und Wassertiefen möglich und können für die Vorbereitung und Bewältigung von Hochwasser- und Starkregenereignissen zum Einsatz kommen.

Tabelle 1: Zusammenfassende Darstellung der Unterschiede zwischen Starkregen- und Flusshochwasserereignissen. EZG = Einzugsgebiet (Eigene Darstellung nach LAWA 2018b; DWA 2010; PATT & JÜPNER 2020a; SÖRENSEN & MOBINI 2017; HOUSTON et al. 2011; CREUTIN et al. 2013)

Merkmal/ Definition	Starkregenereignis 	Flusshochwasser 
Definition	<ul style="list-style-type: none"> - Überflutung der Landfläche durch konvektive Niederschläge mit hoher Intensität (> Infiltrationskapazität des Bodens) - Führt zu unkontrolliertem Oberflächenabfluss - „Regenereignisse, die in einzelnen Dauerstufen Regenhöhen mit (...) $t_n \geq 1$ a aufweisen“ (gem. DWA-M119) Arten: <ul style="list-style-type: none"> o Sturzfluten: in steilen EZGs mit rasch ansteigender, energiereicher Flutwelle o flächige Überflutungen: SR-Ereignisse in flachen EZGs 	<ul style="list-style-type: none"> - Überschwemmung infolge über die Ufer getretenen Gewässers - infolge andauernder Überregnung durch zyklonale Niederschläge und/oder Schneeschmelze
Dauer	Kurz (i.d.R. wenige Stunden)	Lang (i.d.R. Tage, abhängig von der Größe und Topografie des Einzugsgebietes)
Vorhersagbarkeit	Örtliche und zeitliche Vorhersage erschwert	Je größer das EZG, umso zuverlässiger hinsichtlich örtlicher und zeitlicher Vorhersage
Vorlaufzeit	Minuten bis Stunden	Stunden bis Tage (abh. v. EZG-Beschaffenheit)
Räumliche Ausdehnung	Lokal begrenzt	Großflächig: (Teil-)Einzugsgebiet betroffen
Pot. Gefährdete Regionen	Alle Regionen	Gewässerrauen und -täler

2.1.2 Grundlagen des Hochwasser- und Starkregenrisikomanagements¹

Hochwasserrisikomanagement umfasst laut BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2019) „die Erfassung, Bewertung und Steuerung von Hochwassergefahren und -risiken sowie die Umsetzung von zuvor aufgestellten Maßnahmen zur Erreichung von festgelegten Zielen.“ Es handelt sich hierbei um einen ganzheitlichen und nachhaltigen Ansatz, welcher alle Phasen vor, während und nach einem Hochwasserereignis inklusive der anschließenden Überarbeitung in die Betrachtung miteinbezieht. Die turnusmäßige Überarbeitung kann visuell in einem Kreislauf dargestellt werden, der in vier Phasen nach LAWA (2019) unterteilt werden kann: die Vermeidung, den Schutz, die Vorsorge und die Wiederherstellung/Regeneration/Überprüfung nach einem Hochwasserereignis. Diesen werden in Abbildung 3 EU-Maßnahmenarten, wie z.B. „Planung von Maßnahmen für den Notfall/Notfallplanung“ zugeordnet. Ergänzend werden in „Kursiv Handlungsbereiche wie z.B. „Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz“ benannt. Eine entsprechende Ereignisnachbereitung und -analyse kann den Weiterentwicklungsprozess vorantreiben.

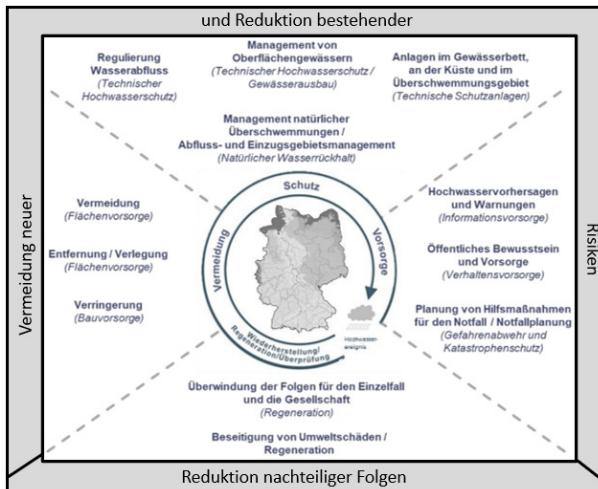


Abbildung 3: Hochwasserrisikomanagementzyklus (verändert nach LAWA 2019, 2013)

Laut MÜLLER (2010) haben „die Erfahrungen aus den letzten Hochwasserereignissen [...] gezeigt, dass nur eine ganzheitliche Betrachtung des gesamten Hochwasserrisikokreislaufes und das ressort- und grenzübergreifende Handeln aller vom Hochwasser Betroffenen zu einer möglichst großen Hochwasserrisikoverminderung, -begrenzung oder -vermeidung und damit zur Minimierung der Hochwasserschäden führen kann.“

Für einen kommunen- und institutionsübergreifenden Austausch sowie eine

¹ Teilinhalte wurden bereits in SCHÜLLER et al. (2022b) veröffentlicht.

einzugsgebietsbezogene Diskussion und Einbringung aller Beteiligten eignen sich diesbezüglich sog. Hochwasserpartnerschaften oder Stakeholder-Foren, in welchen im Rahmen von regelmäßigen Workshops Themen und Maßnahmen des Hochwasserrisikomanagements (z.B. Abstimmung von Maßnahmen der Vorsorge und Bewältigung sowie Stärkung des Gefahrenbewusstseins) behandelt werden können (LAWA 2017, 2018a, 2010; VRN 2010).

Die Erstellung von **Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten** ist einer der drei Schritte zur Umsetzung der HWRM-RL (2007) in den EU-Mitgliedstaaten. In Tabelle 2 werden deren (potenzielle) Inhalte zusammenfassend gegenübergestellt.

Tabelle 2: Gegenüberstellung der dargestellten Inhalte in Hochwassergefahren- und -risikokarten. HW = Hochwasser (Eigene Darstellung nach LAWA 2018a; HWRM-RL 2007; WHG 2009)

(POTENZIELLE) INHALTE	
Hochwassergefahrenkarten	Hochwasserrisikokarten
<ul style="list-style-type: none"> - Ausmaß der Überflutung (Fläche) - Wassertiefe (und ggf. Wasserstand) - Ggf. Fließgeschwindigkeit - Ggf. relevanter Wasserabfluss 	<ul style="list-style-type: none"> - Potenziell betroffene Einwohner - Flächennutzungen (Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten) - IVU-Anlagen (gem. Anhang RL 96/61/EG bzw. RL 2010/75/EU) - Ggf. Einfluss auf Kulturerbe
Basierend min. auf folgenden Szenarien (gem. Art. 6 HWRM-RL 2007, § 74 Abs. 2 WHG 2009):	
<ul style="list-style-type: none"> - HW mit niedriger Wahrscheinlichkeit (i.d.R. \geq HQ₂₀₀) bzw. Extremereignisse (HQ_{Extrem}), - HW mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (Wiederkehrperiode \geq 100 Jahre) (i.d.R. HQ₁₀₀) und - HW mit hoher Wahrscheinlichkeit (i.d.R. HQ₁₀). 	

Gemäß PATT & JÜPNER (2020b) umfasst der Begriff HQ_x als sog. Jährlichkeit die „mittlere Zeitspanne [x], in der ein Ereignis einen Wert entweder einmal erreicht oder überschreitet bzw. einmal erreicht oder unterschreitet“. Welche Jährlichkeiten, Szenarien und Charakteristika in den jeweiligen Karten dargestellt werden, variiert je nach Bundesland, was eine einheitliche Interpretation erschwert (vgl. Anhang 1). Hinsichtlich eines extremen Hochwassers, welches i.d.R. als HQ_{Extrem} bezeichnet wird, variieren die Jährlichkeiten in den Bundesländern zwischen einem Hochwasser \gg HQ₁₀₀ bis zu einem HQ₇₀₀₀ (DKKV 2015). Dies begründet die LAWA (2018a) u.a. wie folgt: „Da die diversen Gewässer sich hydraulisch teilweise stark unterscheiden, kann es hydrologisch sinnvoll und für die Gefahren- und Risikobewertung richtig sein, unterschiedliche Ereigniswahrscheinlichkeiten zugrunde zu legen. [...] Diese sind bei Ländergrenzen überschreitenden Gewässern abzustimmen.“

Nach der erfolgreichen Etablierung des Hochwasserrisikomanagements wurde einige Jahre später auch der Bedarf für ein **Starkregenrisikomanagement** gesehen. Gemäß LAWA (2018b) ist auch hier „das Ziel eines gemeinsamen Starkregenrisikomanagements [...] die Verringerung des Risikos starkregen- und sturzflutbedingter nachteiliger Folgen“ und baut somit auf dem Hochwasserrisikomanagement und dessen Ansätzen auf. Ziel des

Starkregenerisikomanagements ist neben der Planung und Durchführung baulicher und sonstiger Vorsorgemaßnahmen die potenzielle Gefahr durch Überflutungsgefährdungen bei Starkregen herauszuarbeiten und mit Hilfe von Kartenmaterial visuell als Entscheidungsgrundlage für weitere Planungen darzustellen. **Starkregengefahrenkarten** ermöglichen diesbezüglich eine Einschätzung, welche kritischen Bereiche und Objekte durch Starkregenereignisse besonders gefährdet sind, und geben Auskunft über Fließwege, Überflutungsflächen/-tiefen und ggf. auch die Fließgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Intensitäten (LUBW 2016). Ergänzend zu diesen kommunalen Kartenwerken strebt das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) derzeit eine vollumfängliche Erstellung von einheitlichen, flächendeckenden **Starkregenhinweiskarten** für die gesamte Bundesrepublik an, die einen Überblick über potenzielle Überflutungsbereiche ermöglichen bzw. eine erste Orientierung zur Ermittlung weiteren Handlungsbedarfes bieten sollen (DEUTSCHER STÄDTETAG 2021).

Wie bei den Hochwassergefahren- und -risikokarten (vgl. Anhang 1) existiert für die Erstellung von Starkregengefahrenkarten bislang kein bundeseinheitlicher Standard (SCHÜLLER et al. 2022a). Welche Karten und Modellierungsansätze sich zur Aufstellung weiterer Planungen im Starkregenmanagement am besten eignen, sollte laut SCHÜLLER et al. (2022a) in Abhängigkeit von den spezifischen örtlichen Bedingungen entschieden werden. Ergänzend hierzu wird von SCHMITT et al. (2018) ein zwölfstufiger Starkregenindex mit vier Starkregenkategorien als „Methodik [...] zur Anwendung in der Risikokommunikation mit Betroffenen (Bürger, kommunale Entscheidungsträger und Planer) nachdrücklich empfohlen“. Er erleichtert das Verständnis und somit den Umgang mit Starkregenereignissen und deren Risiken für die Beteiligten und Betroffenen (SCHMITT & SCHEID 2020).

2.1.3 Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten

Im Zentrum der gesetzlichen Regelungen des europäischen Hochwasserrisikomanagements steht die Hochwasserrisikomanagementrichtlinie (HWRM-RL 2007), welche 2007 von der Europäischen Union zur Bewertung, Reduzierung und zum Management von Hochwasserrisiken erlassen wurde. Durch sie wurden in einem dreistufigen Ansatz eine fluss-einzugsgebietsweise Bewertung und turnusmäßige Überarbeitung des Hochwasserrisikos sowie die Erstellung und stetige Aktualisierung von Hochwassergefahren- und -risikokarten und Hochwasserrisikomanagementplänen veranlasst (HWRM-RL 2007; MÜLLER 2010).

Ziel ist die Verringerung und Bewältigung von hochwasserbedingten Risiken für die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Umwelt, kulturelles Erbe sowie wirtschaftliche Tätigkeiten, mit dem Fokus auf die Vermeidung, den Schutz und die Vorsorge. Dies soll mit konzentrierten und koordinierten Maßnahmen aller Beteiligten im Rahmen eines Hochwasserrisikomanagements umgesetzt werden. Durch eine geplante Erhöhung des Hochwasserproblembewusstseins in der Bevölkerung inklusive (Risiko-) Sensibilisierung

sollen Schadenspotenziale verringert werden und soll die Öffentlichkeit aktiv in Entscheidungsprozesse miteinbezogen werden (s. Artikel 10 HWRM-RL 2007 und LAWA 2013).

Die HWRM-Richtlinie wurde 2010 durch die Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG 2009) in deutsches Bundesrecht umgesetzt. Ergänzend zum WHG gibt es 16 Landeswassergesetze. Des Weiteren können DIN-Normen des Deutschen Instituts für Normung (DIN) sowie Regelwerke, Merkblätter und Themenhefte der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) herangezogen werden.

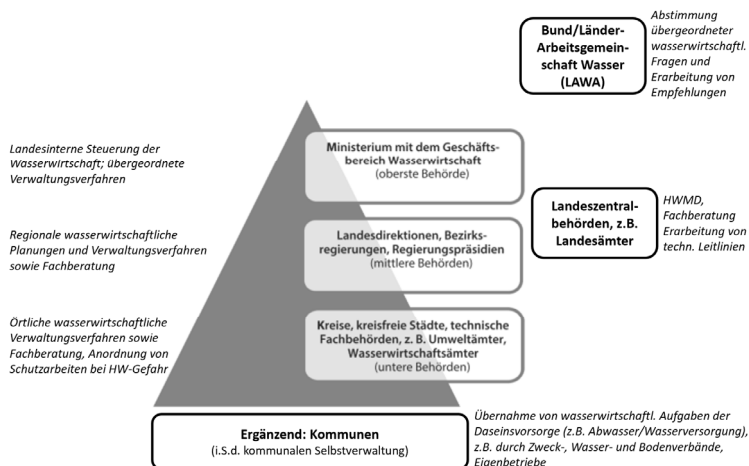


Abbildung 4: Dreistufiger Verwaltungsaufbau der Wasserwirtschaftsverwaltung inklusive ergänzender Institutionen sowie deren Aufgaben (in Kursiv dargestellt) (verändert nach KLUTH & SMEDDINCK 2020, inklusive Informationen von JÜPNER & MÜLLER 2010; GG 1949; LAWA 2019)

Bezugnehmend auf das Thema **Zuständigkeiten** agiert Deutschland hinsichtlich des Themas Hochwasser international als Mitgliedstaat der Europäischen Union innerhalb von grenzüberschreitenden Flussgebietskommissionen (z.B. Rhein, Elbe, Donau). Aufgrund des Föderalismus liegt das Thema „Wasser“ in Deutschland in der Zuständigkeit von Bund und Ländern (KLUTH & SMEDDINCK 2020). Für den Vollzug des Wasserrechts sind die Bundesländer und Kommunen zuständig. Der Verwaltungsaufbau in den Bundesländern kann zweistufig ohne Mittelinstanz mit oberen und unteren Landesbehörden (z.B. in Niedersachsen) oder dreistufig (s. Abbildung 4) mit obersten, oberen und unteren Landesbehörden (z.B. Rheinland-Pfalz, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Nordrhein-Westfalen) erfolgen. Zusätzlich gibt es Landeszentralbehörden für übergeordnete fachliche Aufgaben sowie die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), ein Zusammenschluss von Bund und Ländern zur Erarbeitung von wasserwirtschaftlichen Empfehlungen. Einige wasserwirtschaftliche Aspekte sind zudem Gegenstand der kommunalen Selbstverwaltung (gem. Art. 28 GG), wonach Kommunen (oder kommunale Zusammenschlüsse) Gestaltungsspielraum bei Angelegenheiten in eigener

Zuständigkeit erhalten und Satzungen erlassen können. Die Aufgabenzuordnung sowie die Zuständigkeiten unterscheiden sich je nach Bundesland und werden daher im Folgenden nur allgemein in Abbildung 4 dargestellt (JÜPNER & MÜLLER 2010; LAWA 2010, 2019, 2013; KLUTH & SMEDDINCK 2020).

2.1.4 Hochwasservorhersagen und -meldungen

Der Hochwassermelde- und -vorhersagedienst warnt vor Wassergefahren und ist im Rahmen der Informationsvorsorge ein wichtiger Bestandteil einer weitergehenden Hochwasservorsorge im Sinne des HWRM-Zyklus zur Begrenzung von Hochwasserschäden mit dem Ziel, Entscheidungsträgern sowie der Öffentlichkeit eine frühzeitige Vorbereitung auf ein Hochwasserereignis zu ermöglichen (Verhaltensvorsorge). Ziel ist es somit, Hochwassergefahren frühzeitig zu erkennen und Betroffene rechtzeitig mit Hilfe von Hochwassermeldungen und -vorhersagen informieren zu können (s. Tabelle 3) (LFU 2022; MÜLLER 2018; LAWA 2014).

Tabelle 3: Hochwassermeldung und -vorhersage als Instrumente zur Warnung vor Hochwassergefahren (Eigene Darstellung nach LAWA 2014)

Warnung vor Hochwassergefahren	
Hochwassermeldung	Hochwasservorhersage
<ul style="list-style-type: none"> - Information über einen Messwert (inklusive Zeitangabe), der eine hochwasserrelevante Auslöseschwelle (z.B. Meldestufe) an einem Pegel überschreitet (Punktinformation über Ist-Zustand an einem Pegelstandort) - Datenmeldung und/oder Lagebericht 	<ul style="list-style-type: none"> - Mit Modell berechnete Informationen über zukünftig zu erwartenden Wasserstandsverlauf (Prognose) - Erwartete Wasserstände oder Ganglinie in Stundenwerten inkl. Eintrittszeitpunkten inkl. Angabe der Unsicherheiten (Punktinformation über zukünftige Entw.)
Wer, wann bzw. zu welchen Meldestufen bzw. Auslöseschwellen informiert bzw. gewarnt wird, regeln jeweils landesrechtliche Vorschriften.	

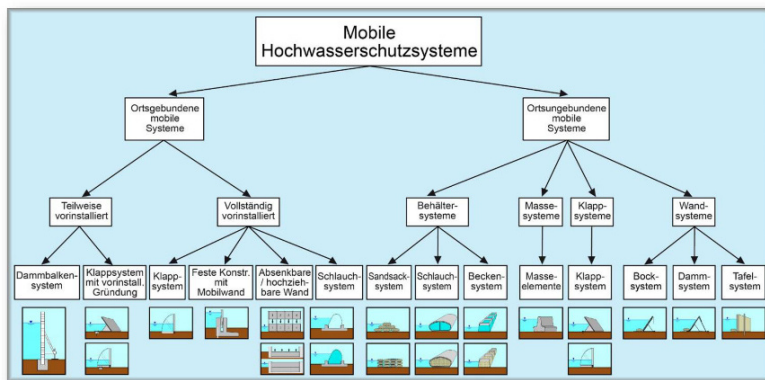
Zu den Tätigkeitsfeldern des Hochwassermelde- und -vorhersagedienstes gehört neben der Hochwasserinformation und -vorhersage sowie der Erstellung von täglichen Hochwasserlageberichten die Einrichtung bzw. Verbesserung von kommunalen Warn- und Informationssystemen (LAWA 2013). Im Rahmen von regelmäßigen Lageberichten erfolgt die Weitergabe von Hochwassermeldungen (aktuelle Wasserstände und deren vorhergesagte Entwicklung) an die für den Katastrophenschutz zuständigen Meldestellen. Diese warnen anschließend nach örtlichen Warnplänen die Bevölkerung und führen die notwendigen Schutzmaßnahmen durch. Die Hochwassermeldungen werden zudem auf verschiedenen Wegen (z.B. Internet, Rundfunk, Videotext und Apps wie „MEINE PEGEL“) direkt an die Betroffenen vor Ort verbreitet. Des Weiteren erfolgen eine Erteilung von Auskünften bzw. Beratung für z.B. Krisenstäbe und Kommunen sowie die Durchführung von Berechnungen und Beratungen zu geplanten oder außerplanmäßigen Einsätzen von Retentionsmaßnahmen, wie z.B. Flutpoldern (LFU 2018, 2022).

2.1.5 Technischer Hochwasserschutz

Der Technische Hochwasserschutz (HWS) ist ein wesentlicher Bestandteil des Hochwasser-
risikomanagementzyklus nach LAWA. Er beinhaltet gemäß LAWA (2019) und JÜPNER et al.
(2020b) für den Schutz gegen Überschwemmungen im Binnenland:

- bauliche Anlagen in hochwassergefährdeten Gebieten, wie Deiche, Dämme, feste oder mobile Hochwasserschutzwände,
- bauliche Anlagen zur Regulierung des Wasserabflusses durch Hochwasserrückhalte-
maßnahmen (z.B. Flutpolder, Hochwasserrückhaltebecken), bei denen anlagen-
bedingt durch Abflussmodellierung Einfluss auf das hydrologische Regime
genommen wird,
- Eingriffe zur Reduzierung von Überschwemmungen durch Freihaltung/Vergrößerung
der Abflussquerschnitte und
- Objektschutzmaßnahmen an gefährdeten Einzelobjekten.

Abbildung 5 verdeutlicht die Vielfalt an vorhandenen Ausführungen von mobilen
Hochwasserschutzsystemen. Diese werden unterschieden in ortsgebundene und
ortsungebundene mobile Systeme (KOPPE & BRINKMANN 2011).



Grafik: B.Koppe, B.Brinkmann, Bremen 2011

Abbildung 5: Mobile Hochwasserschutzsysteme (KOPPE & BRINKMANN 2011)

Abschließend sei angemerkt, dass JÜPNER et al. (2020b) ausdrücklich darauf hinweisen, „dass es keinen absoluten Hochwasserschutz geben kann, sondern nur eine durch definierte und festgelegte Schutzziele (Bemessungshochwasser) vorgegebene Begrenzung der negativen Auswirkungen des Hochwassers. Daher ist bei jeder Einzelmaßnahme das verbleibende Risiko in die Betrachtung mit einzubeziehen und angemessen zu berücksichtigen.“

Im Hochwasserfall sind die technischen Anlagen zu sichern, zu verteidigen oder in Betrieb zu nehmen. Eine Anleitung zur operativen Deichverteidigung findet sich u.a. in LHW (2018).

2.1.6 Zwischenfazit zum Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement²

Der Fokus des Hochwasserrisikomanagements liegt auf der Vermeidung, dem Schutz und der Vorsorge. Nach dem in Abbildung 3 dargestellten Hochwasserrisikomanagementzyklus gelten die drei Phasen „Vermeidung“, „Schutz“ und „Vorsorge“ für die Zeit vor einem Hochwasserereignis, die vierte Phase „Wiederherstellung/Regeneration/Überprüfung“ für den Zeitraum nach einem Ereignis. Für die Zeit während eines Ereignisses wird keine eigenständige Phase definiert und werden keine entsprechenden wasserwirtschaftlichen Maßnahmen zugeordnet, außer den bereits ergriffenen bzw. vorbereiteten. So greift im Rahmen der Ereignisbewältigung z.B. der technische Hochwasserschutz, wobei technische Hochwasserschutzanlagen grundsätzlich nur gegen Hochwasserereignisse einer gewissen Jährlichkeit, die sog. Bemessungshochwasserereignisse, schützen. Das verbleibende Risiko einer Überflutung dieser Anlagen ist damit systemimmanent und kann auch bei noch so guten technischen Schutzsystemen nie vollständig ausgeschlossen werden (JÜPNER et al. 2020b). Zudem ist für viele Regionen ein vollumfänglicher technischer Hochwasserschutz für sehr seltene und über den Bemessungswasserständen auftretende Hochwasserereignisse weder faktisch realisierbar noch finanziell umsetzbar (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

Es wird deutlich, dass sich das Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement insbesondere auf Aspekte der Vorbereitung in der Zeit vor einem Ereignis konzentriert. Im Rahmen einer organisatorischen Vorbereitung stellen Hochwassergefahrenkarten, Starkregengefahren- und -hinweiskarten sowie ggf. Hochwasserpartnerschaften geeignete Maßnahmen zur Ausbildung und Sensibilisierung der beteiligten Akteure und potenziell Betroffenen dar. Hierzu können auch Flutungsmodelle zur Abwägung von Handlungsalternativen eingesetzt werden. Ergänzend helfen Hochwasservorhersagen und -meldungen im Sinne der Informationsvorsorge Hochwassergefahren frühzeitig zu erkennen und Betroffene, Kommunen sowie den Katastrophenschutz zeitgerecht informieren zu können. Im Ereignisfall kann eine operationelle Steuerung wasserwirtschaftlicher Anlagen (z.B. Polder, Talsperren, Hochwasserrückhaltebecken) dazu dienen, den maximalen Hochwasserabfluss zu senken und so ggf. Deichbrüche zu verhindern (STMUV 2022). Die Wasserwirtschaft ist zudem im Rahmen der Erstellung wasserwirtschaftlicher Ereignisanalysen in die Ereignisnachbereitung eingebunden. Der Verzicht auf eine wasserwirtschaftliche Auseinandersetzung mit der Phase der Ereignisbewältigung widerspricht dem Einfluss, der in dieser Phase zu ergreifenden Maßnahmen auf das Maß des Gesamtschadens. Hinsichtlich der Unterscheidung von Starkregen- und Hochwasserereignissen zeigen sich Unterschiede in Bezug auf Dauer, Vorhersagbarkeit, örtliches Ausmaß und tendenziell gefährdete Regionen, welche u.a. zu Besonderheiten bei der jeweiligen Ereignisbewältigung führen können. Es bedarf folglich eines Konzepts, das diese Besonderheiten im Rahmen des operativen Hochwasserschutzes berücksichtigt.

² Teilinhalte wurde bereits veröffentlicht in SCHÜLLER & JÜPNER (2021).

2.2 Grundlagen des Katastrophenschutzes

Im folgenden Kapitel sollen die Grundlagen des Katastrophenschutzes vorgestellt werden. Hierzu gehören Informationen zu den Themen Stabsarbeit und Führung, Alarm- und Einsatzplanung, Alarmierung und Warnung sowie zu Kritischen Infrastrukturen (KRITIS).

2.2.1 Allgemeines zum Katastrophenmanagement

Zu Beginn soll der Begriff „Katastrophe“ erläutert und vom Begriff der „Krise“ unterschieden werden. Gemäß GRÜN & SCHENKER-WICKI (2014) entsteht „eine **Krise** aus einer risikobehafteten Situation [...], deren Folgen nicht eindeutig abschätzbar sind.“ Es handelt sich hierbei immer um einen Umbruch einer bislang kontinuierlichen Entwicklung (GRÜN 2005). Im Unterschied zu Krisen stellen **Katastrophen** in der Theorie gemäß GRÜN & SCHENKER-WICKI (2014) „extreme und meist plötzliche Ereignisse dar, welche einen erheblichen existentiellen, menschlichen und wirtschaftlichen Schaden zur Folge haben können und die betroffene Bevölkerung in ihrer Selbstorganisationsfähigkeit überfordern.“ Der Unterschied liegt folglich im Schweregrad und in der Bestimmtheit, da laut GRÜN & SCHENKER-WICKI (2014) „eine Katastrophe im Gegensatz zu einer Krise mit potenziell ambivalentem Verlauf immer negative Konsequenzen hat.“ Eine Wende zum Negativen hat ab Eintritt einer Katastrophe somit bereits stattgefunden (s. Abbildung 6). Bei einer Krise ergibt sich wiederum die Notwendigkeit, für eine Situation mit bislang noch ungewissem Ausgang Entscheidungen treffen zu müssen (ADAM 2006). Im Begriffsverständnis des Katastrophenschutzes stützt sich die Definition der „Katastrophe“ wiederum weniger auf die Folgen, sondern auf den Mangel an Ressourcen im Vergleich zum zur Bewältigung benötigten Bedarf (§ 6 BHKG NRW 2015).

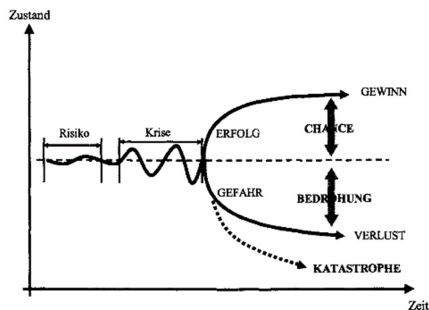


Abbildung 6: Visualisierung der Unterschiede zwischen Risiko, Krise und Katastrophe (ADAM 2006 in Anlehnung an SAYNISCH 1994)

Gemäß GRÜN (2005) umfasst das **Katastrophenmanagement** ein „Management im außergewöhnlichen und vielfach nicht vorhersehbaren Fall.“ Es beinhaltet sechs zyklisch aufeinander folgende Phasen und startet mit einer Risikoanalyse, worauf Vorbeugung, Bereitschaftserhöhung und nach Eintritt einer Katastrophe Rettungsmaßnahmen, humanitäre

Hilfe und Wiederaufbau folgen, bevor der Kreislauf erneut beginnt (s. Abbildung 7a). Die ersten drei Phasen werden unter dem Begriff der **Vorsorge**, die folgenden drei Phasen unter dem Begriff **Bewältigung** zusammengefasst. Das Schadensausmaß einer Katastrophe ist unter ansonsten gleichen Bedingungen abhängig davon, mit welcher Intensität die Vorsorge und Bewältigung bzw. Bekämpfung durchgeführt wurden.

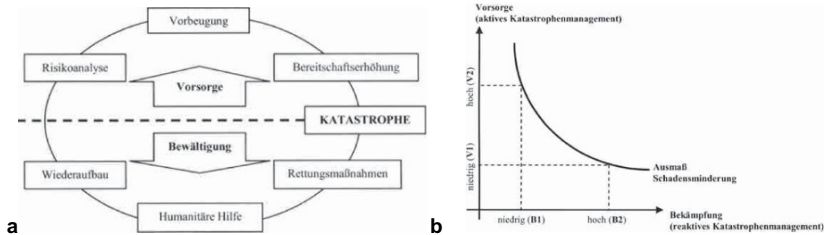


Abbildung 7: (a) Sechsstufiger Katastrophenmanagement-Kreislauf. (b) Beziehung zwischen Katastrophenvorsorge und Bekämpfung bzw. Bewältigung (a und b: GRÜN 2005)

Zudem wird in der Literatur zwischen den Begriffen Katastrophenvermeidung und -vorsorge unterschieden. Gemäß POHLMANN (2015) umfasst die „**Katastrophenvermeidung** [...] alle Maßnahmen, die den Eintritt einer Katastrophe verhindern sollen, die **Katastrophenvorsorge** ist die Vorbereitung auf Katastrophen mit dem Ziel ihrer Bewältigung.“ Sie beinhaltet u.a. die Aufstellung von Notfallplanungen (z.B. Alarm- und Einsatzplänen, Evakuierungsplänen), die Bereithaltung von Ressourcen (Personal und Material), die Herstellung einer Ausfallsicherheit (z.B. durch Redundanzen etc.) sowie regelmäßige Übungen (POHLMANN 2015). Wegen der knappen Ressourcen im Ereignisfall gilt es abzuwägen, ob man in die Katastrophenvorsorge investiert oder auf die Wirksamkeit der Bewältigung vertraut. Ziel bei der Wahl eines geeigneten Verhältnisses zwischen Katastrophenvorsorge und -bekämpfung ist ein möglichst hohes Ausmaß der Schadensminderung (s. Abbildung 7b).

2.2.2 Gesetzliche Grundlagen und Zuständigkeiten

Grundsätzlich fasst der **Bevölkerungsschutz** den Zivil- und Katastrophenschutz als Oberbegriff zusammen (KARUTZ et al. 2017). In Tabelle 4 erfolgt eine Darstellung relevanter Unterschiede zwischen Katastrophenschutz und Zivilschutz.

Während der **Zivilschutz** den Schutz und die Verteidigung der Zivilbevölkerung im Verteidigungs- und Spannungsfall (d.h. in Kriegszeiten) in Bundeszuständigkeit umfasst, liegt beim **Katastrophenschutz** in Friedenszeiten sowie in Bezug auf die allgemeine Gefahrenabwehr die Zuständigkeit bei den Ländern (s. Art. 30 und 70 GG). Bundeswehr und THW als Organisationen des Bundes sind somit im Rahmen des Katastrophenschutzes nicht zuständig und daher bei Hochwasser- und Starkregenereignissen nur unterstützend tätig (KARUTZ et al. 2017; GG 1949; MDI RLP 2021). Katastrophenschutz umfasst folglich „eine

landesrechtliche Organisationsform der kommunalen und staatlichen Verwaltungen in den Ländern zur Gefahrenabwehr bei [...] Katastrophen, bei der alle an der Gefahrenabwehr beteiligten Behörden, Organisationen und Einrichtungen unter einheitlicher Führung durch die örtlich zuständige [...] Katastrophenschutzbehörde zusammenarbeiten.“ Der Begriff Gefahrenabwehr umfasst hierbei die „Gesamtheit der notwendigen staatlichen Maßnahmen, um eine im Einzelfall bestehende, konkrete Gefahr für die [...] öffentliche Sicherheit oder Ordnung abzuwehren“ (BBK 2022).

Tabelle 4: Inhalte des nichtpolizeilichen Bevölkerungsschutzes mit dessen Bestandteilen Katastrophenschutz und Zivilschutz (Eigene Darstellung nach MDI RLP 2021; KARUTZ et al. 2017; GG 1949)

	Bevölkerungsschutz	
	Katastrophenschutz	Zivilschutz
Gesetzgebungskompetenz	Länder	Bund
Rechtsgrundlage	16 Brand- und Katastrophenschutzgesetze	Zivilschutz- und Katastrophenhilfegesetz (ZSKG)
Ziel	Schutz in Friedenszeiten und allgemeine Gefahrenabwehr	Schutz der Zivilbevölkerung im Verteidigungsfall
Zuständige Institutionen	Katastrophenschutzbehörden der Länder (Landesinnenministerien, ggf. obere Landesbehörden, Kommunen, u.a. mit ihren Feuerwehren)	Bundesinnenministerium (BMI), Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), Technisches Hilfswerk (THW), sowie KatS-Strukturen der Bundesländer zur Ausführung des Zivilschutzes

Zuständig für den Katastrophenschutz sind bei einem zweistufigen Verwaltungsaufbau in den einzelnen Bundesländern die Innenministerien sowie die Kommunen (d.h. explizit die Landräte der Kreise bzw. die Oberbürgermeister in den kreisfreien Städten) und bei einem dreistufigen Aufbau zusätzlich die oberen Landesbehörden als Mittelinstanz (KARUTZ et al. 2017). Gemäß MDI RLP (2021) wird „je nach landesrechtlicher Ausgestaltung [...] ein Großteil der Aufgaben im Katastrophenschutz mehrheitlich als staatliche Auftragsverwaltung, als Pflichtaufgabe nach Weisung (z.B. NRW) oder als Pflichtaufgabe der kommunalen Selbstverwaltung (RLP) durch die Landkreise und kreisfreien Städte wahrgenommen. Die Länder selbst haben dabei meist nur zentrale Aufgaben inne und üben eine je nach Landesrecht unterschiedlich ausgestaltete Aufsicht über die kommunalen Katastrophenschutzbehörden aus.“

2.2.3 Stabsarbeit

Gemäß HEIMANN & HOFINGER (2016) ist „ein Stab [...] ein Beratungs- und Unterstützungsgremium, das der Person, die in einer kritischen Situation entscheidet, zurarbeitet und dazu spezifische Rollen und Strukturen sowie Informationsflüsse nutzt.“ In seiner Rolle als temporäre Führungsunterstützung wird er daher gebildet, wenn die Lage so

umfangreiche Anforderungen an die Führung stellt, dass diese die Aufgaben alleine nicht bewerkstelligen kann (HOFINGER & HEIMANN 2016). Er wird zu diesem Zweck je nach Erforderlichkeit auch bei Hochwasser- und Starkregenereignissen eingerichtet.

Ziel bzw. Aufgabe eines Stabes ist es, „Information in koordiniertes, zielgerichtetes Handeln um[zu]setzen“ (HOFINGER & HEIMANN 2016). Hierzu zählen strategische Aufgaben, wie z.B. Beratung, Planung und Vorbereitung von Entscheidungen, sowie eher operative Aufgaben, wie z.B. Koordination, Informationsmanagement, Lagebilderstellung, Wissenssammlung, Kontaktaufnahme zu weiteren Stellen, Dokumentation, Presse- und Öffentlichkeitsarbeit sowie die Bereitstellung von personellen und materiellen Ressourcen (HOFINGER & HEIMANN 2016). Hinsichtlich der Zeitperspektive handelt es sich nach HEIMANN & HOFINGER (2016) bei „Stäben [um] eine befristete Zusammenarbeit [...] [die] sich an den kurzfristigen (operativ-taktischen oder strategischen) Zielen eines aktuellen Ereignisses [orientiert].“

Die Stabsarbeit wird in der Feuerwehr-Dienstvorschrift (FwDV) 100 „Führung und Leitung im Einsatz – Führungssystem“ geregelt und ist von den Ländern umzusetzen. Im Folgenden soll exemplarisch die DV 100 aus Rheinland-Pfalz (MDI RLP 2000) zitiert werden.

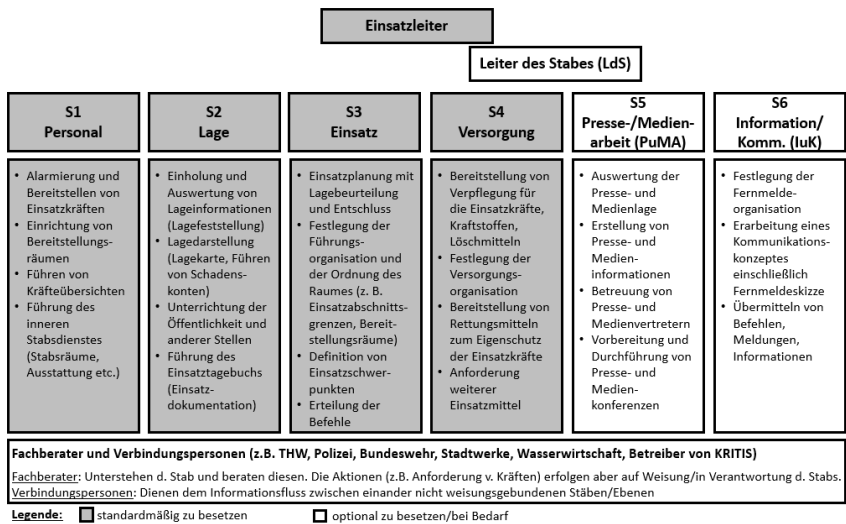


Abbildung 8: Aufbau des Führungsstabes inklusive Aufgabenverteilung der Sachgebiete (verändert nach MDI RLP 2000; HOFINGER & HEIMANN 2016)

Die Zusammensetzung eines Führungsstabes nach FwDV bzw. DV 100 inklusive der Aufgaben der einzelnen Einheiten ist in Abbildung 8 dargestellt. Die exakte Aufgabenverteilung und Besetzung(-sstärke) der einzelnen Sachgebiete ist der jeweiligen Schadenslage und deren Erfordernissen anzupassen (HOFINGER & HEIMANN 2016; MDI RLP 2000).

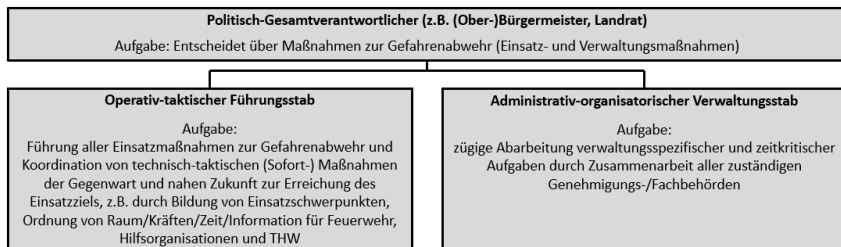


Abbildung 9: Komponenten der Einsatzleitung mit Politisch-Gesamtverantwortlichem sowie Führungs- und Verwaltungsstab (verändert nach Mdl RLP 2000; OLEV.DE; HOFINGER & HEIMANN 2016)

Bei Großschadenslagen (weiträumig oder lang andauernd) wird die Leitung durch einen Politisch-Gesamtverantwortlichen ((Ober-)Bürgermeister, Landrat) notwendig, der sich eines Führungsstabes (operativ-taktisch) sowie eines Verwaltungsstabes (administrativ-organisatorisch) zur Erfüllung der anfallenden Aufgaben bedient (s. Abbildung 9) (MDI RLP 2000).

2.2.4 Führungskreislauf nach FwDV 100

Die Grundlage für die Führung eines Einsatzes stellt bei der Feuerwehr der Führungskreislauf (oder Führungsvorgang) nach FwDV 100 dar (s. Abbildung 10), welcher die Prozesse Lagefeststellung mit den Teilprozessen Erkundung und Kontrolle, die Einsatzplanung mit den Teilprozessen Lagebeurteilung und Entschluss sowie die Befehlsgebung umfasst. Nachdem Einsatzmaßnahmen festgelegt wurden, beginnt der Kreislauf je nach Gefahrenlage erneut (HOFINGER & HEIMANN 2016; MDI RLP 2000). Er wird auch in Hochwasser- und Starkregenlagen zur Entscheidung über zu treffende Maßnahmen, z.B. Warnung der Bevölkerung, angewandt.

Im Rahmen der Erkundung werden entscheidungsrelevante Daten und Informationen zur Erstellung eines Lagebildes gesammelt und aufbereitet (s. Abbildung 10). Gemäß DV 100 ist „die sorgfältige Lagefeststellung [...] das Fundament eines jeden Einsatzerfolgs“ und ist Hauptaufgabe des Sachgebietes S2 (Lage) (MDI RLP 2000). Im Sachgebiet S3 (Einsatz) soll anschließend die Einsatzplanung basierend auf der Identifikation von Problemen und deren anschließender **Priorisierung** bei der Bewältigung erfolgen. Ziel ist es, Einsatzmittel, an denen ein Mangel besteht, richtig einzusetzen. Das gilt nicht nur in der Katastrophe, sondern in jedem Einsatz. Grundsätzlich ist die größte Gefahr prioritär zu bekämpfen. Dies lässt sich entweder anhand der geschätzten Schadenshöhe und der Eintrittswahrscheinlichkeit definieren oder anhand der Frage, wo grundsätzlich der größte Schaden ohne Eingreifen eintreten würde. Vorrangiges Ziel vor dem Schutz von Sachwerten sind immer die Rettung von Menschenleben und die Abwendung von Gesundheitsgefahren.

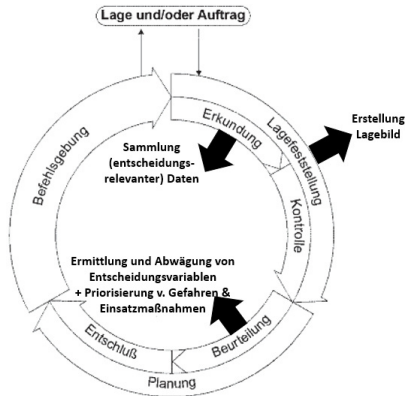


Abbildung 10: Führungskreislauf nach (Fw)DV 100. Anmerkung: Die mit den Pfeilen benannten Punkte stellen die Verbindung zu den thematischen Schwerpunkten der vorliegenden Arbeit (z.B. Priorisierung, Entscheidungsvariablen, entscheidungsrelevante Daten) her und verorten diese im dargestellten Prozess der Führung (verändert nach MDI RLP 2000)

Auf der Lagefeststellung fußt damit eine Lagebeurteilung im Rahmen der Einsatzplanung, welche eine Erfassung und Priorisierung von Gefahren beinhaltet (s. Abbildung 10), um anschließend hieraus abzuleiten, welche Einsatzmaßnahmen prioritär durchzuführen sind. Im Rahmen der Lagebeurteilung erfolgt eine Ermittlung und Abwägung von verschiedenen **Entscheidungsvariablen** sowie der Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten, „wie der Auftrag zur Gefahrenabwehr oder Schadenbeseitigung mit den zur Verfügung stehenden Einsatzkräften und -mitteln unter den Einflüssen von Ort, Zeit und Wetter am besten durchgeführt werden kann“ (s. Abbildung 11) (MDI RLP 2000).



Abbildung 11: Betrachtung von Entscheidungsvariablen im Rahmen der Lagebeurteilung (verändert nach MDI RLP 2000)

Der Entschluss über durchzuführende Maßnahmen und einzusetzende Mittel und Kräfte beendet die Einsatzplanung und führt zur Befehlsgebung (MDI RLP 2000).

2.2.5 Priorisierung und Prioritätensetzung im Katastrophenschutz

Da gemäß POHLMANN (2015) Katastrophenschutz als ein Koordinierungsinstrument anzusehen ist, beinhaltet dies „die Notwendigkeit der Entscheidung über die Auswahl und die Reihenfolge von Maßnahmen“. Prioritätensetzung bezüglich Einsatzmaßnahmen ist daher Aufgabe und wesentlicher Inhalt der Einsatzleitung sowie des Sachgebietes S3 (Einsatz) bei der Einsatzplanung (HOFINGER & HEIMANN 2022; POHLMANN 2015).

Der Begriff Priorisierung umfasst gemäß POHLMANN (2015) „die Erstellung einer Rangfolge nach bestimmten Kriterien, etwa nach Dringlichkeit oder Wichtigkeit“. Sie kann grundsätzlich auf der Makroebene, z.B. bei der Ressourcenbeschaffung im Rahmen der Ereignisbewältigung durch eine zeitliche Staffelung oder die Vorbereitung auf verschiedene Szenarien der Reihe nach, oder auf der Mikroebene, bezüglich einer Rangfolge hilfebedürftiger Personen oder möglicher Maßnahmen, stattfinden. Des Weiteren erfolgen Prioritätensetzungen in den Schritten der Katastrophenvermeidung, der -vorsorge sowie der -bewältigung.

Die Notwendigkeit einer Prioritätensetzung ergibt sich insbesondere bei komplexen, lang andauernden Großschadenslagen, wobei hier auch Wechselwirkungen (z.B. durch Kaskadeneffekte) zwischen verschiedenen Schutzgütern berücksichtigt werden müssen. Des Weiteren ist eine Priorisierung erforderlich, wenn in einem bestimmten Zeitfenster nicht genügend Ressourcen (Kräfte und Mittel) zur Verfügung stehen, um alle gebotenen Aufgaben gleichzeitig anzugehen. Ressourcenknappheit kann hierbei z.B. durch Zeitbedarf bei der Mobilisierung von Ressourcen, Unteilbarkeit von benötigten Leistungen, Unzugänglichkeit in Gebiete bzw. zu Hilfebedürftigen, die Nichtverfügbarkeit von eigentlich vorhandenen Ressourcen (z.B. für den Grundschutz zurückgehaltene Ressourcen) sowie eine „absolute Begrenztheit der verfügbaren Ressourcen“ entstehen (POHLMANN 2015).

Grundsätzlich sollten „in Stäben [...] die jeweiligen Ziele und Prioritäten im Rahmen des Entscheidungsprozesses immer klar definiert und benannt sein. Je nach Stab und Lage können Ziele vorgegeben sein oder es müssen Oberziele konkretisiert und mit Prioritäten versehen sowie Zielkonflikte benannt werden. Daher sollten Stäbe in ihre Entscheidungshilfen den Punkt ‚Ziele und Prioritäten‘ aufnehmen“ und an alle Beteiligten kommunizieren (HOFINGER & HEIMANN 2022).

Den vorhandenen gesetzlichen Vorschriften zur Prioritätensetzung ist ein gemeinsames Grundverständnis zu entnehmen, das bereits auf Ebene der Schadensvorsorge erfolgt. Sie gehen aus von

- a) einer Priorisierung nach Hilfsbedürftigkeit (Vorrang von Notfällen),
- b) einem Vorrang von Leben und Gesundheit vor anderen Rechtsgütern,
- c) einem Vorrang des Versorgungsbedarfs der Allgemeinheit vor Einzelinteressen,
- d) einem Vorrang der Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit staatlicher und anderer Einrichtungen zur Krisenbewältigung (POHLMANN 2015).

2.2.6 Entscheidungsrelevante Daten im Katastrophenschutz

Im Rahmen der Erkundung werden entscheidungsrelevante Daten und Informationen zur Erstellung eines Lagebildes gesammelt und aufbereitet. Dies umfasst u.a. Faktoren, wie „Ort, Zeit, Wetter, Schadenereignis / Gefahrenlage und [...] Möglichkeiten zur Schadenabwehr“ (s. Abbildung 12) (MDI RLP 2000).

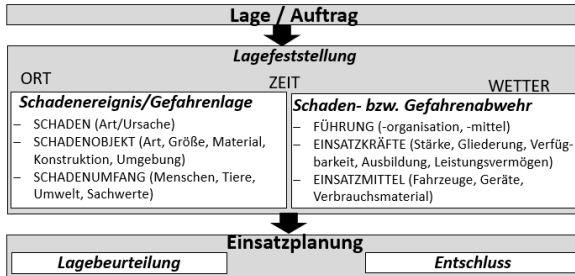


Abbildung 12: Entscheidungsrelevante Daten im Rahmen der Lagefeststellung (verändert nach MDI RLP 2000)

Im Merkblatt 07/01 „Geodateninfrastrukturen in Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)“ von VfDB (2020) wird dargestellt, wie Geodaten zur Einsatzvorbereitung, -lenkung, für den Einsatzbetrieb sowie für die Ausbildung innerhalb der BOS mit Hilfe eines entsprechenden Geodatenkonzeptes für BOS genutzt werden können (VfDB 2020).

Die dazugehörigen Prozesse beinhalten die Erfassung, Verarbeitung, Visualisierung, Speicherung und Analyse von Geodaten, welche in Geobasisinformationen (über Vermessungs-/Katasteramt oder Fachamt), thematische Fachinformationen (von öffentlichen und privaten Fachstellen) und Ereignisinformationen (z.B. Drohnenbilder, Wetterradardaten) unterschieden werden können (s. Abbildung 13). Im Anhang des Merkblattes erfolgt eine exemplarische Auflistung potenzieller (entscheidungsrelevanter) Geodaten für BOS inklusive dazugehöriger Datenquellen und Aktualisierungsintervalle (VfDB 2020).

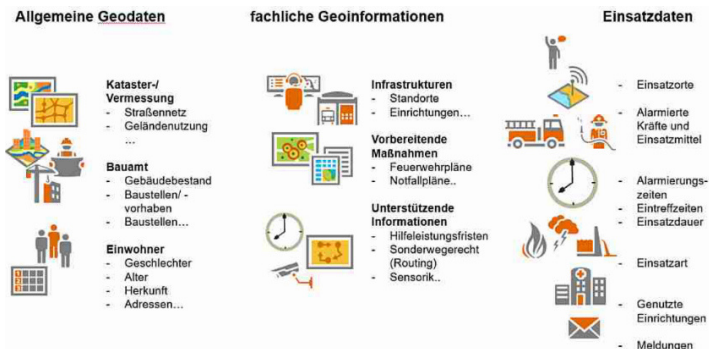


Abbildung 13: Geodaten im BOS-Umfeld (VfDB 2020)

2.2.7 Alarm- und Einsatzpläne Hochwasser und Starkregen

Ein Alarm- und Einsatzplan (AEP) für Hochwasser und/oder Starkregen (s. Tabelle 5) ist eine „speziell auf die Auswirkung und bedrohten Schutzgüter des ermittelten Hochwasserrisikos abgestimmte disziplinübergreifende kommunale Planung“ (KREIS DÜREN 2020). Er besteht aus den zwei Komponenten Alarmplan und Einsatzplan, die man gemäß Tabelle 5 wie folgt unterscheiden kann. In der Praxis gehen beide Planungen oftmals fließend ineinander über.

Tabelle 5: Bestandteile eines Alarm- und Einsatzplans (AEP) Hochwasser (Eigene Darstellung nach WBW 2006; IKONE 1999; MDI RLP 2020; JÜPNER et al. 2020a)

Alarm- und Einsatzplan (AEP) Hochwasser	
<p>Allgemeine Informationen/Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Information: „Wer macht was wann?“ - Auflistung geeigneter bzw. erforderlicher Maßnahmen der Gefahrenabwehr zum Schutz von Menschen, Sachwerten, Kulturgütern und Umwelt für verschiedene Szenarien in logischer Reihenfolge - beinhaltet i.d.R. zusätzlich Kartenmaterial, Bedienungs- oder Aufbauanleitungen, vorbereitete Infoflyer/Durchsagen, Checklisten oder Listen der notwendigen Maßnahmen in Abhängigkeit von vordefinierten Auslöseschwellen (z.B. Wasserstand) - ergänzt den allgemeinen Katastrophenschutzplan der Kommunen - Auslösung des AEP erfolgt i.d.R. gemäß Melde- und Auslöseschema <p>Ziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ermöglichung systematischer und schneller Funktionsabläufe im HW- oder Starkregenfall - Stärkung der Zusammenarbeit aller Beteiligten durch klare/straffe Führungsorganisation/Koordination 	
Alarmplan	Einsatzplan
<ul style="list-style-type: none"> - enthält festgelegte Regeln, welche Einheiten bei einem vordefinierten Ereignis (z.B. definierte Pegelstände, Unwetterwarnungen) alarmiert werden sollen - Darstellung der Alarmierungswege (z.T. in graphischer Form) - gewährleistet rechtzeitige Einrichtung der Stabsstrukturen und funktionierenden Informationsfluss - regelt Zuständigkeiten und Zusammensetzung der Einsatzleitung - beinhaltet i.d.R. Informationen über Erreichbarkeiten aller Verantwortlichen, - regelt Alarmierung der Einsatzkräfte nach Überschreiten vordefinierter Auslöseschwellen 	<ul style="list-style-type: none"> - dient der Festlegung des Ablaufs sowie der Umsetzung konkreter Maßnahmen - legt die Dokumentation der Entscheidungs- und Meldewege fest - enthält Einsatzhinweise und Objektinformationen - beschreibt, welche Maßnahmen zur Schadensabwehr bei Hochwasser getroffen werden müssen, um die Auswirkungen so gering wie möglich zu halten (z.B. Warnung, Einsatzmaßnahmen) - bereitet taktische Entscheidungen (Strategie) der Einsatzleitung und deren Umsetzung in Einsatzbefehle (d.h. Maßnahmen und Handlungsanweisungen) vor

Zur Festlegung der Strukturen und Einsatzmaßnahmen im AEP ist eine entsprechende Kenntnis über die möglichen ortsspezifischen Gefährdungen durch Hochwasser und Starkregen erforderlich. Gemäß MDI RLP (2020) „muss zunächst festgestellt werden, welche Flächen bei welchem Hochwasser, in welcher Ausprägung überflutet sind und welche Konsequenzen und Notwendigkeiten sich daraus für die Gefahrenabwehr ergeben.“ Dies kann

durch Hinzuziehen von Hochwassergefahren- und -risikokarten, Begehungen und Erfahrungswerte vor Ort oder Modellierungen erfolgen (MDI RLP 2020).

Muster- bzw. Rahmen-Alarm- und Einsatzpläne können die Kommunen bei der Aufstellung ihrer Alarm- und Einsatzplanung unterstützen. In einigen Bundesländern wie z.B. Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg gibt es bereits entsprechende bundeslandspezifische Orientierungshilfen (KREIS DÜREN 2020; WBW 2006; MDI RLP 2020). Zudem ist durch die DWA-AG 4.10 „Alarm- und Einsatzplanung Hochwasser“ ein bundeseinheitliches Muster bzw. Themenheft in Vorbereitung (DWA 2020). Bislang wird die Thematik Starkregen in den Muster- Alarm- und Einsatzplänen sowie in den bereits aufgestellten kommunalen AEPs nur als Randthema behandelt.

In entsprechenden Übungen soll die Anwendbarkeit des Alarm- und Einsatzplans auch in der hochwasserfreien Zeit in regelmäßigen Abständen überprüft sowie dessen Umsetzung für den Hochwasser- und Starkregenfall trainiert werden (WBW 2006).

2.2.8 Warnung und Alarmierung

Im Sinne des Katastrophenschutzes ist eine **Alarmierung** die Aktivierung der jeweiligen Behörden/Organisationen bzw. der Einsatzkräfte. Grundsätzlich geht diesem Prozess eine Information voraus, die auf Mess- und/oder Vorhersageinformationen aus Frühwarn- und Alarmsystemen (z.B. Überwachungssatelliten, Wetter- oder Pegelstationen) besteht. Es erfolgt hierbei eine kritische Einschätzung der Situation durch Erkennung von akuten Katastrophen- bzw. Gefährdungslagen, im Unterschied zu Risikoanalysen, welche der zustandsabhängigen Erkennung von potenziellen Gefährdungen dienen (GRÜN 2005; MDI RLP 2020).

Im Vergleich hierzu ist der Prozess der **Warnung** vor konkreten Gefahren auf die Bevölkerung bezogen. Es handelt sich hierbei um eine konkrete Einsatzmaßnahme, wo entsprechend dem Führungskreislauf nach erfolgter Abwägung und Entscheidung Handlungsanweisungen an die Bevölkerung herausgegeben werden. Welche Maßnahmen zur Warnung der Bevölkerung getroffen werden, richtet sich nach den von den Kommunen im Alarm- und Einsatzplan festgelegten ortsspezifischen Alarmstufen oder Informationswerten. Grundsätzlich kommen Sirenen oder z.B. Warnapps wie etwa NINA oder KATWARN zum Einsatz. Die Anzahl der Alarmstufen oder Informationswerte kann je nach Bundesland (und ggf. je nach Kommune) variieren. Diese können ggf. mit den Informations- und Meldestufen des Hochwassermeldedienstes der Länder identisch sein, stehen aber nicht zwingend damit im Zusammenhang (MDI RLP 2020; GRÜN 2005). Grundsätzlich sollten sich die **Auslöseschwellen** der Alarmstufen und die daraus resultierenden Einsatzmaßnahmen an den Prognosen bzw. Vorhersagen des Hochwassermeldedienstes oder an Wetterwarnungen (und nicht erst an dem Erreichen von festgelegten Pegelständen) orientieren, um eine rechtzeitige Einleitung der entsprechenden Maßnahmen gewährleisten zu können (KREIS DÜREN 2020).

2.2.9 Kritische Infrastrukturen

Eine Betroffenheit von kritischen Infrastrukturen (KRITIS) spielt im Hochwasser- und Starkregenfall für deren Ereignisverlauf sowie für die dazugehörige Bewältigung eine bedeutende Rolle. Es handelt sich hierbei um „Organisationen und Einrichtungen mit wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen, bei deren Ausfall oder Beeinträchtigung nachhaltig wirkende Versorgungsengpässe, erhebliche Störungen der öffentlichen Sicherheit oder andere dramatische Folgen eintreten würden“ (BMI 2009). Hierzu zählen z.B. Verkehrsverbindungen, Wasser- und Energieversorgungseinrichtungen, Krankenhäuser, Industrie- und Gewerbeanlagen und die Abwasserinfrastruktur (LAWA 2017).

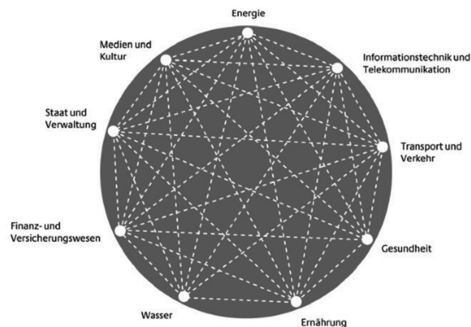


Abbildung 14: Interdependenzen bzw. unmittelbare Abhängigkeiten der Sektoren von Kritischen Infrastrukturen (KRITIS) sowie deren Branchen. Anmerkung: Es fehlt der Sektor der Siedlungsabfallentsorgung, der 2021 hinzukam (verändert nach BMI 2011)

Im Jahr 2011 hat sich der Bund auf neun Sektoren von KRITIS mit 29 Branchen verständigt (s. Abbildung 14), welche im Jahr 2021 mit der Siedlungsabfallentsorgung um einen zehnten Sektor erweitert wurden (BBK 2022a). Zwischen den einzelnen KRITIS zeigen sich branchenübergreifende Abhängigkeiten (s. Abbildung 14), welche zu kaskadenartigen Ausfällen führen können (s. auch FEKETE 2019). Es „reichen immer kleinere Störungen aus, um in komplexen Systemen dramatische Folgen zu verursachen (Verwundbarkeitsparadoxon)“ (BMI 2011). Eine Betrachtung von durch Hochwasser und Starkregen gefährdete KRITIS sollte laut LAWA (2020) bereits im Rahmen der Alarm- und Einsatzplanung, inklusive der Entwicklung von Notfallstrategien, erfolgen.

2.2.10 Zwischenfazit zum Katastrophenschutz

In Vorbereitung der Erkenntnisbildung im Rahmen der weiteren Abschnitte dieser Dissertation wurde in den v.g. Kapiteln ein Überblick über die rechtlichen, organisatorischen und strukturellen Rahmenbedingungen des Fachgebietes erarbeitet, um die später abzuleitenden Handlungsfelder den korrekten handlungsverantwortlichen Akteuren zuzuordnen. Im Rahmen des Führungskreislaufes (s. Abbildung 10), bildet die Lagefeststellung die Ausgangsbasis für

folgende Entscheidungen und Handlungen. Zweifelsfrei kann damit ein vollständiges, korrektes und belastbares Lagebild inklusive aller entscheidungsrelevanten Daten als erfolgsrelevanter Teilschritt auf dem Weg zur Ereignisbewältigung identifiziert werden. Dementsprechend findet dieser Aspekt in der Literatur umfangreich Beachtung, wobei allerdings nur im geringen Maße auf die szenarienspezifische Eingrenzung der tatsächlich **entscheidungsrelevanten** und damit zwingend vorzuhaltenden bzw. kurzfristig zu beschaffenden **Daten** für Hochwasser- und Starkregenereignisse eingegangen wird. In Anbetracht der zu erwartenden Ressourcenengpässe bei der Datenerhebung und -verarbeitung im Ereignisfall muss jedoch davon ausgegangen werden, dass ein klares Bild von dem Umfang und der Qualität dieses Datenbedarfs eine zwingende Voraussetzung für eine gleichzeitig fundierte und zeitgerechte Lagefeststellung darstellt. Ein Potenzial zur Aufwandsreduzierung besteht dabei in der Automatisierung einzelner Prozesse. Dazu müssen jedoch klare Auslöseschwellen je Prozess (z.B. Alarmierung, Warnung, Durchführung von Einsatzmaßnahmen) definiert sein. Die Weiterverarbeitung des gewonnenen Lagebildes erfolgt gemäß dem Führungskreislauf durch die Lagebeurteilung. Eine zentrale Leistung sowohl der damit befassten Organisationseinheiten als auch der handelnden Einzelpersonen besteht dabei in einer fundierten **Priorisierung** verschiedener Handlungsbedarfe und -optionen. Mit Blick auf die Handlungsoptionen nimmt die Kenntnis der verschiedenen **Entscheidungsvariablen** sowie der damit verbundenen Handlungsfolgen eine zentrale Rolle im Gesamtprozess ein. Aus diesem Umstand gebietet die Praxis die Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen, um Festlegungen zu den vorgenannten Überlegungen und Abwägungen schon im Vorfeld eines Ereignisses zu treffen und damit die Zahl und die Komplexität der im Ereignisfall ad hoc getroffenen Entscheidungen zu reduzieren. Den Kommunen bzw. zuständigen Entscheidungsträgern wird bei deren Ausgestaltung, nicht zuletzt zur Anpassung an örtliche Gegebenheiten, verhältnismäßig freie Hand gelassen. Durch das häufige Fehlen von Muster- bzw. Rahmen-Alarm- und Einsatzplänen in den einzelnen Bundesländern ergibt sich daraus jedoch eine entsprechende Vielfalt in Umfang und Qualität dieser Planungen. Von besonderer Relevanz ist dieser Aspekt im Kontext von Starkregenereignissen, die in den Alarm- und Einsatzplänen meist bislang keine Beachtung finden. Die rechtzeitige Alarmierung von Einsatzkräften sichert die Handlungsfähigkeit während des Einsatzes. Mit dem Ziel einer konzeptionellen Weiterentwicklung ist auch der Ereignisnachbereitung ein entsprechender Wert beizumessen.

Für den Bereich des Katastrophenschutzes kann festgestellt werden, dass das Handlungsfeld „**Struktur**“ (d.h. Alarm- und Einsatzplanung, Warnung/Alarmierung, Zuständigkeiten etc.) die Regelung wichtiger Grundprozesse für die Ereignisvorbereitung und -bewältigung umfasst. Es kann festgehalten werden, dass die vorgestellten Aspekte Priorisierung, entscheidungsrelevante Daten, Lagefeststellung/-beurteilung, Alarm- und Einsatzplanung, Warnung/Alarmierung und Entscheidungsvariablen zur Behandlung eines Hochwasserereignisses Anknüpfungspunkte für Beiträge der Wasserwirtschaft zum Katastrophenschutz bilden.

2.3 Operativer Hochwasserschutz an der Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz³

In den vorangegangenen Kapiteln wurden das Hochwasser- und Starkregenrisikomanagement sowie der Katastrophenschutz mit allen relevanten Aspekten zum Thema Hochwasserbewältigung dargestellt und entsprechende Grundlagen für den Leser zusammengestellt. Im Folgenden soll der operative Hochwasserschutz an der Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz untersucht werden.

2.3.1 Begriffsdefinition und Einordnung in den HWRM-Zyklus⁴

Technische Hochwasserschutzanlagen schützen grundsätzlich nur gegen Hochwasserereignisse einer gewissen Jährlichkeit, die sog. Bemessungshochwasserereignisse. Das verbleibende Risiko einer Überflutung dieser Anlagen ist damit systemimmanent und kann auch bei noch so guten technischen Schutzsystemen nie vollständig ausgeschlossen werden (MÜLLER & JÜPNER 2020; JÜPNER et al. 2020b; JÜPNER 2018a; THIEKEN et al. 2016). Zudem ist für viele Regionen ein vollumfänglicher technischer Hochwasserschutz für sehr seltene und über den Bemessungswasserständen auftretende Hochwasserereignisse weder faktisch realisierbar noch finanziell umsetzbar (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

Umso wichtiger ist daher ein funktionierender Katastrophenschutz, der in Fällen von Hochwasserkatastrophen den Schutz von Leib und Leben sowie die Minimierung der Schäden zu ermöglichen hilft. Trotz dieser offensichtlichen Bedeutung eines wirksamen Katastrophenschutzes im Falle eines seltenen (katastrophalen) Hochwasserereignisses erfährt dieser Teil im Hochwasserrisikomanagementkreislauf (s. Abbildung 15) bisher nur wenig Aufmerksamkeit. Noch seltener sind fundierte wissenschaftliche Ansätze zu finden, die eine generelle und umfassende Systemoptimierung thematisieren (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

In den Handlungsbereichen des Hochwasserrisikomanagements der LAWA (2019) sind die Bereiche „Katastrophenschutz und Gefahrenabwehr“ zwar im vorsorgenden Bereich genannt, jedoch auf die „Planung von Hilfsmaßnahmen für den Notfall“ reduziert. Im eigentlichen Hochwasserereignis zeigt sich dann indes eine Lücke, wie durch die nachfolgende Darstellung bisher unbeachtet durch das Fehlen einer Schnittstelle zwischen der Wasserwirtschaft und dem Katastrophenschutz verdeutlicht wird (s. Abbildung 15). Schnittstellenverluste sind in der Praxis vor allem dann zu beobachten, wenn es zu einem plötzlichen Übergang der Verantwortung von der Wasserwirtschaft auf den Katastrophenschutz kommt und eine gemeinsame Vorbereitungszeit entweder sehr kurz oder überhaupt nicht vorhanden ist (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

³ Bestandteile dieses Kapitels wurden bereits in SCHÜLLER & JÜPNER (2021), SCHÜLLER et al. (2022a), SCHÜLLER et al. (2022b) und JÜPNER et al. (2022) veröffentlicht.

⁴ Inhalte wurden bereits veröffentlicht in SCHÜLLER & JÜPNER (2021).



Abbildung 15: (Darstellungs-)Lücke im HWRM-Zyklus für die Zeit der Ereignisbewältigung (SCHÜLLER & JÜPNER 2021, verändert nach LAWA 2019)

Der Begriff des operativen Hochwasserschutzes wird in der HWRM-RL (2007), dem WHG (2009) und auch den Landeswassergesetzen bislang nicht definiert. Nach GRETZSCHEL (2008) wird sein Handlungsfeld zeitlich „während eines Hochwassers“ angesetzt. So verwendet der Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt den Begriff in seiner „Anleitung für den operativen Hochwasserschutz“ (LHW 2018) für die Verteidigung von Flusssdeichen und somit ausschließlich im Kontext der Hochwasserbewältigung. Eine weiter gefasste Definition des Begriffs erfolgt nicht. Vielfach werden die Begriffe „Einsatzphase“, „Gefahrenabwehr“ oder „Katastrophenschutz“ synonym für die Handlungen während eines Hochwassers verwendet, wobei zumindest die letzten beiden Begriffe im Wortsinn keine Begrenzung auf die Zeit *während* eines Ereignisses darstellen. Die LAWA (2019) verwendet die Begriffe „Gefahrenabwehr und Katastrophenschutz“ als Baustein des Hochwasserrisikomanagementkreislaufs im Kontext der Vorsorge – d.h., es wird die Phase vor einem Hochwasserereignis betrachtet – und folgt damit einem erweiterten Begriffsverständnis. Eine zusätzliche Begrifflichkeit zur Definition der dazugehörigen Umsetzungsphase *während* des Hochwasserereignisses und damit eine Abgrenzung oder eine ausdrückliche Verbindung der Teilprozesse fehlt jedoch. Im Folgenden soll daher erläutert werden, wie der Begriff des operativen Hochwasserschutzes aus heutiger Sicht zu definieren ist (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

Seit Erlass der HWRM-RL (2007) sind das Hauptziel des Gesetzgebers die Vermeidung, der Schutz und die Vorsorge vor Hochwasserereignissen unter Beteiligung der Betroffenen und Akteure aller Ebenen, in jeder Phase des HWRM-Kreislaufes (MÜLLER & JÜPNER 2020). Es

stellt sich die Frage, ob dieser Zielsetzung mit dem bisherigen Verständnis des operativen Hochwasserschutzes Genüge getan wird. Betrachtet man die Ereignisanalysen großer und katastrophaler Hochwasserereignisse der letzten Jahrzehnte, so zeigt sich ein klarer Trend: Je besser die Vorbereitung auf ein seltenes und vielfach für die Region überraschendes Ereignis erfolgt und je effektiver die Einsatzkräfte im operativen Hochwasserschutz zusammenwirken, desto geringer fällt der Schaden aus (MÜLLER 2010; MÜLLER & JÜPNER 2020). Hinsichtlich des Begriffs der „Hochwasserbewältigung“ ist eine fachliche Spezifizierung erforderlich, die auf die Möglichkeiten und Grenzen des operativen Hochwasserschutzes abzielt. Die „Hochwasserbewältigung“ dient laut MÜLLER (2010) „der Begrenzung des Ausmaßes und der Dauer einer Hochwasserkatastrophe“. Sie bezieht sich auf die Zeit *während* eines Hochwassers und beschreibt somit nur einen Teilschritt. Es ist unstrittig, dass durch eine zielgerichtete und fundierte Vor- und Nachbereitung von operativen Hochwasserschutzmaßnahmen, die auf fundierten Ereignisanalysen basieren (vgl. z.B. LHW 2014), die Handlungsabläufe im Rahmen der Hochwasserbewältigung weiterentwickelt werden können. Zudem sind nicht nur im Hochwasserrisikomanagement, sondern auch im Katastrophenschutz globale Entwicklungen (Megatrends) spürbar und beeinflussen diesen in zunehmendem Maße. Das betrifft neben dem Klimawandel vor allem den demographischen und digitalen Wandel (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

Die jüngsten verheerenden Hochwasserereignisse wie z.B. 2013 an Elbe und Donau und 2021 in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen zeigen auf, dass der operative Hochwasserschutz nicht auf eine Phase des Hochwasserrisikomanagementzyklus beschränkt werden kann, sondern ganzheitlich betrachtet werden muss. Das liegt neben der zunehmenden Komplexität der Anforderungen an die Hochwasserbewältigung auch und vor allem in der Tatsache begründet, dass im operativen Hochwasserschutz eine Vielzahl an beteiligten Akteuren Hand in Hand tätig werden muss (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

Es wird eine **Neudefinition des operativen Hochwasserschutzes** vorgenommen, wonach er alle einsatzvorbereitenden und -durchführenden Maßnahmen und Planungen an der Schnittstelle zwischen Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft umfasst, mit dem Ziel, über die rein wasserwirtschaftliche Hochwasservorsorge hinaus Risiken vorzubeugen und Schäden durch Hochwasser und Starkregen zu reduzieren (JÜPNER et al. 2022).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird die Annahme getroffen, dass der operative Hochwasserschutz, angelehnt an den Hochwasserrisikomanagementzyklus sowie den Katastrophenmanagementkreislauf, aus den Bereichen operative Hochwasservorsorge, operative Hochwasserbewältigung und operative Hochwassernachsorge besteht. Die Plausibilität und Richtigkeit dieser Annahme soll im Rahmen der Dissertation überprüft werden.

2.3.2 Beteiligte im operativen Hochwasserschutz⁵

Neben den Kommunen sind insbesondere die Wasserwirtschaft, der Katastrophenschutz (v.a. Feuerwehr und Katastrophenschutzbehörden) sowie die Einsatzkräfte des Bevölkerungsschutzes (THW, Bundeswehr, DRK u.a.) beteiligt. Diese beziehen zur Unterstützung ggf. vertraglich gebundene Dienstleister aus der Privatwirtschaft ein. Daneben wird die Bevölkerung im Rahmen von Eigenvorsorge und Selbsthilfe tätig (s. Abbildung 16). Anhand der verschiedenen Zuständigkeitsbereiche der involvierten Akteure wird deutlich, dass eine alleinige Einordnung des Begriffs „operativer Hochwasserschutz“ in die Handlungsfelder des Hochwasserrisikomanagements oder des Katastrophenschutzes irreführend wäre, da ein Zusammenwirken zur Bewältigung großer, d.h. in der Regel katastrophaler, Hochwasserereignisse zwingend erforderlich und durch den Gesetzgeber klar geregelt ist (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

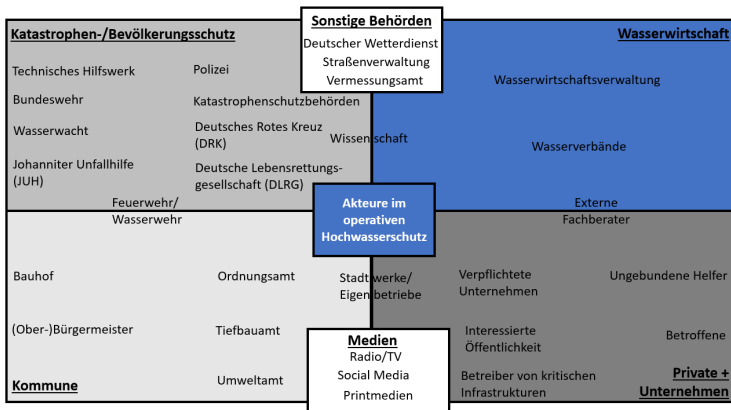


Abbildung 16: Beteiligte im operativen Hochwasserschutz (verändert nach SCHÜLLER & JÜPNER 2021)

2.3.3 Einfluss der Klimaänderungen auf den operativen Hochwasserschutz

Durch prognostizierte Klimaveränderungen ergeben sich neue Herausforderungen für den zukünftigen operativen Hochwasserschutz. So ist es gemäß IPCC (2021) „eindeutig, dass der Einfluss des Menschen die Atmosphäre, den Ozean und die Landflächen erwärmt hat.“ „Die globale Oberflächentemperatur [...] [war] in den ersten beiden Jahrzehnten des 21. Jahrhunderts (2001–2020) um 0,99 [...] °C höher als 1850–1900.“ Dieser als Klimawandel bezeichnete Prozess wirkt sich bereits weltweit auf Wetter- und Klimaextreme aus. Mit Hilfe von Klimaprojektionen, die auf verschiedenen Szenarien aufbauen, wird versucht die

⁵ Inhalt wurde bereits veröffentlicht in SCHÜLLER & JÜPNER (2021) sowie hieran angelehnt in SCHÜLLER et al. (2022b).

zukünftigen Veränderungen abzubilden (IPCC 2021; DWD 2021).

Die prognostizierte globale Erwärmung um ca. 1,5 bis 2 °C im Laufe des 21. Jahrhunderts führt zu regional unterschiedlich ausgeprägten Veränderungen von Klimaeigenschaften. So gibt es „seit dem Fünften Sachstandsbericht (AR5) [...] stärkere Belege für beobachtete Veränderungen von Extremen wie Hitzewellen, Starkniederschlägen, Dürren [...]“ (IPCC 2021).

„Viele Veränderungen im Klimasystem werden in unmittelbarem Zusammenhang mit der zunehmenden globalen Erwärmung größer.“ So haben „die Häufigkeit und Intensität von Starkniederschlagsereignissen [...] seit den 1950er Jahren über den meisten Landflächen zugenommen“ (IPCC 2021). Eine Fortsetzung dieser Entwicklung wird erwartet (IPCC 2021; BLENKINSOP et al. 2021).

Einschätzungen zu zukünftigen Extremereignissen sind jedoch bislang mit starken Unsicherheiten behaftet und lassen insbesondere in Bezug auf kleinräumige Ereignisse, wie Starkregen, keine quantitativen Aussagen zu (LAWA 2018b).

Laut den verschiedenen Klimaprojektionen werden des Weiteren Flusshochwasser tendenziell zunehmen, wobei hier mehrere Klimafaktoren zusammenspielen (IPCC 2021; UBA 2021). „Die Ausprägung extremer und schadbringender Hochwasserereignisse (HQ₁₀₀ und höher) unterliegt vielfältigen und je nach Ereignistyp individuell kombinierten Einflussfaktoren, die nur teilweise für längere Zeiträume in die Zukunft projiziert werden können und noch Gegenstand der Forschung sind“ (UBA 2021).

Aufgrund einer klimawandelbedingten Veränderung des Hochwasserverhaltens in Form einer Zunahme der Häufigkeit, Höhe oder Dauer von Hochwasserereignissen könnte das bisherige Bemessungshochwasser (BHW) an technischen Hochwasserschutzanlagen (i.d.R. ein HQ₁₀₀ nach DIN 19700) zukünftig häufiger erreicht oder überschritten werden, was ein sinkendes Schutzniveau bestehender Anlagen und eine daraus folgende stärkere Betroffenheit der Schutzgüter nach der HWRM-RL (2007) (menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten) zur Folge hätte (LAWA 2020; MUKE BW 2013; UBA 2021).

Durch die erwartete Zunahme von Hochwasserereignissen an kleineren oder urban geprägten Gewässern sowie durch ein wahrscheinlich häufigeres bzw. intensiveres Auftreten von Starkregenereignissen könnte es zu einer zunehmenden Betroffenheit von (ggf. bislang noch nicht gefährdeten) kritischen Infrastrukturen (z.B. Verkehrsverbindungen, Wasser- und Energieversorgungseinrichtungen und Abwasserinfrastruktur) und somit zu einer zunehmenden Notwendigkeit von entsprechenden Schutz- und Vorsorgemaßnahmen kommen (MARTEL et al. 2020; BLENKINSOP et al. 2021; LAWA 2020; MUKE BW 2013).

Aus den prognostizierten Klimaveränderungen resultieren daher neue Herausforderungen für den operativen Hochwasserschutz, weswegen eine Anpassung der bestehenden Systeme und Instrumente an den Klimawandel für erforderlich gehalten wird. Von der LAWA (2020) diesbezüglich vorgeschlagene Klimaanpassungsmaßnahmen werden in Kapitel 2.4.2 zusammenfassend dargestellt (s. Tabelle 6).

2.3.4 Operative Bewältigung von Starkregenereignissen⁶

In Kapitel 2.1.1 wurden die wasserwirtschaftlichen Besonderheiten von Starkregenereignissen und deren Unterscheidungsmerkmale zu Flusshochwasserereignissen dargestellt. Im Folgenden soll auf deren Herausforderungen für die Ereignisbewältigung und -vorbereitung eingegangen werden (s. Abbildung 17). Grundsätzlich beinhaltet eine operative Bewältigung von Starkregenereignissen alle einsatzvorbereitenden und -durchführenden Maßnahmen, die über die rein wasserwirtschaftliche Starkregenvorsorge sowie den technischen Schutz (z.B. technische Rückhaltemaßnahmen, Objektschutz) hinaus zu einer Risikominimierung und Schadensreduzierung sowie zum Schutz von Leib und Leben im Starkregenfall beitragen. Beteiligt ist hierbei immer die kommunale Gefahrenabwehr (SCHÜLLER et al. 2022b).


 Herausforderungen durch Starkregenereignisse für den operativen Hochwasserschutz	
<ul style="list-style-type: none"> • Kurze Vorwarn- und Vorbereitungszeit • Hohe Intensität (Höhe/Dauer) • Kleinräumiges Auftreten mit energiereichen Überflutungen in steilen Einzugsgebieten (hohe Strömungsgeschwindigkeiten) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Frachten an Sediment, Geröll sowie Treibgut mit der Gefahr der Verklauung an Einlaufbauwerken, Brücken oder anderen Engstellen • Oftmals fehlende Erfahrungswerte der lokalen Gefahrenabwehr
<p>→ Folge: Erhebliches Schadenspotenzial</p>	

Abbildung 17: Herausforderungen durch Starkregenereignisse für den operativen Hochwasserschutz (Eigene Darstellung nach FLACK et al. 2019; PERERA et al. 2019; THW 2016; SCHÜLLER et al. 2022b; MULNV NRW 2018; LUBW 2016)

Aufgrund des prognostizierten häufigeren und intensiveren Auftretens von Starkregenereignissen (s. Kapitel 2.3.3) betont die LAWA (2017) daher die Wichtigkeit von Schutz- und Vorsorgemaßnahmen gegen Starkregen und empfiehlt diesbezüglich die Aufstellung, Kommunikation und Erprobung von Alarm- und Einsatzplänen für Starkregenereignisse. Dort sollten auch die Prozesse Alarmierung und Warnung geregelt werden. Als Entscheidungsgrundlage kann hierzu beispielsweise die Wetterwarnung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) herangezogen werden, der vor Starkregen in drei Stufen anhand festgelegter Auslöseschwellen warnt (DWD 2022):

- „Regenmengen 15 bis 25 l/m² in 1 Stunde oder 20 bis 35 l/m² in 6 Stunden (Markante Wetterwarnung)
- Regenmengen > 25 bis 40 l/m² in 1 Stunde oder > 35 l/m² bis 60 l/m² in 6 Stunden (Unwetterwarnung)
- Regenmengen > 40 l/m² in 1 Stunde oder > 60 l/m² in 6 Stunden (Warnung vor extremem Unwetter)“

⁶ Inhalte dieses Kapitels wurden bereits in SCHÜLLER et al. (2022b) veröffentlicht.

„Selbst wenn offizielle Wetterwarnungen vorliegen, kann nicht genau bestimmt werden, wann, wo oder in welcher Intensität die Ereignisse tatsächlich auftreten; auch Fehlwarnungen treten häufig auf“ (LAWA 2018b). Zur Schadensvermeidung oder -minderung ist die kurze Zeitspanne zwischen der ersten Information über das bevorstehende Ereignis und dem tatsächlichen Eintritt einer kritischen Überflutungssituation optimal für Abwehrmaßnahmen zu nutzen. „Dies bedarf“, gemäß LUBW (2016), „einer guten Planung im Vorfeld, in der sowohl die erforderlichen Maßnahmen als auch die maßnahmenauslösenden Indikatoren (Wetterwarnungen, lokale Pegelstände oder Beobachtungen bzw. Ereignisse vor Ort) detailliert festzulegen sind. (...) Um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, müssen Entscheidungsprozesse [so weit wie möglich] in die Vorbereitungsphase verlagert werden.“ Dies verlangt politische Entscheidungen sowie die Klärung und Festlegung von Zuständigkeiten und (freiwillige) Vereinbarungen mit den an der Ereignisbewältigung beteiligten Akteuren (LUBW 2016; LAWA 2018b, SCHÜLLER et al. 2022b).

2.3.5 Technische Instrumente im operativen Hochwasserschutz⁷

Im Folgenden sollen technische Instrumente vorgestellt werden, die das Potenzial besitzen, im Rahmen des operativen Hochwasserschutzes unterstützen zu können.

Hochwassermanagement- und -informationssysteme können die Entscheidungsträger und Verantwortlichen bei der Planung und Umsetzung ihrer Hochwasser-Alarm- und Einsatzpläne während der Ereignisvorbereitung und -bewältigung unterstützen. Während Hochwasserinformationssysteme Fachdaten und Geobasisdaten visualisieren, beinhalten Hochwassermanagementsysteme zusätzlich „Hochwasserinformationen und Maßnahmen zur Entscheidungsunterstützung“ (GRETZSCHEL 2008). Naheliegende Anwendungsfelder liegen beispielsweise in der Datensammlung, Systematisierung oder Visualisierung von Daten im Rahmen der Lagefeststellung. Diese ermöglichen z.B. eine digitale Darstellung der geplanten Maßnahmen aus den Alarm- und Einsatzplänen, des Ressourcen- und Informationsmanagements, des benötigten Kartenmaterials sowie die Bündelung aller benötigten Informationen an einem zentralen Ort bei gleichzeitiger Möglichkeit einer bedarfsgerechten Informationsbereitstellung. Als entscheidungsrelevante Daten können beispielsweise landeseigene und kommunale Mess- und Prognosewerte zu Niederschlag und Wasserstand, Wetter- und Hochwasserwarnungen, Statusmeldungen technischer Hochwasserschutzanlagen (z.B. Füllstände von Hochwasserrückhaltebecken), Gefährdungszustände von kritischen Objekten sowie Lageinformationen oder Alarmstufen benachbarter Kommunen in den Systemen bereitgestellt bzw. zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. Hierzu gehört auch das Hinterlegen systemrelevanter Informationen für kritische Infrastrukturen (KRITIS), wie z.B.

⁷ Teilinhalte dieses Kapitels wurden bereits in SCHÜLLER & JÜPNER (2021), SCHÜLLER et al. (2022b) und SCHÜLLER et al. (2022a) veröffentlicht.

Ansprechpartner, zu evakuierende Personenzahl, derzeitiger Gefährdungszustand und Gebäudepläne. Im Hochwasserfall kann sich durch das Hinterlegen entscheidungsrelevanter Daten so ein schnelles Bild der Lage (z.B. mit Hilfe einer georeferenzierten Informationseingabe durch Erkunder) verschafft werden und der ortsspezifische Alarm- und Einsatzplan softwaregestützt ausgeführt werden (QUOIK & WALD 2020; TÜV RHEINLAND; GOERIGK et al. 2014).

Maßnahmen aus dem Alarm- und Einsatzplan können innerhalb der Hochwasser-managementsysteme mit Zuständigkeiten und/oder Auslöseschwellen versehen und anhand einer vorher festgelegten Reihenfolge systematisch abgearbeitet werden. Zusätzlich unterstützen sie die Stabsarbeit bei der Einsatzdokumentation und ggf. sogar bei der Ressourcenverwaltung. Neben einer Kommunikationsplattform für die Akteure kann auch eine Öffentlichkeitsplattform in das System mit eingebunden werden. Teilweise besteht darüber hinaus die Möglichkeit, mit mobilen Endgeräten georeferenzierte Daten in das System einzuspeisen und am Einsatzort benötigte Informationen abzurufen. Es gibt Bestrebungen, das Starkregenmanagement in Hochwassermanagement- und -informationssysteme einzubinden. Grundlage hierfür bildet die Einbindung von ortsspezifischen Starkregengefahrenkarten. In Deutschland gibt es derzeit eine Reihe an Systemen mit unterschiedlichem Funktionsumfang, die für unterschiedliche Anwenderkreise konzipiert wurden (z.B. für Verwaltungsstäbe, Unternehmen oder Kommunen (hier federführend die Bau-/Ordnungsämter und Feuerwehren)). Sie können des Weiteren zur Vorbereitung und Durchführung von Übungen eingesetzt werden (SCHÜLLER et al. 2022a; SCHÜLLER et al. 2022b; QUOIK & WALD 2020; GOERIGK et al. 2014; TÜV RHEINLAND).

Neben den vorgenannten technischen Systemen bieten **Methoden und Instrumente der Fernerkundung** die Möglichkeit räumliche einsatzbezogene Daten frühzeitig bereitzustellen, die zur Ordnung des Raums, zur Bewältigung der sog. „Chaosphase“ direkt nach Ereigniseintritt und zur Lageübersicht erheblich beitragen können. Neben topographischen Diensten der Landesvermessung liefern z.B. Open Street Map oder Google Maps Geobasisinformationen zu Topografie, Gebäuden oder Infrastruktur bzw. Verkehrswegen. Instrumente der Fernerkundung, z.B. Sensoren an Drohnen, Satelliten oder Flugzeugen, ermöglichen kurzfristig aktuelle Bilder und Fachinformationen zu ermitteln und anschließend entsprechend aufzubereiten und auszuwerten. Sie bieten somit ein Potenzial für den Einsatz im operativen Hochwasserschutz, z.B. bei der Erkundung von Deichbrüchen (JÜPNER et al. 2018; BRAUNECK et al. 2016), das von zuständigen Institutionen, z.B. vom Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) oder von dem Dienst Copernicus Emergency Management Service (EMS) der EU, aufgegriffen und weiterentwickelt wird, um Luftbilder und ausgewertete Datenprodukte im Katastrophenfall zur Verfügung stellen zu können. Hierzu gehören Informationen über Ausbreitungsgebiete, Zerstörungsgrad der Infrastruktur, Einsatzschwerpunkte oder Anfahrtswege. Er versorgt die zuständigen europäischen Stellen

mit Geoinformationen aus der Satellitenfernerkundung und umfasst eine Kartierungs- sowie eine Frühwarn- und Überwachungskomponente (European Flood Awareness System – EFAS) (JRC 2022; BBK 2022b; DOTTORI et al. 2017).

2.3.6 Operativer Hochwasserschutz im internationalen Kontext

Aufgrund der Tatsache, dass Fließgewässer auf der ganzen Welt existieren, handelt es sich auch bei der Bewältigung von Hochwasserereignissen im Binnenland um eine Problemstellung von internationaler Relevanz, wenngleich sich die praktischen Herausforderungen, z.B. in Anbetracht unterschiedlicher geographischer, klimatischer und rechtlicher Rahmenbedingungen regional unterscheiden. Von besonderer Relevanz ist diese internationale Komponente aber dann, wenn Fließgewässer grenzüberschreitend verlaufen oder gar den Grenzverlauf zwischen zwei Nationen abbilden. In diesem Fall gewinnen auch einzelne Hochwasserereignisse einen grenzüberschreitenden Charakter und bedürfen einer abgestimmten gemeinsamen Hochwasserbewältigung. Herausforderungen, wie kommunikative, technische, prozessuale und organisatorische Unterschiede, die sich bereits innerhalb eines Landes bei überregionalen Ereignissen stellen, treten bei internationalen Flussverläufen noch einmal zusätzlich in den Vordergrund. Aufgrund dessen bilden sich in entsprechenden Bereichen Kooperationen (THIEKEN et al. 2016).

Grundsätzlich unterstützt Interreg („Europäische Territoriale Zusammenarbeit“) grenzüberschreitende Kooperationen von z.B. Regionen. Im Rahmen dessen konnten bereits einige grenzüberschreitende Forschungsprojekte, wie z.B. die RAINMAN-Toolbox bezüglich der Entwicklung von Handlungsempfehlungen zur Risikominimierung und Organisation des Katastrophenschutzes für Starkregenereignisse (SPIRA et al. 2021; WEINER et al. 2021; EU 2022), gefördert werden (BBSR 2022).

Des Weiteren sei an dieser Stelle das Projekt DAREnet erwähnt, ein europäisches Verbundprojekt mit einem Zusammenschluss von Organisationen aus den Bereichen des Bevölkerungsschutzes sowie der Hochwasserbekämpfung (z.B. THW, DLR, Internationale Kommission zum Schutz der Donau etc.). Ziel des noch bis August 2022 laufenden Projektes ist die Entwicklung einer Innovationsstrategie für den Donaauraum (THW o.J.).

Auf Ebene der EU wurde in der Gemeinsamen Forschungsstelle (Joint Research Centre – JRC) der Europäischen Kommission für den Bereich des Katastrophen- und Krisenmanagements zudem der weltweit verfügbare Dienst „Copernicus Emergency Service“ (EMS) eingerichtet (s. Kapitel 2.3.5) (JRC 2022; DOTTORI et al. 2017).

Im Hinblick auf die Früherkennung von Ereignissen ist im internationalen Kontext der Beitrag von WERNER et al. (2009) erwähnenswert. Er behandelt die technische und organisatorische Zentralisierung und Standardisierung der Hochwasservorhersage durch zwei staatliche Agenturen in Großbritannien. Gemäß der Veröffentlichung konnte dadurch ein Qualitäts-

steigerung erzielt und Reibungsverluste bei der Anwendung reduziert werden. Mit Blick auf Weiterentwicklungspotenziale empfehlen die Autoren die verstärkte Berücksichtigung meteorologischer Einflüsse im Rahmen der Prognosen.

DEMERRIT et al. (2013) gehen darauf ein, dass die Vorhersagetechniken in Form sog. Ensemble-Vorhersagesysteme weiterentwickelt werden konnten, sodass Vorhersagen mit adäquater Qualität über einen längeren Zeitraum hinweg berechnet werden können. Dies ermöglicht ein früheres Tätigwerden der Einsatzkräfte. Befragungen in 17 europäischen Ländern ergaben, dass die verantwortlichen Entscheider, obwohl sie die Prognosequalität ebenfalls positiv bewerten, oftmals nicht bereit sind auf Basis solcher weit vorausschauenden Prognosen zu agieren. Die Autoren bezweifeln daher ungeachtet der technischen Machbarkeit die Akzeptanz für solche vorausschauenden Prognosen und damit deren aktuellen praktischen Nutzen für das Hochwasserrisikomanagement in den beforschten europäischen Ländern.

Um die Zusammenarbeit innerhalb der EU im Katastrophenschutz weiter zu stärken, wurde ein regelmäßig stattfindendes Lessons-Learned-Programm des EU-Katastrophenschutzverfahrens (Unionsverfahren / Union Civil Protection Mechanism, UCPM) eingerichtet, das jährlich stattfindet. 2021 beschäftigten sich die Mitgliedstaaten dort mit der Erarbeitung von Empfehlungen hinsichtlich der Flutkatastrophe 2021 im Westen Europas (BMI & BMF 2022). Zusätzlich sei an dieser Stelle das Netzwerk LAND4FLOOD erwähnt, das sich innerhalb der europäischen Initiative COST (European Cooperation in Science and Technology) mit dem Hochwasserrisikomanagement beschäftigt und einen entsprechenden internationalen (Wissens-) Austausch und die Bildung von Synergien fördert (IEEP 2022).

Auch die Niederlande beschäftigen sich mit Aspekten des operativen Hochwasserschutzes. So unterteilen Forscher des niederländischen Wissensinstitutes Deltares (EILANDER et al. 2016) das operative Hochwassermanagement in die vier aufeinanderfolgenden Phasen Vorbeugung, Vorbereitung, Gefahrenabwehr und Wiederaufbau. Sie stellen die Relevanz adäquater Informationen als Grundlage für Entscheidungen während aller Phasen heraus. Zu deren Beschaffung stellen sie zwei Ansätze vor. Zum einen sollen Wasserstandsprognosen in eine Modellierung der Überflutung und eine Analyse des Schadenspotenzials umgesetzt werden, um auf dieser Basis Maßnahmen festzulegen und zu priorisieren. Zudem sollen Social Media Daten in die Erstellung von digitalen Lagebildern eingebunden werden.

Auch in Asien ist das Thema der operativen Bewältigung von Hochwasser- und Starkregenereignissen präsent. Mehr als die Hälfte der weltweiten Hochwasserschäden entstehen in Asien, was gemäß TINGSANCHALI (2012) auf Starkregen und Hochwasser, jedoch auch auf anthropogene Ursachen zurückzuführen ist. Hinsichtlich des Einflusses von Hochwasserschutzmaßnahmen auf die entstehenden Schäden geht der Autor darauf ein, dass das Hochwasserrisikomanagement in asiatischen Entwicklungsländern ausschließlich durch Regierungsstellen betrieben wird. Ein Potenzial zur Qualitätsverbesserung sieht er in der Einbindung von Nicht-Regierungsorganisationen (NGOs) sowie des privaten Sektors. Damit

soll eine Abkehr von einer reaktiven zu einer proaktiven Bewältigung von Hochwasserkatastrophensituationen ermöglicht werden. Dies bedeutet die bewusste Einbindung zusätzlicher Akteure statt einer Zentralisierung der Verantwortung.

TYLER et al. (2019) geben einen Überblick zum Thema Umgang mit Hochwasserereignissen in den USA. Sie verdichten hierbei die Ergebnisse von insgesamt 60 Forschungsarbeiten zum kommunalen Hochwasserrisikomanagement in den USA, wobei sich diese insbesondere auf die besonders betroffenen Bundesstaaten Florida und Texas beziehen. Dabei gibt es in mehreren Schwerpunkten Überschneidungen mit deutschen bzw. europäischen Veröffentlichungen zu diesem Thema. Insbesondere wird die Notwendigkeit der Aufstellung und Umsetzung kommunaler Hochwasserschutzpläne sowie deren regelmäßige Überarbeitung thematisiert. Darüber hinaus wird die Notwendigkeit einer Kosten-Nutzen-Analyse für geplante Maßnahmen und deren Priorisierung betont. Die Autoren heben zudem die Wichtigkeit von Hochwassermodellen und Simulationen für den Umgang mit Hochwasserereignissen in den USA hervor.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die übergeordneten Fragestellungen, mit denen sich Forschende in verschiedenen Teilen der Welt befassen, vergleichsweise ähnlich gelagert sind. In Abhängigkeit von den individuellen örtlichen Herausforderungen und Rahmenbedingungen können jedoch sowohl die Gewichtung verschiedener Forschungsschwerpunkte als auch die Erkenntnisse voneinander abweichen. Insoweit kann die Auseinandersetzung mit internationaler Forschung zwar als impulsgebendes Element fungieren, jedoch aufgrund dieser mangelhaften Übertragbarkeit der Ergebnisse eine ortsbezogene wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dem deutschen operativen Hochwasserschutz nicht ersetzen.

2.3.7 Zwischenfazit zum operativen Hochwasserschutz

Es zeigt sich, dass die wasserwirtschaftliche Vorsorge und der technische Hochwasserschutz sowohl Möglichkeiten als auch Grenzen aufweist (JÜPNER 2018b). Für alle über diese (Bemessungs-)Grenzen hinausgehenden Ereignisse oder für Versagensfälle muss daher eine operative Bewältigung zur Schadensminimierung erfolgen. Neben Flusshochwassern stellen auch Starkregenereignisse eine relevante Gefährdung dar. Der Klimawandel beeinflusst sowohl die Häufigkeit als auch das Maß der Ereignisse und erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass eine operative Bewältigung erforderlich wird. Gerade in dieser Komponente, der Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz, weist der HWRM-Zyklus jedoch eine Lücke auf. Ungeachtet bestehender Potenziale innerhalb der beiden Fachgebiete scheint das größte Defizit und damit der größte Erfolgshebel in der Bearbeitung insbesondere jener Aspekte im Übergang zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz zu bestehen. Eine besondere Bedeutung kommt in diesem Kontext der Einbindung technischer Instrumente

zu. Eine exemplarische Zuordnung verschiedener bewältigungsrelevanter Themen (hergeleitet in den Kapiteln 2.1 bis 2.3) innerhalb des operativen Hochwasserschutzes zu den Fachgebieten Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz bzw. der gemeinsamen Schnittstelle wird in Abbildung 18 dargestellt.

OPERATIVER HOCHWASSERSCHUTZ			
	Wasserwirtschaft	Schnittstelle	Katastrophenschutz
vor	Risiko- und Gefahrenkarten Hochwasservorhersage	Entscheidungsrelev. Daten Automatisierung/ Auslöseschwellen Hochwassermanagement- und -informationssysteme	Alarm- und Einsatzplanung Schulung & Übung
während	Operationelle Anlagensteuerung Wawi-Fachberatung Flutungsmodelle	Priorisierung Entscheidungsvariablen Fernerkundung	Warnung, Alarmierung Stabsarbeit Lagefeststellung und -beurteilung
nach Ereignis	Ereignisnachbereitung		Ereignisnachbereitung

Abbildung 18: Themen des operativen Hochwasserschutzes innerhalb der Fachgebiete Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz sowie an deren Schnittstelle

2.4 Stand der Forschung und Wissenschaft sowie aktuelle Entwicklungen zum Thema operativer Hochwasserschutz

Im Folgenden sollen Defizite und daraus definierte Weiterentwicklungsmöglichkeiten für den operativen Hochwasserschutz aus Praxis und Wissenschaft ermittelt und Forschungslücken identifiziert werden. Hieraus werden anschließend die Forschungsschwerpunkte der vorliegenden Arbeit abgeleitet und wird eine dazugehörige Forschungsfrage definiert.

2.4.1 Fachgebiete innerhalb des operativen Hochwasserschutzes

In das Gebiet des operativen Hochwasserschutzes spielt eine Vielfalt an verschiedenen Fachgebieten bzw. Wissensgebieten hinein, deren nachfolgende Auflistung (verändert nach MÜLLER (2010)) hierzu einen kurzen Überblick geben soll:

- Wasserbau/Wasserwirtschaft
- Hydrologie
- Physische Geografie
- Humangeographie
- Meteorologie
- Umweltwissenschaften
- Katastrophenschutz
- Rettungswesen
- Rechtswissenschaften
- Verwaltungswissenschaften
- Demographie
- Ökonomie
- Kommunikationswissenschaften
- Wirtschaftswissenschaften
- Informatik
- Elektrotechnik (Messtechnik)

Es besteht jedoch kein Anspruch auf Vollständigkeit. Aufgrund der Individualität einzelner Hochwasser- und Starkregenereignisse kann im Einzelfall die Einbindung weiterer Fachgebiete erforderlich sein. Im Rahmen der Dissertation wird sich auf die Ermittlung von Synergieeffekten aus den Fachgebieten Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft konzentriert.

2.4.2 Vorschläge verantwortlicher Institutionen und Entscheidungsträger zur Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes

Die in der Literatur und in Berichten dargestellten Weiterentwicklungsvorschläge für den operativen Hochwasserschutz haben zeitlich sowie inhaltlich in der Regel direkten Bezug zu vergangenen Hochwasser- oder Starkregenereignissen. Es handelt sich hier um Schlussfolgerungen bzw. Maßnahmen, die dazu dienen sollen, die Herausforderungen bzw. Defizite während vergangener Ereignisse zu überwinden. Zum weiteren Verständnis der vorliegenden Arbeit wird sich daher anstelle einer Defizitanalyse auf die Darstellung der jeweils abgeleiteten Weiterentwicklungsvorschläge konzentriert. Weder im Hinblick auf die im Rahmen einer fundierten Literaturrecherche erfolgte Auswahl der Dokumente noch in Bezug auf die jeweils herausgearbeiteten Weiterentwicklungsvorschläge besteht ein Anspruch auf Vollständigkeit. Die Aussagen beziehen sich u.a. auf die Hochwasserereignisse an der Elbe im Jahr 2002 und 2013 sowie die Hochwasser- und Starkregenereignisse im Juli 2021 im Westen Deutschlands. Im Sinne einer offenen Sondierung möglicher Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes ist dieser Umstand unschädlich, weswegen im Sinne der Übersichtlichkeit eine gemeinsame Darstellung in Tabelle 6 erfolgt.

Während aus dem Elbehochwasser 2002 (im sog. Kirschbach-Report) (SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG 2002) im Wesentlichen die Notwendigkeit regelmäßiger Übungen, die Klärung von Zuständigkeiten und die überregionale Vernetzung als Potenzial identifiziert wurden, greifen auch jüngere Betrachtungen die Gedanken dieser fundierten Analyse auf und ergänzen und differenzieren sie z.T. um einige weitere Aspekte. Schon in den Rückbetrachtungen zum Elbe-Hochwasser 2013 werden von Sachsen (SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI 2013) und Sachsen-Anhalt (LHW 2014) ergänzend zur regelmäßigen Übung insbesondere Forderungen zur Etablierung technischer Systeme sowie der Datenbeschaffung und der Vernetzung verschiedener Datenquellen aufgestellt. Während in Sachsen bereits seit dem Kirschbach-Report von 2002 ein Hauptaugenmerk auf der Weiterentwicklung und der intensiveren Nutzung des Hochwassermanagementsystems DISMA (DISaster Management) besteht (SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI 2013), geht eine Darstellung aus Sachsen-Anhalt auch auf die Notwendigkeit ingenieurfachlicher Qualifizierung wasserwirtschaftlichen Personals zur korrekten Datenbewertung und folgenden Maßnahmenableitung ein (LHW 2014). Diese Schwerpunkte finden sich auch in VFDB (2020) wieder, wobei hier im Kontext von Daten und deren Vernetzung insbesondere Geodaten im BOS-Bereich fokussiert werden. Dabei wird

neben der allgemeinen Relevanz umfangreicher (Geo-)Daten zusätzlich auf den Aspekt einer erforderlichen Standardisierung erhobener Daten und der Softwarelandschaft eingegangen. Die jüngsten, in der Nachbetrachtung der Hochwasser- bzw. Starkregenereignisse von 2021 entstandenen Weiterentwicklungsvorschläge greifen die Potenziale der vorhergehenden Auflistungen auf, erhöhen dabei aber den Anspruch an die technische Ausstattung (z.B. hinsichtlich der Stabsausstattung, oder des Einsatzes von HWMS oder Instrumenten der Fernerkundung) im Hinblick auf deren regelmäßige Aktualisierung und Anpassung an sich wandelnde Herausforderungen und Möglichkeiten durch technische Weiterentwicklungen (VFDB 2021; VdF 2021; IM NRW 2022). Mit der zunehmend größeren Datenvielfalt in Verbindung mit dem überregionalen Charakter des Ereignisses selbst und insbesondere der heterogenen Zusammensetzung der Einsatzkräfte steigt der Anspruch an die Vernetzung von Daten sowie die Einheitlichkeit verwendeter Plattformen und Kommunikationskanäle (VFDB 2021; IM NRW 2022; VdF 2021). Im Kontext der Vereinheitlichung betont das Land Nordrhein-Westfalen (NRW) insbesondere die Notwendigkeit qualitativ adäquater und zügig zu verarbeitender Lageinformationen. Daraus wird der Bedarf an einem digitalen System zur Erstellung eines Lagebildes abgeleitet. Zur gleichen Feststellung kommt auch BMI & BMF (2022), das die Konzipierung eines „Gemeinsamen Lagebildes Bevölkerungsschutz“ inklusive Prototyp für ein digitales Lagebild vorsieht.

In Bezug auf den erfolgskritischen Charakter des zeitlichen Vorlaufs geht der 15-Punkte-Plan des Landes NRW für den Katastrophenschutz auch auf das Thema Warnung ein und differenziert dabei zusätzlich zwischen dem Prozess der Ereignisidentifikation und der nachgelagerten Kommunikation an die Warnungsempfänger (IM NRW 2022).

Im Vergleich zu den Potenzialen aus den zuvor aufgegriffenen Quellen gehen der VdF (2021) und die VFDB (2021) stärker auf strukturelle Herausforderungen bei der Klärung von Verantwortlichkeiten sowie der Führungs- und Kommandostruktur vor und während des Einsatzes ein. Als besonderen Baustein der strukturellen Weiterentwicklung empfiehlt das MULNV NRW (2022) im Rahmen seines wasserwirtschaftlichen 10-Punkte-Programms die Vernetzung und Abstimmung von Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft zur Minimierung von Reibungsverlusten und Hebung von Synergieeffekten.

Das Land NRW bildet in Reaktion auf die Ereignisse 2021 u.a. auch eine Arbeitsgruppe mit dem Themenfeld Resilienz und Prävention und beleuchtet damit auch Teilaspekte von Hochwasserereignissen, die außerhalb der operativen Bewältigung liegen (IM NRW 2022).

In einer zusammenfassenden Darstellung des BMI & BMF (2022) werden als Evaluierungs- und Lernprozesse für den operativen Hochwasserschutz zudem die Aus- und Weiterbildung von Einsatzkräften und die Stärkung des Bevölkerungsschutzes benannt.

Die LAWA (2020) weist des Weiteren auf die prognostizierte Zunahme von Extremereignissen hin und benennt diesbezüglich organisatorische Klimaanpassungsmaßnahmen für Hochwasser- und Starkregen. Neben organisierten Maßnahmen bei Eintritt von Extremereignissen,

z.B. Alarm- und Einsatzpläne und Notfallstrategien, gehört hierzu auch die Aufnahme von klimawandelspezifischen Themen in die sektorenübergreifende Schulung und Ausbildung. Im Folgenden wird u.a. auf die vorstehend zusammengefassten Literaturbeiträge im Detail eingegangen und diesbezüglich eine tabellarische Übersicht zu in Veröffentlichungen von zuständigen Institutionen und Entscheidungsträgern benannten Weiterentwicklungsmöglichkeiten im operativen Hochwasserschutz gegeben (s. Tabelle 6). Anhand von Weiterentwicklungsmöglichkeiten mehrerer von 2002 bis 2022 veröffentlichter Beiträge zuständiger Institutionen und Entscheidungsträger wird exemplarisch die Entwicklung der inhaltlichen Auseinandersetzung dargestellt (s. Spalte 3 und 4 in Tabelle 6). Die verschiedenen Möglichkeiten zur Weiterentwicklung wurden nach einer ersten Sondierung thematisch gruppiert.

Tabelle 6: Zusammenstellung von durch verantwortliche Institutionen und Entscheidungsträger in ausgewählten Veröffentlichungen und Berichten benannte Weiterentwicklungsmöglichkeiten für den operativen Hochwasserschutz. Darstellung der Vorschläge, die anlässlich der Hochwasserereignisse 2002 und 2021 benannt wurden (s. Spalte 3 und 4) sowie Vorschläge ohne Bezug zu den v.g. Ereignissen. HF = Handlungsfeld

HF	Vorschlag zur Weiterentwicklung	Bzgl. HW 2002	Bzgl. HW 2021	Literatur
Führung	Fachlich qualifizierte Führungskräfte		x	[9]
	Führungssystem anpassen	x	x	[3, 9, 17]
	Führungsfunktionen/Sachgebiete mindestens 72 Stunden gleich besetzen, um Informationsverlust entgegenzuwirken		x	[8]
	Flexibilität über FwDV 100 hinaus in dynamischen Lagen notwendig		x	[8]
	Schaffung eines einheitlichen Führungsverständnisses	x		[17]
	Festlegung konkreter Berechtigungen und Entscheidungsbefugnisse		x	[15]
Daten	Ortskundige Einsatzkräfte in Entscheidungsfindung miteinbeziehen		x	[8]
	Zweigeisiges Vorgehen mit administrativ-organisatorischer und operativ-taktischen Führungsebene		x	[8]
	Ressortübergreifende sowie Verwaltungsgrenzen übergreifende Vernetzung von Daten (Geodatenmanagement mit Geodatenkonzepten und Einrichtung standardisierter Geodateninfrastruktur)		x	[1, 2, 3, 4, 5]
	Bereitstellung entscheidungsrelevanter Daten für Entscheidungsträger		x	[1, 2, 4, 15]
	Nutzung von Hochwasser- und Starkregen-Risiko- und -Gefahrenkarten, Starkregenhinweiskarten sowie von Modellierungen		x	[3, 5, 6, 7, 16]
	Szenarienspezifische Auslöseschwellen und Indikatoren definieren		x	[5, 7, 15]
	Schaffung bundeseinheitlicher Standards für die Bewertung von HW- und Starkregenrisiken		x	[16]
	Warnstufen oder Pegelwerte als Auslöseschwellen für Maßnahmen		x	[15]
	Systematische Schadensfassung			[5, 6]
	Analoge Daten als Redundanz bei Ausfall technischer Infrastruktur		x	[8]
	Anzahl Notrufe als Auslöseschwelle für Alarmierung		x	[8]
Technische Instrumente	Herstellung eines klaren Zusammenhangs zw. Pegelangabe u. Risikokarte		x	[15]
	Automatische Pegelmeldungen mit Erkundung oder Webcam überprüfen		x	[8]
	IT- und Kommunikationstechnik verbessern		x	[8, 9, 11, 16]
	Technische Ausstattung (Geräte, Fahrzeuge etc.)	x	x	[1, 3, 8, 9, 17]
	Einsatz von Fernerkundung		x	[8, 9, 15]
	Einheitliche Software für Vernetzung aller Ebenen		x	[1]
	Weiterentwicklung der Vorhersageinstrumente (und der dazugehörigen Informationsplattformen)		x	[2, 11, 13, 16]
	Bereitstellung und Nutzung mobiler Endgeräte			[11]
	Managementsysteme weiterentwickeln, anwenden und üben	x		[2, 17]
	Einführung einheitliches und ebenenübergreifendes digitales Lagebild	x	x	[3, 15, 16, 17]
Etablierung v. Warnsystemen an kl. Bächen zum Wasserstands-Monitoring			[6, 12]	
Nutzung von techn. Instr. zur Warnung (z.B. Warnapps, Cell Broadcast)		x	[8, 12, 16]	
Infoplattform/-system für Bevölkerung		x	[8]	

HF	Vorschlag zur Weiterentwicklung	Bzgl. HW 2002	Bzgl. HW 2021	Literatur
Struktur	(Verbindliche) Übungen (auch für sehr große Ereignisse)	x	x	[1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, 15-17]
	Fachliche Ausbildung für Einsatzkräfte und Beteiligte u.a. zu wawi. und ggf. klimawandelspezifische Themen sowie bzgl. der Stabsarbeit	x	x	[2, 9, 11, 12, 16, 17]
	Koordination und Einbindung v. Spontanhelfern (z.B. über Plattform)		x	[1, 3, 9, 15, 16]
	Öffentlichkeitsarbeit und Einbindung von Social Media		x	[1-3, 8, 9, 12]
	Fehlerkultur und Lernkreislauf implementieren (für Lessons Learned)		x	[9, 15]
	Förderung des Ehrenamtes	x	x	[9, 17]
	Regelmäßige Aktualisierung der Katastrophenschutzbedarfsplanungen		x	[1, 3]
	Schaffung zentraler Strukturen mit Fachkompetenz im KatS (z.B. Kompetenzzentrale für den KatS; Landesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenvorsorge, Gemeinsames Kompetenzzentrum Bevölkerungsschutz GeKoB)		x	[1, 15, 16]
	Ressortübergreifende Vernetzung der Behörden + interkommunale Zusammenarbeit (z.B. durch Hochwasserpartnerschaften)		x	[1, 2, 3, 4, 5, 12]
	Stärkung der Selbsthilfefähigkeit, der Eigenvorsorge, des Risikobewusstseins der Bevölkerung	x	x	[1-3, 5, 6, 8, 13, 12, 15-17]
	Mehr wasserwirtschaftliches Fachpersonal			[11]
	Vorantreiben des Hochwassermelddienstes, der Meldewege und der Hochwasserfrühwarnung	x	x	[2, 11, 12, 13, 12, 17]
	Etablierung eines Deichfachberatersystems inkl. Einbindung in Schulungen, Übungen und Erfahrungsaustausch			[11]
	Neuorganisation der HWS-Lager u. -Depots durch dezentrale Organisation		x	[3, 11]
	Ständige Pflege und Weiterentwicklung der Systeme und Strukturen des OHWS bzw. KatS (z.B. Vereinheitlichen von Strukturen und Begriffen)		x	[2, 3]
	Bündelung wawi. Aufgaben (z.B. Deiche, Talsperren, Rückhaltungen) durch z.B. Gründung von Gewässerunterhaltungsverbänden o. zentralen Stellen	x		[2, 17]
	(Verbindliche und sofortige) Einbindung von Fachberatern (z.B. aus der WaWi) bei Ereigniseintritt und vorherige Identifikation der szenarien-spezifischen externen Partner	x	x	[2, 15, 17]
	(Verbindliche) Planung in der hochwasserfreien Zeit (Risikoanalysen, Szenarien, Warnkonzepte)	x	x	[3, 12, 17]
	Optimierung oder Erstellung eines Warnkonzeptes	x	x	[3, 8, 15 - 17]
	Bereitstellung finanzieller Ressourcen für den Katastrophenschutz / operativen Hochwasserschutz	x	x	[2, 3, 11]
	Aufstellung/Weiterentwicklung und Nutzung von Muster-/Rahmen-Alarm- und Einsatzplänen		x	[3]
	Risikokommunikation an Bevölkerung verbessern		x	[3]
	Notfallpläne für KRITIS erstellen, üben, fortschreiben	x	x	[3, 5, 12, 17]
	Abstimmungen zwischen WaWi und KatS bzgl. der Intensivierung der Zusammenarbeit und Kommunikation sowie Klärung der Aufgabenverteilung		x	[13]
	Kommunale Starkregenkonzepte und kommunales Starkregenrisikomanagement weiter vorantreiben zur Vorbereitung auf Starkregeneignisse		x	[3, 5, 6, 7, 12, 16]
	Erstellung/Aktualisierung von lokalen Hochwasser- und Starkregengefahren-/risikokarten mit ergänzenden Ortsbegehungen		x	[12, 16]
	Überregionale Vernetzung	x		[2, 10, 17]
	Erstellung und Fortschreibung von Alarm- und Einsatzplänen (für Hochwasser und neu auch für Starkregen)			[5, 6, 7, 12]
	Ereignisdokumentation und -analyse			[5, 6]
	Organisierter und nachhaltiger Wiederaufbau		x	[14, 15]
	Vorbereitung von außergewöhnlichen Ereignissen außerhalb der Routine		x	[8, 12]
Prüfung der Sensitivität des techn. HWS bzgl. klimawandelbedingter Veränderungen. Falls technische Anpassung nicht möglich, Kommunikation des veränderten Schutzziels an Beteiligte u. Öffentlichkeit			[12]	
Stärkung der Kommunikation untereinander (v.a. vertikal) sowie des Informationsmanagements	x	x	[15, 16, 17]	
Durchhaltefähigkeit bei langer Einsatzdauer sicherstellen		x	[15]	
Zentrale Rolle sollte bei kl. und gr. Ereignissen den Kommunen zukommen		x	[15]	
Stärkung des Bevölkerungsschutzes		x	[16]	

Literatur:

[1] VfD 2021; [2] SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI 2013; [3] IM NRW 2022; [4] VfDB 2020; [5] LAWA 2018b; [6] WISCHOTT & LEUCHNER 2021; [7] LUBW 2016; [8] HEGEMANN 2022; [9] VfDB 2021; [10] HOFINGER & HEIMANN 2022; [11] LHW 2014; [12] LAWA 2020; [13] MULNV NRW 2022; [14] Mdl RLP 2022; [15] BROEMME 2022; [16] BMI & BMF 2022; [17] SÄCHSISCHE STAATSRREGIERUNG 2002

Hiervon: Anlässlich der Ereignisse in 2021 erstellt: [1, 3, 8, 9, 13, 14, 15, 16]
Anlässlich der Ereignisse in 2002 erstellt: [17]

Trotz der vielzähligen Sichtweisen unterschiedlicher Personenkreise mit unterschiedlichen Ereignissen als Betrachtungsgegenstand und einer weiten zeitlichen Spreizung zwischen den Veröffentlichungen lässt sich erkennen, dass die Herausforderungen und Erkenntnisse in ihrer Zusammensetzung vergleichbar gelagert sind. Die einzelnen in Tabelle 6 dargestellten Potenziale zur Weiterentwicklung lassen sich den in Abbildung 19 dargestellten **Handlungsfeldern Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur** zuordnen. Hierbei werden dem Handlungsfeld Struktur insbesondere die Themen Alarm- und Einsatzplanung, Schulung/Übung, Warnung/Alarmierung, Stabsarbeit, Vorsorge/Vorbereitung und Zuständigkeitsregelung zugeordnet.

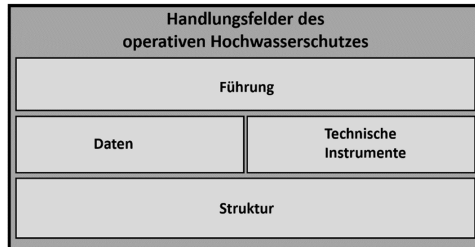


Abbildung 19: Aus der Analyse in Tabelle 6 identifizierte Handlungsfelder des operativen Hochwasserschutzes

2.4.3 Forschungsprojekte im operativen Hochwasserschutz

Da der operative Hochwasserschutz an der Schnittstelle diverser Fach- und Wissensgebiete verortet ist, soll sich im Folgenden auf die Fachgebiete Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz sowie deren in Abbildung 18 dargestellte Schnittstelle konzentriert werden. Zusätzlich sollen die in Kapitel 2.4.2 hergeleiteten Handlungsfelder des operativen Hochwasserschutzes (s. Abbildung 19) in die Recherche miteinfließen. In diesem Kapitel werden Projekte und Veröffentlichungen, die den Stand von Wissenschaft und Forschung im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand der vorliegenden Dissertation repräsentieren, dargestellt. Veröffentlichungen mit besonders engem Bezug zu den Inhalten dieser Arbeit sollen im Kapitel 5 im Rahmen eines Interpretationsvergleichs den in den folgenden Kapiteln hergeleiteten Erkenntnissen gegenübergestellt und dazu an dieser Stelle eingehender erläutert werden. Veröffentlichungen und Projekte, die lediglich zur gesamtheitlichen Einordnung relevant sind, werden an dieser Stelle nur benannt (s. Abbildung 20) und in tabellarischer Form in Anhang 2 mit weiterführenden Informationen zusammenfassend dargestellt. Es wird angenommen, dass die Festlegung des Forschungsziels vergangener und laufender Projekte auf in der Rückbetrachtung vergangener Ereignisse identifizierten Potenzialen beruht. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die dabei benannten Forschungsschwerpunkte die bedeutendsten Handlungsfelder mit Blick auf die Bewältigung von Hochwasserereignissen abbilden.

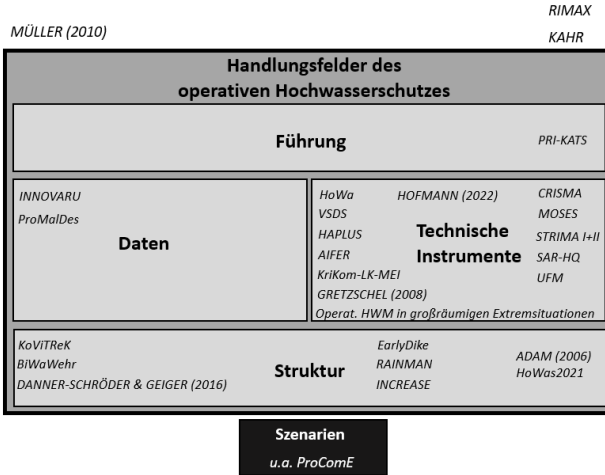


Abbildung 20: Überblick über recherchierte Veröffentlichungen und Projekte aus Forschung und Wissenschaft, eingeordnet in die Handlungsfelder Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur. Inhaltliche Erläuterungen zu den benannten Projekten erfolgen zusammenfassend in Anhang 2

Analog zu den in Kapitel 2.4.2 durch verantwortliche Institutionen und Entscheidungsträger identifizierten Potenzialen lassen sich auch die hier untersuchten Forschungsprojekte in die vier Handlungsfelder Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur gruppieren (s. Abbildung 20).

Im Hinblick auf den **Führungs**aspekt findet sich das Projekt **PRI-KATS** „Prioritätenbildung bei Rettungsmaßnahmen“. Im Rahmen dessen untersuchte POHLMANN (2015) in ihrer Dissertation „Rechtliche Rahmenbedingungen der Katastrophenbewältigung“ mit Hilfe von 34 Experteninterviews „die Zusammenarbeit, Koordination und Steuerung verschiedener Organisationen von Bund, Ländern oder Kommunen bei länderübergreifenden Großschadenslagen“, mit dem Ziel, Defizite im deutschen Katastrophenschutzsystem aufzudecken und Handlungsempfehlungen zu entwickeln (LANGE & GUSY 2015; POHLMANN 2015). Die Dissertation von POHLMANN (2015) hat einen stark sozialwissenschaftlichen und rechtswissenschaftlichen Fokus und zielt insbesondere auf Aspekte der Priorisierung im Ereignisfall ab. Dabei werden verschiedene Formen von Katastrophen behandelt, sodass die Aussagen verhältnismäßig allgemein bleiben und zur Interpretation bezüglich hochwasserbezogener Szenarien einer Vertiefung bedürfen. Des Weiteren wird das Thema entscheidungsrelevante Daten als notwendige Grundlage zur Durchführung einer Priorisierung angesprochen, allerdings ohne eine konkrete Benennung vorzuhaltender Daten und deren Charakteristika für die Hochwasserbewältigung. Projekte oder Publikationen zum Aspekt Entscheidungsvariablen wurden nicht identifiziert. Für das Handlungsfeld **Daten** finden sich insbesondere die wissenschaftlichen Unter-

suchungen und Projekte INNOVARU, ProMalDes und DISASTER. So entwickelt das Projekt **DISASTER** der TH KÖLN (2022a) z.B. „Lösungen zum Datenaustausch zwischen Organisationen und Behörden der Gefahren in internationalen Einsatzlagen“. Hierbei handelt es sich allerdings um eine allgemeine Betrachtung von Krisen- und Naturkatastrophen, nicht spezialisiert auf das Thema Hochwasser. Zudem fokussiert sich dieses Projekt aufgrund der internationalen Betrachtung u.a. auf linguistische Definitionen und taktische Werte sowie die Entwicklung eines Systems zum Datenaustausch.

Eine Vielzahl von Veröffentlichungen und Projekten befasst sich mit der Weiterentwicklung und Einbindung **technischer Instrumente**. Beispielhaft sind diesbezüglich HoWa, VSDS, HAPLUS, AIFER, CRISMA, MOSES, STRIMA I und II, KriKom-LK-MEI, Dissertationen von GRETZSCHEL (2008) und HOFMANN (2022) sowie die Teilprojekte SAR-HQ, UFM und „Operationelles Hochwasserrisikomanagement in großräumigen Extremsituationen“ innerhalb des Forschungsprogramms RIMAX zu erwähnen.

Die **Dissertation von HOFMANN (2022)** beschäftigt sich mit der Echtzeitdatenmodellierung urbaner Überflutungsereignisse durch Starkregen. Er entwickelt zum Thema Automatisierung das KI-gestützte System floodGAN (s. auch HOFMANN & SCHÜTTRUMPF 2021), das Niederschlagsdaten in Gefahrenkarten umwandeln kann und so eine Interpretation für Entscheidungsträger erleichtert. Es erfolgte die Eingrenzung auf ein eng begrenztes Untersuchungsgebiet in Aachen mit ausgezeichneter Datenlage (hinsichtlich hydrologischer und einsatztechnischer Daten) statt. Die Erkenntnisse stellen aus technischer Sicht einen wichtigen Beitrag dar. Eine vernetzte Betrachtung zum Handlungsfeld Struktur mit dem Ziel einer praktischen Einbindung des entwickelten Systems in die Warn- und Alarmierungs- sowie die Schulungs- und Übungsprozesse des operativen Hochwasserschutzes erfolgte aufgrund des technischen Fokus der Dissertation nicht. Weitere automatisierbare Prozesse des operativen Hochwasserschutzes werden nicht betrachtet. Um einen zielführenden Einsatz des entwickelten Systems in der Praxis zu ermöglichen, muss auch das technische und strukturelle Umfeld beforcht werden. Insbesondere die Identifikation relevanter Auslöseschwellen (u.a. für Starkregenereignisse) lässt sich als anknüpfender Forschungsschwerpunkt ableiten.

Auch das Forschungsprojekt **HAPLUS** der Gemeinde Grafschaft (BMBF 2022c; KÜHN GEOCONSULTING GMBH 2021) ist auf die Themen automatische Warn- und Alarmsysteme sowie Starkregen fokussiert und betrachtet einen Teilbereich des Handlungsfeldes technische Instrumente. Ein dazugehöriges Frühwarn- und Alarmierungssystem ist derzeit in der Gemeinde Grafschaft in den Ortschaften Leimersdorf, Nierendorf und Bengen in Betrieb.

Bezüglich der Nutzung der Vorteile einer Automatisierung für die Lagefeststellung und -beurteilung sei auf das noch laufende Forschungsprojekt **AIFER** (DLR 2022) und die dazugehörigen (Vor-)Veröffentlichungen von Li et al. (2019a und 2019b) hingewiesen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Systems zur automatischen KI-basierten Lageerfassung und -auswertung anhand von Fernerkundungs- und Social-Media-Daten zur kapazitären

Entlastung der Einsatzkräfte im Hochwasserfall. Eine vernetzende Betrachtung hinsichtlich Schnittstellen zu Hochwassermanagementsystemen oder eine Einbindung in die Handlungsfelder Struktur oder Führung des operativen Hochwasserschutzes erfolgt nicht.

Einen systematischen Überblick über Nutzungsmöglichkeiten und Eigenschaften von Hochwassermanagement- und -informationssystemen bei der Hochwasserbewältigung gibt die Dissertation von **GRETZSCHEL (2008)** zum Thema „Kommunale Hochwassermanagementsysteme als Baustein zur Umsetzung der Europäischen Hochwasserrichtlinie“. Hierbei wurden insbesondere die Hochwassermanagementsysteme FLIWAS (FLutInformati- und WArnSystem), INGE (INteraktive GEfahrenkarte für den Hochwasserschutz), DISMA (DISaster Management) und das Hochwassermanagementsystem des Landkreises Stendal hinsichtlich ihrer Betriebseigenschaften, technischen Komponenten, der Benutzerfreundlichkeit, ausgewählter Anwendungsbeispiele und der Erfüllung der Anforderungen nach der HWRM-RL (2007) untersucht und gegenübergestellt. Im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung wurde zur weiteren Optimierung der Systeme ein Anforderungskatalog an Hochwassermanagementsysteme erarbeitet (GRETZSCHEL 2008). Seit der im Jahr 2008 durchgeführten Untersuchung wurden die Systeme sukzessive weiterentwickelt, weswegen die Ergebnisse der Arbeit nur hinsichtlich allgemeiner Aussagen zum Nutzen und Weiterentwicklungspotenzial für einen späteren Interpretationsvergleich mit den eigenen Ergebnissen herangezogen werden können. Ausführungen zur Einbindung von Hochwassermanagementsystemen in das Gesamtkonzept des operativen Hochwasserschutzes sowie zu konkret notwendigen Datensätzen werden von GRETZSCHEL (2008) nicht gemacht.

Das zum RIMAX-Forschungsvorhaben gehörige „Projekt **SAR-HQ** [...] stellt Methoden bereit, mit denen [...] auf Basis von aktuellen Satellitendaten die Ausmaße der Überflutung frühzeitig in der flächigen Ausprägung erkannt, präzise kartographisch visualisiert und unmittelbar den Katastropheneinsatzstellen zur Verfügung gestellt werden können“ (MERZ et al. 2011 sowie s. auch MARTINIS et al. 2009).

Zusätzlich untersuchten im Rahmen des RIMAX-Forschungsprogramms die Projekte **UFM** und „**Operationelles Hochwassermanagement in großräumigen Extremsituationen**“ „die Möglichkeiten der Optimierung von hydrodynamischen Modellen [am Beispiel der Mittleren Elbe], mit dem Ziel, diese im Katastrophenfall im operationellen Einsatz für eine Prognose von Überflutungsszenarien und Wirkungsanalysen von Abschirmungsmaßnahmen nutzen zu können“ (MERZ et al. 2011). Im Rahmen des letzteren Projektes wurde das Tool FlowGIS entwickelt, welches „über Funktionen zur automatisierten Freibordanalyse an Deichen und Bauwerken verfügt“ (MERZ et al. 2011).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich die Mehrzahl der technisch orientierten Projekte und Publikationen durch eine immense fachliche Tiefe auszeichnet. Diese geht jedoch notwendigerweise zu Lasten der Einordnung in ein gesamtheitliches Konzept.

Mit der **Struktur** des operativen Hochwasserschutzes beschäftigen sich u.a. die Projekte und wissenschaftlichen Vorhaben KoViTReK, BiWaWehr, DAS, Earlydike, RAINMAN, HoWas2021 und INCREASE, eine wissenschaftliche Erhebung der TH Köln zur Flutkatastrophe 2021 (FEKETE 2021a, 2021b), die Dissertation von ADAM (2006) sowie DANNER-SCHRÖDER & GEIGER (2016). Die folgenden Veröffentlichungen werden im Zuge des Interpretationsvergleichs aufgegriffen.

Einen wissensorientierten Ansatz zur Schulung von Fachwissen verfolgt dabei das **BiWaWehr-Bildungsmodul** der TU Kaiserslautern. Im Rahmen des Projektes wurde ein digitales Kursangebot mit 14 Unterrichtseinheiten für die untere und obere Führungsebene der Feuerwehren auf Basis vorab ermittelter Defizite entwickelt (SCHEID et al. 2021). Das Kursangebot nähert sich dem operativen Hochwasserschutz aus einem pädagogischen Blickwinkel und bietet damit einen abstrakten zukünftigen Nutzen. Welche Rahmenbedingungen zu schaffen sind, um eine Umsetzung des Wissens zu ermöglichen, bleibt offen.

ADAM (2006) entwickelte im Rahmen ihrer Dissertation im Bereich Wirtschaftswissenschaften eine Wirkungsprüfung für das Hochwasser-Katastrophenmanagement für österreichische Gemeinden, um Handlungsempfehlungen und Verbesserungsvorschläge aufzeigen zu können. Das Verfahren beinhaltet eine Beurteilung des Gesamtsystems hinsichtlich der Aufgaben von Gemeindebehörden in allen sechs Phasen des Katastrophenmanagementzyklus (s. Abbildung 7a). Sie beschäftigt sich mit der Fragestellung, ob „die Ergebnisse, Prozesse und Ressourcen des Katastrophenmanagements einer österreichischen Gemeinde angemessen, effektiv und effizient“ sind und wie dies allenfalls verbessert werden könnte. Hierzu wurden 49 Leistungs- und Wirkungsindikatoren für die o.g. sechs Phasen definiert und Daten mit Hilfe von 22 Experteninterviews und einer schriftlichen Befragung (n= 69) erhoben. Als Ergebnis wurden Handlungsempfehlungen für die untersuchte Gemeinde zum Thema Hochwasservorsorge und -bewältigung hergeleitet. Als Handlungsfelder konnten die Bereiche offener Informationsaustausch mit der Bevölkerung zur Stärkung des Gefahrenbewusstseins und der Selbsthilfefähigkeit, die kommunenübergreifende Ausarbeitung von Schutzkonzepten sowie die Erstellung eines Katastrophenschutzplans herausgearbeitet werden. Die Empfehlungen sind allgemein gehalten, konkrete Handlungsempfehlungen erfolgen nicht. Die Autorin führt auf, dass „den konkreten Anregungen [...] nur Gültigkeit für die ausgewählte [österreichische] Gemeinde [...] zugesprochen werden [kann], da die jeweiligen Gegebenheiten einzigartige Charakteristika aufweisen“ (ADAM 2006). Eine Übertragbarkeit auf das deutsche System des operativen Hochwasserschutzes ist somit nur bedingt möglich. Des Weiteren erfolgt aufgrund der rein kommunalen Perspektive keine Betrachtung des Zusammenwirkens oder potenzieller Synergieeffekte der Fachgebiete Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz. Auch der Aspekt der Bewältigung von Starkregenereignissen oder Ereignisüberlagerungen wurde nicht betrachtet.

Zum Thema „Alarm- und Einsatzplanung“ konnte lediglich das Projekt **RAINMAN** (SPIRA et al.

2021 und WEINER et al. 2021) identifiziert werden, welches im Rahmen einer sog. RAINMAN-Toolbox Entscheidungsträgern Hilfestellungen für die Einsatzplanung von Starkregenereignissen anbietet. Weitere wissenschaftliche Projektergebnisse, die sich mit einer szenarienspezifischen, ggf. modularen Betrachtung von Inhalten und Aspekten der Alarm- und Einsatzplanung von Hochwasserereignissen beschäftigten, konnten nicht ermittelt werden.

Im Rahmen des Handlungsfeldes Struktur beschäftigte sich des Weiteren eine Studie von **DANNER-SCHRÖDER & GEIGER (2016)** sowie die dazugehörige Dissertation von DANNER-SCHRÖDER (2014) mit der Untersuchung von Routinen im Katastrophenmanagement und damit, wie diese zu Stabilität und/oder Veränderung in unsicheren Situationen beitragen können. Hierbei wurde das Zusammenspiel zwischen Stabilität und Veränderung mit Hilfe von Experteninterviews und Beobachtungen innerhalb des Technischen Hilfswerks (THW) für das Team der Schnell-Einsatz-Einheit Bergung Ausland (SEEBA) sowie für einen THW-Ortsverband untersucht. Es handelt sich hierbei um Grundlagenforschung, die im Rahmen vertiefender Forschung weiterentwickelt werden muss.

Mit der Thematik der differenzierten Betrachtung verschiedener **Szenarien** und ihrer Herausforderungen setzt sich das Projekt **ProComE** der Hochschule Bochum zur Betrachtung von Ereignisüberlagerungen auseinander. Im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes werden die Auswirkungen von Extremereignissen in einer Analyse kombinierter Ansätze untersucht (SIMON & MUDERSBACH 2021). Das noch bis 2023 laufende Projekt „befasst sich mit der Analyse der Auftretenswahrscheinlichkeiten kombinierter hydrologischer und meteorologischer Extremereignisse zur Verbesserung der Einschätzung gesellschaftlicher Risiken. Unter kombinierten Extremereignissen versteht man das zeitgleiche Auftreten von zwei oder mehr Extremereignissen, wie z.B. Sturm und Starkregen“ (HS BOCHUM 2022). In diesem Projekt findet somit eine Auseinandersetzung mit der Thematik von Ereignisüberlagerungen statt. Eine Ableitung resultierender konkreter Anforderungen für deren Bewältigung erfolgt jedoch nicht.

Aus der Menge der Forschungsprojekte lassen sich insbesondere die Projekte RIMAX und KAHR hervorheben, die sich über die Auseinandersetzung mit den vorgenannten Handlungsfeldern hinaus insbesondere mit dem Gedanken der **Vernetzung und Verschneidung der Handlungsfelder** im Sinne einer ganzheitlichen Ereignis- und Prozessbetrachtung widmen.

Im Rahmen des umfassenden **RIMAX**-Forschungsprogramms („Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse“) erfolgte eine interdisziplinäre Betrachtung des Managements von Hochwasserrisiken, wobei alle Aspekte des Hochwasserrisikomanagements, mit dem Ziel der Entwicklung und Implementierung von neuen Ansätzen, Methoden und Instrumenten, untersucht worden sind. Im Fokus standen Hochwasserereignisse \geq HQ₁₀₀. Es wurden insgesamt 38 Forschungsprojekte von 2005 bis 2010 durchgeführt. Schwerpunkte waren die Themenbereiche „Analysieren, Vorhersagen, Warnen“ (u.a. Vorhersage, Vorsorge, operationelles Hochwassermanagement), „Informieren und Kommunizieren“ (u.a. Bildung, Vernetzung, Sensibilisierung) sowie „Sichern und Steuern“ (u.a. Deichverteidigung,

Zuverlässigkeitsanalyse für technischen Hochwasserschutz).

Auch der Aspekt „Katastrophenschutz und Hochwasserbewältigung“ wird dort thematisiert und gemäß MERZ et al. (2011) diesbezüglich der Begriff des „operationellen Katastrophenschutzes“ eingeführt, wobei hierunter „alle Maßnahmen zusammengefasst werden, die im Ereignisfall zur Abwendung der Katastrophe oder Reduktion von Folgen ergriffen werden. Sie kommen zur Anwendung, wenn die planmäßigen Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes nicht mehr greifen oder versagen [...] [z.B. Überströmung oder Deichbruch]. Dann übernehmen Einsatzkräfte des Katastrophenschutzes die Verantwortung.“ Sie betonen, dass es „ganz maßgeblich (...) an einer integrativen Strategie des operationellen Katastrophenschutzes [fehlt], welche die Hochwassergefahr sowohl am Ausbreitungspfad als auch am Empfänger versucht einzudämmen“. Ziel ist hierbei die Schadensbegrenzung, die laut den Autoren mit Hilfe von numerischen Prognoseinstrumenten ermöglicht werden kann. Diese bieten „hervorragende Möglichkeiten zum ‚Durchspielen‘ verschiedener Szenarien zum Entwickeln von Gegenmaßnahmen, die dann zur Planung und zum Training des Katastrophenschutzes sowie zur Sensibilisierung und Aufklärung der Bevölkerung genutzt werden können“ (MERZ et al. 2011). Laut den Autoren erfolgt insbesondere mit den o.g. dazugehörigen Teilprojekten UFM, SAR-HQ und „Operationelles Hochwassermanagement in großräumigen Extremsituationen“ „ein ganzheitlicher, wissenschaftlich fundierter Ansatz für ein operationelles Katastrophenmanagement [...], der in besonderem Maße auf innovative Strategien und Techniken zurückgreift“ (MERZ et al. 2011; s. auch MERZ & DIDSZUN 2005). Zusätzlich wurde im Teilprojekt „Entwicklung integrativer Lösungen für das operationelle Hochwassermanagement am Beispiel der Mulde“ u.a. von der Universität Bochum ein Hochwassermanagementsystem entwickelt, mit Funktionen zur Niederschlags- und Hochwasservorhersage und zum technischen Rückhalt. Es beinhaltet ein Daten- und Informationssystem sowie ein Entscheidungsunterstützungssystem (SCHUMANN 2009). Eine Etablierung in der Praxis des deutschen operativen Hochwasserschutzes erfolgte offensichtlich nicht bzw. konnte nicht festgestellt werden.

Das Forschungsprogramm RIMXAX führt somit eine umfassende integrative Betrachtung für die Themen des Hochwasserrisikomanagements durch, konzentriert sich jedoch auf Hochwasserereignisse $\geq HQ_{100}$. Demgegenüber liegen Starkregenerereignisse, wasserwirtschaftliche Ereignisüberlagerungen oder Hochwasserintensitäten $< HQ_{100}$ nicht im Fokus. Zum Thema operativer Hochwasserschutz erfolgt eine Beleuchtung des Potenzials technischer Instrumente (v.a. Modelle, Vorhersage sowie Fernerkundung) für eine effektive Hochwasserbewältigung. Eine systemische Betrachtung des operativen Hochwasserschutzes, insbesondere hinsichtlich der Handlungsfelder Führung oder Struktur, erfolgte nicht.

Mit dem Ziel einer vollumfänglichen schwerpunktmäßig wasserwirtschaftlichen Betrachtung beschäftigt sich MÜLLER (2010) in seiner Habilitationsschrift mit dem integrierten Hochwasserrisikomanagement und beschreibt dieses als fortlaufenden iterativen Prozess mit ver-

schiedenen Phasen vor, während und nach einem Ereignis. Er analysiert u.a. auch die Einsatzstrukturen, Informationswege sowie Aufgaben und Zuständigkeiten des Katastrophenschutzes und der Wasserwirtschaft in Sachsen. Im Rahmen seiner Veröffentlichung zieht MÜLLER (2010) wichtige Schlussfolgerungen zur effektiveren Gestaltung des dazu notwendigen praktischen Handelns mit Hilfe einer Ex-Post-Evaluation des Extremereignisses im Jahr 2002 an der Elbe. Hierzu gehören u.a. die Erkenntnisse bezüglich einer Zentralisierung des Hochwassernachrichtendienstes inklusive direkter Informationswege, dezentraler Hochwasserlager sowie eines ständigen Bereitschaftssystems inklusive vorzuhaltender Hochwassersteuerpläne für den operationellen Betrieb wasserwirtschaftlicher Anlagen. Er betont zudem, dass wasserwirtschaftliche Anlagen, wie Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken „nur bis zu einem definierten Schutzziel vor Hochwasser schützen“ können und somit immer ein (Rest)Risiko verbleibt. Auch wenn als wichtige Erkenntnis der Veröffentlichung die zwingend erforderliche ganzheitliche Betrachtung des gesamten HWRM-Zyklus und die ressort- und grenzüberschreitende Zusammenarbeit hervorgehoben wird, wurde die Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz sowie die Ereignisbewältigung aufgrund der umfassenden Thematik, die lediglich einen Teilaspekt im HWRM-Kreislauf darstellt, nur am Rande thematisiert.

Das im November 2021 gestartete Projekt **KAHR** (Klima-Anpassung, Hochwasser und Resilienz) mit dem Teilprojekt „Optimierung operativer Hochwasserschutz“, hat das Ziel konkrete Handlungsempfehlungen für die Optimierung der Alarm- und Einsatzplanung (insbesondere bzgl. Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft), hinsichtlich des Einsatzes von Informationssystemen sowie ein Aus- und Weiterbildungskonzept für die Bundesländer NRW und RLP zu entwickeln. Durch den anwendungsorientierten Ansatz ergeben sich Synergieeffekte zur vorliegenden Arbeit.

Identifizierung von Forschungspotenzialen

Es wird deutlich, dass es bereits eine Vielzahl an wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Forschungsprojekten gibt, die sich mit der Thematik des operativen Hochwasserschutzes beschäftigen. Allerdings werden in der Regel nur Teilaspekte aus einem Fachgebiet betrachtet. Besonders ausgeprägt ist dieser Mangel im Hinblick auf strukturelle Aspekte sowie die Weiterentwicklung und Einbindung technischer Instrumente.

Eine ganzheitliche Betrachtung des operativen Hochwasserschutzes hinsichtlich der identifizierten Handlungsfelder Führung, Daten, technische Instrumente und Struktur wurde bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht vorgenommen, erscheint jedoch in Anbetracht zahlreicher Interdependenzen zwingend geboten. Auch der interdisziplinäre Charakter von Prozessen in der Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz findet sowohl in der Literatur als auch in gegenwärtigen Projekten von Forschung und Wissenschaft unzureichend Beachtung. Grundvoraussetzung für diese fachgebietsübergreifende und integrale

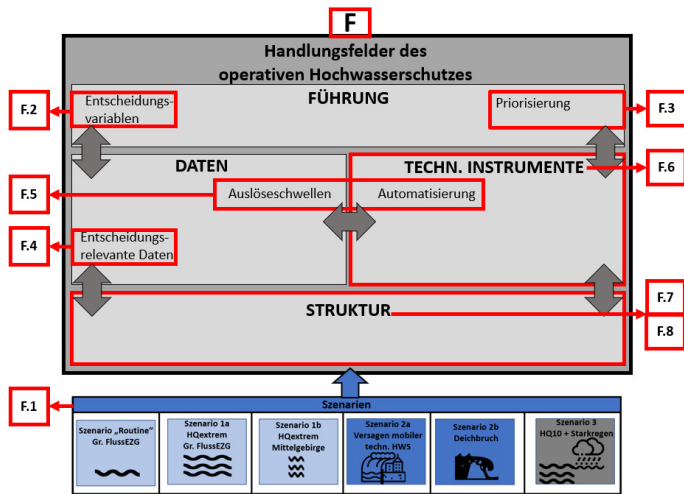
Betrachtung des operativen Hochwasserschutzes ist jedoch ein vollumfängliches Zustandsbild der einzelnen Handlungsfelder im Hinblick auf den aktuellen Umsetzungsstand.

Aus dem Abgleich der theoretisch-konzeptionellen Recherche zu den aktuellen und abgeschlossenen Forschungsprojekten und wissenschaftlichen Publikationen lassen sich die Aspekte Entscheidungsvariablen, Priorisierung, entscheidungsrelevante Daten sowie Automatisierung und Auslöseschwellen innerhalb der vorgenannten übergeordneten Handlungsfelder als wissenschaftlich nicht ausreichend beleuchtet herausarbeiten. Technische Instrumente werden zwar umfangreich wissenschaftlich erforscht und weiterentwickelt, jedoch die Einbindung in das prozessuale Umfeld des operativen Hochwasserschutzes in der Regel wenig beachtet. Eine gesamtheitliche Betrachtung der übergeordneten Struktur auf wissenschaftlicher Ebene findet ebenfalls nicht statt. Daraus lässt sich der Bedarf einer empirischen Datenerhebung ableiten.

2.5 Fazit und Ableitung der Forschungsfragestellung

Aus den in Kapitel 2.4.2 identifizierten Weiterentwicklungspotenzialen ergeben sich im Abgleich mit dem Wissens- und Forschungsstand Ansatzpunkte für die vorliegende Arbeit. Übergeordnete Handlungsfelder innerhalb des operativen Hochwasserschutzes stellen demnach **Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur** dar (s. Abbildung 19). Hierbei werden dem Handlungsfeld Struktur die Inhalte Alarm- und Einsatzplanung, Schulung/ Übung, Warnung/Alarmierung, Stabsarbeit, Vorsorge/Vorbereitung und Zuständigkeitsregelung zugeordnet. Aus den theoretischen Betrachtungen in Kapitel 2.1 bis 2.3 ergeben sich zusätzlich inhaltliche Schwerpunkte in Form der Unterpunkte **Priorisierung** und **Entscheidungsvariablen** innerhalb des Handlungsfeldes Führung, der Forschungsschwerpunkte **Entscheidungsrelevante Daten** und **Auslöseschwellen** unter dem Überbegriff Daten und dem Aspekt der **Automatisierung** als Sonderform der Nutzung technischer Instrumente. Ebenso lässt sich eine Vernetzung verschiedener Forschungsschwerpunkte erkennen, sodass diese themenübergreifend zu betrachten sind. Während sich in Bezug auf die Weiterentwicklung einzelner Handlungsfelder und Schwerpunkte zahlreiche spezialisierte Einzelprojekte innerhalb von Forschung und Wissenschaft gebildet haben, fehlt es derzeit an einer ganzheitlichen Betrachtung des operativen Hochwasserschutzes unter besonderer Berücksichtigung von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz. Im Rahmen der Dissertation sollen geeignete Weiterentwicklungspotenziale innerhalb dieser Handlungsfelder ausdifferenziert und auf höherer Ebene aggregiert werden, um daraus konkrete Handlungsoptionen aus wissenschaftlicher Perspektive zu erarbeiten und nachfolgend zu diskutieren.

Ausgehend von den in Kapitel 2.4.3 identifizierten Forschungspotenzialen sowie den in Kapitel 2.4 hergeleiteten Handlungsfeldern werden die Forschungsfrage sowie die dazugehörigen acht strukturierenden Fragen festgelegt (s. Abbildung 21).



Forschungsfrage:

F Wie kann der operative Hochwasserschutz im deutschen Binnenland für eine erfolgreiche Ereignisbewältigung weiterentwickelt werden?

Strukturierende Fragen:

F.1 Wie unterscheiden sich die betrachteten Szenarien im Hinblick auf einzelne Ereigniskomponenten und die daraus resultierenden Besonderheiten bzw. Herausforderungen für die Ereignisvorbereitung und -bewältigung?

F.2 Worin bestehen relevante Entscheidungen, die im Rahmen des operativen Hochwasserschutzes zu treffen sind? Welches sind die Entscheidungsvariablen und deren Ausprägungen und welche Faktoren stellen Einschränkungen bei der Entscheidungsfindung dar?

F.3 Welche Regeln können zur Priorisierung von Maßnahmen im konzeptionellen und operativen Begriffssinn herangezogen werden?

F.4 Welche entscheidungsrelevanten Daten und Informationen werden für eine schnelle und effektive Lagefeststellung und -beurteilung sowie die operative Maßnahmenumsetzung für die jeweiligen Szenarien benötigt?

F.5 Welche Prozesse der Hochwasserbewältigung (während eines Ereignisses) könnten zur Vorbereitung auf eines oder mehrere der betrachteten Szenarien im Vorfeld im Rahmen der Ereignisvorbereitung ggf. automatisiert oder digitalisiert werden? Welche Auslöseschwellen könnten hierfür herangezogen werden?

F.6 Welche technischen Instrumente können bei der operativen Vorsorge und Bewältigung zielführend eingesetzt werden?

F.7 Welche Prozesse der operativen Hochwasserbewältigung (während eines Ereignisses) könnten im Vorfeld konzeptionell vorbereitet werden?

F.8 Welche Ableitungen für die Gesamtstruktur des operativen Hochwasserschutzes ergeben sich aus der Beantwortung der vorhergehenden Fragestellungen?

Zusammenfassung der abgeleiteten thematischen Forschungsschwerpunkte:

1. Entscheidungsvariablen
2. Priorisierung
3. Entscheidungsrelevante Daten
4. Auslöseschwellen und Automatisierung
5. Technische Instrumente
6. Struktur

Abbildung 21: Ableitung der Forschungsfrage sowie der begleitenden Fragen und Forschungsschwerpunkte

3. Methodik

Mit Hilfe einer empirischen Untersuchung sollen die in Kapitel 2 theoretisch-konzeptionell ermittelten Weiterentwicklungsmöglichkeiten sowie die aufgezeigten Forschungspotenziale überprüft und durch Beantwortung der vorgenannten Forschungsfrage sowie der acht dazugehörigen strukturierenden Fragen (s. Abbildung 21) die ermittelten Forschungslücken geschlossen werden. Im nachfolgenden Kapitel wird die gewählte Methodik näher erläutert. Nach einer Übersicht zur gewählten Vorgehensweise sowie zu den empirischen Rahmenbedingungen werden die verschiedenen Datenerhebungsmethoden vorgestellt. Anschließend werden die angewandten Datenanalysemethoden, mit Fokus auf die qualitative Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ (2018), inklusive der Schritte der Datenanalyse zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Untersuchung detailliert beschrieben und offengelegt. Abschließend erfolgt eine Überprüfung der Gütekriterien der qualitativen Sozialforschung hinsichtlich der angewandten Methoden.

3.1 Fallauswahl und empirische Rahmenbedingungen

Durch die theoretisch-konzeptionelle Positionierung in Kapitel 2 „Theoretischer Hintergrund“ wurde ein grundlegendes Verständnis für den operativen Hochwasserschutz geschaffen. Es wird deutlich, dass zu dem v.g. Forschungsgegenstand bezüglich einer ganzheitlichen Betrachtung wenig Vorwissen in der Fachliteratur und Wissenschaft besteht. Folglich erscheint eine qualitative Ausrichtung der Untersuchung (s. FLICK 2019; DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017; KUCKARTZ 2018) als geeignete Methode, um Weiterentwicklungsmöglichkeiten aus der Anwendung bzw. Praxis zu erkennen und die Forschungsfrage zu beantworten. Gängige wasserwirtschaftliche Instrumente, wie numerische Modellierungen bzw. der Einsatz physikalischer Modelle, können für diese Fragestellung keinen zufriedenstellenden Erkenntnisgewinn liefern.

Im Rahmen der empirischen Studie erfolgt die Datenerhebung mit Hilfe von Experteninterviews, der Sammlung von begleitenden Sekundär-/Archivdaten, der Durchführung von teilnehmenden Beobachtungen sowie einer quantitativ-qualitativen Online-Befragung mit Hilfe eines Fragebogens. Begründen lässt sich die Wahl einer schwerpunktmäßig qualitativen Methodik zum einen durch den stark explorativen Charakter (d.h. theoriebildend; keine Annahmen oder Hypothesen vorliegend) der in Kapitel 2.5 entwickelten Forschungsziele, um ein besseres Verständnis zu den Inhalten und Prozessen entwickeln zu können. Die empirische Studie ermöglicht Prozesse des operativen Hochwasserschutzes aus der Perspektive der Beteiligten zu rekonstruieren, dann vor dem Hintergrund des Forschungsstandes zu reflektieren, um damit den Forschungsstand zu erweitern und die Prozesse zu optimieren. Zum anderen können so im Rahmen dieser

Vorgehensweise unterschiedliche Perspektiven, z.B. aus den Fachgebieten Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft, miteinander kombiniert und ggf. neue bzw. interdisziplinäre Erkenntnisse generiert werden (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017; KOWALSKI 2017). Im Sinne der Triangulation können unterschiedliche Datenquellen, Theorieansätze oder Methoden kombiniert werden, was eine bessere Überprüfung und Validierung der erhobenen Daten ermöglicht (MAYRING 2015; FLICK 2019). Aufgabenfelder bzw. Schwerpunkte von qualitativen Analysen sind die Hypothesenfindung sowie die Theoriebildung (MAYRING 2015), welche sich daher gut für das vorliegende Forschungsvorhaben eignen. Allerdings wird qualitativen Methoden teilweise in der Fachliteratur auch eine mangelnde Repräsentativität durch den Rückschluss von wenigen Fallbeispielen auf wesentliche Sachzusammenhänge vorgeworfen (MAYRING 2015). Daher gleicht die Kombination mit einer durchgeführten quantitativ-qualitativen Online-Befragung die in Zweifel stehende Generalisierbarkeit der durchgeführten qualitativen Analyse aus.

Als **Untersuchungsgegenstand** wird das Feld des operativen Hochwasserschutzes mit seinen dazugehörigen Prozessen und wesentlichen beteiligten Personen ausgewählt. Ziel bei der Fallauswahl (Sampling) war es, der Komplexität des betreffenden Untersuchungsobjekts „operativer Hochwasserschutz“ Rechnung zu tragen und eine argumentative Verallgemeinerbarkeit anzustreben (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

Zur Festlegung der empirischen Rahmenbedingungen ist der gewählte Kontext vor Beginn der empirischen Studie gezielt zu definieren und der Untersuchungskontext entsprechend einzugrenzen. Um eine Transparenz zu gewährleisten, soll an dieser Stelle erläutert werden, welche Akteure und Phänomene betrachtet und welche bewusst ausgeschlossen werden. Die Gestaltung der eigenen Sampling-Strategie geschah zur besseren Nachvollziehbarkeit gemäß der **Fallauswahl nach PATTON (1990)**. Hierbei erfolgte hinsichtlich der Experteninterviews eine Kombinationsauswahl bestehend aus bewusster Fallauswahl, d.h. der „Auswahl informationsreicher Fälle für eine gründliche Untersuchung“ (Elbe-Region mit mehreren abgelaufenen Hochwasserereignissen und Rhein-Region mit gutem Netzwerk von Fachexperten), und einer ergänzenden opportunistischen Auswahl, d.h. dem „Folgen von neuen Hinweisen während der Datenerhebung“ (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017). Hinsichtlich einer **szenarienbezogenen Eingrenzung** werden Hochwasser- und Starkregenereignisse im Binnenland betrachtet (vgl. Kapitel 2.1.1). Ausgeschlossen werden Sturmfluten an Küstengewässern sowie Hochwasserereignisse im alpinen Bereich. Eine Eingrenzung und eine Beschreibung der betrachteten Szenarien wurden bereits in Kapitel 1.3 vorgenommen (vgl. Abbildung 1). Hierbei konnten neben den in den Experteninterviews betrachteten fiktiven Szenarien 1a (sehr großes HW), 2a & 2b (technisches Versagen HWS) und 3 (Kombination HW und Starkregen) die Szenarien „Routine“ und 1b (sehr großes HW im Mittelgebirge) in Form einer teilnehmenden Beobachtung untersucht werden (vgl. Tabelle 9).

Im Sinne einer **räumlichen Eingrenzung** werden im Rahmen der empirischen Studie große

und mittelgroße Gewässer I. und II. Ordnung in den Flussgebieten Elbe und Rhein betrachtet. Hierbei handelt es sich um die Hauptgewässer I. Ordnung sowie auch Gewässer II. Ordnung im Mittelgebirge. Der Betrachtungsraum des Forschungsvorhabens wird aufgrund der räumlichen und rechtlichen Besonderheiten auf Deutschland sowie diesbezüglich auf die im Mittelgebirge gelegenen Bundesländer Rheinland-Pfalz (RLP), Nordrhein-Westfalen (NRW), Sachsen (SA) und Sachsen-Anhalt (ST) begrenzt. Ausgeschlossen wurden Bundesländer in der Küsten- oder Alpenregion, mit zweistufigem Verwaltungsaufbau oder abweichenden rechtlichen Regelungen. Zusätzlich wurden im Rahmen der Experteninterviews bundesweite Experten der Fachgebiete Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft befragt, welche keinen örtlichen Bezug ihrer Zuständigkeit zu einem konkreten Flussgebiet (wie Elbe oder Rhein) hatten. Letzteres wurde zur maximalen Kontrastierung gewählt, um mögliche Besonderheiten der befragten Fälle zu identifizieren. Der Untersuchungsrahmen des Online-Fragebogens begrenzte sich räumlich auf einen Personenkreis, der am Standort der teilnehmenden Beobachtung in Szenario 1b zum Beobachtungszeitpunkt zuständig war.

Hinsichtlich einer **systemischen Eingrenzung** erfolgt eine ganzheitliche Betrachtung der Handlungsfelder des operativen Hochwasserschutzes (s. Abbildung 19), wobei der Schwerpunkt auf der Betrachtung der Vorbereitung von Hochwasserereignissen sowie deren Bewältigung liegt. Hierbei sollen insbesondere Möglichkeiten zur Systemoptimierung (vorher), Entscheidungsunterstützung (während) und ggf. auch Systemanpassung bzw. Nachsorge (nach einem Ereignis) beleuchtet werden. Im Rahmen der empirischen Studie lag der Fokus insbesondere auf der Betrachtung und Analyse des Gesamtsystems. Eine detaillierte Untersuchung von Einzelbereichen bzw. -prozessen, wie z.B. Spontanhelfer, Social Media, operationelle Steuerung wasserwirtschaftlicher Anlagen (z.B. Talsperren, Flutpolder) oder operativer, technischer Deichverteidigungsmaßnahmen erfolgte daher nicht. Darüber hinaus wurde auch die politische Perspektive ausgeschlossen.

Hinsichtlich einer **Eingrenzung von Fach- und Wissensgebieten** wurden die für den operativen Hochwasserschutz zentralen Fachgebiete Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft ausgewählt (s. Abbildung 22). Hierbei konnten im Rahmen der Experteninterviews 28 Personen aus der Wasserwirtschaft und 19 Personen aus dem Katastrophenschutz im Rahmen von insgesamt 43 Experteninterviews befragt werden (s. Tabelle 7). Hierbei erfolgten 4 Doppelinterviews mit jeweils 2 befragten Personen. Weitere in Kapitel 2.4.1 benannte Fachgebiete wurden bewusst ausgeschlossen, um einen tiefgründigeren Einblick in die zwei fokussierten Fachgebiete zu ermöglichen. Im Rahmen der Experteninterviews erfolgte bei der Fallauswahl eine **aufgaben- bzw. zuständigkeitsbezogene Eingrenzung** der zu befragenden Fachexperten anhand von theoretisch-konzeptionellen Vorüberlegungen. Ziel war es, Beteiligte des operativen Hochwasserschutzes (s. Kapitel 2.3.2) zu befragen und diesbezüglich möglichst Experten, die auch im Rahmen der Ereignisbewältigung aktiv werden würden. Der Fokus lag somit auf aktiven und ehemaligen

Mitgliedern von Stäben und hierbei insbesondere auf den Sachgebieten S2 „Lage“, S3 „Einsatz“ und Einsatzleitung gemäß FwDV 100 (s. Abbildung 22 „Mitglieder des Stabes“, blaue Markierung) sowie wasserwirtschaftlichen Fachberatern und für die Fragestellung relevanten Verbindungspersonen. Der im Rahmen der Experteninterviews befragte Personenkreis setzte sich fachlich aus den in Abbildung 22 im blauen und gelben Kasten benannten Zuständigkeiten zusammen. Hierzu sei jedoch angemerkt, dass sich je nach Szenario ggf. die Zuständigkeiten bzw. die Zusammensetzung/Größe der Stäbe verändern. Aus dem Bereich Feuerwehr wurden nur Berufsfeuerwehren und keine freiwilligen Feuerwehren befragt. Auch andere ehrenamtliche Einsatzorganisationen, die insbesondere dem Bereich des Zivilschutzes zugeordnet werden können, sowie militärische Organisationen (Bundeswehr) standen nicht im Fokus der wissenschaftlichen Untersuchung. Zu den dargestellten „Sonstigen Fachexperten“ aus Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz zählten Ingenieurbüros und Fachplaner.

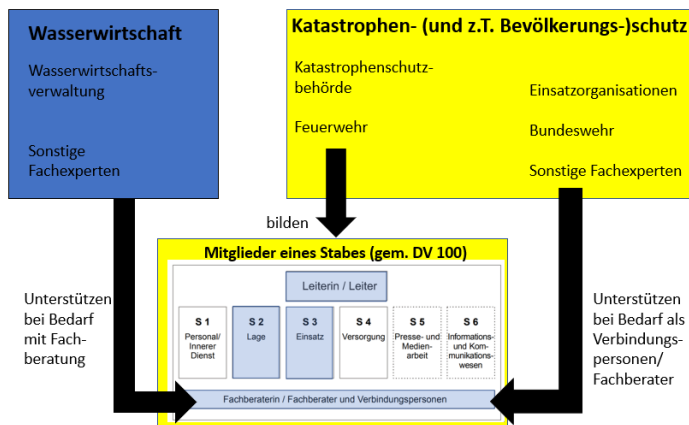


Abbildung 22: Fachliche Fallauswahl der Experten (Eigene Darstellung inklusive Auszug aus der DV 100 (Mdi RLP 2000))

Grundsätzlich ist die Auswahl der Experten entscheidend für die Qualität und Art der Informationen und wurde daher genau überlegt und recherchiert. Bezüglich der Anzahl der Interviewpartner wird das Optimum „neben den [...] inhaltlichen und methodischen Überlegungen auch durch forschungspraktische Gesichtspunkte wie die Erreichbarkeit und die Bereitschaft potenzieller Interviewpartner bestimmt“ (GLÄSER & LAUDEL 2009). Zusammenfassend lag der Schwerpunkt der Untersuchung daher auf Funktionen der Wasserwirtschaftsverwaltung, Katastrophenschutzbehörden, Fachberater aus KatS und WaWi sowie Berufsfeuerwehren jeweils als potenzielle Mitglieder eines Stabes bei einem Hochwasserereignis. Die Anzahl und Auswahl der Experten wurde vor Beginn der Studie nicht final festgelegt, mit dem Ziel, sich eine gewisse Flexibilität vorzubehalten (GLÄSER & LAUDEL 2009). Die Fallauswahl wurde während der Erhebung weitergeführt, um auf Empfehlungen zu weiteren

interessanten Fällen durch Interviewpartner zur Steigerung des Erkenntnisgewinns flexibel eingehen zu können. Diese Vorgehensweise wurde auch dadurch bekräftigt, dass die Teilnahmebereitschaft von Experten im Allgemeinen stark von deren Arbeitsbelastung abhängig ist (GLÄSER & LAUDEL 2009).

Zum Abschluss der Untersuchung stellte sich sowohl bei den neu hinzugewonnenen Erkenntnissen als auch bei der Suche nach neuen Interviewpartnern eine theoretische Sättigung ein. Insbesondere beim Katastrophenschutz stellte sich heraus, dass die Sättigung sowohl inhaltlich als auch personell schneller eingetreten war. Dies lag zum einen an der stark standardisierten Ausbildung der Personen im Katastrophenschutz inklusive der (strikten) Befolgung von Richtlinien, wie der FwDV 100 sowie von Alarm- und Einsatzplänen. Die Sättigung des Personenkreises konnte zudem dadurch festgestellt werden, dass die Personen aus den betrachteten Bundesländern zum Ende der Interviews verstärkt bereits befragte Personen als weitere Ansprechpartner empfahlen.

Eine detaillierte Darstellung von Variablen, d.h. standardisierten Hintergrundinformationen zu den Interviewten (KUCKARTZ & RÄDIKER 2020), bezüglich der Zusammensetzung der 43 Experteninterviews mit insgesamt 47 Personen ist in Tabelle 7 zu finden.

Tabelle 7: Variablen bezüglich der 43 Experteninterviews mit insgesamt 47 Personen

Variable	Anzahl	Quote	Variable	Anzahl	Quote
Fachgebiet			Flussgebiet		
Wasserrwirtschaft	28	60%	Elbe	23	49%
Katastrophenschutz	19	40%	Rhein	15	32%
			Andere/nicht zuzuordnen	9	19%
Insitution			Ausbildungshintergrund		
Bund	4	9%	Studium	44	94%
Land	27	57%	Ausbildung	3	6%
Kommune	9	19%			
Andere	7	15%			
Bundesland					
Rheinland-Pfalz	13	38%			
Nordrhein-Westfalen	4	12%			
Sachsen-Anhalt	15	44%			
Sachsen	7	21%			
Andere/nicht zuzuordnen	8	24%			

Eine transparente Darstellung der Experteninterviews hinsichtlich Informationen zu deren Fachgebiet und Bundesland, der Anzahl der jeweils befragten Personen je Interview, Datum, Länge und Form des Interviews erfolgt zudem anonymisiert in Anhang 5.

Bei der Fallauswahl bezüglich des **Online-Fragebogens** wurde das Ziel verfolgt die Nutzer bzw. Anwender des digitalen Lagebildes zu erreichen. Hierzu wurde den Relevanzsetzungen des Feldes gefolgt, indem persönlich kontaktierte Anwender des Lagebildes die Umfrage an ihrer Meinung nach weitere wichtige Zielpersonen weitergeleitet haben. Diese Vorgehensweise hatte das Ziel, auf diesem Wege alle Anwender zu erreichen, die die Akteure im Feld als wichtig erachtet haben (KIRCHHOFF et al. 2010; PORST 2011). Zur Verteilung der Online-Umfrage wurden daher Mitarbeiter des Stabes persönlich per E-Mail mit einem kurzen,

z.T. individuell angepassten Erläuterungstext angeschrieben, mit der Bitte um Verteilung an weitere in Frage kommende Kolleginnen und Kollegen aus der eigenen Organisation oder aus dem eigenen Bundesland. Hierzu gehörten Personen aus dem operativ-taktischen sowie dem administrativ-organisatorischen Stab, inklusive Fachberater und Verbindungspersonen (v.a. Bundeswehr, Polizei und THW), welche während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 im Einsatz waren. Es konnte der Kontakt zu hochrangigen Personen (u.a. einige Amtsleiter der Berufsfeuerwehren oder Führungspersonen aus dem Katastrophenschutz) hergestellt werden, welche eine weitere Verteilung in ihrem Netzwerk an qualifizierte Akteure aus dem Feld organisiert und sichergestellt haben.

Zusammenfassend zeichnet sich die vorliegende Untersuchung aufgrund der Auswahl verschiedener Datenerhebungsmethoden sowie der Betrachtung verschiedener Szenarien für die ausgewählten Forschungsschwerpunkte durch eine hohe Vielfältigkeit aus (s. Abbildung 23).

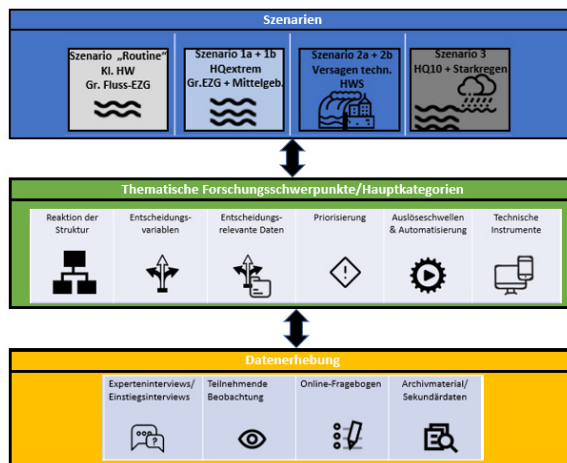


Abbildung 23: Übersicht über die im Rahmen der empirischen Studie betrachteten Szenarien, thematische Forschungsschwerpunkte bzw. Hauptkategorien und Datenerhebungsmethoden

Im Hinblick auf den qualitativen Charakter der Datenerhebungsmethode werden im Folgenden insbesondere die **Gütekriterien** der qualitativen Sozialforschung herangezogen. Diese sollen an dieser Stelle nur verkürzt dargestellt werden, weil sie in Kapitel 3.4 detailliert beleuchtet und kritisch reflektiert werden. Da die Gütekriterien der quantitativen Sozialforschung für diese empirische Studie als nicht zielführend bzw. ausreichend erachtet werden, wird auf die der qualitativen Sozialforschung zurückgegriffen. Gemäß MAYRING (2015) werden die klassischen Gütekriterien der sozialwissenschaftlichen Methodenlehre grundsätzlich in die Reliabilität (Zuverlässigkeit) und die Validität (Gültigkeit) unterteilt, wobei die Reliabilität als Grundvoraussetzung für Validität angesehen wird. Je nach Autor und gewählter Methode kommen weitere

uneinheitliche Gütekriterien hinzu (s. DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017, MAYRING 2015; WRONA 2006, YIN 2013). Aus der Menge dieser weiteren Gütekriterien erscheint im Hinblick auf die betrachtete empirische Studie das Kriterium der Objektivität (Forscher-unabhängigkeit) diskutierenswert. Der Begriff der Validität lässt sich u.a. in die Unterkriterien Konstruktvalidität (Überprüfung der Ergebnisse anhand bewährter Theorien), interne Validität (Gültigkeit von Variablen der Messung im Modell) und externe Validität (Gültigkeit nach außen / Verallgemeinerung) unterscheiden (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).





So erfolgten eine Offenlegung und Dokumentation aller Entscheidungen, Auswahlkriterien und Eingrenzungen der empirischen Rahmenbedingungen im Sinne der **Reliabilität**. Zur Bewahrung der **Objektivität** wurde auf standardisierte Methodennutzung zurückgegriffen. Zur Herstellung einer **externen Validität** wurde auf eine Auswahl von für die Forschungsfragestellung relevanten Fachexperten inklusive transparenter Beschreibung der dazugehörigen Auswahlkriterien und diesbezüglich eingesetzter Methoden geachtet. Die **interne Validität** wurde durch eine Triangulation angestrebt (s.o.). Für die vorliegende Arbeit finden neben der Beobachtung als Methoden sowohl die mündliche (Experteninterviews, qualitativ) als auch die schriftliche Befragung (Online-Fragebogen, quantitativ-qualitativ) Anwendung. Im Folgenden werden die verschiedenen Datenerhebungsmethoden näher erläutert.

3.2 Datenerhebung

Zeitlich erfolgten im Rahmen der empirischen Studien verschiedene Datenerhebungsmethoden aufeinander. Nach der ausführlichen theoretisch-konzeptionellen Betrachtung des Untersuchungsgegenstandes wurden zu Beginn der empirischen Studie Telefoninterviews durchgeführt. Zum Ende dieser empirischen Vorstudie kam es im Februar 2021 an einem Gewässer I. Ordnung zu einem kleinen Hochwasser (Szenario „Routine“), was die Möglichkeit zur teilnehmenden Beobachtung bot. Anschließend konnten die hieraus gewonnenen Erkenntnisse in die Festlegung des Untersuchungsrahmens, die Konzeption der empirischen Rahmenbedingungen sowie in die fachliche, methodische und organisatorische Vorbereitung der Experteninterviews mit einfließen. Die Durchführung der 43 Experteninterviews erstreckte sich von April bis Juni 2021. Nach erster Auswertung und Sichtung der Daten kam es Mitte Juli 2021 zu Starkregen- und Hochwasserereignissen im Westen Deutschlands, welche die Möglichkeit zu einer weiteren teilnehmenden Beobachtung (Szenario 1b) boten. Diese intensive, dreimonatige Phase der Datenerhebung ermöglichte die gewonnenen Erkenntnisse aus der Vorstudie sowie aus den Experteninterviews, den theoretisch-konzeptionellen Überlegungen und den gesammelten Sekundär-/Archivdaten in beiderseits behandelten Punkten zu überprüfen bzw. zu validieren. Die folgende praktische Entwicklung eines digitalen Lagebildes für einen Führungsstab für Szenario 1b wurde mit einem Online-Fragebogen an die

Nutzer Ende 2021 abgeschlossen. Zudem wurde seit Beginn der Themenfindung für die Doktorarbeit an mehr als 30 themenrelevanten Workshops und Fachkonferenzen teilgenommen, bei denen jeweils der fachliche Inhalt und nicht die Beobachtung der Akteure im Vordergrund stand.

Tabelle 8: Zuordnung der Datenerhebungsmethoden zu den im Rahmen dieser empirischen Studie betrachteten Szenarien

		Szenarien			
		Szenario „Routine“ Kl. HW Gr. Fluss-EZG	Szenario 1a + 1b HqExtrem Gr.EZG + Mittelgeb.	Szenario 2a + 2b Versagen techn. HWS	Szenario 3 HQ10 + Starkregen
Datenerhebung	Experteninterviews/ Einstiegsinterviews 	✓	✓	✓	✓
	Teilnehmende Beobachtung 	✓	✓		
	Online-Fragebogen 		✓		
	Archiv-/ Sekundärdaten 	✓	✓	✓	✓

In den nachfolgenden Kapiteln sollen die unterschiedlichen Datenerhebungsmethoden transparent dargestellt und erläutert werden. Tabelle 8 verdeutlicht, welche Szenarien mit den einzelnen Datenerhebungsmethoden betrachtet werden konnten. Eine teilnehmende Beobachtung bezüglich Hochwasserereignissen war aufgrund der begrenzten Zeitspanne der Forschungsarbeit für zwei Szenarien möglich. Die gewählten qualitativen Methoden wurden bei den Szenarien 1a, 2a/b, 3 und Routine als ausreichend erachtet. Lediglich bei Szenario 1b ergab sich aufgrund der praktischen Entwicklung des digitalen Lagebildes im Rahmen dieses Szenarios der Bedarf für eine ergänzende quantitativ-qualitative Befragung der Anwender des v.g. Lagebildes als zusätzlicher Erkenntnisgewinn.

3.2.1 Teilnehmende Beobachtung

Gemäß DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ (2017) stellt „die Beobachtung die intensivste Form der Datenerhebung dar, da der Forscher über einen längeren Zeitraum im Feld aktiv ist“. Sie ermöglicht Handlungs- und ggf. auch Denkweisen zu erfassen und nicht nur individuelle Perspektiven, wie z.B. bei einem Experteninterview, zu berücksichtigen. Als Beobachtungsform wurde die teilnehmende Beobachtung gewählt, bei der die forschende Person stark in das Feld und die Aktivitäten involviert ist. Der Fokus lag auf den Beobachtungsdimensionen Ereignisse (Untersuchung in Echtzeit bei einem Hochwasserereignis),

Handlungen, Akteure und Zeit (zeitlicher Ablauf) (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

Tabelle 9: Informationen zu den durchgeführten teilnehmenden Beobachtungen

		Szenarien	
		Szenario „Routine“ Kl. HW Gr. Fluss-EZG	Szenario 1b HQextrem Mittelgebirge
Weitere Informationen	Zeitpunkt	Januar-März 2021	Juli-Oktober 2021
	Zeitlicher Bezug zur Hochwasserwelle	Beginn der teilnehmenden Beobachtung 5 Tage vor Erreichen des Hochwasserscheitels. Dauer der Hochwasserwelle ca. 2 Wochen.	Beginn der teilnehmenden Beobachtung ca. 8 h nach Erreichen des Hochwasserscheitels. Dauer der Hochwasserwelle ca. 24 h.
	Form der Beobachtung	Teilnehmende Beobachtung	Teilnehmende Beobachtung
	Fokus der Beobachtung	Schwerpunkt: Handlungen bzgl. eines bestimmten Ereignisses Begleitend: - Akteure - Zeitlicher Ablauf	Schwerpunkt: Handlungen bzgl. eines bestimmten Ereignisses Begleitend: - Akteure - Zeitlicher Ablauf
	Inhalte	- Abbau mobile HWS-Wand - Teilnahme an Kontrollfahrten - Teilnahme an Lagebesprechungen	- Arbeit eines Stabes (op.-takt. und admin.-org.) - Lagefeststellung und -beurteilung - Teilnahme an Lagebesprechungen, Erkundungen, kleineren Besprechungen
	Beobachtete Akteure	- Berufsfeuerwehr - Weitere zuständige Ämter	- Operativ-taktischer und administrativ-organisatorischer Stab inklusive aller beteiligten Akteure (Fachberater & Verbindungspersonen)
	Eigene Funktion/ Möglichkeit zur Einbringung	Übernahme von Einzelaufgaben	Unterstützung bei der Lagefeststellung und -beurteilung

Zusätzlich zu der Erstellung von Notizen und Fotoaufnahmen sowie dem Sammeln von ergänzenden Informationen und Dokumenten während der Beobachtung wurden im Anschluss im Rahmen der 24-h-Regel die erhobenen Daten umgehend dokumentiert. Gemäß DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ (2017) „erfolgt die Datenerfassung [üblicherweise] nicht völlig losgelöst von der Interpretation. Ein qualitatives Methodenvorgehen ist daher oftmals nicht linear zu verstehen, sondern eher prozessual und man springt von der Datenerfassung zur Datenanalyse und wieder zurück.“ Sofern direkt Interpretationen mit angefertigt wurden, wurden diese getrennt von den Daten aufgenommen (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

Im Rahmen der empirischen Studie wurden zwei Blöcke mit teilnehmenden Beobachtungen durchgeführt. Die Inhalte und Schwerpunkte der Beobachtungen sind in Tabelle 9 dargestellt. Beide Beobachtungen erfolgten ereignisbezogen. Bei Szenario 1b fand die teilnehmende Beobachtung an zwei Standorten statt: zum einen in einem zuarbeitenden bzw. koordinierenden Stab (Beobachtungsdauer 1,5 Tage) und zum anderen in einem operativ-taktischen Stab, dem ein administrativ-organisatorischer Stab hinzugefügt wurde (Beobachtungsdauer 2,5 Monate).

3.2.2 Experteninterviews

Bei Experteninterviews handelt es sich um nichtstandardisierte Interviews, denen üblicherweise eine vorbereitete Liste offener Fragen, ein sog. „Leitfaden“, zugrunde liegt. Dies ermöglicht eine Abhandlung unterschiedlicher Themen sowie einzelner Informationen, die für das Ziel der Untersuchung wichtig sind (GLÄSER & LAUDEL 2009). Im Fokus stehen dabei weniger die Person als das Handlungsfeld bzw. die Fachexpertise des Experten (FLICK 2019) sowie dessen subjektive Wahrnehmung zu einem Thema (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

Mit der Planung eines Leitfadens wird somit auch der dazugehörige Kommunikationsprozess geplant und gestaltet, der darauf abzielt, alle notwendigen Informationen für den Forschungsgegenstand zu erbringen. Die Fragen werden offen gestellt, um der Person die Möglichkeit zu geben, entsprechend seiner Fachexpertise und seinen Interessen zu antworten (GLÄSER & LAUDEL 2009). „Insofern sind Interviews flexibel auszulegen und eher offen vom Zeithorizont“; ein gewisses Maß vom Thema „abzuschweifen“ ist somit im Falle von halbstrukturierten Experteninterviews erwünscht und kann neue Erkenntnisse bringen (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017). Experteninterviews sollten laut DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ (2017) weniger der Generalisierbarkeit als einem tiefergehenden Verständnis der Thematik dienen.

Im Rahmen des halbstrukturierten Interviews wurden die spezifischen Themen vorab festgelegt und im Interviewleitfaden adressiert. Die Reihenfolge wurde ggf. dem Gesprächsverlauf dynamisch angepasst (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

Hinsichtlich der Interviewmethode wurde sich aufgrund der Coronaproblematik im Frühjahr 2021 auf eine Durchführung per Videokonferenz konzentriert, um einen möglichst persönlichen Gesprächscharakter zu erzeugen und optische Eindrücke des Gegenübers und dessen Umgebung bzw. Umfeld zu erhalten (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

3.2.2.1 Vorstudie

Als Vorstudie bezeichnet man laut GLÄSER & LAUDEL (2009) „im Umfang begrenzte empirische Untersuchungen, die für die eigentliche Untersuchung notwendiges Wissen beschaffen sollen. [...] Vorstudien können genutzt werden, um Informationen über den Untersuchungsgegenstand zu beschaffen.“ Da sie gemäß GLÄSER & LAUDEL (2009) die Offenheit der Untersuchung fördern und die Methodenanwendung qualifizieren, wurden im Zeitraum zwischen Dezember 2020 bis Februar 2021 sechs ca. 1- bis 1,5-stündige Telefoninterviews mit Fachexperten aus Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz durchgeführt. Hierzu wurde jeweils ein individueller halbstrukturierter Fragebogen konzipiert, dem eine ausführliche Recherche über den Interviewpartner sowie über ihn tangierende Fachthemen vorangegangen ist. Im Interview wurden Zuständigkeiten geklärt,

Erfahrungsberichte zu vergangenen Hochwasser- und/oder Starkregenereignissen erfragt und wurde über aktuelle Entwicklungen gesprochen. Zudem wurden identifizierte Weiterentwicklungspotenziale und Forschungspotenziale angesprochen, um eine erste Einschätzung aus Sicht der Anwender zu erhalten. Die Ergebnisse der Telefoninterviews wurden mit Hilfe eines Gedächtnisprotokolls festgehalten.

Die Vorstudie bildete die Grundlage zur abschließenden Entwicklung der Forschungsfragen, zur daran anschließenden Entwicklung des Interviewleitfadens sowie zur Ermittlung der zuständigen Fachexperten als potenzielle Interviewpartner.

3.2.2.2 Halbstrukturierter Interviewleitfaden

Der Interviewleitfaden stellt ein Erhebungsinstrument in der qualitativen Forschung dar und bildet eine Art Gerüst für den Interviewablauf, das dem Interviewer dennoch ausreichend Entscheidungsfreiheit lässt, wie und zu welchem Zeitpunkt er die Fragen im Gespräch einbringt (FLICK 2019). Der Leitfaden ist Ergebnis einer Operationalisierung, in welcher die vorab festgelegten Leitfragen in Interviewfragen übersetzt werden, die an den Alltag und das Arbeitsumfeld des Interviewpartners anknüpfen. Der Leitfaden dieser empirischen Studie orientiert sich an den Grundlagen und Regeln der empirischen Sozialforschung und besteht aus einer kurzen Einleitung, leicht beantwortbaren Eisbrecherfragen zum Einstieg, den inhaltlich relevanten Themenkomplexen sowie einem Abschluss, jeweils mit klaren, leicht verständlichen Fragen (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017; FLICK 2019; GLÄSER & LAUDEL 2009). Als offene, angenehme Abschlussfrage wurde zur Unterstreichung des explorativen Charakters die Frage „Was würden Sie sich zukünftig für Ihre Arbeit im operativen Hochwasserschutz wünschen?“ gewählt, um dem Interviewpartner noch einmal die Möglichkeit zu geben, wichtige Aspekte des Themas zu benennen, die ggf. seiner Meinung nach noch nicht ausreichend beleuchtet oder angesprochen wurden (GLÄSER & LAUDEL 2009). Der halbstrukturierte Interviewleitfaden baut fachlich auf den vorangegangenen theoretisch-konzeptionellen Vorüberlegungen und einer umfassenden Literaturrecherche auf und ist in Anhang 4 beigefügt.

Gemäß GLÄSER & LAUDEL (2009) kann sich der Leitfaden im Vergleich zu einem standardisierten Fragebogen im Verlauf der Erhebung verändern und ggf. an neue Erkenntnisse aus den Interviews oder an die Interviewpartner individuell anpassen. So hat sich beispielsweise erst nach den ersten Interviews der Bedarf für die Aufnahme einer weiteren Frage zum Thema Entscheidungsrelevante Daten in den Leitfaden ergeben. Um eine möglichst persönliche und an den jeweiligen Interviewpartner angepasste Gesprächsatmosphäre zu schaffen, wurde den Interviews sowie der ersten Kontaktaufnahme mit den Experten eine umfangreiche Recherche zur Person, deren Fachthema und Organisation/Institution vorangestellt und wurden die Fragen ggf. individuell an die bereits theoretisch-konzeptionell erlangten Erkenntnisse aus der Recherche angepasst (GLÄSER &

LAUDEL 2009). Für die Experteninterviews wurde eine begleitende Präsentation erstellt, die im Rahmen der Videokonferenzen durch das Interview führte.

Nach Fertigstellung des Leitfadens wurde sein Inhalt mit mehreren Fachpersonen aus Wissenschaft und Praxis geteilt und wurden der Inhalt und die Reihenfolge diskutiert und entsprechend dem eingegangenen Feedback geändert.

Am 14.04.2021 wurde ein Pretest mit einem Fachexperten durchgeführt. Die Dauer des Interviews betrug knapp 1,5 Stunden. Aufgrund des im Nachgang zum Gespräch erfragten Feedbacks sowie der eigenen Eindrücke wurden die Fragen leicht umformuliert, um aufgetretene Verständnisschwierigkeiten zu beheben. Insgesamt war das Feedback positiv und die Summe an Kritik gering. Der Aufbau und Ablauf des Interviews wurde von der befragten Person als gelungen bewertet, weswegen eine Durchführung weiterer Pretest-Durchläufe als nicht erforderlich eingestuft wurde. Aufgrund der nur minimalen Anpassungen konnte das Interview des Fachexperten im Rahmen der empirischen Studie mit ausgewertet werden.

3.2.2.3 Transkription

Transkribieren umfasst „das schriftliche Fixieren aufgezeichneter Gesprächsinhalte“ (DANNERSCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017). Da es in der Theorie keine verbindliche Vorgehensweise gibt, wurden die Transkriptionsregeln, angelehnt an KUCKARTZ (2018), mit Fokus auf das fachliche Forschungsinteresse und somit auf die wortgetreue Wiedergabe der Fachinhalte vorab festgelegt. Sie werden in Anhang 6 dargestellt. Emotionen, Gestik, Mimik oder lange Gesprächspausen wurden nicht miterfasst. Die Transkriptionen wurden teilweise eigenständig, teilweise aufgrund des enormen Zeitaufwandes durch die größtenteils sehr langen Interviews mit Unterstützung durch ein Transkriptionsprogramm oder durch Externe durchgeführt.

Es wurden 40 von 43 Interviews und somit 54 h 46 min aufgezeichnetes Audiomaterial transkribiert (s. Anhang 5). Für zwei Interviews wurde ein Gesprächsprotokoll erstellt, da eine befragte Person aus datenschutztechnischen Gründen keine Zustimmung zur Aufzeichnung erteilen konnte und eine Person mangels freier Termine nur unmittelbar bei Kontaktaufnahme Zeit hatte kurzfristig am Telefon ein Interview zu geben. Eine Person bat darum aufgrund von Zeitmangel die Fragen des Interviewleitfadens schriftlich auszufüllen.

Die anonymisierten Transkripte mit einem Umfang von 824 Seiten befinden sich in Anhang II der Doktorarbeit, welcher ausschließlich der Prüfungskommission digital zur Verfügung gestellt wird.

3.2.2.4 Anonymisierung

Gemäß KUCKARTZ (2018) enthalten „qualitative Daten [...] in der Regel sehr sensible Informationen, die leicht einen Rückschluss auf konkrete Personen erlauben. Daraus ergibt sich zwingend die Notwendigkeit der Anonymisierung.“

Zur Anonymisierung der qualitativen Daten werden als Methoden gemäß MEYERMANN & PORZELT (2014) die Abstraktion sowie die Aggregation gewählt, was das Löschen von Merkmalen und das Ersetzen durch Platzhalter sowie die Aggregation von Informationen umfasst. Zur Wahrung der Anonymität werden im Rahmen der empirischen Studie personenbezogene Daten, Ortsangaben sowie Organisationsnamen mit Hilfe von Platzhaltern verfremdet. Eine transparente Aufstellung der anonymisierten Inhalte ist Anhang 7 zu entnehmen.

Es wurde eine umfangreiche Datenbank mit zu anonymisierenden Inhalten (z.B. Liste mit Vornamen, Nachnamen, Orten, Flüssen etc.) erstellt und in die Auswertungssoftware eingespeist. Die anschließend erstellte automatische Anonymisierung wurde im Nachgang auf Richtigkeit und Vollständigkeit überprüft und die Transkripte wurden gleichzeitig Korrektur gelesen.

3.2.3 Sekundär-/Archivdaten der Interviewpartner

Die Sammlung von Dokumenten, Artefakten, Archivdaten bzw. Sekundärdaten kann gemäß DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ (2017) „wertvolle Anregungen im Prozess der Datensammlung liefern“ und als ergänzende Strategie das Systemverständnis im Rahmen der empirischen Untersuchung vervollständigen. Sie dienen als informative Ergänzung der Interviews und Beobachtungen. Die Dokumenttypen und Artefaktformen sind dabei vielfältig und können z.B. Präsentationsunterlagen, Besprechungsprotokolle, Gesprächs-/Aktenvermerke, Urteile, von den Interviewpartnern erstellte Handouts zur Vor-/Nachbereitung des jeweiligen Interviews, Berichte, offizielle bzw. an Externe gerichtete Dokumente oder interne Dokumente umfassen (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017; FLICK 2019). „Obwohl all diese Dokumente nicht zu Forschungszwecken angefertigt werden, lassen sie und die darin enthaltenen Informationen sich dazu heranziehen“ (FLICK 2019).

Einen einheitlichen zusammenfassenden Begriff gibt es für diese Dokumente nicht, weswegen diese im Folgenden als „Sekundär-/Archivdaten“ bezeichnet werden. Dies beinhaltet die o.g. Dokumenttypen.

Gemäß FLICK (2019) sind hinsichtlich der Beurteilung der Qualität der gesammelten Dokumente deren Authentizität, Glaubwürdigkeit, Repräsentativität und Bedeutung zu hinterfragen. So gilt es immer kritisch zu prüfen, ob die Sekundär-/Archivdaten den beschriebenen Sachverhalt objektiv und angemessen widerspiegeln. Beispielsweise bei politischen Veröffentlichungen konnten verzerrte Darstellungen der Realität im Verwaltungskontext festgestellt werden. Interne, nicht veröffentlichte Dokumente waren oftmals deutlich kritischer geschrieben als veröffentlichte Inhalte.

Teilweise handelte es sich bei den zur Verfügung gestellten Unterlagen um vertrauliche, interne Dokumente, die nicht veröffentlicht oder zitiert werden dürfen.

Die insgesamt 122 Dokumente wurden insbesondere im Rahmen der Experteninterviews

sowie während der teilnehmenden Beobachtungen gesammelt und durch eine weitere Recherche ergänzt. Die in dieser empirischen Studie gesammelten Archivdokumente wurden in der Auswertungssoftware MAXQDA gesammelt und entsprechend dem entwickelten Kategoriensystem themen- und szenarienspezifisch analysiert. Eine zusammenfassende Tabelle zu den untersuchten Dokumenttypen der Sekundär-/Archivdaten ist in Tabelle 10 zu finden (in Anlehnung an DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

Tabelle 10: Aufschlüsselung der Sekundär-/Archivdaten bzw. Archivdokumente anhand ihres Dokumententyps (in Anlehnung an DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017)

Dokumenttyp	Anzahl analysierter Dokumente
Alarm- und Einsatzpläne (inkl. Anlagen)	18
Präsentationen	23
Archivmaterial (z.B. Anschreiben, Vermerke, Erlasse)	13
Berichte, Studien, Konzepte, Projektdokumentationen	31
Karten, Daten	13
Sonstiges (z.B. Flyer, Drehbuch Übungen, Organigramm)	24
Summe	122

3.2.4 Quantitativ-qualitative Befragung

Im Rahmen der Triangulation wurde zudem eine schriftliche Befragung mit Hilfe eines Fragebogens durchgeführt. Der Fragebogen stellt die bedeutendste Form der schriftlichen Befragung dar und beinhaltet eine „theoretisch begründete und systematisch präsentierte Auswahl von Fragen, mit denen wir das zugrundeliegende theoretisch definierte Erkenntnisinteresse anhand der mit dem Fragebogen zu gewinnenden Daten empirisch zu prüfen versuchen.“ Vorteil eines Fragebogens ist, dass die Inhalte stark strukturierbar und z.T. standardisierbar sind, allerdings ist keine Kontrolle durch den Interviewer möglich (PORST 2011).

Um ein möglichst breit aufgestelltes Feedback der Anwender des digitalen Lagebildes zu erhalten, das von der Autorin federführend mitentwickelt wurde, wurde im Rahmen der empirischen Studie für das Szenario 1b ergänzend eine Online-Befragung in einem Online-Portal erstellt und über einen Link per E-Mail an die Stabsmitglieder verteilt.

Da die Mitglieder des Stabes und somit die Anwender des Lagebildes aus verschiedenen Institutionen und Bundesländer stammten, bot sich eine nachgeschaltete Online-Befragung an, um von möglichst vielen Anwendern des digitalen Lagebildes ein schnelles, umfassendes und breitgefächertes Meinungsbild zu ausgewählten Themen zu erhalten. Aufgrund der Größe der im Stab involvierten Personenanzahl aus ganz Deutschland, die Berührungspunkte zum digitalen Lagebild hatten, wäre eine persönliche und ggf. qualitative Expertenumfrage zur Erlangung eines umfassenden Meinungsbildes zu aufwendig und zudem mit hohen Reisekosten verbunden gewesen. Ziel war es, von möglichst vielen Anwendern aus verschiedenen Sachgebieten, Institutionen und Bundesländern ein Feedback zu erhalten. Die Wahl eines Online-Formats ermöglichte eine Streuung und weitere Verteilung der Befragung durch angefragte Teilnehmer und Kontaktpersonen. Da die Zielgruppe erfahrungsgemäß stark

mit der Nachbereitung der Ereignisse sowie mit organisatorischen Dingen hinsichtlich Corona befasst war, wurde der Fragebogen so konzipiert, dass er innerhalb von 5-10 Minuten beantwortet werden konnte. Dies war zudem ein weiterer Grund zusätzliche Experteninterviews als Methode auszuschließen. Zudem bot das Online-Format die Möglichkeit, die Antworten zu einem selbstgewählten Zeitpunkt einzugeben. Eine Zusicherung von Anonymität gab den Befragten die Möglichkeit, offen über Aspekte der Stabsarbeit bzw. explizit der Lagefeststellung und -beurteilung Auskunft zu geben (KIRCHHOFF et al. 2010; PORST 2011).

3.2.4.1 Gestaltung des Fragebogens

Bei der Erstellung des Fragebogens war es wichtig, diesen objektiv, verlässlich und valide zu gestalten, sodass die Ergebnisse repräsentativ und reproduzierbar sind (SCHMUDE & NAMBERGER 2010). Im Rahmen des Fragebogens wurden als Antwortformate offene, halboffene und geschlossene Fragen berücksichtigt (PORST 2011). Während zu Beginn (Frage 1-5) nur geschlossene oder halboffene Fragen gestellt wurden, um zum weiteren Ausfüllen einzuladen, wurden die fachlich tiefergehenden Fragen (Frage 6-10) offen formuliert, um Raum für individuelle Aussagen zu bieten und die Gefahr des „Nicht-Wiederfindens“ der eigenen Meinung bei den inhaltlich wichtigsten Fragen zu minimieren.

Schwerpunkt der Umfrage waren Aspekte zum Thema Anwendung, Nutzen für die Anwender sowie Aufdecken von weiteren Potenzialen bei der Erstellung eines digitalen Lagebildes. Ein besonderer Fokus lag hierbei auf den Funktionen (angelehnt an den Forschungsschwerpunkt „Technische Instrumente“) sowie den Inhalten (angelehnt an den Forschungsschwerpunkt „Entscheidungsrelevante Daten“) des digitalen Lagebildes.

Es wurde darauf geachtet, zu Beginn des Fragebogens eine gut beantwortbare Einstiegsfrage zu stellen, um die Befragten zu motivieren (s. Frage 1). Der Fragebogen wurde somit im Komplexitätsgrad von Frage zu Frage angehoben und verlagerte sich von leichten, allgemeinen Einstiegsfragen (Frage 1-4, geschlossen oder halboffen) hin zu spezielleren, auf die Zielstellung der vorliegenden Arbeit angepassten Fragen (v.a. Frage 5-9). Der Fragebogen wurde anschließend mit einer geschlossenen Frage (Frage 11) sowie der Einverständniserklärung beendet. Die qualitativen Fragen wurden bewusst an den Schluss der Umfrage gestellt, um zu Beginn mit leicht beantwortbaren, ankreuzbaren Fragen zum weiteren Ausfüllen einzuladen. Der Fragebogen inklusive Einleitungstext, Fragen und Antwortmöglichkeiten ist in Anhang 8 dargestellt.

3.2.4.2 Pretest

Nach der Erstellung des Fragebogens wurde dieser an mehrere Personen für ein Feedback zu Verständlichkeit und Logik übersandt. Anschließend wurde er in einer ersten Überarbeitungsrunde angepasst. Am 05.10.2021 wurde anschließend ein Pretest

durchgeführt. Der Fragebogen wurde hierzu einem Mitglied des operativ-taktischen Stabes ausgehändigt. Neben kleinen inhaltlichen Änderungen wurde vorgeschlagen, der Umfrage einen kurzen Erläuterungstext vorzuschalten. Zusätzlich wurde im Nachgang zum Pretest entschieden, noch eine Einverständniserklärung aufzunehmen, damit die Inhalte im Rahmen der Doktorarbeit ausgewertet werden können.

3.2.4.3 Rücklaufquote

Zur Verteilung der Online-Umfrage wurden Mitarbeiter des Stabes persönlich per E-Mail angeschrieben, mit der Bitte um weitere Verteilung. Immer, wenn der Rücklauf begonnen hatte zu stagnieren, wurden neue Kontakte organisiert und zusätzliche Kanäle zur Verbreitung des Fragebogens ausgeschöpft. Diese Initiativen zur weiteren Streuung der Umfrage sind in Abbildung 24 mit einem Pfeil markiert. Die hierdurch erfolgte Erhöhung der Rücklaufquote ist in der Graphik deutlich zu erkennen. Schlussendlich stellte sich Ende Dezember eine Sättigung ein, wo die Zunahme der Beteiligung gegen null ging. Die Umfrage wurde daraufhin am 03.01.2022 abgeschlossen. Der letzte Rücklauf erfolgte am 30.12.2021. Die Grundgesamtheit umfasst alle Nutzer und Anwender des digitalen Lagebildes, die zwischen Juli und Ende September 2021 mit dem System gearbeitet haben. Die Umfrage wurde von 103 Personen ausgefüllt, wobei 100 ihr Einverständnis für eine Auswertung der Informationen im Rahmen der vorliegenden Dissertation gaben. Die drei restlichen wurden im Rahmen der Auswertung gelöscht.

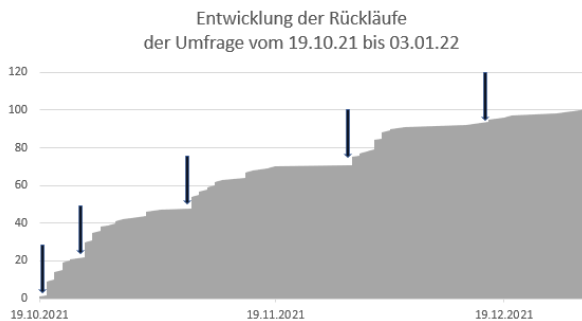


Abbildung 24: Entwicklung der Rückläufe der Umfrage. Die Pfeile stellen Initiativen zur weiteren Verteilung der Umfrage dar

3.2.5 Vergleich der Datenerhebungsmethoden

Im Vergleich zu quantitativen Methoden, wie z.B. dem im Rahmen dieser empirischen Studie entwickelten Online-Fragebogen, stehen bei durchgeführten qualitativen Experteninterviews im Allgemeinen die subjektiven Empfindungen und Wahrnehmungen der interviewten Personen im Vordergrund der Erhebung. Die Interviews boten gemäß den gemachten Erfahrungen mehr Freiheiten, um durch ein „Abschweifen“ vom halbstrukturierten Leitfaden

einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn für die Forschungsfragestellung zu erzielen.

Bei der teilnehmenden Beobachtung handelt es sich gemäß DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ (2017) um „die intensivste Form der Datenerhebung“, da man hier über längere Zeit im Feld aktiv ist. Der Zeitaufwand zur Datenerhebung war hierdurch jedoch deutlich erhöht gegenüber den Experteninterviews, die im Schnitt im Rahmen dieser empirischen Studie 1 h 16 min dauerten. Im Rahmen der Beobachtung wurden in der Regel immer ganze Arbeitstage begleitet (außer bei der Teilnahme an telefonischen Lagebesprechungen im Szenario „Routine“). Auch die Bemühungen, einen Zugang zu den Zielpersonen zu erhalten und Vertrauen aufzubauen, nahmen bei Beobachtungen mehr Zeit in Anspruch als bei den Experteninterviews.

Während bei den Interviews individuelle Perspektiven oder retrospektive Erfahrungsberichte abgefragt werden konnten, somit allerdings auch nur auf das Erzählte bzw. subjektive Sichtweisen zurückgegriffen werden konnte, boten die teilnehmenden Beobachtungen im Vergleich die Möglichkeit Handlungs- bzw. Gesamtprozesse und Akteure in der Realität und möglichst unverfälscht beobachten zu können. Da man bei der teilnehmenden Beobachtung intensiver in das Feld involviert ist, bot diese die Chance für Innenansichten und ermöglichte einen Zugang zu Insiderinformationen. Auf der anderen Seite entstand hierdurch die Gefahr nach einiger Zeit zu stark als Teil der Gruppe zu denken. Dem wurde entgegengewirkt durch ein regelmäßiges Zurückziehen aus dem Feld, um die Wiedereinnahme einer neutralen Position sowie ein stetiges Reflektieren des Beobachteten zu ermöglichen (DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017).

Die Sekundärmaterialien stellten zudem eine wertvolle Ergänzung im Prozess der Datensammlung dar und boten Anregungen im Forschungsprozess.

3.3 Datenanalyse

Im Folgenden sollen die angewandten Methoden sowie der Ablauf der Datenanalyse vorgestellt werden. Im Zentrum steht hierbei die qualitative Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ (2018).

3.3.1 Qualitative Inhaltsanalyse nach KUCKARTZ (2018)

Durch die Auswahl von halbstrukturierten Experteninterviews mit Interviewleitfaden als Form der Datenerhebung erfolgt bereits eine inhaltliche Strukturierung des gesammelten Datenmaterials. Es bietet sich daher an, zur Datenanalyse ein kategorienbasiertes bzw. inhaltsanalytisches Verfahren, wie z.B. die qualitative Inhaltsanalyse, auszuwählen. Das Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse zeichnet sich durch die Zentralität der Kategorien bzw. Schwerpunktthemen für die Analyse des gesamten Datenmaterials aus, welche anhand klar festgelegter Regeln für die einzelnen Bearbeitungsschritte erfolgt (GLÄSER & LAUDEL 2009; KUCKARTZ 2018).

Bei der qualitativen Inhaltsanalyse gibt es verschiedene Formen und Weiterentwicklungen der gängigen Methode nach MAYRING (z.B. MAYRING 2015). SCHREIER (2014) betont diesbezüglich: „Die ‘qualitative Inhaltsanalyse gibt es nicht, und es besteht kein Konsens darüber, was qualitative Inhaltsanalyse ausmacht.“ Sie fasst die elf von ihr dargestellten Varianten allgemein als „Verfahren zur Beschreibung ausgewählter Textbedeutungen“ zusammen, in welchen „relevante Bedeutungen als Kategorien eines inhaltsanalytischen Kategoriensystems expliziert und anschließend Textstellen den Kategorien dieses Kategoriensystems zugeordnet werden“ (SCHREIER 2014).

Bei der geläufigsten Methode nach MAYRING (z.B. MAYRING 2015) stehen das theoriegeleitete Erstellen von Kategorien sowie anschließende Häufigkeitsanalysen des Auftretens von Kategorien im Vordergrund, was sich von der Methodik stark an der quantitativen Inhaltsanalyse orientiert (GLÄSER & LAUDEL 2009). Diese Vorgehensweise erscheint aus den eingangs genannten Gründen für die Analyse der vorliegenden Erhebung suboptimal.

Im Rahmen der hier vorgenommenen, explizit qualitativ erwünschten Auswertung wird daher als Methode eine Weiterentwicklung nach KUCKARTZ (2018) gewählt, welche mehr Freiheiten bietet und offener für unvorhergesehene Informationen durch die Möglichkeit einer deduktiv-induktiven Kategorienbildung ist. Bei der Methode nach KUCKARTZ (2018) gibt es drei Formen: die inhaltlich-strukturierende qualitative Inhaltsanalyse (Material nach thematischen und formalen, d.h. inhaltlichen Aspekten codiert und ausgewertet) sowie die evaluative und die typenbildende qualitative Inhaltsanalyse. Aufgrund der gewählten Forschungsfrage(n) sowie der leitfadenorientierten Interviews erfolgt die Auswertung mit Hilfe einer inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse. Die anschließend ausgebildeten Kategorien geben schon eine entsprechende Struktur für die Erstellung des Ergebnisteils vor. Die qualitativ inhaltlich-strukturierende Inhaltsanalyse ermöglicht Kategorien deduktiv aus dem Interviewleitfaden abzuleiten. Die anschließende Weiterentwicklung der Kategorien erfolgt induktiv direkt am Material (KUCKARTZ 2018; GLÄSER & LAUDEL 2009).

Die Umsetzung der Datenanalyse erfolgt gemäß der Grundlagen nach KUCKARTZ (2018) sowie entsprechend dem Leitfaden von KUCKARTZ & RÄDIKER (2020) mit Hilfe der Auswertungssoftware MAXQDA (Versionen 2021 und 2022).

Der **Ablauf der Datenauswertung** ist in Abbildung 25 dargestellt und umfasst sieben Schritte, wobei die Forschungsfrage immer eine leitende Rolle bei allen Schritten der qualitativen Inhaltsanalyse einnimmt. Die Schritte 1-3 bilden die Grundlage für die weiterführende Analyse in den Schritten 4-7 (KUCKARTZ & RÄDIKER 2020).

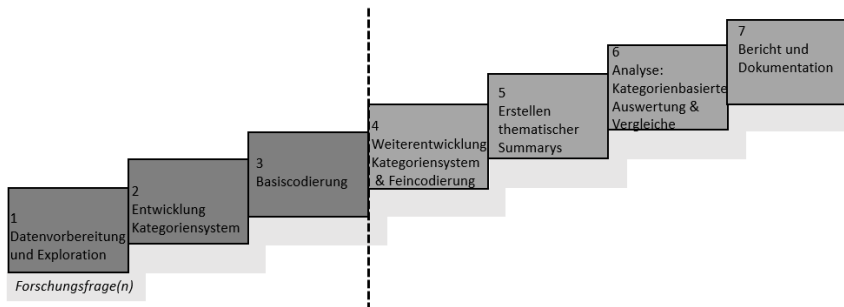


Abbildung 25: Ablauf der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse in sieben Schritten (verändert nach KUCKARTZ & RÄDIKER 2020)

In einem ersten Schritt wurden die Daten in MAXQDA vorbereitet, organisiert und exploriert. Hierzu gehörten auch das erste Sichten durch intensives Korrekturlesen und der Schritt der Anonymisierung. Zusätzlich wurden Dokumentvariablen zugeordnet (wie z.B. die ggf. örtlich zugehörige Flussgebietseinheit Rhein/Elbe/Sonstiges sowie das zugehörige Fachgebiet wie z.B. Katastrophenschutz/Wasserwirtschaft) und kurze Memos bzw. Fallzusammenfassungen/Notizen anhand der erstellten Gesprächsnotizen je Dokument vermerkt. Als Daten wurden neben den Experteninterviews die Protokolle der teilnehmenden Beobachtung, die gesammelten Archiv-/Sekundärdaten sowie die vorab geführten Telefoninterviews aus der Vorstudie untersucht.

Anschließend wurde anhand des erstellten Interviewleitfadens (s. Anhang 4), der Forschungsfragestellung sowie der Berücksichtigung zusätzlicher Theorieaspekte deduktiv ein **Kategoriensystem** entwickelt, das auch die Forschungsziele widerspiegelt. Für Fragen, die nicht schon anhand der Fragestellung eindeutig einer Hauptkategorie zugeordnet werden konnten, erfolgte die Zuordnung der Antworten individuell im Zuge der Grobcodierung je nach angesprochenem Themeninhalt. Auch hier wurde stets nach neuen induktiven Kategorien geschaut. Wie in Anhang 12 tabellarisch gegenübergestellt, wurden anhand des Leitfadens die **Themen bzw. fachlichen Hauptkategorien** Entscheidungsvariablen, Entscheidungsrelevante Daten, Technische Instrumente, Auslöseschwellen/Automatisierung, Priorisierung und Struktur deduktiv abgeleitet. Diese orientieren sich an den Forschungsschwerpunkten der vorliegenden Arbeit. Ergänzend gehörten hierzu die Kategorien „Zitierfähige Stellen“, „Sonstiges“ und „Wünsch dir was“, wobei Letztere aus dem Fragebogen abgeleitet wurde. Zusätzlich wurden anhand des Leitfadens **szenarienspezifische Kategorien** entsprechend den in Kapitel 1.3 vorgestellten Szenarien entwickelt (Szenario 1a, Szenario 2a/b, Szenario 3). Aufgrund der teilnehmenden Beobachtungen wurden die dazugehörigen Szenarien „Routine“ und Szenario 1b zusätzlich deduktiv ergänzt. Eine Aufstellung ist in Anhang 13 zu finden. Illustrative Belege für codierte Textstellen sind bei den Szenarien-Kategorien nicht erforderlich, da sich die Szenarien aus

dem Interviewleitfaden, dem Gesamtkontext oder dem beobachteten Ereignis ergeben haben. Anhand der vorgenannten Ableitungen von Hauptkategorien ergibt sich somit das nachfolgende Kategoriensystem für die Durchführung der Grobcodierung (s. Abbildung 26). Im Rahmen der induktiven Kategorienbildung wurde anschließend überprüft, ob sich weitere Muster (Themencluster) in den gesammelten Dokumenten identifizieren lassen (KUCKARTZ 2018).

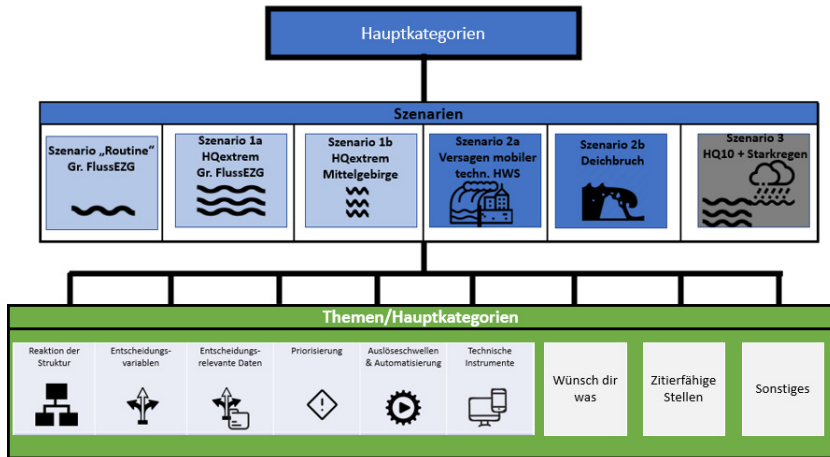


Abbildung 26: Aufbau und Inhalte des Hauptkategoriensystems

Aufbauend auf dem erstellten Kategoriensystem wurden alle Daten in einem ersten Schritt grobcodiert anhand des vorab deduktiv festgelegten Kategoriensystems und bei Bedarf um weitere sinnvolle induktive Hauptkategorien ergänzt (induktiv-deduktives Wechselspiel). Im nächsten Bearbeitungsschritt wurden die bereits grobcodierten Textsegmente in einem erneuten Durchlauf systematisch gesichtet und wurde das Kategoriensystem weiter induktiv-deduktiv aufgegliedert (sog. Feincodierung). Hier spielte insbesondere die offene Suche nach Mustern mit Hilfe von induktiven Kategorien eine große Rolle (KUCKARTZ & RÄDIKER 2020; KUCKARTZ 2018).

Im Rahmen der Codierung wurden insofern umsetzbar Doppelcodierungen vorgenommen, d.h. inhaltlich relevanten Textstellen sowohl Szenarien- als auch Themencodes zugeordnet (vgl. Abbildung 26). Je nach fachlicher Dichte der Abschnitte wurden in diesen auch themenspezifische Doppelcodierungen vorgenommen, wenn diese für erforderlich gehalten wurden. Zudem wurde bei Einführung eines neuen Codes eine erneute Codierschleife eingebaut. Das Codierschema aus MAXQDA mit Darstellung der Hauptkategorien und den dazugehörigen Unterkategorien ist in Anhang 10 und Anhang 11 dargestellt.

Nach Abschluss der Feincodierung wurden thematische Summaries je Fall erstellt. Schwerpunkt der daran anschließenden themenorientierten Analyse war die kategorien-

basierte Auswertung der Hauptkategorien, welche vor allem aus Gruppenvergleichen (Vergleich sog. „Dokumentensets“) der erstellten thematischen Summaries mit Hilfe einer interaktiven Segmentmatrix sowie aus der Betrachtung von Einzelmeinungen und inhaltlich besonders relevanten Zitaten bestand. Unterstützend wurden für ausgewählte Codes auch szenariendifferenzierte Auswertungen der Codehäufigkeiten zur Orientierung erstellt. Ziel war es, hierdurch Zusammenhänge zwischen Szenarien und einzelnen Codes festzustellen. Vorab markierte zitierfähige Stellen wurden szenarienspezifisch für die einzelnen Codes ausgegeben und in den Ergebnisbericht eingebaut.

Die ursprünglich geplante Unterscheidung in der Analyse zum einen nach fachlichem Hintergrund (Katastrophenschutz vs. Wasserwirtschaft) und zum anderen nach regionalem Bezug (Flussgebiet Elbe vs. Rhein) scheint keinen Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfragestellung zu leisten. Bei der fachlichen Unterscheidung könnte sich jedoch ein zusätzlicher Erkenntnisgewinn aus der differenzierten Betrachtung ergeben. Die Regionalität wurde daher im Rahmen der Ergebnisauswertung ausgeblendet, die fachliche Zuordnung der Interviewpartner (Katastrophenschutz oder Wasserwirtschaft) sowie der Archivdokumente/Sekundärmaterialien wurde jedoch im Rahmen der Analyse berücksichtigt.

3.3.2 Quantitativ-qualitative Analyse

Die quantitativen Fragen wurden mit Excel ausgewertet, die qualitativen Fragen mit MAXQDA. Bezüglich der quantitativen Fragen wurde eine deskriptive Statistik je Frage erstellt. Zudem wurden die Antworten inhaltlich verwandter Fragen zueinander ins Verhältnis gesetzt. Sowohl bei den quantitativen als auch bei den qualitativen Einzelfragen des Fragebogens wurden einzelne Fragestellungen durch verschiedene Teilnehmer nicht beantwortet. Die Gesamtzahl der zugrunde liegenden Einzelantworten schwankt daher von Frage zu Frage.

Im Rahmen des qualitativen Teilschnittes der Befragung wurden die Antworten zu jeder Frage mit der entsprechenden Hauptkategorie der Frage deduktiv und die dazugehörigen Textstellen anschließend induktiv codiert. Für die qualitativen Fragen 6-10 des Fragebogens wurde zur Auswertung das in Anhang 14 dargestellte Codierschema in MAXQDA angewandt.

3.4 Methodenkritik und Überprüfung der Gütekriterien

Zur Bewertung der Belastbarkeit der abgeleiteten Ergebnisse sowie im Sinne einer Transparenz des Forschungsvorhabens hat eine Überprüfung anhand von Gütekriterien zu erfolgen, die die empirische Untersuchung und deren Prozess kritisch reflektieren und validieren. In Anhang 15 ist eine detaillierte Auflistung ausgewählter Gütekriterien sowie der im Rahmen der gegenständlichen empirischen Studie ergriffenen Maßnahmen zu deren Einhaltung dargestellt. Mit dem Ziel der Übersichtlichkeit erfolgt eine Aufteilung in die einzelnen Phasen der empirischen Erhebung (in Anlehnung an DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ

2017 und MÜLLER-SEITZ 2014). Dies umfasst eine Betrachtung der Gütekriterien Reliabilität, Konstruktvalidität, externe Validität, interne Validität und Objektivität (in Anlehnung an DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017; MAYRING 2015; WRONA 2006; YIN 2013).

Objektivität wurde durch das Aufstellen und Anwenden von nachvollziehbaren und rekonstruierbaren Regeln wie z.B. nach KUCKARTZ & RÄDIKER (2020), KUCKARTZ (2018) und DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ (2017) angestrebt. Im Sinne einer konstruktiven Betrachtung ist die Objektivität qualitativer Erhebungen, d.h. die Unabhängigkeit der Ergebnisse von der forschenden Person ungeachtet dieser Bemühungen, grundsätzlich als fraglich anzusehen, insbesondere da in dieser Studie die Erhebung aufgrund des gewählten Forschungs- und Finanzierungsformats ohne weitere Forschungsteilnehmer erfolgen musste. Der von MAYRING (2015) gegenüber qualitativen Analysen dargestellten Kritik, wie unzureichende Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse, mangelnde intersubjektive Nachvollziehbarkeit und Verletzung der klassischen Gütekriterien Objektivität und Reliabilität, wurde versucht durch die Wahl einer qualitativen Inhaltsanalyse als wissenschaftlich anerkannter Methode entgegenzuwirken, auch wenn die eigentliche Zuordnung von Textstellen trotz Anwendung inhaltsanalytischer Regeln zu themenspezifischen Kategorien immer ein Interpretationsvorgang bleibt. Daher sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass trotz des Bestrebens zur Durchführung einer objektiven Untersuchung immer die Problematik einer Komplexitätsreduktion verbleibt.

Im Sinne der **Reliabilität** wurde das Ziel einer fortwährenden Offenheit gegenüber dem Forschungsgegenstand bzw. der Ergebnisfindung verfolgt, um neue Aspekte während der Studie erfassen und mitaufnehmen zu können. So wurde beispielsweise die Thematik der entscheidungsrelevanten Daten erst kurz nach Beginn der Experteninterviews als wichtiger Betrachtungsgegenstand aufgenommen, d.h. bei den Experteninterviews als zusätzliche Frage sowie bei der Analyse der Archivdokumente sowie der teilnehmenden Beobachtung als zusätzlicher Schwerpunkt hinzugefügt. Durch die Wahl eines induktiv-deduktiven Wechselspiels bei der Codierung wurde zudem beabsichtigt, stets eine Offenheit bezüglich der Ergebnisfindung zu bewahren.

Eine **Intercoderreliabilität**, d.h. ein Vergleich der Ergebnisse einer Analyse, die von mehreren Personen (sog. Gegencodierern) vollständig oder auszugsweise durchgeführt wurde, konnte aufgrund des Forschungsdesigns im Rahmen dieser empirischen Studie nicht umgesetzt werden, bildet aber für hieran anknüpfende Forschungen ein Optimierungspotenzial (MAYRING 2015). Um den daraus resultierenden Risiken zu begegnen, wurden zur Stärkung der Reliabilität eine detaillierte Dokumentation der Datenerhebungs- und Analyseschritte während des gesamten Forschungsvorhabens sowie ein fortwährender methodischer Austausch mit Personen aus der Wissenschaft, insbesondere während der Erstellung des Untersuchungsdesigns sowie während der Datenauswertung, durchgeführt. Hierzu zählten stetige Diskussions- und Austauschrunden bezüglich des Forschungsprozesses. Die

Festlegung der Interviewpartner nach den Kriterien für die Fallauswahl nach PATTON (1990) stützt ebenfalls das Kriterium der Reliabilität.

Im Rahmen der **internen Validität** ist es das Ziel, dass auch das empirisch erhoben wird, was im Vorfeld im Rahmen der Forschungsziele beabsichtigt wurde. Hierzu wurden bei der Transkription einheitliche Regeln angewandt und wurde zur Auswertung die Analysesoftware MAXQDA (Versionen 2021 und 2022) eingesetzt. Zusätzlich bedienen die Anwendung mehrerer Datenerhebungsverfahren im Sinne der Triangulation und der anschließende Abgleich der jeweils erzielten Ergebnisse die Erfüllung dieses Gütekriteriums. In diesem Sinne erfolgte eine interne Validierung durch eine längere dreimonatige teilnehmende Beobachtung im Anschluss an die durchgeführten Experteninterviews.

Die **externe Validität** bezieht sich auf die Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse. Im Rahmen der empirischen Studie wurden insgesamt 43 Experteninterviews durchgeführt, wobei sich zum Ende der Datenerhebung eine Sättigung beim Erkenntnisgewinn einstellte. Diese trat bei den Interviews mit Experten des Katastrophenschutzes früher ein als bei den Experten aus der Wasserwirtschaft. Der Verdacht einer Ergebnisverzerrung infolge zu kleiner Dimensionierung oder einschränkender Auswahl des befragten Personenkreises kann auf Basis dieser Feststellung entkräftet werden.

Der im Rahmen der qualitativen Analyse durchgeführte Abstraktionsprozess umfasste ein wiederholtes Lesen sowie Auseinandersetzen mit den erhobenen Daten inklusive eines stetigen Abgleiches der Primärdaten mit gesammelten Sekundär-/Archivdaten sowie der vorher durchgeführten theoretisch-konzeptionellen Literaturanalyse zur stetigen Erweiterung des Verständnisses für die gewonnenen Daten. Der Aspekt der **Konstruktvalidität** wird durch diese Vorgehensweise gestützt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass trotz Einschränkungen in der finanziellen und praktischen Umsetzbarkeit während der Durchführung des Forschungsvorhabens die empirische Studie den allgemein gültigen Gütekriterien der qualitativen Sozialforschung (s. DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017; MAYRING 2015; KUCKARTZ 2018) gerecht werden konnte.

4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Forschungsschwerpunkte und die daraus abgeleiteten Hauptkategorien Entscheidungsvariablen, Entscheidungsrelevante Daten, Technische Instrumente, Auslöseschwellen und Automatisierung, Priorisierung und Struktur im Rahmen einer empirischen Studie beleuchtet und deren Ergebnisse deskriptiv dargestellt. Ziel dieser Studie ist es, für das darauffolgende Kapitel 5 (Diskussion) Erkenntnisse für die übergeordneten Handlungsfelder des operativen Hochwasserschutzes (Struktur, Daten, Technische Instrumente und Führung) sowie für eine ganzheitliche Betrachtung des Systems gewinnen zu können. Hierzu werden die Ergebnisse für die Szenarien „Routine“, 1a (sehr großes HW > HQ₂₀₀ Gew. I. Ordnung), 1b (sehr großes HW > HQ₂₀₀ an Gew. II. Ordnung Im Mittelgebirge), das Szenario 2 (Techn. Versagen an mobilem HWS (Szenario 2a) oder an einem Deich (Szenario 2b)) sowie Szenario 3 (Ereignisüberlagerung aus einem HW- und Starkregenereignis) differenziert betrachtet (vgl. Abbildung 1). Den Szenarien vorangestellt erfolgt zu jedem Forschungsschwerpunkt bzw. zu jeder Hauptkategorie in einem Kapitel „Allgemein“ eine Darstellung von nicht szenarienspezifischen Befunden der empirischen Studie. Im Rahmen dieses Kapitels werden die Ergebnisse der Datenerhebungsmethoden Experteninterviews, Einstiegsinterviews, teilnehmende Beobachtung, Online-Fragebogen sowie Sekundär-/Archivdaten dargestellt und innerhalb der v.g. Szenarien betrachtet (vgl. Tabelle 9). Entsprechende Nachweise aus den Interviews (Beispiel: „Nr. xy, Pos. xy, WaWi/KatS“) oder Sekundär-/Archivdaten (Beispiel: „SD Nr. ...“) werden im Fließtext entsprechend in Klammern angegeben. Bei den Experteninterviews werden die Nachweise in Aussagen der befragten Personen aus der Wasserwirtschaft (WaWi) und des Katastrophenschutzes (KatS) differenziert.

In Kapitel 4.3 „Technische Instrumente“ werden ergänzend die praktische Entwicklung des digitalen Lagebildes sowie die Ergebnisse des dazugehörigen Online-Fragebogens im Szenario 1b vorgestellt.

Aufgrund des umfangreichen Datenmaterials findet in diesem Kapitel eine schrittweise Verdichtung der Ergebnisse statt. Dies umfasst zuerst eine Betrachtung je Forschungsschwerpunkt auf Ebene der einzelnen Szenarien. Anschließend erfolgt eine szenarienübergreifende Verdichtung je Forschungsschwerpunkt in den Zwischenfazits. Zuletzt findet in Kapitel 4.7 ein deskriptiver Abgleich der Ergebnisse der verschiedenen Datenerhebungsmethoden statt. Ein Vergleich der Ergebnisse der empirischen Studie mit den theoretisch-konzeptionellen Ergebnissen der vorgenommenen Recherche wird im Rahmen des Interpretationsvergleichs in Kapitel 5 (Diskussion) angestellt.

4.1 Entscheidungsvariablen

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit den Punkten, an denen im Rahmen der Ereignisbewältigung Entscheidungen zu treffen sind, den Charakteristika dieser Entscheidungen und möglichen Entscheidungsausprägungen. Diese Teilaspekte werden unter dem Überbegriff Entscheidungsvariablen zusammengefasst und dem Handlungsfeld Führung zugeordnet.

4.1.1 Allgemein


Mehrere Teilnehmer aus Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft betonen, dass die Ausprägung einer Entscheidung wesentlich durch die zu erreichenden Ziele bzw. die dem zugrundeliegenden Prämissen beeinflusst wird. Eine Kernrolle nimmt dabei die Priorisierung der Schutzziele (s. Kapitel 4.2) ein.

Hinsichtlich Maßnahmen der Einsatzleitung bei Hochwasserlagen führt ein Archivdokument aus: *„Soweit es unter den besonderen Verhältnissen an der Einsatzstelle möglich ist, sind Handlungsalternativen zu wählen, welche die geringsten Nachteile für die betroffene Bevölkerung und die Allgemeinheit mit sich bringen. (...) Die Maßnahme darf keine Nachteile herbeiführen, die erkennbar außer Verhältnis zu der beabsichtigten Gefahrenabwehr steht“* (SD Nr. 1.1, S. 3).

In diesem Zusammenhang sehen vor allem die Teilnehmer aus dem Bereich der Wasserwirtschaft einen wichtigen Schritt in der trennscharfen Ausgestaltung verschiedener Handlungsalternativen, um deren Folgen gegeneinander abzuwägen und diese ggf. entscheidungsunterstützend mit technischer Hilfe zu modellieren. Darauf aufbauend wird in einzelnen Beiträgen der Gedanke eines Eskalationsmodells aufgebracht, das vordefinierte Handlungen im Sinne konkreter Auslöseschwellen an das Eintreten bestimmter Ereignisse und Entwicklung knüpft (s. Kapitel 4.4, Auslöseschwellen).

Sowohl für die prognosegestützten Entscheidungen als auch für die Individualentscheidungen werden die Entscheidungsoptionen insbesondere durch die drei Inputfaktoren Vorlaufzeit bis zum Ereigniseintritt, Ressourcenverfügbarkeit von Personal, Material, Gerät und Technik sowie die Menge und Qualität entscheidungsrelevanter Informationen beeinflusst bzw. limitiert. Aus einer pragmatischen Perspektive sehen einzelne Beiträge auch den Zeitpunkt, zu dem eine Entscheidung zu treffen ist, als relevant an, da zu Tagesrandzeiten oder zum Wochenende mit eingeschränkten Verfügbarkeiten von Ressourcen oder einer verlängerten Vorbereitungszeit zu deren Aktivierung gerechnet werden muss (z.B. Nr. 12, Pos. 27, KatS). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 11 zu finden.



Tabelle 11: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – allgemein

 Ergebnisse zum Thema Entscheidungsvariablen	Allgemein
<ul style="list-style-type: none"> - Zieldefinition als Orientierungspunkt - Voraussetzung: Trennscharfe Abgrenzung von Handlungsalternativen - Maßstab: Abwägung der Vor- und Nachteile - Begrenzung durch Inputfaktoren: Zeit, Ressourcen, Information 	

4.1.2 Szenario Routine

Im Rahmen dieser Beobachtung konnte bezüglich des Hochwasserereignisses im Februar 2021 keine absolute Einschränkung möglicher Entscheidungsoptionen identifiziert werden. Im Rahmen der beobachteten Lage erfolgten Ausschlüsse durch die Priorisierung des Hochwassereinsatzes gegenüber anderen Katastrophenschutzaufgaben der Einsatzkräfte sowie eine Kosten-Nutzen-Abwägung im Hinblick auf die Notwendigkeit einzelner Maßnahmen. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 12 zu finden.

Tabelle 12: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario „Routine“

 Ergebnisse zum Thema Entscheidungsvariablen	 Szenario „Routine“
<ul style="list-style-type: none"> - Kosten-Nutzen-Abwägung - Künstliche Ressourcenverknappung durch weitere Aufgaben der Feuerwehr 	

4.1.3 Szenario 1a



Die wesentlichste Einschränkung des Entscheidungsspielraums sehen die Teilnehmer in diesem Szenario in der Verfügbarkeit von Ressourcen, wobei diese Problematik beiderseits durch die anzunehmende Großflächigkeit des Ereignisses sowie die zu erwartende lange Gesamtdauer zusätzlich getrieben wird, da eine Vielzahl von Akteuren über einen längeren Zeitraum auf den gleichen Ressourcenpool zurückgreift. Als Konsequenz aus dem außergewöhnlichen Ausmaß des Ereignisses sehen mehrere Teilnehmer die technische Machbarkeit gewisser Maßnahmen als Restriktion. Zum Beispiel kann die Ertüchtigung einer bestehenden Hochwasserschutzanlage nur bis zu einem gewissen Maß über die eigentliche Bemessungsgrenze hinaus betrieben werden, bevor es dennoch zum Versagen kommt.

Ein Einzelbeitrag geht darauf ein, dass das Fehlen von Daten und Informationen eine Entscheidungsfindung einschränken kann: *„Das Allererste, was ich brauche (...), ist, dass wir eine Einschätzung der zu erwartenden Hochwasserstände haben. (...) Wenn so eine Hochwasserwelle mehr wie eine Woche braucht, kenne ich am Anfang die Entscheidung noch nicht. Das ist unser größtes Problem, mit dem wir aber leben müssen. Das ist auch ein Vorwurf, den wir öfter bekommen, dass wenn wir Entscheidungen treffen müssen, diese Daten für manche noch nicht vorhanden sind. Wenn ich keine Daten habe, kann ich damit auch nicht arbeiten“* (Nr. 10, Pos. 31, WaWi).

Das Archivdokument SD Nr. 1.7 (S. 33) sieht zudem den „Evakuierungszeitpunkt“ als wichtige Entscheidungsvariable bei Grundsatzentscheidungen in Szenario 1a an.

Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 13 zu finden.



Tabelle 13: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 1a

 Ergebnisse zum Thema Entscheidungsvariablen	 Szenario 1a
<ul style="list-style-type: none"> - Großflächigkeit und Dauer belasten Ressourcen und damit den Entscheidungsspielraum - Technische Machbarkeit als Grenze 	

4.1.4 Szenario 1b

Die größte Einschränkung in Bezug auf mögliche Entscheidungen entstand in diesem Szenario durch den verkürzten zeitlichen Vorlauf, da viele grundsätzlich als zielführend zu erachtende Maßnahmen nicht innerhalb des kurzen Zeitraums bis zum Ereigniseintritt hätten realisiert werden können. In der Folge wurden große Teile der Kapazitäten durch zwingend zu priorisierende Prozesse insbesondere im Kontext der Menschenrettung gebunden. Das Fehlen valider Informationen sowie deren schwierige nachträgliche Beschaffung eliminierten weitere mögliche Handlungsalternativen. Ebenso waren verschiedene Ressourcen nicht oder nur eingeschränkt verfügbar, sodass im Rahmen der Entscheidungsfindung entsprechend damit gehaushaltet werden musste. Störungen der logistischen Erreichbarkeit sorgten zum einen in örtlicher Hinsicht, zum anderen aber auch in Bezug auf einzusetzendes Gerät ihrerseits für Einschränkungen. Die gestörte Kommunikation zwischen Stab und Einsatzkräften limitierte die Komplexität zu ergreifender Maßnahmen. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse aus der Beobachtung von Juli bis Oktober 2021 ist in Tabelle 14 zu finden.

Tabelle 14: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 1b

 Ergebnisse zum Thema Entscheidungsvariablen	 Szenario 1b
<ul style="list-style-type: none"> - Kapazitätsbindung durch Rettung schränkt Entscheidungsspielraum ein - Fehlende Informationen/Daten reduzieren Belastbarkeit der Entscheidungen - Logistische Erreichbarkeit und fehlende Ressourcen limitieren die Entscheidungsoptionen - Gestörte Kommunikation limitiert die Maßnahmenkomplexität 	

4.1.5 Szenario 2

Die wesentlichen Einschränkungen in Bezug auf Entscheidungen ergeben sich bei diesem Szenario eines technischen Versagens aus dem verkürzten zeitlichen Vorlauf. Dieser schränkt sowohl die Anzahl der möglichen Entscheidungen als auch in der Folge den Informationsbedarf ein. Mit Blick auf mögliche Entscheidungsoptionen entfallen insbesondere solche, die zu ihrer Umsetzung einen größeren Zeiteinsatz beanspruchen, sowie auch solche, bei denen sich der Effekt der Maßnahme ungeachtet der kurzfristigen Wirksamkeit erst mit

entsprechendem Zeitversatz einstellt. So führt eine Person aus der Wasserwirtschaft aus: *„Wenn ich keine Leute habe oder die Zeit reicht nicht, muss ich andere Entscheidungen treffen“* (Nr. 10, Pos. 55, WaWi).



Jedoch ergibt sich über die verschiedenen Befragten hinweg kein klares Bild zur Umsetzbarkeit einzelner Entscheidungsoptionen. Insbesondere bei der Fragestellung, ob versucht werden sollte, einen Verschluss der Bruchstelle zu erzielen, oder aber stattdessen alle Ressourcen auf den Aufbau einer zweiten Verteidigungslinie zu konzentrieren, herrschen unterschiedliche Meinungen. So führt eine Person aus der Wasserwirtschaft aus: *„Und dann muss relativ schnell entschieden werden. Was macht wirklich den meisten Sinn? In der Regel ist es das Hinterland. Die erste Entscheidung ist, ob man die Schadstelle reparieren kann. Beim Deichversagen (...) ist das relativ wenig zielführend“* (Nr. 9, Pos. 34, WaWi).

Eine Person aus der Wasserwirtschaft spricht sich für die Verteidigung aus, um Schäden größtmöglich zu reduzieren: *„Der Schaden, der durch das Überströmen des Hinterlandes entsteht, ist immer viel größer als der Aufwand, den ich aufwenden muss, um Sandsäcke zu packen und Stützkörper dahinter zu legen“* (Nr. 10, Pos. 51, WaWi).

Insbesondere Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz betonen im Zusammenhang mit diesem Szenario den Wert bereits im Vorfeld erhobener Daten und Informationen sowie deren Aufbereitung, um den Schwierigkeiten und dem damit verbundenen Zeitverlust bei kurzfristiger Informationsbeschaffung zu entgehen. So wird beispielsweise ausgeführt: *„Wir brauchen ganz klare Daten oder eine ganz klare Datenlage: Was bedeutet das jetzt, wenn an der Stelle XY der Deich bricht, welches Zeitfenster habe ich, bis der Stadtteil vollgelaufen ist, oder bis zu welcher Höhe steht dieser Stadtteil dann unter Wasser?“* (Nr. 38, Pos. 57, KatS).

Darauf aufbauend schlagen einzelne Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft drastischere Maßnahmen, z.B. eine gezielte Deichöffnung an einer Stelle mit geringerem Schadpotenzial, vor, um den Folgeschäden an der Stelle des tatsächlich drohenden technischen Versagens zu entgehen (vgl. Nr. 4, Pos. 35, WaWi und Nr. 5, Pos. 64, WaWi). Alternativ schlagen sie abflussregulierende Maßnahmen, z.B. unter Nutzung von Stauanlagen, auch außerhalb des eigentlichen Ereignisgebietes vor und erweitern die Handlungsoptionen mit dieser Perspektive auch räumlich (vgl. Nr. 6, Pos. 167, WaWi). Beide Personengruppen sehen in diesem Szenario ein gesteigertes Risiko für Helfer, Material und Gerät. Dabei geht es den Teilnehmern zum einen um die körperliche Unversehrtheit der Helfer, zum anderen aber auch darum, keine Ressourcen zur Sicherung von Abschnitten aufgewendet zu haben, die später aber dennoch aufgegeben werden müssen. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 15 zu finden.

Tabelle 15: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 2

 Ergebnisse zum Thema Entscheidungsvariablen	 Szenario 2
<ul style="list-style-type: none"> - Geringer zeitlicher Vorlauf schließt zeitintensive Maßnahmen und Maßnahmen mit verzögertem Wirkeintritt aus - Abwägung: Sicherung/Reparatur vs. Zweite Verteidigungslinie vs. Evakuierung 	



4.1.6 Szenario 3

Bezüglich der Thematik Entscheidungsfindung sehen Teilnehmer aus beiden Personengruppen die größte Herausforderung in der Bedrohung aus zwei verschiedenen Richtungen bzw. Ereignissen, die sowohl die Komplexität der Gesamtlage, die Vielfalt möglicher künftiger Entwicklungen als auch die erschwerte Berechenbarkeit der Folgen des eigenen Handelns, insbesondere das Risiko unerwarteter Kreuzeffekte, erhöhen. In diesem Zusammenhang werden die Qualität von Berechnungsmodellen im Allgemeinen sowie der Grad der Anpassung auf lokale Gegebenheiten betont.

Insbesondere Teilnehmer aus dem Bereich des Katastrophenschutzes stellen heraus, dass in diesem Szenario aufgrund der größeren individuellen Betroffenheit der Bevölkerung schon in einem frühen Ereignisstadium mit einem erhöhten Aufkommen von Notrufen in der Bevölkerung zu rechnen ist. Ein positiver Aspekt dieses erhöhten Aufkommens sind die auf diesem Wege gesammelten Daten zur Lage bzw. zu deren Entwicklung. Dem gegenüber steht die Erwartungshaltung der Bevölkerung nach einer Reaktion auf den abgesetzten Notruf, selbst wenn der Notruf in der Gesamtbewertung niedrig priorisiert und deshalb nicht kurzfristig abgearbeitet wird (vgl. Nr. 12, Pos. 53, KatS und Nr. 38, Pos. 85, KatS).

Ein Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft führt zur Komplexität dieser Ereigniskombination aus: *„Ich kann da eigentlich nur darauf vorbereitet sein und kann da tatsächlich noch von Entscheidungsfindung sprechen, wenn ich in irgendeiner Form eine Ahnung davon habe, was kommt und was zu tun ist. Ansonsten kann ich tatsächlich nicht mehr entscheiden, sondern nur noch reagieren“* (Nr. 7, Pos. 73, WaWi). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 16 zu finden.

Tabelle 16: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsvariablen – Szenario 3

 Ergebnisse zum Thema Entscheidungsvariablen	 Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> - Kreuzeffekte aus Hochwasser und Starkregen erschweren Abwägung der Folgen von Handlungsalternativen - Sichtbarkeit/Betroffenheit der Bevölkerung erhöht <ul style="list-style-type: none"> > Handlungsbereitschaft der Bevölkerung zur Selbsthilfe erhöht > aber: Erwartungshaltung der Bevölkerung im Hinblick auf individuelle Hilfe erhöht 	

4.1.7 Zwischenfazit

Einschränkungen der verfügbaren Entscheidungsvariablen entstehen in allen Szenarien durch die technische Machbarkeit unter den gegebenen Bedingungen sowie die Verfügbarkeit benötigter Ressourcen. Im Falle überraschender Wendungen des Ereignisses oder komplexer Lagen kommen der jeweils deutlich verkürzte zeitliche Vorlauf sowie die eingeschränkte Verfügbarkeit von Informationen in Verbindung mit der mangelnden Zeit, diese zu beschaffen, hinzu. Der reduzierte zeitliche Vorlauf verstärkt darüber hinaus die Wahrscheinlichkeit, dass einzelne Entscheidungsvariablen durch die technische Machbarkeit innerhalb des kürzeren

Zeitfensters oder die lokale Verfügbarkeit von Ressourcen ausgeschlossen werden. Die Wechselwirkungen der Teilereignisse schließen im Szenario 3 einzelne Vorgehensweisen aus, die zwar für eines der beiden Teilereignisse geeignet wären, für die zweite Ereigniskomponente jedoch eine schädigende Wirkung aufweisen.

4.2 Priorisierung

Im Rahmen der Entscheidungsfindung sind Abwägungen im Sinne einer Priorisierung zu treffen. Der folgende Abschnitt soll sich daher mit der Priorisierung im Hochwasser- und Starkregenkontext befassen. Der Forschungsschwerpunkt kann dem Handlungsfeld Führung zugeordnet werden.

4.2.1 Allgemein

Eine Vielzahl der interviewten Experten fokussiert bei der Benennung besonders hoch zu priorisierender Aufgaben die Themen Evakuierung/Menschenrettung, Sicherungsmaßnahmen an HWS-Einrichtungen bzw. die Einrichtung von zweiten Verteidigungslinien und die Mobilisierung/Aktivierung von Ressourcen und Strukturen.

Mit Blick auf die Evakuierung wird wiederholt ein frühzeitiger Evakuierungsbeginn verbunden mit einer proaktiven Kommunikation an die betroffene Bevölkerung empfohlen (vgl. Nr. 15, Pos. 115, WaWi). Hierdurch soll erreicht werden, dass sich ein Großteil der Betroffenen selbstständig in Sicherheit bringen kann, ohne personelle und technische Ressourcen, z.B. im Falle einer Evakuierung per Hubschrauber oder Boot, zu binden. In einzelnen Darstellungen wird zwischen Selbst- und Fremdevakuierung unterschieden. Eine Evakuierung beugt einer mit grundsätzlich höherem Aufwand und Risiken verbundenen Rettung vor.

Bei den Sicherungsmaßnahmen an Hochwasserschutzanlagen wird zwischen gezielter Ertüchtigung von Teilabschnitten und dem Aufbau einer zweiten Verteidigungslinie, sofern ein (planmäßiges oder außerplanmäßiges) Versagen der ursprünglichen Einrichtungen angenommen werden muss, unterschieden. Für eine qualifizierte Abwägung zwischen beiden Vorgehensweisen ist die Informationslage bezüglich einerseits des zu erwartenden Ausmaßes des Ereignisses und andererseits der Leistungsfähigkeit der Anlage entscheidend.

Hinsichtlich der Mobilisierung bzw. Aktivierung von Ressourcen und Strukturen setzen die verschiedenen Teilnehmer unterschiedliche Schwerpunkte und beziehen sich entweder auf die Mobilisierung von Einsatzkräften, Gerätschaften und Material, die Installation von Führungs- und Kommunikationsstrukturen, z.B. Stäben, oder die Sammlung von Informationen und Daten, die zur Entscheidungsfindung und Steuerung im weiteren Verlauf des Ereignisses entscheidungsrelevant sein können.

Mit insgesamt etwas niedrigerer Priorität wird der Aufbau eines Monitorings zur regelmäßigen Bewertung der Lage und zur Entscheidungsunterstützung genannt (Nr. 27, Pos. 87, WaWi).

Als Gesamttendenz lässt sich erkennen, dass bei den Teilnehmern mit wasserwirtschaftlichem Hintergrund im Unterschied zu den Teilnehmern aus dem Katastrophenschutz besonderer Wert auf die Beschaffung struktureller Ressourcen, den Aufbau der Monitoring-Struktur sowie die Regelung des Informationsflusses gelegt wird, während operative Prozesse wie Sicherung und Evakuierung weniger oder mit niedrigerer Priorität genannt wurden.

Innerhalb der vorgenannten Punkte wird nach einer Hierarchie der Schutzziele priorisiert. In mehreren Darstellungen findet sich einheitlich (unter Auslassungen) die Ordnung der Schutzziele: 1. Mensch, 2. Tier, 3. Infrastruktur, 4. Umwelt, 5. Sachwerte und Kulturgüter (vgl. Nr. 29, Pos. 35, KatS).

Aus einem anderen Kontext heraus wird zum Thema Priorisierung für die Vorplanung bzw. Alarm- und Einsatzplanung auch eine Priorisierung für das Thema Rettungswege im Hochwasser-/Starkregenfall im Rahmen eines Archivdokuments angesprochen: „Definieren, welche Rettungswege (= Straßen) prioritä[r] freigeräumt werden müssen“ (SD Nr. 12.2, S. 133). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 17 zu finden.



Tabelle 17: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – allgemein

!	Ergebnisse zum Thema Priorisierung	Allgemein
-	Warnung/Alarmierung Evakuierung/Rettung Aktivierung von Einsatzkräften/Strukturen/Ressourcen Sicherung an techn. HWS/Aufbau 2. Verteidigungslinie	- Informations- und Datenbeschaffung gering gewichtet - Hierarchische Schutzziele: 1. Mensch, 2. Tier, 3. Infrastruktur, 4. Umwelt, 5. Sachwerte

4.2.2 Szenario Routine

Im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung konnten bezüglich des Hochwasserereignisses im Februar 2021 nur eingeschränkt Erkenntnisse zum Forschungsschwerpunkt Priorisierung gesammelt werden. Dies ist in erster Linie darauf zurückzuführen, dass aufgrund einer entsprechenden Hochwasservorhersage die bevorstehende Hochwasserlage frühzeitig identifiziert werden konnte und daher eine ausreichend lange Vorlaufzeit für die erforderlichen Arbeiten zur Verfügung stand. Verschiedene grundsätzliche Priorisierungsentscheidungen, z.B. zur Verteilung von Ressourcen, waren bereits im Vorfeld im Rahmen der Alarm- und Einsatzplanung getroffen und in Form von Checklisten operationalisiert, sodass keine Ad-hoc-Entscheidungen zur Priorisierung zu fällen waren. Da sich der gesamte Aufbau des mobilen Hochwasserschutzsystems über einen längeren Zeitraum erstreckte, wurde eine Priorisierung unterschiedlicher Abschnitte beim Aufbau vorgenommen. Die wesentlichste und gleichzeitig grundsätzlichste Priorisierungsentscheidung war insoweit die Einordnung des Hochwassereinsatzes gegenüber anderen anders gearteten Einsatzaufträgen der Feuerwehr. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 18 zu finden.

Tabelle 18: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario „Routine“

	Ergebnisse zum Thema Priorisierung	 Szenario „Routine“
	<ul style="list-style-type: none"> - Priorisierung gegenüber anderen Aufgaben der Feuerwehr - Priorisierung einzelner Abschnitte beim Aufbau bzw. bei der Vorbereitung 	

4.2.3 Szenario 1a

Mit Verweis auf den bei Szenario 1a vergleichsweise langen Vorbereitungshorizont sowie die relativ hohe Vorhersagequalität für die weitere Entwicklung der Hochwasserlage stellen die Teilnehmer strukturelle Maßnahmen, die zur Optimierung der Entscheidungsqualität, des Ressourcenaufwandes und der Prozessgeschwindigkeit im späteren Verlauf des Ereignisses beitragen sollen, in den Vordergrund. Die Wichtigkeit von Evakuierungsmaßnahmen im planmäßigen Versagensfall insbesondere in Anbetracht fehlender Erfahrungswerte für diese Erfahrungsgröße betont auch ein Archivdokument: *„Bis dato [sind] auch noch keinerlei Erfahrungen vorhanden, wie sich beispielsweise ein schnelles Anströmen, nach einem Versagen der Hochwasserschutzeinrichtung, auf die Bausubstanz bzw. die Statik der vorhandenen Gebäude im unmittelbaren Überflutungsbereich tatsächlich auswirkt. Von daher ist eine temporäre Evakuierung der Bevölkerung für den Ereignisfall des möglichen Überströmens der Hochwasserschutzeinrichtung unabdingbar“* (SD Nr. 20.1, S. 5).



Ein Teilnehmer der Wasserwirtschaft berichtet hierbei zum Vergleich von seinen Erfahrungen zum Thema „Evakuierung“ bezüglich eines großen Hochwasserereignisses in der Vergangenheit: *„Wir haben die Erfahrung gemacht, lieber ein bisschen eher evakuieren (...) dann ist der Aufwand, die Leute zu evakuieren, viel viel geringer, weil ich über den Landweg alles noch machen kann, als wenn dann schon das Wasser da ist. Und es wird viel komplizierter und ich bringe auch die Rettungskräfte noch in Gefahr“* (Nr. 15, Pos. 115, WaWi).

Insbesondere die befragten Experten des Katastrophenschutzes sprachen bei Szenario 1a das Thema „Warnung der Bevölkerung“ wiederholt an, z.B.: *„Für mich persönlich hat immer die größte Priorisierung, und da finde ich, ist auch noch ein Defizit, tatsächlich die Warnung der Bevölkerung. (...) Zumal die Leute glaube ich nicht mehr so dieses Gefahrengedühl haben“* (Nr. 29, Pos. 23, KatS).

Neben den angeführten Prozessen, die laut Aussage der befragten Personen zu priorisieren sind, wurden aufgrund der großflächigen Betroffenheit auch örtliche Priorisierungen benannt: *„Es müssen die Deichabschnitte priorisiert werden, wo dahinter die größte Gefahr ist“* (Nr. 9, Pos. 28, WaWi).

Zum Thema Riegeldeichstrukturen wird in einem Archivdokument auf die Priorisierung von Warn-, Hilfs- und Evakuierungsmaßnahmen vor einer entsprechenden Abschottung von Teilbereichen im Rahmen eines sehr großen Ereignisses hingewiesen (SD Nr. 1.1, S. 4). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 19 zu finden.

Tabelle 19: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 1a

 Ergebnisse zum Thema Priorisierung	 Szenario 1a
<ul style="list-style-type: none"> - Strukturelle Maßnahmen zur Einsatzvorbereitung - Bevölkerungsinformationen/-sensibilisierung - Aktive örtliche Priorisierung nach Risiko-/Schadenspotenzial 	



4.2.4 Szenario 1b

Am **ersten Beobachtungsort** lag die oberste Priorität darin, die Menschenrettung zu unterstützen und alle dazu benötigten Informationen zu sammeln. Dabei erreichte eine Vielzahl von Meldungen den Stab, unter denen daher zu selektieren war. In diesem Zusammenhang band auch die Erhebung von Toten und Verletzten immense Kapazitäten. Wasserwirtschaftliche Informationen wurden zu Beginn mit niedrigerer Priorität behandelt. Rückblickend lässt sich feststellen, dass die sich daraus ergebende Priorisierung nicht mit der tatsächlichen Betroffenheit übereingestimmt hat. Dies lag insbesondere darin begründet, dass vor allem aus dem am stärksten betroffenen Landkreis im Vergleich wenige Lageinformationen den Stab erreichten.

Am **zweiten Beobachtungsort** lag eine klare Priorität darin, sich einen Überblick über die Gesamtlage zu verschaffen. Dabei ging es einerseits um die Priorisierung einzelner Einsatzabschnitte anhand der Betroffenheit, aber auch um die Identifikation von Risikofaktoren, wie Verklausungen und deren Gefährdungsgrad sowie den Zustand von Brücken und Wegen, die für den Einsatz benötigt wurden. Neben der Erhebung dieser Daten lag ein weiterer Schwerpunkt darin, diese nutzbar zu machen. Dazu wurden auch die systemische Erfassung der erhobenen Daten sowie deren Darstellung, z.B. in Kartenform, als wichtige Aufgabe eingeordnet.

Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung von Juli bis Oktober 2021 ist in Tabelle 20 zu finden.

Tabelle 20: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 1b



 Ergebnisse zum Thema Priorisierung	 Szenario 1b
<p><u>1. Beobachtungsort:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Informationsrückfluss aus Rettung (Vermisste/Tote) bindet Kapazitäten - Geringe Priorisierung wasserwirtschaftlicher Informationsbeschaffung in Phase der Menschenrettung - Alarmstufen der Landkreise als lenkendes Element bei der örtlichen Priorisierung <p><u>2. Beobachtungsort:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Überblick Lagebild hoch priorisiert <ul style="list-style-type: none"> > diente zur Ableitung der weiteren Handlungsfolge > Überblick über Umsetzbarkeit von Handlungsoptionen 	

4.2.5 Szenario 2

Die Teilnehmer sehen die größte Herausforderung bei diesem Szenario eines technischen Versagens im unerwarteten Ereigniseintritt und in der damit verbundenen kurzfristigen Entstehung der Gefahren. Daher besteht die kurzfristige Notwendigkeit von Rettungs- und Evakuierungsmaßnahmen. Erst nachdem diese Prozesse angestoßen sind, werden im nächsten Schritt strukturbezogene Maßnahmen vollzogen. Ein Großteil der ausgewerteten Fälle benannte als zu priorisierenden Prozess das Thema „Evakuierung/Menschenrettung“ mit oberster Priorität. Aufgrund des kurzfristigen und wahrscheinlich sogar unvorhersehbaren Versagens bei **Szenario 2a** (Versagen mobiler technischer Hochwasserschutz) wird der Fokus bei den Beteiligten jedoch hier auf die Menschenrettung gelegt, da es für eine Evakuierung bereits zu spät wäre. So führt ein Vertreter des Katastrophenschutzes aus: *„Also es greift natürlich auch ähnlich wie in dem ersten Fall das Thema Evakuierung der Bevölkerung, der Personenschutz ist da glaube ich an oberster Stelle. Wobei bei so einer, ja, Akutlage mobilen technischen Versagen, (...) da geht es um eine wirkliche Ad-hoc-Personenmenschenrettung“* (Nr. 38, Pos. 53, KatS sowie vgl. Nr. 29, Pos. 55, KatS). Hierbei würde eine Person empfehlen, anhand der örtlichen Gegebenheiten und der Nähe von Wohngebieten zur HWS-Wand weiter zu priorisieren (Nr. 29, Pos. 59, KatS).

Da sich bei **Szenario 2b** (Deichversagen) nach Einschätzung der Experten sowie der bisherigen Erfahrungen ein technisches Versagen eines Deichkörpers ankündigen wird, wird sich der Prozess der „Evakuierung/Menschenrettung“ im Vergleich zu Szenario 2a in Richtung Evakuierung verlagern (vgl. Nr. 2, Pos. 39, WaWi). Hierbei ist jedoch auffällig, dass in diesem Szenario oft der Gedanke der parallelen Ausführung mehrerer zu priorisierender Prozesse angesprochen wird. Dies betrifft zum einen die parallele Information der Bevölkerung zu durchzuführenden Katastrophenschutzmaßnahmen: *„Nur das sollte unbedingt parallel erfolgen, zum einen die Vorbereitung Katastrophenschutzmaßnahmen, parallel dazu die Information der Bevölkerung“* (Nr. 17, Pos. 35, WaWi). Dies wird auch in einem Archivadokument bestätigt: *„In diesem Zusammenhang weise ich auf das Urteil des Bundesgerichtshofs (...) hin, wonach zur Amtspflicht der Katastrophenschutzbehörde bei einem drohenden Deichbruch die Warnung der Bevölkerung gehört“* (SD Nr. 1.1, S. 4). Auch die parallele Aktivierung von Schutzmaßnahmen an der Schadstelle und die Einleitung von Evakuierungsmaßnahmen werden angesprochen: *„Also priorisieren ist immer so, also wir würden auf jeden Fall die Evakuierung der Bevölkerung immer parallel einleiten auf jeden Fall, (...) da laufen zumindest die Vorbereitungen erstmal parallel“* (Nr. 23, Pos. 65, KatS). Eine weitere Person aus dem Katastrophenschutz betont dagegen, dass zuerst einmal eine Erkundung durchgeführt werden muss, um z.B. das parallele Anstoßen weiterer Handlungen zu priorisieren: *„Ich muss jetzt als Erstes immer erkunden und die Lage feststellen. Das ist das A und das O“* (Nr. 12, Pos. 71, KatS). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 21 zu finden.

Tabelle 21: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 2

	Ergebnisse zum Thema Priorisierung		Szenario 2
<ul style="list-style-type: none"> - Strukturelle/Vorbereitende Maßnahmen infolge unerwarteten Ereigniseintritts i.d.R. nicht möglich - Kurzfristigkeit: Verlagerung von Evakuierung hin zu Rettung - Priorisierung nach Grad der Betroffenheit der Schutzgüter zusätzlich wichtig - Bei Erfordernis Evakuierung betroffener Personen parallel zu weiteren Maßnahmen veranlassen 			

4.2.6 Szenario 3

Bei Szenario 3 sehen die Teilnehmer die größte Herausforderung in der komplizierten Lage durch die gleichzeitige Bedrohung infolge von Hochwassern (HW) und Niederschlag. Einheitlich priorisieren die Teilnehmer die Auseinandersetzung mit der Niederschlagskomponente gegenüber der HW-Komponente, insbesondere in Bezug auf das Monitoring der Lageentwicklung, wie z.B.: *„Was kann ich tun, um die Schäden, die dabei möglicherweise auftreten, reduziert zu halten, dass man das priorisieren sollte, ohne das Hochwasser ganz aus dem Auge zu verlieren“* (Nr. 7, Pos. 69, WaWi).



Begründet wird dies u.a. damit, dass *„das Hochwasser (...) ja ein eher statisches Ereignis [ist], was länger dauert. Und das Starkregenereignis ist ja eher hochdynamisch“* (Nr. 20, Pos. 93, KatS). Während das Hochwasserereignis *„nur [Sach-]Schadenabwehr“* umfasst, sieht man im Starkregen *„schon Personen akut gefährdet“* (Nr. 29, Pos. 89, KatS).

Der Prozess der Menschenrettung wird daher von einem Großteil als Priorität angesehen: *„Wenn Menschenleben in Gefahr sind, dann hat das oberste Priorität (...) und dann kommen andere wichtige kritische Infrastrukturen“* (Nr. 26, Pos. 97, KatS).

Das Thema Priorisierung der Einsatzstellen und somit die Entscheidung, wo man die vorhandenen Einsatzkräfte sinnvollerweise und am effektivsten konzentrieren sollte, spielt bei Szenario 3 eine große Rolle: *„Ich sage mal, da wo der größte Schaden zu erwarten ist und da wo man, ich sage mal, tatsächlich mit realen Mitteln auch einen Erfolg erzielen kann“* (Nr. 19, Pos. 59, KatS).

Aufgrund der kurzen Vorlaufzeit wird in einigen Interviews auch der Prozess der Warnung und Alarmierung priorisiert. So heißt es beispielsweise die *„Warnung der Bevölkerung und Alarmierung der eigenen Kräfte muss schon mal ganz oben angesetzt werden“* (Nr. 38, Pos. 69, KatS). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 22 zu finden.

Tabelle 22: Ergebniszusammenfassung Priorisierung – Szenario 3

	Ergebnisse zum Thema Priorisierung		Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> - Priorisierung Starkregen ggü. Hochwasser - Örtliche Priorisierung im Hinterland besonders herausfordernd aufgrund Vielzahl an Einsatzstellen - Hoher Datenanfall → Priorisierung verschiedener Informationen in der weiteren Verarbeitung - Kurzfristigkeit: Warnung und Alarmierung von besonderer Relevanz 			

4.2.7 Zwischenfazit

Im Hinblick auf die Priorisierung nimmt in allen drei Szenarien der Schutz der Bevölkerung durch Evakuierung und Rettung die wichtigste Rolle ein. Über die Szenarien hinweg lässt sich hierbei jedoch eine unterschiedliche Ausgestaltung von der präventiven Evakuierung bis hin zur notgedrungenen Rettung beobachten. Diese ist insbesondere von der Berechenbarkeit des Ereignisses und daraus abgeleitet dem zeitlichen Handlungsspielraum bestimmt. In der Konsequenz steigt die Relevanz eines effizienten Warnsystems mit zunehmender Verknappung des zeitlichen Vorlaufs, um eine möglichst große Personenzahl zu evakuieren und die Notwendigkeit einer Rettung zu vermeiden. Im Falle von Ereignissen, gegen die ein technischer Schutz besteht, wird es als wichtig erachtet, diese Schutzwirkung möglichst lange aufrechtzuerhalten bzw. diese bis zu einem Maximum zu erweitern. Für ein Ereignis mit gleichzeitiger Starkregenkomponente bestehen solche Schutzeinrichtungen in der Regel nicht, sodass dieser Aspekt in diesen Szenarien entfällt. Ebenso ist der kurzfristige Aufbau entsprechender mobiler Einrichtungen üblicherweise nicht umsetzbar. Die Erstellung eines umfassenden Lagebildes erscheint den Teilnehmern in allen Szenarien wichtig, steht jedoch in jedem Fall hinter den zu ergreifenden Sofortmaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und zum Erhalt bestehender Schutzmaßnahmen zurück. Die Wirkung dieses Lagebildes entfaltet sich erst bei der Planung anschließender weitergehender Maßnahmen. Operationelle Anlagensteuerung wird nur so lange als relevant betrachtet, wie daraus ein verbessernder Einfluss auf das Ereignis erwartet werden kann, weshalb dieser Bestandteil oberhalb der Betriebskapazität solcher Anlagen (Szenario 1) oder bei Verlust der Steuerungswirkung (ab dem Eintritt des Versagens in Szenario 2) entfällt. Selbsthilfe der Bevölkerung (z.B. privater Objektschutz) und deren Unterstützung durch Einsatzkräfte bietet sich nur an, wenn dadurch ein nennenswerter Effekt auf die Schadensvermeidung bzw. -minderung im Ereignisfall zu erwarten ist. Dies stellt sich unter den benannten Szenarien nur in Szenario 3 im nennenswerten Maße dar. Der Hebel dieses Bausteins erhöht sich durch die Tatsache, dass aufgrund des geringen zeitlichen Vorlaufs die von offiziellen Einsatzkräften ergriffenen Maßnahmen in ihrem Umfang geringer ausfallen als in den beiden anderen, alternativen Szenarien.

4.3 Entscheidungsrelevante Daten

In diesem Abschnitt soll erarbeitet werden, welche Daten bereitgestellt werden müssen, um fundierte Entscheidungen zu treffen. Neben konkreten Beispielen für solche Daten wird auch allgemein auf die Eigenschaften entscheidungsrelevanter Daten eingegangen.

4.3.1 Allgemein

Die von den verschiedenen Teilnehmern genannten entscheidungsrelevanten Daten lassen sich in mehrere Gruppen ordnen. Zum einen handelt es sich dabei um Primärdaten in Form

von Messwerten, wie Pegeldata, Niederschlagsmengen, Durchfeuchtung des Bodens, Zahl der Notrufe oder die Füllstände von Rückhaltebecken. Darüber hinaus werden Prognosen zu weiteren Entwicklungen dieser Messdaten und deren Interpretation als entscheidungsrelevant bewertet. Dem gegenüber stehen im Vorfeld vorzubereitende Daten, z.B. zur Topografie, zur Bbauungs- und Bevölkerungsstruktur sowie zu kritischer Infrastruktur und relevanten Verkehrswegen im Hinterland. Des Weiteren gelten auch planerische Komponenten wie Alarmketten oder die Verfügbarkeit von Hilfskräften und Material sowie deren jeweilige örtliche und zeitliche Verfügbarkeit als wichtige Faktoren. Während der Ereignisse bilden ergänzend zu technischen Messdaten persönliche Beobachtungen von Fachkräften oder über Fernerkundung oder Webcams erhobene Bilddaten wichtige Entscheidungsgrundlagen. Teilnehmer aus dem Bereich Katastrophenschutz gehen außerdem auf Informationen ein, die sich aus der planerischen oder operativen Abstimmung mit Nachbargemeinden ergeben. Insgesamt geht die Mehrzahl der Teilnehmer darauf ein, aus einer Verschneidung der oben genannten Daten Aussagen über den verbleibenden Zeitraum bis zum Eintritt eines Ereignisses bzw. einer signifikanten Verschlimmerung der Lage treffen zu können, und sieht in diesem abgeleiteten Datum einen zentralen Aspekt.

Als entscheidungsrelevant wurden mehrmals die Hochwassergefahrenkarten hervorgehoben, aber auch deren Grenzen bezüglich ihrer Aussagekraft angesprochen. So wird in einem Archivdokument ausgeführt: *„Die Hochwassergefahrenkarten geben einen Anhalt über die bei Versagen des [FLUSS]hauptdeichs bei HQ₁₀₀ bzw. bei einem Extremhochwasser zu erwartenden Überschwemmungen und die sich dabei einstellenden Wassertiefen. Sie zeigen jedoch zum einen den Endzustand der Überflutung, zum anderen stellen sie die Überlagerung der Ergebnisse der Berechnungen für die (...) untersuchten Deichbreschen dar. Für die Planung von Maßnahmen zur Katastrophenabwehr sind sie daher nur bedingt geeignet. Hierfür bedarf es vielmehr Informationen zum zeitlichen Verlauf der Überschwemmungen in Abhängigkeit von der Lage der Breschenstelle“* (SD Nr. 1.6, S. 13).

Im Rahmen der empirischen Studie wurde mehrmals angesprochen, dass die jeweiligen beteiligten Stellen nicht wissen, welche entscheidungsrelevanten Informationen die jeweils andere Seite benötigt. So berichtet eine Person aus der Wasserwirtschaft: *„Es ist allerdings tatsächlich relativ schwierig abzuschätzen: (...) Welche Informationen müssen wir als Wasserwirtschaftsverwaltung oder als technischer Hochwasserschutz, was müssen wir euch liefern? Was braucht ihr noch von uns? Was habt ihr schon und was könnte sein?“* (Nr. 2, Pos. 17, WaWi).

Im Rahmen eines Archivdokuments wird die Relevanz von topographischen Karten für den Einsatzfall hervorgehoben und ein Erfahrungsbericht zu einem ehemaligen Hochwasserereignis geliefert: *„Die Auswertung ergab, dass nicht in allen Katastrophenschutzstäben aktuelles topographisches Kartenmaterial, insbesondere Karten mit UTM-Gitternetz vorlagen. Es wird angeregt (...) UTM-Karten auf Papier und in digitalisierter*

Form allen Katastrophenschutzbehörden zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus sollte geprüft werden, inwieweit zusätzlich digitalisierte Karten (z.B. Hochwasserkarten mit Höhenangaben) in den Katastrophenschutzstäben und Technischen Einsatzleitungen zur Anwendung kommen können“ (SD Nr. 25.1, S. 124).


Ein Archivadokument betont die grundsätzliche Wichtigkeit von entscheidungsrelevanten Daten als Entscheidungsgrundlage für die Lagebeurteilung, insbesondere für dynamische Lagen wie in Szenario 3 und deren Relevanz für die Festlegung von Einsatzmaßnahmen: „Die (...) [Lagebeurteilung] ist bei einem Sturzflutereignis besonders wichtig, da es sich hier um eine sehr dynamische Lage handelt, geprägt von ständig wechselnden Situationen und Prioritäten. (...) Eine fehlerhafte oder unzureichende Lagebeurteilung kann dramatische Auswirkungen haben“ (SD Nr. 27.3, S. 28).

Als Einzelaussage soll an dieser Stelle noch auf einen Beitrag von einer Person aus dem Katastrophenschutz eingegangen werden, welche strukturelle Verbesserungsvorschläge zur Interpretation entscheidungsrelevanter Daten einbringt. Die Person betont, dass die punktuellen Pegeldaten (Wasserstand und Vorhersage) unbedingt immer in Flächendaten (überschwemmte Fläche) übertragen bzw. übersetzt werden sollten, um auch nicht wasserwirtschaftlich ausgebildeten Personen, wie den Katastrophenschutzkräften, Stabsmitgliedern sowie der allgemeinen Öffentlichkeit, die Möglichkeit geben zu können, das Ausmaß in der Fläche einschätzen zu können. Zusätzlich soll eine Übersetzung in Jährlichkeiten erfolgen. Die Person schlägt vor, für ausgewählte Jährlichkeiten jeweils eine Farbe zu vergeben, um zugleich auch Sprachbarrieren entgegenzuwirken und farbliche Markierungen z.B. an Straßenlaternen im Gelände zur Orientierung anzubringen (Nr. 20, Pos. 55, KatS).

Insgesamt ergibt sich durch die verschiedenen Szenarien und unterschiedlichen örtlichen Bedingungen eine Vielzahl möglicherweise entscheidungsrelevanter Daten, wobei einige Daten orts- und szenarienunabhängig gewinnbringend eingesetzt werden können. Eine detaillierte Auflistung aller im Rahmen der empirischen Studie benannten entscheidungsrelevanten Daten kann Anhang 16 entnommen werden.

Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 23 zu finden.



Tabelle 23: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – allgemein

	Ergebnisse zum Thema Entscheidungsrelevante Daten	Allgemein
<ul style="list-style-type: none"> - Topographische Karte - Messwerte: Pegelstände, Niederschläge, Durchfeuchtung - Prognosen/Vorhersagen zur Entwicklung der Messwerte - Daten zu Bevölkerung und Bebauung - Bilder/Webcams/ Drohnenaufnahmen - Handeln Dritter (z.B. Alarmstufenerhöhung Nachbarkommen) - Herausforderung: Welche Daten benötigt der Anwender/Entscheidungsträger? 		

4.3.2 Szenario Routine

Auch in den Beobachtungen bezüglich des Hochwasserereignisses im Februar 2021 lassen sich die entscheidungsrelevanten Daten in verschiedene Gruppen ordnen. Zum einen handelt es sich um ereignisbezogene Messdaten und deren Verarbeitung, wie den Wasserstand, dessen Änderungsrate und deren Vorhersage und den daraus resultierenden Freibord. Eine weitere Kategorie bilden ablaufbezogene Statusinformationen, sowohl zum Fortschritt des Aufbaus des mobilen Hochwasserschutzes an sich, aber auch zu parallel verlaufenden Maßnahmen wie dem Stegebau oder der Regelung des Verkehrs. Zuletzt spielen Informationen zum Zustand des mobilen Hochwasserschutzes in Form von Auffälligkeiten bei Kontrollfahrten wie z.B. Leckagen eine Rolle. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 24 zu finden.

Tabelle 24: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario „Routine“

	Ergebnisse zum Thema Entscheidungsrelevante Daten		Szenario „Routine“
-	Wasserstand + Differenz Freibord an techn. HWS + Änderungsrate	-	-
-	Informationen zum Stand des Einsatzes	-	-

4.3.3 Szenario 1a

Im Zuge des berechenbaren Verlaufs benennen die Teilnehmer für dieses Szenario die größte Anzahl verschiedener Daten. Aufgrund der guten Verfügbarkeit technischer Messdaten können diese besonders gut bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Wichtig ist hierbei die Qualität bzw. Zuverlässigkeit dieser Daten (vgl. Nr. 10, Pos. 31, WaWi). Im Zusammenhang mit dem besonders großen Ausmaß des Hochwasserereignisses spielen insbesondere Daten zu Hochwasserschutzeinrichtungen wie deren Alter, Beschaffenheit und insbesondere die Bemessungsgrenze eine entscheidende Rolle. Da es sich insgesamt um ein verhältnismäßig berechenbares Ereignis handelt, spielen in der weiteren Folge vor allem für Personen aus dem Bereich Wasserwirtschaft auch Berechnungen zu Szenarien für gewisse Wasserstände eine Rolle. Diese können sowohl zur operativen Steuerung der Verteidigungsmaßnahmen als auch zur Steuerung der Evakuierung und zur Sensibilisierung der Bevölkerung eingesetzt werden („Und ich glaube gerade, dass diese Flutungsszenarien uns relativ viel Erkenntnisse aufzeigen können, wie man, wo auch zum Beispiel prioritär gearbeitet werden müsste“ (Nr. 7, Pos. 18, WaWi)). Eine Person aus dem Katastrophenschutz berichtet, dass für das gesamte Stadtgebiet fein differenzierte Überflutungszustände im 10-cm-Bereich als Hauptentscheidungsgrundlage zur Einsatzplanung dienen (Nr. 26, Pos. 25-27, KatS). Eine Person aus dem Katastrophenschutz berichtet zudem davon, dass man mit Hilfe von Tabellen Herleitungen für zukünftige, ungefähre Wasserstände im Stadtgebiet machen kann: „Und es gibt natürlich auch bei uns Tabellen, wo wir wissen, also selbst in Bereiche, die, ich

sage mal, 54 Stunden oder 60 Stunden flussaufwärts sind, können wir so ungefähr anhand der Pegelstände, die dort eintreten, bei uns auch bestimmen, wie hoch der Wasserstand bei uns sein wird“ (Nr. 19, Pos. 27, KatS).

Eine Person aus der Wasserwirtschaft weist darauf hin, dass insbesondere bei solch einem sehr großen Hochwasserereignis wichtig ist, gegen System- und Stromausfälle vorzusorgen und entscheidungsrelevante Daten auch analog vorzuhalten: „Für die Notfälle, wie Stromausfall und sowas, was wir auch (...) hatten (...), ist es auch wichtig, dass die Karten noch in Papierform irgendwo liegen“ (Nr. 33, Pos. 29, WaWi). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 25 zu finden.

Tabelle 25: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 1a

	Ergebnisse zum Thema Entscheidungsrelevante Daten	Szenario 1a
<ul style="list-style-type: none"> - Zustand technischer HWS und dessen Bemessungsgrenze - Szenarienberechnung durch WaWi - Besondere Relevanz verlässlicher Prognosen aufgrund Großflächenlage 		



4.3.4 Szenario 1b

Am **ersten Beobachtungsort** waren während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 die aktuelle Wetterlage sowie die Wettervorhersage zentrale Entscheidungsgrundlagen. Pegelstände sowie Prognosen zu ihrer weiteren Entwicklung standen aufgrund der Zerstörung nicht mehr oder nur lückenhaft zur Verfügung. Außerdem lagen keine Informationen vor, wie die Pegelstände zu interpretieren sind (z.B. hinsichtlich gefährdeter bzw. betroffener Gebiete). Verbleibende Daten waren unter Umständen komplex und dementsprechend aufwändig und nur durch entsprechendes Fachpersonal zu interpretieren. Wasserwirtschaftliche Lageberichte erreichten den Stab zwei Mal täglich, waren jedoch regional nicht adäquat gewichtet. Um eine vollumfängliche Verarbeitbarkeit der Informationen zu ermöglichen, wäre ein höherer Aufbereitungsgrad seitens der Informationslieferanten bestenfalls inklusive Interpretationsansätzen erforderlich gewesen. Die Steuerung der Menschenrettung erfolgte über Meldungen zu Vermissten, Verletzten und Toten.

Am **zweiten Beobachtungsort** waren Zustandsdaten einsatzrelevanter Infrastruktur bzw. Informationen zur Zugänglichkeit bestimmter Orte für die Einsatzplanung entscheidungsrelevant. Eine Herausforderung stellte dabei das Fehlen analoger und digitaler Karten vor Ort dar, sodass diese aufwändig zur Verfügung gestellt werden mussten. Zusätzlich musste eine Übersichtskarte des Schadensgebiets zur Ordnung des Raums, z.B. zur Festlegung von Betreuungsstellen, Festlegung zu evakuierender Einrichtungen oder zur Definition von Bereitstellungsräumen (Sammelstellen für Einsatzkräfte), erstellt werden. Dazu galt es zuerst alle Abschnitte zu erkunden und anschließend die Ergebnisse zu erfassen, wobei aufgrund der dynamischen Lage das Sicherstellen der Datenaktualität eine zusätzliche Schwierigkeit

darstellte. Da die Informationen nicht als Geodaten eingingen, sondern oftmals in Form von Fotos oder Videos, waren über Strecken eine aufwändige Interpretation und eine manuelle Verortung der Daten erforderlich. Um diesen Effekt zu mildern, wurden sowohl bei der Analyse von Bilddaten als auch bei der Auswertung von Fernerkundungsdaten von Hubschrauberüberflügen ortskundige Personen hinzugezogen. Ein erster Satz Satellitenbilder war aufgrund unscharfer Bildgebung unbrauchbar, ein zweiter Satz Bilder stellte sich jedoch als hilfreich bei der Schadensbewertung und Maßnahmenpriorisierung heraus. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung von Juli bis Oktober 2021 ist in Tabelle 26 zu finden.

Tabelle 26: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 1b

	Ergebnisse zum Thema Entscheidungsrelevante Daten	 Szenario 1b
<ul style="list-style-type: none"> - Datenausfälle aufgrund Beschädigung technischer Infrastruktur und Messstellen - Meldungen Vermisster + Toter binden zu Beginn alle Kapazitäten - Zustand Infrastruktur/ Zugänglichkeit - Fehlende digitale Karten → hoher Aufwand manueller Bereitstellung - Erkundung + Ergebniserfassung zur Datenerhebung - Herausforderung: Fehlende Georeferenzierung von Daten → manueller Prozess der Verortung von Informationen durch Ortskundige 		

4.3.5 Szenario 2

In Anbetracht des plötzlichen Ereigniseintritts aufgrund eines technischen Versagens steht für viele Teilnehmer aller Bereiche die Menge und Qualität unmittelbar verfügbarer Daten, insbesondere zur Topographie, Infrastruktur, zu Meldedaten und verfügbaren Ressourcen, im Vordergrund. Sofern sich das Versagen der Hochwasserschutzeinrichtung im Vorfeld abzeichnet, sind Prognosen und Planungen für den Aufbau einer zweiten Verteidigungslinie eine Information, die vor allem Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz benennen (vgl. Nr. 19, Pos. 45, KatS). Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft bewerten die Relevanz von Daten zu Art und Umfang des Schadens an der Hochwasserschutzeinrichtung besonders hoch, um diese vor dem Totalversagen zu sichern oder möglicherweise Maßnahmen zum Wiederverschluss nach dem Auftreten des Versagens zu initiieren (vgl. Nr. 24, Pos. 66, WaWi). Bei einem außerplanmäßigen Versagen des mobilen technischen Hochwasserschutzes (**Szenario 2a**) verändert sich der Zustand ad hoc. Dies bedeutet, dass im Versagensfall keine Zeit verbleibt, Daten und Informationen abzurufen, miteinander zu verschneiden oder Berechnungen durchzuführen. Meldungen sowie Echtzeitinformationen aus der Fläche gewinnen hier aufgrund der dynamischen Lage bei den befragten Personen an Bedeutung für die Einleitung von Maßnahmen. Diesbezüglich führt eine Person aus der Wasserwirtschaft aus: „Aber in einem Fall, des (...) plötzlichen Versagens einer mobilen Anlage, denke ich, ist (...) dann dieser Prozess hier Daten ‚was ist tatsächlich betroffen‘ nicht mehr relevant, sondern

muss man quasi jemanden vor Ort haben, der reagieren kann und schauen kann: Was passiert tatsächlich? Weil da ist es zu spät, sie haben keine Zeit, um tatsächlich zu rechnen“ (Nr. 33, Pos. 55, WaWi).

Bei einem Deichbruch (**Szenario 2b**) besteht mehr Zeit, um vom Zeitpunkt der Schadstellenidentifizierung bis zum tatsächlichen außerplanmäßigen Versagen noch entscheidungsrelevante Informationen zur Entscheidungsfindung hinzuzuziehen, zu verschneiden oder hiermit Berechnungen durchzuführen, vorausgesetzt diese wurden bereits vorher eingepflegt und sind auf einem aktuellen Stand.



Von mehreren Teilnehmern werden diesbezüglich wiederholt die Hochwasserrisikokarten für HQ_{Extrem} bzw. für eine Jährlichkeit > BHQ des Deichsystems (planmäßiges Versagen) als entscheidungsrelevante und direkt verfügbare Daten angesprochen (vgl. Nr. 16, Pos. 79, WaWi). Hierzu wird auch angeregt, die dazugehörigen Informationen mit den Einwohnerdaten schon vor einem Ereignis zu verschneiden (vgl. Nr. 32, Pos. 67, KatS).

Ein Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft konnte zudem zum Thema Nutzen von Deichbruchmodellierungen Erfahrungswerte mitteilen: *„Das haben wir auch in der letzten Stabsübung mal durchgespielt, hat sehr gut funktioniert. Wir hatten also innerhalb von anderthalb Stunden (...) auch eine vernünftige Darstellung von diesem Deichbruch, also in der Ausbreitung der Wasserstände und auch natürlich die flächenmäßige Ausdehnung“* (Nr. 24, Pos. 38, WaWi). Eine entscheidungsrelevante Information für den Anstoß der Berechnungen ist u.a. die genaue Position der vermuteten Bruchstelle (Koordinaten).

Auch im Rahmen eines Archivdokuments wird der Nutzen von Deichbruchmodellierungen für die Planung operativer Maßnahmen hervorgehoben: *„Die Teilnehmer betonen die Bedeutung der im Zuge der Berechnungen erstellten Animationen zu den zeitlichen Verläufen der Überflutungen für den Katastrophenschutz. Sie erlauben eine gezielte Planung von Abwehr- und Evakuierungsmaßnahmen und bilden so eine wichtige Hilfe bei der Gefahrenabwehr im Falle eines Versagens des [FLUSS]hauptdeichs“* (SD Nr. 1.5, S. 64).

Die Ergebnisse der Deichbruchmodellierung können u.a. dafür verwendet werden, Betroffenheiten zu berechnen, das Zeitfenster für mögliche Maßnahmen näher zu definieren und eine realistische Einschätzung abzugeben, ob diese noch vorher zu realisieren wären (vgl. Nr. 33, Pos. 44, WaWi). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 27 zu finden.

Tabelle 27: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 2

	Ergebnisse zum Thema Entscheidungsrelevante Daten		Szenario 2
<ul style="list-style-type: none"> - Überflutung und Flutungsentwicklung anhand von Modellberechnungen nur für „bekannte Risikostellen“ vorbereitbar, Alternative: Karten für HW > BHQ verwenden (z.B. HW-Gefahrenkarten) - Besondere Relevanz der schnellen Datenverfügbarkeit - Schadensdaten techn. HWS → Frage nach Sicherung/Verteidigung vs. 2. Verteidigungslinie vs. Evakuierung - Tendenz weg von Datenverschneidung hin zu Rohdaten und manueller Interpretation 			

4.3.6 Szenario 3

Insbesondere für Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz steht in diesem Szenario die Verarbeitung von Daten mit dem Ziel der Priorisierung im Vordergrund. Es ist für die Teilnehmer von besonderer Relevanz einen Überblick über die Gesamtlage zu gewinnen, weshalb die flächige Verfügbarkeit von Daten deren Genauigkeit überwiegt. Auch Hochwasserdaten (Füllstand) von Zuflüssen bzw. der Rückfluss aus dem Starkregenereignis finden bei vielen Teilnehmern aus dem Katastrophenschutz und bereits bei einer Kommune im Rahmen eines Alarmpegelsystems Beachtung (vgl. Nr. 38, Pos. 45, KatS).



Teilnehmer aus dem Bereich Katastrophenschutz gehen in diesem Szenario auf die Relevanz der Abstimmung mit Nachbarkommunen, insbesondere denen aus dem Hinterland, ein. Diesbezüglich wäre eine Alarmstufenerhöhung einer Nachbarkommune entscheidungsrelevant im Hinblick auf eine herannahende Starkregenparzelle (vgl. Nr. 34, Pos. 77, KatS).

Neben der Prognose besteht für Teilnehmer aus dem Bereich der Wasserwirtschaft auch im tatsächlichen zum Abfluss kommenden Niederschlag ein wichtiger Wert, um eine Gefährdung durch den Einschluss von Hilfskräften oder Teilen der Bevölkerung zu vermeiden. In Verbindung mit der Starkregenkomponente findet auch die Durchfeuchtung des Bodens eine höhere Beachtung im Vergleich zu den anderen Szenarien.

Da das Starkregenereignis eine kurze Ereignisdauer und Zeitspanne zur Reaktion aufweist, in der eine aufwändige Verarbeitung von Daten wenig Nutzen bringt, sehen einige Teilnehmer digitale Datensätze auch eher nach dem Ereignis als sinnbringend an. Hierzu zählt insbesondere die Auswertung von Satelliten-Fernerkundungsdaten hinsichtlich des Schadensbildes (z.B. mit Copernicus EMS) zur Definition weiterführender Maßnahmen (*„Da denke ich auch eher in die Richtung sonst Schäden anzugucken. Und da würden sich natürlich auch höher aufgelöste Satellitendaten dann auch anbieten, wie sich da was verändert hat“* (Nr. 36, Pos. 41, WaWi)). Von Seiten der Wasserwirtschaft wird zudem angemerkt, dass die Sichtverhältnisse bei einem Starkregenereignis grundsätzlich die Aufnahme bzw. die Nutzung bildbasierter Daten während des eigentlichen Ereignisses erschweren (vgl. Nr. 38, Pos. 43, WaWi).

Für das parallele Hochwasserereignis empfindet die Mehrheit den Pegelstand als ausreichendes entscheidungsrelevantes Datum, um die dort eher statische Lage im Blick zu behalten. Ein Archivdokument aus dem Bereich der Wasserwirtschaft betont für Szenario 3 des Weiteren die Wichtigkeit von Starkregengefahrenkarten für die Ereignisvorbereitung: *„Starkregengefahrenkarten wurden zum Erhebungszeitpunkt als wichtige Grundlage für die Planung präventiver Maßnahmen angesehen“* (SD Nr. 39.3, S. 3). Auch die Vorwarnzeit wird für das Teilszenario des Starkregenereignisses als entscheidungsrelevant angesprochen (vgl. SD Nr. 27.3, S. 100). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 28 zu finden.

Tabelle 28: Ergebniszusammenfassung Entscheidungsrelevante Daten – Szenario 3

	Ergebnisse zum Thema Entscheidungsrelevante Daten	 Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> - Starkregengefahrenkarten - Durchfeuchtung Boden - Niederschlagsmessung und Wetterprognosen - Meldungen von Alarmsystemen kleiner Zuflüsse - Sichtverhältnisse können Nutzung bildbasierter Daten erschweren 		

4.3.7 Zwischenfazit

Im Hinblick auf entscheidungsrelevante Daten ließ sich über die Befragungen eine Reihe von Informationen identifizieren, die gemäß den jeweiligen Quellen ungeachtet der genauen Spezifikation des Ereignisses unbedingt im Vorfeld beschafft werden sollten (s. Anhang 16). Hierbei handelt es sich um topographische Daten, Informationen zur Infrastruktur und Bevölkerungsdaten. Mit Bezug auf die jeweiligen Ereignisse kristallisiert sich eine Einschätzung des zeitlichen Vorlaufs bis zu einer signifikanten Verschlechterung der Lage und damit des Zeitfensters, das für vorbereitende Handlungen zur Verfügung steht, als wichtiger Aspekt heraus. Bei Ereignissen, die von der Schutzwirkung technischer Hochwasserschutzanlagen abhängen, stellen Informationen zu deren Beschaffenheit und Zustand einen zentralen Faktor bei der Entscheidungsfindung dar. Messdaten und ihre Prognosen gelten so lange als entscheidungsrelevant, wie der Messgegenstand geeignet ist, den hauptsächlichen Risikofaktor des Ereignisses zu erfassen. Dies ist im Falle eines Versagens von technischen Hochwasserschutzanlagen nur noch bedingt gegeben. Bei der Modellierung von Handlungsalternativen ist der Mehrwert grundsätzlich szenarienunabhängig unbestritten. Der entscheidungsbezogene Mehrwert der Modellierung hängt dabei vor allem davon ab, wie gut das Modell in der Lage ist, den vorliegenden Sachverhalt korrekt abzubilden. Insbesondere bei komplexen multifaktoriellen Ereignissen ist dies oftmals nicht der Fall. Ein weiterer Hinderungsgrund im Hinblick auf die Anwendung von Modellierungen ist der zur Berechnung benötigte Zeitraum. Ebenso können Daten der Fernerkundung in allen Szenarien von Nutzen sein, hängen jedoch vom zeitlichen Vorlauf der Verfügbarkeit entsprechenden Geräts und Sicht- bzw. Witterungsverhältnissen ab, sodass Entscheidungen in der Regel nicht exklusiv auf fernerkundungsbasierte Daten abgestellt werden können. Neben den vorgenannten Daten, die insbesondere für Entscheidungen während eines Ereignisses relevant sind, gibt es auch Daten, die für eine korrekte Entscheidungsfindung im Rahmen der Vorsorge wichtig sind. Hierbei handelt es sich insbesondere um Überflutungsbereiche für Hochwasser verschiedener Jährlichkeiten und Abflusswege bei Starkregen. Im Abgleich dazu sind kritische Infrastrukturen und andere gefährdete Objekte zu identifizieren und nach dem Grad der Gefährdung und der Schutzbedürftigkeit zu kategorisieren.

4.4 Automatisierung und Auslöseschwellen

Im Folgenden sollen Möglichkeiten der Automatisierung im Hochwasser- und Starkregenkontext für das Handlungsfeld „Technische Instrumente“ identifiziert werden. Ein enger Bezug besteht dabei zu den Auslöseschwellen im Handlungsfeld „Daten“, die einen automatisierten Prozess aktivieren. Daher erfolgt die Bearbeitung dieses Aspektes im gleichen Abschnitt, jeweils nacheinander.

4.4.1 Allgemein

Neben konkreten Ansätzen, welche Aspekte im Einzelnen durch **Automatisierung** optimiert werden können, äußern sich die Teilnehmer zu vielzähligen, abstrakten Teilaspekten des Automatisierungsbegriffs. Es wird unterschieden, ob der Begriff der Automatisierung tatsächlich ausschließlich auf technische Prozesse beschränkt zu betrachten ist oder zusätzlich auch Automatismen, also bis zur Selbstverständlichkeit standardisierte und trainierte manuelle Prozesse und Entscheidungen, umfasst.

Hierzu führt beispielsweise eine Person aus dem Katastrophenschutz aus: *„In der Lernpsychologie verstehen wir ja unter Automatisierung Prozesse, die unbewusst ablaufen können. (...) Und das verstehen wir unter Automatismen. Und das wäre deswegen hier ganz wichtig, (...) wenn es um menschliches Handeln geht, müsste es relativ häufig stattfinden. Das gilt aber für alle Szenarien“* (Nr. 12, Pos. 83, KatS).

Ebenso wird differenziert betrachtet, ob die Automatisierung sich lediglich auf Strukturmaßnahmen, wie die Einberufung eines Stabes, eine vollumfängliche Erstreaktion auch im operativen Einsatz oder sogar auf die gesamte Abwicklung von Einsatzabschnitten bezieht. Insgesamt herrscht Einigkeit, dass eine Automatisierung in der Regel mit der Vereinfachung von Sachverhalten verbunden ist, sodass zwar die Entscheidungseffizienz gesteigert werden kann, die differenzierte Bewertung komplexer Sachverhalte und Lagen jedoch erschwert wird. Darauf aufbauend sehen viele Teilnehmer in der Erwartbarkeit der Ereignisse bzw. der zukünftigen Entwicklungen eine Grundvoraussetzung für Automatisierung. Mit steigender Komplexität der Gesamtlage gibt es daher eine eindeutige Tendenz von selbstentscheidenden Teilsystemen hin zu entscheidungsunterstützender Aufbereitung von Informationen. Diesen Gedanken aufgreifend, empfehlen mehrere Teilnehmer aus dem Bereich der Wasserwirtschaft Maßnahmen der Automatisierung nicht für die eigentlichen ereignisbezogenen Aspekte eines Einsatzes, sondern vielmehr für hintergründig aktive Aufgaben des Regelbetriebs sowie kommunikative Teilprozesse bei der Vernetzung von Behörden und Helfern untereinander oder im Zuge der Bürgerinformation einzusetzen. Dies erlaubt eine Fokussierung der eingebundenen Fachkräfte auf die verbleibenden, komplexeren und daher schwierig zu automatisierenden Sachverhalte.

Zur Automatisierung von Routineaufgaben merkt ein Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft an:

„Das sehe ich dann schon (...) eher in diesem (...) niederschweligen Bereich von Tätigkeiten, (...) eine besondere Kenntnis vom Hochwassergeschehen muss ja gar nicht vorausgesetzt sein (...). Und ich glaube, auf die dann zu gucken, dass die möglichst ohne großen Aufwand funktionieren, das ist sicherlich eine große Hilfe“ (Nr. 7, Pos. 29, WaWi).

Einzelne Teilnehmer bringen in ihren Antworten auch administrative Perspektiven der Automatisierung auf. Sie sehen ein Automatisierungspotenzial im Bereich der Dokumentation des Einsatzes sowie der getroffenen Entscheidungen, um im Nachgang sowohl im Zusammenhang mit Prozessweiterentwicklungen aus Lerneffekten heraus, aber auch im Falle nachgelagerter Rechtsstreitigkeiten eine belastbare Einsatzdokumentation vorweisen zu können (vgl. Nr. 15, Pos. 134, WaWi). Ethische Fragestellungen sind laut den Teilnehmern bei Automatisierungen kaum zu berücksichtigen.

Ein Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz beleuchtet die Frage, warum Automatisierung im operativen Hochwasserschutz noch eher selten angewandt wird: „Das ist noch nicht Bestandteil unserer Ausbildung. Das heißt, (...) dass wir damit Werkzeuge nicht nutzen, die wieder sehr, sehr, sehr wertvoll wären und kommen deswegen auch nicht in die Automatisierung rein“ (Nr. 12, Pos. 53, KatS).

Zum Thema Verwendung von Hochwassermanagementsystemen zur Automatisierung von Prozessen führt ein Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz aus: „Wir haben da bewusst drauf verzichtet, dass automatisiert irgendwelche Dinge dann in Gang kommen, so ist [MANAGEMENTSYSTEM] auch nicht zu verstehen. Es ist kein Prozessleitsystem. Und da wollen wir auch gar nicht hin in den Bereich“ (Nr. 34, Pos. 33, KatS).

In Anhang 17 sind alle im Rahmen der empirischen Studie ermittelten bzw. benannten automatisierbaren Prozesse für den operativen Hochwasserschutz, unterteilt in Prozessautomatismen und automatische (d.h. technische) Prozesse, inklusive Vorschlägen für dazugehörige Auslöseschwellen aufgelistet.

Im Hinblick auf mögliche **Auslöseschwellen** für Automatisierungen benennen verschiedene Teilnehmer grundsätzlich verschiedene Arten von Auslöseschwellen. In der einfachsten Betrachtung handelt es sich um unmittelbare Messdaten, z.B. hydrologischer Art (Pegelstände, Abfluss, Fließgeschwindigkeit, Niederschlag) oder konstruktiver Natur (z.B. Durchweichungsgrad von Deichen) (vgl. u.a. SD Nr. 34.1, S. 134 und SD Nr. 5.9, S. 6). Die Auslöseschwelle kann dabei jeweils ein absoluter Wert (z.B. Pegelstand x) oder eine Veränderungsrate (z.B. Anstieg des Pegelstandes innerhalb eines Zeitraums) sein. In beiden Fällen kann sich die Betrachtung auf tatsächlich realisierte Messwerte beschränken oder eine Hochrechnung zukünftiger Daten beinhalten. Teilnehmer aus dem Bereich Wasserwirtschaft benennen darüber hinaus auch Ereignisse, wie z.B. entstehende Verklausungen oder Fehlfunktionen, als Auslöseschwellen, ohne dass der Eintritt solcher Ereignisse bereits in den Parametern messbar geworden wäre.

Teilnehmer aus dem Bereich des Katastrophenschutzes erweitern diese Betrachtung um Entscheidungen Dritter, die in vernetzten Systemen mittelbar Auswirkungen auf die weitere Entwicklung am eigenen Einsatzort haben (z.B. wenn am Oberlauf eine Flutung vorgenommen wird). Als wichtiger Indikator werden auch die Alarmstufen von Nachbarkommunen benannt (vgl. Nr. 34, Pos. 99, KatS sowie SD Nr. 34.1, S. 134).



Ein Punkt, der szenarienübergreifend häufig zur Sprache kommt, ist die Festlegung von Auslöseschwellen in der Alarm- und Einsatzplanung: *„Im Alarmplan ist geregelt, bei welcher Hochwassermarkte welche Maßnahme startet. (...) Solche Vorüberlegungen zu Auslöseschwellen nach dem Alarmplan müssen stattfinden und sind operativ-taktischer und strategischer Natur“* (Nr. 28, Pos. 31, KatS).

Ein Archivdokument führt aus, inwiefern Auslöseschwellen in Hochwassermanagementsystemen genutzt werden können: *„Als Auslösebedingungen für eine Maßnahme können Schwellenwerte als Indikatoren angelegt werden. Beim Erreichen oder Überschreiten dieser Schwellenwerte wird die Maßnahme, welcher der Indikator zugeordnet ist, ausgelöst. Gleichzeitig wird eine automatische Benachrichtigung ausgelöst, sofern dafür ein Abonnement angelegt wurde“* (SD Nr. 34.1, S. 133).

In Anhang 18 ist eine thematisch strukturierte Auflistung aller im Rahmen der empirischen Studie benannten oder ermittelten Auslöseschwellen für Hochwasser- und Starkregeneignisse hinterlegt.

Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 29 zu finden.

Tabelle 29: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – allgemein

 Ergebnisse zum Thema Automatisierung	Allgemein
<ul style="list-style-type: none"> - Technische Automatisierung vs. Prozessautomatismen in manuellen Prozessen - Verschiedene Ebenen der Automatisierung denkbar <ul style="list-style-type: none"> > Information/Warnung > Vollautomatische Maßnahmen > Erstreaktion > Administrative Aufgaben/ Dokumentation - Erwartbarkeit der Ereignisse als Voraussetzung - Ethische Aspekte begrenzen Automatisierung 	
 Ergebnisse zum Thema Auslöseschwellen	Allgemein
<ul style="list-style-type: none"> - Messdaten oder Prognose/Vorhersage führen zwingend zu vordefinierten Aktivitäten - Alarmstufen oder Ereignisse als nicht-technische Auslöser - Oftmals über Alarm- und Einsatzplan geregelt (z.B. über Verknüpfung Pegelwerte/Anstiegsgeschwindigkeit mit Alarmstufen) 	

4.4.2 Szenario Routine





Eine technische **Automatisierung** ließ sich bezüglich des Hochwasserereignisses im Februar 2021 nur am Rande des betrachteten Arbeitsablaufs beobachten. Die Meldung der Pegelstände an die verantwortlichen Entscheidungsträger erfolgte automatisiert. Im Rahmen

der eigentlichen Beobachtung war vielmehr die Bildung von Automatismen zu erkennen. Zum einen war der Auf- und Abbauprozess der Hochwasserschutzanlage durch die detaillierte Regelung des Prozesses im Alarm- und Einsatzplan sowie die wiederholte Übung im Wesentlichen ein Routineprozess ohne nennenswerte Einzelentscheidungen. Ebenso waren die regelmäßigen Kontrollen der technischen Einrichtung sowohl im Hinblick auf ihren Turnus als auch die zu prüfenden Parameter klar vordefiniert. Zudem waren die Reaktionen auf kleinere Befunde im Rahmen der Kontrollen schon im Vorfeld geklärt, sodass diese ohne aktiven Steuerungseingriff der Führungsebene durchgeführt wurden. Den Aussagen verschiedener Einsatzkräfte war zu entnehmen, dass auch die weitere Vorgehensweise bei einer Überschreitung der Bemessungsgrenze der Schutzeinrichtungen im erwartbaren Rahmen ausreichend vordefiniert und bekannt war.

Neben der Erreichung der Bemessungsgrenze ist auch der verbleibende Freibord als Vorstufe der Überschreitung der Bemessungsgrenze eine **Auslöseschwelle**. Als weitere Auslöseschwelle wurde die Geschwindigkeit des Pegelanstiegs benannt, welche den Kontrollrhythmus und insbesondere den Wechsel von Tagschichten zum 24-h-Dienst regelt. Darüber hinaus wurde aus der Leckagerate die Notwendigkeit mildernder Maßnahmen (z.B. Abpumpen) abgeleitet. Der Turnus der Lagebesprechungen sowie die Einrichtung einer Rufbereitschaft am Wochenende orientierten sich unmittelbar an Pegelwerten.

Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 30 zu finden.

Tabelle 30: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Sz. „Routine“

 Ergebnisse zum Thema Automatisierung	 Szenario „Routine“
<ul style="list-style-type: none"> - Automatismen in manuellen Prozessen beim Aufbau 	
 Ergebnisse zum Thema Auslöseschwellen	 Szenario „Routine“
<ul style="list-style-type: none"> - Klar definierte Kontrollparameter bei Begehungen - Geschwindigkeit des Pegelanstiegs definiert Kontrollrhythmus an techn. HWS 	

4.4.3 Szenario 1a

Teilnehmer aller Bereiche benennen für dieses Szenario das vergleichsweise größte **Automatisierungspotenzial**, da hier eine relativ statische Lage herrscht und daher mit der größten Zahl standardnaher Prozesse zu rechnen ist. So betont eine Person aus der Wasserwirtschaft: *„Also wir haben ja ganz klare Standardabläufe, bei welcher Alarmstufe sind welche Handlungen notwendig. Und das Hochwasserereignis 2013 hat gezeigt, dass es funktioniert“* (Nr. 41, Pos. 19, WaWi).

Ein Potenzial bezieht sich auf die automatisierte Erhebung und Verarbeitung von Messdaten, z.B. Pegelständen, sowie daraus abgeleitet deren Prognosen (u.a. SD Nr. 34.1, S. 134). Ein weiterer Ansatzpunkt besteht insbesondere für Teilnehmer aus dem Bereich der Wasserwirtschaft im Kontext einer automatisierten Anlagensteuerung, wobei unterschiedliche

Meinungen herrschen, ob sich dies ausschließlich auf Routineaufgaben beschränkt oder auch aktive Bekämpfungsmaßnahmen automatisiert betrieben werden können. So befürwortet ein Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft die Anlagensteuerung selbst von größeren Anlagen und berichtet von seinen Erfahrungen aus der aktiven Anwendung: *„Für alle solche Anlagen gibt es genau definierte Regeln. Da wird nichts dem Zufall überlassen“* (Nr. 10, Pos. 45, WaWi).

Eine weitere Person aus der Wasserwirtschaft steht der Steuerung von Poldern skeptisch gegenüber: *„Zumindest bei den Anlagen, die wir jetzt haben, diese Hochwasserrückhaltungen halte ich für extrem schwierig fernzusteuern. (...) es geht dabei beispielsweise um die Betreiberhaftung“* (Nr. 7, Pos. 33, WaWi).

Mit Verweis auf die Seltenheit solcher Ereignisse und die daher fehlenden Erfahrungswerte (vgl. Nr. 12, Pos. 53, KatS) stehen mehrere Experten aus Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft der vollumfänglichen Automatisierung von Maßnahmen der Bewältigung bzw. Bekämpfung kritisch gegenüber, sehen jedoch Einsatzmöglichkeiten bei Routineaufgaben (vgl. Nr. 4, Pos. 33, WaWi und Nr. 12, Pos. 53, KatS).

Mit dem Ziel einer gesteigerten Wirksamkeit durch ausbleibenden Zeitverlust und eine entsprechende Reichweite können sich Teilnehmer aller Fachrichtungen vorstellen, Prozesse aus Warnung und Alarmierung sowie der Bevölkerungsinformation im Rahmen der Digitalisierung zu automatisieren (z.B. *„(...) automatisieren können Sie erstens die Verarbeitung von Warnungen. Da ist es unheimlich wichtig, da sind wir, ich sage jetzt nochmal total unterentwickelt“* (Nr. 12, Pos. 53, KatS)).

Darüber hinaus sehen vor allem Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft eine Chance in der Einrichtung automatisierter Entscheidungsunterstützungssysteme (z.B. *„Ich bin nur begrenzt ein Freund von automatisierten Auslöseschwellen. Diese Schwellen sind nicht in der Lage eine komplexe Situation objektiv einzuschätzen. (...) Ja, im Sinne von Decision Support Systems kann es funktionieren. Entscheidungen müssen aber immer noch Menschen treffen“* (Nr. 13, Pos. 27, WaWi)).

Da sich das beschriebene Szenario am nächsten an den regelmäßig geübten Hochwassern geringerer Jährlichkeit befindet, kann in diesem Szenario im besonderen Maße von den Vorteilen der aus den Übungen resultierenden Prozessautomatismen profitiert werden.

Eine weitere Person aus der Wasserwirtschaft weist für Szenario 1a auf die Möglichkeit hin, dass unvorhergesehene dynamische Situationen, z.B. durch einen Deichbruch oberstrom, entstehen können und daher eine Automatisierung erschweren (Nr. 9, Pos. 30, WaWi).

Wesentliche **Auslöseschwellen** sehen die Teilnehmer insbesondere in Messwerten, wie Pegelständen und deren Prognosen, sowie den Kapazitäts- und Bemessungsgrenzen technischer Hochwasserschutzanlagen im Abgleich dazu (vgl. SD Nr. 34.1, S. 134).

Darüber hinaus ergeben sich Handlungsimpulse aus den eigenen örtlichen Alarmstufen oder denen von Oberliegern (vgl. SD Nr. 34.1, S. 134 und Nr. 34, Pos. 33, KatS).

Eine weitere Person aus dem Katastrophenschutz bestätigt die positive Wirkung von





Auslöseschwellen und automatisierten Prozessen: „Kann ich mir auf jeden Fall vorstellen. Also wir haben eingebaut in dem Sinne Auslöseschwellen (...) für unseren Katastrophenschutzplan Hochwasser, dass wir festgelegte Pegelwerte am [FLUSS] haben, die mit einer Maßnahmenkette hinterlegt sind“ (Nr. 38, Pos. 41, KatS).

Aufgrund der Großflächenlage bei solch einem Szenario empfiehlt eine Person aus der Wasserwirtschaft hinsichtlich der Deichsysteme differenziertere Auslöseschwellen entsprechend ihrem Zustand und ihrer Lage zu vergeben: „Ein top sanierter Deich hat spätere Auslöseschwellen als ein wenig sanierter“ (Nr. 9, Pos. 30, WaWi).

Des Weiteren wird betont, dass die Auslöseschwellen für technische Hochwasserschutzanlagen deutlich vor dem Erreichen von deren Bemessungswasserstand liegen sowie bereits im Alarm- und Einsatzplan definiert werden müssen: „Und Auslöseschwellen, ich sage mal, die müssen zumindest, wenn ich einen Deich betrachte oder ein sonstiges technisches Bauwerk, immer deutlich vor dem Bemessungsereignis sein, damit eben – Das geben aber (...) die Alarm- und Einsatzpläne im Prinzip schon her, wann eben die entsprechenden Deichwachen dann auflaufen, um eben diese Bauwerke zu beobachten. Weil je länger das Ereignis eben dauert, desto, in Anführungszeichen, instabiler können sie werden“ (Nr. 16, Pos. 121, WaWi).

Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 31 zu finden.

Tabelle 31: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Szenario 1a





 Ergebnisse zum Thema Automatisierung	 Szenario 1a
<ul style="list-style-type: none"> - Statische Lage bietet größtes Automatisierungspotenzial - Datenerhebung und -verarbeitung - Entscheidungsunterstützungssysteme als „halbautomatisierte“ Entscheidungen denkbar - Häufig geübtes Szenario → starke Ausprägung von Automatismen 	
 Ergebnisse zum Thema Auslöseschwellen	 Szenario 1a
<ul style="list-style-type: none"> - Kapazitäts- und Bemessungsgrenzen des technischen Hochwasserschutzes - Alarmstufen der oberliegenden Gemeinden - Messdaten oder Prognosen/Vorhersage 	

4.4.4 Szenario 1b

Eine **Automatisierung** von Prozessen war am **ersten Beobachtungsort** während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 nicht zu erkennen. Hinderungsgründe waren insbesondere die fehlende Vorbereitung in Verbindung mit der fehlenden Vorlaufzeit sowie die Nutzung verschiedener technischer Systeme durch verschiedene Akteure (z.B. Institutionen und Gebietskörperschaften). Als **Auslöseschwelle** konnten die Alarmstufen bzw. deren Veränderungen in den jeweiligen Landkreisen beobachtet werden, aus denen sich die Gestalt der zentralen Strukturen ableitete. Ebenso wurden Handlungen aus Warnungen abgeleitet. Am **zweiten Beobachtungsort** waren vielzählige technische Einrichtungen durch das Hochwasserereignis zerstört, sodass diese entweder unmittelbar aus diesem Grund oder aufgrund

durchbrochener Prozessketten nicht im Sinne einer **Automatisierung** nutzbar waren. Die Stabsstruktur war zu Beginn der Beobachtung noch im Aufbau befindlich, sodass auch hier keine automatisierten Prozesse vorlagen. Automatismen zeigten sich hingegen lediglich in standardisierten Prozessen, z.B. bei der Menschenrettung, konnten aber aufgrund der dynamischen Lageentwicklung nicht flächendeckend Wirkung entfalten. Ein weiterer Hinderungsgrund bestand in der bislang unbekanntenen Personenzusammensetzung aus verschiedenen Institutionen und später auch Regionen. Zum Zeitpunkt der Beobachtung konnte der Pegelstand schon nicht mehr als **Auslöseschwelle** herangezogen werden, da bereits alle kritischen Wasserstände, die geeignet gewesen wären, Handlungen auszulösen, überschritten waren. Lediglich punktuelle Ereignisse, die zu einer Verschlechterung der Überflutungssituation, z.B. Aufstauungen hinter Verkläusungen, führten oder von denen eine anders geartete Gefährdung für die Bevölkerung oder Einsatzkräfte ausging (Gasaustritte), lösten kurzfristige Handlungen aus. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung von Juli bis Oktober 2021 ist in Tabelle 32 zu finden.

Tabelle 32: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Szenario 1b

 Ergebnisse zum Thema Automatisierung	 Szenario 1b
<ul style="list-style-type: none"> - Standardisierte Prozesse in der Menschenrettung - Zerstörung von Mess- und Steuerungseinrichtungen verhindert Automatisierung ab gewisser Ereignisgröße 	
 Ergebnisse zum Thema Auslöseschwellen	 Szenario 1b
<ul style="list-style-type: none"> - Messwerte werden nach Überschreitung aller kritischen Wasserstände aufgrund eines drohenden Ausfalls der Messeinrichtungen irrelevant - Sichtbare Risiken z.B. Verkläusungen - Folgeschäden/Gefahrenstellen z.B. Gaslecks/Bombenfund 	

4.4.5 Szenario 2

Aufgrund der unvorhersehbaren Gestalt des Ereignisses mit Blick auf den Zeitpunkt und insbesondere den Ort des Eintrittes gestaltet sich aus Sicht der Teilnehmer aller Bereiche eine gesamtheitliche **Automatisierung** besonders schwierig. In diesem Szenario eines technischen Versagens stehen in der Regel keine passenden Messdaten zur Verfügung. Ebenso sind aus der quasi unendlichen Zahl individueller Ereignisverläufe kaum standardisierte Prozesse vorzubereiten. Lediglich im Kontext der Alarmeinstufung (vgl. Nr. 19, Pos. 13, KatS) sowie der schnellen Meldung an Einsatzeinheiten zu deren Mobilisierung sowie bei der Information der Bürger (vgl. Nr. 38, Pos. 41, KatS) sehen die Teilnehmer, insbesondere solche aus der Wasserwirtschaft, einen klaren Mehrwert, wobei der entfaltete Mehrwert in diesem Kontext aufgrund der Kurzfristigkeit des Ereignisses besonders groß zu erwarten ist. Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft gehen auf die besondere Bedeutung eingübter Automatismen in manuellen Prozessen im Sinne von Anlaufplänen ein. Ziel ist es, mit Blick auf den

kurzfristigen Ereigniseintritt den Zeitverlust bis zur Erstreaktion bzw. zur regulären Aufnahme der Bekämpfung durch Vermeidung von Reibungsverlusten zu reduzieren.

Eine Möglichkeit zur Automatisierung wird in **Szenario 2a** (Versagen des mobilen technischen Hochwasserschutzes) grundsätzlich verneint und lediglich hinsichtlich der Schadensmeldung angesprochen. Zum Thema automatisierbarer Prozesse bei einem technischen Versagen eines Deichkörpers (**Szenario 2b**) führt ein Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz aus: *„Was wir wirklich durchgängig automatisieren können, ist die Reaktion auf definierte Ereignisse. (...) Wir können nicht alles abdecken, aber (...) im Notfallkrisenmanagement (...) können [wir] sogar automatisieren, (...) wie ist die Anfangsreaktion auf ein nichtvorhergesehenes oder nichtvorhersehbares Ereignis? Das heißt praktisch alarmieren, zusammenkommen, sich organisieren, ja, die Kommunikation zu aktivieren und Informationen zu beschaffen über die Lage, das lässt sich automatisieren. Und ab da hört es dann auf“* (Nr. 12, Pos. 85, KatS).

Ein Teilnehmer aus dem Bereich des Katastrophenschutzes erläutert die Möglichkeit automatisierbarer Prozesse durch Hochwassermanagementsysteme im Rahmen dieses Szenarios: *„Und dann haben wir die Möglichkeit, auch selbstständig Ereignisse zu definieren. Ein Ereignis wäre zum Beispiel eine Sickerstelle im Deich und dann könnte man eben vorplanen: Was will man dann tun? Was hat man an Mitteln, an Möglichkeiten, an Ressourcen zur Verfügung, an die man dann drankommen könnte? Und das ist natürlich nichts, was automatisch detektiert werden kann, das ist die einzige Ausnahme. Da muss sozusagen ein Schalter umgelegt werden im [MANAGEMENTSYSTEM] und der löst dann aber wiederum Benachrichtigungen und weitere Ereignisse aus“* (Nr. 34, Pos. 33, KatS).

Auch im Kontext der **Auslöseschwellen** sehen Teilnehmer aus allen Gruppen eine zentrale Problemstellung in fehlenden Messdaten bzw. der nicht prognostizierbaren Entwicklung an vorhandenen Messpunkten. Daher verlegt sich in der Mehrzahl der Ausführungen die Umsetzbarkeit von Auslöseschwellen in den nicht messwertgestützten Bereich. In dieser Herangehensweise bestehen Auslöseschwellen vor allem in der geregelten Folge von Entscheidungen nach dem Eintritt beobachtbarer Ereignisse, wie Wasseraustritt auf der Landseite eines Deiches, Verformungen an technischen Einrichtungen, oder z.B. durch von Kameras beobachtetes, schadwirkendes Treibgut. Lediglich bei der Zustandsbewertung von Deichen sehen die Teilnehmer eine Möglichkeit zur technisch gestützten Risikobewertung im Sinne einer Vorhersage eines bevorstehenden Deichbruchs durch installierte Messeinrichtungen.

Zum Thema Auslöseschwellen bei einem Versagen des mobilen technischen Hochwasserschutzes (**Szenario 2a**) herrscht grundsätzlich Einigkeit unter den Teilnehmern, dass als Auslöseschwelle lediglich das Versagen selbst herangezogen werden kann (vgl. Nr. 16, Pos. 123, WaWi).





Eine weitere Person aus dem Katastrophenschutz führte diesbezüglich des Weiteren aus: *„Es*

gibt nur die zwei Schwellen Hochwasserwand steht und (...) planmäßiges Versagen der Hochwasserschutzanlage, sprich Überfluten. Aber für eine Beschädigung, für ein punktuelles Versagen eine Auslöseschwelle kann ich mir nicht vorstellen“ (Nr. 20, Pos. 75, KatS).

Zum Thema Auslöseschwellen äußert eine Person aus der Wasserwirtschaft hinsichtlich **Szenario 2b** (Versagen der Deichstrukturen): „Und die Auslöseschwellen ergeben sich letztendlich daraus, wenn irgendwelche Beobachtungen an den Deichen oder den Mauern festgestellt werden, dass dort gewisse Erscheinungen auftauchen, dass eben drüben das Wasser aus dem Deich rauskommt, dass im Hinterland Quelltrichter sich bilden und Materialtransport festzustellen ist“ (Nr. 16, Pos. 123, WaWi, sowie vgl. Nr. 40, Pos. 29, WaWi). Auch die mit Hilfe von Feuchtemessungen gemessene Durchfeuchtung eines Deiches wurde diesbezüglich angesprochen (Nr. 5, Pos. 104, WaWi).

Zum Thema Auslösen einer Evakuierung wird das bevorstehende Deichversagen als Auslöseschwelle benannt: „Ab einer Pegelprognose (...) oder sich abzeichnendem Deichversagen beginnt die Evakuierung der Bevölkerung“ (SD Nr. 5.1, S. 18 sowie vgl. SD Nr. 1.1, S. 4). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 33 zu finden.

Tabelle 33: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Szenario 2

 Ergebnisse zum Thema Automatisierung	 Szenario 2
<ul style="list-style-type: none"> - Nutzenpotenzial bei Bevölkerungswarnung aufgrund kurzen Vorlaufs besonders groß - Individueller Ereignisverlauf ermöglicht kaum vollautomatisierte Prozesse - Potenzial von Automatismen in Anlaufprozessen/Sicherung am Deich 	
 Ergebnisse zum Thema Auslöseschwellen	 Szenario 2
<ul style="list-style-type: none"> - Oftmals keine Messeinrichtungen an den Schadstellen, daher kaum messbare Auslöseschwellen - Deichdurchfeuchtung mit Hilfe von Feuchtemessungen - Sichtbare Verformungen/Sickerstellen als Ergebnis visueller Kontrollen 	

4.4.6 Szenario 3

Auch in diesem Szenario sehen die Befragungsteilnehmer über alle Fachrichtungen hinweg ein eher kleineres **Automatisierungspotenzial** mit Blick auf operative Handlungen zur eigentlichen Bewältigung der Lage. Insbesondere die Komplexität der Wirkungszusammenhänge beim gleichzeitigen Auftreten von Hochwasser und Starkregen erhöht die Datenkomplexität und damit die Vielschichtigkeit zu treffender Entscheidungen. Ein Automatisierungspotenzial ergibt sich jedoch auf Basis eben dieser Argumentation bei der Verarbeitung der vergleichsweisen großen Datenmengen. Darüber hinaus bietet auch in diesem Szenario die Automatisierung ein Potenzial beim Informationsfluss zwischen den Einsatzbeteiligten, wobei hier insbesondere die Abstimmung zwischen Gruppen, die unmittelbar hochwasserbezogen im Einsatz sind, und denen, die im Hinterland die Folgen des Starkregens bekämpfen, erfolgen muss. Die Problematik der komplexen Daten- und

Informationslage tangiert daneben auch die betroffene Bevölkerung, sodass die Automatisierung von Warnprozessen an Bedeutung gewinnt.

Von einer bereits realisierten Automatisierung für Starkregenereignisse berichtet eine Person aus der Wasserwirtschaft: *„Vor allen Dingen haben wir seit (...) dem letzten schlimmen Ereignis (...) ein Alarmpegelsystem an den Bächen entwickelt. Das heißt (...) wir haben Wasserstandmessungen und es (...) wurden Warnschwellen gesetzt, (...), also das wird dann automatisch ausgelöst und geht dann (...) als Information an die Feuerwehr“* (Nr. 30, Pos. 21, WaWi).

Ein Archivadokument beschreibt zur Abwägung, ob ein automatisches Warn- bzw. Alarmpegelsystem an kleinen Bächen für Kommunen als sinnvoll erachtet wird: *„Ein Warnsystem ist dann sinnvoll, wenn es dauerhaft weniger kostet als der Schaden, der durch seine Warnungen vermieden wurde. Dies ist aufgrund des oft hohen Schadens- und damit Schutzpotenzials von Hochwasserereignissen meistens erfüllt“* (SD Nr. 21.5, Pos. 27).

Im Hinblick auf die komplizierte Datenlage sowie die vielschichtigen Wechselwirkungen verschiedener Parameter und Teilereignisse verbietet sich in diesem Szenario für die Mehrzahl der Teilnehmer eine eindimensionale Ausgestaltung von **Auslöseschwellen**, z.B. unter Nutzung einzelner absoluter Messwerte. Erschwerend wird von Teilnehmern aus dem Katastrophenschutz die Relevanz von nicht an das aktuelle Ereignis gekoppelten Daten, wie z.B. der Bodenbeschaffenheit oder der Durchfeuchtung des Bodens aufgrund vorangegangener Niederschläge, angeführt (vgl. Nr. 32, Pos. 95, KatS). Auslöseschwellen können daher laut den Experten nur aus der Verschneidung verschiedener Daten in Form von Modellierungen bzw. bestimmter unerwünschter Ergebnisse dieser Berechnungen bestehen. Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz nennen als Ausnahme von dieser grundsätzlichen Haltung die Beobachtung der Kapazität des Kanalsystems und die daraus resultierende Veranlassung eines Verschlusses (vgl. Nr. 20, Pos. 33, KatS und Nr. 26, Pos. 120, KatS).

Einzelne Teilnehmer aus dem Bereich Katastrophenschutz sehen in der quantitativen Analyse eingehender Notrufe einen geeigneten Messwert zur Lenkung der Einsatzkräfte und zur Bemessung der Größe des Ereignisses.





Eine Person steht einer Definition von Auslöseschwellen in diesem Szenario für die Starkregenkomponente jedoch kritisch gegenüber: *„Aber da zu sagen, ich habe eine Auslöseschwelle durch ein gewisses Ereignis, schwierig würde ich sagen, weil es dann auch wirklich vom Einzugsgebiet abhängt und vom Schadpotenzial wiederum“* (Nr. 2, Pos. 74-75, WaWi).

Die Inhaber des o.g. Alarmpegelsystems können von den Vorteilen von Auslöseschwellen an kleinen Zuläufen in das Stadtgebiet berichten: *„Ja, also im Moment glaube ich, sind wir da gut angekommen, weil wir zwei Warnstufen drin haben, die uns auch Vorlaufzeit bringen“* (Nr. 38, Pos. 91, KatS). Die Auslöseschwellen beziehen sich hierbei auf den Füllstand der Gerinne.

Zusätzlich findet sich zum v.g. Thema in einem Archivadokument: *„Warngeber sind das erste Glied in der Warnkette. Sie können entweder von Dritten stammen, wie beispielsweise*

Messdaten aus behördlichen Messnetzen, Wetterwarnungen oder Wettervorhersagen, oder es können (...) selbst erhobene Daten sein. Typischerweise handelt es sich dabei um Niederschlags- und Abflussmessdaten im Warngebiet“ (SD Nr. 21.5, Pos. 39). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in zu Tabelle 34 finden.

Tabelle 34: Ergebniszusammenfassung Auslöseschwellen & Automatisierung – Szenario 3

 Ergebnisse zum Thema Automatisierung	 Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> - Höheres Datenvolumen aus beiden Teilereignissen erfordern Automatisierung der Datenverarbeitung - Nutzenpotenzial bei Bevölkerungswarnung aufgrund kurzen Vorlaufs besonders groß - Komplexes Zusammenwirken aus HW und Starkregen reduziert Berechenbarkeit u. spricht damit gegen Automat. - Kommunikation und Koordination zwischen Einsatzkräften beim HW und Starkregen als Einsatzfeld (z.B. Datenübermittlung über Einsatzstand) - Automatisierung von Routineaufgaben zur Entlastung der Einsatzkräfte 	
 Ergebnisse zum Thema Auslöseschwellen	 Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> - Multifaktorielle Einflüsse erschweren Definition von Auslöseschwellen - Abweichung zwischen Ort des Niederschlags und Schadensort erhöht Komplexität zusätzlich - Kapazität Kanalsystem als Zusatzparameter - Warnstufen des DWD hinsichtlich Starkregen 	

4.4.7 Zwischenfazit

Bei den **Automatisierung**spotenzialen lassen sich zwischen den Szenarien zahlreiche gemeinsame Punkte feststellen. Zum einen lassen sich szenarienübergreifend die Bevölkerungsinformation zum Ereignis und dessen Entwicklung sowie darauf aufbauend die Warnung der Bevölkerung automatisieren. Gleiches gilt für den regelmäßigen Informationsfluss in Richtung der Akteure sowie die Alarmierung weiterer Einsatzkräfte. Ebenso können in allen Szenarien Entscheidungsunterstützungssysteme die Einsatzkräfte in ihrem Handeln unterstützen und die Führungsstrukturen entlasten. Nicht-technische Prozessautomatismen, insbesondere im Hinblick auf die Erstreaktionen sowie die Einrichtungen von Strukturen, kommen ebenfalls szenarienübergreifend in Frage. Automatisierte Messungen sind hingegen nur so lange umsetzbar, wie die Messeinrichtungen in ihrer Kapazität (Bemessungsgrenze) oder dem Messgegenstand in der Lage sind, die ereignisrelevanten Parameter abzubilden. So erscheinen beispielsweise automatische Pegelmessungen im Falle des Versagens eines technischen Hochwasserschutzes kaum hilfreich, da die eigentliche Herausforderung in der Bruchstelle liegt und in diesem Bereich wiederum vermutlich keine geeigneten Messinstallationen angebracht sind. In der gleichen Logik entfällt die Relevanz von Prognosen gemeinsam mit dem Messwert selbst. Die automatisierte Anlagensteuerung entfällt als Option, sobald die Komplexität eines Ereignisses (z.B. in Szenario 3) das signifikante Risiko einer fehlerhaften Steuerungsentscheidung erzeugt. In manchen Fällen, z.B. Szenario 2, bildet die automatische Anlagensteuerung

insoweit keinen unmittelbaren Mehrwert, als dass sie keinen Effekt auf die Bewältigung des eigentlichen Ereignisses hat, kann aber zumindest mittelbar die Kapazitäten von Einsatzkräften schonen.

Für alle Szenarien einheitlich bestehen **Auslöseschwellen** für Handlungen in den Alarmstufen im Rahmen des jeweiligen Einsatzes, aber unter Umständen auch denen benachbarter Gebiete. Ebenso sind die Kapazitäten technischer Schutzeinrichtungen bzw. die Annäherung an deren drohende Überschreitung in allen drei Szenarien erwartbare Auslöseschwellen, wobei diese Kapazität in den Szenarien 1 und 3 durch die baulichen Bemessungsgrenzen (BHW bzw. BHQ) definiert wird, während es sich im Szenario 2 um das Belastungsmaß handelt, welches trotz ergriffener Sicherungsmaßnahmen den Versagensfall zur Folge hat. Messwerte und ihre Prognosen, wie z.B. Pegelstände, oder Niederschlagswerte, sind grundsätzlich geeignet Handlungen auszulösen, müssen aber insbesondere in Szenario 2 durch Befunde visueller Kontrollen ergänzt oder ersetzt werden. Aufgrund des geringen zeitlichen Vorlaufs und der mangelnden Datenverfügbarkeit entfällt diese Option in Szenario 3 in aller Regel. Im Zusammenhang mit der Starkregenkomponente kommen für dieses Szenario zusätzliche Auslöseschwellen wie die Bodensättigung oder die Anzahl eingehender Notrufe hinzu.

4.5 Technische Instrumente

In diesem Kapitel soll ein Überblick über technische Instrumente gewonnen werden, die im Kontext des operativen Hochwasserschutzes eingesetzt werden können. Neben der Benennung verschiedener möglicher Instrumente dieses Forschungsschwerpunktes bzw. Handlungsfeldes soll auch auf qualitative Anforderungen an diese eingegangen werden. Besonders wird auf das Beispiel eines digitalen Lagebildes in Szenario 1b abgestellt.

4.5.1 Allgemein

Wie auch in den vorangegangenen Kapiteln beziehen sich die Antworten der Teilnehmer zum Thema technische Instrumente auf grundsätzlich verschiedene Ebenen der Betrachtung. Sowohl Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft als auch Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz gehen auf grundsätzliche infrastrukturelle Herausforderungen wie z.B. die Verfügbarkeit elementarer technischer Geräte wie PCs, Drucker und mobiler Endgeräte im Katastrophenfall ein. Wiederholt wird die Notwendigkeit redundanter Kanäle zur Datenübermittlung, z.B. WLAN-Sticks oder BOS-Funk, benannt. Diese bilden die Grundlage für Systeme, die der Erhebung (z.B. Messapparaturen, Drohnen) und der Sammlung (z.B. Hochwassermanagement- und -informationssysteme) von Daten und Informationen dienen. Besonders häufig finden hier Geoinformationssysteme (GIS) Erwähnung. Darauf aufbauend können Prognosesysteme und Systeme zur Modellierung eingesetzt werden (vgl. Nr. 5, Pos. 32,

WaWi).

Neben Deichbruch- und Flutmodellen zur Einsatzsteuerung bringen einzelne Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft auch die Option von sensibilisierenden Simulationen von Hochwasserszenarien für die Bevölkerung auf. Ebenso erachten es Teilnehmer beider Gruppen für sinnvoll, sich mit Warnapps (wie KATWARN und NINA) an die Bevölkerung zu richten. Ein einzelner Beitrag aus dem Bereich Katastrophenschutz (Nr. 19, Pos. 34, KatS) spricht den Ansatz einer App für spontane Helfer aus der Bevölkerung an.

In der Summe steht für eine Vielzahl von Teilnehmern unabhängig von der konkreten Nutzung die Einfachheit der Systeme im Vordergrund, um diese im Einsatzfall ohne die Notwendigkeit kurzfristiger Schulungen in Betrieb nehmen zu können (vgl. Nr. 28, Pos. 39, KatS).

Ebenso sehen die Teilnehmer unabhängig von ihrem Tätigkeitsfeld die Tatsache, dass es sich bei den für sich genommen jeweils mehrwertstiftenden Programmen um Insellösungen mit Beschränkungen auf bestimmte Einsatzregionen oder bestimmte Nutzerzielgruppen handelt, als Hemmnis. Die Vernetzung und Vereinheitlichung der technischen Landschaft bildet daher ein besonderes Potenzial.

Eine Person aus dem Bereich des Katastrophenschutzes weist des Weiteren auf die Möglichkeiten von Hochwassermanagement- und -informationssystemen für die Alarm- und Einsatzplanung als strukturellen Aspekt in allen Szenarien hin: *„Das ist (...) möglich, für verschiedene Szenarien Gefahrenabwehrplanung, Pläne zu erstellen. (...) Hier im [MANAGEMENTSYSTEM] haben wir sozusagen die Möglichkeit, Pläne zu erstellen und die dynamisch immer aktuell zu halten“* (Nr. 31, Pos. 13, KatS).


Ein Archivadokument betont, dass es sowohl für die Vorbereitung als auch für die Bewältigung von Hochwasserereignissen genutzt werden kann: *„Zur Unterstützung der planerischen Vorbereitungsmaßnahmen des Katastrophenschutzes wird im Land fast flächendeckend mit der Katastrophenschutzsoftware [MANAGEMENTSYSTEM] gearbeitet. Die Bemühungen der unteren Katastrophenschutzbehörden zur Einbindung der Software in den täglichen Arbeitsprozess sind zu intensivieren. Dieses gilt auch für die Einbindung während der Durchführung von Einsatzmaßnahmen (Gefährdungsabschätzung, Unterstützung Informationsfluss im Stab). Besonderes Augenmerk liegt auf der Einbeziehung des Moduls Stabsarbeit“* (SD Nr. 25.1, S. 124).

Darüber hinaus beschreibt ein Dokument den Nutzen von Managementsystemen auch für Übungszwecke: *„Auch zu Übungszwecken können Kartenprodukte angefertigt werden etwa um Einsatzkräfte bereits im Vorfeld mit derartigen Mitteln zur Lagedarstellung und -analyse vertraut zu machen oder auf räumliche Einsatzschwerpunkte vorzubereiten“* (SD Nr. 37.3, S. 3).

Zur Nutzung von Fernerkundung für den operativen Hochwasserschutz führt ein Archivadokument aus: *„Satellitengestützte Fernerkundung kann den beteiligten Krisenstäben und Einsatzkräften helfen, buchstäblich ‚den Überblick‘ zu bewahren, und dabei die*

Entscheidungsfindung unterstützen“ (SD Nr. 37.2, S. 26). Es betont zudem, dass so wertvolle Geoinformationen für alle Phasen des Krisenmanagementzyklus generiert werden können (SD Nr. 37.2, S. 29 sowie SD Nr. 37.3, S. 3). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 35 zu finden.



Tabelle 35: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – allgemein

 Ergebnisse zum Thema Technische Instrumente	Allgemein
<ul style="list-style-type: none"> - Technische Messeinrichtungen - Warnsysteme/Warnapps - Hochwassermanagement- und -informationssysteme - Flutungssimulationen/Modellierungen - Fernerkundung per Webcam/Drohne/Satellit/Flugzeug/Hubschrauber - Netzwerkverbindungen (Internet, Intranet) - Hardware Stabseinrichtung - Mobile Endgeräte z.B. Tablets/Smartphones - Anspruch: Einfachheit und Robustheit - Problem: Individuelle Systemlandschaften je Organisation oder Kommune → Lösung: Vernetzung der Systeme 	

4.5.2 Szenario Routine

Im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung bezüglich des Hochwasserereignisses im Februar 2021 konnte die Nutzung moderner technischer Instrumente nur in einzelnen Teilkomponenten festgestellt werden. Über die digital verarbeiteten Pegeldata hinaus fanden die weiteren Messungen zum Freibord des mobilen technischen Hochwasserschutzes manuell statt. Auch die visuelle Prüfung erfolgt in persönlicher Besichtigung und nicht etwa mit Hilfe von z.B. Webcams oder Drohnen. Dienstliche mobile Endgeräte wie Tablets oder Smartphones befanden sich nicht im Einsatz, sodass zur Kommunikation und zur Informationsübermittlung teilweise auf private Endgeräte zurückgegriffen wurde. Während des physischen Auf- und Abbaus haben sich keinerlei Ansatzpunkte für eine mögliche Nutzung digitaler technischer Instrumente über den vorgenannten kommunikativen Aspekt hinaus ergeben. Im Rahmen der Lagebesprechung wurde im Zusammenhang mit der Coronapandemie auf eine Telefonkonferenz statt einer persönlichen Besprechung zurückgegriffen. Die Beobachtungen der Autorin werden durch den von den Führungskräften vor Ort geäußerten Wunsch nach dienstlichen mobilen Endgeräten gestützt. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 36 zu finden.

Tabelle 36: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario „Routine“

 Ergebnisse zum Thema Technische Instrumente	 Szenario „Routine“
<ul style="list-style-type: none"> - Automatische Messungen - Fehlen (dienstlicher) mobiler Endgeräte 	

4.5.3 Szenario 1a

Aufgrund des verhältnismäßig berechenbaren Ereignisverlaufs sind technische Messeinrichtungen, insbesondere Pegel (zumindest bis zur Erreichung ihrer Bemessungsgrenze), sowie darauf aufbauende Prognosen für die Mehrzahl der Teilnehmer ein wichtiger Baustein. Im Zusammenhang mit der eher längeren Anbahnungszeit des Ereignisses kann insgesamt auf eine größere Zahl verschiedener technischer Systeme zurückgegriffen werden. Auch die (technische) Ausstattung des Stabes sowie der Einsatzkräfte kann daher auf professionelle Ansprüche angepasst werden. Beratende und vernetzende Medien zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz, z.B. Informationssysteme, haben aus Sicht der Teilnehmer in diesem Szenario das größte Entfaltungspotenzial.

Ein Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft spricht sich als Befürworter von technischen Instrumenten zur Nutzung von Echtzeitdaten aus (vgl. Nr. 14, Pos. 15, WaWi).

Hinsichtlich der Relevanz eines digitalen Lagebildes weist eine Person aus dem Katastrophenschutz auf das bestehende Optimierungspotenzial hin: *„Es gibt kein einheitliches System in [BUNDESLAND], das ein Lagebild, ein einheitliches generieren könnte. Das ist unsere, ich würde sagen, große Schwachstelle (...). Das heißt, es fehlt eine Einheitlichkeit, die sowohl ressortübergreifend als auch organisationshierarchieübergreifend läuft. (...) wenn das so wäre, dass wir eine von der Gemeinde auf wachsende gleiche Basis an Karten hätten mit gleicher Symbolik, mit gleicher Betrachtungsweise, was ist eine kritische Infrastruktur oder anderes, dann hätten wir eine Basis, auf der alle gemeinsam aufsitzen könnten“* (Nr. 3, Pos. 27, KatS).



Eine weitere Person befürwortet solch ein System zwar, sieht aber auch Risiken bei der Einrichtung und Unterhaltung: *„Ja, definitiv ist das ein hilfreiches System. (...) Also so ein komplexes System bedarf halt ein laufendes Handling und ein laufendes Update und auch einen Umgang“* (Nr. 5, Pos. 48, WaWi).

Hinsichtlich der Vielfalt an verschiedenen Systemen wird zudem ein Risiko gesehen, dass einzelne Akteure nicht noch ein zusätzliches System nutzen wollen: *„Das Ziel ist, dass man eben so eine Informationsplattform beflügelt. Ich denke mal daran wären die Kommunen auch interessiert. Das ist aber nicht so ganz einfach, denn die Feuerwehr hat eigene Systeme und will nicht noch zusätzliche Systeme. Diese werden ja auch nicht jeden Tag gebraucht, sondern nur im Hochwasserfall, da können ein paar Jahre dazwischen liegen“* (Nr. 18, Pos. 22-23, WaWi sowie vgl. Nr. 12, Pos. 61, KatS).

Eine Einzelmeinung aus der Wasserwirtschaft sieht bei solch einem sehr großen Szenario die Möglichkeiten von technischen Instrumenten grundsätzlich als erschöpft an: *„(...) bei einem HQ₂₀₀ sind bei uns die technischen Instrumente aus oder alles ausgereizt. Also so da ist für uns dann einfach, ja, im Prinzip nicht mehr viel zu tun, außer zu reagieren und die Leute da weg zu bringen“* (Nr. 30, Pos. 73, WaWi).

Bezüglich der Thematik Fernerkundung wird auf deren Nützlichkeit hingewiesen: „Was damals sehr wertvoll war, waren immer irgendwelche Luftbildaufnahmen von den Hubschraubern (...). Und heute haben wir ja Drohnen zur Verfügung, (...). Das ist natürlich ein sehr sehr gutes Hilfsmittel, um sich überhaupt beim Lagebild etwas von oben vorstellen zu können, wie es auch wirklich aussieht“ (Nr. 25, Pos. 66, KatS). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 37 zu finden.

Tabelle 37: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 1a

 Ergebnisse zum Thema Technische Instrumente	 Szenario 1a
<ul style="list-style-type: none"> - Lange Vorbereitungszeit ermöglicht aufwändigere Berechnungen (mit Modellen) - Fehlende Systeme für ein standardisiertes (ebenen- und ressortübergreifendes) Lagebild - Aufgrund des Ausmaßes (HQ₂₀₀) vermutlich viele technische Instrumente nicht mehr betriebsfähig bei einem Ausfall der technischen Infrastruktur - Potenzial in der Fernerkundung bei großräumigen Ereignissen 	

4.5.4 Szenario 1b

Im Rahmen dieses Kapitels werden sowohl die Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung vorgestellt als auch die praktische Entwicklung eines digitalen Lagebildes erläutert inklusive der Ergebnisse der diesbezüglich durchgeführten Online-Befragung.

4.5.4.1 Ergebnisse der teilnehmenden Beobachtung

Am **ersten Beobachtungsort** war die technische Ausstattung während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 quantitativ nicht auf die erforderliche Personenzahl ausgelegt, sodass beispielsweise nicht ausreichend Computer im Stabsraum für alle Mitarbeiter zur Verfügung standen. Qualitativ genügten die eingesetzten digitalen Medien den Anforderungen. Im Laufe der Lageentwicklung kam es zu einer lokalen Überlastung des Mobilfunks und des mobilen Internets, sodass diese Ausweichmedien zur stationären Versorgung nicht zuverlässig zur Verfügung standen. Verschärft wurde diese Entwicklung dadurch, dass insbesondere im eigentlichen Katastrophengebiet Infrastruktureinrichtungen komplett zerstört wurden, sodass zeitweise keine Kommunikation zwischen Personen im Krisengebiet und dem Stab möglich war. Bezüglich Funkgeräten, die geeignet gewesen wären, dieser Problematik zu begegnen, war zeitweise die dazugehörige Infrastruktur (Basisstationen) auch außer Funktion. Darüber hinaus waren auch direkt ereignisrelevante Messapparaturen, z.B. Pegelmessgeräte, durch die Flut zerstört worden, sodass ab einem gewissen Zeitpunkt nicht mehr auf Messdaten zurückgegriffen werden konnte. Lagemeldungen erreichten den Stab per E-Mail oder Telefon und wurden während der Beobachtung in einem Word-Dokument zusammengeführt, wobei Änderungen zum vorherigen Stand farblich hervorgehoben wurden. Eine Visualisierung der Entwicklungen z.B. in Graphiken oder Karten erfolgte nicht konsequent.



Am **zweiten Beobachtungsort** war die technische Ausstattung des Stabes sowohl qualitativ wie auch quantitativ gut. Zu Beginn der Beobachtungen kam es jedoch zu Reibungsverlusten bei der Einrichtung im Zusammenhang mit der Vergabe von Benutzerrechten oder der Anbindung ergänzender Hardware, wie z.B. Drucker. Auch die Vernetzung der Rechner untereinander war technisch nicht optimal gelöst. Auf den Rechnern war keine GIS-Anwendung aufgespielt. Aufgrund der im Einsatzgebiet zusammengebrochenen Kommunikationsinfrastruktur war auch die für die Stabsarbeit zur Verfügung stehende Bandbreite eingeschränkt, sodass die Verarbeitung eingehender Daten, der Versand von Informationen aus dem Stab heraus sowie Recherchen zur Informationsbeschaffung verzögert wurden.

An diesem Beobachtungsort wurde das Lagebild zu Beginn in PowerPoint erstellt und zusätzlich wurden detaillierte Lageberichte in Word erfasst. Daneben wurde zur Ereignisdokumentation ein Einsatztagebuch in einer Online-Anwendung geführt. Schadenskonten wurden hingegen analog auf Tafeln geführt. Eine Dokumentation über ihre Entwicklung bestand nur sporadisch über Fotoaufnahmen.

Stabsseitig stand kein Eingabe- oder Meldesystem für die operativen Einsatzkräfte zur Verfügung. In einem nicht gesteuerten Prozess etablierte sich das System @fire einer internationalen Hilfsorganisation, an dem sich viele Einsatzkräfte orientierten. In Verbindung mit ortsfremden Einsatzkräften stellte sich die Funktion von Standort-Tags bei Bildaufnahmen mit Smartphones als mehrwertstiftend heraus.

Aufgrund nebeliger Witterung und andauernder Niederschläge konnte zu Beginn des Einsatzes nicht auf Fernerkundung zurückgegriffen werden. Später wurden Drohnen und Hubschrauber zur Fernerkundung eingesetzt und die Ergebnisse in PowerPoint-Präsentationen dokumentiert. In diesem Zuge stellte sich heraus, dass auch beim Einsatz von Fernerkundungsmethoden eine adäquate Ortskenntnis zur Interpretation der eingegangenen Bilder unerlässlich ist. Erst zu einem späteren Zeitpunkt konnte aufgrund der langen Vorlaufzeit auf Satellitenaufnahmen und Befliegungsdaten zurückgegriffen werden. Wegen der großen betroffenen Fläche wurde kurz nach dem Ereignis die Notwendigkeit eines digitalen Lagebildes erkannt und daher ein entsprechendes GIS-Tool etabliert. Eine Herausforderung lag dabei ebenfalls insbesondere vor dem Hintergrund der großen betroffenen Fläche in der zeitaufwändigen Datensammlung und dem hohen Aktualisierungsaufwand. Das digitale Lagebild stellte neben dem eigenen Informationspotenzial die Basis zur späteren Verarbeitung weiterer Datenquellen, wie z.B. Fernerkundung und Tablet-Kartierungen, dar und machte weitere technische Instrumente nutzbar. Mit Hilfe von WMS-Diensten konnten externe Datenquellen, z.B. Wetterdaten des DWD, aufwandsarm verarbeitet und integriert werden. Mobile Endgeräte kamen nach erfolgter Beschaffung zur Kartierung der Schäden mit Hilfe einer sog. Field-App zum Einsatz und wurden zusätzlich zur Aktualisierung der Befahrbarkeit von den Erkundern genutzt. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung von Juli bis Oktober 2021 ist in Tabelle 38 zu finden.

Tabelle 38: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 1b

 Ergebnisse zum Thema Technische Instrumente	 Szenario 1b
<ul style="list-style-type: none"> - Technische Ausstattung teilweise qualitativ und quantitativ ungeeignet - Zerstörung der Kommunikationsinfrastruktur erschwerte Datenübermittlung - Zerstörte technische Instrumente (z.B. Pegel) waren nicht mehr nutzbar - Zu Beginn Lageführung in Word und PowerPoint. Kaum Visualisierung mit Karten. - Keine stabsseitigen Vorgaben zu (georeferenzierten) Dateneingabe-/Meldeusername für z.B. Aktualisierungsbedarf - Schlechte Sicht während und nach Niederschlagsereignis erschwert Fernerkundung nach Ereigniseintritt - Bilddaten oft nicht georeferenziert → Ortskunde zur Weiterverarbeitung erforderlich - Entwicklung digitales Lagebild basierend auf den Anforderungen des Ereignisses 	

4.5.4.2 Entwicklung digitales Lagebild

Anlässlich der Hochwasser- und Starkregenereignisse im Sommer 2021 wurde im Rahmen dieser Dissertation in Zusammenarbeit mit verschiedenen Institutionen und Projektbeteiligten aus dem Katastrophen- und Bevölkerungsschutz sowie dem Vermessungswesen ein digitales Lagebild entwickelt. Die vorgenannten wissenschaftlichen Erhebungen und Erkenntnisse der empirischen Studie bildeten die Grundlage für die Entwicklung, die Inhalte und Funktionen des digitalen Lagebildes und waren Anlass für die Übernahme der Projektleitung durch die Verfasserin. Das Gemeinschaftsprojekt soll im nachfolgenden Kapitel kurz vorgestellt und wissenschaftlich beleuchtet werden. Zur Wahrung der Anonymität werden die Örtlichkeit sowie die beteiligten Institutionen und die weiteren Verantwortlichen nicht namentlich benannt.

4.5.4.2.1 Vorstellung des digitalen Lagebildes

Aufgrund der großräumigen Betroffenheit eines gesamten Flusseinzugsgebietes im Mittelgebirge war eine digitale Führung der Lage zu deren Visualisierung für die Stabsarbeit unerlässlich. Die webbasierte Informationsplattform wurde eigens für die Stabsarbeit im Rahmen der Flutkatastrophe im Juli 2021 konzipiert und enthält entscheidungsrelevante ortsbezogene Daten zu Kernthemen des Katastropheneinsatzes, um Schwerpunkte setzen zu können und bei Bedarf Maßnahmen oder Einsatzgebiete zu priorisieren. Sie ermöglicht mit der Orts- und Adresssuche eine schnelle Einarbeitung neu hinzugekommener Stabsmitarbeiter in die großräumige Lage, um sich einen Überblick zu verschaffen und Entscheidungen trotz fehlender Ortskenntnis vorbereiten zu können. Zu den Anwendern gehörten die Mitglieder des operativ-taktischen und des administrativ-organisatorischen Stabes sowie deren Fachberater und Verbindungspersonen (v.a. Bundeswehr, THW und Polizei).

Die bereitgestellten Fachinformationen und Geobasisinformationen (sog. Layer) können in operativ-taktische Informationen und Geobasisinformationen unterteilt werden.

Das Lagebild wurde in einer Serverumgebung der Landesverwaltung mit der Software ArcGIS-Portal eingerichtet. Durch die Einbindung in eine Experience war es möglich, die Layer in verschiedenen Themenkarten abzubilden (s. Abbildung 27).

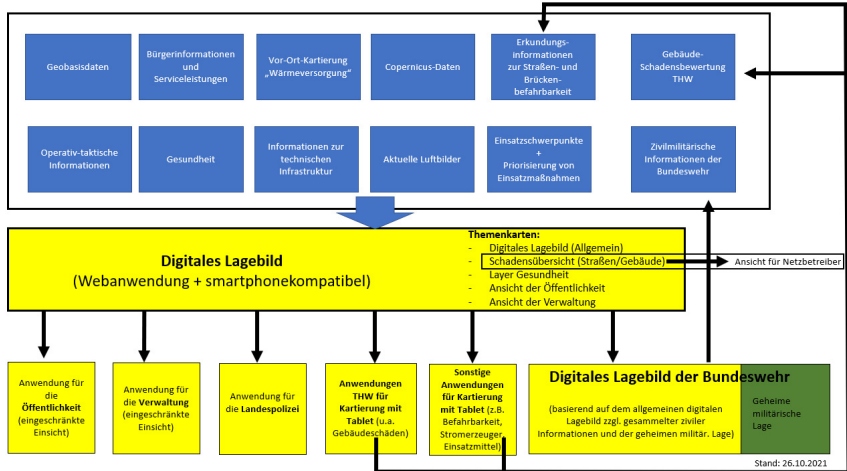


Abbildung 27: Aufbau des digitalen Lagebildes

In der Themenkarte „Schadensübersicht“ wurde eine Schadensbewertung mit Daten und Diagrammen zu Straßen und Gebäuden mit Hilfe von Dashboards erstellt. Diese bestand u.a. aus einer vorläufigen Luftbildauswertung durch die Anwendung Copernicus EMS, welche eine erste qualitative Aussage zum Schadensgrad (zerstört, beschädigt, möglicherweise beschädigt) der Straßen und Gebäude ermöglichte. Die Daten wurden sukzessive durch aktuell im Gelände erhobene Schadenskartierungen der Baufachberater des THW validiert und als Punktlayer eingespeist. Hierzu wurde eine eigene Anwendung zur georeferenzierten Erfassung per Tablet konzipiert, deren Daten direkt in das System eingespeist werden konnten und so einen Abgleich der Copernicus-Bewertung mit dem tatsächlichen geprüften Ist-Zustand ermöglichten.

Für die Öffentlichkeit wurde eine Webanwendung erstellt. Mit Hilfe dieses neuen Informationsmediums können im Kartenformat gewisse Informationen des Stabes (z.B. Anlauf-/Informationsstellen für Bürger, Brückenzustände, Standorte sanitärer Anlagen, medizinische Versorgungspunkte oder Shuttle-Haltestellen) mit der Öffentlichkeit geteilt werden. Dies ermöglichte eine zumindest teilweise Transparenz der Stabsarbeit.

Des Weiteren wurde eine Fachanwendung „Verwaltung“ erstellt, um entscheidungsrelevante und ereignisbezogene, aktuelle Informationen des Stabes unmittelbar und medienbruchfrei mit den zuständigen Behörden teilen zu können.

Gegenstand des Lagebildes sind auch Informationen zur technischen Infrastruktur. Diese waren zum Ende der operativ-taktischen Arbeit insbesondere relevant für das Thema „Wiederaufbau“, weswegen diesbezüglich eine eigenständige Themenkarte angelegt wurde. Um die Informationen an die Interessen der jeweiligen Nutzer anzupassen, erfolgte eine

Entwicklung von Applikationen für verschiedene User (z.B. Führungs-/Verwaltungsstab, Polizei, Bundeswehr, THW, Öffentlichkeit, Erkunder, Betreiber von KRITIS) mit Lese- und/oder Schreibrechten. Es wurden 51 Fachebenen (Layer) in Datenhaltung angelegt (ohne die speziellen Layer von Bundeswehr und Polizei) für unterschiedliche Geobasisdaten (z.B. TK, Luftbilder, DGM, DOP). Bestandteil des digitalen Lagebildes waren auch die Satellitenbilder, Luftbildaufnahmen und die dazugehörigen visuellen Auswertungen (Vorher-Nachher-Vergleich) des Copernicus EMS.

4.5.4.2.2 Anknüpfungspunkte des digitalen Lagebildes an die empirische Studie

Das digitale Lagebild stellt ein technisches Instrument im operativen Hochwasserschutz dar und konnte als webbasiertes Geoinformationssystem entwickelt werden. Es entsprach damit von der Funktion her einem Hochwasserinformationssystem. Ein Hochwassermanagementsystem konnte mangels Zeit zur Vorbereitung und notwendiger Schulung der Anwender innerhalb der Lage nicht mehr eingeführt werden. Die Stabsmitglieder wurden in der Lage mit dem System vertraut gemacht und im Rahmen der regelmäßigen Lagebesprechungen in die Nutzung eingewiesen oder über neue Funktionen informiert. Schnittstellen zu weiteren technischen Instrumenten konnten durch das Einfügen von Daten aus Instrumenten der Fernerkundung sowie durch die Nutzung mobiler Endgeräte (Tablets und Smartphones) hergestellt werden. Aufgrund von technischen Schnittstellenproblemen verzögerte sich die Einbindung allerdings. Modellierungen standen zur Nutzung nicht zur Verfügung, aber waren in dieser Phase des Ereignisses ohnehin nicht mehr relevant. Schnittstellen zu Messgeräten wurden erst nach einiger Zeit eingerichtet, als der Aufbau von mobilen Pegeln abgeschlossen war.

Entscheidungsrelevant und damit von besonderer Bedeutung für das digitale Lagebild waren insbesondere aktuelle Daten, die ereignisbezogen erfasst und fortlaufend aktualisiert wurden. Aufgrund des hohen Zerstörungsgrades konnten Bestandsdaten (Luftbilder zum Zustand „vorher“, Starkregengefahrenkarten) kaum zur Entscheidungsfindung genutzt werden. Aktuelle Fotos und Drohnenaufnahmen konnten wegen mangelnder technischer Möglichkeiten nicht georeferenziert eingebunden werden.

Unter organisatorischen Gesichtspunkten ermöglichte das digitale Lagebild eine Zusammenführung der Strukturen (Sachbereiche, Einsatzorganisationen, Verwaltungs- und Führungsstab) sowie eine einheitliche Kommunikation der Projektbeteiligten durch Vorgabe von Begriffen (z.B. Brückennamen) oder Koordinaten. Zusätzlich bot es die Möglichkeit ein einheitliches Lagebild für alle Beteiligten zu führen, um Doppelrecherchen zu vermeiden. Da der Zustand des Systems bzw. der Stand der Layer sukzessive abgespeichert wurde, konnte zusätzlich auch eine Dokumentation der Entwicklung der Lage erfolgen. Das digitale Lagebild entlastete hinsichtlich der Stabsarbeit des Weiteren das Sachgebiet S2 (Lage) im Rahmen von

dessen Funktion als Auskunftsstelle für andere Sachbereiche und Verbindungs- und Fachpersonen. Relevante Informationen oder eine Einarbeitung in die Lage konnten so in Eigenregie erfolgen. Innerhalb des Sachgebietes S2 bildete sich eine eigene Struktur für das digitale Lagebild mit eigenständigem Projektteam, das dem Sachbereich sowie der Einsatzleitung zuarbeitete. Da die Etablierung von Automatisierung sowie die Definition von Auslöseschwellen einer Vorbereitung bedurft hätten, konnten diese nicht in das digitale Lagebild integriert werden. Entscheidungsvariablen konnten im Rahmen des digitalen Lagebildes nicht visualisiert werden. Vorgenommene Priorisierungen durch die Einsatzleitung konnten im digitalen Lagebild entsprechend farblich dargestellt werden (z.B. priorisierte Brückenstandorte mit Verkläuerungen). Insgesamt konnten viele der im Rahmen der empirischen Studie angesprochenen Ergebnisse der Experteninterviews im digitalen Lagebild ausprobiert und z.T. auch angewandt werden. Zudem konnten mit dem digitalen Lagebild zu vier der sechs Forschungsschwerpunkte der vorliegenden Arbeit Anknüpfungspunkte hergestellt werden (s. Abbildung 28).

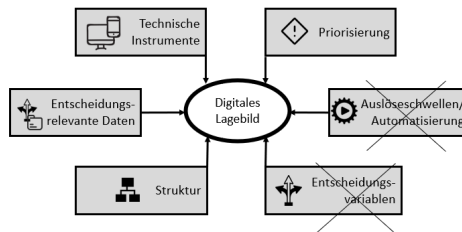


Abbildung 28: Realisierte Anknüpfungspunkte des digitalen Lagebildes an die Forschungsschwerpunkte der empirischen Studie



4.5.4.2.3 Zusammenfassung der Ergebnisse des Online-Fragebogens zum digitalen Lagebild

Eine detaillierte graphische und schriftliche Auswertung der in diesem Kapitel zusammengefassten Ergebnisse des Online-Fragebogens ist in Anhang 19 zu finden.

Im Rahmen der Befragung wurden 100 Personen aus verschiedenen Organisationen befragt, die während der Ereignisse in verschiedenen Funktionen im Stab agiert haben. Diese sehen fast einstimmig einen Mehrwert in der Nutzung eines digitalen Lagebildes für zukünftige Ereignisse. Ebenso attestiert eine große Zahl der Teilnehmer bereits dem zuletzt erarbeiteten Stand des digitalen Lagebildes, wie er im Rahmen der Flutkatastrophe 2021 verwendet wurde, einen Mehrwert für die Stabsarbeit. Dennoch ergeben sich aus der Befragung verschiedene Potenziale. Zum einen kann die Einbindung mobiler Endgeräte zukünftig forciert werden. Zum anderen benennen die Teilnehmer Potenziale im Hinblick auf die Anwenderfreundlichkeit der Systemoberfläche und Erweiterungen der Funktionen zur Dateneingabe mit dem Ziel, bestenfalls Echtzeitdaten und regelmäßige Informationen zum Bearbeitungsstand von Einsatz-

aufgaben einspeisen zu können. Positiv zu erwähnen ist, dass die Mehrheit der Teilnehmer nicht nur Informationen entnommen, sondern auch aktiv eingebracht hat, sodass das digitale Lagebild zum aktiven Informationsaustausch entscheidungsrelevanter Daten verwendet wurde. Die Informationen wurden dabei jedoch oftmals auf analogen Kanälen eingebracht und mussten manuell digitalisiert werden. In der Anwendung wurde mehrheitlich auf visuelle Funktionen, wie Luftbilder, aber auch auf datenbasierte Funktionen, wie Adresssuchen, zurückgegriffen, wobei inhaltlich vor allem Daten zu Schäden und zum Zustand bzw. zur Befahrbarkeit von Infrastruktureinrichtungen abgerufen wurden. Neben dem Ziel der Lagefeststellung bzw. -beurteilung wurde das digitale Lagebild als Informationsplattform für die Einsatzplanung verwendet. Die Nutzung als Entscheidungsunterstützung spielte laut den Befragungsergebnissen eine nachrangige Rolle. Ein uneinheitliches Bild ergibt sich im Hinblick auf die Nutzungspotenziale als Anwendung für die Öffentlichkeit, wobei von einer generellen Ablehnung über die Kommunikation von Einsatzinformationen und Informationen zur Selbsthilfe bis hin zur Koordination freiwilliger Helfer gänzlich verschiedene Positionen eingenommen werden. Die im Zuge der Konzeptionierung erwarteten Anknüpfungspunkte im Hinblick auf Priorisierung, Struktur, Technische Instrumente und Entscheidungsrelevante Daten wurden somit durch die Befragung bestätigt. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 39 zu finden.

Tabelle 39: Ergebniszusammenfassung Online-Fragebogen zum digitalen Lagebild

	Ergebnisse des Online-Fragebogens zum Thema Digitales Lagebild	 Szenario 1b
<ul style="list-style-type: none"> - Positive Bewertungen bisheriger und zukünftiger Nutzung - Optimierungen der Anwenderfreundlichkeit, der Anbindung mobiler Endgeräte und der Möglichkeiten der Datenaktualisierung gewünscht - Nutzung visueller und datenbezogener Informationen, insbesondere zu Zustandsdaten - Einsatz zur Lagefeststellung und -beurteilung sowie zur Einsatzplanung - Uneinheitliche Haltung zum Thema Öffentlichkeitsanwendung 		

4.5.4.2.4 Fazit zur praktischen Entwicklung des digitalen Lagebildes

Die Entwicklung des digitalen Lagebildes stellt ein wichtiges Ergebnis der vorliegenden Dissertation dar und ermöglichte, die aus den vorangegangenen Erhebungen gewonnenen Erkenntnisse im Livebetrieb anzuwenden und zu testen. Auch wenn die Anwendung nur für Szenario 1b und zudem erst nach Durchlauf des Flutscheitels stattfand, konnte die Anwendung und Praktikabilität eines Informationssystems in der Stabsarbeit getestet und validiert werden. Für diese Großschadenslage kann als Ergebnis ein großer Nutzen, allerdings auch ein großer personeller (und finanzieller) Aufwand abgeleitet werden. Eine entsprechende Etablierung im Rahmen der Vorsorge bietet ein großes Potenzial für die Optimierung der Lagefeststellung und -beurteilung im operativen Hochwasserschutz.



4.5.5 Szenario 2

Im Zusammenhang mit Deichbruchszenarien stehen für die Teilnehmer Simulationen des Deichbruchs und seiner Folgen sowie Modellierungen verschiedener Alternativen, wie künstlich herbeigeführter Deichöffnungen zur Entlastung oder zum Ablauf des Wassers aus dem Hinterland, im Vordergrund. Ein Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft führt hierzu aus: *„Technische Instrumente sind unterstützende Modellierungen der Gewässer. (...) Das sind für mich die technischen Instrumente, die wir für die Zukunft brauchen“* (Nr. 13, Pos. 45, WaWi). Ein Archivadokument berichtet von den Erfahrungen zum Thema Flutungssimulation aus einer großen Übung: *„Konsequenz aus der Übung ist, dass Flutungssimulationen infolge von Deichbruchszenarien für die gefährdete [FLUSS]niederung von der Wasserwirtschaftsverwaltung in Abstimmung mit den Kommunen als Grundlage für deren Alarm- und Einsatzplanung entwickelt werden müssen“* (SD Nr. 4.2, S. 41).

Da im Umfeld gefährdeter Abschnitte von Hochwasserschutzanlagen eine Gefahr für persönlich agierende Einsatzkräfte besteht, ist für Teilnehmer aus allen Bereichen die Nutzung technischer Hilfsmittel zur Bewertung der Lage vor Ort erforderlich. Sofern im betroffenen Abschnitt keine Messinstrumente zur Zustandsbewertung verbaut sind, bestehen diese insbesondere in visuellen Instrumenten, z.B. Drohnen oder Webcams. Die Nutzung von Satellitenbildern kommt aufgrund der langen Vorlaufzeit im Widerspruch zum eher spontanen Auftreten des Versagens der Hochwasserschutzanlage in der Regel nicht in Frage.

Eine Person aus dem Bereich des Katastrophenschutzes sieht bei einem Deichbruch aufgrund der entstehenden dynamischen Großflächenlage die Grenzen eines solchen Systems: *„Bei so einer Flächenlage (...) da muss man dann schon ja, großräumiger oder großräumigere Hilfe in Anspruch nehmen und da wird es wahrscheinlich dann auch nicht mehr helfen“* (Nr. 34, Pos. 19, KatS). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 40 zu finden.

Tabelle 40: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 2

 Ergebnisse zum Thema Technische Instrumente	 Szenario 2
<ul style="list-style-type: none"> - Flutungssimulation / Simulation von Handlungsalternativen z.B. Deichöffnungen - Gewährleisten Sicherheit der Einsatzkräfte: Fernerkundung statt Aufenthalt im Gefahrenbereich - Satellitenbilder wegen langem Vorlauf nicht geeignet 	

4.5.6 Szenario 3

Neben dem flächendeckenden Einsatz von Niederschlagsschreibern zur Lokalisierung von Schwerpunkten steht für die Teilnehmer (v.a. jene aus dem Bereich Wasserwirtschaft) die Modellierung von möglichen weiteren Entwicklungen und Handlungsalternativen unter Verschneidung komplexer Daten und Wirkzusammenhänge aus dem Hochwasser- und dem Starkregenkontext im Vordergrund. Eine besondere Rolle kommt dabei der Vorhersage von Fließwegen des Niederschlagswassers im Hinterland zu (vgl. Nr. 5, Pos. 98, WaWi). Zusätzlich

zur Zielrichtung des abfließenden Niederschlagswassers wird hier vor allem gefährdete Infrastruktur, insbesondere solche, die bei der weiteren Bekämpfung des Ereignisses benötigt wird, beachtet. Dabei spielt die Nutzung von Geoinformationssystemen eine zentrale Rolle. Ebenso wird der Verwendung von Warnsystemen in diesem Szenario eine größere Bedeutung beigemessen, da insbesondere in der Kombination beider Einzelereignisse die Unterschätzung der Gefahren durch die Bevölkerung befürchtet wird.



Die Verwendung visueller Hilfsmittel, wie Drohnen, Webcams oder auch Satelliten, tritt in diesem Szenario aufgrund der schlechten Sichtverhältnisse durch Regen und Wolken zumindest während des akuten Niederschlags in den Hintergrund. Sofern ein Flug möglich ist, kann aber ein Hubschrauber eingesetzt werden (vgl. Nr. 36, Pos. 77, WaWi).

Die in diesem Szenario vermehrt eingehenden Notrufe aus der Bevölkerung können z.B. mit Hilfe des Programms MavE genutzt und analysiert werden (vgl. Nr. 23, Pos. 91, KatS).

Aus Sicht der Teilnehmer sind die gängigen Hochwassermanagementsysteme (noch) nicht auf das kombinierte Auftreten von Flusshochwasser und Starkregen ausgelegt und deshalb in entsprechenden Situationen maximal eingeschränkt einsetzbar. Ein Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz betont jedoch, dass sein Alarm- und Einsatzplan für Starkregen bereits digital in einem Managementsystem Anwendung findet (vgl. Nr. 19, Pos. 77, KatS).

Zum Schluss sei auch auf einen Beitrag eines Fachexperten mit Starkregenerfahrung verwiesen, welcher technische Instrumente im Starkregenfall ablehnt: *„Also vor allen Dingen technische Sachen, pf, die helfen mir nicht. (...) Ja, ich sage mal, das sind immer Sachen, die sind nice to have, ne? So, und man muss sich aber in so einer zeitkritischen Situation muss ich mich auf das Wesentliche beschränken, damit ich mich nicht verzettele“* (Nr. 27, Pos. 75, 79, KatS). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 41 zu finden.

Tabelle 41: Ergebniszusammenfassung Technische Instrumente – Szenario 3

	Ergebnisse zum Thema Technische Instrumente	 Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> - virtuelle Niederschlagsschreiber und bodennahe Niederschlagsstationen - Modellierungen nur im Vorfeld, während Ereignis zu aufwändig - Geoinformationssysteme zur Beachtung von Topografie und Infrastruktur - Nutzung visueller Systeme der Fernerkundung aufgrund Niederschlag / schlechter Sichtbarkeit eingeschränkt - Warnsysteme/Warnapps wegen kurzen Vorlaufs und hoher Dichte an Betroffenen besonders attraktiv - Hochwassermanagementsysteme bislang noch nicht auf Starkregen ausgelegt 		

4.5.7 Zwischenfazit

Deutlich differenzierter stellt sich das Bild im Hinblick auf nutzbare technische Instrumente dar. Einheitlich ist ein Mehrwert bei Verwendung mobiler Endgeräte für die Einsatzkräfte zu erwarten. Ebenso weisen Warnapps einheitlich für alle Szenarien ein Potenzial für den Schutz der Bevölkerung auf, aber auch im Bereitschaftszustand von Einsatzkräften. Grundsätzlich ist auch die Technisierung von Messungen ein klarer Potenzialbereich, wobei sich dies im

Szenario 2 auf ein technisches Deichmonitoring beschränkt, während in den Szenarien 1 und 3 vor allem Pegel- und Niederschlagswerte im Vordergrund stehen. Die Anwendung von Hochwassermanagement- und -informationssystemen kommt ebenfalls für alle Ereignistypen in Frage, wobei die Starkregenkomponente in Szenario 3 noch nicht vollumfänglich berücksichtigt ist. Die Nutzung von Webcams ist im Falle eines sehr großen Hochwassers positiv zu bewerten, im Falle einer Starkregenkomponente sind Webcams hingegen aufgrund der Sichtverhältnisse und des gesteigerten Risikos eines Ausfalls der Stromversorgung oder der Datenanbindung nur eingeschränkt nutzbar. Die Anwendung im Szenario des Versagens eines technischen HWS erscheint unwahrscheinlich, da sich die Stelle des (potenziellen) Versagens zufällig im unmittelbaren Sichtbereich einer Webcam befinden muss. Die Fernerkundung sowie Simulationen von Entscheidungsalternativen hängen erheblich vom zeitlichen Vorlauf ab, sodass diese in Szenario 1 uneingeschränkt, in Szenario 2 nur bei frühzeitigem Erkennen des drohenden Versagens und in Szenario 3 praktisch gar nicht anwendbar sind. Im Hinblick auf die Erfassung von Notrufen und deren Auswertung bieten sich insbesondere beim erhöhten Aufkommen in Szenario 3 technische Hilfsmittel, wie z.B. das System MAVE, an.

4.6 Gestaltung der Struktur des operativen Hochwasserschutzes

Die verschiedenen Aspekte und Aufgaben des operativen Hochwasserschutzes betten sich in eine gesamtheitliche Struktur ein. Daher ist zwingend auch eine Auseinandersetzung mit diesen strukturellen Gegebenheiten innerhalb des Handlungsfeldes „Struktur“, wie z.B. Alarm- und Einsatzplanung, Schulung/Übung, Warnung/Alarmierung, Stabsarbeit, Vorsorge/Vorbereitung und Zuständigkeitsregelungen, geboten. Im Folgenden soll eine Bestandsaufnahme dazu stattfinden.

4.6.1 Allgemein

Die grundlegende Struktur wird von Teilnehmern aus allen Regionen und allen Fachbereichen ähnlich beschrieben. Zum einen existiert in regional unterschiedlichen Detailausprägungen eine hierarchisch unterschiedliche Verantwortungszuordnung je nach Art und Ausmaß der Gefahrenlage. Während bei kleinräumigen Ereignissen die Kommunen vollumfänglich eigenverantwortlich agieren, werden bei höheren Alarmstufen sowie überregionalen Ereignissen höhere Verwaltungsebenen aktiviert. In dieser Ausgestaltung sehen die Teilnehmer sowohl Chancen als auch Risiken. Zum einen gelingt es auf diesem Wege, lokale Besonderheiten bestmöglich zu berücksichtigen, zum anderen kann bei Bedarf eine überregionale Koordination durch höhere Behördenebenen erfolgen. Demgegenüber kann es zu Zielkonflikten zwischen verschiedenen Handelnden oder Reibungsverlusten im Rahmen von Verantwortungsübergaben infolge einer veränderten Einstufung des Ereignisses kommen. Die

Tatsache, dass einzelne Strukturen, z.B. die Stäbe, über einen gewissen Zeitraum hinweg zu voller Leistungsfähigkeit hochgefahren werden müssen, sehen die Teilnehmer im Sinne eines Mitwachsens mit dem Ereignis hingegen mehrheitlich unkritisch (vgl. Nr. 25, Pos. 103, KatS sowie Nr. 3, Pos. 67, KatS). Mehrere Teilnehmer gehen in diesem Kontext auch auf die Trennung von Verwaltungs- und Führungsstäben ein, wobei eine sehr unterschiedliche praktische Ausgestaltung dieser Vorgehensweise beschrieben wird (vgl. Nr. 12, Pos. 15, KatS, Nr. 32, Pos. 9, KatS und Nr. 3, Pos. 13, KatS). Neben den grundsätzlichen Vorteilen der damit verbundenen Spezialisierung sehen einige Teilnehmer jedoch auch Risiken, z.B. im Hinblick auf das abgestimmte Handeln beider Stäbe.

Die Darstellungen verschiedener Teilnehmer gehen auch auf die Vielzahl unterschiedlicher Akteure im Rahmen des Einsatzes und der Stabsarbeit ein. Neben Einsatzkräften von Feuerwehr, Polizei, THW und Bundeswehr können gleichermaßen Behörden aus dem Katastrophenschutz und der Wasserwirtschaft beteiligt sein. Darüber hinaus können auch Unternehmen aus der freien Wirtschaft, beispielsweise als Betreiber technischer Systeme, Lieferanten, Logistikdienstleister oder im Rahmen der Wissensvermittlung involviert sein (vgl. Nr. 7, Pos. 27, WaWi und Nr. 23, Pos. 39, KatS).

Ein Archivadokument erläutert das o.g. Zusammenspiel von Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft im Rahmen der Hochwasserbewältigung, in welcher *„der Einsatzleiter nach pflichtgemäßem Ermessen die zur Gefahrenabwehr notwendigen Maßnahmen [veranlasst]. Dabei muss er die von Fachbehörden, wie etwa den Wasserbehörden, für erforderlich gehaltenen Maßnahmen berücksichtigen“* (SD Nr. 1.1, S. 1).

Während die o.g. Vielfalt potenzieller Beteiligter nach Meinung der meisten Teilnehmer ermöglicht, spezielles Fachwissen, praktische Kompetenzen oder technische Ressourcen der verschiedenen Gruppen im Sinne des Gesamterfolges zusammenzubringen, gehen mehrere Teilnehmer auch auf daraus resultierende Problemstellungen ein. Aus der Vielzahl der Akteure resultiert nach diesen Darstellungen notwendigerweise ein erhöhter Abstimmungsaufwand, welcher durch organisatorische, strukturelle und technische Unterschiede in den Kommunikationsstrukturen sowie mangelndes Schnittstellenwissen verstärkt wird.

Grundsätzliche Strukturen und Abläufe sehen die Teilnehmer mehrheitlich durch die FwDV 100 (vgl. z.B. Nr. 20, Pos. 199, KatS und Nr. 18, Pos. 79, WaWi) sowie regionale Regelungen, wie z.B. Muster- bzw. Rahmen-Alarm- und Einsatzpläne, in Umfang und Qualität ausreichend geregelt. Größere Herausforderungen erkennen einige Teilnehmer in gesamtgesellschaftlichen Entwicklungen. Bereichsübergreifend werden in diesem Zusammenhang wiederholt der demographische Wandel sowie Einsparungen im öffentlichen Dienst benannt, in deren Folge verschiedenste Akteure mit Herausforderungen in der Nachfolgeplanung ihres Personals im hauptberuflichen wie im ehrenamtlichen Bereich zu kämpfen haben, wobei neben der Personalbeschaffung an sich auch der Wissenstransfer im Rahmen von Übergaben eine Herausforderung darstellt (Nr. 8, Pos. 18, WaWi). Daneben erwachsen aus internen

strukturellen Entwicklungen einzelner Akteure Herausforderungen. Ein Beitrag nennt hier beispielsweise die Reduzierung der Truppenstärke der Bundeswehr, verbunden mit einer Reduzierung von nutzbaren Materialien und Gerätschaften in den vergangenen Jahren. Neben personellen und strukturellen Maßnahmen der Akteure selbst soll diesen Problematiken insbesondere durch eine verstärkte Einbindung privatwirtschaftlicher Unternehmen, z.B. im Sinne eines Outsourcings (vgl. Nr. 23, Pos. 39, KatS und Nr. 8, Pos. 97, WaWi) oder durch die Beteiligung der Bevölkerung begegnet werden. Insbesondere Teilnehmer aus dem Bereich der Wasserwirtschaft betonen in Anlehnung an diese Problematik die Tatsache, dass aufgrund personeller und ressourcentechnischer Restriktionen oftmals nur einzelne Spezialisten vollumfänglich geschult und im Rahmen von Übungen trainiert werden können. Dem gegenüber steht die Notwendigkeit von Schichtdiensten im Rahmen der 24-stündigen Besetzung von Positionen sowie der Ablösung bei länger andauernden Ereignissen.


Ein großes Risiko sehen Teilnehmer verschiedener Bereiche im geringen Gefahrenbewusstsein der Bevölkerung (vgl. Nr. 8, Pos. 35, WaWi). In diesem Zusammenhang besteht für die Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft eine wichtige Aufgabe in der Risikoanalyse für Bevölkerung, Infrastruktur und Grundversorgung und der darauf aufbauenden Information der Bevölkerung. Im eigentlichen Ereignisverlauf sehen die Befragten der Wasserwirtschaft sich hingegen ausschließlich in einer Beraterrolle für die Steuerung des Einsatzes (vgl. Nr. 4, Pos. 9, WaWi und Nr. 5, Pos. 28, WaWi).

Unter Berücksichtigung aller vorgenannten Handlungsfelder besteht flächendeckende Einigkeit unter den Teilnehmern über die Notwendigkeit regelmäßiger Übungen unter Beteiligung aller relevanten Akteure (*„regelmäßige Übungen, auch länderübergreifend, unter Beteiligung der Führungseinrichtungen (Stab und TEL), der Einheiten der verschiedenen Fachdienste im Katastrophenschutz sowie des Technischen Hilfswerks“* (SD Nr. 1.9, S. 31)). Ebenso bewerten jene Interviewpartner, die in der Vergangenheit an Übungen teilgenommen haben, die daraus resultierende Erkenntnisableitung als positiv (vgl. Nr. 1, Pos. 48, WaWi und SD Nr. 4.2, S. 12).

Des Weiteren erachten die Teilnehmer unabhängig von fachlicher oder räumlicher Zuordnung die Arbeit zwischen Ereignissen im Hinblick auf Planung, Übung und Weiterentwicklung als zentralen Erfolgsbaustein bei der Ereignisbewältigung. Hierzu wird in einem Archivdokument ausgeführt: *„Wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Bekämpfung eines Großschadensereignisses bzw. einer Katastrophe wie das [FLUSS]-Hochwasser ist, dass sowohl die zuständigen Behörden als auch die im Katastrophenschutz mitwirkenden Organisationen bestmöglich vorbereitet sind. Im vorbereitenden Katastrophenschutz muss daher vor allem folgenden Maßnahmen hohe Priorität eingeräumt werden: Untersuchung drohender Katastrophengefahren im jeweiligen Zuständigkeitsbereich, Ausarbeitung und stetige Fortschreibung von Alarm- und Einsatzplänen, Einbindung anderer Fachbehörden in die Planungen“* (SD Nr. 1.9, S. 31).

Auch in einem weiteren Dokument wird die Alarm- und Einsatzplanung als Möglichkeit im Rahmen der Vorsorge hervorgehoben, allerdings mit der Einschränkung, dass eine situationsabhängige Betrachtung und Ausführung notwendig ist: „Die erforderlichen Maßnahmen können bereits vorab in Alarm- und Einsatzplänen vordefiniert werden, richten sich aber im Einsatzfall nach den jeweiligen Verhältnissen des konkreten Einzelfalles, die vorab nicht immer vorhersehbar sind“ (SD Nr. 1.1, S. 1-2). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 42 zu finden.

Tabelle 42: Ergebniszusammenfassung Struktur – allgemein

 Ergebnisse zum Thema Struktur	Allgemein
<ul style="list-style-type: none"> - Grundsatz: Gesamtverantwortung liegt bei Kommunen; Landesstrukturen i.d.R. in unterstützender Funktion - Großschadensereignisse: Verantwortungsübernahme durch Land - Regionale Kompetenz vs. Expertenwissen - Risiko: Reibungsverluste durch Akteure bei Kommune & Land - Parallelbetrieb operativ-taktischer (Führungs-)Stab und administrativ-organisatorischer (Verwaltungs-) Stab - Heterogene Akteure: Behörden der WaWi und des KatS (u.a. Feuerwehr) sowie THW, Polizei, Bundeswehr <ul style="list-style-type: none"> - Vielfältige Spezialisierungen/ Kompetenzen - Abstimmungsaufwand/Reibungsverluste - Klare Grundstrukturen, z.B. FwDV 100 - Muster-/Rahmen- Alarm- und Einsatzpläne → regionale Anpassung erforderlich - Demografischer Wandel erschwert Nachfolgeregelungen und Wissenstransfer - Einbindung privater Akteure zum Ausgleich fehlender Kompetenzen oder Gerätschaften - Problem: Sicherheitsgefühl der Bevölkerung (v.a. bei vorliegendem techn. HWS) - Oftmals Spezialisierungen einzelner Mitarbeiter auf die Thematik Hochwasser innerhalb einer Organisationen bilden ein Risiko bei Schichtdienst/Ablösen - Heterogenes Verständnis bzgl. der Rolle der Wasserwirtschaft - Übungen als wichtiger Erfolgsbaustein 	

4.6.2 Szenario Routine



Im Rahmen des Alarm- und Einsatzplans wurde für die betrachtete Kommune die Gesamtverantwortung im Hochwasserfall an die Feuerwehr delegiert. Während des Aufbaus im Februar 2021 zeigte sich, dass der gesamte Prozess über den Alarm- und Einsatzplan, einschlägige Checklisten und Erfahrungswerte ausreichend vorbereitet war, einzig Bilder des fertig aufgebauten Hochwasserschutzes wurden zur Unterstützung vermisst. Im Hinblick auf die handelnden Personen ist der Ausbildungsgrad der Führungskräfte und der Stelleninhaber von Schlüsselpositionen positiv zu bewerten. Unter den operativen Kräften fanden sich jedoch zahlreiche Teilnehmer, die ohne Vorwissen in den Einsatz starteten. Es erfolgte eine kurze Einweisung im Vorfeld, die jedoch nicht alle Unklarheiten beseitigen konnte. In der Folge kam es zu Verzögerungen und vereinzelt zu Aufbaufehlern beim Einbau des Dammbalkensystems und im Einzelfall einer entsprechenden Leckage. Das Fehlerrisiko wurde durch die Tatsache verschärft, dass es aufgrund der Zugehörigkeit der Akteure zu unterschiedlichen Organisationseinheiten zu Kommunikationsproblemen und Missverständnissen kam. Zu

mehreren Zeitpunkten fehlten an einzelnen Stellen entweder Maschinen oder Maschinenführer, sodass der Fortschritt verlangsamt wurde. Aufgrund des frühzeitigen und rechtzeitigen Aufbaus waren solche auftretenden Fehler jedoch behebb- bzw. korrigierbar.

Im laufenden Betrieb des Hochwasserschutzes wurden Einsatzabschnittsleiter eingesetzt, die mit ihrem Fokus auf eingegrenzte räumliche Bereiche und entsprechende Ortskunde den zügigen Informationsfluss sicherstellten. Aufgrund baulicher Gegebenheiten innerhalb der Kommune mussten diese jedoch im Außeneinsatz immer wieder längere Fußwege zurücklegen, sodass die Dichte der Kontrollen hinter den optimalen Bedingungen zurückblieb. Über den gesamten Zeitraum zwischen dem Beginn des Aufbaus und dem Ende des Abbaus hinweg kam es in verschiedenen Situationen zu Führungswechseln. Diese waren Ursache von Reibungs- und Qualitätsverlusten. Auch im operativen Prozess waren andere Personenkreise für den Auf- und für den Abbau eingesetzt, was Lerneffekte in diesem Kontext einschränkt. Der ingenieurfachliche Betreuer von wasserwirtschaftlicher Seite war in den gesamten Anwendungsprozess bestenfalls oberflächlich eingebunden.

Ein Stab wurde für die Zeit des Hochwasserereignisses nicht eingerichtet. Im Rahmen von Lagebesprechungen fand bei steigendem Wasserstand täglich (außer am Wochenende) ein strukturierter Informationsaustausch aller beteiligten Ämter und ggf. zusätzlicher Verbindungspersonen und Fachberater statt. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 43 zu finden.

Tabelle 43: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario „Routine“

 Ergebnisse zum Thema Struktur	 Szenario „Routine“
<ul style="list-style-type: none"> - Delegation Gesamtverantwortung am Beobachtungsort an Feuerwehr - Vorbereitung über Alarm- und Einsatzplan - Experten bzgl. mobilem HWS vor Ort, aber auch Einsatzkräfte ohne Fachwissen/Erfahrungen - Kommunikative Missverständnisse - Teilweise fehlende Maschinen/Maschinenführer - Reibungsverluste aus Führungswechseln - Ortskundige Einsatzabschnittsleiter - Bevölkerungsinformationen im Vorfeld beschleunigte den Ablauf bzw. Aufbau des mobilen HWS 	

4.6.3 Szenario 1a

Die Teilnehmer sehen in diesem Szenario ungeachtet der außerordentlichen Jährlichkeit das Szenario, welches die meisten Gemeinsamkeiten mit regelmäßig geübten Hochwasserszenarien hat. Daher weisen die Strukturen und Prozesse in diesem Szenario aus Sicht der Teilnehmer die größte Nähe zu geübten Abläufen und Prozessen sowie den vorbereiteten Maßnahmenpaketen auf. In der Konsequenz ist bis zu einem gewissen Pegelstand eine vergleichsweise hohe Zahl der zu treffenden Entscheidungen bereits im Vorfeld vorbereitet oder zumindest richtungsweisend über Entscheidungsregeln vordefiniert

(„Das friedlich steigende Hochwasser ohne Zerstörungswirkung, wie wir es (...) kennen, das kann man ja durchorganisieren. Also das könnte dann schon fast unaufgeregert passieren“ (Nr. 22, Pos. 61, KatS)).

Mit Überschreitung der Bemessungsgrenzen verlieren jedoch viele der vordefinierten Maßnahmen und geübten Prozesse ihre Wirksamkeit (vgl. Nr. 1, Pos. 46, WaWi). Diese Einschätzung bestätigen weitere Teilnehmer: *„Das ist eigentlich ein unvorstellbares Ereignis und wir denken nicht in diesen Kategorien. Ist eine ganz ehrliche Antwort“ (Nr. 32, Pos. 33, KatS) sowie „Wir haben uns natürlich mit so einem Fall und was zu tun wäre nur begrenzt in der Vergangenheit beschäftigt“ (Nr. 7, Pos. 18, WaWi).*

Ein Beitrag sieht als Gefahr, dass eine Überforderung des Systems eintreten könnte: *„Und wir werden sehr große Flächen haben (...), die betroffen sind, und man kann sich das glaube ich relativ schlecht vorstellen, was für ein Katastrophenzustand das einfach darstellen wird. Und das Problem ist tatsächlich, dass da, und gut, dass das anonymisiert ist hier, die Verwaltungen da nicht richtig drauf vorbereitet sind“ (Nr. 2, Pos. 17, WaWi).*

In diesem Zusammenhang ist zudem erwähnenswert, dass sich die Ausbildung der Einsatzkräfte in Bezug auf das Hochwasser im Wesentlichen auf die Einübung von Maßnahmen beschränkt, aber bislang kein Fachwissen und Hintergrundverständnis zur Thematik vermittelt wird (vgl. Nr. 9, Pos. 65, WaWi). Dies verhindert, dass die Einsatzkräfte im Eskalationsfall selbstständig in der Lage sind, fundierte Ad-hoc-Entscheidungen zu treffen, und stellt insoweit ein Erfolgshemmnis dar. Ein weiterer Beitrag geht darauf ein, dass die seltensten Fälle am seltensten geübt werden, obwohl hier die komplexesten Herausforderungen und Entscheidungen zu erwarten sind (Nr. 1, Pos. 48, WaWi).

Eine andere Problematik, die mehrere Teilnehmer anführen, besteht in der Großräumigkeit des Gesamtereignisses, da bei einem Hochwasser dieses Ausmaßes mutmaßlich größere Flussabschnitte zur gleichen Zeit in ähnlichem Maße betroffen sind. Neben der Tatsache, dass unterstützende Kräfte daher nur aus dem Hinterland akquiriert werden können, entsteht außerdem ein Ressourcenkonflikt um die wenigen verfügbaren wasserwirtschaftlichen Fachkräfte als Berater (vgl. Nr. 7, Pos. 51, WaWi und Nr. 9, Pos. 23, WaWi).

Die vergleichsweise lange Anbahnungsdauer des Ereignisses ermöglicht es, den Stab Zug um Zug aufzubauen und quasi mit dem Ereignis mitwachsen zu lassen, sodass zum Ereignishöhepunkt die vollständige Leistungsfähigkeit sichergestellt ist (vgl. Nr. 23, Pos. 27, KatS und Nr. 19, Nr. 27, KatS).

Die längere Ereignisdauer bzw. der andauernde Betrieb unter Volllast stellt in diesem Szenario besonders hohe Anforderungen an Vertretungs- und Schichtregelungen sowie die Versorgung der Einsatzkräfte (*„je länger ein Hochwasser dauert und umso mehr verschleiß ich meine Einsatzkräfte“ (Nr. 6, Pos. 64, WaWi)*).

Aufgrund der umfangreichen Anwendbarkeit vorbereiteter Maßnahmen und Pläne sowie des hohen Einflusses präventiver Maßnahmen sehen die Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft

ihren größten Erfolgsbeitrag in diesem Szenario in eben jenen planerischen und vorbereitenden Maßnahmen im Vorfeld des Ereignisses (vgl. Nr. 30, Pos. 117, WaWi). Während des eigentlichen Ereignisses schreiben sie sich eine Beraterrolle zu: *„Operativ sind wir insofern nicht tätig. Wir sind eigentlich eine Ergänzung“* (Nr. 4, Pos. 9, WaWi) sowie *„Wie schnell kann ich aus den Gebieten raus? Wie muss ich das organisieren? Da ist (...) die Aufgabe der Wasserwirtschaft dann zu Ende, da greift nämlich der klassische Katastrophenschutz. (...) Also unsere Aufgabe (...) sollte sein, dass die technische Struktur bis zu einem bestimmten Level hält“* (Nr. 5, Pos. 28, WaWi).

Viele der Beiträge weisen auf die Bedeutung der Vorsorge in diesem Szenario hin: *„Also man kann nicht alles, aber man kann einiges tatsächlich vorab schon entscheiden und verringert damit dann die Entscheidungslast in der Situation“* (Nr. 12, Pos. 49, KatS). Hier spielen die Alarm- und Einsatzpläne eine bedeutende Rolle.



Auch das Thema Ausbildung von Einsatzkräften und Beteiligten wird hier sowohl von Seiten der Wasserwirtschaft als auch des Katastrophenschutzes angesprochen: *„Wenn ich jetzt professionell aufgestellt bin beim Hochwasserereignis, [kann] ich doch (...) eine sehr hohe Schadensminimierung erreichen (...) Und das kann ich nur in den Griff kriegen, wenn ich gut ausgebildet bin und wenn ich eben auch weiß, was ich im Ereignisfall machen muss“* (Nr. 14, Pos. 17, WaWi).

Neben einer fundierten wasserwirtschaftlichen Ausbildung für solch ein Großereignis sollte dies auch regelmäßig im Rahmen von Übungen durchgespielt werden, u.a. um Wissensverlust zu vermeiden: *„Man muss es immer regelmäßig üben. Und ansonsten geht nämlich auch viel verloren“* (Nr. 19, Pos. 23, KatS). Insbesondere seltene Ereignisse, wie Szenario 1a, sollten laut einem Teilnehmer regelmäßig geübt werden (Nr. 1, Pos. 48, WaWi). Dies bestätigt auch ein Archivadokument zu den Erfahrungen aus einer durchgeführten Übung zu Szenario 1a: *„Die Notwendigkeit [ist] erkannt, sich auch auf extreme Szenarien (...) bisher unbekanntem Ausmaßes an [FLUSS] (...) einzustellen“* (SD Nr. 4.2, S. 12).

Ein weiterer Beitrag aus der Wasserwirtschaft hat demgegenüber eine kritischere Meinung: *„Man kann theoretisch relativ viel vorher durchspielen, aber das hat nur begrenzt Erfolg“* (Nr. 9, Pos. 14, WaWi).

Neben einer regelmäßigen Übung sowie einer wasserwirtschaftlichen Grundausbildung der Einsatzkräfte sollte laut einem Archivadokument auch immer eine wasserwirtschaftliche Fachberatung bei Szenario 1a in den Stab einberufen werden: *„Als Fachberater sind die Vertreter der örtlichen unteren Wasserbehörden in die Führungsstäbe der Stadt- und Kreisverwaltungen aufzunehmen. Diese Fachleute können aufgrund ihrer Kenntnisse eine Schwachstellenanalyse der Dämme betreiben und den Einsatzleiter auf besonders gefährdete Bereiche hinweisen“* (SD Nr. 1.9, S. 27). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 44 zu finden.

Tabelle 44: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 1a

 Ergebnisse zum Thema Struktur	 Szenario 1a
<ul style="list-style-type: none"> - Geübte Prozesse und geplante Strukturen gut anwendbar - Bis Bemessungsgrenze: Entscheidungen oder Entscheidungsregeln vorbereitet. Detaillierte Vorbereitung über Alarm- und Einsatzplan - Über Bemessungsgrenze: weniger geübte Sachverhalte → mehr situatives Handeln. Fehlendes wasserwirtschaftliches Fachwissen der Einsatzkräfte wird bemerkbar - Großräumigkeit erschwert Unterstützung aus dem Umfeld und bindet Experten - Dauer der Anbahnung ermöglicht das Hochfahren von (Stabs-)Strukturen - Ereignisdauer und -ausmaß verstärken Vertretungsgenässe - Rolle Wasserwirtschaft: Vorbereitung und Fachberatung 	

4.6.4 Szenario 1b

Während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 war am **ersten Beobachtungsort** ein Stab eingerichtet. Teile des Stabes waren in benachbarte Räume ausgelagert. Dabei handelte es sich insbesondere um Fachberater (z.B. THW, Bundeswehr), die vor allem Kontakt zu den eigenen Führungsstrukturen auf Landesebene hatten bzw. eine Verbindungsperson zur Polizei. Aufgrund der eingeschränkten Informationslage und des teilweise zurückhaltenden Informationszugangs wurden Verbindungspersonen in die jeweiligen Landkreise gesendet, um dort aktiv Informationen einzuholen und diese in den Stab zu melden. Verschiedene im Stab beteiligte Gruppen und Organisationen bauten parallel eigene Stabsstrukturen auf. Insgesamt war die Stabsarbeit von operativ-taktischen Aspekten des Katastrophenschutzes dominiert, die wasserwirtschaftliche Beteiligung blieb überschaubar.

Zu Beginn des Einsatzes am **zweiten Beobachtungsort** zeigte sich, dass aufgrund der kurzfristigen Eskalation der Ereignisse die Stabsstrukturen noch nicht abschließend etabliert und geklärt waren. Beispielsweise erfolgte zu Beginn die Aufteilung der Funktionen (S1-S6) willkürlich bzw. nach Präferenz der Stabsmitglieder, was eine Findungsphase sowohl für die Stabsmitglieder selbst als auch in der Interaktion verschiedener Funktionen zur Folge hatte. Zu einer vergleichbaren Situation kam es im weiteren Verlauf immer wieder im Zusammenhang mit Schichtwechseln, wenn dabei Verantwortungszuordnungen oder Personenkonstellationen zu Stande kamen, die vorher noch nicht in dieser Form zusammengearbeitet hatten. Nachdem verschiedene beteiligte Organisationen zusätzliches Personal zur Verfügung stellen konnten, wurde für Teile des Stabes (v.a. für Unterstützung aus anderen Bundesländern) von einem Zwei-Schicht-System auf ein Drei-Schicht-System umgestellt und wurden Freizeitregelungen für bislang durchgängig eingesetzte Personen geschaffen. Dadurch steigerte sich zwar die individuelle Leistungsfähigkeit der Einsatzkräfte, die zuvor beschriebenen strukturellen Herausforderungen wurden jedoch in ihrem Effekt verstärkt. Mit zunehmendem Aufbau des Stabes bildeten sich Spezialisierungen heraus. Ebenso wurden Fachberater z.B. aus der Geologie, aus der Wasserwirtschaft oder dem



Vermessungswesen hinzugezogen. Mit der zunehmend komplexer werdenden Stabsstruktur stieg jedoch auch der Abstimmungsaufwand, um die einzelnen Teilleistungen zu einem Gesamtergebnis zusammenzuführen und das Handeln auf das gesamte Lagebild abzustellen. Hierzu fanden regelmäßige Lagebesprechungen statt. Durch die Bildung vielzähliger Unterstäbe kam es dennoch zu einer komplexen Gesamtstruktur, die teilweise zu unabgestimmtem Handeln und Verselbstständigungen in einzelnen Einsatzabschnitten führte. Nachdem sich zu Beginn auf operativ-taktische Aspekte konzentriert wurde, begann der Aufbau eines Verwaltungsstabes. Im Rahmen der Parallelstrukturen beider Stäbe wurden Ressourcen mitunter nicht effizient eingesetzt, da aufgrund ausgebliebener Abstimmungen Tätigkeiten (z.B. Recherchen zum Thema technische Infrastrukturen) inhaltsgleich in beiden Stäben durchgeführt wurden.

Über die Dauer des Einsatzes hinweg wurden aus Lerneffekten regelmäßig Optimierungen struktureller oder systemischer Natur durchgeführt. Die Einrichtung eines zentralen digitalen Lagebildes minderte die Misskommunikation zwischen den Akteuren mit verschiedenen Hintergründen und verringerte den Betrieb paralleler Informationsstrukturen. Dieser Effekt steigerte wiederum die Qualität dieses zentralen Lagebildes, da Informationsverluste reduziert wurden.

Sowohl aufgrund der personellen Besetzung örtlicher Behörden als auch teilweise wegen persönlicher Betroffenheit waren wenige Personen aus dem betroffenen Gebiet im Stab beteiligt. Zum einen stellte dies eine Herausforderung im Zusammenhang mit fehlender Ortskunde bei der Dateninterpretation dar, zum anderen fehlten dadurch jedoch auch Schnittstellen zu den Einsatzkräften vor Ort und insbesondere der betroffenen Bevölkerung. Diese Tatsache verschärfte den Effekt der mangelnden Sichtbarkeit der Stabsarbeit für die Bevölkerung vor Ort, sodass der Stab und damit auch die von ihm betriebenen Maßnahmen unter mangelnder Akzeptanz in der Bevölkerung und unter den freiwilligen Helfern zu leiden hatten. Eine aktive Einbindung freiwilliger Helfer in die zentral koordinierten Einsatzmaßnahmen erfolgte erst nach einiger Zeit.

Eine Herausforderung bestand darin, dass die Alarm- und Einsatzplanung des betroffenen Kreises nicht in digitalisierter Form vorlag. Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung ist in Tabelle 45 zu finden.

Tabelle 45: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 1b

 Ergebnisse zum Thema Struktur	 Szenario 1b
<ul style="list-style-type: none"> - Verbindungspersonen im Stab, aber teilweise räumlich ausgelagert - Wasserwirtschaftliche Fachberatung erst nach einigen Tagen im Stab vertreten - Entsendung von Kontaktpersonen in die jeweiligen Kreise - Teilweise Ausbildung von Parallelstrukturen innerhalb beteiligter Organisationen - Dominanz von Aspekten des Katastrophenschutzes - Teilweise spontane Funktionsfestlegung (S1-S6) und Schichtwechsel verursachen Reibungsverluste - 3- statt 2-Schicht-System fördert Individualleistung, verschärft aber Reibungsverluste - Ausbildung von Spezialisierungen und Hinzuziehen von Fachberatung verbessert Informationsqualität, erhöht aber Abstimmungsbedarf - Teilweise mangelnde Abstimmung zwischen Einsatzabschnitten bzw. Führungs- und Verwaltungsstab - Wenige ortskundige Personen beteiligt - Keine Einbindung freiwilliger Helfer - Entwicklung eines digitalen Lagebildes zur Reduzierung von Doppelarbeit und Steuerung der Informationsqualität 	

4.6.5 Szenario 2

Im Unterschied zum vorangegangenen Szenario 1 sehen sich die Teilnehmer aus dem Bereich der Wasserwirtschaft in diesem Szenario eines technischen Versagens in einer aktiveren Rolle. Zum einen betrachten sie es als ihre Aufgabe, die Schwachpunkte von Schutzeinrichtungen zu kennen bzw. das Risiko eines drohenden Versagens frühzeitig zu identifizieren. Im Zusammenhang mit der Fachberatung bringt die Wasserwirtschaft gemäß Darstellung der Teilnehmer ihre Expertise in der Erarbeitung konstruktiver Sicherungsmaßnahmen oder im Aufbau einer zweiten Verteidigungslinie ein („*Wir haben die Wasserwehren so ausgebildet, dass die eben angewiesen werden durch den Deichfachberater, und dann läuft das*“ (Nr. 10, Pos. 63, WaWi)). Ebenso soll die Entscheidung über ein ggf. herbeizuführendes kontrolliertes Versagen, z.B. im Sinne einer entlastenden Deichöffnung, durch wasserwirtschaftliche Berechnungen und Einschätzungen unterstützt werden.

Im Hinblick auf die Stabsstrukturen gehen insbesondere Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz darauf ein, dass aufgrund des eigentlich eher kleinen Hochwasserereignisses der Organisationsaufbau (z.B. Einberufung eines Stabes) noch nicht so weit vorangeschritten ist, wie es die Situation nach dem plötzlichen Versagen der Hochwasserschutzanlage erfordert (vgl. Nr. 25, Pos. 103, KatS).

Eine Chance dieses Szenarios sehen einige Teilnehmer jedoch darin, dass die Lage in umliegenden Bereichen vergleichsweise überschau- und kontrollierbar ist, sodass mit kurzfristiger personeller und materieller Unterstützung aus Nachbarkommunen gerechnet werden kann („*Es ist so ein Szenario, wo man sagt, in großen Teilen ist alles zu bewältigen, aber punktuell gibt es ein Problem. Das führt natürlich dazu, dass man mit allen Möglichkeiten der Wasserwirtschaft personell sich auf so einen Bereich (...) konzentrieren kann*“ (Nr. 9, Pos. 34, WaWi)).



Ungeachtet der durch das technische Versagen gestiegenen Komplexität des Ereignisses sehen die Teilnehmer aus dem Bereich des Katastrophenschutzes die grundsätzlichen Rahmenprozesse, z.B. aus der DV 100, weiterhin als zielführend einsetzbar an. Es herrscht allgemeiner Konsens, dass ein Wiederverschluss einer bereits eingetretenen Bruchstelle, je nach deren Größe, sich technisch als eher schwierig gestaltet (vgl. Nr. 4, Pos. 37, WaWi).

Grundsätzlich sollte für ein planmäßiges Überschreiten der Bemessungsgrenzen sowie ein außerplanmäßiges technisches Versagen der Hochwasserschutzeinrichtungen bereits im Vorfeld ein Schutz- oder Verteidigungskonzept (z.B. bezüglich einer zweiten Verteidigungslinie bzw. Riegelstrukturen) im Rahmen der Vorsorge erstellt werden (vgl. Nr. 17, Pos. 31, WaWi). Die bei einem plötzlichen außerplanmäßigen Versagen (**Szenario 2a**) einer mobilen Hochwasserschutzeinrichtung geringe bis gar nicht vorhandene Vorlaufzeit stellt die Systeme vor große strukturelle Herausforderungen und birgt die Gefahr in bloßer Reaktion zu enden (*„Weil ganz ehrlich, dass die wirklich von jetzt auf gleich komplett versagen, das wäre schon wirklich im wahrsten Sinne des Wortes die Katastrophe schlechthin. (...) Reagieren kann dann eigentlich nur noch der Versuch sein, das Ereignis im Raum irgendwie in den Griff zu bekommen“* (Nr. 4, Pos. 37, WaWi)).

Trotz drohender struktureller Überlastung erhofft man sich eine schnelle Detektion durch die engmaschigen Kontrollen in urbanen Bereichen (*„Da ist zumindest von Vorteil, dass in den kommunalen Bereichen die Anlagen ja auch sehr intensiv betreut werden (...), sodass so ein Ereignis wenigstens dann sehr kurzfristig festgestellt werden könnte“* (Nr. 7, Pos. 35, WaWi)). Ein Teilnehmer aus dem Katastrophenschutz merkt an, dass die Einsatzkräfte bei der Verteidigung aufgrund der fehlenden Zeit für die Einweisung nicht durch Spontanhelfer, wie es z.B. bei Szenario 1a eher möglich ist, unterstützt werden können: *„Das kann ich aber mit Spontanhelfern nicht machen. Das würde mir meine Einsatzkräfte binden die Spontanhelfer anzuleiten. Dieses Versagen der Hochwasserwand ist eine Stundensache (...). Das ist mit den Spontanhelfern nicht zu leisten. Und das ist ein Riesenunterschied zum Beispiel zu einem Hochwasser an [Fluss]“* (Nr. 20, Pos. 15, KatS).

Wenn es zu einem drohenden Deichversagen (**Szenario 2b**) kommen sollte, wird von einem Teilnehmer folgende Option genannt: *„Natürlich, wenn dort der Deich zu brechen droht, (...) kann man natürlich auch überlegen, vielleicht durch Flutung des Reserveraums zu entlasten. Ist allerdings dann sicherlich eine Entscheidung, die ereignisbezogen getroffen werden muss, weil natürlich im Genehmigungsverfahren für diesen Reserveraum ist Einsatz halt nicht vorgesehen“* (Nr. 17, Pos. 21, WaWi). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 46 zu finden.

Tabelle 46: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 2

 Ergebnisse zum Thema Struktur	 Szenario 2
<ul style="list-style-type: none"> • Aktive Rolle Wasserwirtschaft: Frühzeitige Identifikation des drohenden Schadens, Planung/Anleitung konstruktiver Sicherungsmaßnahmen, Durchführung von Modellierungen oder Planung eines kontrollierten Versagens • (Stabs-)Strukturen vermutlich nicht vollständig ausgebildet • Kleinräumige Lage begünstigt Unterstützung aus dem Umfeld • Grundsätzliche Prozesse (z.B. Führungskreislauf nach FwDV 100) vollständig anwendbar • Besondere Relevanz der Vorbereitung aufgrund kurzer Vorlaufzeit 	

4.6.6 Szenario 3

Für Teilnehmer des Katastrophenschutzes besteht in diesem Szenario die größte Herausforderung aus struktureller Sicht in der erforderlichen Aufspaltung der Einsatzkräfte zur Bekämpfung beider Teilereignisse (*„Inwieweit hier die Struktur darauf schon ausgerichtet ist, stelle ich mal so in Frage. Weil man hat diese Kombinatorik sicherlich noch nie so richtig durchdacht, muss ich jetzt fairerweise sagen“* (Nr. 5, Pos. 84, WaWi)).

Neben der dadurch reduzierten Personaldecke für das Einzelereignis entsteht insbesondere eine Verdopplung des Personalbedarfs im Bereich der Führung von Einsatzabschnitten. In Verbindung mit der allgemeinen Herausforderung im Hinblick auf Schichtregelungen fällt diese Problematik besonders ins Gewicht.

Bezugnehmend auf die Vielfalt und Vielzahl der verschiedenen Akteure geht ein Teilnehmer auf die zusätzliche Beteiligung des Abwasserwesens zur Berücksichtigung der Kapazitäten von Kläranlagen und Kanalisation ein. Ebenso entstehen komplexere Anforderungen im Bereich der Verkehrsregelung für den zivilen Verkehr, sodass für diese Aufgaben weiteres Personal gebunden wird. (vgl. Nr. 26, Pos. 93, KatS).

Während durch das eher kleinräumige Auftreten der Starkregenkomponente Hilfe von außen als ausreichend verfügbar betrachtet wird, stellt der kurze zeitliche Vorlauf jedoch aus Sicht der Teilnehmer eine große Einschränkung bei ihrer Einbindung dar (*„Und oftmals habe ich als Landesstruktur bei so einem Starkregenereignis erstmal gar keine Option, (...) weil ich so schnell natürlich mit solchen, mit so landesweiten Einsatzkräften gar nicht vor Ort bin“* (Nr. 2, Pos. 67, WaWi)). Aus der Perspektive mehrerer Teilnehmer aus dem Bereich der Wasserwirtschaft erweitert sich diese Herausforderung auch auf die Fachberatung durch wasserwirtschaftliche Stellen. Das größte Potenzial wasserwirtschaftlicher Maßnahmen sehen die Teilnehmer aus diesem Bereich daher in der Kenntnis kritischer Stellen aus Starkregensicht und deren Berücksichtigung bei der baulichen Gestaltung sowie in der Schulung und Sensibilisierung der Bevölkerung.

Den Aufbau von wirksamen Stabsstrukturen während oder kurz nach dem Starkregenereignis schätzt eine Person aus dem Bereich des Katastrophenschutzes als unrealistisch ein: *„Katastrophenschutz ist nichts, was sich sehr schnell aufbauen lässt. Ereignisse wachsen ja auch. Ich nehme mal so ein Ad-hoc-Ereignis (...) bis man dann Katastrophenschutzstrukturen*

aufgebaut hat, dauert das eben doch seine Zeit. Da mag so vier Stunden mal die absolute Untergrenze vielleicht sein“ (Nr. 25, Pos. 103, KatS und vgl. Nr. 3, Pos. 67, KatS).

Im Hinblick auf den Grad der Vorbereitung auf den Einsatz gehen mehrere Teilnehmer aus dem Bereich Katastrophenschutz für dieses Szenario von der schlechten Ausgangslage aus, nehmen dazu jedoch verschiedene Perspektiven ein. Einzelne Teilnehmer gehen dabei insbesondere auf die geringeren Erfahrungswerte bei der örtlichen Feuerwehr durch die seltenere Häufigkeit von Starkregenereignissen ein (vgl. Nr. 12, Pos. 49, KatS).

Andere Teilnehmer gehen in diesem Zusammenhang auf den im Vergleich zu einem reinen Flusshochwasser anders gearteten Materialbedarf ein und verweisen auf Spezialgerät, das unter Umständen erst von anderen Organisationen (z.B. dem THW) angefordert werden muss (Nr. 27, Pos. 31, KatS).



Auch Teilnehmer aus der Wasserwirtschaft gehen auf den gleichen Aspekt ein. Sie stellen dabei insbesondere die Tatsache in den Vordergrund, dass für Starkregenereignisse in der Regel keine Vorkehrungen im Rahmen der Alarm- und Einsatzpläne getroffen sind und daher der Anteil der Spontanentscheidungen steigt. Eine Person betont hinsichtlich der Wichtigkeit der Vorsorge: *„Ohne eine gute Vorbereitung [oder] eine gute Grundlagenermittlung kann man nicht im Ereignisfall ausreichend oder nicht gut reagieren“* (Nr. 30, Pos. 45, WaWi).

Diesbezüglich wird auch die Wichtigkeit baulicher Maßnahmen betont: *„Also ich denke gerade Starkregen, um es nochmal zu betonen, ist ganz stark eine Vorsorge erforderlich, um sich da zu schützen. Und zwar eben aus baulicher Sicht, also Objektschutz“* (Nr. 17, Pos. 69, WaWi).

Schutzmaßnahmen (z.B. Sandsäcke oder ortsunabhängige mobile Schlauchsysteme) im Ereignis einzurichten wird hingegen verneint: *„So kurzfristig wie die auftreten, kann ich da eigentlich ganz, ganz, ganz wenig baulich zum Beispiel errichten oder sowas. Das ist einfach so gut wie gar nicht möglich. Es müssen also Strukturen sein, die schon da sind“* (Nr. 2, Pos. 67, WaWi).

Teilnehmer mit Berührungspunkten zu Managementsystemen geben an, dass diese bislang eher nicht für die Anwendung im Starkregenkontext ausgelegt sind, und verweisen daher auf die Ereignis- und Einsatzdokumentation als derzeit verbleibendes Einsatzpotenzial von Managementsystemen (vgl. Nr. 34, Pos. 35, KatS). Eine Zusammenfassung der v.g. Ergebnisse ist in Tabelle 47 zu finden.

Tabelle 47: Ergebniszusammenfassung Struktur – Szenario 3

 Ergebnisse zum Thema Struktur	 Szenario 3
<ul style="list-style-type: none"> - Aufspaltung von Kräften und Ressourcen auf die beiden Teilereignisse - Verschärfung der Vertretungsproblematik - Abwasserwerke sowie Verkehrsbehörden als zusätzliche Akteure - Unterstützung aus dem Umfeld aufgrund der Kleinräumigkeit denkbar, jedoch aufgrund Kurzfristigkeit u.U. erst nach Ereigniseintritt - Aktive Einbindung Wasserwirtschaft aufgrund kurzer Anbahnung schwierig - Stabsstrukturen i.d.R. nicht aufgebaut - Wenig Erfahrung mit bzw. Übungen zu Starkregen bei den Einsatzkräften - Oftmals keine Vorkehrungen für Starkregen in der Alarm- und Einsatzplanung - Besondere Relevanz (baulicher) Vorbereitung - Hochwassermanagementsysteme i.d.R. (noch) nicht auf Starkregen ausgelegt 	

4.6.7 Zwischenfazit

Aus struktureller Sicht herrscht Einigkeit, dass die Ereignisvorbereitung in der hochwasserfreien Zeit einen zentralen Erfolgsfaktor bei der Bewältigung eintretender Ereignisse und der Minderung von deren Folgen bildet. Ein Aspekt dieses Vorsorgegedankens ist die Aufstellung von Alarm- und Einsatzplänen, wobei sich aus den Darstellungen der Teilnehmer entnehmen lässt, dass es hierbei derzeit ein Qualitätsgefälle ausgehend von einer guten Qualität bei regulären Hochwasserereignissen hin zu unerwarteten Entwicklungen oder gar komplexen multifaktoriellen Ereignissen mit Starkregenkomponente gibt. Von der grundsätzlichen Vordefinition eines strukturellen Aufbaus und grundlegender Prozesse, z.B. der FwDV 100, kann in allen Szenarien profitiert werden, wobei die beschriebenen Vorgehensweisen insbesondere bei unerwarteten Lageentwicklungen einen Ankerpunkt bieten. Der Ausbildungsstand der operativen Einsatzkräfte wird von den Teilnehmern über alle Szenarien hinweg als wichtiger Baustein gesehen. Während bei reinen Hochwasserereignissen dabei vor allem Übungsaspekte sowie handwerkliche bzw. manuelle Prozesse (wie z.B. Deichverteidigungsmaßnahmen) im Vordergrund stehen, wird wasserwirtschaftliches Fach- und Hintergrundwissen bei unerwarteten Ereignissen oder besonders komplexen Lagen zunehmend wichtiger, um die Handlungsfähigkeit zu erhalten. Auch die wasserwirtschaftliche Fachberatung kann in allen drei Szenarien einen positiven Beitrag leisten, wobei diese insbesondere in den Szenarien 1 und 3 nicht während des eigentlichen Einsatzes, sondern im Rahmen der Vorsorge die größte Wirkung entfaltet. Das größte strukturelle Erfolgsrisiko geht szenarienübergreifend vom Fehlen einer steuernden Einheit aus. Während sich dieses Risiko bei einem plötzlich eintretenden Ereignis vor allem dadurch auszeichnet, dass dieser Führungsstab erst gar nicht aufgebaut wurde, entsteht das Risiko bei lang andauernden Ereignissen über die Dauerbelastung und Vertretungsregelung innerhalb des Stabes bei komplexen Lagen hingegen durch die Vielzahl der Aufgaben und die Aufspaltung von Kapazitäten.

4.7 Fazit zu den Ergebnissen der unterschiedlichen Datenerhebungsmethoden

Ziel der empirischen Studie war es, eine Ergebnisgrundlage für die nachfolgende Diskussion zu erheben. Die Methode orientierte sich dabei an der Forschungsfrage sowie den strukturierenden Fragen, welche die Forschungsschwerpunkte der vorliegenden wissenschaftlichen Erhebung darstellten.

In den vorangegangenen Abschnitten 4.1 bis 4.6 wurden die jeweiligen Ergebnisse in Bezug auf die einzelnen Themen je Szenario betrachtet, im jeweiligen Zwischenfazit themenspezifisch zusammengefasst und die Szenarien dort deskriptiv gegenübergestellt. Dabei konnten sowohl deckungsgleiche Ergebnisse als auch abweichende Teilaspekte herausgearbeitet werden. In diesem Abschnitt sollen nun im Sinne einer Triangulation die Ergebnisse der verschiedenen Datenerhebungsmethoden deskriptiv abgeglichen werden. Hierzu gehört insbesondere eine Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den Experteninterviews sowie den Archiv-/Sekundärdaten mit den teilnehmenden Beobachtungen im Februar 2021 sowie ab Juli 2021. Die Befunde dieses Abgleichs sollen sodann im nächsten Schritt der Bearbeitung in Kapitel 5 diskutiert und interpretiert werden.

Im Hinblick auf die Einschränkung der **Entscheidungsvariablen** im Handlungsfeld Führung ergab sich aus den Expertenbefragungen die Annahme, dass die Einschränkungen auf der Verfügbarkeit von Ressourcen und der technischen Machbarkeit basieren. Bereits im Routineszenario zeigte sich im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung im Februar 2021 eine Limitierung aufgrund begrenzter Ressourcen – dies jedoch nicht aufgrund ihres generellen Fehlens, sondern in Verbindung mit geteilten Ressourcen und der Priorisierung des Einsatzes gegenüber anderen Katastrophenschutzaufgaben in Verbindung mit einer Kosten-Nutzen-Abwägung. Im Falle des beobachteten sehr großen Hochwasserereignisses im Juli 2021 (Szenario 1b) wandelte sich dies hin zu einem Ressourcenmangel in Bezug auf deren generelle Verfügbarkeit. Ein weiterer einschränkender Aspekt bestand bei diesem beobachteten Ereignis in der Verfügbarkeit von Informationen. Ebenso lag eine Störung der Kommunikation zwischen den Einsatzkräften vor, sodass sich sowohl die Informationsbeschaffung als auch der gezielte Einsatz von Ressourcen erschwerte. Ein weiterer verschärfender Faktor bestand im Szenario 1b in der Störung der logistischen Erreichbarkeit, wobei diese gleichermaßen auf Problemstellungen bei der technischen Machbarkeit, der Informationsbeschaffung und der Verlegung der Ressourcen als limitierender Faktor wirkte.

Im Zusammenhang mit der **Priorisierung** im Handlungsfeld Führung bestätigte sich die bereits aus den Experteninterviews abgeleitete Reihenfolge der Prioritäten. Erwartungsgemäß stand der Schutz der Bevölkerung im beobachteten Szenario 1b an erster Stelle. Aufgrund des für ein Hochwasserereignis dieser Größenordnung unerwartet kurzen zeitlichen Vorlaufs war

hierbei jedoch der Anteil der Rettungsmaßnahmen gegenüber den vorbeugenden Evakuierungsmaßnahmen deutlich erhöht. Ebenso beschränkten sich aufgrund des kurzen Vorlaufs (und des generellen Fehlens technischen Hochwasserschutzes) die Verteidigungsmaßnahmen bei diesem Ereignis im Juli 2021 auf das Räumen von Verkläuerungen, von denen auch nach dem eigentlichen Hochwasserscheitel immense Risiken ausgingen. Bevor im nächsten Schritt ein Lagebild erstellt werden konnte, galt es die vorliegenden Informationen, die während der vorangegangenen Schritte eingegangen worden waren, zu organisieren und zu priorisieren. Im Zuge des kurzfristigen Ereigniseintritts war der Aspekt der Bevölkerungswarnung vernachlässigt worden, der das Gleichgewicht zwischen Evakuierung und Rettung zu Gunsten präventiver Maßnahmen hätte verschieben können. Während des Ereignisses im Juli 2021 und bei der Bewältigung der Folgen zeigte sich ein immenses Engagement der Bevölkerung, sowohl aus den betroffenen Gebieten, aber auch regional weit darüber hinaus. Eine Lenkung dieser Aktivitäten im Sinne eines abgestimmten Handelns zwischen Einsatzkräften und Selbsthilfe der Bevölkerung fand nicht statt, sodass Reibungsverluste entstanden und Synergiepotenziale nicht realisiert werden konnten.

Für den Forschungsschwerpunkt **entscheidungsrelevante Daten** im Handlungsfeld Daten hatte sich aus den Experteninterviews ergeben, dass im Falle eines Hochwassers auf eine kaum eingeschränkte Vielfalt an Daten und Informationen zurückgegriffen werden kann, um die zu treffenden Entscheidungen daraus abzuleiten. Für den im Februar 2021 beobachteten Routinefall bestätigte sich diese Ansicht, wobei die Mehrzahl der verfügbaren Informationen für die überschaubaren tatsächlich zu treffenden Entscheidungen praktisch irrelevant war. Im Rahmen der Beobachtungen des sehr großen Hochwasserereignisses im Juli 2021 (Szenario 1b) zeigte sich hingegen, dass aufgrund der beschädigten Messeinrichtungen nach der Überschreitung von deren Bemessungsgrenze deutlich weniger Rohdaten und Prognosen zur Verfügung standen, als nach den Experteninterviews zu erwarten gewesen wäre. In Ermangelung dieser Daten und aufgrund der kurzen Vorlaufzeit gestaltete sich die erhoffte Modellierung von Handlungsalternativen praktisch nicht umsetzbar. Da ein Ereignis dieser Größenordnung bei der Erstellung der Alarm- und Einsatzplanung nicht erwartet worden war, lagen zahlreiche Basisinformationen, z.B. zur Bevölkerungsstruktur, nicht zentral vor. Zwar konnte mit Hilfe der Fernerkundung verhältnismäßig schnell eine Aussage zum Zerstörungsgrad bzw. zur Nutzbarkeit von (Verkehrs-)Infrastruktur getroffen werden, wobei die akute Rettungsphase zu diesem Zeitpunkt bereits abgeschlossen war. Die dabei identifizierte weitreichende Zerstörung in Verbindung mit Ausfällen der Informationsinfrastruktur erschwerte aber über einen längeren Zeitraum hinweg die Informationsbeschaffung. In der Summe ist festzustellen, dass sowohl die Qualität, aber insbesondere die Quantität der zur Entscheidungsfindung verfügbaren Information im beobachteten Szenario 1b nicht dem aus den Experteninterviews und den Sekundär-/Archivdaten erwarteten Niveau entsprach, da viele Informationsquellen nicht darauf ausgelegt waren, ein Ereignis des beobachteten Umfangs

abzubilden. Hinzu kam, dass umfangreiche zustandsbezogene Informationen benötigt wurden, deren Beschaffung sich unter den gegebenen Bedingungen schwierig darstellte. In der Folge konnten sich die Entscheidungen während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 nicht auf eine den Erwartungen entsprechend breite Informationsbasis stützen, sondern mussten praktisch durchgängig indizienbasiert getroffen werden.

Während die Experteninterviews nahegelegt hatten, dass im Hochwasserszenario 1 (sehr großes Hochwasser) auf eine vergleichsweise hohe Zahl an **Automatisierungsaspekten** (Handlungsfeld Technische Instrumente) zurückgegriffen werden könnte, galt dies während der Beobachtungen nur für das Routinehochwasser. Im beobachteten Szenario eines sehr großen Hochwassers (Szenario 1b) waren die technischen Messeinrichtungen und diversen Anlagen mehrheitlich zerstört oder nicht mehr betriebsfähig, sodass diese weder ihrerseits automatisch betrieben werden konnten noch als Inputgeber im Sinne von Daten oder Auslöseschwellen fungieren konnten. Der Mangel sowie die zu Beginn geringe Belastbarkeit vorliegender Informationen schlossen die Anwendung von Entscheidungsunterstützungssystemen (EUS – Decision Support Systems) aus. Automatisierungspotenziale, die im Prozess der Bevölkerungswarnung hätten unterstützen können, wurden während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 nicht erfolgreich genutzt. Automatisierung konnte so im Rahmen des Szenario 1b lediglich im Sinne von Prozessautomatismen beobachtet werden. Auch dies blieb in seinem Umfang jedoch aufgrund ungewohnter Prozessanforderungen infolge des Schadensausmaßes sowie der ungewohnten bzw. ungeübten überregionalen und bundesländerübergreifenden Zusammensetzung der Einsatzkräfte begrenzt. Für die dynamischen Szenarien 2 und 3 hatten die Experten bereits deutlich weniger Automatisierungspotenzial gesehen. Dies wird durch die Beobachtung in Szenario 1b gestützt. Aufgrund der ausgefallenen technischen Messeinrichtungen und wasserwirtschaftlichen Anlagen beschränkten sich die **Auslöseschwellen** (Handlungsfeld Daten) im beobachteten Szenario 1b auf Alarmstufen und Beobachtungen (teilweise aus Maßnahmen der Fernerkundung) anstatt Messwerten und Prognosen und Meldungen zu Verklausungen und anderen Gefahrenpotenzialen. Für die dynamischen Szenarien 2 und 3 hatten die Experten bereits deutlich weniger Automatisierungspotenzial gesehen. Dies wird durch die Beobachtung in Szenario 1b gestützt. Eine Ausnahme bildet die Vorhersage/Wetterwarnung bezüglich eines weiteren Starkregenereignisses, aus der die Vorbereitung einer erneuten Evakuierung abgeleitet wurde. Während des im Februar 2021 beobachteten Routinefalls hatte die Auslösung von Handlungen durch Pegelstände und Prognosen in Verbindung mit der Ausrufung einer Alarmstufe wie erwartet den Einsatz herbeigeführt und gelenkt.

Für alle Szenarien wurden in den Experteninterviews und Sekundär-/Archivdaten vielzählige bereits genutzte **technische Instrumente** (aus dem gleichnamigen Handlungsfeld) benannt sowie weitere Vorschläge zur Beschaffung oder Weiterentwicklung angebracht. Im Szenario 1b konnte neben den zerstörten technischen Instrumenten aufgrund der Kürze der Zeit und

des Mangels adäquater Inputdaten nicht auf die Simulation von Entscheidungsalternativen zurückgegriffen werden. Hochwassermanagement- und -informationssysteme waren im Vorfeld des Ereignisses nicht eingerichtet worden, sodass nicht von ihrer Nutzung profitiert werden konnte. Als ein aufgrund geringen Einarbeitungs- und Einrichtungsaufwands kurzfristig umsetzbarer Teilaspekt eines Hochwassermanagement- und -informationssystems wurde anlässlich des Hochwasserereignisses im Juli 2021 ein GIS-basiertes digitales Lagebild entwickelt. Methoden der Fernerkundung und der Vernetzung über mobile Endgeräte stellten sich in einer Situation des allgemeinen Informationsmangels (mit Einschränkungen durch die teils lückenhafte bzw. zeitversetzte Datenübertragung) in Szenario 1b als gut nutzbare technische Instrumente heraus.

Aus den Experteninterviews hatte sich hinsichtlich des Forschungsschwerpunktes bzw. des Handlungsfeldes **Struktur** die Erwartung abgeleitet, dass die Alarm- und Einsatzplanung selbst im Falle eines HQ_{Extrem} Anwendung finden würde. Im Rahmen der Beobachtung stellte sich heraus, dass sich der erwartete Mehrwert zwar insbesondere im Routinefall einstellt, im Kontext des beobachteten sehr großen Ereignisses im Juli 2021 allerdings nur bis zur Erreichung eines gewissen Bemessungswasserstandes (BHW), auf den die Planungen ausgelegt sind, realisiert wird. Wird dieser überschritten, sind Ad-hoc-Entscheidungen der Einsatzführung erforderlich. Die Annahme, dass während des Ereignisses mit einem voll einsatzbereiten Stab agiert würde, hat sich in der Summe während des beobachteten Ereignisses im Juli 2021 bewahrheitet, wobei aufgrund der verzögerten Aufstockung in Verbindung mit der schnellen Entwicklung der Ereignisse und des erforderlichen räumlichen Umzugs Reibungsverluste auftraten, die die volle Wirkentfaltung verzögerten. Neben den Herausforderungen im Hinblick auf die unzulänglichen wasserwirtschaftlichen Fachkenntnisse der Einsatzkräfte, auf die bereits die interviewten Experten aufmerksam gemacht hatten, stellte sich schon im beobachteten Routinefall im Februar 2021 heraus, dass auch die handwerklich-prozessuale Ausbildung der eingesetzten Kräfte Defizite aufwies. Während dies bei der Routinebeobachtung ohne negative Folgen blieb, ergab sich ein erhöhtes Risikopotenzial im tatsächlichen Ereignisfall (Szenario 1b). In der Eskalation dessen verschärften sich die resultierenden Herausforderungen mit zunehmender Dauer des Einsatzes ab Juli 2021 in Gestalt des bereits aus den Experteninterviews abgeleiteten Vertretungseingpasses. Ebenso bestätigte sich während der teilnehmenden Beobachtung in Szenario 1b die Annahme, dass das Potenzial wasserwirtschaftlicher Fachberatung während des laufenden Ereignisses nur schwer zu heben ist. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einfluss vorsorgender Maßnahmen dort, wo solche getroffen worden waren, klare positive Effekte erzielte, jedoch viele Ausprägungen des beobachteten sehr großen Hochwasserereignisses im Juli 2021 nicht oder nur unzureichend vorbereitet worden waren.

5. Diskussion

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt die Ergebnisse aus den unterschiedlichen Datenerhebungen für die verschiedenen Szenarien verdichtet dargestellt wurden, soll im nächsten Schritt die Diskussion und Interpretation der vorliegenden Ergebnisse erfolgen. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse werden sodann jeweils im Rahmen eines Interpretationsvergleichs mit Veröffentlichungen aus Wissenschaft und Forschung sowie mit den Ergebnissen der theoretisch-konzeptionellen Recherche abgeglichen. Darauf aufbauend werden anschließend die strukturierenden Fragen F.1 bis F.8 beantwortet.

5.1 Besonderheiten der Szenarien

In diesem Kapitel werden die Charakteristika der verschiedenen Szenarien dargestellt, sodass Erkenntnisse, die sich auf die jeweiligen Charakteristika beziehen, auch auf andere (im Rahmen dieser Dissertation nicht untersuchten) Szenarien anwendbar sind, die vergleichbare Ansprüche an die Ereignisvorbereitung und-bewältigung stellen.

5.1.1 Diskussion der Ergebnisse

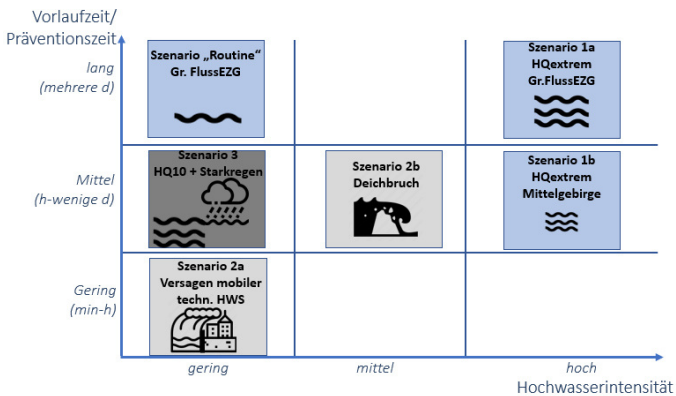


Abbildung 29: Unterscheidung der Szenarien nach Hochwasserintensität und Vorlaufzeit

Die szenarienspezifischen Besonderheiten wurden im Ergebniskapitel in den jeweiligen Unterkapiteln von 4.1 bis 4.6 begleitend dargestellt. Die Szenarien unterscheiden sich neben der Hochwasserintensität u.a. in der Vorlaufzeit (s. Abbildung 29). Letztere sehen die befragten Experten als erfolgskritischer im Rahmen der Bewältigung an als die Hochwasserintensität. Hierbei war für die Ereignisbewältigung entscheidend, ob die Vorlaufzeit ab Erkennen des bevorstehenden Ereigniseintritts ausreicht, um operative Maßnahmen (z.B. Schutz-/Verteidigungsmaßnahmen/Evakuierung) durchzuführen. Die Intensität limitiert unter Umständen die

technische Machbarkeit von Maßnahmen und beeinflusst die Menge der benötigten personellen und materiellen Ressourcen. Die Aufkudung eines Deiches mit Hilfe von Sandsäcken ist beispielsweise statisch limitiert.

5.1.2 Interpretationsvergleich

Hinsichtlich eines Vergleichs zu anderen Ergebnissen aus Wissenschaft und Forschung sei auf das BMBF-Forschungsprojekt ClimXtreme sowie dessen Teilprojekt „Analysing probabilities of compound events“ (Pro-ComE) (Laufzeit bis 2023) verwiesen, das die Auswirkungen von Extremereignissen in einer Analyse kombinierter Ansätze untersucht (SIMON & MUDERSBACH 2021). SIMON & MUDERSBACH (2021) führen diesbezüglich aus, dass „kombinierte Extremereignisse [...] eine hohe Gefahr für Mensch und Umwelt darstellen [können]. Bedingt durch den Klimawandel ist mit einer Zunahme dieser Ereignisse zu rechnen. In diesen Untersuchungen wurde anhand von Korrelationsanalysen der Einfluss von Starkregen auf Flusshochwasser aufgezeigt. Hierbei zeigte sich, dass dieser stark abhängig von der zugehörigen Einzugsgebietsgröße ist. In kleinen Einzugsgebieten ist, in Abhängigkeit der Dauerstufe, eine Beeinflussung des Abflusses durch Niederschlagsereignisse erkennbar. [...] In großen EZGs hingegen lässt sich kaum eine Abhängigkeit zwischen Niederschlag [d.h. Starkregenereignissen] und Abfluss erkennen“. Es ist somit für die vorliegende Arbeit festzuhalten, dass die Wahrscheinlichkeit für eine direkte Beeinflussung eines Flusshochwassers durch ein Starkregenereignis bezüglich deren jeweiliger Bewältigung insbesondere in kleinen bis mittleren Einzugsgebieten höher als in großen Einzugsgebieten ist.

Hinsichtlich Erkenntnissen aus der theoretisch-konzeptionellen Recherche wird in WBW (2006) für die Alarm- und Einsatzplanung eine szenarienspezifische Betrachtung empfohlen und diesbezüglich betont, dass „Szenarien [...] nicht realistisch oder wahrscheinlich sein [müssen]. Da oftmals genau diese weniger wahrscheinlichen Fälle nicht ausreichend vorbereitet sind, ist es umso dringlicher, alle potenziellen Szenarien in Betracht zu ziehen.“ Eine vergleichbare Aussage findet sich in einem Muster-Alarm- und Einsatzplan vom KREIS DÜREN (2020). Um bei diesen Vorbereitungen die korrekten Maßnahmen zu definieren, ist eine Kenntnis der szenarienspezifischen Charakteristika und der daraus resultierenden Anforderungen an durchzuführende Maßnahmen erforderlich. Die Relevanz einer szenarienbezogenen Betrachtungsweise stellen auch MERZ et al. (2010a) insbesondere in Anbetracht der Unsicherheit zukünftiger Entwicklungen heraus.

Des Weiteren wird in WBW (2006) die Relevanz der Spanne vom Erkennen eines zukünftigen Ereignisses bis zum tatsächlichen Eintrittszeitpunkt betont (sowie vgl. LUBW 2016) und deren Verhältnis zur Rüstzeit erforderlicher Einsatzmaßnahmen zur Ereignisbewältigung. Hierbei ist die Rüstzeit die Zeit, die zur Maßnahmenvorbereitung notwendig ist, damit diese ihre Wirksamkeit entfalten kann. Wichtig ist, dass der Zeitpunkt für den Maßnahmenbeginn so

festgelegt wird, dass die notwendige Vorbereitung vor Eintritt des Ereignisses abgeschlossen ist. Es wird daher empfohlen, im Rahmen der Alarm- und Einsatzpläne verschiedene Szenarien vorzubereiten und Rüstzeiten für Einsatzmaßnahmen je Szenario zu ermitteln. Ergänzend sollen jeweils Auslöseschwellen identifiziert werden, bei deren Erreichen noch genug Zeit für das Anlaufen der Maßnahme verbleibt. Hierzu wird empfohlen einen Sicherheitsfaktor für Eventualitäten miteinzuplanen. Auch im Rahmen der empirischen Studie ergab sich die Erkenntnis, dass die Vorlaufzeit bis zum Ereigniseintritt eine hohe Relevanz aufweist, um technische und organisatorische Maßnahmen erfolgswirksam in die Wege zu leiten.

5.1.3 Beantwortung von Frage F.1

Der fachlichen Diskussion zu den identifizierten Forschungsschwerpunkten bzw. den entwickelten Hauptkategorien wird eine detaillierte Betrachtung der szenarienspezifischen Besonderheiten für die Ereignisvorbereitung und -bewältigung vorangestellt. Hierzu soll im Folgenden die in Kapitel 2.5 aufgestellte Frage F.1 beantwortet werden.

*Zu Frage F.1: Wie unterscheiden sich die betrachteten **Szenarien** im Hinblick auf einzelne Ereigniskomponenten und die daraus resultierenden Besonderheiten bzw. Herausforderungen für die Ereignisvorbereitung und -bewältigung?*

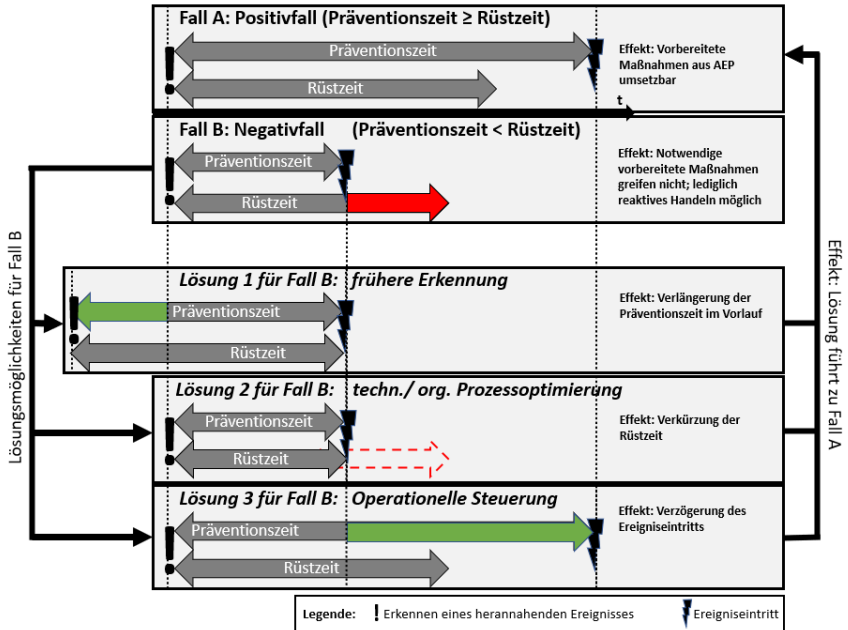
Ein zentraler Unterschied zwischen den Szenarien besteht in der Vorhersagbarkeit des Ereigniseintritts und des Ereignisverlaufs. Bei Fluss-Hochwasserereignissen in großen Einzugsgebieten bleibt üblicherweise ausreichend Zeit (mehrere Tage) zur Vorbereitung von Maßnahmen und zur Aktivierung von (Stabs-)Strukturen. Auch zeitintensive Maßnahmen (z.B. der Aufbau mobiler HW-Schutzwände) können durchgeführt werden.

Bei Hochwassern in kleineren (und ggf. steil ausgeprägten) Einzugsgebieten mit schlecht ausgebautem Monitoring gilt dieser Vorteil jedoch nur sehr eingeschränkt. Auch bei Starkregenereignissen oder drohenden Deichbrüchen ist die Vorlaufzeit deutlich reduziert. Beim Spontanversagen eines technischen Hochwasserschutzes besteht quasi keine Vorlaufzeit. Einen Teil dieser Problematik stellt auch die Dynamik des Geschehens dar. Während sich in reinen Hochwassersituationen in großen Einzugsgebieten (vgl. Szenario 1a) in der Regel über einen längeren Zeitraum hinweg eine erwartbare Entwicklung des Wasserstandes zeigt, verändert sich die Situation für Einsatzkräfte und Bevölkerung bei der Beteiligung einer Starkregenkomponente oder dem Versagen von Hochwasserschutzanlagen innerhalb kürzester Zeit und erfordert kurzfristige Reaktionen und Entscheidungen. Letzteres trifft auch auf Hochwasserereignisse in kleineren Einzugsgebieten im Mittelgebirge mit kurzer Ereignisdauer und der potenziellen Gefahr von Verklausungen zu (vgl. Szenario 1b).

Hochwasserereignisse größerer Jährlichkeit stellen in der Regel überregionale Phänomene

dar, während Starkregenparzellen und das Versagen eines technischen Hochwasserschutzes (v.a. eines mobilen HWS) eher ein kleinräumiges Geschehen zur Folge haben. Zwar begünstigt ein großräumiges Ereignis aufgrund veränderter Zuständigkeitsregelung hin zum Landkreis oder Land grundsätzlich die Aktivierung übergeordneter Kapazitäten (z.B. von Land und Bund), sorgt aber gleichzeitig für Engpässe in der regionalen Beschaffung von Ressourcen und Einsatzkräften sowie wasserwirtschaftlichen Experten. Darüber hinaus steigt der Abstimmungsbedarf der benachbarten Regionen im Hinblick auf durchzuführende Maßnahmen. Auch die Komplexität einer Lage, z.B. ereignisbezogen durch Ereignisüberlagerungen oder nutzungsbezogen (städtische/ländliche Lage), beeinflusst den Verlauf einer Bewältigung, da sich die Entscheidungsfindung aufgrund zu bedenkender Kreuzwirkungen und Kaskadeneffekte von Maßnahmen und Schäden verkompliziert. Zusätzlich stellt sie erhöhte Anforderungen an die Planung und Durchführung des Einsatzes, da eine erhöhte Zahl einschränkender Restriktionen zu erwarten ist. Ein klassisches Flusshochwasser unterliegt verhältnismäßig wenigen externen Einflüssen. Eine Verschlechterung der Situation ist mit der Erreichung eines vordefinierten Pegelstandes zu erwarten. Die Maßnahmen beziehen sich auf die Vermeidung der Erreichung dieses Pegelstandes oder Vorkehrungen für ebendiesen Fall. Kommen weitere Faktoren wie die Folgen von Niederschlägen im Hinterland oder Verteidigungsmaßnahmen an einem Deich hinzu, erhöht dies die Anzahl zu planender und aufeinander abzustimmender Maßnahmen und führt zur Aufspaltung von Kapazitäten. Im Hinblick auf Kapazitätsengpässe z.B. im Zusammenhang mit Vertretungssituationen und Mehrschichtbetrieb sowie die absolute Verfügbarkeit von Ressourcen spielen sowohl die Dauer eines Ereignisses als auch die Jährlichkeit im Abgleich zu den Bemessungsgrenzen von technischen Hochwasserschutzanlagen eine Rolle. Beide Risikofaktoren sind bei einem Hochwasser größerer Jährlichkeit ausgeprägter als bei den multifaktoriellen Ereignissen aus den Szenarien 2 und 3.

Hinsichtlich der szenarienspezifischen Herausforderungen für die Ereignisvorbereitung und -bewältigung konnte festgestellt werden, dass sich die Ereignisse in ihrer Vorlaufzeit, d.h. der Zeitspanne vom Erkennen bis zum tatsächlichen Eintritt, unterscheiden (s. Abbildung 30). Diese Zeitspanne wird in Anlehnung an WBW (2006) im Rahmen der Dissertation als **Präventionszeit** definiert, um ihren Nutzen für präventive operative Maßnahmen zur Vermeidung von Schäden und zum Schutz von Leib und Leben hervorzuheben. Für den Verlauf der Ereignisbewältigung können zwei Fälle unterschieden werden, die den Ereignisverlauf bzw. den Verlauf der Bewältigung erheblich beeinflussen können. Zum einen der **Positivfall** (Fall A), der eine strukturierte Abarbeitung und Umsetzung von im Alarm- und Einsatzplan vorbereitbaren Maßnahmen mit der Charakteristik $\text{Präventionszeit} \geq \text{Rüstzeit}$ umfasst. Zum anderen der **Negativfall** (Fall B) mit einer $\text{Präventionszeit} < \text{Rüstzeit}$ (s. Abbildung 30). In diesem Fall ist die Durchführung notwendiger operativer Maßnahmen bis zum Ereigniseintritt nicht abgeschlossen, weswegen ein reaktives Handeln der Akteure erfolgen muss.



Lösungsmöglichkeit	Maßnahme	Handlungsmöglichkeiten	Effekt
1	Frühere Erkennung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aufbau Warn-/Alarmsystem (technisch/organisatorisch) ➤ Ermittlung von orts- und szenarienspezifischen Auslöseschwellen 	Verlängerung der Präventionszeit im Vorlauf
2	Optimierung der technischen/organisatorischen Prozesse für die Maßnahmen-durchführung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Vorbereitung im Alarm- und Einsatzplan ➤ Übung/ Schulung ➤ Automatisierung ➤ Priorisierung und damit verbundene Zuweisung zusätzlicher Ressourcen ➤ Reduzierung von Schnittstellenproblemen ➤ HW-Managementsysteme zur Koordinierung/Steuerung/ Vorplanung 	Verkürzung der Rüstzeit
3	Operationelle Steuerung wasserwirtschaftl. Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Flutung von Poldern ➤ Talsperrensteuerung ➤ Steuerung Rückhaltebecken ➤ Steuerung sonstiger wasserwirtschaftlicher Anlagen 	Verlängerung der Präventionszeit und Verzögerung des Ereigniseintrittes


Abbildung 30: Zusammenhang zwischen Präventionszeit und Rüstzeit im Rahmen der operativen Bewältigung inkl. Lösungsmöglichkeiten für den Fall B (Negativfall). Anmerkung: Die Längen der Pfeile sind nicht maßstabsgetreu; relevant ist lediglich deren jeweiliges Verhältnis zwischen Präventionszeit und Rüstzeit

Es gibt drei Lösungsmöglichkeiten, um dem Eintreten des Negativfalls durch eine entsprechende Vorbereitung oder Steuerung entgegenwirken zu können (s. Abbildung 30). Zum einen durch eine frühere Erkennung, welche eine verlängerte Präventionszeit im Vorlauf zur Folge hat, durch technische oder organisatorische Prozessoptimierungen, welche zu einer Verkürzung der Rüstzeit führen, oder durch eine operationelle Steuerung wasser-

wirtschaftlicher Anlagen, die den Ereignisbeginn verzögert und somit die Präventionszeit verkürzt. Eine Auswahl möglicher Maßnahmen für die drei Lösungsmöglichkeiten kann obenstehender Abbildung 30 entnommen werden. Eine entsprechende Kombination der drei Lösungsmöglichkeiten erhöht die Erfolgswahrscheinlichkeit der Vorgehensweise.

Abschließend erfolgt in Tabelle 48 eine tabellarische Zusammenstellung der Schlussfolgerungen zu den v.g. Erkenntnissen, aufgeteilt in konkrete Befunde zu den Inhalten dieses Kapitels und daraus abzuleitende Weiterentwicklungsmöglichkeiten für die übergeordnete Gesamtheit des operativen Hochwasserschutzes.

Tabelle 48: Schlussfolgerungen zum Thema Szenarien

 Schlussfolgerungen zum Thema Szenarien	
Konkrete Befunde:	
Wichtige Charakteristika für die Ereignisbewältigung:	
1. Vorhersagbarkeit	4. Räumliche Ausdehnung/Betroffenheit
a) Ereignisseintritt	5. Komplexität
b) Ereignisverlauf/Dynamik	a) Ereignisbezogen
2. Vorlaufzeit/ Präventionszeit	b) Nutzungsbezogen, z.B. städtisch oder ländlich
3. Jährlichkeit/Intensität	6. Ereignisdauer
Relevanz des Verhältnisses zwischen Präventionszeit eines Szenarios und Rüstzeit als erfolgskritischer Faktor für die Ereignisbewältigung	
Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz:	
<ul style="list-style-type: none"> – AEPs sind an die für die Region zu erwartenden Szenarien oder Ereignisse anzupassen bzw. spezifisch zu erstellen. – Ziel: Präventionszeit \geq Rüstzeit durch Verlängerung der Präventionszeit und/oder Verkürzung der Rüstzeit 	

5.2 Entscheidungsvariablen

In diesem Kapitel erfolgt die Diskussion zum Forschungsschwerpunkt Entscheidungsvariablen im Handlungsfeld Führung.

5.2.1 Diskussion der Ergebnisse

Aus der Vielzahl möglicher Maßnahmen bei Hochwasser- und Starkregenereignissen, die im Rahmen der theoretisch-konzeptionellen Recherche, der Experteninterviews und der teilnehmenden Beobachtung identifiziert werden konnten, in Verbindung mit den individuellen Ereignisverläufen verschiedener Szenarien, lässt sich ableiten, dass nicht von einer grundsätzlichen Beschränkung auf einige wenige relevante Kernentscheidungen ausgegangen werden kann. Ebenso erscheint es in Anbetracht dieser Vielfalt schwer, die verschiedenen Ausprägungen von jeweiligen Handlungsalternativen zu systematisieren und zu kategorisieren. Vielmehr lassen sich mehrere abstrakt gelagerte Zusammenhänge herausarbeiten. Zum einen lässt sich ein vielschichtiger Zusammenhang zwischen dem

Ausmaß eines Ereignisses und den in Frage kommenden Entscheidungsalternativen erkennen. In wenig komplexen Lagen, wie dem Routineszenario oder einzelnen Stadien der betrachteten Fälle (z.B. bis zur Erreichung des Bemessungshochwasserstandes technischer Hochwasserschutzanlagen), sind die möglichen Entscheidungsausprägungen kaum durch die Rahmenbedingungen des Ereignisses beschränkt. Gleichzeitig sind diese Sachverhalte in der Regel ausreichend über die vorliegenden Alarm- und Einsatzpläne abgedeckt, sodass vergleichsweise selten die Anforderlichkeit einer freien Entscheidungsfindung besteht, sondern die Entscheidungen in einem engen Rahmen vordefiniert sind.

Bei komplexeren Lagen durch unerwartete Ereignisse, wie ein technisches Versagen oder die Kombination mit einer Starkregenkomponente erweisen sich die bestehenden Alarm- und Einsatzpläne als nur bedingt anwendbar, sodass in diesen Fällen deutlich mehr Individualentscheidungen zu treffen sind. Dem entgegen steht eine drastische Einschränkung der realistisch in Frage kommenden Handlungsalternativen durch restriktive Rahmenbedingungen wie den zeitlichen Vorlauf bis zum Ereigniseintritt oder die Verfügbarkeit von Kräften, Ressourcen und Informationen. Diese Reduzierung der Anzahl möglicher Maßnahmen verkleinert zwar auf den ersten Blick die Anzahl gegeneinander abzuwägender Optionen, erschwert aber gleichzeitig die Entscheidungsfindung, indem der Wegfall verschiedener Alternativen mit bestimmten Ergebniswirkungen die Wichtigkeit der Abwägung verschiedener Zielsetzungen und Prämissen erhöht. Daraus erwächst die zwingende Anforderung einer intensiven Auseinandersetzung mit der Identifikation und Priorisierung von Schutzziele sowie daraus abgeleitet den Handlungsprämissen. Um den Risiken durch freie Entscheidungsfindung in Verbindung mit eingeschränkten Handlungsspielräumen zu begegnen, erscheint eine technische Entscheidungsunterstützung oder zumindest eine technisch gestützte Sammlung und Visualisierung entscheidungsrelevanter Daten ein adäquates Mittel. Ungeachtet der Frage nach technischer Unterstützung kann die Notwendigkeit einer trennscharfen Abgrenzung verschiedener Handlungsalternativen als erfolgskritisch herausgestellt werden, da nur so eine Abwägung der resultierenden Handlungskonsequenzen zur Entscheidungsfindung vorgenommen werden kann. Eine Möglichkeit für eine konkrete Abgrenzung ist z.B.: „Welcher Deichabschnitt soll auf welcher Länge wie hoch und mit welchen Hilfsmitteln gesichert werden?“.

Im Abgleich der Experteninterviews mit den Ergebnissen der teilnehmenden Beobachtung muss festgestellt werden, dass sich im Szenario 1b deutlich mehr entscheidungslimitierende Rahmenbedingungen eingestellt haben, als z.B. für das Hochwasserszenario 1a erwartet wurden. Fehlentscheidungen in einer frühen Phase des Ereignisses führten in Kombination mit dem gleichzeitigen Auftreten verschiedener nachteiliger Faktoren, wie Starkregen und vorheriger Durchfeuchtung des Bodens, zu einer erheblichen Verkürzung des zeitlichen Vorlaufs und schon allein deshalb zu einer unerwarteten Reduzierung möglicher Handlungsalternativen. Verschärft wurde dieser Aspekt durch fehlende Daten, gestörte

Kommunikationskanäle, Zerstörung logistischer Infrastruktur und die Bindung personeller und materieller Ressourcen im Rahmen aufwändiger Rettungsprozesse. Diese Einschränkungen wären auch durch das Vorliegen von Alarm- und Einsatzplänen in adäquater Form und inhaltlicher Qualität bestenfalls gemindert, aber nicht vollumfänglich eliminiert worden. Insoweit lässt sich zusammenfassen, dass auch ein Hochwasserereignis durch ungünstige Umstände mit ähnlich komplizierten Entscheidungsbeschränkungen belegt sein kann, wie die Experten es für die grundsätzlich komplizierter angelegten Szenarien 2 und 3 erwartet hätten. Daraus abgeleitet kann festgehalten werden, dass eine Minderung zeit-, ressourcen- und informationsbezogener Einschränkungen vor allem im Rahmen der Ereignisvorbereitung durch die Etablierung und Schulung von Systemen, die im Ereignisfall die Entscheider unterstützen, erreicht werden kann. Ressourcen sind bedarfsgerecht zu beschaffen und zu verwalten. Zur Vermeidung von Einschränkungen durch fehlende entscheidungsrelevante Daten oder fehlende bzw. zerstörte technische Hilfsmittel werden in den Kapiteln 5.4 und 5.6 entsprechende Ausführungen gemacht.

5.2.2 Interpretationsvergleich

Hinsichtlich eines Interpretationsvergleichs konnten zum Thema Entscheidungsvariablen keine entsprechenden Veröffentlichungen oder Projekte aus Wissenschaft und Forschung ermittelt werden. Dies bestätigt den diesbezüglichen Forschungsbedarf.


5.2.3 Beantwortung von Frage F.2

*Zu Frage F.2: Worin bestehen relevante Entscheidungen, die im Rahmen des operativen Hochwasserschutzes zu treffen sind? Welches sind die **Entscheidungsvariablen** und ihre Ausprägungen und welche Faktoren stellen Einschränkungen bei der Entscheidungsfindung dar?*

Aufgrund der heterogenen Ausgangsbedingungen unterschiedlicher Szenarien in Verbindung mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen durch die Örtlichkeit des Ereignisses lassen sich keine generellen Aussagen zu besonders wichtigen Entscheidungsaspekten und deren Entscheidungsvariablen treffen. Vielmehr kommt es je nach Bedingungen und sogar während des Ereignisverlaufs notwendigerweise zu Verschiebungen, teilweise auch infolge vorangegangener Entscheidungen. Darüber hinaus sind vielzählige nachhaltig wirkende Entscheidungen im Rahmen der Vorbereitung zu treffen, was die Vielschichtigkeit der Problematik erhöht. Insoweit können im Hinblick auf Entscheidungen und deren mögliche Ausgänge lediglich zwei grundsätzliche Zielsetzungen formuliert werden. Zum einen gilt es möglichst viele Entscheidungen für verschiedene denkbare Ereignisverläufe z.B. im Zuge der Alarm- und Einsatzplanung sowie durch Übungen vorzubereiten, um die Zahl der ad hoc zu

treffenden Individualentscheidungen zu minimieren. Zum anderen muss bestmöglich vermieden werden, dass die Findung und Durchführung von Entscheidungen durch einschränkende Faktoren verhindert wird. Als besonders relevant konnten hierbei die Vollständigkeit entscheidungsrelevanter Daten sowie deren Operationalisierung im Zuge der Datenverarbeitung, eine Maximierung des zeitlichen Handlungsspielraums sowie ein adäquates Ressourcenmanagement herausgearbeitet werden. Zusammenfassend erfolgt eine tabellarische Zusammenstellung der Schlussfolgerungen zur Thematik (s. Tabelle 49).

Tabelle 49: Schlussfolgerungen zum Thema Entscheidungsvariablen

 Schlussfolgerungen zum Thema Entscheidungsvariablen
<p>Konkrete Befunde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vielfalt möglicher Szenarien und Entwicklungen lässt keine generelle Eingrenzung von Entscheidungsvariablen zu. - Einschränkungen von Entscheidungen entstehen durch den Mangel an Informationen, Zeit oder Ressourcen - Entscheidungsfindung basiert auf der Abwägung zwischen verschiedenen Handlungsalternativen
<p>Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ziel: Vermeidung entscheidungslimitierender Rahmenbedingungen <ul style="list-style-type: none"> ➢ Beschaffung aller entscheidungsrelevanten Daten ➢ Korrekte Dimensionierung der Ressourcen ➢ Maximierung des zeitlichen Vorlaufs durch frühzeitige Ereigniserkennung - Trennscharfe Abgrenzung verschiedener Handlungsalternativen sowie deren Vor- und Nachteile erforderlich - Szenarienspezifisch die Möglichkeiten technischer Entscheidungsunterstützung prüfen - Verlagerung von Grundsatzentscheidungen in die Phase der Vorsorge (z.B. Rahmen der Alarm- und Einsatzplanung)

5.3 Priorisierung

In diesem Kapitel erfolgt die Diskussion zum Forschungsschwerpunkt Priorisierung im Handlungsfeld Führung.

5.3.1 Diskussion der Ergebnisse

In Bezug auf die Priorisierung ließ sich aus den Experteninterviews klar der hohe Stellenwert der Rettung und Evakuierung der Bevölkerung ablesen. Ebenso herrschte Einigkeit darüber, dass eine frühzeitige Evakuierung sowohl im Hinblick auf den Gefährdungsgrad der Bevölkerung als auch in Anbetracht der Schonung von Ressourcen (Einsatzkräfte und Gerät) gegenüber einer Rettung nach dem tatsächlichen Ereigniseintritt zu bevorzugen ist. In den Beobachtungen des Szenarios 1b konnten die negativen Konsequenzen eines verspäteten Evakuierungsbeginns bzw. der Notwendigkeit operativer Rettungsmaßnahmen für die nicht mehr zu evakuierenden Personen und Gebiete festgehalten werden. Neben der resultierenden Gefährdung für die Bevölkerung standen darüber hinaus die zur Rettung gebundenen

Personen und Geräte nicht für andere Aufgaben, z.B. die Beschaffung von (Lage-) Informationen, zur Verfügung. Dies muss insbesondere deshalb als Risiko erachtet werden, da die Experten die Verfügbarkeit belastbarer Lageinformationen als entscheidende Grundlage zur Prioritätensetzung im Rahmen weiterer Entscheidungsfindungen herausstellen. Infolge dieser Erkenntnis steigt der Wert vorbereiteter Basisinformationen im Vorfeld eines Ereignisses sowohl im Hinblick auf die Entscheidungsqualität als auch in Bezug auf den kapazitiven Aufwand von Entscheidungsfindungen und Entscheidungsumsetzungen. Ebenso müssen die Warnung der Bevölkerung sowie die Alarmierung der Einsatzkräfte im Vorfeld einer Evakuierung als prioritäre Maßnahme behandelt werden, welche ihrerseits wieder Einfluss auf den Ablauf der operativen Hochwasserbewältigung während des Ereignisses hat. Im Szenario 1b kam es im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung zu lokalen Zusammenbrüchen der Kommunikationsinfrastruktur, z.B. Internetausfall, sodass in diesem Zusammenhang trotz der grundsätzlichen Attraktivität moderner Medien als Kommunikationsträger analoge Wege der Warnung insbesondere für den Fall außergewöhnlicher Ereignisse zu priorisieren sind. Vergleichbare positive Wirkung für den Ablauf der operativen Hochwasserbewältigung hat eine frühzeitige Aktivierung und Mobilisierung personeller und materieller Ressourcen. Ebenso wie die Einleitung von Evakuierungsmaßnahmen ist diese Zielsetzung jedoch an eine frühzeitige Identifikation des drohenden Ereignisses sowie dessen Umfang auf Basis eines entsprechenden Frühwarnsystems und der fachlich fundierten Bewertung der weiteren Entwicklung angeknüpft.

5.3.2 Interpretationsvergleich

Hinsichtlich eines Interpretationsvergleichs zu anderen Forschungsvorhaben kann im Bereich Priorisierung bzw. Prioritätensetzung das sozialwissenschaftlich geprägte **Forschungsprojekt PRI-KATS „Prioritätenbildung bei Rettungsmaßnahmen“** (LANGE & GUSY 2015) herangezogen werden. Im Rahmen der diesbezüglich durchgeführten 34 Experteninterviews von POHLMANN (2015) wurde auch hier eine Abstufung der Rechtsgüter bzw. Schutzziele durch die Experten durchgeführt: „im Wesentlichen i.S. einer Reihenfolge ,1. Menschen, 2. Tiere, 3. Umwelt/Sachwerte‘ [...]. Einige Antworten zeigten jedoch, dass die Entscheidungsfindung gerade in komplexen Schadenslagen weitaus komplizierter sein kann. Zum einen wurde darauf hingewiesen, dass die verschiedenen Schutzgüter häufig nicht trennbar sind, etwa bei der Deichverteidigung [...]: Hier wird eine Sache (der Deich) geschützt, aber – auch – mit dem Ziel, die Menschen in dem sonst überschwemmten Gebiet vor Gefahren für Leib und Leben zu bewahren. Hier geht es folglich um Schutz und Hilfe für Menschen durch den Schutz von Sachwerten, insbesondere von lebenswichtigen Infrastrukturen.“

Als der Kriterien zur Prioritätensetzung wurden die Punkte Effektivität, Quantifizierung (Größenordnung der bedrohten Güter), Unwiederbringlichkeit, Erfolgsaussichten, Zeitfaktor,

Gefährdung eigener Kräfte, Aufwand-Nutzen-Rechnung, Folgenabschätzung und ideeller Wert angeführt. Ein Interviewpartner benannte hier die Schadenskonten (Gegenüberstellung von Schäden und zur Schadensabwehr eingesetzten Kräften) als Methode zur Priorisierung (POHLMANN 2015).

Gemäß POHLMANN (2015) handelt es sich bei Priorisierung grundsätzlich nur um eine Maßnahme der Mängelverwaltung, wenn innerhalb eines Zeitfensters nicht ausreichend Kräfte und Mittel verfügbar sind, um den diesen gegenüberstehenden Leistungsbedarf zu erbringen. Daraus abgeleitet ergibt sich die Zielsetzung, Situationen dieser Art planerisch zu umgehen, indem Aufgaben und Leistungen (z.B. Datenbeschaffung) vorbereitend vorgezogen werden oder Prozesse (z.B. durch Übung) ressourcenschonender gestaltet werden, um die Notwendigkeit einer Mängelverwaltung durch Priorisierung zu umgehen. Ebenso sieht die Studie in der Festlegung des Schutzniveaus, z.B. technischer Hochwasserschutz-einrichtungen, in Abwägung zum Aufwand von deren Errichtung und Betrieb bereits einen Akt der Priorisierung (POHLMANN 2015; THIEKEN et al. 2016). Verbindet man beide vorstehenden Gedanken, bedeutet dies, dass die Festlegung des Schutzniveaus eine grundsätzliche strategische Priorisierung darstellt, die die Notwendigkeit operativer Priorisierung umgeht, indem sie bis zur jeweiligen Bemessungsgrenze den Mangel vermeidet. Demgegenüber muss eine operative Priorisierung in dieser Logik erst dann erfolgen, wenn eine Überschreitung der Bemessungsgrenze droht. Im Hinblick auf diesen Gedanken sind folgerichtig die Vorbereitung von Entscheidungsregeln (s. auch MERZ et al. 2010a) und die Schulung der Entscheidungsträger auf den Eintritt von Ereignissen jenseits der Bemessungsgrenze hin auszurichten. Dem gegenüber steht die Darstellung verschiedener interviewter Experten, dass im Rahmen von Übungen insbesondere gängige Szenarien kleineren Ausmaßes (oftmals innerhalb der Bemessungsgrenzen) mit hoher Eintrittswahrscheinlichkeit trainiert werden (POHLMANN 2015). POHLMANN (2015) betont im Ergebnis, dass Prioritätensetzung bei Mangelressourcen erforderlich ist und „bei Großschadensereignissen [...] eine Unterscheidung zwischen den betroffenen Gütern erfolgen [muss], um eine Prioritätenbildung vornehmen zu können.“

Insgesamt kann durch das Forschungsvorhaben PRI-KATS die Relevanz einer Priorisierung für den operativen Hochwasserschutz bestätigt werden. Eine Orientierung an den Schutzgütern bzw. -zielen wird auch hier sowie im Muster-Alarm- und Einsatzplan von WBW (2006) herausgestellt. Des Weiteren kann festgehalten werden, dass eine Priorisierung mit der Größe und Komplexität des Ereignisses an Bedeutung gewinnt, allerdings auch deutlich erschwert und weniger gut in hochwasserfreien Zeiten vorbereitet werden kann.

In die Gesamtüberlegung zum Thema der Priorisierung sollte zudem ein Aspekt von HOFINGER & HEIMANN (2022) mitaufgenommen werden. Neben sachlichen Argumenten für eine Vorbereitung von Entscheidungsregeln zur Priorisierung, z.B. im Rahmen der Alarm- und Einsatzplanung, lassen sich auch moralische Aspekte anbringen. Solche Regelungen übertragen die moralische Verantwortung für die Handlungsfolgen vom ansonsten frei

agierenden Entscheidungsträger vor Ort zurück auf den Gestalter der Entscheidungsregeln. Dies stellt nicht nur eine Verschiebung der Verantwortung dar, sondern ermöglicht diese situationsübergreifend auf ein definiertes Wertesystem aufzubauen und eine Einheitlichkeit von Entscheidungen und dem Ausgang der darauf basierenden Handlungen sicherzustellen. Abschließend bestätigt die nachfolgende Aussage von HOFINGER & HEIMANN (2016) die zentrale Rolle der Priorisierung für die Lagebeurteilung: „Der Priorisierung der Gefahren kommt [daher] bei der Lagebeurteilung entscheidende Bedeutung zu.“

5.3.3 Beantwortung von Frage F.3


*Zu Frage F.3: Welche Regeln können zur **Priorisierung** von Maßnahmen im konzeptionellen und operativen Begriffssinn herangezogen werden?*

Unstrittig kann festgehalten werden, dass der Schutz von Leib und Leben der Bevölkerung in jedem Fall allererste Priorität besitzt. Dabei sollte grundsätzlich eine frühzeitige (prophylaktische) Evakuierung gegenüber einer späteren Rettung bevorzugt werden. Neben dem erhöhten Sicherheitsgrad für die Bevölkerung ist diese Vorgehensweise außerdem ressourcenschonend für die Einsatzkräfte. Im Prozess der Hochwasserbewältigung stellt die Lagefeststellung die Basis für die zu treffenden Entscheidungen und durchzuführenden Maßnahmen dar und beeinflusst so deren Qualität maßgeblich. Die Informationsbeschaffung zur Durchführung der Lagefeststellung ist folglich mit nächsthöchster Priorität zu vollziehen. Um nach erfolgter Lagefeststellung bei der Planung und Durchführung von Maßnahmen uneingeschränkt handlungsfähig zu sein, gilt es möglichst gleichzeitig die Aktivierung von Ressourcen und Einsatzkräften anzustoßen.

Aufgrund der vielfältigen Einbindung der beteiligten Akteure in andere Aufgaben (Verwaltung, Brandschutz etc.) in hochwasserfreien Zeiten ist die für Weiterbildung und Übung zur Verfügung stehende Zeit notwendigerweise begrenzt. Um diese bestmöglich zu nutzen, ist eine Priorisierung der Vorbereitung auf außerordentliche Hochwasserereignisse zu bevorzugen, während die Übung von Routineereignissen zumindest für die Führungskräfte und Entscheider von geringerer Bedeutung ist.

Eine tabellarische Zusammenstellung der Schlussfolgerungen zur Thematik kann Tabelle 50 entnommen werden.

Tabelle 50: Schlussfolgerungen zum Thema Priorisierung

 Schlussfolgerungen zum Thema Priorisierung
Konkrete Befunde: <ul style="list-style-type: none"> - Evakuierung/Rettung (prophylaktische Evakuierung zu bevorzugen) - Erstellung Lagebild: Datenbeschaffung und -verarbeitung - Sicherstellung Handlungsfähigkeit: Aktivierung Einsatzkräfte und Ressourcen
Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz: <ul style="list-style-type: none"> - Priorisierung nur erforderlich, wenn Handlungsbedarf > Kapazitäten (Personal & Ressourcen) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kapazitätserhöhung reduziert Priorisierungsbedarf ➤ Schutzniveau technischer HWS definiert, bis zu welchem Punkt in der Regel keine Priorisierung erforderlich ist aufgrund des bis dahin ausreichenden Schutzes durch die baulichen HWS-Anlagen. ➤ Schulungsbedarf insbesondere für gr. Ereignisse, für die die Notwendigkeit von Priorisierungen zu erwarten ist. - Vorbereitung von Entscheidungsregeln zur Priorisierung entlastet Entscheidungsträger

5.4 Entscheidungsrelevante Daten

In diesem Kapitel erfolgt die Diskussion zum Forschungsschwerpunkt Entscheidungsrelevante Daten im Handlungsfeld Daten.

5.4.1 Diskussion der Ergebnisse

Über die Szenarien hinweg lassen sich in den Darstellungen und erhobenen Daten sowohl Gemeinsamkeiten als auch szenarienspezifische Unterschiede identifizieren. In allen betrachteten Szenarien wurde der Wert vorbereiteter Basisinformationen zur Topografie, Bebauungs- und Bevölkerungsstruktur, aber auch zu kritischer Infrastruktur und relevanten Verkehrswegen von den Teilnehmern betont. Im Szenario 1b konnten die Folgen des Fehlens solcher Informationen beobachtet werden. Dieser Mangel wurde zudem durch die unter den gegebenen Rahmenbedingungen deutlich erschwerte nachträgliche Beschaffung von Informationen verschärft. Daraus resultierte ein erheblicher Verzug bei der Ergreifung von Maßnahmen. Aus der Übereinstimmung der Expertenmeinungen mit den Beobachtungen im Szenario 1b lässt sich die klare Notwendigkeit der vorbereitenden Informationsbeschaffung im Vorfeld von Ereignissen ableiten. Unstrittig ist dabei der Aufwand, den die laufende Aktualisierung dieser Datengrundlage verursacht. Gemessen am Potenzial der Schadensvermeidung im Hinblick auf verschiedenste Schutzziele bzw. -güter muss dieser Aufwand zwingend als notwendige Investition betrachtet werden.

Viele Interviewteilnehmer zeigten sich gegenüber der Nutzung moderner Software zur Prognose zukünftiger Entwicklungen des Ereignisses bis hin zu komplexen Datenmodellierungen aufgeschlossen. Im Hinblick auf die Vorlaufzeit bis zum Ereigniseintritt als zentralen Erfolgsfaktor erscheint der zur Früherkennung betriebene Aufwand gerechtfertigt. Bereits in den Darstellungen der Experten ließ sich jedoch eine zunehmende Abkehr von

komplexen Datenverschneidungen im Falle verkürzter Präventions- bzw. Vorlaufzeiten, z.B. aufgrund des Spontanversagens eines technischen Hochwasserschutzes oder einer unerwarteten Verschärfung der Lage durch ein Starkregenereignis, erkennen. In den Beobachtungen zum Szenario 1b wurde diese Tendenz, neben besagtem zeitlichem Aspekt, zusätzlich durch das Fehlen relevanter Datenmengen infolge der Beschädigung von Mess-einrichtungen und den zeitweisen Zusammenbruch der Kommunikationsinfrastruktur zu deren Übermittlung verschärft. Die Toleranz komplizierter Berechnungen und Modelle gegenüber gänzlich fehlenden Datenkategorien oder inkonsistenten Daten darf im Vergleich zur manuellen Bewertung durch fachkundige Einsatzkräfte als vergleichsweise gering angenommen werden. Fachkundige Einsatzkräfte können auch entscheiden, wenn einzelne Daten fehlen, während technische Systeme hierdurch an ihre Grenzen kommen. Insoweit können zweifelsfrei die Notwendigkeit der Einbindung wasserwirtschaftlicher Fachkräfte in den Prozess der Lagefeststellung und -beurteilung sowie die Stärkung der wasserwirtschaftlichen Kompetenz von Personen des Katastrophenschutzes als Erfolgsfaktor für die Bewältigung von Hochwasserereignissen herausgestellt werden. Ungeachtet dieser Erkenntnis kann generell festgehalten werden, dass der Anspruch an die zuverlässige Verfügbarkeit von Daten höher zu gewichten ist als die Genauigkeit ihrer Messung.

Die Beobachtungen des Szenarios 1b zeigten darüber hinaus, dass insbesondere bei der Datenerhebung im Feld sowie der darauffolgenden Interpretation der Daten die Ortskunde der zuständigen Personen unerlässlich ist. Daraus ergibt sich die Schlussfolgerung, dass neben überregionaler Spezialisierung im Hinblick auf die konzeptionelle Weiterentwicklung des Hochwasserschutzes die Sicherung der regionalen Kompetenz keinesfalls vernachlässigt werden darf.

Zuletzt zeigte sich im Rahmen der Beobachtungen, dass im Kontext der entscheidungsrelevanten Daten neben deren Beschaffung ein zweiter elementarer Erfolgsfaktor in ihrer Verarbeitung und Operationalisierung für den Endanwender besteht, wobei sich die technische Unterstützung der dazu erforderlichen Prozesse anbietet.

5.4.2 Interpretationsvergleich

Hinsichtlich eines Interpretationsvergleichs zu anderen Forschungsvorhaben und wissenschaftlichen Veröffentlichungen kann das sozialwissenschaftlich geprägte Forschungsprojekt PRI-KATS „Prioritätenbildung bei Rettungsmaßnahmen“ (LANGE & GUSY 2015) mit 34 durchgeführten Experteninterviews herangezogen werden. Auch hier wird die Bedeutung von entscheidungsrelevanten Daten hervorgehoben: „Die koordinierende Rolle des Katastrophenschutzes setzt sich fort in der Erfassung und Auswertung der für die Katastrophenvorsorge wie auch -bewältigung erforderlichen Informationen. Sowohl für Planungen, die auf Gefahrenanalysen und Schutzzielbestimmungen beruhen, und deren Abstimmung als auch für die

Erstellung von Lagebildern als Entscheidungsgrundlage für die notwendigen Maßnahmen sind umfassende Informationen aus den verschiedenen möglicherweise betroffenen Bereichen und von den relevanten Akteuren erforderlich. Sie müssen auf der jeweils mit der Planung bzw. Einsatzkoordination befassten Ebene zeitnah verfügbar sein. Teilweise sollten Datenverwendungsbefugnisse für den Katastrophenfall ergänzt werden“ (LANGE & GUSY 2015).

Wichtig ist gemäß den Erkenntnissen des Forschungsprojektes PRI-KATS ein Überblick über die eigenen verfügbaren Ressourcen (Material und Personal sowie sachliche und fachliche Spezialressourcen) und Kapazitäten sowie die der Mitwirkenden. Zusätzlich werden Gefahrenpotenziale und Notfallpläne von z.B. Betreibern von KRITIS als entscheidungsrelevant angesehen. Informationen zur aktuellen Lageentwicklung sind von zentraler Bedeutung für die Lagebeurteilung und unterscheiden sich je nach Lage, weswegen diesbezüglich ergänzende Informationen von zuständigen Fachbehörden, Infrastruktur- und Versorgungsunternehmen einzuholen sind. Aufgrund der Vielgestaltigkeit von Lagen müssen die Informationen nicht in ihrer Gesamtheit zentral bei den Katastrophenschutzbehörden vorliegen, allerdings sollte eine kurzfristige Verfügbarkeit für den Ereignisfall sichergestellt sein. Datenerhebungsbefugnisse z.B. mit Betreibern kritischer Infrastrukturen sind im Vorfeld zu klären. Hinsichtlich der Erfassung von Daten sollten deren Nutzen sowie der dazugehörige Aufwand zur Aktualisierung und Pflege der Datenbanken sowie Methoden zur zuverlässigen Datenerhebung im Bedarfsfall abgewogen werden (POHLMANN 2015).

POHLMANN (2015) betont im Rahmen der Studie, dass „nicht nur im Ereignisfall, sondern auch bereits in der Katastrophenvorsorge eine vorherige Erhebung der für die Lagebewältigung erforderlichen Daten bzw. die Sicherstellung deren zeitnaher Verfügbarkeit im Katastrophenfall erfolgen [muss]“, und bestätigt damit die u.a. im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung von Szenario 1b gewonnenen Erkenntnisse zur Relevanz vorzuhaltender Informationen sowie der Klärung von Prozessen der Informationsbeschaffung.

Die Relevanz der Verfügbarkeit entscheidungsrelevanter Daten für die Nutzung technischer Instrumente (z.B. Modelle) wird auch in NICKLIN et al. (2019) herausgearbeitet, wobei sich diese Feststellung vor allem auf Themen der Vorsorge bezieht. Sinngemäß kann dieser Zusammenhang jedoch auch auf andere Instrumente im Hochwasserkontext (z.B. Hochwassermanagementsysteme) übertragen werden.

Auch im Forschungsprogramm RIMAX (MERZ et al. 2011) konnte die Wichtigkeit ausgewählter Daten für die Entscheidungsfindung im Rahmen der Ereignisvorbereitung und -bewältigung belegt werden. Hierbei lag der Schwerpunkt auf numerischen Modellen und einer verbesserten Vorhersage als Instrument für den als „operationellen Katastrophenschutz“ definierten Bereich, welcher ein ähnliches Begriffs- und Prozessverständnis wie der hier betrachtete operative Hochwasserschutz umfasst. Hierzu zählen die Informationen zur Hochwasservorhersage anhand numerischer Modelle, um hiermit „gezielte Operationen der Katastrophenschutzkräfte zu leiten. Noch bedeutender erscheint jedoch der Einsatz dieser

Modelle im Vorfeld von Ereignissen, da auf der Basis dieser Prognosen erst die Handlungsstrategien zum operationellen Katastrophenschutz auf Basis einer realen (numerisch simulierten) Gefahrenlage entwickelt werden können“ (MERZ et al. 2011).

Es wird betont, dass „der Erfolg des operationellen Katastrophenschutzes [...] entscheidend vom frühzeitigen Erkennen einer Katastrophe und der damit verbundenen Konsequenzen abhängig [ist]. [...] Je schneller und sicherer das Ausmaß einer drohenden Überflutung vorhergesagt wird, desto effizienter kann das Handeln im Einsatzfall sein“ (MERZ et al. 2011). Hinsichtlich der durch die Vorhersage übermittelten Punktdaten wird auch in MERZ et al. (2011) die Problematik der dazugehörigen Interpretation für nicht wasserwirtschaftlich ausgebildete Einsatzkräfte angesprochen. So entfalten die Hochwasservorhersagen für den Einsatz im Katastrophenschutz erst dann ihre volle Wirkung, wenn sie in flächige Informationen umgesetzt werden. Bezüglich dieser Übersetzung „bestehen die zentralen Probleme in der Verfügbarkeit a) ausreichend genauer Höheninformationen, b) schneller mathematischer Methoden [...] und c) Veränderungen im Systemzustand, wie z.B. [...] Deichbrüchen, Verkläuerungen [...], die sich in erheblichem Maße auf die Hochwasserdynamik auswirken“ (MERZ et al. 2011). Die Relevanz einer Übersetzung von Punkt- in Flächendaten zur erleichterten Interpretation konnte auch im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelt werden (vgl. Kapitel 4.3.1).

Das Forschungsprogramm RIMAX stellt somit auf eine Optimierung der Vorhersage mit dem Ziel eines maximalen zeitlichen Vorlaufs für die Akteure ab, der auch im Rahmen der vorliegenden empirischen Studie als erfolgskritischer Faktor herausgearbeitet werden konnte. In diesem Zusammenhang kommt es zu inhaltlichen Überschneidungen mit dem Forschungsschwerpunkt Auslöseschwellen.

MÜLLER (2010) zieht in seiner Habilitationsschrift die Schlussfolgerung, dass „Hochwasserschadensdaten eine wichtige Basisinformation für viele im Rahmen des integrierten Hochwasserrisikomanagements stattfindenden Aktivitäten dar[stellen] und [...] deshalb ressortübergreifend erfasst und sachgerecht gepflegt werden [sollten].“ Sie werden „für die Vorbereitung und Planung von Wasserwehr- und Katastrophenschutzmaßnahmen benötigt. Ohne das Wissen, welche Rettungswege noch zugänglich sind, wo die größten Gefahren- und damit auch Schadstellen zu erwarten sind oder wo sich die schützenswertesten Güter befinden, können die Einsatzkräfte nicht effizient eingesetzt werden und im Rahmen der Hochwasserbewältigung ihrer Rettungs- und Schadensabwehraufgabe sachgerecht nachkommen. Ein wichtiger Punkt zur Bereitstellung von Hochwasserschadensinformationen ist die Erhebung von Daten. [...] Alle Beteiligten hätten einen umfassenden Überblick über alle im Betrachtungsgebiet liegenden Schadensdaten und könnten ihre Planungen und Entscheidungen auf eine sehr fundierte Basis stellen“ (MÜLLER 2010). FEKETE & SANDHOLZ (2021) unterstreichen dabei die Relevanz einer zeitnahen Schadenserfassung nach Ereigniseintritt. Die Ausführungen von MÜLLER (2010) und FEKETE & SANDHOLZ (2021)

bestätigen die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit, dass die entsprechenden entscheidungsrelevanten Informationen und deren Erfassung bereits im Vorfeld eines Ereignisses vorzubereiten sind. Sie können eine wichtige Grundlage für die Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen durch Ermittlung von Rettungswegen, schützenswerten Gütern (z.B. KRITIS) und kritischen Stellen innerhalb der Ortslage darstellen.

In FEKETE (2020) wird diese Perspektive um die Auseinandersetzung mit Kaskadeneffekten zwischen verschiedenen Elementen kritischer Infrastruktur (KRITIS) als Form entscheidungsrelevanter Daten erweitert. Zudem werden Anwendungspotenziale für Geoinformationssysteme im Kontext kritischer Infrastruktur thematisiert. Im Ereignisfall können gemäß TZAVELLA et al. (2017) mit Hilfe von Verkehrsdaten Informationen für eine effektive Ausgestaltung von Einsatzmaßnahmen gesammelt werden. Im Szenario 1b wurden im digitalen Lagebild behelfsweise Verkehrsdaten aus Google Maps analysiert und später Daten zur Befahrbarkeit anhand von Satellitenauswertungen und Informationen der Erkunder generiert.

Im Rahmen einer an die vorliegende Abhandlung und das darin definierte Szenario 3 angegliederten Masterarbeit zum Thema „Klimaangepasste Systemoptimierung in der operativen Gefahrenabwehr bei Hochwasserereignissen im Einzugsgebiet der Mosel“ (FRANK 2021) konnten für das Betrachtungsgebiet Pegel- und Wetterprognosen, Betroffenheiten sowie die Situation an kritischen Punkten in der Ortslage als entscheidungsrelevant identifiziert werden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass auch in den v.g. Forschungsvorhaben die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelten Potenziale einer Nutzung von entscheidungsrelevanten Daten erkannt werden, wobei insbesondere der Vorbereitungsbedarf in der hochwasserfreien Zeit betont wird.

Auch in der Literatur bzw. in Veröffentlichungen durch Verantwortliche im BOS-Bereich wird die Bedeutung von entscheidungsrelevanten Geodaten hervorgehoben und werden die Erkenntnisse dieser Arbeit bestätigt: „Eine Nutzung von Geodaten in Einsatzlagen hat enorme Chancen. Die jüngsten Großschadenslagen haben die Notwendigkeit deutlich aufgezeigt. Es gilt Ressourcen, Wissen und Potenziale im Alltag weiter zu bündeln [...] und zukünftig im Einsatz bei lokalen wie auch überregionalen Schadenereignissen koordiniert gemeinsam zu nutzen“ (KLAUS et al. 2021).

Auch im Merkblatt 07/01 „Geodateninfrastrukturen in Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS)“ von der VfDB (2020) wird der Nutzen von Geodaten für den Einsatz und die Einsatzvorbereitung hervorgehoben und betont, „dass im BOS-Bereich kein Weg an der Geodatennutzung vorbeiführt“. Es wird jedoch herausgestellt, „erst, wenn Geodaten ohne Aufwand zu beziehen sind, lassen sie sich effizient im Zielsystem [...] und zu ‚Geoinformationen‘ verarbeiten“ (VfDB 2020). Als Vorschlag zur Weiterentwicklung an der Schnittstelle zum Forschungsschwerpunkt Struktur soll mit Hilfe eines Geodatenkonzeptes

eine standardisierte Geodateninfrastruktur aufgebaut und anvisiert werden, um auf eine Vielzahl von Datenquellen zugreifen zu können und die „Verantwortung für die Aktualität der Geodaten beim Fachamt/-anbieter (zum Beispiel Versorger) zu belassen.“ Des Weiteren soll bei den Feuerwehren eine für das Geodatenmanagement zuständige Stabsstelle mit GIS-Fachkompetenz eingerichtet werden (VFDB 2020).

Viele Daten liegen bereits bei anderen Institutionen vor bzw. könnten von diesen aufwandsarm erhoben werden. Insoweit kann bzw. sollte die Datenbeschaffung nicht notwendigerweise in einer eigenen Erhebung und Pflege, sondern in der Einbindung externer Datensätze bestehen (LAWA 2018b).

Die v.g. Vorschläge decken sich mit den Ergebnissen der teilnehmenden Beobachtung in Szenario 1b sowie der praktischen Entwicklung des digitalen Lagebildes und bestätigen die Erkenntnisse der vorliegenden Dissertation.


5.4.3 Beantwortung von Frage F.4

Zu Frage F.4: *Welche **entscheidungsrelevanten Daten** und Informationen werden für eine schnelle und effektive Lagefeststellung und -beurteilung sowie die operative Maßnahmenumsetzung für die jeweiligen Szenarien benötigt?*

Zur Vermeidung der für Frage 2.1 einschränkenden Faktoren stellt insbesondere die Vorbereitung einer breiten Basis an Daten zu den örtlichen Bedingungen sowie geklärte Prozesse zur Erhebung und Verarbeitung ereignisbezogener Daten einen wichtigen Beitrag im Hinblick auf die Vollständigkeit entscheidungsrelevanter Daten dar. Prognosen und Modelle können ihre Wirkung im Ereignisfall je nach Ausprägung des Szenarios unterschiedlich gut entfalten, begünstigen jedoch in jedem Fall als wichtiger Bestandteil eines Früherkennungssystems die Maximierung des zeitlichen Handlungsspielraums. Da im Ereignisfall trotzdem jederzeit mit dem Fehlen von Daten oder unerwarteten Wendungen gerechnet werden muss, stellt vor allem der Prozess der Datenverarbeitung durch fach- und ortskundige Einsatzkräfte einen beachtlichen Erfolgsbaustein dar. Im Hinblick auf eine effiziente Gestaltung dieses Prozesses ist die Einheitlichkeit der Daten bezüglich Medien- und Datenformaten zu fördern. Durch die Vielzahl der Daten werden (technische) Hilfsmittel zu deren Operationalisierung der Daten erforderlich.

Im Rahmen der Ereignisvorbereitung sollten aus dem in Anhang 16 dargestellten Katalog potenzieller entscheidungsrelevanter Daten die für die jeweilige Kommune und die betrachteten Szenarien relevanten Daten ausgewählt, entsprechend ortsspezifisch aufbereitet, ggf. um weitere Daten ergänzt und vorgehalten werden. Abschließend erfolgt eine tabellarische Zusammenstellung der Schlussfolgerungen zur Thematik (s. Tabelle 51).

Tabelle 51: Schlussfolgerungen zum Thema Entscheidungsrelevante Daten

 Schlussfolgerungen zum Thema Entscheidungsrelevante Daten
<p>Konkrete Befunde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geobasisdaten - Standorte betroffener Schutzgüter und kritischer Infrastrukturen - Standorte von Einsatzkräften und Ressourcen - szenarienspezifische Rettungswege und Verkehrsinfrastruktur - Übersetzung v. Punkt- in Flächeninformation (z.B. durch HW/SR-Gefahren-/Risiko-/Hinweisarten o. Modellierungen) - Ereignisdaten: Wasserstände, Prognosen, Schadensbild, Gefahrenstellen
<p>Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datenerhebung oder Klärung des Erhebungsprozesses im Rahmen der Vorsorge - Einheitliche Datenformate und Übermittlungswege fördern die Effizienz (Schnittstellenbildung) - i.d.R. Interpretation der Daten erforderlich, hierzu werden Fach- und Ortskunde benötigt <ul style="list-style-type: none"> ➢ Schulungsbedarf der Fachkräfte und Entscheidungsträger ➢ Erforderlichkeit regionaler Kompetenzen

5.5 Automatisierung und Auslöseschwellen

In diesem Kapitel erfolgt die Diskussion zu den Forschungsschwerpunkten Auslöseschwellen im Handlungsfeld Daten sowie Automatisierung im Handlungsfeld Technische Instrumente.

5.5.1 Diskussion der Ergebnisse

Aus den Experteninterviews hatte sich eine Reduzierung von Reaktionszeiten und daraus eine Beschleunigung von Prozessen als erwarteter Effekt einer Automatisierung herauskristallisiert. Daneben wurde vor allem eine Entlastung von Einsatzkräften und Stabsstrukturen durch die **Automatisierung** von Routineaufgaben, die während eines Hochwassers weiterhin anfallen, als Mehrwert erwartet. Daraus resultierend soll eine Fokussierung der personellen Kapazitäten auf die Herausforderungen des jeweiligen Ereignisses und komplexere Teilprozesse der Bewältigung ermöglicht werden. Eine Verbesserung der Entscheidungsqualität gegenüber Individualentscheidungen wurde hingegen nicht erwartet. Ebenso waren im Rahmen der Experteninterviews verschiedene Einschränkungen für die Nutzbarkeit von Prozessautomatisierung identifizierbar. Insbesondere kann festgehalten werden, dass das Vorhandensein von Messdaten, die zu Auslöseschwellen weiterentwickelt werden können, sowie eine größtmögliche Berechenbarkeit der weiteren Ereignisentwicklung im Allgemeinen und der Handlungsfolgen des automatisierten Prozesses im Speziellen Grundvoraussetzungen für Automatisierungsüberlegungen darstellen. Eine weitere Limitierung konnte in Form der Bemessungsgrenze der zu steuernden Prozesse und Anlagen identifiziert werden. Ist diese überschritten, muss die Automatisierung zur Vermeidung von Folgeschäden ausgesetzt werden. Darüber hinaus kommt eine Automatisierung an ihre Grenzen, wenn neben rationalen (und damit technisch abbildbaren) Überlegungen auch moralische Abwägungen in eine

Entscheidung zur Auslösung einer Handlung einbezogen werden müssen. Insbesondere bei Ereignissen, während derer Bemessungsgrenzen oder Ressourcenkapazitäten überschritten werden, kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass auch moralische Aspekte im Sinne einer Priorisierung eine Rolle spielen. In diesen Fällen muss davon ausgegangen werden, dass eine vollkommene Vermeidung von Schäden nicht mehr zu erreichen ist, sondern in Abhängigkeit von den ergriffenen Maßnahmen lokal in Kauf genommen werden müssen. Eine Automatisierung solch weitreichender Entscheidungen ist dem Betroffenen nicht vermittelbar.

Infolge dieser Restriktionen hatten die Experten für die Szenarien 2 und 3 nur geringes Automatisierungspotenzial gesehen. In Szenario 2 stehen insbesondere die Individualität verschiedener Ereignisausprägungen, wie Ort und Art des Versagens, und damit die Individualität des Handlungsbedarfes sowie das Fehlen einschlägiger Messeinrichtungen am Schadensort umfangreichen Automatisierungen entgegen. Für Szenario 3 bestehen die wesentlichen Restriktionen in der Komplexität des Zusammenwirkens beider Teilkomponenten des Ereignisses und dem daraus ableitbaren Mangel an Berechenbarkeit sowie ohnehin das Fehlen steuerbarer Einrichtungen für die Starkregenkomponente. Eine automatisierte Bearbeitung der Hochwasserkomponente, die eine Fokussierung der Einsatzkräfte auf die Starkregenkomponente erlaubt, wird jedoch grundsätzlich als möglich erachtet. In Szenario 1 sind das Ausmaß des Ereignisses und somit das Überschreiten der Bemessungsgrenzen technischer Einrichtungen als das größte Ausschlusskriterium zu erachten. Im Rahmen der Beobachtung in Szenario 1b konnte die Beschädigung von Messeinrichtungen und steuerbaren Elementen infolge der Überschreitung von Bemessungsgrenzen als verhinderndes Element beobachtet werden. Damit fehlte es sowohl an Auslöseschwellen als auch an funktionsfähigen Anlagen zur Maßnahmenumsetzung. Aus der Verschneidung dieser Erkenntnisse muss abgeleitet werden, dass die praktische Anwendbarkeit vollumfänglicher technischer Automatisierung insbesondere bei großen oder komplexen Ereignissen nicht gegeben ist. Die Automatisierung verbleibender Routinetätigkeiten zur Entlastung der Einsatzkräfte kann dennoch dort, wo sie sich aus den vorhandenen Rahmenbedingungen ergibt, einen Mehrwert darstellen. Da die Verlässlichkeit solcher Möglichkeiten nicht vollumfänglich gewährleistet ist, sollten Prozesse und Maßnahmen in der Planung nicht ohne einen Alternativplan für den Ausfall automatisierter (Teil-)Systeme gestaltet werden.

Neben der Automatisierung von Anlagen besteht jedoch ein Potenzial in der automatisierten Verbreitung von Informationen. Dabei kann es sich sowohl um Informationen an die Bevölkerung, beispielsweise zur Vorbereitung einer Evakuierung, oder aber Informationen an Einsatzkräfte und Institutionen zu deren Alarmierung handeln. Diese Vorgänge können vergleichsweise gut manuell angestoßen und lediglich automatisiert durchgeführt werden, sodass die Notwendigkeit technischer Auslöseschwellen geringer ausfällt als bei der Anlagenautomatisierung.

Im Rahmen der Beobachtungen zeigte sich, dass die Vielfalt und Menge eingehender Daten und Informationen sowie deren Operationalisierung für die Anwender eine zentrale Herausforderung darstellten, die sich zuvor aus den Experteninterviews nicht im vergleichbaren Maße abgeleitet hatte. Eine technisch gestützte Datenverarbeitung erfordert jedoch neben einer funktionierenden technischen Infrastruktur zusätzlich eine Datenbereitstellung in einheitlichen und verarbeitbaren Datenformaten. Da diese Bedingungen bei der Beteiligung überregionaler Einsatzkräfte verschiedener Organisationen nicht als gegeben vorausgesetzt werden können, muss dennoch ein menschlicher Support in Form einer Systembetreuung einkalkuliert werden. In der Nachbetrachtung von Ereignissen ließ sich in der Vergangenheit immer wieder beobachten, dass die Abläufe während des Ereignisses oder bei der Bewältigung der Schäden zum Gegenstand juristischer Auseinandersetzungen oder politischer Untersuchungsgremien wurden (u.a. LANDTAG NRW 2022; LANDTAG RLP 2022; SÄCHSISCHE STAATSRREGIERUNG 2002; SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI 2013). Eine automatisierte Ereignis- und Entscheidungs-dokumentation bildet hier ein Potenzial, das den Akteuren eine Konzentration auf den eigentlichen Handlungsauftrag erlaubt.

Ungeachtet der vorstehenden Erkenntnisse zu technischer Automatisierung ist der Mehrwert der Schaffung von Automatismen innerhalb manueller Prozesse unbestritten und unterliegt kaum oder deutlich eingeschränkt den vorstehenden Restriktionen. Die Wirkung solcher Automatismen entfaltet sich daher insbesondere dort, wo die Option einer tatsächlichen Automatisierung aufgrund der dargestellten Sachverhalte entfällt. Eine Fokussierung auf die Schaffung von Automatismen bietet sich deshalb vor allem in der Vorbereitung auf große Ereignisse an, wobei die positive Wirkung auch bei kleineren Ereignissen, wenn auch mit einem geringeren Wirkhebel, realisiert wird.

Trotz der dargestellten Hürden im Hinblick auf vollumfängliche Automatisierungen reduziert sich der Effekt vordefinierter **Auslöseschwellen** (dann allerdings als Auslöser manueller Prozesse) nur unwesentlich. Vor allem sollten bei der konkreten Definition des auslösenden Niveaus keine Abstriche im Vergleich zu vollautomatisierten Systemen gemacht werden. Auslöseschwellen können so zum Bestandteil eines teilautomatisierten Entscheidungsunterstützungssystems (EUS – Decision Support System) werden.

Aufgrund der in Szenario 1b beobachteten Ausfälle von Messstellen und Infrastruktur zur Datenübermittlung sowie der von den Experten für die Szenarien 2 und 3 einkalkulierten Möglichkeit des Eintretens unerwarteter Ereignisse muss bei allen Überlegungen zur Entscheidungsvorbereitung durch vordefinierte Auslöseschwellen damit gerechnet werden, dass die bestehenden Auslöseschwellen unter den gegebenen Bedingungen nicht mehr zutreffend sind. Da in diesem Fall dennoch systemisch und prozessual ungestützte Entscheidungen zu treffen sind, darf die fachliche Weiterbildung operativer Entscheidungsträger nicht vernachlässigt werden, um auch bei hinfälligen Auslöseschwellen handlungsfähig zu bleiben.

5.5.2 Interpretationsvergleich

Zum Interpretationsvergleich zu anderen wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Forschungsvorhaben kann u.a. das deutsch-österreichische Projekt AIFER des DLR herangezogen werden, in welchem ein zielgerichtetes und dynamisches System für Behörden mit Sicherheitsaufgaben entwickelt wird, das mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI) eine automatisierte Lageerfassung und -auswertung anhand von Fernerkundungs- und Social-Media-Daten für Hochwasserereignisse durchführt. Ziel ist auch hier die Vorteile einer Automatisierung für die Lagefeststellung zu nutzen, um die Kapazitäten der Einsatzkräfte für sonstige Tätigkeiten, wie z.B. anschließende Plausibilitätsprüfung und Entscheidungsfindung, zu schonen (DLR 2022). In diesbezüglichen Vorarbeiten zum o.g. Projekt beschäftigen sich die Autoren Li et al. (2019b) mit veränderten Vorgehensweisen bei der Erhebung von Überflutungsdaten per Satellitenradar, um die Datenqualität insbesondere in urbanen Gebieten zu verbessern und stellen in Li et al. (2019a) Forschungsergebnisse zur Nutzung eines selbstlernenden, unbetreuten Interpretationssystems für die erhobenen Daten vor. Da das Forschungsvorhaben noch bis 2023 läuft, kann an dieser Stelle kein Vergleich zu seinen Forschungsergebnissen erfolgen, allerdings zeigt die fachliche Ausrichtung des Projektes sowie der Vorstudien die Relevanz der Automatisierung sowie des Einsatzes technischer Instrumente bei der Lagefeststellung und -beurteilung auf. Der Schwerpunkt auf eine technische Unterstützung des Prozesses der Lageerfassung im Hinblick auf Routineaufgaben deckt sich mit einem der in dieser Arbeit identifizierten Potenziale.

Das im Rahmen der Experteninterviews der vorliegenden Arbeit ermittelte Potenzial einer automatisierten Warnung und Alarmierung durch die Nutzung von Warnsystemen konnte auch durch das Forschungsprojekt HAPLUS der Gemeinde Grafschaft (BMBF 2022c; KÜHN GEOCONSULTING GMBH 2021), RAINMAN (SPIRA et al. 2021) sowie durch die Dissertation von HOFMANN (2022) zum Erkennen von Sturzfluten nach Starkregenfällen bestätigt werden. Das bereits in Betrieb befindliches Frühwarn- und Alarmierungssystem des Projektes HAPLUS beschäftigt sich mit „der automatisierten Erkennung kritischer Pegelanstiege (unter Berücksichtigung der eingebundenen Wetterdaten) anhand der übermittelten Messdaten durch einen selbstlernenden Vorhersagealgorithmus und der Programmierung der Alarmierungsfunktionen. Diese beinhalten einerseits die Übermittlung der Warn- und Alarmmeldungen an die entlang der zuvor definierten Alarmierungskaskade angesiedelten öffentlichen Stellen und Nutzergruppen, andererseits die direkte Warnung von Anwohnern besonders gefährdeter Gebäude im Einzugsbereich des Bachlaufes mittels einer speziellen Alarmbox“ (KÜHN GEOCONSULTING GMBH 2021). Auslöseschwellen stellen diesbezüglich somit die Pegelwerte (Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten) und Wetterdaten (Echtzeitklimadaten) und ergänzende Informationen aus Webcams an Engstellen (z.B. zum Erkennen von Verkläuerungen oder Wasserständen) dar (s. auch MOY DE VITRY et al. 2019).

Auch das Forschungsziel dieses Projektes konnte im Rahmen der empirischen Studie als potenzielles Feld zur Weiterentwicklung bestätigt werden. HOFMANN (2022) stellt im Rahmen seiner Dissertation zudem fundamentale Erkenntnisse hinsichtlich der Echtzeitdatenmodellierung urbaner Überflutungsereignisse sowie das zu diesem Zweck entwickelte KI-gestützte Überflutungsmodell floodGAN (s. auch HOFMANN & SCHÜTTRUMPF 2021) vor, dass innerhalb von Sekunden Niederschlagsdaten in hochaufgelöste Gefahrenkarten übersetzen kann. Auch er kommt zu der Erkenntnis, dass diese automatische Informationsgenerierung jedoch zwingend mit einem entsprechendem Kommunikationsprozess im Rahmen der Warnung verbunden sein muss (HOFMANN 2022).

Besonders erwähnenswert ist zum Thema Automatisierung der Ansatz von MOY DE VITRY et al. (2019) zur Wasserstandsermittlung auf ein bestehendes Netzwerk öffentlicher Überwachungskameras als Datenquelle zurückzugreifen. Im Hinblick auf den Materialbedarf und den Unterhaltungsaufwand ergibt sich dabei ein Einsparungspotenzial im Vergleich zur zusätzlichen Installation von Webcams mit ausschließlichem Hochwasserbezug. Aufgrund der Festinstallation dieser Überwachungskameras können mit Hilfe eingelesener Referenzbilder Wasserstände KI-basiert geschätzt werden.

Zum Thema Prozessautomatismen kann zum Vergleich die Studie von DANNER-SCHRÖDER & GEIGER (2016) herangezogen werden, in welcher 16 Monate lang Prozessabläufe des THW dahingehend untersucht wurden, wie Routinen im Katastrophenmanagement zu Stabilität und/oder Veränderung in unsicheren Situationen beitragen können. Hierbei wurde das Zusammenspiel zwischen Stabilität und Veränderung mit Hilfe von Beobachtungen und Experteninterviews untersucht. In der vorliegenden Arbeit konnte der Mehrwert von Prozessautomatismen für zahlreiche Szenarien und Aspekte identifiziert werden. Um die damit verbundenen Möglichkeiten bestmöglich auszunutzen, bedarf es einer methodischen Auseinandersetzung mit der Bildung und Anwendung von Prozessautomatismen. Die Studie von DANNER-SCHRÖDER & GEIGER (2016) generierte dazu wichtiges Grundlagenwissen zu verschiedenen Typen von Automatismen und deren Anwendung.

Im Rahmen der an die vorliegende Arbeit und das darin definierte Szenario 3 angegliederten Masterarbeit zum Thema „Klimaangepasste Systemoptimierung in der operativen Gefahrenabwehr bei Hochwasserereignissen im Einzugsgebiet der Mosel“ (FRANK 2021) konnten für das gewählte Betrachtungsgebiet für Flusshochwasserereignisse die Pegelprognosen als geeignete Auslöseschwellen identifiziert werden. Für Starkregenereignisse wurde empfohlen, ebenfalls entsprechende Schwellen (wie z.B. den Starkregenindex) zu etablieren (sowie vgl. LUBW 2016).

Anhand der Literaturrecherche konnte zudem im Rahmen eines Muster-Alarm- und Einsatzplans in WBW (2006) die Empfehlung zur Festlegung von Auslöseschwellen für verschiedene Szenarien identifiziert werden, die sich mit den Erkenntnissen der vorliegenden Dissertation deckt. Hier heißt es: „Als Auslöseschwelle für bestimmte Maßnahmen werden meist Pegel

herangezogen. Es bietet sich an, automatische Meldepegel auszuwählen, um schnell an Informationen zu gelangen. [...] Neben Pegeln können andere Ereignisse als Auslöseschwelle für bestimmte Maßnahmen herangezogen werden. Als Beispiele seien hier lang anhaltender starker Niederschlag, Sickerwasseraustritte oder Qualmwasser genannt. Die Festlegung solcher Auslöseschwellen basiert meist auf Erfahrungswerten.“

Insgesamt bestätigt der Interpretationsvergleich die Feststellung der vorherigen Kapitel, dass sich Automatisierungspotenziale (und der dazugehörige Bedarf an Auslöseschwellen) eher auf Routineaufgaben und den Warn-/Alarmierungsprozess beziehen.

5.5.3 Beantwortung von Frage F.5

Zu Frage F.5: *Welche Prozesse der Hochwasserbewältigung (während eines Ereignisses) könnten zur Vorbereitung auf eines oder mehrere der betrachteten Szenarien im Vorfeld im Rahmen der Ereignisvorbereitung ggf. **automatisiert oder digitalisiert** werden? Welche **Auslöseschwellen** könnten hierfür herangezogen werden?*



Grundsätzlich erscheint die **Automatisierung** der Steuerung von Anlagen zur Hochwasserbewältigung im Ereignisfall denkbar. Die Voraussetzung dazu stellen die zuverlässige Verfügbarkeit von Messdaten im Abgleich zu einer Auslöseschwelle sowie die zuverlässige Berechenbarkeit des weiteren Ereignisverlaufs dar. Insbesondere bei großen Ereignissen können diese Aspekte oftmals nicht sichergestellt werden. Daneben gilt es, moralische Aspekte der Entscheidungsfindung durch Maschinen zu bedenken. Als Folge dessen erscheint die Anlagenautomatisierung vor allem in der Bewältigung von Routineaufgaben, z.B. während der Anbahnung eines Hochwassers, attraktiv, da auf diesem Wege personelle Kapazitäten für die Hochwasservorbereitung freigehalten werden können. Aufgrund des generellen Ausfallrisikos sollte sich in der Planung jedoch nicht auf eine funktionale Automatisierung verlassen werden. Unabhängig von der konkreten Anlagensteuerung können vor allem die Informationsverarbeitung sowie die Dokumentation des Ereignisverlaufs und der getroffenen Entscheidungen technisch automatisiert werden. Zusätzlich erscheinen **Prozessautomatismen** innerhalb manueller Prozesse mit Blick auf eine gesteigerte Prozessqualität und Effizienz unabhängig vom Szenario und von der Ereignisgröße zielführend. Um dieses Potenzial zu heben, bedarf es regelmäßiger Übungen auch größerer und komplexerer Ereigniskategorien mit dem Ziel eines gemeinsamen Prozessverständnisses zwischen den beteiligten Behörden und Organisationen.

Vordefinierte **Auslöseschwellen** finden insbesondere in der Anbahnung eines Ereignisses im Kontext von Alarmierung, Mobilisierung von Ressourcen sowie Warnung und Evakuierung der Bevölkerung Anwendung. Während des Ereignisses selbst ist zumindest bei größeren Ereignissen mit einer komplexen und dynamischen Entwicklung der Lage zu rechnen, sodass vorbereitete Auslöseschwellen und Maßnahmen möglicherweise nicht mehr zutreffend

anwendbar sind. In diesen Fällen steigt die Relevanz der wasserwirtschaftlichen Qualifikation der operativen Entscheidungsträger, auch ohne vordefinierte Auslöseschwellen die korrekten Maßnahmen aus den Geschehnissen und Entwicklungen abzuleiten.

In Tabelle 52 erfolgt abschließend eine tabellarische Zusammenstellung der Schlussfolgerungen zur Thematik.

Tabelle 52: Schlussfolgerungen zum Thema Automatisierung und Auslöseschwellen

	Schlussfolgerungen zum Thema Automatisierung
Konkrete Befunde:	
<ul style="list-style-type: none"> - Routineaufgaben: Meldungen/Anlagensteuerung zur Entlastung der Einsatz-/Fachkräfte - Informationsfluss an Einsatzkräfte und Bevölkerung - Dokumentation: Aufzeichnung von Datenständen und Entscheidung - Nicht-technische Automatisierung: Einüben von Prozessautomatismen 	
Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz:	
<ul style="list-style-type: none"> - Automatisierung erfordert funktionierende Infrastruktur und vollständige Daten - Analoge Systeme als Backup-Lösung zwingend erforderlich - Automatisierungspotenzial sinkt mit zunehmender Dynamik und abnehmender Berechenbarkeit der Lage - Moralische Aspekte stehen Entscheidungsautomatisierungen entgegen 	
	Schlussfolgerungen zum Thema Auslöseschwellen
Konkrete Befunde:	
<ul style="list-style-type: none"> - Messwerte und Prognosen <ul style="list-style-type: none"> o Auslösen vorbereitender Maßnahmen (z.B. Alarmierungs-/Meldekettens, Kontrollen an Einlaufbauwerken) o Auslösen von Maßnahmen der Bewältigung (z.B. Einsatzmaßnahmen) - Handeln Dritter (z.B. Alarmstufe in Nachbarkommune) oder andere eigene Entscheidungen 	
Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz:	
<ul style="list-style-type: none"> - Grundsatz: Reduktion der Entscheidungslast und des Risikos von Fehlentscheidungen durch vordefinierte Auslöseschwellen - Herausforderung: Vordefinierte Auslöseschwellen bei dynamischer Ereignisentwicklung ggf. nicht mehr anwendbar, daher wasserwirtschaftliche Ausbildung der Entscheider erforderlich 	

5.6 Technische Instrumente

In diesem Kapitel erfolgt die Diskussion zum Forschungsschwerpunkt Technische Instrumente im gleichnamigen Handlungsfeld. In Abschnitt 5.6.2 wird insbesondere auf das in Szenario 1b etablierte digitale Lagebild eingegangen.

5.6.1 Diskussion der allgemeinen Ergebnisse

Im Handlungsfeld der technischen Instrumente wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit fünf Arten technischer Instrumente identifiziert. Zum einen handelt es sich um Mess-

apparaturen oder (ggf. mobile) Kamerasysteme (z.B. Fernerkundung und Webcams) zur Datenerhebung. Darauf aufbauend werden Hochwassermanagementsysteme betrieben, die vor allem der Verarbeitung und Operationalisierung der erhobenen Daten dienen. Ebenso können auf Basis vorliegender Daten durch weitere Systeme Berechnungen im Sinne von Prognosen oder komplexen Modellierungen angestellt werden. Eine weitere Kategorie ist die IT-Infrastruktur, z.B. bei der Ausstattung der Einsatzkräfte vor Ort oder des Stabes bzw. zur Datenübermittlung zwischen beiden Gruppen. Zuletzt besteht ein Nutzungspotenzial in der Warnung der Bevölkerung durch Warnapps.

Das Nutzenpotenzial digitaler Hilfsmittel bei der Bevölkerungswarnung ist unbestritten. Insbesondere in Szenarien mit einem unerwarteten oder besonders kurzfristigen Ereigniseintritt wurde dieser Mehrwert in den Experteninterviews herausgestellt. Eine Herausforderung besteht in diesem Zusammenhang in der Verbreitung einschlägiger Apps sowie dem uneinheitlichen Angebot. Statt der Nutzung von Apps empfiehlt es sich eine Warnnachricht an alle mobilen Endgeräte einer Region (z.B. innerhalb gewisser Funkzellen) zu versenden, um so einen deutlich größeren Personenkreis ohne Beschränkung auf die Nutzer eines bestimmten Programms sowie zeitgleich zu erreichen (sog. Cell Broadcast) (BMVI 2022).

Herausforderungen in der IT-Infrastruktur wurden im Rahmen der Experteninterviews nur am Rande beleuchtet. Bestenfalls wurden Optimierungsvorschläge im Hinblick auf Weiterentwicklungen in der Anwendung angebracht. Bereits im Routineszenario erwies sich jedoch die mangelhafte Ausstattung mit grundlegenden Kommunikationsmitteln, wie dienstlichen Mobiltelefonen, als problematisch. Im Szenario 1b zeigte sich eine Abweichung der Ausstattung des Stabsraums zur gewünschten Nutzung durch die Stabsmitglieder, was die Stabsarbeit erschwerte. Diese Herausforderung bestand am zweiten Beobachtungsort nicht mehr. Über beide Beobachtungsorte hinweg waren aufgrund der zusammengebrochenen Kommunikationsinfrastruktur verschiedene grundsätzlich vorhandene technische Arbeitsmedien nicht oder nur eingeschränkt nutzbar. Daraus erwächst der Anspruch an die Betriebsstabilität technischer Hilfsmittel und der Infrastruktur, auf der sie aufsetzen, im Hinblick auf grundsätzliche Robustheit und Systemredundanzen. Trotz dieser Bemühungen aus den Erlebnissen des Szenarios 1b kann abgeleitet werden, dass ein übermäßiger Fokus auf technische Hilfsmittel insbesondere bei außergewöhnlichen Ereignissen ein Risiko für den Einsatzerfolg bildet. Konsequenterweise müssen Einsatzkräfte und wasserwirtschaftliche Akteure auch in Zukunft zur Nutzung analoger Arbeitsmedien ausgebildet werden und solche vorgehalten und regelmäßig aktualisiert werden (s. auch SCHÜLLER et al. 2022b).

Das Leistungspotenzial von Prognosen und insbesondere Modellierungen konnte vor allem auf die Nutzung bei der Ereignisvorbereitung, z.B. der Erstellung von Plänen für verschiedene Szenarien oder Wasserstände, sowie der Frühwarnung eingegrenzt werden. Während des eigentlichen Ereignisses ist die Nutzbarkeit in aller Regel durch den verkürzten Vorlauf, das Fehlen von (aktuellen) Daten oder die Grenzen des numerischen Modells eingeschränkt. Im

Szenario 1b konnten alle diese theoretischen Einschränkungen als realistische Risiken beobachtet werden.

Demgegenüber wurde die Notwendigkeit technischer Unterstützung bei der Verarbeitung von Daten während des Szenarios 1b von den Akteuren erlebt und daher ein solches in Form des digitalen Lagebildes noch während der laufenden Ereignisbewältigung etabliert. Gemäß den Erwartungen aus der Auswertung der Experteninterviews konnten die Einfachheit des angewandten Systems sowie die Vernetzung verschiedener Datenquellen als Schlüsselaspekte im Hinblick auf die Akzeptanz und das Erfolgspotenzial beobachtet werden. Diese beiden Aspekte können als allgemeine Erfolgskriterien für in Entwicklung befindliche technische Systeme festgehalten werden.

Die Nutzung technischer Hilfsmittel im Rahmen der Datenerhebung stellt grundsätzlich einen wichtigen Baustein in der Ereignisbewältigung dar. Dies insbesondere, da zur fundierten Entscheidungsfindung eine große Datenzahl zur möglichst sachgerechten Lagebewertung benötigt wird. Eine rein analoge Erhebung dieser Datenmengen erscheint unrealistisch. Dennoch muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass aufgrund zerstörter Messeinrichtungen, der Überschreitung von deren Bemessungsgrundlage oder Störungen der Datenübermittlung, wie sie in Szenario 1b beobachtet werden konnten, sowie Ereignissen wie in Szenario 2, die sich den üblichen Messparametern entziehen, Maßnahmen nie gänzlich auf den Input technischer Messdaten abgestellt werden dürfen. Das Potenzial der Fernerkundung mit Drohnen oder Hubschraubern zeigt sich sowohl im Ergebnis der Experteninterviews als auch aus der teilnehmenden Beobachtung. Vor allem, wenn die Zugänglichkeit des zu betrachtenden Ortes grundsätzlich eingeschränkt oder nur mit einem Sicherheitsrisiko für die Einsatzkräfte gewährleistet werden kann, offenbart sich ihr Mehrwert. Dennoch muss aus der teilnehmenden Beobachtung die Einschränkung festgehalten werden, dass die Dateninterpretation verhältnismäßig aufwändig ist und sowohl orts- als auch fachkundiger Bewertung bedarf.

Über alle Formen technischer Instrumente hinweg muss die Entstehung von Insellösungen und damit sowohl der erschwerte Datentransfer als auch die Herausforderung fehlender Anwenderkompetenz bei überregionalen oder fachgebietsübergreifenden Einsätzen als Risiko der fortschreitenden Digitalisierung erachtet werden. Neben der inhaltlichen Entwicklung neuer Anwendungen sollten demnach insbesondere eine intuitive Bedienbarkeit und eine Vernetzung der Systemwelten in den Fokus des Handelns gerückt werden.

5.6.2 Digitales Lagebild: Potenzialanalyse und Weiterentwicklungsmöglichkeiten

Die Analyse von Potenzialen und die daraus abgeleitete Identifikation von Weiterentwicklungsmöglichkeiten stützen sich in der Folge auf zwei verschiedene

Perspektiven. Zum einen wird das im Rahmen der Online-Befragung generierte Anwenderfeedback verarbeitet, zum anderen werden die Erfahrungen und Beobachtungen aus dem Prozess der praktischen Entwicklung genutzt.

Die Teilnehmer der **Online-Befragung** hatten im Rahmen des Einsatzes viele verschiedene Funktionen wahrgenommen und mitunter zwischen diesen gewechselt, woraus sich eine funktionsübergreifende Aussagekraft der Befragungsergebnisse ableiten lässt. Weniger vielfältig gestaltet sich die Mediennutzung bei der Verwendung des digitalen Lagebildes. Da das digitale Lagebild fast ausschließlich vom PC aus im Stabsraum verwendet wurde, lassen sich zur Nutzung und zur Attraktivität mobiler Komponenten keine verlässlichen Aussagen treffen. Grundsätzlich empfiehlt es sich, im Falle einer zukünftigen Verwendung zusätzlich die Nutzung mobiler Endgeräte, insbesondere zur Datenerhebung, aber auch zur Datenansicht im Feld zu erproben. Im Sinne dieser hybriden Nutzung wurde im Rahmen der Befragung ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Datenempfängern und Datenbereitstellern festgestellt. Dies deutet darauf hin, dass das digitale Lagebild eher als eine Austauschplattform für Informationen denn als eine Datenbank genutzt wurde. Sowohl im Hinblick auf die Art eingebrachter als auch die genutzten Informationen stellen visuelle Daten (Luftbilder, Fotos etc.) im Rahmen der Erhebung eine wichtige Gruppe dar, woraus sich ableiten lässt, dass ein wesentlicher Mehrwert im visualisierenden Charakter des Lagebildes besteht. Daneben kann ein Schwerpunkt im Recherchekontext bezüglich Basisdaten oder der Schadensbewertung einsatzrelevanter Infrastruktur oder Objekte festgestellt werden. Dementsprechend lag der Nutzungsschwerpunkt eher im Prozess der Lagefeststellung sowie der Planung konkreter Einsatzmaßnahmen. Der Einsatz als Entscheidungsunterstützung wurde nur nachrangig praktiziert. Insgesamt bescheinigte der Großteil aller Teilnehmer dem digitalen Lagebild ein Nutzenpotenzial für den zukünftigen Einsatz, wobei eine beinahe ebenso große Zahl von Teilnehmern schon in der im konkreten Einsatz verwendeten Version des digitalen Lagebildes einen Mehrwert sieht. Dieses positive Meinungsbild legt eine weitere Verwendung unter stetiger Weiterentwicklung nahe. Ungeachtet der hohen Gesamtzufriedenheit benennen die Befragungsteilnehmer Verbesserungsvorschläge, insbesondere im Hinblick auf eine anwenderfreundlichere Gestaltung. Ein weiterer Schwerpunkt der dargestellten Potenziale beschäftigt sich mit der Aktualisierung der Daten, wobei neben der Echtzeitanbindung technischer Messdaten vor allem auf eine optimierte Einbindung georeferenzierter Fotos aus dem Feld gesetzt wird sowie die Möglichkeit bestehende Datensätze zu kommentieren und damit Bewertungen und Ableitungen transparent zu machen. Eine Herausforderung dürfte in diesem Zusammenhang darin bestehen, die Übersichtlichkeit der Darstellungen insbesondere in Stresssituationen zu wahren, ohne dass es zu Informationsverlusten kommt. Ein geteiltes Meinungsbild herrscht jedenfalls bei der Frage, ob und in welchem Rahmen die Anwendung auch für die Bevölkerung nutzbar gemacht werden kann. Die Meinungen reichen dabei von einem gänzlichen Nutzungsverzicht über die ausschließliche Verbreitung von Einsatzinforma-

tionen bis hin zur Hilfe zur Selbsthilfe in Form relevanter Anlaufstellen für die Bevölkerung. In jedem Fall stellt sich der Informationsbedarf in der Bevölkerungsanwendung sowohl im Hinblick auf die Art als auch auf die Qualität der Informationen anders dar als der Informationsbedarf der Einsatzkräfte, weshalb schon im Rahmen der Datenpflege zu unterscheiden ist, welche Informationen für welche Nutzergruppen einsehbar sind.

In der Verschneidung der Ergebnisse des Online-Fragebogens sowie der teilnehmenden Beobachtung kann dem Einsatz eines digitalen Lagebildes nicht nur für die konkret betrachteten Ereignisse, sondern grundsätzlich für zukünftige Ereignisse und Einsätze ein großes Nutzenpotenzial bescheinigt werden. Um dieses Nutzenpotenzial zu realisieren, gilt es insbesondere die Zielsetzung der Verwendung zu klären, da sich daraus konkrete Anforderungen zur Gestaltung des Produktes selbst, aber vor allem zum Umfeld des Systems und dessen Einbindung ergeben. Neben dem im Rahmen der praktischen Entwicklung zuerst fokussierten Einsatz als Informationssystem während der Lagefeststellung und der darauf aufbauenden Einsatzkoordination kommen weitere Verwendungsformen in Frage. Eine Umgestaltung als Öffentlichkeitsanwendung kann je nach angestrebten Funktionalitäten im Sinne der Transparenz zur Information der Bevölkerung oder zur Unterstützung der Selbsthilfe erfolgen. Ebenso können mit Hilfe der Anwendung die Entwicklung der Lage und die Chronologie der Entscheidungen und Maßnahmen jeweils im Abgleich mit den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Informationen dokumentiert werden. Diese Dokumentation kann später sowohl zur politischen Nachlese als auch zur internen Prozessweiterentwicklung durch die Akteure aus Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft herangezogen werden. Zuletzt können die gewonnenen Daten z.B. aus der Erhebung von Schäden im Rahmen des Wiederaufbaus eingesetzt werden, indem gleichermaßen Instandsetzungsmaßnahmen auf dieser Basis geplant und deren Resultate digital verarbeitet werden. Außerdem wurde das Informationssystem im Rahmen der praktischen Anwendung erst nach Durchlauf des eigentlichen Flutscheitels eingerichtet, sodass eine Erprobung von Einsatzpotenzialen unmittelbar während eines Ereignisses (z.B. mehrtägiges Hochwasser in einem großen Einzugsgebiet) noch aussteht. Auf diesem Wege kann das digitale Lagebild als durchgängiges Medium über den gesamten Lebenszyklus des Ereignisses hinweg eingesetzt werden. Darüber hinaus stellt sich die Frage der hierarchischen Perspektive. Die Einsatzpotenziale erstrecken sich dabei von einer kleinräumigen Betrachtung einzelner Einsatzabschnitte bis hin zur Datenaggregation für Oberbehörden und politische Entscheidungsträger. Bevor zur Realisierung dieser einzelnen Einsatzformen ein entsprechender technischer Entwicklungsaufwand betrieben wird sowie Rahmenbedingungen und Anschlussprozesse auf die Bedürfnisse des Systems hin angepasst werden, bedarf es einer Grundsatzentscheidung zum angestrebten Verwendungstyp. Unabhängig von der Frage des konkreten Einsatzes lassen sich jedoch allgemeine Verbesserungspotenziale am technischen System selbst identifizieren. In erster Linie sind im Hinblick auf die automatische Versorgung mit Daten technische Schnittstellen zu schaffen, die

eine dauerhafte Einspeisung von Informationen durch Dritte, z.B. Deutscher Wetterdienst, Hochwassermelddienst, Energieversorger o.Ä. erlauben. Mit Blick auf die Befüllung des Systems mit ereignisbezogenen Lageinformationen müssen die technischen und organisatorischen Voraussetzungen für eine Vor-Ort-Erfassung im Sinne einer Field-App für den On- und Offline-Betrieb weiterentwickelt werden. Ebenso gilt es die Verarbeitung und Einbindung von Daten der Fernerkundung mit dem Ziel eines Echtzeit-Lagebildes technisch zu optimieren. Im Rahmen der praktischen Umsetzung hatten sich insbesondere die Georeferenzierung sowie die Zuordnung von Daten zu einem Zeitstempel als Herausforderung herauskristallisiert, weshalb hier bestenfalls über Automatisierung anhand der Bewegungsdaten von mobilen Endgeräten oder Einsatzfahrzeugen Abhilfe geschaffen werden muss. Gleichermaßen ist eine Möglichkeit zum (z.B. tabellarischen) Export von Daten zu schaffen. Im Sinne der Anwenderfreundlichkeit bietet es sich an, über ein angeschlossenes Hilfstool Anwendersupport zu bieten. Um einen standortübergreifenden Einsatz des digitalen Lagebildes zu ermöglichen, gilt es zudem ein Grundsystem aus der bestehenden regionalspezifischen Anwendung abzuleiten, um es anderenorts mit deutlich reduzierter Anlaufzeit in Betrieb nehmen zu können.

Auch für die Einbindung in das Einsatzgeschehen und die Stabsarbeit ließen sich Herausforderungen identifizieren, denen es sich in erster Linie organisatorisch zu stellen gilt. Zum einen war das Zugangsmanagement ein kritischer Punkt. Mit Blick auf die Datensicherheit kam es zu wiederholten Passwortänderungen, die einen hohen administrativen Aufwand auslösten. Eingerichtete Verteiler litten unter Personalwechsel und Übergaben. Diese führten dazu, dass der Wissensstand der Akteure im Umgang mit dem digitalen Lagebild immer wieder aktualisiert werden musste.

Für beide Aspekte gilt es Prozesse zu definieren, die geeignet sind, die genannten Risiken zu minimieren. Grundsätzlich erscheint eine priorisierte Lenkung und Koordination der Datenerhebung im Feld aus dem Stab heraus attraktiv, um Informationslücken zu schließen und Doppelarbeit zu vermeiden. Hierzu sind organisatorische und kommunikative Prozesse zu gestalten. Zur Unterstützung der Einsatzkräfte bei der Erhebung und Übermittlung von Daten bietet sich der Einsatz von GIS-Fachexperten je Einsatzabschnitt an.

Weitere Herausforderungen bestehen in der strukturellen, organisatorischen und rechtlichen Einbindung in das Gesamtgeschehen. So gilt es ein Team mit GIS- und Katastrophenschutzsachverstand zum Betrieb des Lagebildes organisatorisch in die Stabsstruktur, z.B. in den Bereich S2 „Lage“, einzugliedern. Dabei sind die jeweiligen Rollen und Aufgaben zu denen anderer Organisationseinheiten trennscharf abzugrenzen. Ebenso müssen Regelungen für den Informationsfluss und den Ablauf von Informationsanforderungen und -aktualisierungen geschaffen werden. Die Verfügbarkeit verschiedener elementarer Daten, z.B. Geobasisdaten und Infrastrukturdaten, sollte den Kommunen regulatorisch verpflichtend auferlegt werden. Über den rein technischen Aspekt hinaus sind die Informationsschnittstellen auch insoweit zu klären, als dass grundsätzlich definiert ist, welche Informationen in welchem Format und aus

welcher Quelle zu beziehen sind.

In Kombination aller vorgenannten technischen, organisatorischen und strukturellen Potenziale ist die Weiterentwicklung von einem reinen Informationssystem hin zu einem ganzheitlichen Hochwassermanagementsystem anzustreben.

5.6.3 Interpretationsvergleich

Im Rahmen des Forschungsprogramms RIMAX (MERZ et al. 2011) wurde u.a. auch der Einsatz technischer Instrumente zur Optimierung des Hochwasserrisikomanagements sowie diesbezüglich zur Unterstützung des sog. operationellen Katastrophenmanagements (entspricht im Verständnis der Forschenden annäherungsweise dem des operativen Hochwasserschutzes) untersucht. Hierzu zählte die Entwicklung „neue[r] Methoden zur Simulation von extremen Abflüssen und zur Visualisierung der zu erwartenden Überflutungen“. Auch in diesem Forschungsvorhaben wird betont, dass „numerische [...] Prognoseinstrumente hervorragende Möglichkeiten zum ‚Durchspielen‘ verschiedener Szenarien zum Entwickeln von Gegenmaßnahmen [bieten], die dann zur Planung und zum Training des Katastrophenschutzes sowie zur Sensibilisierung und Aufklärung der Bevölkerung genutzt werden können“ (MERZ et al. 2011). In einer weiteren Veröffentlichung relativieren MERZ et al. (2010b) die Aussagekraft gegenwärtiger Schadensmodellierungen im Hinblick auf verschiedene Unschärfen aktueller technischer Lösungen. Das Ergebnis entsprechender Berechnungen hängt aus Sicht der Autoren wesentlich von den Prämissen und Annahmen, die der Gestaltung des Modells zugrunde liegen, ab. Modellierungen können daher zwar einen wichtigen Beitrag bei der Entscheidungsfindung im operativen Hochwasserschutz leisten, sind jedoch aufgrund der systemischen Unschärfen stets mit anderen Methoden und Informationen zu kombinieren. Das zum RIMAX-Forschungsvorhaben gehörige Projekt SAR-HQ (MERZ et al. 2011; MARTINIS et al. 2009) stellt Methoden zur Vorsorge und Analyse durch die Erfassung von Überschwemmungsflächen in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung mit Hilfe von Radarsatelliten zur Verfügung. Es wird betont, dass „die kurzfristige Kenntnis der flächenhaften Ausdehnung des Hochwassers [...] z.B. für den Katastrophenschutz wichtig [ist]“ und so „unmittelbar den Katastropheneinsatzstellen zur Verfügung gestellt werden [...] [kann]“ (MERZ et al. 2011). Da im Hochwasserfall Wolken, Dunkelheit in der Nacht oder starke Regenfälle den Einsatz optischer Fernerkundungsdaten erschweren, können satellitengenerierte Radaraufnahmen vom Überflutungsgebiet eine flächige Erfassung des Katastrophenschutzzustandes ermöglichen. Das Verfahren wurde durch das Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation (ZKI) bereits global auf seine Übertragbarkeit untersucht und kann nach den bisher gemachten Erfahrungen aus der operationellen Anwendung sowohl „für großflächige Hochwasserereignisse [...] als auch zur Detektion eher kleinräumiger Ausuferungen universell“ eingesetzt werden (MERZ et al. 2011). Aufgrund eines entstehenden

Radarschattens bei sehr kleinräumigen Straßen- und Gebäudestrukturen kann die Erkennung von Wasserflächen in Stadtgebieten allerdings erschwert sein (MERZ et al. 2011). Das Forschungsprojekt bietet insoweit eine Lösung für die in den Experteninterviews herausgearbeitete Problematik der Nutzbarkeit von Methoden der Satelliten-Fernerkundung unter ungünstigen Wetterbedingungen (z.B. Szenario 3).

Im Rahmen des RIMAX-Projektes „Operationelles Hochwassermanagement in großräumigen Extremsituationen“ wurde für das Szenario eines durch Deichüberströmung ausgelösten Katastrophenfalls das System FlowGIS entwickelt, welches „über Funktionen zur automatisierten Freibordanalyse an Deichen und Bauwerken (Deichscharten, Durchlässe etc.) [verfügt]. Über eine Schnittstelle können die Wasserstandprognosen auch zur lokalen Bewertung der Standsicherheit von Deichen verwendet werden. Für bruchgefährdete Deichabschnitte können über grafische Oberflächen in FlowGIS Deichbreschen in die Modellgeometrie eingebaut und so die Auswirkungen auf die gefluteten Hinterdeichgebiete sowie die Entlastung für die Unterlieger berechnet werden“ (MERZ et al. 2011).

MERZ et al. (2011) betonen, dass „der Vorteil der einmal erstellten hydrodynamischen Modelle [...] darin [besteht], dass sie bereits zur Einsatzplanung des Katastrophenschutzes eingesetzt werden können. Mögliche Überflutungsszenarien können durchgespielt, Vorwarnzeiten, z.B. für Evakuierungen [...] können ermittelt werden. Damit kann bereits eine sehr effektive Katastrophenschutzplanung, basierend auf vorher festgelegten Gefahrenszenarien, erfolgen. Die Modelle sind nach Aufstellung zu pflegen und können dann im tatsächlichen Überschwemmungsfall zur Steuerung der Katastrophenschutzmaßnahmen unterstützend eingesetzt werden“. Die Forschungsergebnisse stellen ein Beispiel für die Modellierung von Handlungsalternativen des operativen Hochwasserschutzes insbesondere in hochwasserfreien Zeiten dar und können Unterstützung bei der Aufstellung der Alarm- und Einsatzpläne bieten.

Auch JÜPNER (2018b) betont den Nutzen von hydraulischen Modellen und schlägt vor, diese z.B. für Großflächenlagen infolge eines Deichbruches mit Echtzeitdatensystemen wie Drohnen zu koppeln (s. BRAUNECK et al. 2016; JÜPNER et al. 2018). JÜPNER (2018b) führt des Weiteren aus, dass „die Simulation von Katastrophenschutzmaßnahmen, wie z.B. der Aufbau zweiter Verteidigungslinien, (...) zu einer deutlichen Verbesserung der Entscheidungsgrundlagen der Katastrophenschutzkräfte beitragen“ kann. Zum gleichen Schluss kommen MOLINARI et al. (2013).

Hinsichtlich der Thematik der Hochwassermanagementsysteme betont GRETZSCHEL (2008) im Rahmen ihrer Dissertation, dass diese „die Erfüllung der kommunalen Aufgaben effektiv unterstützen [können] und [...] in Zukunft aufgrund neuer technischer Möglichkeiten und vor dem Hintergrund klimatisch bedingt häufig auftretender Extremereignisse verstärkt zum Einsatz kommen [werden]. [...] Weiterer Forschungsbedarf wird insbesondere in einer stärkeren Vernetzung der Systeme gesehen.“ Bereits im Rahmen dieser im Jahr 2008

durchgeführten Studie wurde ein Bedarf an einer Ausweitung der Managementsysteme auf ganze Einzugsgebiete zur Vermeidung von Insellösungen und zur kommunalen Vernetzung ermittelt; zudem wurden die Möglichkeit und das Potenzial einer Nutzung auf allen Verwaltungsebenen bis hin zur Landesebene gesehen. Auch das Thema der Entwicklung von Schnittstellen und der Integration bestehender Datenbanken wurde schon 2008 als Grundvoraussetzung für die Etablierung der Hochwassermanagementsysteme angesprochen, welches, wie die vorstehenden Ergebnisse der Doktorarbeit zeigen, bis heute nicht abschließend bzw. ausreichend behandelt wurde und damit nach wie vor als bedeutendes Defizit des operativen Hochwasserschutzes ausgewiesen werden muss.

Auch im Muster-Alarm- und Einsatzplan von WBW (2006) konnte festgestellt werden, dass die Themen Digitalisierung und Nutzung von Hochwasserinformationssystemen für die Alarm- und Einsatzplanung empfohlen und deren Vorteile hervorgehoben werden: „Es können doppelte Inhalte vermieden, Ressourcen mit Maßnahmen verknüpft und somit die Durchgängigkeit von Informationen und Maßnahmen gewährleistet werden. [...] Die Protokollierung eines Einsatzes wird somit ebenfalls erleichtert. Eine vollständige und automatisierte Verknüpfung aller Informationen kann abschließend erst auf Basis eines Hochwasserinformationssystems erfolgen“ (WBW 2006).

Im Rahmen aktueller Berichte zu den Hochwasserereignissen 2021 wird u.a. in IM NRW (2022) die Relevanz von digitalen Lagebildern für die Ereignisbewältigung betont: „Die Vergangenheit hat verdeutlicht, dass bei Katastrophen, die mehrere Kommunen oder sogar mehrere Regierungsbezirke betreffen, ein Kernproblem der Lagebewältigung in einem nicht aussagekräftigen und aktuellen Lagebild auf Landesebene liegt. Als Folge können der Einsatz und die Koordination der Kräfte [...] nicht lagegerecht erfolgen. [...] Daher ist ein andauernder Zugang zu einem aktuellen digitalen Landeslagebild ‚Brand- und Katastrophenschutz‘ notwendig, um kürzeste Reaktionszeiten zu ermöglichen.“

Auch das BMI & BMF (2022) kündigen in seinem Bericht die Aufstellung eines „Gemeinsamen Lagebilds Bevölkerungsschutz“ sowie eines Prototyps für ein digitales Lagebild im Rahmen eines Gemeinsamen Kompetenzzentrums Bevölkerungsschutz (GeKoB) an.

Aus einer wissenschaftlichen Perspektive stellen FEKETE et al. (2015) das Einsatzpotenzial von Geoinformationssystemen über den Prozess der Datenerhebung hinaus zur integrativen Verbindung und Analyse von Daten heraus und regen ungeachtet bestehender technischer und prozessualer Herausforderungen die perspektivische Entwicklung eines gesamtheitlichen Tools an.

Abschließend kann festgehalten werden, dass u.a. auch die v.g. wissenschaftlichen Publikationen, Forschungsprojekte und Veröffentlichungen verantwortlicher Institutionen Potenziale in der Nutzung technischer Instrumente für eine effektive Hochwasserbewältigung erkannt und beleuchtet haben. Hierzu zählen insbesondere Hochwassermanagement- und -informationssysteme, Instrumente der Fernerkundung sowie wasserwirtschaftliche Modelle

und Simulationen.

Eine übergeordnete Perspektive dazu nimmt SHAW (2020) ein. Er betont, dass sich technologische Weiterentwicklungen im Katastrophenfall jederzeit der übergeordneten Zielsetzung des Schutzes von Leib und Leben unterzuordnen haben. Ebenso sieht er im Einsatz technischer Instrumente vor allem dann ein Potenzial, wenn sie mit bestehendem Wissen und Erfahrungen kombiniert werden. Zuletzt sieht er den wichtigsten Treiber technologischer Weiterentwicklungen im praktischen Bedarf.


5.6.4 Beantwortung von Frage F.6

Zu Frage F.6: *Welche **technischen Instrumente** können bei der Ereignisvorbereitung und -bewältigung zielführend eingesetzt werden?*

Szenarienübergreifende Nutzungspotenziale konnten für technische Instrumente der Datenerhebung und auf diesen Rohdaten basierende Berechnungen und Modellierungen identifiziert werden. Insbesondere bei der Entwicklung von Alarm- und Einsatzplänen im Rahmen der Vorsorge und bei der Erhebung von Daten können Modelle gewinnbringend eingesetzt werden. Bei der Datenerhebung sollte vor allem die Einbindung von Methoden der Fernerkundung in den Mittelpunkt gerückt werden. Darüber hinaus stellt die technische Infrastruktur sowohl im Sinne der Hardwareausstattung als auch mit Blick auf Softwarelösungen einen wichtigen Faktor dar. Insbesondere der Anspruch an die Stabilität technischer Instrumente und vor allem die Belastbarkeit der Infrastruktur zur Datenübermittlung konnten herausgearbeitet werden. Die Notwendigkeit analoger Backup-Arbeitsmedien besteht umso mehr, je größer die Abhängigkeit von technischen Hilfsmitteln wird. Die weite Verbreitung mobiler Endgeräte in der Bevölkerung eröffnet neue Möglichkeiten der Nutzung bei der Warnung der Bevölkerung und der Mobilisierung von Einsatzkräften zur Begünstigung des zeitlichen Handlungsspielraums. Besonders erwähnenswert erscheint in Anbetracht der Komplexität der Datenlage das Handlungsfeld der Datenverarbeitung und der Operationalisierung für den Anwender als Einsatzfeld technischer Instrumente. In diesem Kontext erwies sich die Erstellung eines digitalen Lagebildes als geeigneter Lösungsansatz, der für die zukünftige Nutzung zudem umfangreiche Erweiterungspotenziale bietet. Übergeordnete Zielsetzung der Weiterentwicklungen sollten zwingend die Entstehung eines gesamtheitlichen und standardisierten Hochwassermanagementsystems im Rahmen der operativen Hochwasservorsorge von der Ereignisfrüherkennung über die Ereignisbewältigung bis hin zum Wiederaufbau bzw. zur Nachsorge sein.

Die v.g. Schlussfolgerungen zur Thematik werden in Tabelle 53 tabellarisch zusammengefasst.

Tabelle 53: Schlussfolgerungen zum Thema Technische Instrumente

 Schlussfolgerungen zum Thema Technische Instrumente
<p>Konkrete Befunde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Datenerhebung: Messapparaturen (z.B. Pegel), visuelle Verfahren (z.B. Fernerkundung) - Datenverarbeitung: Hochwassermanagement- oder Hochwasserinformationssysteme - Datennutzung: Prognosen und Modelle - IT-Infrastruktur: Stabsausstattung, mobile Endgeräte und Kommunikationsinfrastruktur - Bevölkerungskommunikation: Warnapps, Informationsplattformen, Einbindung Social Media
<p>Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Belastbarkeit der technischen Instrumente als erfolgskritischer Faktor - Anwenderschulung als Teil der vorbereitenden Aufgaben - Technische Operationalisierung/Visualisierung als Bindeglied zwischen Daten und Handlung - Prognosen und Modelle als Teil der Vorsorge, Potenzial nach Ereigniseintritt sinkt mit zunehmender Dynamik d. Lage - Etablierung und Nutzung von standardisierten Hochwassermanagementsystemen - Fernerkundung als wichtiger Bestandteil der Lagefeststellung und -beurteilung

5.7 Gestaltung der Struktur des operativen Hochwasserschutzes

Nun erfolgt die Diskussion zum Forschungsschwerpunkt Struktur im gleichnamigen Handlungsfeld. Diesem sind die Themen Warnung/Alarmierung, Zuständigkeitsregelungen, Übung/Schulung sowie die Alarm- und Einsatzplanung als optimierungsfähige strukturelle Grundlagen des operativen Hochwasserschutzes zuzuordnen.

5.7.1 Diskussion der Ergebnisse

Als eine grundsätzliche strukturelle Herausforderung wurde von den Teilnehmern der Experteninterviews die Verantwortungsverlagerung von kommunalen Entscheidungsträgern auf Landesstrukturen in Abhängigkeit von der Größe und dem Verlauf des Ereignisses genannt. Die Teilnehmer rechnen in diesem Zusammenhang mit Reibungsverlusten in der Übergangsphase. Auch wenn sich diese Befürchtung im Rahmen der Beobachtung grundsätzlich bewahrheitet hat, zeigte sich gleichermaßen die Wichtigkeit regionaler Strukturen und Vernetzung mit örtlichen Partnern. Insoweit gilt es nicht grundsätzlich die Verantwortungsverteilung zwischen Kommunen und Land zu hinterfragen, sondern vielmehr eine Minderung der damit verbundenen Risiken, z.B. durch eine konkretere Regelung der Zusammenarbeit, anzustreben, ohne gleichsam die damit verbundenen Vorteile aufzugeben. Bezüglich der Stabsstrukturen hatten Experten bereits für die Szenarien 2 und 3 unterstellt, dass Stäbe aufgrund des kurzen Vorlaufs bis zum Ereigniseintritt nicht rechtzeitig in vollem Umfang einsatzbereit sind. Im Rahmen der teilnehmenden Beobachtung für das Szenario 1b

wurde festgestellt, dass die Experten nicht mit einer solchen Problemsituation gerechnet hatten, weil das Ausmaß der Überflutung sehr verzögert identifiziert worden ist. Da sich aus dem Fehlen bzw. der eingeschränkten Leistungsfähigkeit einer zentralen Stabseinheit erhebliche Risiken für die Effizienz und die Effektivität der Einsatzmaßnahmen ergeben, erscheint es geboten dieser Problematik entgegenzutreten. Diese Zielsetzung bezieht sich hierbei auf die Ausgestaltung effizienter Warn- und Mobilisierungsprozesse in der weiteren Ereignisfolge.

Ein weiterer problematischer Aspekt, der sowohl in den Experteninterviews als auch in der teilnehmenden Beobachtung herausgearbeitet werden konnte, ist die Heterogenität in den Strukturen, aber auch Systemlandschaften der verschiedenen beteiligten Organisationen. Unstrittig ist, dass aufgrund der ebenso heterogenen regionalen Anforderungen an den Hochwasserschutz in Abhängigkeit von z.B. dem Flussgebiet, vorhandenem baulichem Hochwasserschutz oder infrastrukturellen Rahmenbedingungen ein gewisses Maß an Regionalisierung bzw. Individualisierung erforderlich ist. Es bietet sich jedoch an, überregional eine Standardisierung von z.B. Kommunikationsstrukturen, Dateiformaten oder Begrifflichkeiten voranzutreiben, um die Reibungsverluste an den Schnittstellen zu minimieren. Als ein geeigneter Baustein auf diesem Weg bieten sich gemeinsame organisationsübergreifende Schulungs- und Qualifikationsmaßnahmen an, die zusätzlich eine informelle Vernetzung verschiedener Akteure fördern.

Die Regelung eines Mindeststandards vorzuhaltender Daten durch übergeordnete Strukturen erscheint daher als geeignetes Mittel dieser Problematik zu begegnen. Die Notwendigkeit einer Einbindung wasserwirtschaftlicher Fachkräfte wurde in allen Szenarien vor allem im Kontext der Vorbereitung gesehen. Eine umfangreiche aktive Einbindung in das Einsatzgeschehen wurde von Vertretern der Wasserwirtschaft hingegen lediglich für ein Szenario des Versagens eines technischen Hochwasserschutzes (Szenario 2) in Betracht gezogen. Bereits in den Experteninterviews hatte sich der Wunsch von Kräften aus dem Katastrophenschutz nach wasserwirtschaftlicher Unterstützung, z.B. bei der Interpretation von Daten, der Lagebewertung oder der Bewertung von Handlungsalternativen, abgezeichnet. Um dem gerecht zu werden, sollten daher schon bei der Aufstellung von Alarm- und Einsatzplänen konkrete wasserwirtschaftliche Aufgabenpakete und Leistungen erbracht und zwischen den betroffenen Stellen abgestimmt werden.

Ein großes Potenzial besteht in der Einbindung freiwilliger Helfer. Zwar gehen in den Experteninterviews einzelne Teilnehmer auf die grundsätzliche Einsetzbarkeit freiwilliger Helfer unter bestimmten Rahmenbedingungen ein, machen jedoch keine konkreten Aussagen oder Vorschläge zur Umsetzung. Während der Beobachtung des Szenarios 1b wurden die freiwilligen Helfer relativ spät in die zentral koordinierten Maßnahmen eingebunden, sodass diese innerhalb eigener Parallelstrukturen unabgestimmt agierten. Zudem kam es in der Konsequenz zu einem Akzeptanzverlust für das Handeln der offiziellen Einsatzkräfte in der Bevölkerung.

5.7.2 Interpretationsvergleich

Im Folgenden sollen die o.g. Erkenntnisse zum Handlungsfeld bzw. Forschungsschwerpunkt „Struktur“ mit weiteren wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Forschungsergebnissen verglichen und diesbezüglich interpretiert werden. Im Anschluss soll zusätzlich ein Abgleich mit einer Ereignisanalyse aus Sachsen (sog. Kirchbach-Report) aus dem Jahr 2002 (SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG 2002) erfolgen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens von ADAM (2006) konnten im Ergebnis für österreichische Kommunen „drei Bereiche identifiziert werden, welche zu einer Steigerung der Effektivität, Effizienz und Angemessenheit des Katastrophenmanagements“ im Hochwasserfall beitragen. Zum einen ein regelmäßiger offener Informationsaustausch mit der Bevölkerung zur Stärkung des Hochwasserbewusstseins (s. auch KIENZLER et al. 2015) und zu deren Sensibilisierung gegenüber Hochwassergefahren, als Grundlage für Maßnahmen des Selbstschutzes und zur Akzeptanz der finanziellen Förderung des Katastrophenschutzes. Des Weiteren die Ausarbeitung von Schutzkonzepten mit Ober- und Unterliegern sowie der Bevölkerung zur Umsetzung von Maßnahmen der Gefahrenabwehr für einen „nachhaltigen und großräumigen Schutz vor Hochwasser“. Als letzter Punkt wurde die Erstellung eines Katastrophenschutzplans (vergleichbar den Alarm- und Einsatzplänen in Deutschland) mit „Informationen über die personellen (samt Erreichbarkeit, Stellvertretung, Aufgabenverteilung) und materiellen (samt Angabe der Lagerungsorte und Kapazitäten) Ressourcen für den Katastrophenfall“ hervorgehoben. ADAM (2006) betont, „wenngleich rein statistisch das Auftreten einer derartigen Hochwasserkatastrophe wenig wahrscheinlich ist, muss jederzeit mit neuerlichen Überschwemmungen gerechnet werden, sodass die Verbesserung der Maßnahmen des Katastrophenmanagements eine dringende und nachhaltig zu erledigende Aufgabe darstellt.“ Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit ermittelte Relevanz von Alarm- und Einsatzplänen zur Vorbereitung eines Hochwasser- oder Starkregenereignisses deckt sich somit mit den Erkenntnissen von ADAM (2006).

Während bestehende kommunale Alarm- und Einsatzpläne oftmals Starkregenereignisse nicht oder nur lückenhaft abbilden, wurden im Rahmen des RAINMAN-Forschungsprojektes gemäß WEINER et al. (2021) starkregenregenspezifische Einsatzpläne bereitgestellt und können als Muster bei der Erstellung kommunaler Planungen berücksichtigt werden.

Bezüglich der in der empirischen Studie gefundenen Wichtigkeit einer fachbezogenen Ausbildung der Einsatzkräfte hat sich auch im Rahmen „des Forschungsvorhabens BiWaWehr [...] eindeutig bestätigt, dass für die großen Herausforderungen bei der Abwehr wasserbezogener Naturgefahren und der entsprechenden Einsatzbewältigung ein besonderer Bedarf an Aus- und Weiterbildung der Einsatzkräfte, insbesondere der Führungskräfte, besteht“ (SCHEID et al. 2021). Entsprechende Defizite konnten im Rahmen des Forschungsprojektes ermittelt und dazu passende Bildungsmodule mit 14 Unterrichtseinheiten für die

untere und obere Führungsebene der Feuerwehren entwickelt werden. Das digitale Kursangebot soll dauerhaft in die Ausbildungsinhalte von Feuerwehr und Einsatzorganisationen (z.B. THW) einfließen und dieses um Fachwissen zur Bewältigung von Hochwasser- und Starkregenereignissen ergänzen (SCHEID et al. 2021).

Zum Thema Ausbildung und Übung stellt FEKETE (2021a) in seinem Artikel die Ergebnisse einer Umfrage der TH Köln zur Zufriedenheit der Einsatzkräfte, Helferinnen und Helfer beim Hochwasser 2021 vor. Ergebnis dieser Umfrage war u.a., dass die „Vorbereitung auf den Einsatz durch Ausbildungen und Übungen [...] die meisten [als] positiv [empfanden]“ (FEKETE 2021b). Dies widerspricht den Erkenntnissen der vorliegenden Arbeit aus der teilnehmenden Beobachtung in Szenario 1b, wo ein Potenzial und Handlungsbedarf bezüglich einer entsprechenden wasserwirtschaftlichen Grundausbildung der Einsatzkräfte sowie in der regelmäßigen Übung eines solchen Großschadensszenarios (u.a. für die Stabsarbeit) gesehen wurden. Es kann die Vermutung angestellt werden, dass diese Abweichung mit dem Herkunftsbereich der Teilnehmer der Umfrage zu tun haben könnte. Es handelte sich bei den Teilnehmern zu 75 % um Personen aus dem Ehrenamt, die daher mehrheitlich nicht in der Arbeit des beobachteten Führungsstabes involviert waren. Eine fachbezogene Grundlagenausbildung wird (wie beim Projekt BiWaWehr bereits erfolgt) insbesondere für die Führungsebenen des Katastrophenschutzes als notwendig angesehen, da Fachinformationen in die Entscheidungsfindung miteinfließen und richtig interpretiert werden müssen.

Im Rahmen der Umfrage der TH Köln wurden zudem „bei der Informationsversorgung, sowohl vor und nach dem Einsatz [...] Mängel [...] deutlich“ (FEKETE 2021b). Dies bestätigt die Ergebnisse einer diesbezüglich durchgeführten Vorstudie (FEKETE & SANDHOLZ 2021) und deckt sich des Weiteren mit den Erkenntnissen der teilnehmenden Beobachtung in Szenario 1b, wo der Datenaustausch ins Feld sowie zwischen den Einsatzkräften vor Ort abgenommen hat. Zum einen durch den Ausfall der technischen Infrastruktur und das Fehlen ausreichend analoger Karten, zum anderen wegen der aus Datenschutzgründen nicht erteilten Freigabe zum Teilen des Lagebildes mit den Untereinsatzabschnitten und ehrenamtlichen Einsatzkräften (FEKETE 2021a). Auch von den Teilnehmern der Umfrage wird der Ausfall der Kommunikationsinfrastruktur neben der Beschädigung von Verkehrswegen als größte Einschränkung während des Einsatzes wahrgenommen. Insgesamt zeigte sich allerdings eine hohe Zufriedenheit der Befragten im Hinblick auf die Zusammenarbeit der Einsatzkräfte untereinander. Dabei kann jedoch im Vergleich zu einer ähnlich gelagerten Erhebung bezüglich der Hochwasserereignisse im Jahr 2013 eine Verschlechterung der Bewertung festgestellt werden (FEKETE 2021a). Trotz der positiven Gesamtbewertung scheinen somit strukturelle Maßnahmen zur Umkehr der Entwicklung geboten.

Im Hinblick auf erlebte Probleme im Rahmen der Ereignisbewältigung 2021 benennen die befragten Einsatzkräfte neben fehlenden oder fehlerhaften Informationen insbesondere hinsichtlich des Handlungsfeldes Führung die Koordination des Einsatzes im Feld sowie

Leerlauf. Fast ein Drittel benennt lange Schichten und fehlende Ablösung als Problem. Diese Wahrnehmung der Teilnehmer erscheint aus den Beobachtungen im Szenario 1b grundsätzlich nachvollziehbar, steht jedoch im Kontrast zu den identifizierten Reibungsverlusten bei Verantwortungsübergängen vor allem im Führungsbereich (FEKETE 2021a).

Hinsichtlich einer ganzheitlichen Betrachtung der Struktur definieren MERZ et al. (2011) den Begriff des sog. „operationellen Katastrophenschutzes“. Eine Definition erfolgte bereits in Kapitel 2.4.3. Im Rahmen des Forschungsprojektes „wird vorgeschlagen, den traditionellen Katastrophenschutz zu einem ganzheitlichen operationellen Katastrophenmanagement weiterzuentwickeln und die wesentlichen Bestandteile Bewusstseinsbildung, Hochwasser meiden, Schäden mindern und Helfen zu einer Sicherheitskette zusammenzufassen“ (MERZ et al. 2011). MERZ et al. (2010a) betonen des Weiteren die Notwendigkeit, eines flexiblen Gesamtsystems in Verbindung mit der Gestaltung von Lernzyklen zwischen Ereignissen. Diese Erkenntnisse bestätigen die in der vorliegenden Arbeit getroffene Annahme (s. Kap. 2.3.1), dass der untersuchte Begriff des operativen Hochwasserschutzes nicht mehr ausreicht und entsprechend zu erweitern ist. Eine entsprechende Ausführung hierzu erfolgt in Kap. 6.

Im Rahmen der theoretisch-konzeptionellen Recherche konnte zudem eine Aussage von WBW (2006), einem Muster-Alarm- und Einsatzplan, ermittelt werden, wonach im Optimalfall „in einem Alarmplan [...] Hochwasserszenarien derart durchgeplant und zusammengefasst [sind], dass sie alarmmäßig abgerufen und nach Plan ohne weiteren Handlungsbedarf seitens der Einsatzleitung ablaufen können (Auslöseschwelle, Szenario, Krisenstab usw.)“ (WBW 2006).

Zum Thema Zusammenarbeit der Akteure und einem integrierten Handeln definiert MÜLLER (2010) den Begriff des sog. „integrierten Hochwasserrisikomanagements“ und betont diesbezüglich, dass „nur eine ganzheitliche Betrachtung des gesamten Hochwasserrisikokreislaufes und das ressort- und grenzübergreifende Handeln aller vom Hochwasser Betroffenen zu einer möglichst großen Hochwasserrisikoverminderung, -begrenzung oder -vermeidung und damit zur Minimierung der Hochwasserschäden führen kann.“ Dieser Grundsatz einer integralen Zusammenarbeit aller Akteure bezüglich Hochwasser- und Starkregenereignissen, der auch in THIEKEN et al. (2016) herausgestellt wird, bestätigt die Ergebnisse aus der empirischen Studie und kann für den operativen Hochwasserschutz übernommen werden.

Insbesondere im Umgang mit Unsicherheiten in Folge nicht erwartbarer Risiken setzt der organisationsübergreifende Umgang mit diesen gemäß BERTHOD et al. (2012) „nicht selten auf bereits etablierte Interorganisationsbeziehungen auf“. Neben der fachlichen Vernetzung von Wissen und Fähigkeiten stellt dem zu Folge auch die persönliche bzw. organisationale Vernetzung von Akteuren einen relevanten Erfolgsfaktor dar. Strukturelle Maßnahmen zur Förderung dieser Vernetzung scheinen daher im operativen Hochwasserschutz geboten. Vorschläge zur Gestaltung dieses Beziehungsmanagements machen BERTHOD et al. (2016). Im Rahmen der vorgestellten Forschungsvorhaben und Veröffentlichungen kann die Relevanz

einer Kombination verschiedener Maßnahmen, wie fachbezogene Aus- und Weiterbildung, Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen, Sensibilisierung der Bevölkerung sowie der Vorbereitung von Schutz- und Verteidigungsmaßnahmen, bestätigt werden, um deren Wirksamkeit im Ereignisfall bestmöglich ausschöpfen zu können. Zusätzlich konnte die herausgearbeitete Relevanz der Herstellung einer entsprechenden Informationsstruktur für alle Beteiligten bestätigt werden.

Verschiedene Befunde der vorliegenden Dissertation im Hinblick auf die strukturelle Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes finden sich bereits in der 20 Jahre zurückliegenden Veröffentlichung des sog. ersten Kirschbach-Reports (SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG 2002) wieder (s. Tabelle 6). So ging der Bericht u.a. auf die Einführung verbindlicher Standards für die organisatorische Vorbereitung auf Katastrophenfälle, die Erstellung konkreter Notfallpläne hinsichtlich der Hochwasservorsorge und Evakuierung, das Vorantreiben der fachlichen Ausbildung der Einsatz- und Führungskräfte und die regelmäßige Durchführung von Übungen inklusive der jeweiligen Fachberater ein. Auch sollte die sog. „Zersplitterung von Zuständigkeiten“, z.B. im Hochwasserschutz oder für Hochwasserwarnungen, beseitigt werden. Auch vor 20 Jahren wurde schon die strukturelle Einbindung und Weiterentwicklung von Hochwassermanagementsystemen zur standardisierten Lageerfassung gefordert und betont, dass es der Kommission „nicht um marginale Änderungen und Korrekturen in Einzelbereichen, sondern um grundsätzliche Verbesserungen des Gesamtsystems Katastrophenschutz“ geht (SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG 2002).

Verschiedene aktuelle Veröffentlichungen betroffener Institutionen zu den Ereignissen des Jahres 2021 im Westen Deutschlands (z.B. IM NRW 2022; BROEMME 2022; VdF 2021; BMI & BMF 2022) kommen für ihren jeweiligen Verantwortungsbereich zu vergleichbaren, teilweise deckungsgleichen Schlussfolgerungen. Eine Gegenüberstellung erfolgt in Tabelle 6 in Kapitel 2.4.2.

THIEKEN et al. (2016) stellen im Vergleich zu THIEKEN et al. (2006) demgegenüber heraus, dass die Erkenntnisse aus den Ereignissen des Jahres 2002 im Osten Deutschlands überwiegend umgesetzt wurden und damit beim Hochwasser von 2013 Schäden in Milliardenhöhe vermieden werden konnten. Verbesserungen aufgrund der in der Vergangenheit gewonnenen Erkenntnisse wurden demnach lediglich regional, nicht aber für andere Flussgebiete umgesetzt. Eine wissenschaftliche Betrachtung zu möglichen Hinderungsgründen für einen Wissenstransfer findet sich in BERTHOD et al. (2015), wobei im vorliegenden Kontext vor allem fehlende Anreizstrukturen, mangelnde Methodenkompetenz zur Wissensvermittlung und fehlende Netzwerke erfolgskritisch erscheinen.

5.7.3 Beantwortung von Frage F.7 und F.8

Zu Frage F.7: Welche **Aspekte** der operativen Hochwasserbewältigung (während eines Ereignisses) könnten im Vorfeld im Rahmen der operativen Hochwasservorsorge konzeptionell **vorbereitet** werden?

Generell gilt es für alle Teilaspekte zu prüfen, inwieweit durch vorbereitende Maßnahmen eine günstige Ausgangssituation im Ereignisfall hergestellt werden kann. Neben dem Nutzen dieser Vorgehensweise sind allerdings zusätzlich auch die Kosten infolge des entstehenden Aufwandes zu berücksichtigen. In Relation zu den drohenden Schäden ergibt sich dennoch ein umfangreiches Vorbereitungspotenzial.

Zentrales Ziel der Vorbereitung von Hochwasser- und Starkregenereignissen ist es, schlussendlich das Ziel „Präventionszeit \geq Rüstzeit“ für den Ereignisfall zu erreichen und damit bestmögliche Ausgangsvoraussetzungen für den weiteren Verlauf der Bewältigung zu schaffen. Dies führt zu einer Minimierung der Schäden. Beispiele für vorbereitbare Aspekte wurden bereits in Kapitel 5.1.3 (s. Abbildung 30, Lösungsmöglichkeiten 1 und 2) angesprochen, weswegen an dieser Stelle lediglich darauf verwiesen wird.

Im Hinblick auf die zu treffenden Entscheidungen ist vor allem die Qualifikation der Entscheidungsträger ein wichtiger Baustein vorbereitender Maßnahmen. Darüber hinaus begünstigt eine gut vorbereitete Ressourcenplanung für Lager- und Einsatzorte von Material und Geräten die Handlungsfähigkeit aller Beteiligten im Ereignisfall.

Damit im Ereignisfall alle entscheidungsrelevanten Daten schnellstmöglich vorliegen, müssen Daten, die nur geringen Veränderungen unterliegen, erhoben und dokumentiert werden. Für veränderliche Daten und ereignisbezogene Informationen, die jeweils nur im engen zeitlichen Bezug zum Ereignis erhoben werden können, sind die Verantwortlichkeit für die Beschaffung sowie die zu nutzenden Quellen zu definieren.

Überflutungsmodelle für verschiedene Szenarien und Wasserstände begünstigen die Planungsqualität für den Einsatzfall. Technische Systeme, wie Hochwassermanagement-systeme, müssen bereits in der hochwasserfreien Zeit implementiert und etabliert werden, um im Ereignisfall die maximale Wirkung zu entfalten. Technische Schnittstellen zu Instrumenten der Fernerkundung oder anderen Softwareanwendungen sind schon im Vorfeld einzurichten. Die technische Ausstattung von Stabsräumen und Einsatzkräften ist quantitativ und qualitativ auf einem Stand zu halten, der den aktuellen technischen Anforderungen entspricht.


Automatismen können in der hochwasserfreien Zeit prozessual gestaltet und eingeübt werden. Eine enge Kopplung der Prozessautomatismen im Rahmen der Anlaufphase eines Hochwasserereignisses besteht im Zusammenhang mit der Definition von Auslöseschwellen während der Ereignisanbahnung. Zur Definition und Überwachung von Auslöseschwellen kann ein entsprechendes Monitoring-System, z.B. durch entsprechende Messstellen oder optische Verfahren wie Webcams an Einlaufbauwerken, eingerichtet werden.

Grundsätzliche und sachlich orientierte Priorisierungsfolgen lassen sich nur ohne Zeitdruck in Vorbereitung auf ein Ereignis gestalten. Diese sind anschließend bei der Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen zu operationalisieren. Das größte Potenzial in dieser Hinsicht besteht in der zusätzlichen Berücksichtigung von Starkregenereignissen und Ereignisüberlagerungen bei der Gestaltung der Alarm- und Einsatzplanung.

Eine zentrale Rolle bei der Vorbereitung spielt schlussendlich die szenarienspezifische Übung der vorgenannten Aspekte, um diese regelmäßig auf ihre Plausibilität und sofortige Umsetzbarkeit im Ereignisfall hin kritisch überprüfen und hinterfragen zu können.

Insgesamt zeigt sich aus der Vielzahl und Relevanz der hier im Einzelnen dargestellten vorbereitenden Maßnahmen die wichtige Rolle der Vorsorge für den Gesamterfolg des operativen Hochwasserschutzes. Abschließend erfolgt eine tabellarische Zusammenstellung der Schlussfolgerungen zur Thematik (s. Tabelle 54).

Tabelle 54: Schlussfolgerungen zu vorbereitbaren Aspekten

 Schlussfolgerungen zu vorbereitbaren Aspekten	
Allgemeine Ableitungen:	
<ul style="list-style-type: none"> - Vorbereitung entscheidungsrelevanter Daten und dazugehöriger Datenbeschaffungs- und Datenerfassungsprozesse - Generierung und Nutzung von Überflutungs- und Schadensmodellen - Ressourcenplanung und -verwaltung - Fachliche Schulung der Einsatzkräfte und Entscheider - Einrichtung und Wartung technischer Infrastruktur - Einrichtung technischer Systeme (z.B. von Hochwasseremanagementsystemen) und Schulung der Anwender - Einrichtung eines Monitorings 	<ul style="list-style-type: none"> - Definition von Auslöseschwellen - Klärung/Definition von Warnungs- und Alarmierungsprozessen - Erstellung und Fortschreibung Alarm- und Einsatzplan - Erstellung von Priorisierungsregeln - Stärkung Gefahrenbewusstsein + Selbsthilfefähigkeit der Bevölkerung - Durchführung von regelmäßigen szenarienspezifischen Übungen <p>→ Durch Vorbereitung das Ziel Präventionszeit \geq Rüstzeit für den Ereignisfall erreichen</p> <p>→ Vorbereitung spielt zentrale Rolle für Bewältigung</p>

Zu Frage F.8: *Welche **Ableitungen für die Gesamtstruktur** des operativen Hochwasserschutzes ergeben sich aus der Beantwortung der vorhergehenden Fragestellungen 2.1-2.7?*


Aus struktureller Sicht besteht das größte Risiko in der Entstehung von Reibungsverlusten. Als geeignetes Mittel zu ihrer Minimierung sind regelmäßige Übungen unter Beteiligung möglichst vieler Akteure eines tatsächlichen Hochwasserfalls durchzuführen. Dabei sollten verschiedene Szenarien, insbesondere auch größere und seltenere Ereignisse außerhalb des gängigen Erfahrungsschatzes der Teilnehmer, zum Gegenstand der Übung gemacht werden. Darüber hinaus stellt aber auch eine Vereinheitlichung von technischer Infrastruktur (Hard- und Software), Begrifflichkeiten und Kommunikationsstrukturen einen möglichen wichtigen Schritt dar. Einen besonderen Stellenwert im Kontext der Harmonisierung von Schnittstellen hat die Verzahnung von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz. Neben den gemeinsamen

Übungen und organisationsübergreifenden und interdisziplinären Schulungsangeboten ist insbesondere die Verankerung wasserwirtschaftlicher Aufgabenpakete innerhalb der Alarm- und Einsatzpläne zu forcieren. Auch generell muss die wasserwirtschaftliche Fachberatung in die etablierte Struktur der Führungsabläufe als verbindlicher Baustein bei Hochwasser- und Starkregenereignissen integriert werden.

Im Hinblick auf den zeitlichen Vorlauf (bzw. die Präventionszeit, s. Kapitel 5.1.3) als erfolgskritischen Faktor sind die Bemühungen zum Aufbau eines sensiblen Frühwarnsystems auch an kleineren Gewässern zu intensivieren. Neben dem eigentlichen Aspekt der frühzeitigen Identifikation eines drohenden Ereignisses muss der Fokus dabei vor allem auf der anschließenden Bevölkerungswarnung sowie der Alarmierung und Mobilisierung beteiligter Kräfte liegen. Über die rein technische Betrachtung hinaus können diese Schritte auch strukturell durch eine klare Verantwortungszuordnung und die verbindliche Kopplung an Auslöseschwellen unterstützt werden.

In Anbetracht des demographischen Wandels und der damit verbundenen Herausforderungen in Bezug auf die Personaldecke und die Nachbesetzung von Schlüsselpositionen sowohl bei staatlichen Stellen, aber auch bei eingebundenen Hilfsorganisationen gilt es zu hinterfragen, wie Akteure des privaten Sektors und freiwillige Spontanhelfer künftig strukturell in die Ereignisbewältigung eingebunden werden können. Abschließend erfolgt eine tabellarische Zusammenstellung der Schlussfolgerungen zur Thematik (s. Tabelle 55).

Tabelle 55: Schlussfolgerungen zum Handlungsfeld Struktur

 Schlussfolgerungen zum Thema Struktur
<p>Konkrete Befunde:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kommunale Hauptverantwortung sichert regionale Kompetenz - Beratung durch Landesstrukturen sichert Expertenwissen - Verantwortungsübernahme des Landes bei größeren Ereignissen - Heterogene Strukturen zwischen verschiedenen Gebieten und Organisationen bieten Potenzial für Reibungsverluste - Fehlende Stabsstrukturen erhöhen das Risiko an Reibungsverlusten zusätzlich
<p>Möglichkeiten zur Weiterentwicklung im operativen Hochwasserschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ziel: Vermeidung von Reibungsverlusten in den Schnittstellen zw. verschiedenen Beteiligten (v.a. zw. WaWi und KatS) - Harmonisierung von Prozessen und Systemen - Prozessregelung über Alarm- und Einsatzpläne - Regelmäßige organisationsübergreifende Übungen - Definition von Früherkennungs- und Alarmierungsprozessen sowie regelmäßige Übung ermöglichen rechtzeitigen Aufbau von Stabs- und Führungsstrukturen - Förderung des Risikobewusstseins und der Befähigung der Bevölkerung zur Selbsthilfe entlasten die Einsatzkräfte im Rahmen der Bewältigung - Klärung von Rollen und Zuständigkeiten zwischen WaWi und KatS, insbesondere im Hinblick auf Fachberatung

6. Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes⁸

In diesem Kapitel soll die in Kapitel 2.5 benannte Forschungsfrage F „*Wie kann der operative Hochwasserschutz im deutschen Binnenland für eine erfolgreiche Ereignisbewältigung weiterentwickelt werden?*“ beantwortet werden.

Die in Kapitel 2.5 hergeleiteten Handlungsfelder zur Weiterentwicklung des operativen Hochwasserschutzes lassen sich in Struktur, Daten, Technische Instrumente und Führung gliedern (s. Abbildung 31). Dem Handlungsfeld Struktur sind die Themen Warnung/Alarmierung, Klärung von Zuständigkeiten, Übung/Schulung sowie die Alarm- und Einsatzplanung als optimierungsfähige strukturelle Grundlagen des operativen Hochwasserschutzes zuzuordnen. Das Optimierungspotenzial im Handlungsfeld Struktur ergibt sich vor allem aus einem zielorientierten und den aktuellen Entwicklungen im Bereich der Informationsverarbeitung angepassten Umgang mit Daten und technischen Instrumenten. Für den Bereich technische Instrumente ergeben sich besondere Potenziale in den Themen Automatisierung, Fernerkundung und Hochwassermanagement- und -informationssysteme. Für das Handlungsfeld Daten liegen die relevantesten Potenziale in der Definition und Erhebung entscheidungsrelevanter Daten und der Ableitung von Auslöseschwellen für Folgehandlungen. Das Handlungsfeld Führung mit den Forschungsschwerpunkten Entscheidungsvariablen und Priorisierung bildet das Bindeglied zur praktischen Maßnahmenumsetzung.

Sowohl zwischen den vier übergeordneten Handlungsfeldern als auch zwischen den einzelnen Forschungsschwerpunkten bestehen zahlreiche Wechselwirkungen und Zusammenhänge (s. Abbildung 31), weshalb diese Einteilung zwar der Übersichtlichkeit und der differenzierten Analyse dienlich ist, sich eine isolierte und individuelle Betrachtung einzelner Teilthemen jedoch verbietet. Vielmehr beziehen sich die zu erzielenden Erkenntnisse insbesondere auf das Zusammenwirken der verschiedenen Elemente. Besonders intensive Zusammenhänge lassen sich dabei zwischen der Automatisierung im Handlungsfeld der technischen Instrumente und den Auslöseschwellen im Bereich Daten identifizieren. Ebenso ist die Wirkung entscheidungsrelevanter Daten auf die Entscheidungsvariablen im Kontext der Führung besonders beachtenswert (s. Abbildung 31). Infolgedessen besteht aus mangelhaften Ausprägungen innerhalb einzelner Handlungsfelder unter Umständen eine ausschließende Wirkung für die Realisierung bestimmter Maßnahmen und Prozesse innerhalb anderer Handlungsfelder. Das Fehlen vordefinierter Auslöseschwellen begrenzt beispielsweise die Möglichkeiten einer technischen Automatisierung erheblich.

⁸ Teile dieses Kapitels wurden bereits in SCHÜLLER & JÜPNER (2021) veröffentlicht.

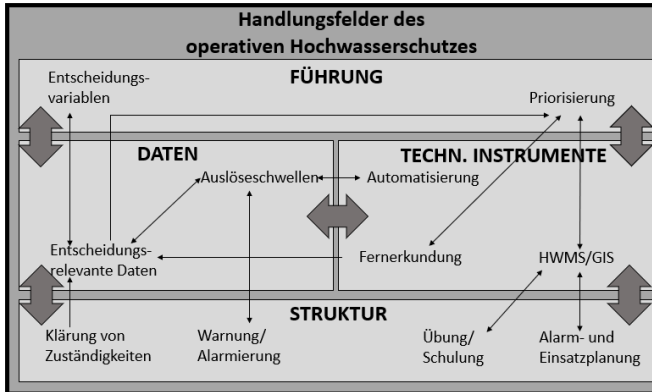


Abbildung 31: Wechselwirkungen und Zusammenhänge der Handlungsfelder des operativen Hochwasserschutzes mit Potenzial zur Weiterentwicklung

Aus der Abstraktion aller zuvor dargestellten Ergebnisse und der daraus abgeleiteten Erkenntnisse lassen sich drei Treiber für den Weiterentwicklungsbedarf des operativen Hochwasserschutzes identifizieren.

Zum einen entwickeln sich die Rahmenbedingungen, unter denen sich ein Hochwasser und dessen Bewältigung abspielen. So verändern der Klimawandel und anthropogene Faktoren im Einzugsgebiet die Häufigkeit, die Intensität und den Verlauf von Hochwasser- und Starkregenereignissen. Sie stellen damit veränderte Anforderungen an die Vorbereitung und Bewältigung. Zum anderen besteht auch aus der Perspektive der beteiligten Organisationen und Personen eine Veränderung der Rahmenbedingungen. Einerseits entstehen Risiken aus dem demographischen Wandel im Hinblick auf die eigenen (Personal-) Strukturen. Andererseits bieten sich Chancen in der technischen Weiterentwicklung und dem Aufkommen moderner Informationstechnologien. Allein aus diesem Wandel der Ereignisse selbst, aber auch aus der Ausgangssituation der Bewältigung ergibt sich ein regelmäßiger Weiterentwicklungsbedarf im operativen Hochwasserschutz.

Zuletzt lassen sich aus den vergangenen Ereignissen und den dabei erzielten Erfolgen und Misserfolgen Lerneffekte realisieren. Dazu ist eine Bewertung im Rahmen einer qualifizierten Ereignisnachbereitung erforderlich. Anschließend müssen sowohl die Lerneffekte vergangener Ereignisse als auch die notwendigen Maßnahmen aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen im Zuge eines Vorsorgeprozesses als vorbereitende Maßnahmen für das Ereignis umgesetzt werden.

Dieses Verständnis vorbereitender Maßnahmen grenzt sich ausdrücklich von präventiven Maßnahmen ab. Im Unterschied zu diesen zielen die vorbereitenden Maßnahmen nicht auf eine Vermeidung des Ereigniseintrittes ab, sondern sollen vielmehr die Ausgangslage für die Bewältigungsmaßnahmen im Falle eines Ereigniseintrittes verbessern.

Das System des operativen Hochwasserschutzes ist in mehrfacher Hinsicht differenziert, d.h. mehrdimensional, zu betrachten. Neben der zuvor dargestellten Einbindung zeitlich vor- bzw. nachgelagerter Prozessschritte ließ sich im Rahmen der vorliegenden Arbeit vor allem ein komplexes wechselseitiges Zusammenspiel einzelner Handlungsfelder innerhalb des Gesamtprozesses des operativen Hochwasserschutzes festhalten. Dabei werden einzelne Handlungsfelder unter Umständen von verschiedenen spezialisierten Organisationen und Fachrichtungen bearbeitet. Diese Umstände erfordern zwingend eine gesamtheitliche und vernetzte Betrachtung über alle thematischen Felder und zeitlichen Schritte hinweg. Um dieser Anforderung und der ihr innewohnenden Komplexität gerecht werden zu können, bedarf es einer technischen Unterstützung dieser koordinativen Leistung.

Die vorhergehenden Ausführungen verdeutlichen, dass der operative Hochwasserschutz nicht allein auf den Zeitraum *während* eines Hochwassers eingegrenzt werden kann. Um eine differenziertere Betrachtung von Teilprozessen zu ermöglichen, wird es daher als sinnvoll erachtet, den Begriff des operativen Hochwasserschutzes in die Bestandteile **operative Hochwasservorsorge, operative Hochwasserbewältigung und operative Hochwassernachsorge** zu unterteilen (s. Abbildung 32) (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

Entgegen dem bisherigen Begriffsverständnis stellt das Zusammenspiel der drei Säulen in Verbindung mit der interdisziplinären Betrachtungsweise und der Einbeziehung von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz zusammengefasst ein ganzheitliches System dar. Elementarer Bestandteil dieses Systemcharakters ist die zyklische Weiterentwicklung über zeitlich aufeinanderfolgende Teilschritte hinweg. Ungeachtet dieses erweiterten Begriffsverständnisses bleibt die Bezeichnung als **operativer Hochwasserschutz** unverändert, da die vorgenommenen Erweiterungen zwar zeitlich von den aktiven Schutzmaßnahmen entkoppelt sind, jedoch immer auf das übergeordnete **Ziel des Schutzes von Leib und Leben** ausgerichtet sind.

Ziel des weiterentwickelten Systemverständnisses ist es, spontanes bzw. reaktives Handeln im Rahmen der Hochwasserbewältigung auf ein notwendiges Mindestmaß (z. B. aufgrund von örtlichen Spezifika oder Unvorhersehbarem) zu reduzieren und möglichst umfangreich durch standardisierte Prozesse in Gestalt von Automatismen und technischen Systemen aus der operativen Hochwasservorsorge zu ersetzen. Der dreiteilige Aufbau ist daher als eine Art Kreislauf bzw. Spirale zu sehen, die nach einem Ereignis wieder bei der Anpassung der operativen Hochwasservorsorge ansetzen. Im Folgenden sollen die drei Säulen des operativen Hochwasserschutzes im Detail erläutert werden (SCHÜLLER & JÜPNER 2021).

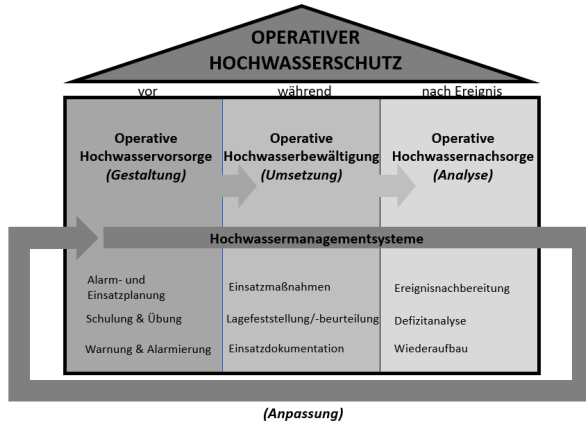


Abbildung 32: Das neue Leitbild des operativen Hochwasserschutzes mit den drei Säulen Vorsorge, Bewältigung und Nachsorge (verändert nach SCHÜLLER & JÜPNER 2021)

Im Bereich der **operativen Hochwasservorsorge** steht die fachliche und organisatorische Vorbereitung auf verschiedene Hochwasserszenarien im Mittelpunkt. Grundlage der weiteren Handlungsfähigkeit ist die Nutzung und Unterhaltung eines Vorhersagesystems. Im Zentrum der operativen Hochwasservorsorge hat die Aufstellung von Alarm- und Einsatzplänen zu stehen, wobei Hochwassergefahrenkarten oder Wasserstandssimulationen sowie die Vorpriorisierung von Schutzziele für verschiedene Ereignisszenarien die Grundlage bilden. Die dort geplanten Einsatzmaßnahmen und Checklisten für ausgewählte Überflutungsszenarien und Alarmstufen können anschließend in der Hochwasserbewältigung zur Umsetzung kommen (SCHÜLLER & JÜPNER 2021). Einen besonderen Teilaspekt der Alarm- und Einsatzplanung stellen die Alarmierung der Einsatzkräfte sowie die Gestaltung von Warnprozessen für die Bevölkerung dar. Aufbauend auf der Planung sind Übungen zur Bildung von Automatismen durchzuführen. Ebenso sind in dieser Phase die Voraussetzungen für die Nutzung technischer Instrumente herzustellen. Neben deren Anschaffung und Einrichtung beinhaltet dies auch die Schulung der Anwender. Schulungsbedarf besteht auch im Hinblick auf eine notwendige wasserwirtschaftliche Grundlagenausbildung der Entscheidungsträger. Für veränderungsstabile entscheidungsrelevante Daten sind Datenbanken anzulegen oder technische Schnittstellen einzurichten. Für ereignisbezogene Daten sind Quellen und die Verantwortlichkeit der Beschaffung zu klären.

Im Zuge der **operativen Hochwasserbewältigung** sind innerhalb kurzer Zeit viele Einzelentscheidungen zu treffen und ist eine Vielzahl an Maßnahmen, Personen und Ressourcen zu koordinieren. Eine fundierte und gut aufbereitete Lagefassung und -beurteilung bildet hierbei das Fundament einer wirksamen Gefahrenabwehr und Maßnahmenfestsetzung. Die schnelle und zentrale Verfügbarkeit aller

entscheidungsrelevanten Informationen ist daher essenziell (SCHÜLLER & JÜPNER 2021). In Abhängigkeit von der Qualität der vorbereitenden Maßnahmen und der Nähe des stattfindenden Ereignisses zu den im Rahmen der Alarm- und Einsatzplanung berücksichtigten Szenarien gibt es eine veränderliche Verteilung standardisierter Entscheidungsprozesse und aufwändiger Einzelentscheidungen. Die begrenzten Ressourcen eines Hochwassereinsatzes sorgen bei gleicher Entscheidungsqualität für eine Präferenz zu Gunsten standardisierter Entscheidungen. Ein zentraler Erfolgsfaktor besteht in einer effizienten Kommunikationsstruktur und optimierten Datenverarbeitungsprozessen, um Entscheidungen schnell und gleichzeitig ohne Qualitätsverlust treffen zu können. Insbesondere bei länger andauernden oder komplexen Ereignissen ist schon während der Bewältigung eine Einsatzdokumentation zu erstellen.

Parallel zum Wiederaufbau ist auf Basis der Ereignisdokumentation und individueller Erkenntnisse beteiligter Akteure im Rahmen der **operativen Hochwassernachsorge** eine Ereignisanalyse zu betreiben. Ziel ist es, die Qualität struktureller Maßnahmen, der Einbindung technischer Instrumente, der Erhebung und Verarbeitung von Daten und führungsorientierter Aspekte zu bewerten und Erkenntnisse im Sinne eines Lerneffektes für künftige Ereignisse abzuleiten. Sowohl die Gewichtung einzelner Aspekte als auch das Maß der jeweiligen Abweichung zum Zielzustand können orts- und szenarienspezifisch ausfallen. Neben der konkreten Umsetzung im Zuge des sich wieder anschließenden Vorsorgeprozesses können auch übergeordnete Ableitungen, z.B. im Hinblick auf erforderliche Grundlagenforschung, Ergebnis der Analyse sein, weshalb eine wissenschaftliche Begleitung dieses Prozessschrittes erfolgen sollte.

Aufgrund der verhältnismäßigen Seltenheit von Hochwasser- und Starkregeneignissen (großen Ausmaßes) ist zu erwarten, dass es innerhalb gewisser Zeitperioden zu nur einer überschaubaren Anzahl an Durchläufen des beschriebenen Zyklus kommen wird. Insoweit ist es unerlässlich, die Mehrwerte aller vorbereitenden Maßnahmen im Ereignisfall auch tatsächlich zu realisieren, alle für die Nachsorge relevanten Daten während des Ereignisses zu sammeln und die Erkenntnisse der Analysen vollumfänglich im Rahmen des nächsten Zyklus umzusetzen. Aufgrund der angespannten Situation einer Krisenlage sowie der Vielzahl der zu verarbeitenden Daten und der damit verbundenen Komplexität ist andererseits mit dem Risiko entsprechenden Informationsverlusts zu rechnen. Diesem Widerspruch muss durch eine technische Unterstützung begegnet werden. Einen Ansatz können Hochwasserinformationssysteme, wie das entwickelte digitale Lagebild, darstellen, die jedoch im nächsten Schritt im Sinne der oben genannten Verwendung zu umfassenden **Hochwassermanagementsystemen** weiterentwickelt werden müssen. Auf diesem Wege kann sowohl den Anforderungen aller drei Säulen des operativen Hochwasserschutzes als auch allen inhaltlichen Handlungsfeldern (Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur) Rechnung getragen werden (s. Abbildung 33).

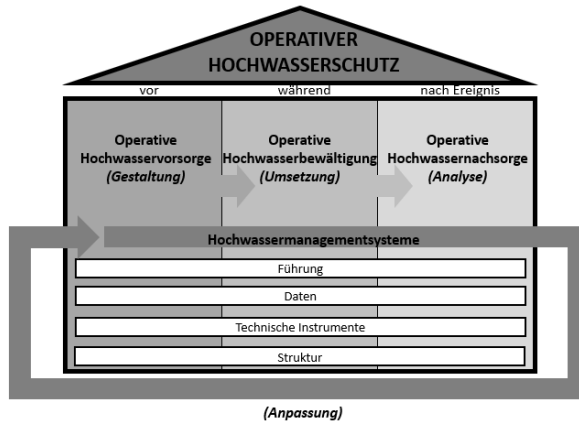


Abbildung 33: Handlungsfelder über die drei Säulen des operativen Hochwasserschutzes hinweg. Die Hochwassermanagementsysteme nehmen hier eine zentrale Rolle zur Unterstützung aller Handlungsfelder ein

Sowohl für die Wasserwirtschaft als auch für den Katastrophenschutz können aus den Nachbetrachtungen vergangener Ereignisse individuelle Defizite und daraus abzuleitende notwendige Veränderungen identifiziert werden. Die größten Defizite und damit der dringendste Weiterentwicklungsbedarf liegt jedoch in der Zusammenarbeit beider Gruppen. Im Rahmen dieser Dissertation konnte festgestellt werden, dass Alarm- und Einsatzpläne oftmals nicht auf größere und seltenere Ereignisse ausgelegt sind. Ebenso bleibt die Starkregenkomponente vielfach unberücksichtigt. Allgemein sind wasserwirtschaftliche Aspekte und Überlegungen bei der Erstellung von Alarm- und Einsatzplänen in aller Regel im Vergleich zu Themen des Katastrophenschutzes unterrepräsentiert. Auch legen die Alarm- und Einsatzpläne vielerorts keine Aufgabenpakete für wasserwirtschaftliche Kräfte während des Ereignisses fest, obwohl Kräfte des Katastrophenschutzes auf wasserwirtschaftliche Beratung angewiesen sind.

Die Aufstellung und Pflege der Alarm- und Einsatzpläne sollten künftig unbedingt als interdisziplinäre Gemeinschaftsleistung erbracht werden und sowohl den fachlichen Hintergrund und die Erfahrungswerte beider Gruppen als auch konkrete Aufgabenpakete für alle Beteiligten beinhalten.

Ebenso zeigte sich, dass es im Zuge der Umsetzung von Alarm- und Einsatzplänen immer wieder zu Reibungsverlusten kommt, weil die Planung selbst, relevante Geodaten oder sonstige entscheidungsrelevante Daten nicht vorliegen bzw. aufwändig manuell zur Verfügung gestellt werden müssen. Darüber hinaus hemmen eine langsame Verarbeitung neu eingehender Daten und ein aufgrund uneinheitlicher Systeme und Datenformate umständlicher Prozess der Datenbereitstellung für Entscheider die Maßnahmenumsetzung. Um diesen Risiken zu begegnen, ist ein fachgebietsübergreifendes Hochwassermanagement-

system, das die Alarm- und Einsatzplanung sowie alle entscheidungsrelevanten Daten bzw. Schnittstellen zu deren Beschaffung und Aktualisierung beinhaltet, einzurichten und im Sinne der zyklischen Weiterentwicklung über die drei Säulen des operativen Hochwasserschutzes zu verwenden (s. Abbildung 32 und Abbildung 33).

Die Ergebnisse dieser Dissertation haben jedoch auch gezeigt, dass es zur Dateninterpretation (als entscheidungsvorbereitender Schritt) wasserwirtschaftlicher Fachkenntnisse bedarf. Ebenso kann festgehalten werden, dass mangelndes Wissen über Prozesse des Katastrophenschutzes auf wasserwirtschaftlicher Seite dafür sorgt, dass der Unterstützungsbedarf nicht bekannt ist und die Beratungsleistung daher nicht optimal erbracht werden kann. Neben der Regelung von solchen Sachverhalten im Alarm- und Einsatzplan und der Abbildung in einem Hochwassermanagementsystem sind insbesondere gemeinsame Übungen und interdisziplinäre Schulungen für alle Akteure verpflichtend erforderlich (vgl. Abbildung 18).

Sowohl die Erstellung und Pflege von Alarm- und Einsatzplänen als auch die Einrichtung und Unterhaltung eines Hochwassermanagementsystems sowie die Durchführung von Übungen und Schulungen sind Prozesse, die im Zuge der operativen Hochwasservorsorge durchzuführen sind.

Ungeachtet der notwendigen Zusammenarbeit im Rahmen der operativen Hochwasserbewältigung und -nachsorge sollte sich die Zusammenarbeit von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz, bis die genannten Anforderungen umgesetzt sind, auf die Säule der operativen Hochwasservorsorge fokussieren, um schon bei den nächsten Ereignissen davon profitieren zu können.

Durch die initiale und im Sinne der zyklischen Weiterentwicklung fortlaufende Bearbeitung der in Kapitel 2.3.7 benannten Schnittstelle zwischen Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz im Rahmen des operativen Hochwasserschutzes (vgl. Abbildung 18) entsteht eine sog. **„Integrierte Verbindungsstelle“** mit deutlich reduzierten Reibungsverlusten durch wechselseitiges Prozesswissen, durchgängigem Informationsfluss und einer einheitlichen gemeinsame Arbeitsgrundlage in Gestalt eines Alarm- und Einsatzplans unter Beteiligung beider Fachdisziplinen (s. Abbildung 34). Der hier neu eingeführte Begriff orientiert sich an MÜLLER (2010) zum „integrierten Hochwasserrisikomanagement“ und soll die neue erforderliche Qualitätsstufe der zukünftigen Zusammenarbeit hervorheben.



Abbildung 34: Schlüsselemente der Integrierten Verbindungsstelle von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz

7. Kritische Reflexion und Ausblick⁹

Im Folgenden sollen zuerst eine kritische Reflexion aus methodischer und fachlicher Sicht und anschließend ein Ausblick erfolgen. Es wird mit der **methodischen** Reflexion begonnen. Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit bestand darin, Erkenntnisse zum operativen Hochwasserschutz zu gewinnen. Ein Schwerpunkt lag dabei auf Weiterentwicklungspotenzialen für den Prozess der Hochwasserbewältigung durch vorbereitende Maßnahmen in der hochwasserfreien Zeit. Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine empirische Untersuchung unter Einbindung von Experteninterviews, Sekundär-/Archivdaten, und teilnehmenden Beobachtungen sowie eine theoretisch-konzeptionelle Betrachtung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in Kapitel 4 dargestellt und nachfolgend in Kapitel 5 diskutiert. Die Aussagekraft der Erkenntnisse ist daher unmittelbar von der Adäquanz der gewählten Methoden sowie der Qualität der durchgeführten Schritte von der Datenerhebung bis zur Ableitung von Schlussfolgerungen abhängig. Diese bedürfen daher der folgenden kritischen Reflexion und Einschränkung der Allgemeingültigkeit.

Aufgabenfelder bzw. Schwerpunkte von qualitativen Analysen sind die Hypothesenfindung sowie die Theoriebildung (MAYRING 2015), welche sich daher gut für das vorliegende Forschungsvorhaben eignen. Allerdings wird qualitativen Methoden teilweise in der Fachliteratur auch eine mangelnde Repräsentativität durch den Rückschluss von wenigen Fallbeispielen auf wesentliche Sachzusammenhänge vorgeworfen (MAYRING 2015). Hierzu sei angemerkt, dass die festgestellten Zusammenhänge somit zwar keine Generalisierbarkeit für die Thematik des operativen Hochwasserschutzes ermöglichen, aber charakteristisch für ähnliche Fallbeispiele sind und zudem als Anstoß für weitere Überlegungen in Bezug auf den operativen Hochwasserschutz dienen können.

Einschränkungen in der Allgemeingültigkeit ergeben sich durch die Methodenwahl an sich. Bereits die digitale oder körperliche Anwesenheit der untersuchenden Person kann selbst bei maximalem Bemühen um Unauffälligkeit und neutrales Auftreten zu Verzerrungen der Ergebnisse führen. So kann im Hinblick auf die Antworten in Experteninterviews eine Verzerrung durch die generelle Tendenz von Teilnehmern, erwünschte Antworten geben zu wollen, unterstellt werden (MUSCH et al. 2002). Bei teilnehmenden Beobachtungen kann es zu Veränderungen des Verhaltens von beobachteten Personen kommen, wenn diese wissen, dass sie beobachtet werden (sog. Hawthorne-Effekt) (DEEG & WEIBLER 2008). Neben der untersuchenden Person können auch andere am Rande beteiligte Personen zu Verzerrungen von Antworten und beobachtbarem Verhalten führen. Denkbar wären in diesem Zusammenhang Antworten, die das Ziel verfolgen, der Erwartungshaltung von Vorgesetzten

⁹ Teile dieses Kapitels wurden bereits in SCHÜLLER & JÜPNER (2021) und RINNERT et al. (2021) veröffentlicht.

zu entsprechen oder Verhaltensweisen zu zeigen, die einem vermeintlichen Sollzustand entsprechen, aber nicht dem persönlich präferierten Vorgehen. Da die Richtung der dadurch verursachten Veränderungen des Ergebnisses nicht klar identifiziert werden kann, ist eine nachträgliche Korrektur der Ergebnisse um diesen Effekt nicht möglich. Im Rahmen der Durchführung haben sich jedoch keine konkreten Verdachtsmomente für den tatsächlichen Eintritt solcher kritischen Verschiebungen ergeben.

Die Autorin dieser Dissertation ist zwar aufgrund der persönlichen Vernetzung innerhalb der Branche bzw. des wissenschaftlichen Fachgebietes bekannt, pflegt jedoch kein enges Verhältnis, sodass aus diesem Umstand heraus keine Verzerrungen der Ergebnisse zu erwarten sind.

Da im Falle des digitalen Lagebildes eine intensive persönliche Beteiligung an der Entwicklung vorliegt, könnte grundsätzlich die Tendenz zu einer weniger kritischen Bewertung dieses Projektes unterstellt werden. Um dem zu begegnen, wurde über die Feststellungen der teilnehmenden Beobachtungen hinweg eine anonyme Onlineumfrage (s. Kapitel 4.5.4.2.3) zum Ergebnisabgleich durchgeführt.

Im Hinblick auf die Vollständigkeit kann kritisiert werden, dass nicht alle Szenarien im Rahmen einer teilnehmenden Beobachtung untersucht wurden. Dem gegenüber steht das Streben nach einer Aktualität der gewonnenen Erkenntnisse. Durch die bis zum Eintritt aller Szenarien im betrachtungsgegenständlichen Gebiet vergehende Zeit, insbesondere in Anbetracht des seltenen Auftretens, wäre an anderer Stelle ein Qualitätsverlust zu befürchten. Ferner entspricht das im Szenario 1b beobachtete Ereignis ($> HQ_{200}$ im Mittelgebirge) in seinen Charakteristika nicht exakt einem der Szenarien der Experteninterviews, sodass der unmittelbare Erkenntnisabgleich an Trennschärfe verliert. In diesem Zusammenhang konnte, in Ermangelung solcher technischen Bauwerke im betroffenen Gebiet, eine Reihe relevanter Prozesse des operativen Hochwasserschutzes, wie eine mehrtägige Deichverteidigung, nicht mitbeobachtet werden. In der Folge entstanden durch die durchgeführten Beobachtungen zwei zusätzliche Szenarien (1b und „Routine“), was die Komplexität der Betrachtung erhöht. Verschärft wird diese Problematik dadurch, dass jeweils nur ein Teil des gesamten Ereignisverlaufs beobachtet werden konnte. Dies beinhaltet sowohl eine zeitliche (Beginn der Beobachtung erst nach Durchlauf des Flutscheitels bei Szenario 1b) als auch eine funktionale Komponente (z.B. ausschließliche Beobachtung der Stabsarbeit und nicht der Einsatzkräfte vor Ort in Szenario 1b). Daher konnten weder Prozesse innerhalb der Vorlaufzeit bis zum Ereigniseintritt noch die mögliche Nutzung von Flutungssimulationen beobachtet werden, die grundsätzlich zu einem repräsentativen Gesamtbild des operativen Hochwasserschutzes dazugehören.

Im Zusammenhang mit den Experteninterviews ist bemerkenswert, dass die jeweilig erlebten Ereignisse, auf die sich die Aussagen der Experten stützen, im Einzelfall länger zurückliegen können (z.B. Ereignisse an der Elbe 2002, 2006 oder 2013) und daher unter Umständen an

Vollständigkeit (Informationsverlust) oder Objektivität durch zwischenzeitlich erfolgte Reflexion einbüßen. Aufgrund der vorstehend erwähnten Seltenheit entsprechender Ereignisse ließe sich diese Problematik nur durch eine Verringerung der Teilnehmerzahl unter Beschränkung auf Personen, die an jüngeren Ereignissen beteiligt waren, vermeiden. Eine Verkleinerung der Stichprobe reduziert gleichzeitig die Belastbarkeit der Ergebnisse. Jedenfalls liegen aus den entsprechenden Regionen keine Daten mit neuem Bezugspunkt vor, die stattdessen hätten verwendet werden können. Die Auswahl der Experten aus ausgewählten Regionen kann generell als potenzielle Einschränkung gelten, da Erfahrungswerte der ausgeschlossenen Personenkreise keine Berücksichtigung finden. Darüber hinaus sind individuelle Rahmenbedingungen, die in dem jeweiligen Verantwortungsbereich der Interviewpartner bestehen (z.B. Talsperren, Flutpolder, staugeregelte Flüsse, Art des technischen Hochwasserschutzes etc.), geeignet, die Allgemeingültigkeit der abgeleiteten Erkenntnisse zu beschränken. Da solche Rahmenbedingungen (in unterschiedlicher Ausprägung) allerdings überall gegeben sind, muss diese Problematik als unvermeidlich erachtet werden. Eine Ausweitung der Untersuchung auf weitere Regionen hätte diese Problematik vermutlich zusätzlich verschärft. Der Untersuchungsrahmen wurde daher genau festgelegt und eingegrenzt.

Grundsätzlich bestünde ein Erkenntnispotenzial in der Befragung von Experten unmittelbar vor und unmittelbar nach einem Hochwasserereignis, um Veränderungen zwischen den Befragungszeitpunkten und damit den Einfluss des Ereignisses herauszuarbeiten. In der Umsetzung scheitert dies im Hinblick auf die Vorabbefragung an der Voraussagbarkeit des Ereignisses und im Hinblick auf die Nachbefragung an Einschränkungen durch politische und juristische Ereignisanalysen.

Aufgrund der Verwendung qualitativer Sozialforschungsmethoden, die in der wasserwirtschaftlichen Fachwelt eher selten Anwendung finden, sind das Vorwissen und die Erfahrung der Autorin in der Anwendung der Methode beschränkt, Gleiches gilt für den Umgang mit der angewendeten Analysesoftware MAXQDA. Die Methoden wurden sich somit erst im Forschungsprozess angeeignet, weswegen gewisse Fehler in der Frühphase der konzeptionellen Entwicklung des Untersuchungsdesigns wahrscheinlich sind. Dem wurde durch eine intensive Vorbereitung und theoretische Einarbeitung, die Einbindung methodischer Experten sowie die Teilnahme an einschlägigen Systemschulungen begegnet. Zugleich bildete die gewählte hohe Methodenvielfalt die größten Chancen und gleichzeitig die größten Risiken, da kaum jemand alle Methoden (Interviews, Archiv-/Sekundärdatenanalyse, teilnehmende Beobachtung und Statistik) vollständig beherrschen kann. Die Vorteile der Methodenvielfalt und des daraus entstehenden Erkenntnisgewinns überwiegen jedoch deutlich.

Die recht spezifische Kombination der gewählten Methoden in Verbindung mit dem konkreten Szenarienbezug findet sich in dieser Gestalt selten in weiteren Forschungsvorhaben wieder.

Ein Abgleich der Ergebnisse der eigenen Forschung mit denen vergleichbarer Vorhaben ist daher nur eingeschränkt möglich. Diese Problematik wurde durch die transparente Offenlegung von Teilschritten sowie eine umfangreiche Dokumentation der Bearbeitungsprozesse im Sinne einer Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse entschärft.

Generell begünstigt die hier praktizierte stark interdisziplinär ausgerichtete Herangehensweise unter Berücksichtigung von Wasserwirtschaft, Wirtschaftswissenschaften und Katastrophenschutz die Vernetzung einzelner Aspekte sowie den Anwendungsbezug der Erkenntnisse. Gleichzeitig verliert die Betrachtung innerhalb der einzelnen Fachgebiete notwendigerweise an Tiefe. Hierbei handelt es sich um eine bewusste Abwägung im Sinne der Forschungsfrage.

Ggf. könnte zudem kritisch angemerkt werden, dass die Experten zu 60 % aus Personen der Wasserwirtschaft und nur zu 40 % aus Personen des Katastrophenschutzes bestanden haben. Es blieben im Katastrophenschutz viele Interviewanfragen unbeantwortet oder wurden abgelehnt. Dies wurde z.T. mit einem Zeitmangel (Aufbau der Impfzentren durch die Coronapandemie), einer gewissen Skepsis gegenüber der Realitätsnähe des Forschungsgegenstandes sowie gegenüber der wissenschaftlichen Erhebungsmethode begründet. Insbesondere im Katastrophenschutz wurden die 3 Ks „in der Krise Köpfe kennen“ hoch angesetzt. Da die Strukturen und Prozesse im Katastrophenschutz zwischen den Bundesländern jedoch relativ ähnlich gelagert waren und zudem die Anzahl der zuständigen Ansprechpartner geringer war, entstand eine frühere Sättigung an neuen Erkenntnissen als bei der Wasserwirtschaft.

Im Hinblick auf die vorstehend dargestellten **fachlichen** Erkenntnisse sind insbesondere die nachfolgenden Aspekte kritisch zu reflektieren. Zum einen handelt es sich bei der in den Kapiteln 2.4.2 bis 2.5 hergeleiteten Fokussierung auf die Handlungsfelder und Forschungsschwerpunkte der vorliegenden Arbeit grundsätzlich um eine Einschränkung der Betrachtungsperspektiven. Zwar erscheint eine solche Fokussierung und strukturierte Betrachtung im Hinblick auf den Umfang und die Vielfalt der Auseinandersetzung mit Hochwasserereignissen zum Erkenntnisgewinn zwingend erforderlich, jedoch ist anzunehmen, dass bei abweichender Schwerpunktsetzung zusätzliche oder sogar abweichende Erkenntnisse gewonnen werden könnten.

Des Weiteren stellt sich der Begriff der Struktur als deutlich vielfältiger dar als bei der Erstellung des Interviewleitfadens angenommen. Dementsprechend heterogen fallen die diesbezüglichen Befunde aus. Im Zuge weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen dieses Forschungsschwerpunktes oder der Operationalisierung durch die Akteure des operativen Hochwasserschutzes sollte deshalb eine differenzierte Betrachtung unter Berücksichtigung verschiedener Unterbegriffe, wie z.B. Alarm- und Einsatzplan oder Warnung/Alarmierung, angestrebt werden.

Zuletzt konnten im Zusammenhang mit dem Begriff Entscheidungsvariablen vergleichsweise

wenige konkrete Erkenntnisse erarbeitet werden, wobei es schon während der Datenerhebung bei den Experten zu Missverständnissen über die Begrifflichkeit kam. Hieraus folgte teilweise eine Überschneidung bei den Antworten zum Forschungsschwerpunkt Entscheidungsrelevante Daten. Darunter leidet sowohl die Quantität als auch die Belastbarkeit der Erkenntnisse zum Forschungsschwerpunkt Entscheidungsvariablen, weswegen sich weitere Forschungen zur Validierung und Ergänzung anbieten.

Im Folgenden soll ein **Ausblick** entsprechend den Handlungsfeldern Führung, Daten, Technische Instrumente und Struktur gegeben werden. Dabei sollen basierend auf den Erkenntnissen der vorliegenden Dissertation einerseits weitergehender wissenschaftlicher Forschungsbedarf sowie Ableitungen für die praktische Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse aufgezeigt werden.

Ungeachtet des, wie zuvor dargestellt, unvollständigen Erkenntnisgewinns zu Entscheidungsvariablen als Teil des Handlungsfeldes **Führung** scheint in Anbetracht der Vielfalt der zu berücksichtigenden Entscheidungen und Entscheidungsprozesse eine weitere wissenschaftliche Erforschung wenig zielführend. Vielmehr muss für die praktische Anwendung abgeleitet werden, dass neben der Vermeidung einschränkender Rahmenbedingungen insbesondere die Qualifikation des Entscheidungsträgers einen zentralen Erfolgsfaktor darstellt. Daher ist die Schärfung der wasserwirtschaftlichen Kompetenz von Führungskräften aus dem Katastrophenschutz v.a. für die Lagebeurteilung bei deren Aus- und Weiterbildung z.B. durch Teilnahme am Schulungsprogramm BiWaWehr (SCHEID et al. 2021) zu fokussieren. Dabei ist die Vorbereitung auf Entscheidungen in seltenen, komplexen oder dynamischen Lagen in den Mittelpunkt zu rücken. Routineszenarien mit vorhersehbarem Verlauf oder entsprechenden Erfahrungswerten können umfangreich über die Alarm- und Einsatzplanung geregelt werden, um die Notwendigkeit operativer Einzelentscheidungen zu reduzieren.

In Bezug auf die Priorisierung im Hochwasserfall zeigte sich über die verschiedenen Erhebungsformen hinweg ein einheitliches Bild sowohl im Hinblick auf die Hierarchie der Schutzziele als auch die Reihenfolge relevanter Einsatzmaßnahmen. Ein Erkenntnisgewinn aus vertiefender Erforschung der Priorisierung ist folglich nicht zu erwarten. Vielmehr konnte herausgestellt werden, dass Fehlleistungen bei der Priorisierung i.d.R. auf einen Mangel an (entscheidungsrelevanten) Daten als Grundlage der Priorisierung zurückzuführen sind. Aus praktischer Sicht besteht das größte Potenzial zur Vermeidung von Fehlpriorisierungen in der Sicherstellung einer adäquaten Datengrundlage. Neben ereignisbezogenen Informationen ist dabei insbesondere die Einarbeitung kritischer Objekte und deren Hierarchie unter Berücksichtigung von Kaskadeneffekten in die Alarm- und Einsatzplanung voranzutreiben.

Im Rahmen der vorliegenden Dissertation konnte der erfolgskritische Charakter der Lagefeststellung und -beurteilung für die Qualität der operativen Hochwasserbewältigung

identifiziert werden. Für diese Schritte werden zwingend (entscheidungsrelevante) **Daten** benötigt. Grundsätzlich steht dabei je nach Szenario ein umfangreicher Satz an potenziellen Informationen zur Verfügung (vgl. Anhang 16). Eine Erweiterung um neue Datenkategorien erscheint daher zweitrangig. Vielmehr bestehen die größten Herausforderungen in der (schnellen) Datenbeschaffung und -aktualisierung sowie deren ressourcenschonender und gleichzeitig verlustfreier Verarbeitung. Dazu sind die Prozesse und die Formate der Datenerhebung gebiets- und organisationsübergreifend zu standardisieren. Schnelles Internet und mobile Endgeräte zur Datenerfassung bieten die Möglichkeit, Echtzeitdaten technischer Messeinrichtungen, aber auch aus der manuellen Erfassung im Feld dem Lagebild zuzuführen. Dieses Potenzial ist durch eine technische und prozessuale Integration in den Ablauf der Datenerhebung zu integrieren. Ein darauf aufbauendes zentrales Datenmanagement mindestens auf Länderebene ist Grundvoraussetzung für die Prozesse der Lagefeststellung und -beurteilung. Ein Katalog mindestens vorzuhaltender Daten für den operativen Hochwasserschutz ist durch ein interdisziplinäres Expertengremium in einem verbindlichen Regelwerk (z.B. bei der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) zu verankern.

Die Verfügbarkeit und Belastbarkeit von Daten stellt darüber hinaus eine Bedingung für die Definition von Auslöseschwellen dar. Diese sind ihrerseits Voraussetzung für den Einsatz von Automatisierungslösungen. Aus wissenschaftlicher Sicht gebietet sich eine weitergehende Erforschung von Auslöseschwellen für Ereignisse mit einer Starkregenkomponente. Dies muss als besonders wichtig angesehen werden, da der Mehrwert von Automatisierungen im Zusammenhang von Warnung und Alarmierung aufgrund der kurzen Vorlaufzeit und der hohen Dichte betroffener Personen besonders groß zu erwarten ist. Für die bereits deutlich besser erforschten reinen Hochwasserereignisse sind verbindliche Auslöseschwellen durch die lokalen Verantwortlichen ortsspezifisch zu ermitteln und inklusive der jeweils zu ergreifenden Maßnahmen im Alarm- und Einsatzplan zu verankern.

Die Betrachtung der **technischen Instrumente** zeigte auf, dass ein relevantes Potenzial einer Automatisierung in der Bearbeitung von Routineaufgaben zur Entlastung der Einsatzkräfte liegt. Als Konsequenz aus dem Routinecharakter bedarf es dazu keiner weiteren Forschung. Vielmehr müssen durch die Verantwortlichen der Praxis orts- und szenarienspezifisch geeignete Prozesse identifiziert und entsprechende Automatisierungslösungen entwickelt werden. In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen kommen auch nicht-technische Prozessautomatismen als Alternativlösung in Frage.

Aus den Erkenntnissen dieser Dissertation muss das größte Potenzial technischer Instrumente jedoch in der Unterstützung der Prozesse Lagefeststellung und Lagebeurteilung während der operativen Hochwasserbewältigung gesehen werden. Als Ansatz dazu wurden ein standardisiertes digitales Lagebild und dessen Erweiterung zu einem Hochwassermanagementsystem benannt. Um dabei auch Ereignisse mit einer

Starkregenkomponente berücksichtigen zu können, sind weiterführende Grundlagenforschungen zu Charakteristika von Starkregenereignissen und den daraus abzuleitenden Anforderungen an die Ereignisbewältigung und die dabei eingesetzten Hochwassermanagementsysteme anzustellen. Mit dem Ziel der technischen Weiterentwicklung von Hochwassermanagementsystemen sollte eine wissenschaftliche Bedarfs- und Defizitanalyse, z.B. durch eine qualitative Befragung bestehender Anwender durchgeführt werden. Durch die Beschränkung auf diesen Teilaspekt kann eine größere Detailtiefe der Erkenntnisse im Vergleich zur vorliegenden Arbeit erzielt werden. Aufbauend auf den bestehenden wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnissen ist bereits jetzt durch die verantwortlichen Institutionen oder damit beauftragte externe Akteure ein einheitliches Grundsystem für ein Hochwassermanagementsystem mit einem digitalen Lagebild als Teilkomponente einzurichten, das in Abhängigkeit von den örtlichen Bedingungen regional angepasst werden kann. Neben diesem zentralen System ist die Anbindung von Instrumenten der Fernerkundung in den Abläufen der Einsatzkräfte zu verankern. Das Hochwassermanagementsystem und seine technischen Schnittstellen sind zur Verarbeitung von Echtzeitdaten zu ertüchtigen.

Aufbauend auf dieser technischen Weiterentwicklung von Hochwassermanagementsystemen besteht Umsetzungsbedarf im Handlungsfeld der **Struktur**. Um das Leistungspotenzial dieser Systeme maximal zu entfalten, ist deren Betrieb und notwendige GIS-Expertise auf der Seite von Behörden und Kommunen organisatorisch in die Prozesse und Strukturen von Stäben (während des Ereignisses) und beteiligten Institutionen und Organisationen (auch in den Phasen der operativen Hochwasservorsorge und -nachsorge) einzubinden. Dazu bedarf es der Anpassung bestehender Vorschriften und Regelwerke, wie der FwDV 100. Mit Blick auf den Einsatz organisationsübergreifender und überregionaler Kräfte und Experten, insbesondere bei größeren Ereignissen, ist durch übergeordnete Behörden zu prüfen, inwieweit die eingesetzte Systemlandschaft innerhalb ihres Verantwortungsbereiches vereinheitlicht werden kann. Die Zusammenarbeit innerhalb eines gemeinsamen technischen Systems begünstigt die Ausbildung einer Integrierten Verbindungsstelle zwischen Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft und sorgt damit durch Reduzierung von Reibungsverlusten für eine gesteigerte Ergebnisqualität. Über diese technische Komponente hinaus ist die Zusammenarbeit innerhalb dieser Integrierten Verbindungsstelle durch eine verstärkte Einbindung wasserwirtschaftlicher Fachberater in die Planungen und Durchführungen des Katastrophenschutzes zwingend erforderlich. Zur Umsetzung der veränderten inhaltlichen und technischen Zusammenarbeit von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz bedarf es regelmäßiger verbindlicher gemeinsamer Übungen und Schulungen für verschiedene Szenarien. Die organisatorischen Voraussetzungen dazu müssen von den übergeordneten Landes- und Bundesbehörden und Verbänden sowie Schuleinrichtungen (z.B. BABZ) geschaffen werden. Über alle Szenarien hinweg konnte

die Alarm- und Einsatzplanung als erfolgskritischer Faktor herausgearbeitet werden. Diese wird derzeit jedoch regional in unterschiedlicher Qualität betrieben. Um sie zu vereinheitlichen, bietet sich die Gestaltung von Muster-Alarm- und Einsatzplänen durch übergeordnete Entscheidungsgremien an. Damit dies in der erforderlichen Qualität geschieht, ist eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Alarm- und Einsatzplanung (wie z.B. in KAHR) insbesondere im Hinblick auf verschiedene Charakteristika von Ereignisszenarien und die konkreten Anforderungen zu deren Bewältigung erforderlich.

Zu vielen der vorher benannten Forschungsschwerpunkten der vorliegenden Dissertation gibt es lediglich weiterentwickelnden, aber keinen erfolgskritischen Forschungsbedarf. Vielmehr steht die Umsetzung wissenschaftlicher und erfahrungsbezogener Erkenntnisse durch die verantwortlichen Institutionen im Vordergrund. Dies wird deutlich, wenn man bedenkt, dass Problemstellungen, die bereits im Kirschbach-Report 2002 (SÄCHSISCHE STAATSRREGIERUNG 2002) thematisiert wurden, bis zu den jüngsten Ereignissen im Jahr 2021 vielerorts nicht bewältigt wurden, obwohl sowohl die sachliche Notwendigkeit erkannt als auch mögliche Lösungsansätze aus Wissenschaft und Praxis erarbeitet wurden. Parallel zu einer Weiterentwicklung bestehender Lösungsansätze gilt es, sich der praktischen Anwendung des aktuellen Erkenntnisstandes zu widmen, um bestehende Potenziale zu realisieren. Die Rolle der Wissenschaft erweitert sich dabei um die beratende Begleitung der verantwortlichen Institutionen bei der Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und Empfehlungen.

8. Literatur

- ADAM, V. (2006):** Hochwasser-Katastrophenmanagement. Wirkungsprüfung der Hochwasservorsorge und -bewältigung österreichischer Gemeinden. 1. Aufl. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- BAYRISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (STMUV) (2022):** Flutpolder. URL: https://www.hochwasserdialoq.bayern.de/hw_schutz_in_bayern/hochwasserschutzprojekte/flutpolder/index.htm, zuletzt geprüft am: 14.05.2022.
- BERTHOD, O., GROTHE-HAMMER, M., MÜLLER-SEITZ, G., RAAB, J., SYDOW, J. (2016):** From High-Reliability Organizations to High-Reliability Networks: The Dynamics of Network Governance in the Face of Emergency. In: Journal of Public Administration Research and Theory, 352-371.
- BERTHOD, O., MÜLLER-SEITZ, G., SYDOW, J. (2012):** Umgang mit Unsicherheit. In: Zeitschrift Führung + Organisation (4), S. 230–236.
- BERTHOD, O., MÜLLER-SEITZ, G., SYDOW, J., LIETH, D. VON DER (2015):** Interorganisationaler Wissenstransfer. In: WiSt – Wirtschaftswissenschaftliches Studium 44 (4), S. 182–187.
- BHKG NRW (2015):** Gesetz über den Brandschutz, die Hilfeleistung und den Katastrophenschutz.
- BLENKINSOP, S., ALVES, L. M., SMITH, A. J. (2021):** Climate change increases extreme rainfall and the chance of floods. In: ScienceBrief.
- BRAUNECK, J., JÜPNER, R., POHL, R., FRIEDRICH, F. (2016):** Auswertung des Deichbruchs Breitenhagen (Juni 2013) anhand von UAS-basierten Videoaufnahmen. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 2016, S. 119–128.
- BROEMME, A. (2022):** Unwetterereignisse. Strategien für Rheinland-Pfalz zur Vorbeugung, Vorbereitung, Koordinierung, Nachbereitung und zur verbesserten Resilienz, o.O.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2010):** Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, beschlossen auf der 139. LAWA-VV am 25./26. März 2010 in Dresden, Dresden.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2013):** Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen, beschlossen auf der 146. LAWA-VV am 26./27. September 2013 in Tangermünde, Magdeburg.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2014):** Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern, o.O.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2017):** Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft. Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder, Stuttgart.

- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2018a):** Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten, beschlossen auf der 156. LAWA-Vollversammlung 27./28. September 2018 in Weimar, Mainz.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2018b):** LAWA-Strategie für ein effektives Starkregenrisikomanagement, Erfurt.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2019):** Empfehlungen zur Aufstellung, Überprüfung und Aktualisierung von Hochwasserrisikomanagementplänen, beschlossen auf der 158. LAWA-Vollversammlung am 18./19. September 2019 in Jena, Erfurt.
- BUND/LÄNDER-ARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2020):** Auswirkungen des Klimawandels auf die Wasserwirtschaft- Bestandsaufnahme, Handlungsoptionen und strategische Handlungsfelder 2020, München.
- BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2022):** BBK-Glossar. Gefahrenabwehr. URL: https://www.bbk.bund.de/DE/Infothek/Glossar/_functions/glossar.html?nn=19742&cms_lv3=65040&cms_lv2=19764, zuletzt geprüft am: 29.03.2022.
- BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2022a):** Sektoren und Branchen KRITIS (Kritische Infrastrukturen). URL: https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Kritische-Infrastrukturen/Sektoren-Branchen/sectoren-branchen_node.html, zuletzt geprüft am: 30.03.2022.
- BUNDESAMT FÜR BEVÖLKERUNGSSCHUTZ UND KATASTROPHENHILFE (BBK) (2022b):** Copernicus Dienst für Katastrophen- und Krisenmanagement. URL: https://www.bbk.bund.de/DE/Themen/Krisenmanagement/Lagebild/Fernerkundung/Copernicus/copernicus_node.html, zuletzt geprüft am: 08.04.2022.
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU (BAW) (2022):** EarlyDike. Sensor- und risikobasiertes Frühwarnsystem für Seedeiche. URL: <https://mdi-de.baw.de/earlydike/>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- BUNDESANSTALT TECHNISCHES HILFSWERK (THW) (2016):** Ausbildungshandbuch Sturzfluten. Teil 1 und 2, Bonn.
- BUNDESANSTALT TECHNISCHES HILFSWERK (THW) (HRSG.) (O. J.):** DAREnet. Ein Anwendernetzwerk zur Stärkung der Hochwasserresilienz im Donauraum. URL: <http://darenetproject.eu/wordpress/wp-content/uploads/2018/09/DAREnet-Flyer-deutsch.pdf>, zuletzt geprüft am: 07.04.2022.
- BUNDESINSTITUT FÜR BAU, STADT- UND RAUMFORSCHUNG (BBSR) (2022):** Was ist Interreg? URL: <https://www.interreg.de/INTERREG2014/DE/Interreg/WasistINTERREG/wasistinterreg-node.html?sessionId=C9AE48A9C79B25CBF2E6AA448E88A5CA.live11313>, zuletzt geprüft am: 07.04.2022.

- BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (BMI) (2009):** Nationale Strategie zum Schutz Kritischer Infrastrukturen (KRITIS-Strategie), Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM DES INNERN (BMI) (2011):** Schutz Kritischer Infrastrukturen – Risiko- und Krisenmanagement – Leitfaden für Unternehmen und Behörden, Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM DES INNERN UND FÜR HEIMAT (BMI) & BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN (BMF) (2022):** Bericht zur Hochwasserkatastrophe 2021: Katastrophenhilfe, Wiederaufbau und Evaluierungsprozesse, o.O.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (2008):** Vorhersage und Management von Sturzfluten in urbanen Gebieten (URBAS). Förderprogramm des BMBF: Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse (RIMAX), Aachen.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (2022a):** HoWAS 2021. Governance und Kommunikation im Krisenfall des Hochwasserereignisses im Juli 2021. URL: https://www.sifo.de/sifo/de/projekte/schutz-und-rettung-von-menschen/howas-governance-undkommunikation/hochwasser_node.html, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (2022b):** Krisenkommunikation im Landkreis Meißen (KriKom-LK-MEI). URL: https://www.sifo.de/sifo/shareddocs/Downloads/files/projektumriss_krikom-lk-mei.pdf;jsessionid=EA1966AC22CB082106EDFA71E58DDF81.live721?__blob=publicationonFile&v=1, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF) (2022c):** HAPLUS: Hierarchisches Frühwarn- und Alarmierungssystem für plötzliche Sturzfluten nach Starkregenereignissen. URL: <https://www.sifo.de/sifo/de/projekte/querschnittsthemen-und-aktivitaeten/praxistransfer-und-kompetenzaufbau/kmu-innovativ/haplus/haplus-hierarchisches-fruehwar-ten-nach-starkregenereignissen.html>, zuletzt geprüft am: 19.05.2022.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR DIGITALES UND VERKEHR (BMVI) (HRSG.) (2022):** Cell Broadcast: Weg frei zur bundesweiten Umsetzung. URL: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Mobilfunk/Cell-Broadcast/cell-broadcast.html>, zuletzt geprüft am: 07.05.2022.
- CREUTIN, J., BORG, M., GRUNTFEST, E., LUTOFF, C., ZOCATELLI, D., RUIN, I. (2013):** A space and time framework for analyzing human anticipation of flash floods. In: Journal of Hydrology 482, S. 14–24.
- DANNER-SCHRÖDER, A. (2014):** Routines between stability and change: The role of routines in highly dynamic environments. Dissertation.
- DANNER-SCHRÖDER, A., & GEIGER, D. (2016):** Unravelling the motor of patterning work: Toward an understanding of the microlevel-dynamics of standardization and flexibility. In: Organization Science (3), S. 633–658.

- DANNER-SCHRÖDER, A. & MÜLLER-SEITZ, G. (2017):** Qualitative Methoden in der Organisations- und Managementforschung. Ein anwendungsorientierter Leitfaden für Datensammlung und -analyse. Verlag Franz Vahlen, München.
- DEEG, J. & WEIBLER, J. (2008):** Die Integration von Individuum und Organisation. 1. Aufl. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- DEMERRIT, D., NOBERT, S., CLOKE, H., PAPPENBERGER, F. (2013):** The European Flood Alert System and the communication, perception, and use of ensemble predictions for operational flood risk management. In: Hydrological Processes 27 (1), S. 147–157.
- DEUTSCHE IPCC-KOORDINIERUNGSSTELLE (2021):** Klimawandel. Naturwissenschaftliche Grundlagen. Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung, Bonn.
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (DWA) (2010):** Merkblatt DWA-M 551. Audit „Hochwasser – wie gut sind wir vorbereitet“. DWA, Hennef.
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL (DWA) (2020):** Hochwasser-Alarm- und Einsatzpläne. Aufnahme neuer Arbeiten / Erarbeitung Themenband. URL: <https://de.dwa.de/de/regelwerksankuendigungen-volltext/hochwasser-alarm-und-einsatzplaene.html>, zuletzt geprüft am: 09.02.2021.
- DEUTSCHER STÄDTETAG (HRSG.) (2021):** Starkregenhinweiskarten – Potential und Grenzen. URL: <https://www.staedtetag.de/themen/2021/starkregengefahrenhinweiskarten>.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (2021):** Klimavorhersagen und -projektionen, Offenbach am Main.
- DEUTSCHER WETTERDIENST (DWD) (HRSG.) (2022):** Wetter- und Klimalexikon: Starkregen. URL: <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?nn=103346&lv2=102248&lv3=102572>, zuletzt geprüft am: 07.04.2022.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (DIN) (2013):** DIN 19712. Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, Berlin.
- DEUTSCHES KOMITEE KATASTROPHENVORSORGE E. V. (DKKV) (2013):** Katastrophenvorsorge zwischen alten Strukturen und neuen Herausforderungen. Dokumentation zum 13. Forum Katastrophenvorsorge vom 11. – 12. Dezember 2013 in Hamburg, Bonn.
- DEUTSCHES KOMITEE KATASTROPHENVORSORGE E. V. (DKKV) (2015):** Das Hochwasser im Juni 2013. Bewährungsprobe für das Hochwasserrisikomanagement in Deutschland. Schriftenreihe des DKKV Nr. 53, Bonn.
- DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E.V. (DLR) (2022):** AIFER – Künstliche Intelligenz zur Analyse und Fusion von Erdbeobachtungs- und Internetdaten zur Unterstützung bei der Lageerfassung und -einschätzung. URL: https://www.dlr.de/eoc/desktopdefault.aspx/tabid-11882/20871_read-72288, zuletzt geprüft am: 05.04.2022.
- DISSE, M. (2020):** Hydrologische Grundlagen. In: Patt, H. & Jüpner, R. (Hrsg.): Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz, Wiesbaden 2020, S. 25–102.

- DOTTORI, F., KALAS, M., SALAMON, P., BIANCHI, A., ALFIERI, L., FEYEN, L. (2017):** An operational procedure for rapid flood risk assessment in Europe. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 17 (7), S. 1111–1126.
- EILANDER, D., BACHMANN, D., GIJSBERS, P., VAN LOENEN, A. (2016):** Innovative approaches in operational flood management. Risk-based forecasting and application of social media in disaster response: Internationales Wasserbau-Symposium Aachen IWASA, Aachen 2016.
- EUROPÄISCHE UNION (EU) (2007):** Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken. HWRM-RL.
- EUROPÄISCHE UNION (EU) (2022):** RAINMAN. Maßnahmen zur Risikominderung. Katastrophenschutz organisieren. URL: <https://rainman-toolbox.eu/de/home-de/werkzeuge-methoden/risikominderung/katastrophenschutz/>, zuletzt geprüft am: 07.04.2022.
- EUROPEAN COMMISSION (2022):** CORDIS. EU research results. Objective. CRISMA. URL: <https://cordis.europa.eu/project/id/284552>, zuletzt geprüft am: 19.05.2022.
- FEKETE, A. (2019):** Critical infrastructure and flood resilience: Cascading effects beyond water. In: *WIREs Water* 6 (5).
- FEKETE, A. (2020):** Critical infrastructure cascading effects. Disaster resilience assessment for floods affecting city of Cologne and Rhein-Erft-Kreis. In: *Journal of Flood Risk Management* 13 (2).
- FEKETE, A. (2021a):** Motivation, Satisfaction, and Risks of Operational Forces and Helpers Regarding the 2021 and 2013 Flood Operations in Germany. In: *Sustainability* 13 (22), S. 12587.
- FEKETE, A. (2021b):** Vorläufige Erst-Auswertung zur Umfrage zur Zufriedenheit der Einsatzkräfte, Helferinnen und Helfer beim Hochwasser 2021, Stand: 29.09.2021, Köln. URL: <https://riskncrisis.wordpress.com/publications/>, zuletzt geprüft am: 06.04.2022.
- FEKETE, A. & SANDHOLZ, S. (2021):** Here Comes the Flood, but Not Failure? Lessons to Learn after the Heavy Rain and Pluvial Floods in Germany 2021. In: *Water* 13 (21), S. 3016.
- FEKETE, A., TZAVELLA, K., ARMAS, I., BINNER, J., GARSCHAGEN, M., GIUPPONI, C., MOJTAHED, V., PETTITA, M., SCHNEIDERBAUER, S., SERRE, D. (2015):** Critical Data Source; Tool or Even Infrastructure? Challenges of Geographic Information Systems and Remote Sensing for Disaster Risk Governance. In: *ISPRS International Journal of Geo-Information* 4 (4), S. 1848–1869.
- FLACK, D., SKINNER, C., HAWKNESS-SMITH, L., O'DONNELL, G., THOMPSON, R., WALLER, J., CHEN, A., MOLONEY, J., LARGERON, C., XIA, X., BLENKINSOP, S., CHAMPION, A., PERKS, M., QUINN, N., SPEIGHT, L. (2019):** Recommendations for Improving Integration in National End-to-End Flood Forecasting Systems: An Overview of the FFIR (Flooding From Intense Rainfall) Programme. In: *Water* 11 (4), S. 725.

- FLICK, U. (2019):** Qualitative Sozialforschung. Eine Einführung. 9. Aufl. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg.
- FRANK, S. (2021, UNVERÖFFENTLICHT):** Klimaangepasste Systemoptimierung in der operativen Gefahrenabwehr bei Hochwasserereignissen im Einzugsgebiet der Mosel. Masterarbeit an der Technischen Universität Kaiserslautern im Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft.
- GG (1949):** Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland. GG.
- GLÄSER, J. & LAUDEL, G. (2009):** Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen. 3. Aufl. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- GOERIGK, A., GRAFE, M., LEVENHAGEN, J., REICHERT, M., SPANKNEBEL, H.-G. (2014):** INGE- die interaktive Gefahrenkarte für den kommunalen Hochwasserschutz. In: BrandSchutz (11), S. 854–856.
- GRETZSCHEL, M. (2008):** Kommunale Hochwassermanagementsysteme als Baustein zur Umsetzung der Europäischen Hochwasserrichtlinie, Kaiserslautern (Reihe der Berichte des Fachgebietes Wasserbau, 18).
- GRÜN, O. & SCHENKER-WICKI, A. (HRSG.) (2014):** Katastrophenmanagement. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- GRÜN, O. (2005):** Elemente des Katastrophenmanagements. In: Oesterle, M.-J. (Hrsg.): Internationalisierung und Institution 2005, S. 645-678.
- HEGEMANN, J.-E. (2022):** Lehren aus der Katastrophe. Erfahrungen und Erkenntnisse der Aktiven der Feuerwehr Bad Neuenahr-Ahrweiler. eDossier 2022. In: Feuerwehr-Magazin.
- HEIMANN, R. & HOFINGER, G. (2016):** Stabsarbeit – Konzept und Formen der Umsetzung. In: Hofinger, G. & Heimann, R. (Hrsg.): Handbuch Stabsarbeit, Berlin, Heidelberg 2016, S. 3–9.
- HOCHSCHULE BOCHUM (HS BOCHUM) (2022):** ProComE: Analyse kombinierter Extremereignisse – BMBF-Forschungsverbund ClimXtreme. URL: <https://www.hochschule-bochum.de/fbb/einrichtungen-im-fachbereich/labore/labor-fuer-wasserbau/procome/>, zuletzt geprüft am: 06.04.2022.
- HOCHSCHULE BREMEN (HS BREMEN) (2022):** DAS: Anpassung der Ausbildung Deichverteidigung und Hochwasserschutz der THW-Bundesschule Hoya an die Herausforderung des Klimawandels. URL: <https://www.hs-bremen.de/forschen/forschungs-und-transferprofil/forschungsprojekt/das-anpassung-der-ausbildung-deichverteidigung-und-hochwasserschutz-der-thw-bundesschule-hoya-an-die-herausforderung-des-klimawandels/>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- HOCHSCHULE MAGDEBURG-STENDAL (HS MAGDEBURG-STENDAL) (2022):** ProMalDes. State-of-the Science Flood Risk Management Tool. URL: <https://promaides.h2.de/promaides/>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.

- HOFINGER, G. & HEIMANN, R. (2022):** Handbuch Stabsarbeit. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- HOFINGER, G. & HEIMANN, R. (HRSG.) (2016):** Handbuch Stabsarbeit. Führungs- und Krisenstäbe in Einsatzorganisationen, Behörden und Unternehmen. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- HOFMANN, J. (2022):** Intelligent and risk-based early warning system for pluvial floods. Developing a framework to forecast pluvial flooding in real time combining hydrodynamic modelling and deep learning. Dissertation an der RWTH Aachen.
- HOFMANN, J. & SCHÜTTRUPF, H. (2021):** floodGAN: Using Deep Adversarial Learning to Predict Pluvial Flooding in Real Time. In: Water 13 (16), S. 2255.
- HOUSTON, D.; WERRITY, A.; BASSETT, D.; GEDDES, A.; HOOLACHAN, A.; McMILLIAN, M. (2011):** Pluvial (rain-related) flooding in urban areas: the invisible hazard. URL: <https://www.jrf.org.uk/report/pluvial-rain-related-flooding-urban-areas-invisible-hazard>, zuletzt geprüft am: 20.05.2022.
- IKONE ARBEITSGRUPPE HOCHWASSERVORSORGE (IKONE) (1999):** Hochwasservorsorge – Alarmplan, Einsatzplan, Ausrüstung. Vorbereitung auf Hochwasserereignisse. Empfehlungen für Städte, Gemeinden und untere Verwaltungsbehörden, Reutlingen.
- INSTITUTE FOR ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL POLICY (IEEP) (2022):** LAND4FLOOD: Natural Flood Retention on Private Land (CA16209). URL: <https://www.land4flood.eu/land4flood-project/>, zuletzt geprüft am: 07.04.2022.
- JOINT RESEARCH CENTRE (JRC) (HRSG.) (2022):** Copernicus. Katastrophen- und Krisenmanagement. URL: <https://www.copernicus.eu/de/dienste/katastrophen-und-krisenmanagement>, zuletzt geprüft am: 07.04.2022.
- JÜPNER, R. & MÜLLER, U. (2010):** Wer hat was zu tun? Arbeitsteilung bei der Umsetzung der Europäischen Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie. Gekürzte Form des Tagungsbeitrages vom 17.06.2010. In: WASSERWIRTSCHAFT (11).
- JÜPNER, R. & SCHEID, C. (2022):** Onlinekurse aufbauend auf dem Projekt BiWaWehr. DAS: Bildungsmodul zum Umgang mit außergewöhnlichen wasserbezogenen Naturgefahren für die Feuerwehr zur Klimaanpassung. URL: <https://biwawehr.de/>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- JÜPNER, R. (2018a):** Coping with extremes – experiences from event management during the recent Elbe flood disaster in 2013. In: Journal of Flood Risk Management 11 (1), S. 15–21.
- JÜPNER, R. (2018b):** Hochwasserrisikomanagement 2030 – ein Ausblick. In: Heimerl, S. (Hrsg.): Vorsorgender und nachsorgender Hochwasserschutz: Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. Band 2, Wiesbaden 2018, S. 79–85.

- JÜPNER, R., BRAUNECK, J., POHL, R. (2018):** Einsatz von Drohnen im Hochwasserfall – Erfahrungen und Ideen. In: Heimerl, S. (Hrsg.): Vorsorgender und nachsorgender Hochwasserschutz: Ausgewählte Beiträge aus der Fachzeitschrift WasserWirtschaft. Band 2, Wiesbaden 2018, S. 326–334.
- JÜPNER, R., KATHMANN, M., MÜLLER, U., PATT, H. (2020a):** Hochwasservorsorge. In: Patt, H. & Jüpner, R. (Hrsg.): Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz, Wiesbaden 2020, S. 341–398.
- JÜPNER, R., LESNY, K., PATT, H., WEIß, G. (2020b):** Technischer Hochwasserschutz. In: Patt, H. & Jüpner, R. (Hrsg.): Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz, Wiesbaden 2020, S. 399–507.
- JÜPNER, R.; SCHÜLLER, A.; MÜLLER-SEITZ, G.; FEKETE, A. (2022):** Operativer Hochwasserschutz: Optimierung durch bessere Vorsorge?, Aachen (52. IWASA).
- KARUTZ, H.; GEIER, W.; MITSCHKE, T. (HRSG.) (2017):** Bevölkerungsschutz. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- KIENZLER, S., PECH, I., KREIBICH, H., MÜLLER, M., THIEKEN, A. H. (2015):** After the extreme flood in 2002: changes in preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany between 2005 and 2011. In: Natural Hazards and Earth System Sciences 15 (3), S. 505–526.
- KIRCHHOFF, S.; KUHN, S.; LIPP, P.; SCHLAWIN, S. (2010):** Der Fragebogen. Datenbasis, Konstruktion und Auswertung. 5. Aufl. VS Verlag, Wiesbaden.
- KLAUS, A., KÖHLER, C., KUNER, J., SPRINGER, B., EMRICH, C., SCHÜLLER, A. (2021):** Einsatzführung 4.0 – mittels Geodaten zum mehrschichtigen Live-Lagebild. In: BrandSchutz (10), S. 838–841.
- KLUTH, W. & SMEDDINCK, U. (2020):** Umweltrecht. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- KOPPE, B. & BRINKMANN, B. (2011):** Entwicklung und Einsatz von wassergefüllten Schlauchsystemen im Hochwasserschutz: Konferenz Acqua alta 2011.
- KOWALSKI, M. (2017):** Management von Open-Innovation-Netzwerken. Dissertation an der Technischen Universität Kaiserslautern, Kaiserslautern.
- KREIS DÜREN (2020):** Muster Alarm- und Einsatzplan Hochwasser für kreisangehörige Städte und Gemeinden. Bezirksregierung Köln. Stand 23.06.2020, Kreuzau-Stockheim.
- KUCKARTZ, U. & RÄDIKER, S. (2020):** Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA. Schritt für Schritt. Springer VS, Wiesbaden, Heidelberg.
- KUCKARTZ, U. (2018):** Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Aufl. Beltz Juventa, Weinheim, Basel.
- KÜHN GEOCONSULTING GMBH (HRSG.) (2021):** HAPLUS. Teilprojekt geoFact
Messsensorenverbund mit Alarmierung zur Echtzeitüberwachung von Kleingewässern bei Starkregenereignissen. URL: <https://www.haplus.de/geoFact.php>, zuletzt geprüft am: 06.04.2022.

- LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) (2018 UNVERÖFFENTLICHT):** Gesamtkonzept zur Zentralisierung des Hochwassermeldedienstes im Landesamt für Umwelt. Endfassung vom 08.01.2018, Mainz.
- LANDESAMT FÜR UMWELT (LFU) (2022):** Hochwassermeldedienst. URL: <https://lfu.rlp.de/de/wasserwirtschaft/hydrologie/hydrologie/hochwassermeldedienst/>, zuletzt geprüft am: 28.03.2022.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELT, MESSUNGEN UND NATURSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (LUBW) (2016):** Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, Karlsruhe.
- LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT SACHSEN-ANHALT (LHW) (2014):** Bericht über das Hochwasser im Juni 2013 in Sachsen-Anhalt. Entstehung, Ablauf, Management und statistische Einordnung, Magdeburg.
- LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT SACHSEN-ANHALT (LHW) (2018):** Anleitung für den operativen Hochwasserschutz. Teil 1 – Verteidigung von Flussdeichen – Grundlagen. 5. Aufl., Magdeburg.
- LANDTAG NORDRHEIN-WESTFALEN (LANDTAG NRW) (2022):** Parlamentarischer Untersuchungsausschuss V (Hochwasserkatastrophe). URL: <https://www.landtag.nrw.de/home/der-landtag/ausschusse-und-gremien-1/untersuchungsausschusse/untersuchungsausschuss-v-hochwas.html>, zuletzt geprüft am: 11.05.2022.
- LANDTAG RHEINLAND-PFALZ (LANDTAG RLP) (2022):** Untersuchungsausschuss 18/1 „zur Flutkatastrophe in Rheinland-Pfalz, deren Folgen und zur rechtlichen und politischen Verantwortung der Landesregierung, ihrer nachgeordneten Behörden sowie aller sonstigen öffentlichen Stellen hierfür“. URL: <https://www.landtag.rlp.de/de/parlament/ausschuesse-und-gremien/fachausschuesse/untersuchungsausschuss-181-flutkatastrophe/>, zuletzt geprüft am: 11.05.2022.
- LANGE, H.-J. & GUSY, C. (HRSG.) (2015):** Kooperation im Katastrophen- und Bevölkerungsschutz. Springer, Wiesbaden.
- LI, Y., MARTINIS, S., WIELAND, M. (2019a):** Urban flood mapping with an active self-learning convolutional neural network based on TerraSAR-X intensity and interferometric coherence. In: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 152, S. 178–191.
- LI, Y., MARTINIS, S., WIELAND, M., SCHLAFFER, S., NATSUAKI, R. (2019b):** Urban Flood Mapping Using SAR Intensity and Interferometric Coherence via Bayesian Network Fusion. In: Remote Sensing 11 (19), S. 2231.
- LÖWE, R., URICH, C., STO. DOMINGO, N., MARK, O., DELETIC, A., ARNBJERG-NIELSEN, K. (2017):** Assessment of urban pluvial flood risk and efficiency of adaptation options through simulations – A new generation of urban planning tools. In: Journal of Hydrology 550, S. 355–367.

- MARTEL, J.-L., MAILHOT, A., BRISSETTE, F. (2020):** Global and Regional Projected Changes in 100-yr Subdaily, Daily, and Multiday Precipitation Extremes Estimated from Three Large Ensembles of Climate Simulations. In: *Journal of Climate* 33 (3), S. 1089–1103.
- MARTINIS, S., TWELE, A., VOIGT, S. (2009):** Towards operational near real-time flood detection using a split-based automatic thresholding procedure on high resolution TerraSAR-X data. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9 (2), S. 303–314.
- MAYRING, P. (2015):** Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12. Aufl. Beltz Verlag, Weinheim, Basel.
- MERZ, B. & DIDSZUN, J. (2005):** Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse. In: *Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung (UWSF)* 17 (4), S. 191–192.
- MERZ, B., HALL, J., DISSE, M., SCHUMANN, A. (2010a):** Fluvial flood risk management in a changing world. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10 (3), S. 509–527.
- MERZ, B., KREIBICH, H., SCHWARZE, R., THIEKEN, A. (2010b):** Review article „Assessment of economic flood damage“. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 10 (8), S. 1697–1724.
- MERZ, B.; BITTNER, R.; GRÜNEWALD, U.; PIROTH, K. (2011):** Management von Hochwasserrisiken. E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- MEYERMANN, A. & PORZELT, M. (2014):** Hinweise zur Anonymisierung von qualitativen Daten, Frankfurt am Main.
- MINISTERIUM DES INNERN NORDRHEIN-WESTFALEN (IM NRW) (2022):** Katastrophenschutz der Zukunft – Abschlussbericht des vom Minister des Innern berufenen Kompetenzteams Katastrophenschutz, Düsseldorf.
- MINISTERIUM DES INNERN UND FÜR SPORT RHEINLAND-PFALZ (MDI RLP) (2000):** DV 100- Dienstvorschrift 100. Führung und Leitung im Einsatz; Führungssystem, Mainz.
- MINISTERIUM DES INNERN UND FÜR SPORT RHEINLAND-PFALZ (MDI RLP) (2020):** Rahmen-Alarm- und Einsatzplan Hochwasser, o.O.
- MINISTERIUM DES INNERN UND FÜR SPORT RHEINLAND-PFALZ (MDI RLP) (2021):** Katastrophenschutz in Deutschland, Rheinland-Pfalz und im Vergleich. Bericht für die Sitzung der Enquete-Kommission 18/1 „Zukunftsstrategien zur Katastrophenvorsorge“ am 27.1.2021 und 23.11.2021; Bericht der Landesregierung, Mainz.
- MINISTERIUM DES INNERN UND FÜR SPORT RHEINLAND-PFALZ (MDI RLP) (2022):** Der Wiederaufbau in Rheinland-Pfalz. Nach der Naturkatastrophe vom 14./15. Juli 2021, Mainz.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT (MUKE BW) (2013):** Anpassungsstrategie Baden-Württemberg an die Folgen des Klimawandels. Fachgutachten für das Handlungsfeld Wasserhaushalt. Teil A: Langfassung, Stuttgart.

- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MULNV NRW) (2018):** Arbeitshilfe kommunales Starkregenrisikomanagement. Hochwasserrisikomanagementplanung in NRW, Düsseldorf.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT, NATUR- UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MULNV NRW) (2022):** Lernen aus dem Hochwasser – 10-Punkte Arbeitsplan Hochwasserschutz in Zeiten des Klimawandels, o.O.
- MOLINARI, D., BALLIO, F., MENONI, S. (2013):** Modelling the benefits of flood emergency management measures in reducing damages: a case study on Sondrio, Italy. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 13 (8), S. 1913–1927.
- MOY DE VITRY, M., KRAMER, S., WEGNER, J., LEITÃO, J. (2019):** Scalable flood level trend monitoring with surveillance cameras using a deep convolutional neural network. In: *Hydrology and Earth System Sciences* 23 (11), S. 4621–4634.
- MÜLLER, U. & JÜPNER, R. (2020):** Vom Hochwasserschutz zum Hochwasserrisikomanagement. In: Patt, H. & Jüpner, R. (Hrsg.): *Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz*, Wiesbaden 2020, S. 9–24.
- MÜLLER, U. (2010):** *Hochwasserrisikomanagement*, Wiesbaden. Vieweg+Teubner.
- MÜLLER, U. (2018):** Neues Hochwasserinformations- und -managementsystem für Sachsen: Vorsorgender und nachsorgender Hochwasserschutz 2018, S. 342–349.
- MÜLLER-SEITZ, G. (2014):** Practising Uncertainty in the Face of Large-Scale Disease Outbreaks. In: *Journal of Management Inquiry* 23 (3), S. 276–293.
- MUSCH, J., BROCKHAUS, R., BRÖDER, A. (2002):** Ein Inventar zur Erfassung von zwei Faktoren sozialer Erwünschtheit. In: *Diagnostica* 48 (3), S. 121–129.
- NICKLIN, LEICHER, DIEPERINK, LEEUWEN (2019):** Understanding the Costs of Inaction—An Assessment of Pluvial Flood Damages in Two European Cities. In: *Water* 11 (4), S. 801.
- ONLINE-VERWALTUNGSLEXIKON OLEV.DE (OLEV.DE) (HRSG.):** Management-Ebenen: operativ – taktisch – strategisch. URL: https://olev.de/o/operativ_usw.htm, zuletzt geprüft am: 29.03.2022.
- PAPAGIANNAKI, K., LAGOUVARDOS, K., KOTRONI, V., BEZES, A. (2015):** Flash flood occurrence and relation 211ft he rainfall hazard in a highly urbanized area. In: *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15 (8), S. 1859–1871.
- PATT, H. & JÜPNER, R. (2020a):** Einführung in die Thematik. In: Patt, H. & Jüpner, R. (Hrsg.): *Hochwasser-Handbuch: Auswirkungen und Schutz*, Wiesbaden 2020., S. 1-8.
- PATT, H. & JÜPNER, R. (HRSG.) (2020b):** *Hochwasser-Handbuch. Auswirkungen und Schutz*. 3. Aufl. Springer, Wiesbaden.
- PATTON, M. (1990):** *Qualitative evaluation and research methods*. Sage, Newbury Park.
- PERERA, D.; SEIDOU, O.; AGNIHOTRI, J.; RASMY, M.; SMAKHITIN, V.; COULIBALY, P.; MEHMOOD, H. (2019):** *Flood Early Warning Systems: A Review Of Benefits, Challenges And Prospects*, Hamilton.

- POHLMANN, K. (2015):** Prioritätensetzung im Katastrophenschutz. In: Lange, H.-J. & Gusy, C. (Hrsg.): Kooperation im Katastrophen- und Bevölkerungsschutz, Wiesbaden 2015, S. 213–287.
- PORST, R. (2011):** Fragebogen. Ein Arbeitsbuch. 3. Aufl. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden.
- QUOIKA, S. & WALD, J. (2020):** Einsatz eines digitalen Informationssystems für das kommunale Hochwasserrisikomanagement. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 2020, S. 313–317.
- RINNERT, C., SCHÜLLER, A., JÜPNER, R. (2021):** Herausforderung Klimawandel: neue Ideen für das Hochwasserrisikomanagement. In: WASSERWIRTSCHAFT (11), S. 39–43.
- SÄCHSISCHE STAATSKANZLEI (2013):** Bericht der Kommission der Sächsischen Staatsregierung zur Untersuchung der Flutkatastrophe 2013, Dresden.
- SÄCHSISCHE STAATSREGIERUNG (2002):** Bericht der Unabhängigen Kommission der Sächsischen Staatsregierung Flutkatastrophe 2002.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (LFULG) (2022a):** Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete mit innovativen Methoden der Niederschlagsmessung und -vorhersage (HoWa-innovativ). URL: <https://www.howa-innovativ.sachsen.de/index.html>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (LFULG) (2022b):** INNOVARU. URL: <https://www.wasser.sachsen.de/innovaru-16448.html>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (LFULG) (2022c):** MOSES – Improvement of flood management system. URL: <https://www.wasser.sachsen.de/moses-5397.html>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (LFULG) (2022d):** RAINMAN – Integriertes Starkregenrisikomanagement. URL: <https://www.wasser.sachsen.de/rainman-5352.html>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (LFULG) (2022e):** STRIMA I – Sächsisch-Tschechisches Hochwasserrisikomanagement. URL: <https://www.wasser.sachsen.de/strima-5905.html>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (LFULG) (2022f):** STRIMA II – Sächsisch-Tschechisches Hochwasserrisikomanagement. URL: <https://www.wasser.sachsen.de/strima-2-4176.html>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- SAYNISCH, M. (1994):** Krisenmanagement – Chancennutzung oder Risikoabsicherung. In: Gareis (Hrsg.): Erfolgsfaktor Krise, Wien 1994, S. 49–73.
- SCHIED, C., ZEDDIES, M., KOPP, M., JÜPNER, R. (2021):** BiWaWehr – DAS Bildungsmodul für Feuerwehren zum Umgang mit wasserbezogenen Naturgefahren. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft (8), S. 503–506.

- SCHMITT, T., KRÜGER, M., PFISTER, A., BECKER, M., MUDERSBACH, C., FUCHS, L., HOPPE, H., LAKES, I. (2018):** Einheitliches Konzept zur Bewertung von Starkregenereignissen mittels Starkregenindex. In: Korrespondenz Abwasser, Abfall (65), S. 113–120.
- SCHMITT, T. & SCHEID, C. (2020):** Evaluation and communication of pluvial flood risks in urban areas. In: WIREs Water 7 (1).
- SCHMUDE, J. & NAMBERGER, P. (2010):** Tourismusgeographie. WBG Adademic, Darmstadt.
- SCHREIER, M. (2014):** Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten (Forum Qualitative Sozialforschung, 15). URL: <https://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/2043>, zuletzt geprüft am: 07.03.2022.
- SCHÜLLER, A. & JÜPNER, R. (2021):** Operativer Hochwasserschutz im Wandel. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft (14), S. 684–690.
- SCHÜLLER, A., GERZ, J., VON SPICZAK, C., ILLING, C. (2022a):** Inhalte und Aspekte der Alarm- und Einsatzplanung Hochwasser. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft (2), S. 108–114.
- SCHÜLLER, A., MEYER, K., GERZ, J. (2022b):** Alarm- und Einsatzplanung für Starkregenereignisse. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft (3), S. 170–175.
- SCHUMANN, A. (2009):** Entwicklung integrativer Lösungen für das operationelle Hochwassermanagement am Beispiel der Mulde. Abschlussbericht des Verbundvorhabens. In: Schriftenreihe Hydrologie/Wasserwirtschaft der Ruhr-Universität Bochum, Heft 23.
- SHAW, R. (2020):** Thirty Years of Science, Technology, and Academia in Disaster Risk Reduction and Emerging Responsibilities. In: International Journal of Disaster Risk Science 11 (4), S. 414–425.
- SIMON, F. & MUDERSBACH, C. (2021):** Statistische Analyse kombinierter Extremereignisse am Beispiel der Ereigniskombination Starkregen und Flusshochwasser. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 2021, S. 327–336.
- SÖRENSEN, J. & MOBINI, S. (2017):** Pluvial, urban flood mechanisms and characteristics – Assessment based on insurance claims. In: Journal of Hydrology 555, S. 51–67.
- SPIRA, Y., JÖBSTL, C., HORNICH, R., WEINGRABER, F. (2021):** Eine für alle – RAINMAN-Toolbox für Starkregenrisikomanagement. In: Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft 73 (3-4), S. 85–91.
- TECHNISCHE HOCHSCHULE KÖLN (TH KÖLN) (2022a):** DISASTER. URL: https://www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/disaster_13614.php, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- TECHNISCHE HOCHSCHULE KÖLN (TH KÖLN) (2022b):** Forschungsprojekt KoViTReK. URL: https://www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/kovitrek_87259.php, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.

- TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN (TU DRESDEN) (2022):** VSDS – Entwicklung eines Vorhersagesystems für Deichbrüche auf Basis experimenteller und mathematischer Modelle. URL: https://tu-dresden.de/bu/bauingenieurwesen/iwd/wasserbau/forschung/forschungsprojekte?fis_type=forschungsprojekt&fis_id=18295&embedding_id=91d655ef08414c98938901f35495a8c9, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN (TU KAISERSLAUTERN) (2021):** BMBF-Verbundprojekt. Kurzbeschreibung KAHR. URL: <https://www.bauing.uni-kl.de/fww/forschung/fb-1-hwrm/aktuelles-bmbf-projekt>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- TH KÖLN (2022):** INCREASE. URL: https://www.th-koeln.de/anlagen-energie-und-maschinensysteme/increase_81545.php, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- THIEKEN, A., KIENZLER, S., KREIBICH, H., KUHLCHE, C., KUNZ, M., MÜHR, B., MÜLLER, M., OTTO, A., PETROW, T., PISI, S., SCHRÖTER, K. (2016):** Review 214ft he flood risk management system in Germany after the major flood in 2013. In: *Ecology and Society* 21 (2), S. 51.
- THIEKEN, A., PETROW, T., KREIBICH, H., MERZ, B. (2006):** Insurability and mitigation of flood losses in private households in Germany. In: *Risk analysis: an official publication* 214ft he Society for Risk Analysis 26 (2), S. 383–395.
- TINGSANCHALI, T. (2012):** Urban flood disaster management. In: *Procedia Engineering* 32, S. 25–37.
- TÜV RHEINLAND: DISMA – DISaster MAnagement.** URL: <https://www.tuv.com/germany/de/disma-disaster-management.html>, zuletzt geprüft am: 09.09.2021.
- TYLER, J., SADIQ, A.-A., NOONAN, D. (2019):** A review of the community flood risk management literature in the USA: lessons for improving community resilience to floods. In: *Natural Hazards* 96 (3), S. 1223–1248.
- TZAVELLA, K., FEKETE, A., FIEDRICH, F. (2017):** Opportunities provided by geographic information systems and volunteered geographic information for a timely emergency response during flood events in Cologne, Germany. In: *Natural Hazards*, S. 29–57.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2021):** Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland. Teilbericht 3: Risiken und Anpassung im Cluster Wasser, Dessau-Roßlau.
- UMWELTBUNDESAMT (UBA) (2022):** RIMAX – Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projekt-katalog/rimax-risikomanagement-extremer>, zuletzt geprüft am: 12.05.2022.
- VERBAND DER FEUERWEHREN IN NRW E.V. (VdF) (2021):** Katastrophenschutz in Nordrhein-Westfalen – Vorschläge für eine Weiterentwicklung, Wuppertal.
- VERBAND REGION RHEIN-NECKAR (VRN) (2010):** 7. Hochwasserschutzforum in der Metropolregion Rhein-Neckar. Praktischer Hochwasserschutz in Kommunen und Betrieben, Mannheim (Schriftenreihe des Verbandes Region Rhein-Neckar, 7).

- VEREINIGUNG ZUR FÖRDERUNG DES DEUTSCHEN BRANDSCHUTZES E.V. (VfDB) (2020):** Merkblatt 07/01 Geodateninfrastrukturen in Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben, Münster.
- VEREINIGUNG ZUR FÖRDERUNG DES DEUTSCHEN BRANDSCHUTZES E.V. (VfDB) (2021):** Expertenkommission Starkregen. URL: <https://www.vfdb.de/veroeffentlichungen/umfragen/expertenkommission-starkregen/?L=0%252527A%25253D0>, zuletzt geprüft am: 08.04.2022.
- WBW FORTBILDUNGSGESELLSCHAFT FÜR GEWÄSSERENTWICKLUNG MBH (WBW) (2006):** In 5 Schritten zum Hochwasseralarm- und Einsatzplan. Eine Orientierungshilfe für die Erstellung, Ergänzung und Aktualisierung von kommunalen Hochwasseralarm- und Einsatzplänen, Karlsruhe.
- WEINER, S., MÜLLER, U., SCHARFE, S., GORIS, A., HEILAND, P. (2021):** Die Rainman-Toolbox: Werkzeuge für das kommunale Starkregenrisikomanagement. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 2021, S. 287-296.
- WERNER, M., CRANSTON, M., HARRISON, T., WHITFIELD, D., SCHELLEKENS, J. (2009):** Recent developments in operational flood forecasting in England, Wales and Scotland. In: Meteorological Applications 16 (1), S. 13–22.
- WHG (2009):** Wasserhaushaltsgesetz (WHG).
- WISCHOTT, V. & LEUCHNER, M. (2021):** Starkregeneignisse und ihre Auswirkungen auf das Einsatzgeschehen der Feuerwehr – Das Fallbeispiel Wuppertal. In: Zeitschrift für angewandte Geographie 45 (4), S. 286–293.
- WRONA, T. (2006):** Fortschritts- und Gütekriterien im Rahmen qualitativer Sozialforschung. In: Zelewski, S. (Hrsg.): Fortschritt in den Wirtschaftswissenschaften: Wissenschaftstheoretische Grundlagen und exemplarische Anwendungen, Wiesbaden 2006, S. 189–216.
- YIN, R. (2013):** Case study research. Design and methods. 5. Aufl. SAGE, Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington, DC.

9. Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
&	und
<	kleiner
>	größer
≤	kleiner gleich
≥	größer gleich
§	Paragraf
°C	Grad Celsius
a	Jahr
Abb.	Abbildung
admin.-org.	administrativ-organisatorisch
AEP	Alarm- und Einsatzplan
AG	Arbeitsgemeinschaft
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz
BHQ	Bemessungswasserabfluss an technischen Bauwerken (z.B. Deichen)
BHW	Bemessungswasserstand an technischen Bauwerken (z.B. Deichen)
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BMI	Bundesministerium des Inneren
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
d	Tage
d.h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DV	Dienstvorschrift
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
EMS	Emergency Management Service
et al.	et alii
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EZG	Einzugsgebiet
f.	folgende
F	Forschungsfrage
ff.	fortfolgende
Fr.	Frau
FwDV	Feuerwehr-Dienstvorschrift
gem.	gemäß
Gew.	Gewässer
GG	Grundgesetz
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geoinformationssysteme
gr.	groß(e)
GVBl.	Gesetz- und Verordnungsblatt
h	Stunde(n)
HS	Hochschule
HQ	höchster Abfluss
Hr.	Herr
HW	Hochwasser
HWMD	Hochwassermeldedienst
HWMS	Hochwassermanagementsysteme

HWRM-RL	Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie
hydrolog.	hydrologisch
i.d.R.	in der Regel
i.S.d.	im Sinne des
IB	Ingenieurbüro
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IuK	Information und Kommunikation
Kap.	Kapitel
KatS	Katastrophenschutz
kl.	klein
km	Kilometer
km ²	Quadratkilometer
KRITIS	Kritische Infrastrukturen
l	Liter
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser
LdS	Leiter des Stabes
LHW	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
max.	maximal
min.	mindestens
mm	Millimeter
MUEEF	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten
MW	Mittelwasser
nat./natürl.	natürlich
NGO	Nicht-Regierungsorganisation
Nr.	Nummer
NRW	Nordrhein-Westfalen
NW	Niedrigwasser
o.Ä.	oder Ähnliches
o.g.	oben genannt
o.J.	ohne Jahr
o.O.	ohne Ort
OHWS	operativer Hochwasserschutz
op.-takt.	operativ-taktisch
org.	organisatorisch
Pos.	Position (in Experteninterviews)
pot.	potenziell
PuMA	Presse- und Medienarbeit
Q	Abfluss
qual.	qualitativ
rechtl.	rechtlich
RL	Richtlinie
RLP	Rheinland-Pfalz
s	Sekunde
S.	Seite
s.	siehe
s.u.	siehe unten
S1-6	Sachgebiet 1-6 (im Führungsstab)
SA	Sachsen
schriftl.	schriftlich
SD	Sekundär-/Archivdaten
SGD	Struktur- und Genehmigungsdirektion
sog.	sogenannte
ST	Sachsen-Anhalt

Sz.	Szenario
Tab.	Tabelle
techn.	technisch
TEL	Technische Einsatzleitung
THW	Technisches Hilfswerk
t _n	Wiederkehrzeit
u.a.	unter anderem
u.U.	unter Umständen
ü.NN	über Normalnull
unv.	unverständlich
USA	United States of America
ÜSG	Überschwemmungsgebiet
usw.	und so weiter
UTM	Urchin Tracking Module
UW	Unterwasser
v	Fließgeschwindigkeit
v.a.	vor allem
v.g.	vorgenannte
VfdB	Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.
vgl.	vergleiche
WaWi	Wasserwirtschaft
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
ww.	wasserwirtschaftlich
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
ZKI	Zentrum für satellitengestützte Kriseninformation
ZSKG	Gesetz über den Zivilschutz und die Katastrophenhilfe des Bundes
zw.	zwischen

10. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Alexandra Elisabeth Schüller
Geburtsname:	Steinebach
Geburtsjahr:	1988
Geburtsort:	Koblenz
Staatsangehörigkeit:	deutsch

Studium, Abschlüsse, Schulausbildung

2016-2018	Technisches Referendariat im Fachgebiet Wasserwesen, Abschluss: Technische Assessorin
2013-2016	Fernstudium „Wasser und Umwelt“, Leibniz-Universität Hannover, Fachrichtung Bauingenieurwesen, Abschluss: Master of Science
2010-2012	Studium „BioGeoWissenschaften“, Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz, Abschluss: Master of Science, Auszeichnung für besondere Studienleistungen
2007-2010	Studium „Ecological Impact Assessment“, Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz, Abschluss: Bachelor of Science
1998-2007	Schönstätter Marienschule in Vallendar, Abschluss: Abitur

Beruflicher Werdegang

2021-2022 (seit 03/2022 in Elternzeit)	Befristete Abordnung an eine Katastrophenschutzbehörde
2018 bis heute (seit 01/2020 in Elternzeit)	Baurätin bei der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Koblenz
2016-2018	Baureferendarin bei der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Koblenz
2012-2016	Technische Angestellte bei der Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, Koblenz
2009-2010	Studentische Hilfskraft bei GN Dr. Netta - Umwelt- und Bodengutachter, Koblenz

Lehraufträge

Seit 2015	Lehrbeauftragte an der Hochschule Koblenz im Bereich Bauingenieurwesen
2017-2019	Lehrbeauftragte an der Universität Koblenz-Landau, Campus Koblenz im Bereich „BioGeoWissenschaften“
Seit 2020	Lehrbeauftragte an der Technischen Universität Kaiserslautern im Bereich Bauingenieurwesen

11. Anhang I

11.1 Anhang zu Kapitel 2 (Theoretischer Hintergrund)

Bundesland	Szenarien			Pot. Überschwemmungsfläche*	Fließgeschwindigkeiten	Fließrichtung
	häufiges Hochwasser	mittleres Hochwasser (HQ100)	Extremes Hochwasser			
Baden-Württemberg	HQ10, HQ50	✓	HQ1000	✓	-	-
Bayern	HQ5, HQ10, HQ20	✓	HQ100 * 1,5	-	-	-
Berlin	HQ10	✓	HQ200	-	-	-
Brandenburg	HQ10, HQ20	✓	HQ200 ohne HWS	-	-	-
Bremen	HQ20, HQ25	✓	HQ4000 – HQ7000	✓	-	✓
Hamburg	HQ10, HQ20	✓	HQ200, HQ200 ohne HWS	-	-	-
Hessen	HQ10	✓	HQ200 zzgl. 50 cm Freibord	✓	-	-
Mecklenburg-Vorpommern	HQ10, HQ20	✓	HQ200 ohne HWS	-	-	-
Niedersachsen	HQ20, HQ25	✓	HQ100 * 1,3	✓	-	-
Nordrhein-Westfalen	HQ10, HQ20	✓	HQ1000	✓	✓	-
Rheinland-Pfalz	HQ10	✓	>> HQ100	✓	✓	-
Saarland	-	✓	>> HQ100	✓	-	-
Sachsen	HQ20, HQ25, HQ50	✓	HQ300 - 500	-	✓	-
Sachsen-Anhalt	HQ10, HQ20	✓	HQ200 ohne HWS	-	-	-
Schleswig-Holstein	HQ10, HQ20	✓	HQ200	✓	-	-
Thüringen	HQ20, HQ50	✓	HQ200, HQ200 ohne HWS	-	-	-

* bei Versagen von Hochwasserschutzanlagen

Anhang 1: Unterschiede bezüglich der Inhalte bzw. der Gestaltung der Hochwassergefahrenkarten je nach Bundesland (Stand: September 2014). HWS = Hochwasserschutz; HQ: Jährlichkeit des Hochwasserabflusses (DKKV 2015)

Handlungs- feld	Titel	Laufzeit	Beteiligte (u.a.)	Inhalt/Forschungsziel	Quelle
	KAHR („Klima- Anpassung, Hochwasser und Resilienz“)	11/2021- 10/2024	TU Kaisers- lautern für Teilprojekt 5	Wissenschaftliche Begleitung der Wiederaufbauprozesse nach der Flutkatastrophe 2021 in RLP und NRW mit Impulsen für Resilienz und Klimaanpassung. Beinhaltet Teilprojekt 5: Optimierung operativen Hochwasserschutzes mit dem Ziel der Ableitung von Handlungsempfehlungen für eine Verbesserung des operativen Hochwasserschutzes im effektiven Zusammenwirken von Wasserwirtschaft und Katastrophenschutz.	TU KAISERSLAUTERN (2021)
Über- geordnet	RIMAX – Risikomanagement extremer Hochwasserereignisse	01/2005- 09/2009	Helmholtz- Zentrum Potsdam (GFZ) in Koop. mit CEDIM	Entwicklung und Implementierung verbesserter Instrumente des HWRM durch Integration unterschiedlicher Fachdisziplinen und der verschiedenen Akteure. Im Fokus stehen extreme Hochwasserereignisse > HQ ¹⁰⁰ . Hierzu gehören u.a. die vorgestellten Forschungsprojekte SAR-HQ, UFM, Operationelles Hochwassermanagement in großräumigen Extremsituationen.	MARTINIS ET AL. (2009); UBA (2022); MERZ et al. (2011)
	Habilitation von MÜLLER (2010)	/	/	Habilitation zum Thema integriertes Hochwasserrisikomanagement. Interdisziplinäre Untersuchung zur Effektivierung des praktischen Handelns aller Akteure	MÜLLER (2010)
Szenarien	ProComE: Analyse kombinierter Extremereignisse – BMBF- Forschungsverbund ClimXtreme	03/2020 – 02/2023	HS Bochum	Untersuchung von kombinierten hydrologischen und meteorologischen Extremereignissen, wie Starkregen und Flusshochwasser bzgl. deren Analyse der Auftretenswahrscheinlichkeiten zur verbesserten Einschätzung gesellschaftlicher Risiken. Zugehörig zum Forschungsverbund ClimXtreme	SIMON & MUDERSBACH (2021); HS BOCHUM (2022)
Führung	PRIKATS – Prioritätenbildung bei Retungsmaßnahmen	/	Uni Witten/ Herdecke und Bielefeld	Sozialwissenschaftliche Untersuchung der Zusammenarbeit, Koordination und Steuerung verschiedener Organisationen von Bund, Ländern, Kommunen bei länderübergreifenden Großschadenslagen mit 34 Experteninterviews. Ableitung von Handlungsempfehlungen für den Katastrophenschutz.	POHLMANN (2015); LANGE & GUSY (2015)
	INNOVARU – Innovative Vulnerabilitäts- und Risikobewertung urbaner Räume gegenüber Überflutungs- ereignissen	02/2019- 04/2021	LtULG	Entwicklung von Methoden zur Verbesserung der Datenglage für Hochwasserschadensanalysen und -prognosen sowie von Ideen/Anforderungen für eine Softwarelösung zur Hochwasserschadenspotenzialanalyse	LFULG (2022b)
Daten	ProMalDes – Protection Measures against Inundation Decision support)	Seit 2007	RWTH Aachen, HS Stendel- Magdeburg	„ProMalDes [...] is a modular, free software for the risk-based assessment of flood protection measures for river, urban and coastal flooding. The software supports the entire modelling process from the model set-up to the results visualisation and interpretation.“	HS MAGDEBURG- STENDAL (2022)
	DISASTER (Data Interoperability at Stakeholders Emergency Reaction)	02/2012 - 01/2015	TH Köln	Entwicklung von „Lösungen zum Datenaustausch zwischen Organisationen und Behörden der Gefahrenabwehr in internationalen Einsatzlagen“	TH KÖLN (2022a)

Anhang 2a: Zusammenstellung ausgewählter Veröffentlichungen und Projekte aus Wissenschaft und Forschung, sortiert nach Handlungsfeldern des operativen Hochwasserschutzes– Teil A: Handlungsfelder übergeordnet, Szenarien, Führung und Daten

Handlungs- feld	Titel	Laufzeit	Beteiligte (u.a.)	Inhalt/Forschungsziel	Quelle
Techn. Instr.	Howa-innovativ – Hwfrühwarnung für kl. EZG mit innovativen Methoden der NS- Messung und -vorhersage	08/2018 – 10/2021)	LtUG, TU Dresden, Uni Augsburg	Ziel ist eine räumlich präzisere Vorhersage von Hochwasser durch Nutzung innovativer Niederschlagsmess- und Vorhersageverfahren, um zuverlässigere Warnungen für die Katastrophenschutzspezialisten in kleinen Einzugsgebieten zu ermöglichen.	LFULG (2022a)
	MOSES – Improvement of flood management system	07/2006- 04/2008	LtUG	„The main target of the MOSES project was to contribute to the development, implementation and management of a unified computerbased flood information system in the entire region of Slovakia, Hungary, Ukraine, Romania and Germany.“	LFULG (2022c)
	STRIMA – Sächsisch- Tschechisches Hochwasserrisikomanagement	I: 04/2013- 02/2015 II: 06/2017- 12/2020	LtUG	EU-Projekt zur Verbesserung des HWRM im Grenzraum Tschechien/Sachsen. Ziel war u.a. neben der Verbesserung der grenzüberschreitenden Zusammenarbeit v.a. auf kommunaler Ebene die Weiterentwicklung und Verbreitung des kommunalen Hochwasserrisikomanagementsystems INGE – Interaktive Gefahrenkarte für den kommunalen Hochwasserschutz.	LFULG (2022b); LFULG (2022f)
	KriKom-LK-MEI: Krisenkom- munikation im Landkreis Meißen	06/2021- 11/2022	HS Magde- burg-Stendal, LK Meißen	Sicherstellung der Kommunikation bei Naturkatastrophen v.a. bei Strom- oder Infrastrukturausfällen mit Hilfe eines integrierten Krisenkommunikationssystems	BMBF (2022b)
	Crisis Management Modelling for Improved Action and Preparedness (CRISMA)	03/2012- 08/2015	Fraunhofer IAO	Projekt mit 17 europäischen Partnern, soll einen Rahmen für Modellierungs- und Simulationsanwendungen, zur besseren Einschätzung von Kaskadeneffekten mögl. Maßnahmen in Krisenszenarien, erzeugen, um Maßnahmen zur Schadensreduzierung zu ermitteln. Die Akteure sollen so ihre Informationen miteinander verknüpfen, Szenarien erzeugen und auch visualisieren können.	DKKV (2013); EUROPEAN COMMISSION (2022)
	VSDS – Entwicklung eines Vorhersagesystems für Deichbrüche	06/2019- 12/2021	TU Dresden	Entwicklung eines Vorhersagesystems für Deich- bzw. Dammbüche mit Modellen	TU DRESDEN (2022)
	AIFER	02/2021 – 01/2023	DLR	Deutsch-österreichisches Verbundprojekt zur Systementwicklung einer automatisierten Lageerfassung und -auswertung anhand von Fernerkundungs- und Social-Media-Daten mithilfe von Künstlicher Intelligenz (KI)	LI ET AL. (2019a); LI ET AL. (2019b); DLR (2022)
	HAPLUS	10/2017- 12/2020	Gemeinde Gratschaf	Automatisierte Warnung und Alarmierung durch die Nutzung von technischen Warnsystemen zur Erkennung von Sturzfluten nach Starkregenfällen. Pilotprojekt in der Gemeinde Gratschaf	BMBF (2022c); KÜHN GEOCONSULTING GmbH (2021)
	HOFMANN (2022)	Bis 2022	RWTH Aachen	Dissertation „Intelligent and risk-based early warning system for pluvial floods. Developing a framework to forecast pluvial flooding in real time combining hydrodynamic modelling and deep learning“	HOFMANN (2022)
	GRETZSCHEL (2008)	Bis 2008	TU Kaiserslautern	Dissertation „Kommunale Hochwassermanagementsysteme als Baustein zur Umsetzung der Europäischen Hochwasserrichtlinie“. Untersuchung und Gegenüberstellung von Hochwassermanagementsystemen inkl. Entwicklung eines Anforderungskatalogs	GRETZSCHEL (2008)

Anhang 2b: Zusammenstellung ausgewählter Veröffentlichungen und Projekte aus Wissenschaft und Forschung, sortiert nach Handlungsfeldern des operativen Hochwasserschutzes- Teil B: Handlungsfeld Technische Instrumente

Handlungsfeld	Titel	Laufzeit	Beteiligte (u.a.)	Inhalt/Forschungsziel	Quelle
Struktur	BiWaWehr – Bildungsmodul zum Umgang mit außergewöhnlichen wasserbezogenen Naturgefahren für die Feuerwehr zur Klimawandelanpassung	01.01.2019 – 31.12.2020	TU Kaiserslautern	Digitales Bildungsmodul für die Feuerwehren zum Umgang mit seltenen Starkregen- und Hochwasserereignissen	SCHIED et al. (2021); JÜPNER & SCHIED (2022)
	RAINMAN – Integriertes Starkregensrisikomanagement	07/2017 - 06/2020	LfLUG Sachsen	Ziel ist die Entwicklung eines integriertes Starkregensrisikomanagements in städtischen und ländlichen Regionen mit Partner aus 6 Ländern, zur Vermeidung und zur Minimierung von durch Starkregen verursachten Schäden. Hierzu wurde eine Online-Plattform „RAINMAN-LFULG (2022d)“ Toolbox entwickelt, die u.a. auch Empfehlungen für die Einsatzplanung für Starkregen enthält.	SPIRA ET AL. (2021); WEINER ET AL. (2021); LFULG (2022d)
	INCREASE – Inklusives und integriertes Multi-Gefahren-Risikomanagement und Freiwilligenengagement zur Erhöhung sozialer Resilienz im Klimawandel	02/2021 – 01/2025	TH Köln	Projekt in Kooperation mit dem Iran zur Verbesserung der Risikoinformation und -kommunikation mit Hilfe einer Warn- und Informations-App oder einem Social Media Content sowie einer Multi-Risk-Toolbox als Beurteilungsmethode für Katastrophenrisiken und Resilienz.	TH KÖLN (2022)
	KoVITRek – Kollaboratives Virtual Reality Trainingssystem für Rettungskräfte und Katastrophenvorsorge	07/2021- 06/2023	TH Köln	Interdisziplinäre Entwicklung eines kollaboratives und immersives Virtual-Reality-(VR-) Trainingssystems für Rettungskräfte	TECHNISCHE HS KÖLN (2022b)
	EarlYDike – Sensor- und risikobasiertes Frühwarnsystem für Seedeiche	06/2015 - 05/2018	RWTH Aachen	Entwicklung eines sensor- und risikobasierten Frühwarnsystems für Seedeiche mit Deichmonitoringsystem. In neu entwickeltem Deich-GeoPortal sollen den Verantwortlichen, z.B. Feuerwehr und THW, Echtzeitdaten zum Bauwerkszustand zur rechtzeitigen Warnung direkt zur Verfügung gestellt werden.	BAW (2022)
	DANNER-SCHRÖDER & GEIGER (2016)	/	/	Unraveling the motor of patterning work; Toward an understanding of the microlevel-dynamics of standardization and flexibility. Artikel zur Dissertation von Danner-Schröder.	DANNER-SCHRÖDER & GEIGER (2016)
	Dissertation von ADAM (2006)	/	/	Dissertation „Hochwasser-Katastrophenmanagement – Wirkungsprüfung der Hochwasser-vorsorge und -bewältigung österreichischer Gemeinden“ im Bereich Wirtschaftswissenschaften.	ADAM (2006)
	HoWas2021 – Governance und Kommunikation im Krisenfall des HW-Ereignisses im Juli 2021	12/2021- 05/2023	RWTH Aachen	Wissenschaftliche Auswertung des Handelns der Akteure des Bevölkerungsschutzes und der Krisenkommunikation zw. Behörden und mit Betroffenen	BMBF (2022a)
	Umfrage der TH Köln zur Zufriedenheit der Einsatzkräfte	09/2021	TH Köln	Vorläufige Erst-Auswertung zur Umfrage zur Zufriedenheit der Einsatzkräfte, Helferinnen und Helfer beim Hochwasser 2021 mit 2264 Antworten im Zeitraum 1.-21. Sept. 2021	FEKETE (2021a); FEKETE (2021b)
	DAS – Anpassung der Ausbildung Deichverteidigung und HWS (...) an die Herausforderung des Klimawandels	01/2016 - 09/2018	HS Bremen	Entwicklung inkl. pilothafter Umsetzung von Ausbildungsmodulen zur Deichverteidigung und zum Hochwasserschutz (z.B. Anwendung Sandsackensystemen mit dem Fokus der Klimawandelanpassung am THW-Ausbildungsstandort Hoya	HS BREMEN (2022)

Anhang 2c: Zusammenstellung ausgewählter Veröffentlichungen und Projekte aus Wissenschaft und Forschung, sortiert nach Handlungsfeldern des operativen Hochwasserschutzes- Teil C: Handlungsfeld Struktur

11.2 Anhang zu Kapitel 3 (Methodik)

Informationsblatt zum Experteninterview



Durchführung von Experteninterviews als Datenerhebungsmethode im Rahmen der Dissertation „Möglichkeiten der effektiven Bewältigung von großen Hochwasserereignissen – ein Beitrag aus wasserwirtschaftlicher Perspektive“

von Frau Alexandra Schüller M.Sc. M.Sc. Techn. Ass.,
Tel.: 0160/xxxxxxx, alexandra.schueler@bauing.uni-kl.de

Vielen Dank für Ihre Bereitschaft, mich bei meiner Doktorarbeit zu unterstützen. Anbei übersende ich Ihnen einige Vorinformationen zum Hintergrund und Ablauf unseres Gesprächs.

Organisatorische Vorinformationen:

- Das Interview dauert ca. 45 Minuten und besteht aus drei Schwerpunkt-Themen.
- Es handelt sich um ein halbstrukturiertes Leitfadeninterview, bei dem nur einige Schwerpunktfragen vorab festgelegt werden.
- Die im Rahmen des Interviews gewonnenen Informationen dienen ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken und werden nicht an Dritte weitergegeben. Namen und Funktion werden lediglich im Anhang der Doktorarbeit benannt; die dazugehörigen Aussagen werden **anonymisiert** und **nicht namentlich zitiert**.
- Insofern Sie einer Aufzeichnung zustimmen, würde das Interview zur besseren Reproduzierbarkeit aufgezeichnet und anschließend nach der Protokollerstellung umgehend wieder gelöscht.

Inhaltliche Vorinformationen:

- Im Rahmen der Dissertation werden Möglichkeiten zur Systemoptimierung im operativen Hochwasserschutz für ausgewählte Szenarien untersucht.
- Der Fokus liegt hierbei auf der Überlagerung ungünstiger Ereignisse im Hochwasserfall, die eine hohe wasserwirtschaftliche Relevanz aufweisen. Hierzu gehört eine Kombination mit punktuellen Ereignissen, wie dem Versagen technischer Hochwasserschutzeinrichtungen (mobiler HWS und Deich) oder einem zusätzlichen Starkregenereignis zur eigentlichen Hochwasserwelle. Des Weiteren soll ein Ereignis betrachtet werden, dass die Bemessungshöhe des techn. Hochwasserschutzes überschreitet (> HQ200).
- Hierzu sollen im Rahmen von Experteninterviews ausgewählte Szenarien bezüglich ihrer unterschiedlichen Handhabung untersucht sowie Möglichkeiten zur Automatisierung, Digitalisierung und Priorisierung ermittelt werden.
- Ziel ist es, im Rahmen der Experteninterviews szenariendifferenzierte Entscheidungsvariablen und Systemoptimierungsmöglichkeiten für den operativen Hochwasserschutz zu ermitteln.

Mit freundlichen Grüßen

Alexandra Schüller M.Sc. M.Sc. Techn. Ass.

Anhang 3: Informationsblatt zum Experteninterview mit organisatorischen und inhaltlichen Vorinformationen

als Datenerhebungsmethode im Rahmen der Dissertation „Möglichkeiten der effektiven Bewältigung von großen Hochwasserereignissen – ein Beitrag aus wasserwirtschaftlicher Perspektive“ von Frau Alexandra Schüller M.Sc. M.Sc. Techn. Ass., Tel.: 0160/xxxxxxx, alexandra.schueler@bauing.uni-kl.de

Interviewpartner:

Institution:

Datum, Ort:

Vorab wichtige Information über den/die örtlich zuständige(n) Experten/Expertin:

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Betreuung mobiler HWS | <input type="checkbox"/> Starkregenereignis im Zuständigkeitsbereich |
| <input type="checkbox"/> Betreuung Deiche | <input type="checkbox"/> Sehr großes HW im Zuständigkeitsbereich |
| <input type="checkbox"/> Aktiv, im Dienst | <input type="checkbox"/> Ehemalige(r) Verantwortliche(r) |

Teil 1a- Einstieg

- Ist eine Aufzeichnung für interne Projektzwecke für Sie in Ordnung?
- Was umfasst Ihre Tätigkeit und welche **Berührungspunkte** haben Sie in Ihrer Position zum Operativen Hochwasserschutz?
- Waren Sie bereits bei Hochwasserereignissen **aktiv** tätig und wenn ja, was waren jeweils Ihre **Aufgaben**?

OPTIONAL: Teil 1b- Erfahrungsbericht große Hochwasser oder Starkregenereignisse

- Was haben Sie bzw. die Verantwortlichen in Ihrem Bundesland aus den Ereignissen **lernen können**?
- Wo bestand bzw. besteht Ihrer Meinung nach noch **Optimierungspotential**?

Teil 2- Hauptteil (Szenarienbetrachtung)

Ungünstige Ereignisüberlagerungen:

- o Szenario 1a: Sehr großes Hochwasser (> HQ200) an gr. Gew. I. Ordnung
- o Szenario 2a: Kleines Hochwasser, bei dem der mobile technische Hochwasserschutz punktuell versagt
- o Szenario 2b: Mittleres Hochwasser mit einem punktuellen Deichversagen
- o Szenario 3: Kleines Hochwasser + Starkregenereignis

Vorgehensweise: Ortsspezifischen Lagefilm für jeweiliges Szenario durchsprechen.

Teil 2a Allgemein

- Wie kann die **Struktur** darauf reagieren?

ALTERNATIV: Was sind die **entscheidungsrelevanten Daten** für eine effektive und schnelle Lagebeurteilung und –feststellung? Was haben Sie, was brauchen Sie?

- Welche Prozesse sollten Ihrer Meinung nach in diesem Fall vor anderen **priorisiert** werden?
- Was sind für die jeweiligen Szenarien wichtige **Entscheidungsvariablen**?
- Welche szenarienspezifischen **Auslöseschwellen** könnten Sie sich in Ihrem Bereich vorstellen und welche Prozesse könnten **automatisiert** werden?
- Welche **technischen Instrumente** könnten Sie bei der Vorbereitung und im Ereignisfall jeweils unterstützen?

Teil 3- Abschließende Fragen

- Welche **Zusatzoptionen** würden Sie sich **wünschen**, um ihr System noch weiter zu verbessern zu können – unabhängig vom Budget?
- Gibt es ergänzendes Archivmaterial, Lageberichte etc., die ich auswerten könnte?
- Könnten Sie mir ggf. noch weitere Ansprechpartner empfehlen?
- Wäre es möglich Sie ggf. noch einmal zu einem späteren Zeitpunkt zu kontaktieren, falls weitere Fragen aufkommen sollten?

A. Schüller

Datum

Nr.	Disziplin	Bundesland	Fluss- gebiet	Anzahl Interviewte	Datum	Art der Verschriftlichung	Dauer [h:mins]
1	W	RP	Rhein	1	14.04.2021	Transkript	1:28:37
2	W	RP	Rhein	1	19.04.2021	Transkript	1:23:25
3	K	RP	Rhein	1	19.04.2021	Transkript	1:28:57
4	W	RP	Rhein	1	19.04.2021	Transkript	0:49:02
5	W	RP	Rhein	1	20.04.2021	Transkript	1:09:50
6	W	ST	Elbe	2	22.04.2021	Transkript	1:39:58
7	W	RP	Rhein	1	22.04.2021	Transkript	1:27:31
8	W	ST	Elbe	1	26.04.2021	Transkript	1:21:14
9	W	ST	Elbe	1	26.04.2021	Transkript	1:07:52
10	W	ST	Elbe	1	26.04.2021	Transkript	1:21:19
11	K	RP	Rhein	1	26.04.2021	Transkript	1:29:37
12	K	Sonstiges	Sonstiges	1	27.04.2021	Transkript	2:47:07
13	W	ST	Elbe	1	29.04.2021	Transkript	1:02:16
14	W	ST	Elbe	1	29.04.2021	Transkript	0:58:08
15	W	SA	Elbe	1	29.04.2021	Transkript	1:59:02
16	W	RP	Rhein	1	03.05.2021	Transkript	1:14:40
17	W	Sonstiges	Sonstiges	1	03.05.2021	Transkript	0:59:42
18	W	RP	Rhein	1	03.05.2021	Transkript	0:46:59
19	K	ST	Elbe	1	03.05.2021	Transkript	1:01:44
20	K	RP	Elbe	1	04.05.2021	Transkript	1:31:00
21	W	Sonstiges	Sonstiges	1	05.05.2021	Transkript	0:42:49
22	K	SA	Elbe	1	10.05.2021	Transkript	1:35:39
23	K	NRW	Rhein	1	10.05.2021	Transkript	1:39:44
24	W	ST	Elbe	1	11.05.2021	Transkript	1:13:26
25	K	ST	Elbe	2	11.05.2021	Transkript	0:57:32
26	K	RP	Rhein	2	12.05.2021	Transkript	1:45:48
27	K	NRW	Sonstiges	1	20.05.2021	Transkript	1:22:05
28	K	SA	Elbe	1	24.05.2021	Gedächtnisprotokoll	2:00:00
29	K	RP	Rhein	1	26.05.2021	Transkript	1:48:57
30	W	NRW	Rhein	1	26.05.2021	Transkript	1:04:43
31	K	Sonstiges	Sonstiges	1	27.05.2021	Transkript	1:26:54
32	K	SA	Elbe	1	08.06.2021	Transkript	0:55:00
33	W	SA	Elbe	1	14.06.2021	Transkript	0:50:00
34	K	Sonstiges	Sonstiges	1	15.06.2021	Transkript	2:13:54
35	W	ST	Elbe	1	16.06.2021	Transkript	1:06:57
36	W	Sonstiges	Sonstiges	1	18.06.2021	Transkript	0:52:41
37	K	Sonstiges	Sonstiges	1	21.06.2021	Gedächtnisprotokoll	0:45:00
38	K	NRW	Rhein	1	21.06.2021	Transkript	1:03:11
39	W	Sonstiges	Sonstiges	1	22.06.2021	Schriftl. Beantw.	0:00:00
40	W	SA	Elbe	1	25.06.2021	Transkript	0:56:08
41	W	ST	Elbe	1	25.06.2021	Transkript	1:02:38
42	W	ST	Elbe	2	28.06.2021	Transkript	0:40:11
43	W	SA	Elbe	1	29.06.2021	Transkript	1:35:19
Dauer insgesamt							54:46:36

Legende: K: Katastrophenschutz, W: Wasserwirtschaft; RP: Rheinland-Pfalz, NRW: Nordrhein-Westfalen, SA: Sachsen, ST: Sachsen-Anhalt, m: männlich, w: weiblich, FG: Flussgebiet

Anhang 5: Anonymisierte Angaben zu den 43 Experteninterviews mit 47 Personen

TRANSKRIPTIONSREGELN

1. Der Fokus liegt auf der inhaltlichen Transkription.
2. Die Transkription erfolgt wortwörtlich, allerdings geglättet bezüglich Sprache und Interpunktion.
3. Inhaltlich relevante Einwürfe der jeweils anderen Person werden in Klammern gesetzt. Zustimmungende Lautäußerungen („mhm“, „aha“, „okay“), werden nicht mittranskribiert, außer wenn sie zum Verständnis des Inhalts beitragen.
4. Absätze bzw. Textpassagen der interviewenden Person werden mit „I“, die der befragten Person mit „B“ begonnen. Bei Teilnahme mehrerer Personen wird der Rolle noch eine Ziffer hintenangestellt (z.B. „B2“).
5. Jeder Sprechbeitrag erhält einen eigenen Absatz.
6. Störungen werden in Klammern notiert, wenn sie zu einem inhaltlichen Themenwechsel führen.
7. Unverständliche Wörter werden durch (unv.) kenntlich gemacht.
8. Räuspern, Emotionen, Gestiken, Mimik etc. werden nicht berücksichtigt.
9. Die Transkription beginnt i.d.R. nach Kurzvorstellung der interviewenden Person bzw. ab dem Beginn des inhaltlich relevanten Redeparts des Interviewpartners.
10. Zeitmarken werden falls möglich beigefügt.
11. Alle sensiblen Inhalte, die zu einem Rückschluss auf die befragte Person führen könnten, werden anonymisiert (s. Kapitel 3.2.2.4 Anonymisierung).

Anhang 6: Transkriptionsregeln für die vorliegende Dissertation (in Anlehnung an KUCKARTZ 2018)

Identifikator	Angabe	Beispiel	Abstraktion oder Aggregation
Personen- bezogene Daten	Name, Vorname	<i>Müller, Lisa</i>	[NAME] [VORNAME]
	Beruf, Position	<i>Flussbereichsleiter</i>	[BERUF]
Organisations- bezogene Daten	Name einer Institution/Firma	<i>Struktur- und Genehmigungsdirektion Nord, obere Wasserbehörde in Rheinland-Pfalz</i>	[INSTITUTION]
Ortsbezogene Daten	Bundesland	<i>Rheinland-Pfalz</i>	[BUNDESLAND]
	Fluss	<i>Elbe</i>	[FLUSS]
	Ort	<i>Dresden</i>	[ORT]
Management- systeme	Name des Management- systems	<i>FLIWAS</i>	[MANAGEMENT- SYSTEM]
Sensible Textstellen	Destruktive Kritik, vertraulich erwähnte Informationen, personell zuordenbare Informationen etc.	<i>„Hier sitzen nur Schwachköpfe“</i>	[SENSIBLE TEXTSTELLE]
Sekundär-/ Archivdaten (SD)	Name der Datei	<i>„Alarm- und Einsatzplan der Stadt xy“</i>	<i>Nr. des dazugehörigen Interviews + fortlaufende Nr.</i> z.B. SD Nr. 12.1

Anhang 7: Entschlüsselungstabelle für die qualitativen Daten dieser empirischen Studie (in Anlehnung an MEYERMANN & PORZELT 2014)

Anhang 8: Inhalt des Online-Fragebogens zum digitalen Lagebild

Einleitungstext:

Vielen Dank, dass Sie sich Zeit für den Fragebogen zur Auswertung des digitalen Lagebildes nehmen. Ihre Bewertung und Anmerkungen helfen uns, ein zukünftiges GIS-System für den Brand- und Katastrophenschutz in [BUNDESLAND] aufzubauen. Das Ausfüllen des Fragebogens dauert ca. 5-10 Minuten.

1. Was war Ihr Einsatzgebiet (Mehrfachnennung möglich)?

S1, S2, S3, S4, S5, S6, EL, EAL, Erkunder, Verwaltungsstab, THW, Polizei, Bundeswehr, DRK, Sonstiges

2. Wurde das digitale Lagebild von Ihnen per PC, Tablet oder Smartphone verwendet (Mehrfachnennungen möglich)?

PC, Tablet, Smartphone

3. Haben Sie selbst Informationen an das digitale Lagebild weitergegeben, die aufgenommen werden sollten?

Ja, nein

- 3.1 Wenn ja: Wie haben Sie Informationen mit dem digitalen Lagebild geteilt? (Mehrfachnennungen möglich)?

per Einzeichnungen in ausgedruckten Plänen, per Fließtext, per Tablet-Kartierung, Fotos, Adresse, Koordinaten, Übermittlung von GIS-Daten, telefonisch

4. Empfanden Sie das digitale Lagebild als hilfreich bzw. konnte das System Sie bei Ihrer Arbeit unterstützen?

Ja, nein

5. Welche Funktionen des Lagebildes haben Sie genutzt (Mehrfachnennung möglich)?

Adresssuche, Zoomen, Luftbilderkundung, Recherche von Fachinformationen, Teilen von Informationen, Sonstiges (für „Sonstiges“: freie Eingabe)

6. Mit welchen Informationen (Layern) aus dem Lagebild haben Sie insbesondere gearbeitet (freie Eingabe)?

7. Wofür haben Sie die Informationen des digitalen Lagebildes genutzt (freie Eingabe)?

8. Welche Funktionen hätten Sie sich in dem Lagebild noch gewünscht (freie Eingabe)?
9. Welche Informationen (Layer) hätten Sie sich noch gewünscht (freie Eingabe)?
10. Welche Informationen aus dem Stab würden Sie gerne mit der Öffentlichkeit teilen (freie Eingabe)?
11. Würden Sie sich auch bei zukünftigen Schadenslagen solch ein Informationssystem zur Unterstützung Ihrer Arbeit wünschen?

Ja, nein

12. Einverständniserklärung: Ich bin damit einverstanden, dass meine Antworten zusätzlich von Frau Alexandra Schüller, damalige Projektleiterin [SENSIBLE TEXTSTELLE], im Rahmen ihrer Doktorarbeit an der TU Kaiserslautern anonymisiert ausgewertet werden.

Ja, nein

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Hauptkategorien	Schilderung zentraler Merkmale Beinhaltet alle Aspekte zum Thema Struktur (z.B. Alarm- und Einsatzplanung, Warnung/Alarmierung, Strukturen der Gefahrenabwehr (z.B. Stäbe), Übung, Schulung, Erfahrungsaustausch, Vorsorge in Katastrophenschutz und Wasserwirtschaft, Einsatzmaßnahmen, Zuständigkeitsregelungen).	Illustrative Belege „...Also da hätte ich gesagt, das ist jetzt am [FLUSS] mehr oder weniger erprobt. Also es gibt ja dann nach Alarm- und Einsatzplan die Kommunen, die hier als Deichwachen vor Ort sind oder aufbauen, die Bauhöfe, und zum anderen dann, denke ich mal, sind wir auf jeden Fall schonmal mit der Rufbereitschaft, telefonischen Bereitschaft oder dann auch direkt vor Ort denn schon im Einsatz, für die Fälle, wie sowas passieren kann, sodass es maßgeblich ist, dass die Kommunen, die sowas feststellen oder die so ein Problem haben auch uns direkt kontaktieren. Und das denke ich aber auch, jetzt am [FLUSS] betreffend, schon durchgehend gut erprobt oder erprobt“ (Nr. 1, Pos. 74, WaWi).
Entscheidungsrelevante Daten	Beinhaltet alle Aspekte zum Thema Entscheidungsrelevante Daten (z.B. Daten zu KRITIS, Evakuierung, Personal/Ressourcen, wasserwirtschaftliche Daten, operativ-taktische Informationen, wasserwirtschaftliche Daten, Anzahl Notrufe, Gefahrenstellen, Daten zum technischen Hochwasserschutz, Starkregen- und Hochwassergefahren- und risikokarten, Deichbruchszzenarien).	Und diese Checklisten ist eigentlich das Schöne, die alle für einen Bereich in Einklang zu bringen, weil dann hat man ein schönes Lagebild, ab wann es mich eigentlich immer härter trifft. Und so kriege ich dann auch eigentlich mit, wann kommen meine systemrelevanten Einrichtungen oder die besonderen, wie wir eben gesagt haben, die besonders schützenswerten Einrichtungen dran. Und das muss ich für meinen Ort, für meine Regional auf dem Schirm haben, ja? Und das sind für mich die entscheidungsrelevanten Daten, die stetig fortgeschrieben werden müssen“ (Nr. 29, Pos. 45, KatS).
Entscheidungsvariablen	Beinhaltet alle Aspekte zum Thema Entscheidungsvariablen, also Entscheidungspunkten, zu treffenden Entscheidungen und deren möglichen Ausprägungen.	„Also ich kann mir nur eine Variable insofern vorstellen, dass man aufgrund, entweder weil man von vornherein das kennt im Einsatzplan das vorbereitet hat im Sinne von Variablen mal durchgespielt hat. Dass man wirklich noch die Entscheidung hat: Kann ich noch versuchen, das Ereignis in den Griff zu kriegen oder muss ich aufgrund des Ereignisses reagieren im Sinne von, der Raum wird volllaufen, ich muss jetzt schauen, dass ich Leib und Leben, vielleicht auch noch Wertgegenstände, schütze. Oder wenn dann gefährdete Anlagen sind, die noch im Sinne eines Objektschutzes noch in den Griff zu bekommen“ (Nr. 4, Pos. 41, WaWi).
Priorisierung	Beinhaltet alle Aspekte zum Thema Priorisierung (z.B. von Prozessen, wie Evakuierung/Rettung, Schutz/Verteidigung, Alarmierung/Warnung, operationelle Steuerung, Lagebilderstellung oder von parallellaufenden Ereignissen, z.B. Starkregen vor Hochwasser).	„Bei den Schutzgütern haben wir uns da so ein bisschen an der Auflistung und der Abwägung in der Hochwasserrisikomanagementrichtlinie orientiert, wo da es um Menschen, Tiere, Sachgüter und wirtschaftliche Folgeschäden und Umwelt und so weiter geht. Noch Kulturgutschutz. Da gibt es ja so eine Auflistung und die haben wir dann halt in der Priorität halt mal betrachtet. Als erstes Menschenleben, dann tierisches Leben, dann Umwelt, dann Sachwerte und ich glaube zum Schluss wirtschaftliche und Kulturgutschäden“ (Nr. 23, Pos. 33, KatS).
Automatisierung/Auslöseschwellen	Beinhaltet Aspekte zum Thema Automatisierung wie Prozessautomatismen und automatische Steuerungen (z.B. Kontrollgänge, Alarmierungs- und Warnmeldungen, autom. Dateninformationen, Auslösen von Standardmaßnahmen) sowie Aspekte zum Thema Auslöseschwellen (hydrologische und meteorologische Werte, Alarmstufen/Warmstufen, Schadensmeldungen, Zustandsveränderung)	Automatisierung: „Ich bin grundsätzlich ja ein großer Freund von Automatisierung und auch von ja, von einer gewissen auch Digitalisierung von Prozessen, da wo es geht. Ich bin momentan noch ein bisschen skeptisch, inwieweit die Einschätzung einer Hochwasserlage automatisiert ablaufen kann. Da ist sicherlich so eine Automatisierung ganz hilfreich, wenn es jetzt darum geht, bestimmte Alarmwerte zum Beispiel zum Aufbau von Deichscharren und so weiter zu aktivieren, dass man da einfach auch solche Prozesse nicht vernachlässigt. Aber wenn ich jetzt an eine Automatisierung im Bereich eines Extremhochwassers denke, und das wäre ja

Hauptkategorien	Schilderung zentraler Merkmale technischer Hochwasserschutz, Beobachtungen vor Ort).	Illustrative Belege das Szenario, was wir hier haben, glaube ich schon, dass es besser ist, dass dort doch noch der Mensch, möglichst Fachleute, die auch die Meteorologie abschätzen können und da ein Gefühi für haben, dass die da einbezogen werden. Dass man dann automatisierte Prozesse hat, sehe ich jetzt zum Beispiel eher in Alarmketten. Das wäre ganz hilfreich“ (Nr. 7, Pos. 25, WaWi).
Technische Instrumente	Beinhaltet alle Aspekte zum Thema Technische Instrumente (z.B. Hochwassermanagement- und -informationssysteme, Fernerkundung, Warnapps, (Echtzeit-) Lagebild und sonstige wasserwirtschaftliche Instrumente, wie Deichkataster, Mess-Vorhersageinstrumente, Modelle zur Flutungssimulation).	Auslöseschwellen: „Die Auslöseschwellen beim kleinen Hochwasser sind die Hochwassermeldeordnung und die Pegelstände. Bei Starkregenergebnissen kenne ich keine Auslöseschwellen“ (Nr. 13, Pos. 50, WaWi). „Technische Instrumente sind unterstützende Modellierungen der Gewässer. Sie müssen nicht drei Wochen warten auf Ergebnisse, um bestimmte Szenarien zu rechnen und Überflutungsszenarien auszuspucken, sondern haben relativ schnell Ergebnisse. Diesen Prozess der Entscheidungsfindung unterstützen diese Instrumente. Wenn ich jetzt einen Punkt auf einer Karte habe, wo ich sehe, dass ein Deich brechen könnte und sehe, dass das die Wirkung ist, dass ich dann entsprechend ein Profil anlege, der [INSTITUTION] hat das auch. Das sind für mich die technischen Instrumente, die wir für die Zukunft brauchen“ (Nr. 13, Pos. 45, WaWi).
„Wünsch dir was“ / Weiterentwicklungspotenzial	Beinhaltet alle Aspekte, die zum Thema „Was würden Sie sich wünschen“ benannt wurden (z.B. strukturelle Aspekte, zu technischen Instrumenten, stärkere interdisziplinäre Zusammenarbeit, bessere finanzielle, materielle oder personelle Ausstattung). (Anmerkung: Die dazugehörige Ergebnisauswertung wurde später aufgrund der geringen inhaltlichen Relevanz für die Forschungsfragestellung wieder aus dem Ergebnisteil gelöscht.)	„Ja, ich würde mir ja gern wünschen, dass ich wie so eine Art Zweckverband habe, so vergleichbar wie in der [FLUSS], so dass ich sozusagen dann eine allumfängliche Zuständigkeit hätte in dem Bereich. (...) Isoliert mit den, dass ich jetzt sozusagen die Deiche baue und überwache, sondern einfach nur auf die Gewässersysteme, die von hinten kommen, dann auch noch habe, die mit dabei sind, und so ein gesamtgesellschaftliches System zu bewirtschaften habe, also mit dem Binnengewässern, mit den Schöpf... mit den Deichen in den Niederungen und das in einem großen Verband. So kennt man es im Prinzip auch in [BUNDESLAND]. Da gibt es große Unterhaltungs- und Verbände. Das würde ich als optimales System halten, weil ich dann verschiedene Lagen miteinander verbinden kann und auch die Personalecke anders einteilen kann. Ich kann sowohl in verschiedenen Phasen meine Teile pflegen, kann aber auch das Gewässer unterhalten, habe auch deckungsgleich, was die Materialien und die technische Ausstattung geht. Das würde ich mir jetzt so ein bisschen wünschen“ (Nr. 5, Pos. 112, WaWi).
Zitierfähige Stellen	Alle Zitate mit einem entscheidenden Aussagegehalt.	„Das wird eine spannende Frage sein. Inwieweit hier die Struktur darauf schon ausgerichtet ist, stelle ich mal so in Frage. Weil man hat diese Kombinatorik sicherlich noch nie so richtig durchdacht, muss ich jetzt fairerweise sagen“ (Nr. 5, Pos. 84, WaWi).
Sonstiges	Beinhaltet alle Aspekte, die über die o.g. Hauptkategorien hinaus zur Auswertung der Studie als relevant erachtet werden.	/
Szenarien	Beinhaltet alle in Anhang 13 benannten Szenarien.	/

Anhang 9: Codierschema für die Hauptkategorien inklusive Merkmale und Beispielzitate

Struktur		532
<ul style="list-style-type: none"> ☐ 2a. Struktur ☐ Maßnahmen/Prozesse während Ereignis ☐ Ordnung Raum/Kräfte/Personal/Ressourcen/Zeit ☐ Gefahrenabwehrstrukturen/Stäbe aktivieren ☐ Schutz/Verteidigung/Abwehrsicherung ☐ Evakuierung/Rettung ☐ Lagefeststellung/-beurteilung ☐ Operationelle Maßnahmen an Anlagen/im Kanal ☐ Kontrollen ☐ Alarmierung/Warnung ☐ Dokumentation ☐ Rahmen-/Alarm- und Einsatzplan inkl. Evakuierungsplanung ☐ Fokus auf Vorsorge ☐ Schulung/Austausch/Übung/Sensibilisierung ☐ techn./baul.HWS/Riegedeich/Objektschutz/mobil/Rückhaltung ... ☐ Hochwasserpartnerschaften ☐ HW/SR-Vorsorge- und schutzkonzepte ☐ Strategische Vorbereitung (außer AEP) ☐ Nachsorge/-betrachtung/Nachbereitung ☐ Probleme mit/für Struktur ☐ Regelung der Zustandigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ 50 ☐ 46 ☐ 45 ☐ 28 ☐ 34 ☐ 19 ☐ 20 ☐ 8 ☐ 5 ☐ 69 ☐ 0 ☐ 92 ☐ 35 ☐ 17 ☐ 13 ☐ 114 ☐ 16 ☐ 118 ☐ 144 	

Entscheidungsvariablen		181
<ul style="list-style-type: none"> ☐ 2a. Entscheidungsvariablen ☐ Einschätzung Lage/Gefährd./Betroffenheit ☐ Zeitfaktor /Zeitpunkt ☐ in Vorsorge möglich? ☐ Gefahrenabwehr ☐ Schwerpunkte setzen? ☐ Maßnahmenwahl ☐ Planung/Aufwand Personal/Ressourcen/Raum ☐ Schutz/Sicherung ☐ Evakuierung/Rettung ☐ Wasserwirtschaftlich ☐ Vorhersage/Messung/Prognose/Verlauf/Abflussgeschehen ☐ Technisches Versagen/Techn. HWS ☐ Operationell 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ 59 ☐ 53 ☐ 22 ☐ 0 ☐ 7 ☐ 7 ☐ 37 ☐ 32 ☐ 26 ☐ 0 ☐ 32 ☐ 29 ☐ 10 	

Entscheidungsrelevante Daten		457
<ul style="list-style-type: none"> ☐ 2a. entscheidungsrelevante Daten ☐ KRITIS ☐ Evakuierung/Personenzahl/-struktur/Betroffenheit ☐ Aktuelles Lagebild/Infos/Schadenskartierung ☐ Geobasisdaten ☐ Fernerkundung ☐ Struktur/Zustandigkeiten/operativ-taktische Infos (+) ☐ Personal/Ressourcen/Material ☐ Gefahrenstellen/gefährd. Bereiche/Gef.analyse/Gef.potential ☐ Rüstzeit/Zeit ☐ Anzahl Notrufe ☐ WAWI Daten ☐ wawi Besonderheiten ☐ Hochwassermarken ☐ Trinkwasser ☐ Gewässerdaten(EZ/Stromung/Wassertiefe)/Gew.netz) ☐ Bodenwerte (z.B. Bodenfeuchte) ☐ Wasser-Land-Grenzen ☐ Abwasser-Daten (Pläne Abwasser, Kanalnetz) ☐ Brücken(standorte, -namen) ☐ Verkläuerungen ☐ Flusshochwasser / Pegel/Vorhersage/Prognose/jährlichkeit ☐ Hauptfließrichtung ☐ Lagebericht, Meldedienst ☐ Jährlichkeiten ☐ Wassertiefen ☐ Fließgeschwindigkeit ☐ Überschwemmungsfäche (Ausbreitung) ☐ Wasserstand/Abfluss/Vorhersage/Ganglinien ☐ Anstiegschwindigkeit ☐ Pegel (-standort/-name/-daten/-meldemarken) ☐ Invel.- Regen/Wetterwarnung/Sturzflud/Starkregen ☐ Techn. Hochwasserschutz-Zustand/Anlageninfos ☐ operationell (z.B. HWRHB) ☐ Hochwassergefahren-/risiko-/Überschwemmungskarten ☐ Starkingefährdungskarten ☐ Deichbruchszennarien/wawi Modellierung ☐ Sonstiges 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ 45 ☐ 43 ☐ 39 ☐ 30 ☐ 27 ☐ 22 ☐ 15 ☐ 8 ☐ 0 ☐ 0 ☐ 5 ☐ 3 ☐ 12 ☐ 5 ☐ 2 ☐ 4 ☐ 2 ☐ 9 ☐ 0 ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 2 ☐ 4 ☐ 6 ☐ 51 ☐ 14 ☐ 5 ☐ 85 ☐ 69 ☐ 28 ☐ 75 ☐ 23 ☐ 43 ☐ 49 	

Anhang 10: Codierschema für die Hauptkategorien Struktur, Entscheidungsvariablen und Entscheidungsrelevante Daten

Priorisierung		154
<input checked="" type="checkbox"/> 2a. Priorisierung	<input checked="" type="checkbox"/> was priorisieren?	X
<input type="checkbox"/> Evakuierung/Retung		0
<input type="checkbox"/> Vorsorge/Vorbereitung		76
<input type="checkbox"/> Schutz/Verteidigung		47
<input type="checkbox"/> Lagebilderstellung		46
<input type="checkbox"/> Alarmierung/Warnung		35
<input type="checkbox"/> Priorisierung von KRITIS		24
<input type="checkbox"/> Kommunikation		22
<input type="checkbox"/> Struktur-Maßnahmen		21
<input type="checkbox"/> operationelle Steuerung		19
<input type="checkbox"/> Schulung/Übung/Austausch/Sensibilisierung		15
<input type="checkbox"/> 2b. Wie?		0
<input type="checkbox"/> anhand der Schwere/Lage/Anlassbezogen entscheiden		29
<input type="checkbox"/> Identifikation Entscheidungsträger		23
<input type="checkbox"/> Kräfte/Mittel gezielt einsetzen/fokussieren/Ressourcenverteilung		19
<input type="checkbox"/> parallel agieren		7
<input type="checkbox"/> Priorisierung mit techn. Instr.		6

Automatisierung/Auslöseschwellen		253
<input checked="" type="checkbox"/> 2a. Automatisierung/Auslöseschwellen		0
<input type="checkbox"/> bereits automatisierte oder automatisierbare Abläufe		70
<input checked="" type="checkbox"/> Maßnahmen auslösen, die vorher festgelegt	X	0
<input type="checkbox"/> Alarmierung/Warmmeldungen/Meldewege		49
<input type="checkbox"/> operationelle Maßnahmen/Anlageninfos		40
<input type="checkbox"/> Schwelle -> Stellen gehen in Betrieb		18
<input type="checkbox"/> automatische Dateninformation		18
<input type="checkbox"/> Kontrollen		12
<input type="checkbox"/> Instrumente zur Automatisierung		81
<input type="checkbox"/> Meinungen		0
<input type="checkbox"/> möglich		7
<input type="checkbox"/> Mensch muss als letzte Instanz entscheiden		25
<input type="checkbox"/> Kaum möglich/realisierbar/macht keinen Sinn		36
<input checked="" type="checkbox"/> 2b. Auslöseschwellen		0
<input type="checkbox"/> hydrologische Werte		114
<input type="checkbox"/> Alarmstufe/Warnstufen		56
<input type="checkbox"/> meteorologische Werte und Warmmeldungen		43
<input type="checkbox"/> Technisches Versagen/Zustand		31
<input type="checkbox"/> Gefahren/Schadensmeldung/Einschätzung/je nach Situation		14
<input type="checkbox"/> Beobachtung vor Ort /Monitoring/Detektion		11
<input type="checkbox"/> Sonstiges		30

Technische Instrumente		315
<input checked="" type="checkbox"/> 2a. technische Instrumente zur Unterstützung		125
<input type="checkbox"/> Management-/Informationssysteme		98
<input type="checkbox"/> Benennung technischer Instrumente		45
<input type="checkbox"/> Probleme bei technischer Instrumenten		51
<input type="checkbox"/> (Echtzeit-)Lagebild (+)/Lagekarte		70
<input type="checkbox"/> Fernerkundung		18
<input type="checkbox"/> WarnApps NINA KatWARN MOWAS		17
<input type="checkbox"/> einheitliches+gutes Datenmanagement		11
<input type="checkbox"/> Schulung/Übung in Anwendung		8
<input type="checkbox"/> technische Infrastruktur		0
<input type="checkbox"/> wawi Instrumente		40
<input type="checkbox"/> Mess- /vorhersagenstr./Frühwarn/operat. Einrichtungen		8
<input type="checkbox"/> Deichkater/Dig. Deichbuch		21
<input type="checkbox"/> Beratungstool RLP		32
<input type="checkbox"/> wawi Modelle zur Flutungssimulation		0

„Wünsch dir was“/Weiterentwicklungspotenzial		39
<input checked="" type="checkbox"/> 3. Wünsch dir was		25
<input type="checkbox"/> WdW Nutzung techn. Instrumente	X	16
<input type="checkbox"/> WdW Schulung/Ausbildung/Erfahrungsaustausch/Übung		16
<input type="checkbox"/> WdW bessere Ausstattung/mehr Budget/mehr Personal		13
<input type="checkbox"/> WdW mehr Vorbereitung/Vorsorge (z.B. szenarienspezifisch)		11
<input type="checkbox"/> WdW ents. rei. Daten nutzbar machen		11
<input type="checkbox"/> WdW Verbesserung Schnittstelle KATS und Wawi		6
<input type="checkbox"/> WdW Selbsthilfe/Bewusstseinsbildung Bevölkerung		4

Sonstiges & Zitierfähige Stellen		7
<input type="checkbox"/> Sonstiges		591
<input type="checkbox"/> Zitierfähige Stellen		0

Szenarien		0
<input checked="" type="checkbox"/> Szenarien		0
<input type="checkbox"/> Szenario Routine		5
<input type="checkbox"/> Szenario 1a. Extremhochwasser		143
<input type="checkbox"/> Szenario 1b. HQ200 Mittelfelbige		3
<input type="checkbox"/> Szenario 2. Versagen techn. HWS		226
<input type="checkbox"/> 2a. mobiler HWS		96
<input type="checkbox"/> 2b. Deich		212
<input type="checkbox"/> Szenario 3. Hochwasser+Starkregen		116

Anhang 11: Coderschema für die Hauptkategorien Priorisierung, Automatisierung/Auslöseschwellen, Technische Instrumente, „Wünsch dir was“ / Weiterentwicklungspotenzial, Sonstiges, Zitierfähige Stellen und Szenarien

Inhaltliche Fragen des Leitfadeninterviews	Kategorie
Was umfasst Ihre Tätigkeit und welche Berührungspunkte haben Sie in Ihrer Position zum operativen Hochwasserschutz?	-
Waren Sie bereits bei Hochwasserereignissen aktiv tätig und, wenn ja, was waren jeweils Ihre Aufgaben ?	(ggf. x ₁)
<i>OPTIONAL: Was haben Sie bzw. die Verantwortlichen in Ihrem Bundesland aus den Ereignissen lernen können?</i>	x ₁
<i>OPTIONAL: Wo bestand bzw. besteht Ihrer Meinung nach noch Optimierungspotenzial?</i>	x ₁
Wie kann die Struktur darauf reagieren?	Struktur
ALTERNATIV: Was sind die entscheidungsrelevanten Daten für eine effektive und schnelle Lagebeurteilung und -feststellung? Was haben Sie, was brauchen Sie?	Entscheidungsrelevante Daten
Welche Prozesse sollten Ihrer Meinung nach in diesem Fall vor anderen priorisiert werden?	Priorisierung
Was sind für die jeweiligen Szenarien wichtige Entscheidungsvariablen ?	Entscheidungsvariablen
Welche szenarienspezifischen Auslöseschwellen könnten Sie sich in Ihrem Bereich vorstellen und welche Prozesse könnten automatisiert werden?	Auslöseschwellen/ Automatisierung
Welche technischen Instrumente könnten Sie bei der Vorbereitung und im Ereignisfall jeweils unterstützen?	Techn. Instrumente
Welche Zusatzoptionen würden Sie sich wünschen , um ihr System noch weiter zu verbessern zu können – unabhängig vom Budget?	„Wünsch dir was“

x₁ auswählen aus Struktur, Priorisierung, Entscheidungsrelevante Daten, Auslöseschwellen/Automatisierung, Technische Instrumente

Anhang 12: Zuordnung der Fragen des Interviewleitfadens zu Kategorien

Feincodierung der Hauptkategorie „Szenarien“	Schilderung zentraler Merkmale
Szenario Routine	Kleines Hochwasser (< HQ ₅) an einem großen Gewässer I. Ordnung mit großem Einzugsgebiet, bei dem nur Routineaufgaben anfallen
Szenario 1a	Sehr großes Hochwasser (> HQ ₂₀₀) an großem Gewässer I. Ordnung mit großem Einzugsgebiet
Szenario 1b	Sehr großes Hochwasser (> HQ ₂₀₀) an Gewässer I. oder II. Ordnung im Mittelgebirge mit kleinem Einzugsgebiet
Szenario 2a	Kleines Hochwasser, bei dem der mobile technische Hochwasserschutz punktuell versagt
Szenario 2b	Mittleres Hochwasser mit einem punktuellen Deichversagen
Szenario 3	Kleines Hochwasser und ein gleichzeitiges Starkregenereignis

Anhang 13: Entwicklung eines szenarienspezifischen Kategoriensystems

Qualitative Fragen Online-Fragebogen Digitales Lagebild

Genutzte Informationen (Frage 6)

<input type="checkbox"/> 6. Genutzte Informationen	<input type="checkbox"/> 77
<input type="checkbox"/> Aktuelle Luftbilder	<input type="checkbox"/> 29
<input type="checkbox"/> Schäden/ist-Zustand	<input type="checkbox"/> 23
<input type="checkbox"/> Befahrbarkeit	<input type="checkbox"/> 22
<input type="checkbox"/> Zustand technische Infrastruktur (u.a. Brücken)	<input type="checkbox"/> 21
<input type="checkbox"/> Einrichtungen für Bevölkerung	<input type="checkbox"/> 21
<input type="checkbox"/> operativ-taktische Informationen	<input type="checkbox"/> 14
<input type="checkbox"/> Personal/Ressourcen/Material	<input type="checkbox"/> 11
<input type="checkbox"/> Geobasisdaten	<input type="checkbox"/> 10

Gewünschte Informationen (Frage 9)

<input type="checkbox"/> 9. gewünschte Informationen	<input type="checkbox"/> 51
<input type="checkbox"/> Detailliertere Einsatz-Informationen	<input type="checkbox"/> 10
<input type="checkbox"/> Aktuelle Daten/Echtzeiteinformationen	<input type="checkbox"/> 13
<input type="checkbox"/> Fachdaten	<input type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> mehr operativ-taktische Informationen	<input type="checkbox"/> 8
<input type="checkbox"/> Sonstiges	<input type="checkbox"/> 2

Wofür Informationen genutzt (Frage 7)

<input type="checkbox"/> 7. Wofür Informationen genutzt	<input type="checkbox"/> 86
<input type="checkbox"/> Lagefeststellung/-beurteilung	<input type="checkbox"/> 59
<input type="checkbox"/> Information für eigene Person oder andere	<input type="checkbox"/> 34
<input type="checkbox"/> Einsatzplanung	<input type="checkbox"/> 31
<input type="checkbox"/> Entscheidungsunterstützung	<input type="checkbox"/> 9

Welche Informationen mit der Öffentlichkeit teilen (Frage 10)

<input type="checkbox"/> 10. Welche Informationen mit Öffentlichkeit teilen	<input type="checkbox"/> 52
<input type="checkbox"/> Allgemeine Meinung	<input type="checkbox"/> 0
<input type="checkbox"/> aktuelle+ valide Informationen teilen	<input checked="" type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> besser keine	<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> Einsatzinformationen (für Transparenz)	<input type="checkbox"/> 10
<input type="checkbox"/> Anlaufstellen/Einrichtungen für Bevölkerung	<input type="checkbox"/> 15
<input type="checkbox"/> Befahrbarkeit und Zustand techn. Infrastruktur	<input type="checkbox"/> 12
<input type="checkbox"/> Informationen für freiwillige Helfer	<input type="checkbox"/> 4
<input type="checkbox"/> Allgemeine textl. Informationen für die Öffentlichkeit	<input type="checkbox"/> 4
<input type="checkbox"/> Geobasisinformationen	<input type="checkbox"/> 2

Gewünschte Funktionen (Frage 8)

<input type="checkbox"/> 8. gewünschte Funktionen	<input type="checkbox"/> 55
<input type="checkbox"/> Anwennderfreundlichere Gestaltung und Funktionen	<input type="checkbox"/> 13
<input type="checkbox"/> eigene Daten-/Fotoeingabe/aktualisierung/kommentierung	<input checked="" type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> Funktionen zur Kommunikation	<input type="checkbox"/> 7
<input type="checkbox"/> Übersicht über Einsatz (Krafte/Mitte/Einsatzfortschritt)	<input type="checkbox"/> 7
<input type="checkbox"/> Echtzeitdaten /Aktuelle Daten	<input type="checkbox"/> 7
<input type="checkbox"/> Fernerkundung verstärkt einbinden	<input type="checkbox"/> 6
<input type="checkbox"/> Dokumentation /Layerhistorie (für Rückblick)	<input type="checkbox"/> 4
<input type="checkbox"/> Funktionen zur Lagebewertung	<input type="checkbox"/> 4
<input type="checkbox"/> sonstige Funktionswünsche	<input type="checkbox"/> 5

Zitierfähige Stellen

<input type="checkbox"/> zitierfähige Stellen	<input type="checkbox"/> 23
---	-----------------------------

Anhang 14: Codierschema für die qualitativen Fragen 6-10 des Online-Fragebogens zum digitalen Lagebild

Phasen der empirischen Erhebung					
Gütekriterien	Kernaussage	Design	Auswahlstrategie (Sampling)	Datensammlung	Datenanalyse
Reliabilität	Zuverlässigkeit, Grad der Genauigkeit einer Messung, Nachvollziehbarkeit	- Dokumentation des gesamten Datenerhebungsprozesses (Anfertigung von begleitenden Gesprächsnotizen und -protokollen). - Verrierung und mehrmalige Anpassung des Forschungsdesigns nach Rücksprache mit erfahrenen Fachpersonen	- Offenlegung der Entscheidungskriterien für Fallauswahl nach PATTON (1990)	- Nutzung und Anlage einer Datenbank - Erstellung einer CD-ROM mit allen relevanten Daten der empirischen Studie (nur für Prüfungskommission)	- Feedback von Fachexpert/innen - Ergebnisse sukzessive mit Fachpersonen diskutiert - Abgleich von Mustern innerhalb und zwischen Fällen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede festzustellen - Trennung zwischen Ergebnissen der Datenerhebung (Kapitel 4) und der Diskussion der Daten (Kapitel 5) - Mehrere Codierdurchläufe mit dem gleichen Kategoriensystem - Explizit erstellter Leitfaden für die Kategorienanwendung
Konstruktvalidität	Überprüfung der Ergebnisse anhand bewährter Theorien auf Plausibilität	/	/	- Nutzung mehrerer Datenquellen sowie von qualitativen und quantitativ-quantitativen Daten	- Zwischenergebnisse in Fachartikeln veröffentlicht (zum theoretisch-konzeptionellen Teil) - Austausch in Facharbeitsgruppe - Ausgedehnter Aufenthalt im Feld nach Abschluss der Experteninterviews
Externe Validität	Gültigkeit nach außen, Verallgemeinerung	- Theoriegeleitete Beschreibung der Untersuchungskriterien	- Fallauswahl von relevanten Fachexperten - Transparente Beschreibung der ausgesuchten Fälle und deren Zusammenhänge - Beschreibung der eingesetzten Methoden	- Theoretisch-konzeptionelles Sampling zu Beginn der Studie	- Während und nach der Datenanalyse Ergebnisse mit Literatur abgeglichen und verglichen - Nutzung mehrerer Datenauswertungsmethoden
Interne Validität	Gültigkeit von Variablen der Messung im Modell	- Begründung der Auswahl des Forschungsdesigns / die Wahl der Methode, Auswahl erfolgt zugeschnitten auf Forschungsfragestellung	/	- Triangulation (Experteninterviews, teilnehmende Beobachtung, Auswertung der Literatur sowie der gesammelten Sekundärdaten / Archivdaten) - Abgleich von themenspezifischen Mustern zum Erkennen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden - Computergestützte Analyse mit MAXQDA	/

Phasen der empirischen Erhebung				
Gütekriterien	Kernaussage	Design	Auswahlstrategie (Sampling)	
		Datensammlung	Datenanalyse	
Interne Validität (Fortsetzung)	Gültigkeit von Variablen der Messung im Modell	s.o.	<ul style="list-style-type: none"> - Ergebnisse dem Feld zurückgespiegelt in mehreren Austauschrunden - Begleitende Dokumentation während und im Anschluss an die Interviews sowie die teilnehmende Beobachtung - Transkription der Interviews unter Anwendung von vorab festgelegten - Transkriptionsregeln - Zitate als Illustration für die Bedeutung der Hauptkategorien (Ankerbeispiele) - Aussagen mit Originalzitate belegt und auch auf Gegenbeispiele und Widersprüche hingewiesen - Schlussfolgerungen in Daten begründet - Offenlegung des Kategoriensystems 	/
Objektivität	Forscher-unabhängigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Offenlegung des Untersuchungsablaufs - Offenlegung der eigenen Vorannahmen und möglicher eigener Interessenkonflikte - Nutzung standardisierter Methoden (u.a. qualitative Inhaltsanalyse, induktiv-deдукtive Herangehensweise, halbstrukturierte Experteninterviews) - Orientierung bei der Erstellung des Forschungsdesigns am Leitfaden „Qualitative Methoden der Organisations- und Managementforschung“ von DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ (2017) 	<ul style="list-style-type: none"> - Auswertung der qualitativen Daten mit dem Leitfaden „Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA“ KUCKARTZ & RÄDIKER (2020) 	/

Anhang 15: Gütekriterien unterteilt in die verschiedenen Phasen der empirischen Erhebung (in Anlehnung an DANNER-SCHRÖDER & MÜLLER-SEITZ 2017, MAYRING 2015, MÜLLER-SEITZ 2014; WRONA 2006, Yin 2013)

11.3 Anhang zu Kapitel 4 (Ergebnisse)

Entscheidungsrelevante Daten	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen (teilweise zusammenfassend dargestellt)
Anzahl Dokumente insgesamt zum Thema entscheidungsrelevante Daten	85	
Kritische Infrastrukturen (KRITIS)	24	<p>Versorgungsnetz, Leitungsnetz, Stromversorger, Telekom, Schadenskarten für KRITIS, Zufahrten zu KRITIS, Chemieranlagen, Kläranlagen, Erstbewertung KRITIS, Abhängigkeiten, Störfälle/betriebsfälle, Standorte KRITIS, nach Sektoren geclusterte Liste kritischer Infrastruktur, Kreis/VG/Kommune, Risikobewertung KRITIS gegenüber Hochwasser/Starkregen, Gesundheitssektor (Krankenhäuser, Altenheime, Pflegeheime), den es zu evakuieren gilt, Trafostationen, Strom-Versorgungsbereiche, besonders schützenswerte Einrichtungen, USt-Bahnwege und -unterführungen, Schulen, Kindergärten, betroffene Infrastruktur in Überflutungsbereich, Beschreibung zu KRITIS oder ggf. ergänzender Plan, Status der kritischen Objekte, Straßen, Brücken, Schienen/Bahn-Streckennetz, systemrelevante Gebäude, Höhenlage (ü. NN) der Objekte, KRITIS-Szenarien, systemrelevante Verkehrsnetze, KRITIS urbane Räume (Freizeitanlagen, Veranstaltungsbauwerke, Kulturschutzgut, Einzelhandelszentrum), Tunnel, alle Einrichtungen und Dienstleistungsnetze (...), deren Störung oder Funktionsausfall die öffentliche Sicherheit und Ordnung gefährden, Rettungswege, Sicherheitsinfrastruktur, Triagegehe-/ställe, „Wo entsteht große Gefahr, wenn Einrichtungen versagen oder überfordert werden?“, Umspannwerk, Photovoltaikanlagen, Feuerwehstützpunkte, Betriebshöfe, Polizeidienststellen, Wasserwerk</p>
Evakuierung/Personenzahl/-struktur/Betroffenheit	24	<p>Anzahl Betroffener/Verteilter, Betreuungsstellen, zu evakuierende Einrichtungen, Betroffenheiten je Ort, betroffene Bereiche und dort vorhandene Personenanzahl für Evakuierung, Einwohnerzahl/Einwohnermeldedaten/Melderegister, Verkehrsstärkenkarte, Hauptverkehrsachsen, Maß der Betroffenheit (z.B. Anzahl betroffene Gebäude, Anzahl EW je Gebäude/Straße/Baublock etc.), Grad der Betroffenheit, zu evakuierende Zeitplätze/Campingplätze, Nähe der Anwohner zu Gefährdung, Notunterkünfte, Evakuierungspläne, Dichtigkeit der urbanen Nutzung, Sammelplätze, Verkehrslenkung, Aufnahmebereiche, Pläne zur Evakuierung besonderer Objekte, Bevölkerungsstruktur (z.B. Demographie), Evakuierungshutle-Haltestellen, Flächenausdehnung und Topographie der Evakuierungsfläche, Anzahl hilfsbedürftiger Personen, Bevölkerungsdichte, Fluchtwege, mögliche Notunterkünfte</p>
Aktuelles Lagebild/Infos/Schadenskartierung	19	<p>Lagebericht, Zustand Brücken, Verkläusungen, aktuelle Zuwegungen/Befahrbarkeit, analoge Karten in EA/Bereitstellungsräumen mit aktueller Befahrbarkeit, Gebäudeschadenskartierung, Schadenslayer, Behelfsbrücken, aktuelle Sachstandsmeldungen, aktuelle Meldungen von Einsatzkräften, Fotos, Straßensperrungen, Schadenskonten, umfassendes Lagebild, Schadenspotenziale, aktuelle Situation, Abschätzung der ungefährenden Schadenssummen je Gemeinde, Raumanalysen im Schadensfall, Position von Lagemeldungen</p>
Geobasisdaten	27	<p>Verwaltungsgrenzen, Gebäudemüßnisse, Hausnummern, digitales Geländemodell, Karte von Google Earth, Landkarten, Gemarkungsgrenzen/Flurstücke, lokale Rasterkarten, Web-Atlas, Geobasiskarte, ALKIS-Daten, Topographie, Verkehrswege, Adressen, Landnutzung, UTM-Gitternetz, analoge und digitale Karten/Pläne, Lage und Exposition/Hangneigung, Stadtbezirke, Hintergrundkarte von OpenStreetMap, Gewässernetz, Ortschaften</p>
Fermerkungung	13	<p>Aktuelle Luftbilder, Schadenskartierung Copernicus EMS (Straßen, Gebäude), Befliegungsdaten, digitale Orthofotos, Satellitenbilder, Drohnenaufnahmen, Bilder von Wärmebildkamera aus Hubschrauber, Modellierung Wasser-Land-Grenzen, Bodenbeuchte oder Durchweichungsgrad Deich per Luftbildauswertung, Radarorten, Drohnenvidéos, Flugziegefliegungsdaten, 3D-Stadtmodelle anhand Fernerkundungsdaten, Einmessung des Hochstandes per Fernerkundungsauswertung</p>
Struktur/Zuständigkeiten / operativ-taktische Infos	14	<p>Checklisten z.B. aus AEP, Einsatzschritte inklusive weiterer Aufgliederung und Standorte der Leitungen, taktische Karte, Ordnung des Raums und der Kräfte, Bereitstellungsräume, Hubschrauberlandeplätze, Einsatztagbuch, Stationierung von Rettungsfahrzeugen, Erreichbarkeiten, (digitale) Alarm- und Einsatzpläne, digital verortete Einsatzmaßnahmen, Alarmstufe, Einsatzschwerpunkte, Führungsstruktur, Standorte Feuerwehrtwachen, Standorte Polizeieinheiten, Standorte Sirenen, Alarmstufen von Nachbarkommunen, Warnbereiche/bezirke in Gemeinde</p>

Anhang 16a: Liste mit Entscheidungsrelevanten Daten gemäß den Ergebnissen der empirischen Studie. Anmerkung: Die dargestellte Häufigkeit ist lediglich ein Hinweisgeber, der qualitativ zu validieren ist - Teil A

Entscheidungsrelevante Daten	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen (teilweise zusammenfassend dargestellt)
Anzahl Dokumente insgesamt zum Thema entscheidungsrelevante Daten	85	Personal, Anzahl Einsatzkräfte, Material, Kräfte-Mittel-Zeit-Berechnungen, Anzahl benötigte Sandsäcke/Schlauchsysteme oder sonstige Materialien, Auslastung der eigenen Kräfte, Fahrzeuge, Boote, Einsatzleitwagen, Mannschaftswagen, Leiterwagen, Konzentration von Einsatzkräften, benötigte überörtliche Unterstützung, Stausmeldung, ob Gewährleistung der Sicherstellung des Grundschutzes möglich, Stausmeldung, ob materielle Hilfe aus anderen Gebietskörperschaften erforderlich, Status, ob materielle Verbrauchsgüter aus anderen Gebietskörperschaften erforderlich, Katastrophenschutz-Materiallager, Berechnungen/Tabellen für Sandsäcke oder anderes Material
Personal/Ressourcen/Material	11	Wann wird es wo kritisch, eingestaute Brücken ab welchem Wasserstand, Schwerpunkte im Ort, Schadenspotenzialkarten, Gefährdungskataster analog zu Hochwasser szenarien, Gefahrenstellen, die gesichert werden können, besonders gefährdete Flächen, Gefahrenschwerpunkte, Überblick über potenzielle Gefahren, Gefahrenstromauf/abwärts, Schwachstellenanalyse
Gefahrenstellen / gefährdete Bereiche / Gef.analyse/Gef.potenzial	15	Zeitliche Komponente, Vorwarnzeit zur Vorbereitung, Evakuierungszeit, Vorlaufzeit bis zum Ereigniseintritt, Reaktionszeit, Entscheidungszeiträume, benötigte Rüstzeit für Maßnahme, derzeit aktuelle Phase: Anknüpfungsphase/Hochwasserphase/Ablaufphase, räumliche und zeitliche Entwicklung der betroffenen Bereiche, Zeit-Abfluss-Diagramm, Hochwasserdauer (kurz, d.h. Stunden; lang, d.h. Tage; sehr lang, d.h. Wochen), Anstiegszeit des Wassers, Wegezeit des Wassers, Informationen zum zeitlichen Verlauf der Überschwemmungen
Rüstzeit/Zeit	10	
Anzahl Notrufe	7	Anzahl Notrufe in einem Gebiet, Zählung ähnlicher Meldungen, Lokalisierung der Standorte der Notrufe, > 200 Anrufe, > 50 Anrufe
Sonstiges	28	Bilder/Fotobildnahmen, Videos, öffentliche Karten für Bürger, Informationen von Webcams, Schutzziele, abgefragte Informationen aus Erkundungsbogen, Szenarien, analoge Karten für den Notfall, Fotos von vergangenen Ereignissen, Status einer Maßnahme, Vermögenswertekarte in €/m², temporäre Baustellen, Gefahren für Wohngebäude, Kosten-Nutzen-Betrachtungen zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen, Presse/Medienlage, vorangehende Raumanalysen in hochwasserfreier Zeit, Rettungspunkte, Informationen von Websites

Anhang 16b: Liste mit Entscheidungsrelevanten Daten gemäß den Ergebnissen der empirischen Studie. Anmerkung: Die dargestellte Häufigkeit ist lediglich ein Hinweisgeber, der qualitativ zu validieren ist - Teil B

Entscheidungsrelevante Daten	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen (teilweise zusammenfassend dargestellt)
Hochwassermarken	4	Hochwassermarken (online und im Gelände)
Trinkwasser	3	Versorgungsnetz/leitungsnetz Wasserschutzgebiete/zonen Trinkwasser: Trinkwasserschutzgebiete, Grundwasserpegel, Wasserschutzgebiete/zonen
Gewässerdaten (EZG/Strömung/Wassertiefe/Gewässernetz)	10	Natürliches Entwässerungsnetz/Abflusssystem, Gewässernetz, hydrologische (Teil-)Einzugsgebiete, Gewässerdaten, Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit, Flussgebiete
Bodenwerte (z.B. Bodenfeuchte)	4	Bodenfeuchte, Massenbewegungen, Bodenerosion, Bodensenkung, Schrumpfung, Bodenspeicher-Volumina, Infiltrationskapazität, Bodenwasserspeicherung
Wasser-Land-Grenzen	1	Wasser-Land-Grenzen (vgl. Fernerkundung)
Abwasserdaten (Pläne Abwasser, Kanalnetz)	4	Kanalttechnisches Entwässerungsnetz, Pläne von Abwasser, Kanalbestandsdaten bzw. Kanalisationsnetz
Brücken (Standorte, Namen)	2	Brückenmatten, Brücken und Status, ab welchem Ereignis sie eingestaut wären (farblich markiert)
Verkläusungen	5	Standorte von Verkläusungen, Bilder von Verkläusungen, Treibgut vor Verdohlungen, hierdurch erzeugte Rückstaubereiche, Verkläusungsansätze bei Extremszenarienmodellierungen berücksichtigen
Hauptfließrichtung	1	Hauptfließrichtung
Lagebericht Meldedienst	2	Lageberichte des Meldedienstes zur hydrologischen Lageentwicklung
Jährlichkeiten	2	Gemeldete Jährlichkeit, Planungen für verschiedene Jährlichkeiten (z.B. HQ10, 50, 100, 200 etc.), Planung in 10-cm-Schritten, farbliche Markierung der Jährlichkeiten in Plänen sowie in der Örtlichkeit, um Jährlichkeiten zu visualisieren
Wassertiefen	2	Wassertiefe (gering bis 30 cm, mittel bis 100 cm, groß über 100 cm), noch durchwathbar bzw. durchfahrbar?
Fließgeschwindigkeit	4	Fließgeschwindigkeit langsam bis 0,5 m/s, mittel bis 1,0 m/s, schnell über 1,0 m/s, Stärke der Strömung (stark, mittel, gering)
Überschwemmungsfläche (Ausbreitung)	5	Überflutete Fläche (durch Hochwasser, nach Versagen techn. HWS), maximale Ausbreitung, schrittweise Ausbreitung, Ausbreitung zu einem gewissen Zeitpunkt (z.B. Uhrzeit), überflutete Fläche Ist-Soll
Wasserstand/Abfluss/Vorhersage/Ganglinien	30	Wasserstand und Abfluss, Vorhersage, Prognosen der Vorhersagezentrale/Meldezentrum, Wasserstände an Schöpfwerksbereichen, Pegelwerte, Ganglinien, erwarteter Abfluss, hydrologische Messwerte, Daten von Latenpegeln, Daten von mobilen Pegeln, Hochwasserrückmeldung in kleinen Einzugsgebieten, Tagesmittelwerte, 15-Stunden-Werte, Daten von Bezugspegeln, Zeitpunkt Hochwasserscheitel, Pegelentwicklung
Anstiegsgeschwindigkeit	2	Schnelligkeit des ansteigenden Pegels, Anstiegsgeschwindigkeit (d.h. normaler Anstieg 0-5 cm/h, schnell 5-10 cm/h, extremer Anstieg 10-15 cm/h bei gr. EZG an Gewässer 1. Ordnung)
Pegelinformationen	9	Standorte fester und mobiler Pegel, Referenzpegel, Pegelstammdaten, Pegelnamen, Meldemarken

Anhang 16c: Liste mit Entscheidungsrelevanten Daten gemäß den Ergebnissen der empirischen Studie. Anmerkung: Die dargestellte Häufigkeit ist lediglich ein Hinweisgeber, der qualitativ zu validieren ist - Teil C (Wasserwirtschaftliche Daten)

Entscheidungsrelevante Daten	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen (teilweise zusammenfassend dargestellt)
Regen/Wetterwarnung/Sturzflut/Starkregen	34	Zugbahn Gewitterzellen, Wetterwarnungen, Niederschlagshöhe bzw. -menge [mm], Daten von virtuellen und/oder Niederschlagsstreibern, DWD-(Vor)Warnungen für Starkregen/Gewitter/Dauerregen, Starkregen/Unwetterwarnungen von Warnapps (z.B. illa Unwetterzellen), aktuelle Wetterlage, Entwicklung der Wetterlage, Informationen aus FEWIS, meteorologische Daten, Starkregenindex, Niederschlagsvorhersagen, Niederschlagsradardaten, Niederschlagsdiagramm, Live-Niederschlagsabfragen, Niederschlagsdauer [min, h], Niederschlagsintensität, Gebiets- bzw. Bodenvorfeuchte, Informationen von WebKorrad, Windgeschwindigkeit, Gebietsniederschlag, Niederschlagsmessungen in zeitlichen Aggregationsstufen, interpolierte 24-Stunden-/48-Stunden-/72-Stunden-Niederschlagssumme, interaktives Niederschlagsradar mit Bedienfeld zur Bundesland- und Datumsauswahl und Legende, DWD-Warnkarte, Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete, Warnkarte Unwetterzentrale
Techn. Hochwasserschutz-Zustand/Anlageninformationen	38	Abstand des Wassers zur Wand-OK des techn. HWS (restlicher Freibord), Leckrate HWS, Aufbauplan mobile HWS-Wand, Bild mit aufgebautem HWS, Bodenbewegung am Deich, Informationen über Deichstruktur, -aufbau, -alter, Sanierungsgrad, Deichkartenwerk, Deichnamen, Kilometrierung techn. HWS, Status der Schöpfwerke, Untergrundbeschaffenheit des Deiches, Listen mit „roten“, d.h. unsanierten, Deichen, BHW, techn. HWS, Deichhöhen, Schwachstellen am Deichen, Informationen aus digitalem Deichbuch, automatische Info, welche Schleife am Deich geschlossen wurde (Ampelsystem), Ort der Versagsstelle, Durchzeichnungsradar der Deiche, Übersicht über Deichabschnitte, Sonderschutzpläne für techn. HWS, Längs- und Querschnitte vom Deich, Deichdokumentation (Untersuchung gesamtes Deichsystem), Querprofile der Anlagen, geschützte Bereiche hinter HWS-Anlagen, Gefährdungsgrad/Anfälligkeit der HWS-Anlage, Deichzustandskatalog, Freibord-Übersicht über Flusslänge, Sperrräume bei mobilen HWS, Meldungen der Deichläufer / der Wasserwehr, Zustand von HWS-Einrichtungen, Malsnahmen werden in den nächsten 24 h voraussichtlich notwendig werden, 3. Beeinträchtigt, Malsnahmen notwendig, 4. Zerstört/Außer Funktion), Zuwegungen zum techn. HWS, Breite der Bruchstelle, Bruch/Versagen sieht kurz bevor, Deichdurchfahrten, Ergebnisse der Deichkontrollen, Deichverteidigungsplan, linienförmige Darstellung der Bauwerkskronen, punktuelle Darstellung von sonstigen Bauwerken des techn. HWS, geschützte Bereiche je nach Jährlichkeit, Standorte und Messwerte von Messinstrumenten zur Bauwerksüberwachung
Wasserwirtschaftliche Daten operational (z.B. HWRHB)	13	Informationen zu Poldern (Volumen, Standort, Bauwerte, Betriebsstatus), Vorgabe, wann Reserveraum zu fluten ist, Standorte, Wasserstand/Flutstand [m] / Betriebsstatus / Beckentüllgrad [%] von Regennrückhaltebecken (HWRHB), Stammlisten der Regennrückhaltebecken, Informationen zu Falsperren, Zustand von Polderflächen (1. derzeit nicht eingepflanzt, 2. Überleitung absehbar bzw. bereits eingepflanzt, 3. überflutet), Status wasserbaulicher Anlagen, Betreiberinformationen von HWRHB, Flutstatus HWRHB (0. unbekannt, 1. noch nicht in Betrieb, 2. planmäßiger Betrieb unterhalb Warnwert, 3. Warnwert gemäß Reglement erreicht, 4. Vollstau erreicht, d.h. außerplanmäßiger Betrieb), Betriebsstatus HWRHB (0. unbekannt, 1. Planmäßiger Betrieb, 2. Sonderzustand, 3. Sonderbetrieb Gefahr, 4. Anlage hat versagt)
Hochwassergefahren-/risiko-/Überschwehmungskarten	34	Hochwassergefahren- und -risikokarten für verschiedene Jährlichkeiten (optimal klein skaliert für verschiedene Szenarien), Hochwassergefährdungsbereiche bzw. maximale Ausdehnung inklusive betroffener Objekte, Überschwemmungskarten (auch an kleinen Bächen, ggf. in 10-cm-Schritten), vulnere Infrastruktur, besonders gefährdete Industrieanlagen im überschwemmten Gebiet inklusive Wassertiefe und ggf. Fließrichtung, Druckwasserbereiche
Starkregengefährdungskarten	17	Starkregengefährdungskarten, Starkregenhinweis-karten, Fließwege, Gefahrenstellen im Ort
Deichbruchszenarien/wasserwirtschaftliche Modellierung	22	Flutungssimulation, Deichbruchszenarien, Animationen, hydraulische Modellierungen, örtlicher und zeitlicher Verlauf der Überschwemmungen, Echtzeitüberflutungskarten, 2D-/3D-Flutungsmodelle, Modellierungen über Copernicus EMS, 3D-Starkregenmodell, Modellierungen für Riegeldeichkonzepte, Berechnungen von Ausdehnungsmodellen

Anhang 16d: Liste mit Entscheidungsrelevanten Daten gemäß den Ergebnissen der empirischen Studie. Anmerkung: Die dargestellte Häufigkeit ist lediglich ein Hinweisgeber, der qualitativ zu validieren ist - Teil D (Wasserwirtschaftliche Daten)

Prozessautomatisierung	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen
automatische Dateninformation	9	<p>/</p> <p>Automatismen</p> <p>Automatische (technische) Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswahl Fläche / Auswahl Jährlichkeit/Wasserstand → Anzeigen Information im betroffenen Gebiet (z.B. aller markieren Objekte (z.B. KRITIS), Anzahl betroffener Einwohner/Gebäude etc.) • Auswahl Maßnahme → Anzeige der Wirkung auf das Gebiet (z.B. Aufbau zweite Verteidigungslinie) • Messung Füllstand Hochwasserückhaltebecken → Automatische Information über Füllgrad • Auslösematrix führt zu automat. Benachrichtigungen (Farben für Maßnahmenstatus oder Indikatorinformationen) • Eingehende Notrufe über Festnetz → automatische Öffnung Karte mit Standort in Einsatzleitsystem / bei Handy-Notruf → Öffnung Karte mit aktiver Funkzelle, Notruf-App → automatische Ermittlung von Daten, automatische Generierung einer Tabelle mit Status aller Maßnahmen (z.B. geplant, derzeit aktiv, fertigstellt), Maßnahmenliste ggf. abhängig von Alarmstufe ausgeben lassen • Objekte Alarmstufe zuordnen → bei Auswahl einer Alarmstufe Anzeige aller betroffenen Objekte • Im Maßnahmenplan können bei den einzelnen Maßnahmen Adressaten für Benachrichtigungen hinterlegt werden, wenn sich der Status der Maßnahme ändert • Automatische Benachrichtigung an Abonnenten bei Erreichen Schwellenwert eines Indikators und Vorschlag von Maßnahmen <p>Regel-/Standardaufgaben im niederschweligen Bereich von Tätigkeiten automatisieren bzw. mit Automatismen belegen</p>
Regelbetrieb/ Standardmaßnahmen	1	<p>Automatismen</p> <p>Automatische (technische) Prozesse</p> <p>Automatismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alarmstufe → Wasserwehren aktiviert und beginnen mit Kontrollgängen/fahrten für vorab festgelegte Streckenabschnitte • Pegelstand → regelmäßige Kontrolle der Abflüsse der Entlastungsgräben sowie regelmäßige Erkundung der Lage durch Feuerwehr/Betriebshof • Leckagen/Schadensmeldung → engmaschigere Kontrolle • Meldung des Nichtvollzugs einer automatischen Maßnahme (z.B. Pumpe geht nicht automatisch an) → rotes Licht im System geht an → Kontrolle durch Fachpersonal • Wasserstand/Alarmstufe → kritische Stellen bewusst anfahren und kontrollieren (z.B. an Einläufen, Schadstellen, kritische Stellen an HWS-Anlage, oder an gefährdeten Bereichen in Ort etc.) • Feststellung Versagen → in Anlage oder App eine Art Versagensknopf drücken für automatische Meldung an Verantwortliche • Feststellung Gefährdung → niemand soll dort mehr kontrollieren gehen / patrouillieren • Höhe des Wasserstands/Anstiegsgeschwindigkeit → bestimmt Frequenz der Kontrollen
Kontrollen	9	<p>Automatismen</p> <p>Automatische (technische) Prozesse</p> <p>Automatismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwellenwert überschritten / Vorhersage → Berechnungen mit Modell starten
Berechnungen	1	<p>Automatismen</p> <p>Automatische (technische) Prozesse</p> <p>Automatismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Automatische (technische) Prozesse

Anhang 17a: Ergebnisse zum Thema Automatisierung, unterteilt in die Themen Automatismen (prozessual durch externe Auslöseschwellen ausgelöstes menschliches Handeln) und automatische Prozesse (mit Hilfe technischer Systeme) - Teil A

Prozessautomatisierung	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen
operationelle Maßnahmen/ Anlageninformationen	21	<p>Automatismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausführung anhand techn. Regeln/Reglements für Polder/Reserveräume etc., wofür klare Werte festgelegt. • Ausführung von Bedienvorschriften für wasserbauliche Bauwerke durch Fachpersonal (z.B. Stile, Schöpfwerke, Wehrlagen, Überleitungs- bzw. Abflusssbauwerke, Vliestanlagen) bzgl. festgelegter Maßnahmen zu vordefinierten Wasserständen / sonstigen Auslöseschwellen (z.B. maximaler Zufluss etc.) • Vorhersage Starkregen → Eingriff ins Stausystem, um Wasser möglichst lange zurückzuhalten • Situationen an wasserbaulichen Bauwerken bereits anhand von Webcam-Aufnahmen einschätzen (z.B. Kontrollen im Rahmen der Betreiberhaftung) • Kontrollen an wasserbaulichen Bauwerken ab gewissen Pegelständen • Planmäßige Überströmung an Deichbereichen/Einlaufbauwerken • Operationelle Maßnahmen in Abh. von Wasserstand und Vorhersage • Schließen von Kreuzungsbauwerken in techn. HWS-Anlagen (z.B. Deichscharten, Durchgänge, Schließen) • Checklisten abarbeiten, was alles zu schließen ist, anschließend Sechsstandsmeldung geben • Berechnungsergebnis der Wasserwirtschaft, Abgleich, ob Öffnungskriterien erfüllt → Einsatz Reserveraum inklusive Aktivierung Personal (inkl. Benachrichtigung) und Ressourcen, Abarbeitung Checkliste bzw. „Fahrplan“, Beginn Absuchen des Raums • Meldung Starkregen/Hochwasser • Operationelle Steuerung durch Fachpersonal → loggen sich mit Chipkarte ein → für Dokumentation nachweisbar, wer gesteuert hat • Arbeiten nach dem Hochwassersteuerplan für Talsperren <p>Automatische (technische) Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messenrichtungen an Rückhaltebecken lösen ab Schwellenwert Automatismen aus • Anpeylesystem kann anzeigen, wie Stand der Maßnahme ist in Deichsystem oder an wasserbaulichen Bauwerken, die ggf. sogar automatisch gesteuert werden • Zuordnen, ab welchem Wasserstand welches Bauwerk zu bedienen/schließen ist → automatischer Maßnahmenvorschlag an Fachpersonal • Automatische Steuerung kleinerer, wasserwirtschaftlicher Anlagen von Zentrale aus
Schwelle → Stellen gehen in Betrieb	16	<p>Automatismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schwelle überschritten → Einsatzdienst/Lagezentren gehen in Betrieb • Schwelle überschritten → Feuerwehr alarmiert/KatS-Kräfte/Feuerwehren in Alarmbereitschaft versetzen • Größeres Hochwasser → Abschnittsleiter im Dienst bei Feuerwehr, permanent in Abschnitten unterwegs und als Ansprechpartner vor Ort für Bevölkerung aktiv • Schwellenwert → Krisenstab und Einsatzleitungen aktivieren • Rolle Wetterwarnung → Einrichtung Rufbereitschaft, violette Wetterwarnung → sofortige Alarmierung, Einberufen der Einsatzkräfte • Alarmstufe 3 → Wasserwehren gehen in Betrieb • Alarmstufe 3 (mit Wissen, dass 4 kommen wird) → Katastrophenvoralarm auslösen • Alarmstufe → Besetzung Führungsstab • Alarmstufenhöhung → Übergang Einsatzleitung an höhere Stelle • Schwelle → Modellierungsteam aktivieren und den Auftrag zur Berechnung erteilen <p>Automatische (technische) Prozesse</p>

Anhang 17b: Ergebnisse zum Thema Automatisierung, unterteilt in die Themen Automatismen (prozessual durch externe Auslöseschwelle ausgelöstes menschliches Handeln) und automatische Prozesse (mit Hilfe technischer Systeme) - Teil B

Prozessautomatisierung	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen
Alarmierung/ Warmmeldungen/ Meldewege	29	<p>Automatismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Messwert von automatischem Messpegel → Überschreitung Grenzwert → automatische Warnung/Alarmierung per E-Mail oder • Informationen in FEWIS (z.B. DWD-Warmmeldung, Pegelwerte, Vorhersagen) ggf. mit Angabe von Unsicherheiten → Warnung/Alarmierung, wenn gewisse Kriterien erfüllt • Automatisierbar: Alarmlisten und Meldewege • Automatisierbar: Verarbeitung von Warnungen (die z.B. ganzen Landkreis betreffen und nicht explizit eine Gemeinde) • Empfang Alarmierung → muss bestätigen • Meldung gemäß Hochwassermitteilung • Festlegung Meldesystem (wer meldet wann wie wo was) • Überschreitung Grenzwert → Information der Anwohner • Starkregen Warnstufe rot → Voralarmierung an Einsatzkräfte; Starkregen Warnstufe violett → Alarmierung der Einsatzkräfte • Stab ist einsatzbereit → Meldung an alle Beteiligten (auch Verwaltungen) inklusive Erreichbarkeit/Adresse • Automatische Verteilung der Wasserstandsmeldung, Hochwasserberichte, Warmmeldungen an Kommunen über Verteiler in System • Zug von Gewitterzellen in bestimmtes Tal (in FEWIS sichtbar) → Voralarm auslösen • Starkregen gemeldet → vorbereitete Meldung raus an Presse • Pumpe fällt aus → Hinterland warnen • Ab definiertem Wasserstand mit Tendenz steigend → Warnung Bevölkerung mit Sirenen oder Lautsprecherdurchsagen • Überschreiten der Schutzziele / Spontanes Versagen des techn. HWS bzw. von Hochwasserschutzeinrichtungen (Schutzwand, Deich, Pumpen) → Alarmstufe 4 auslösen <p>Automatische (technische) Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> • SMS durch Alarmsystem (z.B. für kleine Bäche) • Starkregenmeldung → Katastrophenschutz-Apps warnen • Meldung über DWD-Warnapp, wenn Warnbereich vorab eingestellt • Messstationen mit SIM-Karten ausstellen → direkte SMS/Meldung, wenn Warnschwellen überschritten (ggf. auch Verknüpfung mit Verkehrsleitsystem oder Zusammenfassung der Meldungen in Verkehrsrechner) • Push-Benachrichtigungen in Managementsystem-App direkt aufs Handy • Warnschwelle überschritten → Überwachungs-system gekoppelt mit Einsatzleitsystem → löst Alarme in Einsatzleitsystem aus

Anhang 17c: Ergebnisse zum Thema Automatisierung, unterteilt in die Themen Automatismen (prozessual durch externe Auslöseschwelle ausgelöstes menschliches Handeln) und automatische Prozesse (mit Hilfe technischer Systeme) - Teil C

Prozessautomatisierung	Anzahl Dokumente mit Codierung	Detaillierte Informationen
Sonstige Maßnahmen auslösen, die vorher festgelegt wurden	32	<p>Automatismen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umschreibung vordefinierte Auslöseschwelle → Ablauf Maßnahmen aus Alarm- und Einsatzplan • Nach Hochwasser → Hochwassermarken vor Ort setzen und zusätzlich digital verorten • Szenario außerplanmäßiges Versagen techn. HWS → vorbereiteten Maßnahmenplan/Checkliste abarbeiten • Riss → Evakuierungspläne erstellen bzw. konkretisieren anhand vorbereiteter Pläne • Wasserstand → Aufbau von Deichscharten • Wasserstand → Anrufen bei Adresslisten von Lkw-Betrieben und Kiesgruben zum Ordern von Geräten etc. • Leitfaden entwickeln, welche Prozesse man alle automatisieren bzw. mit Automatismen abarbeiten könnte, um sich im Ereignisfall daran zu orientieren. Bsp: Schaden an Deich → Abarbeiten Leitfaden z.B. von LHW (2018) • Automatismen zu vorbereiteten Schadensszenarien an mobilem HWS • Irreparable Schäden an techn. HWS → 2. Verteidigungslinie bzw. Regelstrukturen/Mobildelch etc. gemäß vorher festgelegtem Aufbau errichten • Ergebnis der Modellierung (= Auslöseschwelle) → Entsprechend die 2. Verteidigungslinie aufbauen (für Elemente-Aufbau Automatismus anwenden) • Ereignis läuft ab → alles dokumentieren in vorab standardisiertem Format • Auslöseschwellen deutlich vor Bemessungsereignis → Durchführung von Sicherungsmaßnahmen/Aufkündigung • Auslöseschwelle ist voraussichtliche Lage der Versagensstelle → dazugehörige örtlich spezifische To-do-Liste abarbeiten und örtliche Regelstrukturen aktivieren • Meldung von Starkregen → Schließen von Regenschiebern • Warnung der Betriebsstellen → Überprüfung Kanalsystem, Sicherung von Material/Altgascontainern, Aufbau Stege, Abschaltung Stromzufuhr an Schiffsanlegestellen etc. • Pegelstand → Abarbeiten regionaler Checklisten (Krankenhaus räumen, Tankstelle abbauen, Straße sperren) • Zustand einer Maßnahme (zu erledigen, in Arbeit, ausgeführt, abgebor.) von Zuständigen immer aktuell lassen. • Pegelwert → löst Maßnahmenkette aus (z.B. Sandsackfüllstation einrichten, Einsatzabschnittsleitungen einrichten, mobile HWS-Wärde einziehen etc.) • Ermitteln betroffener Objekte im überschwemmungsgefährdeten Bereich → daran geknüpfte Maßnahmen abarbeiten (z.B. Evakuierung Einrichtungen, Sicherung Gewerbebetriebe etc.) • Alarmstufe 1 → Beginn der systematischen Registrierung, Beobachtung und Beurteilung der weiteren Entwicklung des Hochwassers • Alarmstufe 1 → Überprüfen der Alarm- und Einsatzpläne, der Hochwasserschutztausrüstung und Herstellung der Einsatzbereitschaft von Gerätschaften und Ausrüstungsgegenständen (Sandsack, Sandsackfüllmaschine, Mehrzweckboote, Pumpen, Notstromversorgung, Gummistiefel, Wathosen, Tablets, Funkgeräte etc.) • Alarmstufe → regelmäßige Überprüfung der Brücken- und Einlaufbauwerke sowie der Gewässerläufe an kl. Bächen (bei gemeldetem Starkregen) • Alarmstufe → Prüfung der Verfügbarkeit von Notunterkünften/ Anlaufstellen • Sinkender Wasserstand / Sinkende Vorhersage → Beginn der Aufräumarbeiten, Ende der Beobachtung des techn. HWS, abschließende Lagebesprechung, Einstellung der Information an Bevölkerung, Mitteilung zur Entwarnung rausgeben, Rückführung der Fahrzeuge, Geräte und Einsatzmittel • Starkregen oder bevorstehender Brückeneinstau → Rettungsachsen sicherstellen, Umleitungen einrichten • Alarmstufe 1 → Fachberater werden umentschickt
	Automatische (technische) Prozesse	

Anhang 17d: Ergebnisse zum Thema Automatisierung, unterteilt in die Themen Automatismen (prozessual durch externe Auslöseschwelle ausgelöstes menschliches Handeln) und automatische Prozesse (mit Hilfe technischer Systeme) -Teil D

Anhang I

Auslöse-schwellen	Anzahl Dok. mit Cod.	Detaillierte Informationen (teilweise zusammenfassend dargestellt)
Hydrolo-gische Werte	49	Wasserstand/Abfluss eines Bezugs-/Referenzpegels, Vorhersage, Überflutung von Bereichen/Ausuferungen, Anstiegsgeschwindigkeit (d.h. normaler Anstieg 0-5 cm/h, schnell 5-10 cm/h, extremer Anstieg 10-15 cm/h bei gr. EZG an Gewässer I. Ordnung), Anstieg Wasserstand (steigend, stagnierend, fallend), Überschreitung Pegelwert/Pegelschwellen, Abflussgrößen, konkrete/verlässliche Vorhersage (Qualität der Vorhersage), Pegelstände (feste, mobile, Latenpegelwerte), Meldung Warnpegelsystem an kleinen Bächen (Vorwarnung/Warnung), Wasserstandsentwicklung, Zufluss zu Talsperre/HWRHB, Bemessungsabfluss BHQ techn. HWS, Abschätzung der weiteren Tendenz der Entwicklung
Alarmstufe/ Warnstufen/ Meldestufen	31	Auslösung/Erhöhung Alarmstufe, Alarmstufe der Nachbarkommune, (Vor-) Warnstufen, im Alarmplan definierte Auslöseschwellen, Hochwasseralarmstufen des Meldedienstes, Überschreitung Pegelwarnstufe, Phase im Alarmstufenmodell, Evakuierungsstufen (Voralarm, Evakuierungsalarm, Kontrollphase), Eröffnung des Hochwassermeldedienstes
Meteorolo-gische Werte und Warn-meldung	24	Meldung Vb-Wetterlage/Gewitterzelle/Starkregen/Dauerregen, Niederschlagswerte mit vordefinierten ortsspezifischen Schwellenwerten, DWD-Warmmeldung (Vorabinformation, gelb, orange, rot, dunkelrot bzw. lila), Vorhersagen Wetterdienst, Niederschlagsereignisse, Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete, Werte virtuelle/reale Niederschlagsschreiber, Warnungen von Warnapps (FEWIS, WebKONRAD, NINA, KATWARN), gemessener Gebietsniederschlag, hohe Gebietsvorfeuchte zzgl. Regen, Niederschlagsradar, meteorologische Werte, Unwettervoralarm, stationsgemessene oder gebietsgemittelte Niederschläge
Technisches Versagen / Zustand technischer Anlagen	21	Sickerstelle am Deich, Messwert der Sensorik wasserbaulicher Anlagen, Deichversagen, Versagen des mobilen HWS, Bodenbewegungen, Risse im Deichkörper, landseitige Böschung mobilisiert sich, Böschung rutscht (wasserseitig/landseitig), Sickerstellen (ggf. sogar mit Materialaustrag), Abhängig vom Sanierungsgrad des Deiches, Notruf, dass techn. HWS versagt hat, außerplanmäßiges Versagen, Überspülung droht, Durchweichungsgrad des Deiches, Schwelle planmäßiges Versagen, Zeit bis Anlage versagt, Kamera an techn. HWS, Konsistenz/Festigkeit/Feuchtigkeit des Deiches, Maßnahme an wasserbaulichen Bauwerken (Verschluss Deichtore, Änderung Status im System aus „verschlossen“), aufgenommene Schadbilder an HWS, Ausbildung der Sickerlinie, Sackung/Setzung Deich, Qualmkade, Aufweichung Hinterland, Sickerwasseraustritt abh. von Ort (landseitige Böschung in unteren 0,5-m-oder im oberen Bereich; Böschung des Deichhinterwegs/Deichhinterlandes) oder Art der Beobachtung (Austritt klares Wasser, punktuell verstärkter Austritt, flächige Austritte, Materialaustrag, Qualmwasser, Quellen) mit anschließender Einteilung in Gefährdungspotenziale, Verformung des Deiches abh. von Ort (landseitige, wasserseitige Böschung, Deichkrone) und Art der Beobachtung/Bewertung (Risse im Boden örtlich begrenzt oder oberhalb Wasserspiegel, tiefe Risse, Rutschungen Absackungen), Überströmen der Deichkrone abh. von Beobachtung/Bewertung (geringer Freibord, geringe Überströmung, flächenhafte Überströmung), Versagen von Pumpen/Schöpfwerken etc.
Gefahren-/ Schadens-meldung/ Einschätzung/ je nach Situation	12	Einschätzung/Lagebeurteilung, Überlastung Kanalisation, Schadensereignisse, Anzahl Notrufe aus Gebiet, Maß der Betroffenheit, Auslöser abh. von aktueller Lage, Webcam-Aufnahmen, ereignisinduzierte Maßnahmen, z.B. Anzahl Notrufe (> 200, > 50), Nachbarstadt auf Zugbahn von Gewitter schwer getroffen, Oberlieger schwer getroffen, Brücke eingestaut), ortsspezifische Auslöseschwellen, ab wann Schäden entstehen (je nach Topografie/EZG), Gefährdungsstufe
Beobachtung vor Ort / Monitoring	6	Beobachtungen, visueller Befund, Ergebnisse eines Monitorings, Fotos, Webcam-Beobachtung
Sonstiges	16	Sonstige Auslöser für einzelne Maßnahmen, Arbeitsauslastung der Hochwasserschutzpflichtigen, Auslastungsgrad der eigenen materiellen Ressourcen, Füllstatus Hochwasserrückhaltebecken (HWRHB) (0. unbekannt, 1. noch nicht in Betrieb, 2. planmäßiger Betrieb unterhalb Warnwert, 3. Warnwert gemäß Reglement erreicht, 4. Vollstau erreicht, d.h. außerplanmäßiger Betrieb), Betriebsstatus HWRHB (0. Unbekannt, 1. Planmäßiger Betrieb, 2. Sonderzustand, 3. Sonderbetrieb Gefahr, 4. Anlage hat versagt.) Notruf über Rufnummer-Erkennung (führt zu Anzeige Standort), Weg kurz vor Einstauung (führt zu Sicherung Rettungssachsen), verknüpfte Indikatoren mit mehreren Auslöseschwellen (UND/ODER-Markierung), notwendige Rüstzeit

Anhang 18: Detaillierte Auflistung der im Rahmen der empirischen Studie benannten Auslöseschwellen

Anhang 19: Detaillierte Ergebnisse des Online-Fragebogens

Im Rahmen der Befragung gaben 98 von insgesamt 100 Teilnehmern, die eine Antwort auf die entsprechende Frage gegeben haben, an, im Falle zukünftiger Schadenslagen einen Mehrwert in der Nutzung einer digitalen Lagekarte zu sehen (s. Abbildung 35). Vier Teilnehmer, die grundsätzlich einer künftigen Nutzung positiv gegenüberstehen, empfanden die digitale Lagekarte in ihrer aktuellen Gestalt noch nicht als eine Unterstützung für ihre Arbeit (s. Abbildung 36). Zwei Teilnehmer konnten weder in der aktuellen Gestaltung einen Mehrwert erkennen noch sich eine künftige Nutzung vorstellen.

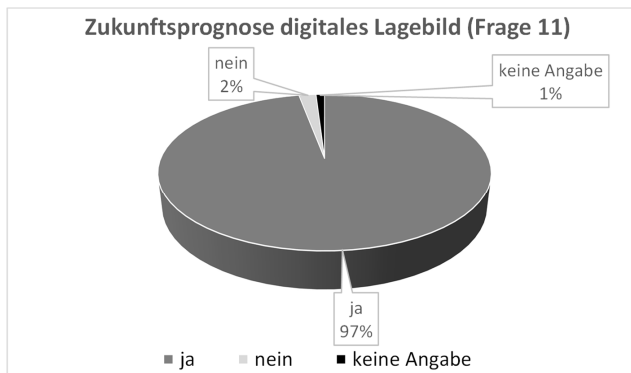


Abbildung 35: Zukunftsprognose bzgl. Frage 11 : „Würden Sie sich auch bei zukünftigen Schadenslagen solch ein Informationssystem zur Unterstützung Ihrer Arbeit wünschen?“

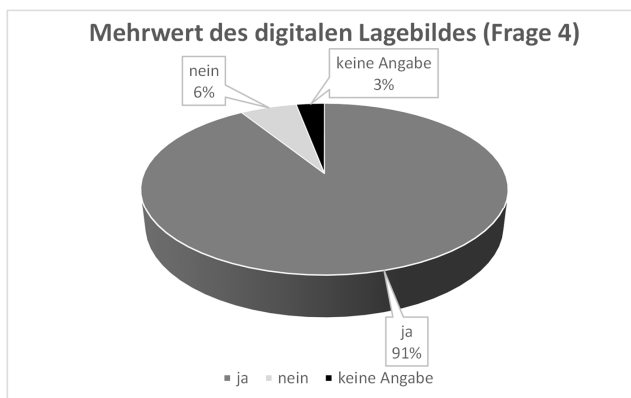


Abbildung 36: Mehrwert der jetzigen Karte bzgl. Frage 4 : „Empfanden Sie das digitale Lagebild als hilfreich bzw. konnte das System Sie bei Ihrer Arbeit unterstützen?“

Die Befragungsteilnehmer waren dabei in einer breiten, wenn auch ungleichen Verteilung in verschiedenen Funktionen am Einsatz beteiligt, wobei etwa ein Viertel der Teilnehmer während

der gesamten Dauer der Schadenslage in mehreren, verschiedenen Rollen agiert hat und damit eine multiperspektivische Meinung zur Lagekarte gewinnen konnte (s. Abbildung 37).

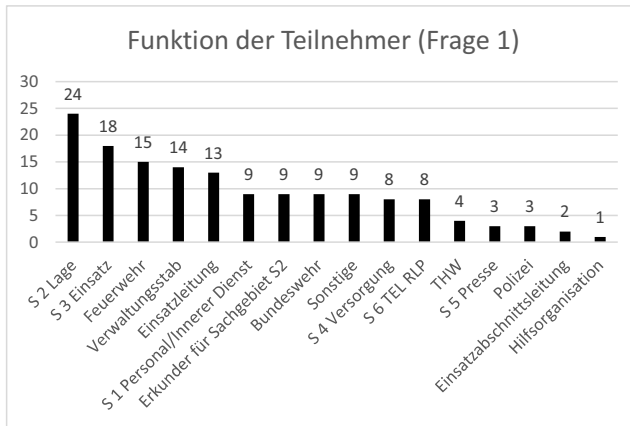


Abbildung 37: Funktion der Teilnehmer bzgl. Frage 1: „Was war Ihr Einsatzgebiet?“ (Mehrfachnennungen möglich)

Bei den Medien zum Abruf der Lagekarte zeigt sich eine Tendenz zur Nutzung des PC, der in 90 % der Fälle verwendet wurde (s. Abbildung 38). Mobile Endgeräte wie Tablets (7 %) und Smartphones (3 %) spielten eine vergleichsweise kleinere Rolle. Nur sechs Teilnehmer haben mehr als ein einziges Medium verwendet.

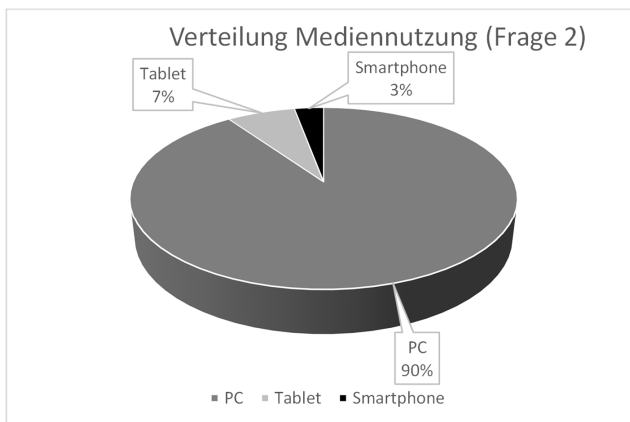


Abbildung 38: Verteilung der Mediennutzung bzgl. Frage 2: „Wurde das digitale Lagebild von Ihnen per PC, Tablet oder Smartphone verwendet?“ (Mehrfachnennungen möglich)

40 % der Teilnehmer gaben an, ihrerseits keine Informationen in das System eingebracht zu haben, während 59 % der Teilnehmer aktiv Informationen beigetragen haben (s. Abbildung 39). Unter diesen gibt es einen Schwerpunkt bei den analogen Kommunikationswegen, die später manuell in Eintragungen umzusetzen waren, während die direkte Eintragung oder die Übermittlung unmittelbar verarbeitbarer technischer Daten seltener der Fall war (s. Abbildung 40). Die Mehrheit der Umfrageteilnehmer griff dabei auf einen einzigen oder nur wenige verschiedene Wege zurück, um Daten einzubringen.

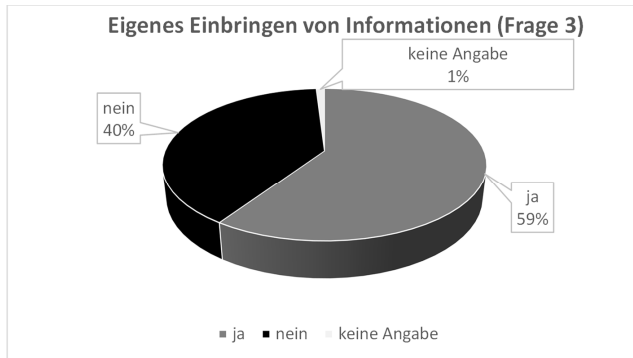


Abbildung 39: Eigenes Einbringen von Informationen bzgl. Frage 3: „Haben Sie selbst Informationen an die Lagekarte weitergegeben, die aufgenommen werden sollten?“

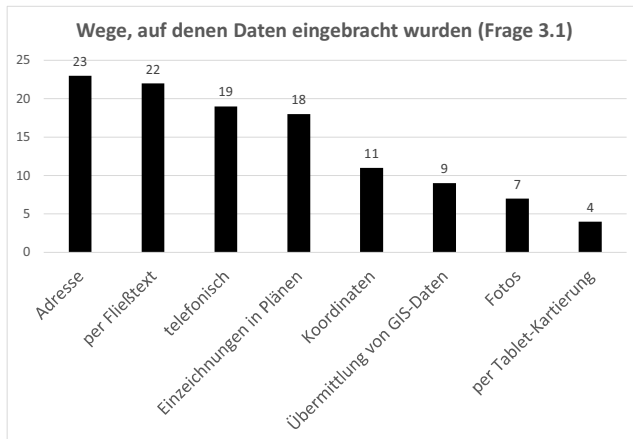


Abbildung 40: Wege zur Datenübermittlung bzgl. Frage 3.1 : „Wie haben Sie Informationen mit dem digitalen Lagebild geteilt?“. Anmerkung: Frage 3.1 war nur zu beantworten, wenn Frage 3 mit „ja“ beantwortet wurde (Mehrfachnennungen möglich)

Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass visuelle Funktionen wie Luftbilder oder das Zoomen die bevorzugten Funktionen der Nutzer waren, jedoch auch datenbasierte Funktionen, z.B. die Recherche von Fachinformationen oder die Adresssuche, immer wieder Anwendung fanden

(s. Abbildung 41). Die Mehrzahl der Anwender verwendete dabei mehrere, verschiedene Funktionen (s. Abbildung 42), was den Bedarf an einer zentralen Plattform zur aufwandsreduzierten Informationsbeschaffung und Verschneidung von Informationen unterstreicht.

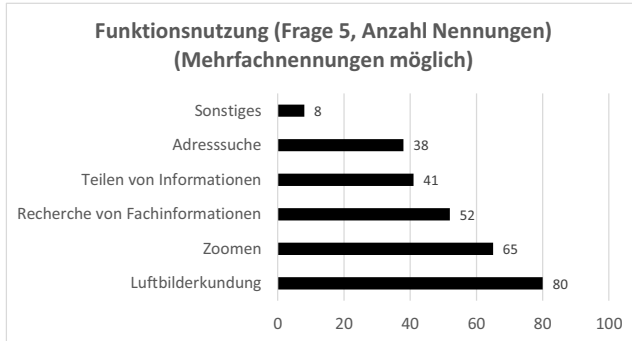


Abbildung 41: Funktionsnutzung bzgl. Frage 5: „Welche Funktionen der Lagekarte haben Sie genutzt?“ (Mehrfachnennungen möglich)

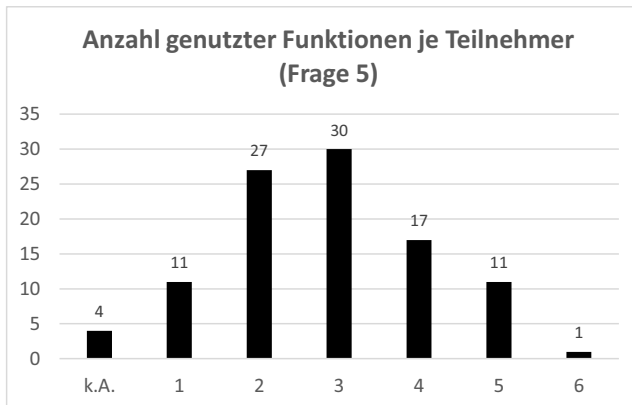


Abbildung 42: Anzahl genutzter Funktionen je Teilnehmer bzgl. Frage 5 : „Welche Funktionen der Lagekarte haben Sie genutzt?“ (Mehrfachnennungen möglich)

Bezüglich der qualitativen Fragen 6-10 erfolgte eine Auswertung nach Anzahl der Nennungen der Stichworte. Die Ergebnisse der qualitativen Auswertung in der Software MAXQDA werden im Folgenden dargestellt.

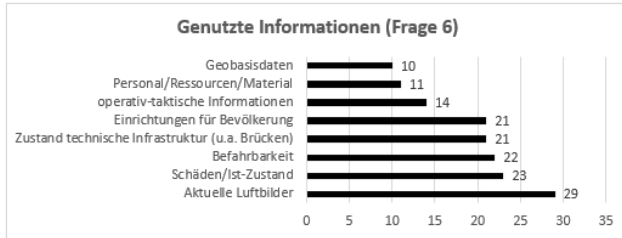


Abbildung 43: Genutzte Informationen bzgl. Frage 6: „Mit welchen Informationen (Layern) aus der Lagekarte haben Sie insbesondere gearbeitet?“ (offene Antwort)

Auf die Frage nach der Art der genutzten Informationen aus dem digitalen Lagebild benennen etwas mehr als ein Drittel der Personen, die diese Frage beantwortet haben, mit Blick auf die eingebundenen Medienformen die zentrale Verfügbarkeit von Luftbildern (s. Abbildung 43). Knapp 30 % der Personen geben an, das digitale Lagebild insbesondere genutzt zu haben, um Informationen zum Ist-Zustand bzw. zu entstandenen Schäden zu erhalten. Eine ähnlich hohe, allerdings nicht deckungsgleiche Zahl von Teilnehmern geht dabei konkreter auf Informationen im Hinblick auf den Zustand technischer Infrastruktur, wie beispielsweise Brücken, oder die Befahrbarkeit von Verkehrswegen ein. Etwas mehr als ein Viertel der Antworten orientiert sich hingegen in Richtung der Nutzung der Darstellung von Einrichtungen für die Bevölkerung. Weitere Häufungen von Nennungen gibt es in den Themenbereichen operativ-taktische Informationen, Ressourcen (wie Personal und Material) sowie Geobasisdaten.

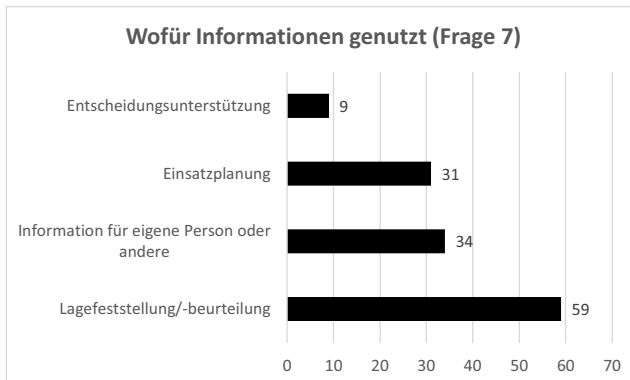


Abbildung 44: Nutzungszweck der Informationen bzgl. Frage 7: „Wofür haben Sie die Informationen der Lagekarte genutzt?“ (offene Antwort)

Im Hinblick auf den Nutzungszweck gibt es eine klare Tendenz in Richtung der Feststellung bzw. Beurteilung der Lage (s. Abbildung 44). Mehr als zwei Drittel der insgesamt 86 Antworten auf diese Frage gehen auf diese Zielsetzung ein. Mit neun Personen gibt eine vergleichsweise

niedrige Zahl an Teilnehmern an, das digitale Lagebild aktiv zur Entscheidungsunterstützung eingesetzt zu haben. Hingegen spielt die Verwendung im Rahmen der Einsatzplanung, also bei der Konkretisierung der Entscheidungsumsetzung, für 31 Personen eine Rolle. Für 34 Teilnehmer stellte das digitale Lagebild eine Informationsplattform für sich selbst oder die eigenen Schnittstellen dar.

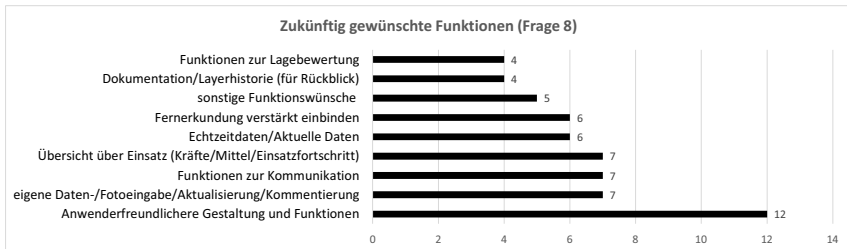


Abbildung 45: Zukünftig gewünschte Funktionen bzgl. Frage 8: „Welche Funktionen hätten Sie sich in der Lagekarte noch gewünscht?“ (offene Antwort)

Deutlich vielfältiger und weniger eindeutig in der Gesamtaussage fallen die Antworten auf die Frage nach für die zukünftige Weiterentwicklung gewünschten Funktionen aus (s. Abbildung 45). Immerhin knapp ein Viertel der 55 Personen, die diese Frage beantwortet haben, wünscht sich eine anwenderfreundlichere Gestaltung des Systems und der technischen Funktionen. In der Summe entfällt eine größere Zahl von Nennungen auf die Aktualisierungsprozesse der Daten. In der Ausprägung dieses Aktualitätsbegriffes unterscheiden sich die Beiträge jedoch deutlich. Während sechs Personen auf das Ziel der Echtzeitverfügbarkeit von technischen Daten eingehen, wünschen sich sieben Teilnehmer die Möglichkeit selbst (Bild-)Daten einfügen, aktualisieren und bei Bedarf auch kommentieren zu können. Einen verstärkten Fokus auf Funktionen der Fernerkundung wünschen sich sechs Teilnehmer. Weitere sieben Beiträge zielen in diesem Zusammenhang auf ein möglichst aktuelles Bild zum Einsatzverlauf auf Seiten der Einsatzkräfte, insbesondere zum Standort von Kräften und Ressourcen sowie zum Fortschritt des Einsatzes bzw. entsprechender Teilaufgaben, ab. Ebenfalls sieben Personen wünschen sich eine Möglichkeit zur Kommunikation unter Einbindung der Daten aus dem System. Vier Nennungen entfallen auf Funktionen zur Dokumentation des Ereignis- und Einsatzverlaufs in Form einer Historie, um Entwicklungen über den gesamten Zeitraum hinweg sowohl während des Einsatzes, aber auch in der Rückbetrachtung zu analysieren. Funktionen zur Lagebewertung werden vier Mal genannt.

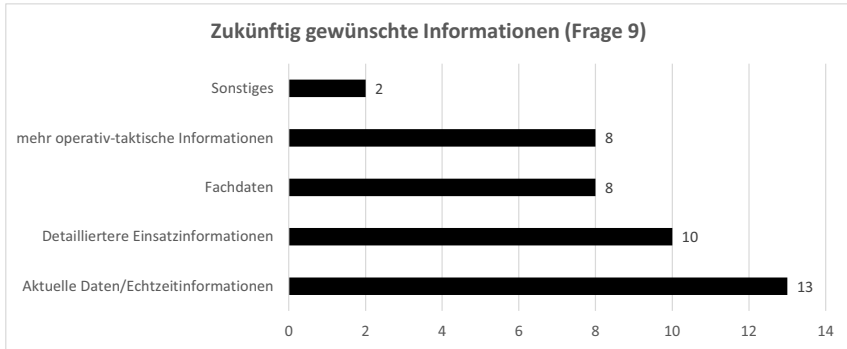


Abbildung 46: Zukünftig gewünschte Informationen eines digitalen Lagebildes bzgl. Frage 9: „Welche Informationen (Layer) hätten Sie sich noch gewünscht?“ (offene Antwort)

Mit Blick auf die für diese Zwecke benötigten Daten legen die Teilnehmer dementsprechend Wert auf die zeitlich engmaschigere Datenbereitstellung bis hin zu Echtzeitinformationen (Nennung bei 13 von 51 Antworten), Informationen zum laufenden Einsatz und operativ-taktische Informationen (10 bzw. 8 Nennungen) sowie Fachdaten (6 Nennungen) (s. Abbildung 46).

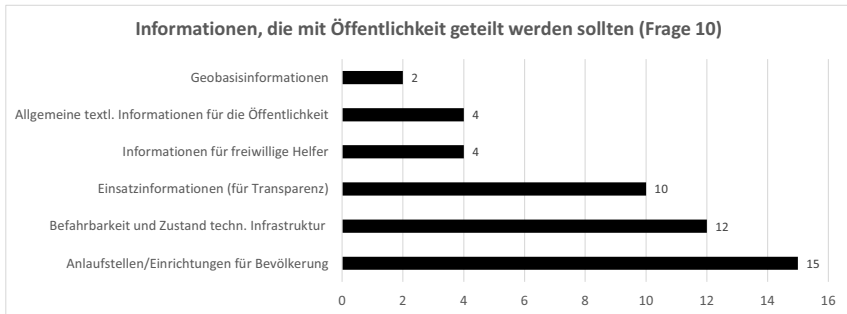


Abbildung 47: Potenziell bereitzustellende Informationen für die Öffentlichkeit bzgl. Frage 10: „Welche Informationen aus dem Stab würden Sie gerne mit der Öffentlichkeit teilen?“ (offene Antwort)

Eine weitere Frage bezog sich auf die Bereitstellung von Informationen für die Öffentlichkeit über die Plattform des digitalen Lagebildes (s. Abbildung 47). Inhaltlich liegt bei den insgesamt 52 Antwortenden ein deutlicher Fokus auf Hilfe zur Selbsthilfe und die Sicherheit der Bevölkerung. Im Detail schlagen fünfzehn Personen vor, auf diesem Wege Anlaufstellen und Einrichtungen für die Bevölkerung darzustellen. Für zehn Personen bildet die Information über den Zustand von technischer Infrastruktur und Fahrwegen einen relevanten Baustein. Freiwillige Helfer sehen hingegen nur vier Personen als Informationsempfänger an. Im Hinblick auf die Wahrnehmung des Einsatzes in der Bevölkerung schlagen Teilnehmer vor, Einsatz-

informationen im Sinne der Transparenz (zehn Nennungen) oder allgemeine textliche Informationen (vier Nennungen) mit der Bevölkerung zu teilen. Unmittelbare Geobasisinformationen spielen hingegen mit zwei Nennungen eine untergeordnete Rolle. Im Hinblick auf den Umfang des Informationsflusses legen 17 % der Teilnehmer besonderen Wert darauf, ausschließlich valide Informationen von aktueller Relevanz zu teilen. In drei Beiträgen sprechen sich die Teilnehmer hingegen dafür aus, grundsätzlich auf das Teilen von einsatzbezogenen Informationen mit der Bevölkerung zu verzichten.

12. Liste der Berichte

In der Reihe der Berichte des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Kaiserslautern sind bisher erschienen:

- Bericht 1** *Untersuchungen zur Bemessung von Regenentlastungen im ländlichen Raum*
L. Kirschbauer 1994, vergriffen
- Bericht 2** *Erfassung und Beurteilung der Transportvorgänge im Grundwasser am
Beispiel der Pflanzenschutzmittel*
H.-Ch. Schöpfer 1994
- Bericht 3** *Die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens maßgebender
Abflußereignisse in Kanalisationsnetzen und natürlichen Gewässern*
J. Sartor 1994
- Bericht 4** *Ermittlung maßgebender Hochwasserereignisse in Karstgebieten
am Beispiel des Egau-Gebietes (Schwäbische Alb)*
G. Koehler 1995
- Untersuchungen zur flächenhaften Erosion am Beispiel der
Erosionsmeßstellen Birkweiler und Kleiner Fischbach (Rheinland-Pfalz)*
G. Koehler, P. Bader 1995
- Bericht 5** *Untersuchungen zur Ermittlung regional gültiger Hochwasserabflüsse
am Beispiel des südbayerischen Donauraums*

*Erfassung von abflußrelevanten Bodeneigenschaften bei der Anwendung
eines einfachen Niederschlag-Abfluß-Modells*
M. Ott 1997
- Bericht 6** *Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben „Oster“. Gewässerbeschaffenheit und
Nährstoffbilanz eines kleinen, technisch ausgebauten Fließgewässers*

Untersuchungen zur Gewässerbeschaffenheit der Oster
S. Franke, W. Frey, M. Theis 1997
- Nährstoffbilanz für die Oster*
W. Frey, H. Hoffmann 1997

- Bericht 7** *Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben „Oster“. Auswirkungen einer Bachrenaturierung auf Gewässer und Aue*
Vortragsband zum Statusseminar vom 21. Oktober 1997 an der Universität Kaiserslautern
Herausgeber: G. Koehler 1998
- Bericht 8** *Hochwasserabflüsse aus Regen und Schnee in Mittelgebirgsgebieten am Beispiel von Nordbayern*
J. Sui 1998
- Bericht 9** *Bemessungsabflüsse für kleine Einzugsgebiete*
Tagungsband zum Kolloquium vom 4./5. März 1999 an der Universität Kaiserslautern
Herausgeber: G. Koehler 1999
- Bericht 10** *Einsatz von Wasserhaushaltsmodellen zur Wasserbewirtschaftung am Beispiel des Thika-Chania-Gebietes in Kenia*
J. M. Gathenya 1999
- Bericht 11** *Festschrift anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Dr.-Ing. Gero Koehler und des 15-jährigen Bestehens des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern*
Herausgeber: Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft, Universität Kaiserslautern 2000
- Bericht 12** *Die Auswirkungen von Renaturierungsmaßnahmen auf die Gewässergüte und die Selbstreinigungskraft am Beispiel der Oster (Saarland)*
W. Frey 2001
- Bericht 13** *Der Beitrag naturnaher Retentionsmaßnahmen in den Talauen zur Hochwasserdämpfung*
B. Marenbach 2002
- Bericht 14** *Der Einfluss des Grundwasserhaushaltes auf das Abflussverhalten kleiner Einzugsgebiete im Festgesteinsbereich der Mittelgebirge Systemanalyse und numerische Modellierung*
M. Probst 2002

- Bericht 15** *Einsatz von Methoden des „Soft Computings“ in der Hydrologie*
N. T. Lange 2003
- Bericht 16** *Quantifizierung der Prognoseunsicherheiten bei der praktischen Anwendung numerischer Grundwassermodelle*
H. J. Theis 2006
- Bericht 17** *Bewertung der Auswirkungen von Umweltfaktoren auf die Struktur und Lebensgemeinschaften von Quellen in Rheinland-Pfalz*
H. Schindler 2006
- Bericht 18** *Kommunale Hochwassermanagementsysteme als Baustein zur Umsetzung der Europäischen Hochwasserrichtlinie*
M. Gretzschel 2008
- Bericht 19** *Beiträge zum Fachkolloquium „Extremereignisse in der Wasserwirtschaft“*
Herausgeber: R. Jüpner, V. Lüderitz, A. Dittrich 2008
- Bericht 20** *Konzept zur ökologischen Bewertung und Entwicklung der Wooge im Biosphärenreservat Pfälzerwald*
Herausgeber: G. Koehler, W. Frey, H. Schindler, H. Hauptlorenz 2011
- Bericht 21** *Entwicklung eines Werkzeugs zur systematischen Bewertung der Grundlagen von Hochwassergefahrenkarten*
T. Weichel 2011
- Bericht 22** *Entscheidungshilfen für das nachhaltige Bauen von hochwasserangepassten Bauweisen in urbanen Gebieten*
M. Kathmann 2015