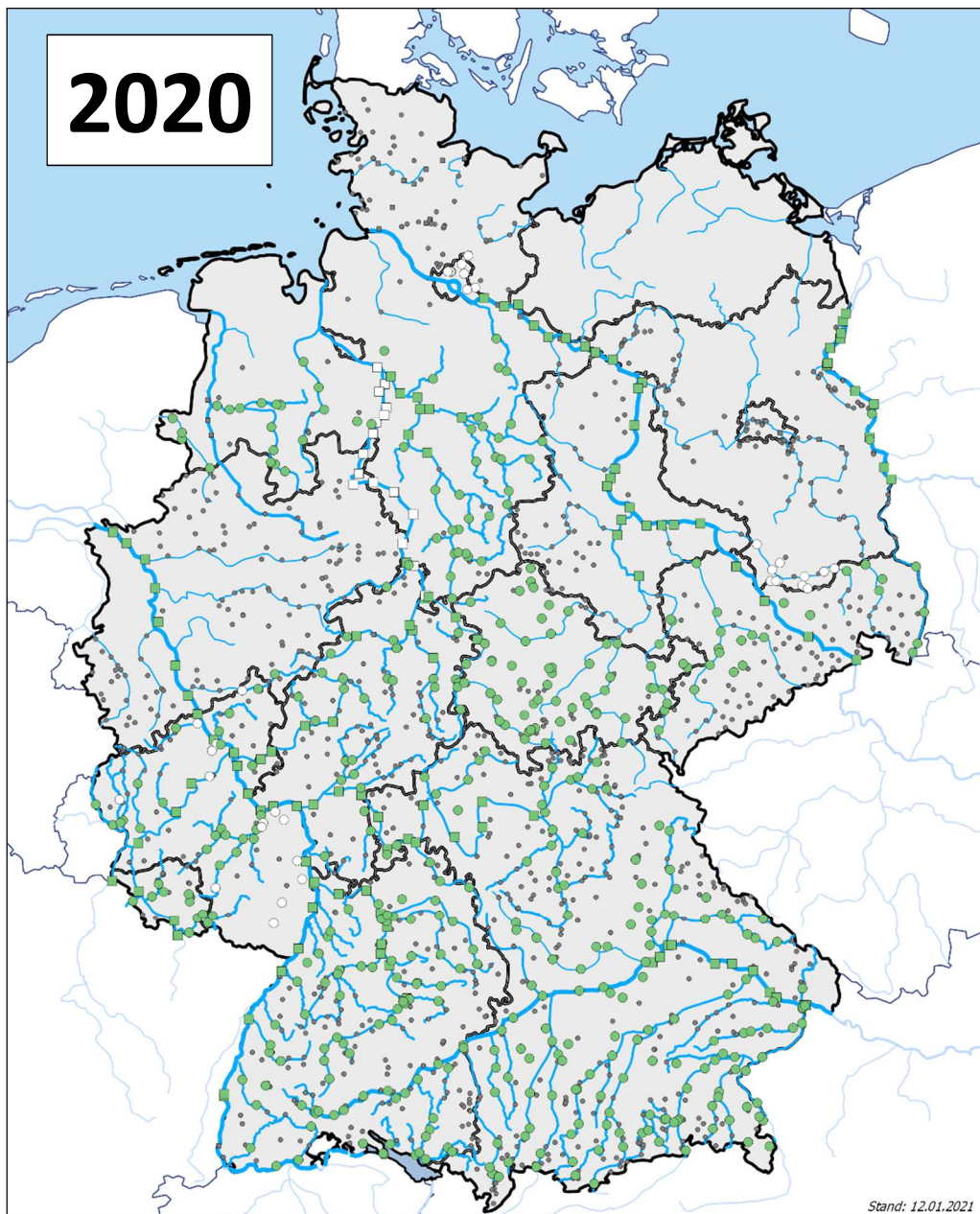


Der „Evaluationsbericht 2020“ wurde auf der 161. LAWA-Vollversammlung am 25./26. März 2021 beschlossen.



LAWA  
Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

## Bericht zur Evaluation der Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern



Die hier vorgelegte Evaluation der Handlungsempfehlungen wurde im Auftrag der LAWA-Vollversammlung und des LAWA-Ausschusses „Hochwasserschutz und Hydrologie“ durch die LAWA - Expertengruppe „länderübergreifendes Hochwasserportal“ sowie im Bereich der meteorologischen Daten (Kapitel D) durch die LAWA-Expertengruppe „Hydrometeorologie“ erarbeitet.

Der LAWA-Expertengruppe „länderübergreifendes Hochwasserportal“ gehören als Mitglieder an (Mitwirkende der „Redaktionsgruppe 2017 und 2020“ zum Arbeitsauftrag sind unterstrichen):

<u>Ackermann, Dieter</u>	HH	Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg
<u>Anhalt, Markus</u>	NI	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
<u>Bremicker, Dr. Manfred</u>	BW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Creutzfeldt, Dr. Benjamin	BE	Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Berlin
<u>Göritz, Steffen</u>	BB	Landesamt für Umwelt Brandenburg
<u>Hach, Ralf</u>	SH	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Hansmann, Sebastian	NW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Johst, Dr. Margret	RP	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz, Obfrau des LHP
<u>Krause, Dr. Peter</u>	TH	Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz
Kremer, Matthias	HE	Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Obmann des LHP
Laurent, Stefan	BY	Wasserwirtschaftsamt Kempten
<u>Meißner, Dennis</u>	BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Mothes, Dietmar	ITZ	Informationstechnikzentrum Bund
Müller, Philip	MV	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Philipp, Dr. Andy	SN	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
<u>Renner, Dr. Maik</u>	BB	Landesamt für Umwelt Brandenburg
Rigoll, Klaus	SL	Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland
Rolker, Imke	HB	Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau, Bremen
Schreiter, Frank	ST	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
Stahl - van Rooijen, Natalie	BY	Bayerisches Landesamt für Umwelt
Als Gäste haben mitgewirkt:		
<u>Demuth, Norbert</u>	RP	Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz
<u>Meyer, Sebastian</u>	NI	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
<u>Wilhelm, Frank</u>	BY	Bayerisches Landesamt für Umwelt
sowie		
Preuß, Patrick, Bühler, Carina		Hydron GmbH, Karlsruhe

In den Bearbeitungsprozess nachrichtlich eingebunden waren die jeweiligen Ansprechpartner der Flussgebietsgemeinschaften Donau, Elbe, Ems, Rhein und Weser.

Im Bericht enthaltene Informationen zu den Pegeln der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes wurden von der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt bereitgestellt.

Titelseite: Hochwasserrelevante Pegel an deutschen Binnengewässern und Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen für diese Pegel (Stand 2020). Erläuterung und Legende siehe Kap. A

# Inhalt

1. Vorwort .....	4
2. Arbeitsauftrag und Vorbemerkungen.....	8
3. Evaluation einzelner Handlungsfelder .....	10
Handlungsfeld A: Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung.....	10
Handlungsfeld B: Absicherung der technischen Ausfallsicherheit.....	24
Handlungsfeld C: Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit.....	33
Handlungsfeld D: Verbesserung von Umfang und Qualität der verfügbaren Ereignisdaten.....	36
Handlungsfeld E: Systemdaten und Prozessbeschreibung in Hochwasser-Vorhersagesystemen	49
4. Anlagen .....	53
Anlage A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld A - Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung .....	53
Anlage B: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld B - Absicherung der technischen Ausfallsicherheit .....	60
Anlage C: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld C - Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit .....	65
Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D - Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten .....	68
Anlage E: Glossar / Definition von Begrifflichkeiten .....	81

## 1. Vorwort

In Vorbereitung und zur Aufstellung des Nationalen Hochwasserschutzprogramms hat die LAWA auf Bitte der Umweltministerkonferenz und in Zusammenarbeit mit den Flussgebietsgemeinschaften 2014 die „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an deutschen Binnengewässern“ erarbeitet. Es wurde auch beschlossen, im Nachgang den Stand des Erreichten zweimal im Abstand von jeweils drei Jahren zu evaluieren. Die erste Evaluation wurde im Jahr 2017 durchgeführt. Diese wurde in 2020 wiederholt und nur in einigen wenigen Punkten ergänzt. Um die Entwicklungen möglichst transparent und übersichtlich aufzuzeigen, wurde der Evaluationsbericht aus 2017 mit den Ergebnissen aus 2020 ergänzt und zum hier vorgelegten Evaluationsbericht 2020 fortgeschrieben.

Die Evaluationen der Handlungsempfehlungen im Jahr 2020 zeigten, dass die Anzahl von hochwasserrelevanten Pegeln und die Anzahl der Pegel, für die Hochwasservorhersagen veröffentlicht werden, innerhalb von Deutschland räumlich sehr unterschiedlich ausgeprägt ist (siehe folgende Tabelle sowie Abbildung A-1 auf Seite 12). Die Angabe in Klammern nennt die Veränderung von 2017 nach 2020. Hier haben die Länder BW und RP deutliche Zuwächse bei der Anzahl der hochwasserrelevanten Pegel gemeldet. Hierdurch hat sich allerdings die Grundgesamtheit im Verhältnis zum Jahr 2017 verändert, was bei einigen Auswertungen zu scheinbaren Verschlechterungen geführt hat. Hierauf wird an den entsprechenden Stellen des Berichtes hingewiesen.

Bundesland (nur Flächenländer, sortiert nach Anzahl hochwasserrelevanter Pegel pro 1000 km <sup>2</sup> )	hochwasser- relevante Pegel		Pegel mit Veröffentlichung von HW-Vorhersagen mit Lage im Bundesland	
	Anzahl	pro 1.000 km <sup>2</sup>	Anzahl	pro 1.000 km <sup>2</sup>
Saarland	25 (±0)	9,7	13 (±0)	5,1
Baden-Württemberg	274 (+22)	7,6	102 (+1)	2,8
Bayern	484 (-4)	6,8	170 (±0)	2,4
Sachsen	109 (+3)	5,9	30 (+16)	1,7
Hessen	115 (±0)	5,4	41 (±0)	1,9
Thüringen	83 (±0)	5,1	57 (±0)	3,5
Rheinland-Pfalz	101 (+21)	5,1	39 (±0)	2,0
Brandenburg*	138 (+8)	4,7	16 (±0)	0,5
Schleswig-Holstein*	67 (+2)	4,2	1 (±0)	0,1
Nordrhein-Westfalen*	138 (+1)	4,0	8 (+1)	0,2
Sachsen-Anhalt*	71 (+1)	3,4	15 (±0)	0,7
Niedersachsen*	113 (±0)	2,4	69 (+2)	1,4
Mecklenburg-Vorpommern*	3 (±0)	0,1	2 (±0)	0,1

\*Bundesland mit Flächenanteil im norddeutschen Tiefland

Diese unterschiedliche räumliche Dichte von hochwasserrelevanten Pegeln beruht größtenteils darauf, dass die Hochwasserentstehung und die Hochwasserentwicklung insbesondere im norddeutschen Flachland anders einzuschätzen sind als in Gebieten mit überwiegendem Mittel- oder Hochgebirgsanteil, wo durch orographische Bedingungen in Verbindung mit einem höheren Niederschlagsaufkommen in der Regel ein dynamischeres Abflussverhalten vorliegt. Dadurch ist in gebirgsgeprägten Flussgebieten eine erhöhte Pegelanzahl notwendig. Im Flachland hingegen entwickelt sich eine Hochwasserwelle in Abhängigkeit der Flussgebietscharakteristik in der Regel homogener, weshalb dort oftmals eine geringere Pegeldichte ausreicht, um die Abflussverhältnisse zu erfassen.

Des Weiteren gibt es Gebiete im norddeutschen Flachland, in denen trotz einer hohen Gewässerdichte – also relativ vielen Fließ- und Standgewässern in der Fläche – nur für einen geringen Anteil dieser Gewässer ein Hochwassergefährdungspotential besteht, wodurch die Pegelanzahl ebenfalls niedriger ausfallen kann.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass die Bundesländer bei der Ermittlung der Anzahl hochwasserrelevanter Pegel die im Glossar aufgeführten Auswahlaspekte entsprechend regionaler Gegebenheiten und damit z. T. unterschiedlich gewichtet haben.

Die insgesamt geringere Vulnerabilität bestimmter Regionen und kleiner Einzugsgebiete im norddeutschen Tiefland führt darüber hinaus dazu, dass eine modellgestützte Erstellung von Hochwasservorhersagen dort derzeit nicht vorhanden und z.T. auch zukünftig nicht vorgesehen ist.

Regionale Besonderheiten in Tieflandregionen sind jedoch in jedem Fall differenziert voneinander zu bewerten, da dies nicht bedeutet, dass in den Tieflandregionen generell keine Hochwasservorhersage erforderlich ist.

In urban geprägten Einzugsgebieten ist die Erstellung von Vorhersagen für kleinere Gewässer aufgrund der kurzen Reaktionszeiten sowie der komplexen Kanalisations- und Entwässerungssysteme außerordentlich schwierig und oftmals nicht möglich.

Bundesländer, die aus den vorgenannten fachlichen und wirtschaftlichen Gründen bisher keine Hochwasservorhersagen erstellen, sind BE, HB, MV und SH.

### **Besonders wichtige Erkenntnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen**

Der Umsetzungsgrad der Handlungsempfehlungen in 2017 hat sich gegenüber dem Zustand von 2013 z.T. deutlich und in 2020 noch einmal leicht erhöht. Für die jeweiligen Akteure (Bundesländer, Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, Deutscher Wetterdienst, Informationstechnikzentrum Bund) verbleibt jedoch im jeweiligen Zuständigkeitsbereich weiterhin Verbesserungsbedarf, der regional bzw. auf einzelne Handlungsfelder bezogen auch erheblich sein kann.

Der vorliegende Evaluationsbericht gibt detaillierte Entscheidungshilfen, um die notwendigen Verbesserungen einzuleiten bzw. fortzusetzen. Besonders wichtige Erkenntnisse sind:

- Die Anzahl der Pegel an deutschen Binnengewässern, für die **Hochwasservorhersagen veröffentlicht** werden, hat sich von 2013 auf 2017 um rund 33%, von 2017 auf 2020 um weitere 3% erhöht. *Details: Abb. A-1 und A-2, Seiten 12 und 13.*
- Ein **Ausbaubedarf bei der Erstellung bzw. der Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen** wird insbesondere in Teilen von BB, BE, NI, NW, RP und ST festgestellt. Dies betrifft nach wie vor die Spree und einige weitere Elbezuflüsse sowie einige Zuflüsse zum Niederrhein. Für

das Flussgebiet der Weser wurde ein Hochwasservorhersagemodell erarbeitet, das 2021 in Betrieb gehen wird. *Details: Abb. A-1, Seite 12.*

- Bei der **technischen Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und des ITZBund** hat sich die Anzahl der Zentralen mit mindestens größtenteils umgesetzten Empfehlungen von 2013 bis 2020 in mehreren Bereichen sukzessive zum Teil deutlich verbessert. Nur unter dem Aspekt der technischen Anforderungen an den Internetauftritt und die Telekommunikationsanbindung besteht in vielen Bundesländern noch erheblicher Handlungsbedarf. *Details: Abb. B-5 bis B-7, Seite 30 ff*
- Im Vergleich zu 2013 hat sich 2017 die **personelle Ausstattung der Hochwasservorhersagezentralen** in 3 Bundesländern deutlich und in 5 weiteren Bundesländern leicht verbessert. In den übrigen Ländern blieb die Personalausstattung unverändert bzw. nahezu gleich. Von 2017 zu 2020 konnten weitere Verbesserungen erzielt werden. Bestand 2017 in 5 Bundesländern in mindestens einem Funktionsbereich der jeweiligen Hochwasservorhersagezentrale noch mindestens ein mittlerer bis hoher Bedarf, waren es 2020 nur noch zwei Länder. *Details: Abb. C-1, Seite 33.*
- Die Umsetzung der evaluierten Handlungsempfehlungen zu den **Hochwasservorhersagesystemen** zeigt **insgesamt eine positive Entwicklung**. Für viele Flussgebiete besteht jedoch ein weiterer Verbesserungsbedarf, z. B. im Bereich der modelltechnischen Berücksichtigung der Auswirkung von Deichbrüchen. Hier konnten auch in den vergangenen drei Jahren keine weiteren Entwicklungen festgestellt werden. *Details: Kap. E, Seite 48 ff.*
- Die hochwasserrelevanten **Produkte des Deutschen Wetterdienstes** wurden seit 2014 über 2017 bis 2020 weiterentwickelt und verbessert. Besondere Fortschritte wurden im Bereich der numerischen Wettervorhersage, deren Validierung, bei den Radarprodukten und der Einbindung von Partnernetzen erreicht. Weitere Verbesserungen sind in den nächsten Jahren geplant, zum Beispiel ein neues bruchfreies Vorhersagesystem für die Kurzzeitfrist. Mit der Umsetzung der geplanten Maßnahmen werden die Handlungsempfehlungen größtenteils erfüllt sein. *Details: Kap. D.1 bis D.4, Seite 35 ff*
- Bei der **Pegeltechnik und Datenübertragung vom Pegel zur Zentrale** ist eine positive Entwicklung zu verzeichnen. Während es 2017 noch 6 Bundesländer gab, in denen die Empfehlungen nur in geringem Maße (< 50%) umgesetzt waren, konnte diese Zahl 2020 halbiert werden, sodass der Großteil der Bundesländer (10) sowie das ITZBund die Handlungsempfehlungen größtenteils (> 75%) umgesetzt hat. *Details: Abb. B-1 und B-2, Seite 25 f.*
- Bei der **baulichen Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel** war zum Evaluationszeitpunkt 2017 in der Hälfte der Bundesländer ein hohes Maß am Umsetzungsgrad der Handlungsempfehlungen zu verzeichnen (mindestens > 75 %). Trotz der 2020 stabil gebliebenen Gütemaße der evaluierten Pegel in 2017 konnte der positive Entwicklungstrend zumindest grafisch nicht in allen Bundesländern fortgesetzt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es in einigen Bundesländern zu einer Erhöhung der Anzahl an hochwasserrelevanten Pegeln kam. Daraus resultiert in den Abbildungen eine *relative* Verschlechterung beim Umsetzungsgrad, die jedoch nicht mit einer *absoluten* Verschlechterung im Bundesland zu verwechseln ist. *Details: Abb. B-3 und B-4, Seite 28.*

- Eine erstmals durchgeführte Abfrage zur **Arbeit der Vorhersagezentralen unter Pandemiebedingungen** zeigte ein überwiegend positives Bild. Größter Handlungsbedarf besteht bei der Schulung des Personals für außergewöhnliche Einsätze. *Details: Kap. C, Seite 33 f.*

Die Evaluation verdeutlicht, dass trotz der bereits erreichten Fortschritte weitere Verbesserungen notwendig sind, um den empfohlenen Beitrag zur Minderung des Schadensausmaßes bei zukünftigen Hochwasserereignissen zu leisten.

Entscheidend für die Zielerreichung und die Fristen bei der Umsetzung der Empfehlungen sind nicht technische Einschränkungen, sondern das Vorhandensein der erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen.

## 2. Arbeitsauftrag und Vorbemerkungen

Hochwasservorhersagen sind für Katastrophenstäbe und Wasserwehren eine unabdingbare Planungsbasis. Sie unterstützen das rechtzeitige Einleiten von Schutzmaßnahmen bis hin zur Evakuierung und bilden somit eine entscheidende Voraussetzung für die Begrenzung des Schadensausmaßes für Mensch, Umwelt, Kulturgüter und Wirtschaft.

In Vorbereitung und zur Aufstellung des Nationalen Hochwasserschutzprogramms hat daher die LAWA auf Bitte der Umweltministerkonferenz und in Zusammenarbeit mit den Flussgebietsgemeinschaften die „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an deutschen Binnengewässern“ erarbeitet (LAWA, 2014; [https://www.lawa.de/documents/00\\_handlungsempfehlungen\\_verbesserung\\_grundlagen\\_qualitaet\\_hochwasservorhersage\\_binnengewasser\\_1552299220.pdf](https://www.lawa.de/documents/00_handlungsempfehlungen_verbesserung_grundlagen_qualitaet_hochwasservorhersage_binnengewasser_1552299220.pdf))

Durch eine konsequente Umsetzung der Handlungsempfehlungen kann ein wichtiger Beitrag geleistet werden, um bei zukünftigen Hochwasserereignissen das Schadensausmaß in Deutschland wirkungsvoll zu vermindern.

Die LAWA hat daher in ihrer 148. Vollversammlung beschlossen, die **Umsetzung der Handlungsempfehlungen** und damit die weitere Verbesserung der Hochwasservorhersage für deutsche Binnengewässer zu begleiten und den Stand des Erreichten zweimal im Abstand von jeweils drei Jahren **zu evaluieren**.

Die LAWA-Expertengruppe „Länderübergreifendes Hochwasserportal“ hat hierfür bei den Hochwasserzentralen der Bundesländer, beim Deutschen Wetterdienst (DWD) sowie im Bereich hydrologischer Messdaten auch bei der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) sowie beim Informationstechnikzentrum Bund (ITZBund) die erforderlichen Kenndaten erhoben und die Evaluation durchgeführt.

Mit angemessenem Aufwand konnte nicht jede Handlungsempfehlung evaluiert werden, daher wurden besonders relevante Themenfelder ausgewählt. Die Anlagen A bis D enthalten eine Kurzübersicht sämtlicher Handlungsempfehlungen. Die Angaben für 2013 sind zum Teil Schätzwerte und basieren gegenüber 2017 und 2020 z. T. auf gering unterschiedlichen Datenabfragen. Hierdurch ist die Vergleichbarkeit zwar in einzelnen Fällen eingeschränkt, dennoch bieten die Angaben für 2013 eine ausreichende Basis zur Abschätzung der Entwicklung.

Um der neuen Struktur der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) gerecht zu werden, gleichzeitig aber eine bundesweite Differenzierung zu ermöglichen, wurden für diese Evaluation die Pegel der WSV in die Hauptflussgebiete eingeteilt.

Für bestimmte Regionen im norddeutschen Tiefland ist eine modellgestützte Erstellung von Hochwasservorhersagen derzeit nicht vorhanden und z. T. auch zukünftig nicht vorgesehen, da dort z. B. aufgrund von großräumigeren landwirtschaftlichen Nutzungen meist nur geringe Schadenspotentiale vorhanden sind. Bundesländer, die z.B. aus solchen Gründen keine HW-Vorhersagen erstellen, sind bei den vorhersagebezogenen Auswertungen nicht berücksichtigt und in den Auswertekarten weiß markiert.



Vorhersagen für tidebeeinflusste Fließgewässer in Norddeutschland, die durch das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie erstellt werden, sind nicht Gegenstand der Handlungsempfehlungen und somit auch nicht dieser Evaluation für die Binnengewässer in Deutschland.

Der vorliegende Evaluationsbericht zeigt für das Jahr 2017 und 2020 den Stand des Erreichten bei der Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an deutschen Binnengewässern auf.

Die Redaktionsgruppe empfiehlt weiterhin regelmäßig im Abstand von vier Jahren den aktuellen Stand der Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage in den Bundesländern und beim Bund abzufragen und auszuwerten. Die vergangenen Evaluationen erwiesen sich für alle Beteiligten als außerordentlich hilfreich, um sowohl den eigenen Zustand als auch den Weiterentwicklungsbedarf der Einrichtungen und Leistungen zu bewerten. Durch die vergleichende Evaluation werden mögliche Defizite in einzelnen Teilbereichen aufgezeigt, die im Anschluss gezielt behoben werden können. Über die Art und Weise einer zukünftigen Evaluation und deren konkreten Inhalte soll bei Auftragserteilung durch den LAWA-AH beim nächsten Treffen der LAWA-EG Länderhochwasserportal beraten werden.

### 3. Evaluation einzelner Handlungsfelder

#### Handlungsfeld A: Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung

##### Bedeutung des Handlungsfeldes A:

Hochwasservorhersagen sind für Katastrophenstäbe und Wasserwehren eine unabdingbare Planungsbasis, unterstützen das rechtzeitige Einleiten von Schutzmaßnahmen und bilden somit eine entscheidende Voraussetzung für die Begrenzung des Schadensausmaßes.

##### Handlungsempfehlungen:

##### A.1 (Erst-) Erstellung von Vorhersagemodellen für bisher nicht mit Hochwasservorhersagen abgedeckte Flussgebiete

Die Abdeckung der Flussgebiete in Deutschland mit Hochwasservorhersagen ist regional sehr unterschiedlich.

Es ist *dringend notwendig zu prüfen*, ob in Flussgebieten mit Verbesserungspotential die Erstellung und der Betrieb von Hochwasservorhersagemodellen auch hier sinnvoll und notwendig sind oder ob dort eher kein Bedarf an einer Hochwasservorhersage besteht.

##### Umsetzungsgrad 2017:

Bundesweit werden für rund 32% der hochwasserrelevanten Pegel an den Binnengewässern (543 von 1689 Pegeln) Hochwasservorhersagen veröffentlicht. Details hierzu enthalten Tab. A-1 in Anlage A.

Es zeigt sich, dass die Verteilung zwischen den Bundesländern sehr unterschiedlich ausgeprägt ist. Dies beruht größtenteils darauf, dass die Hochwassergefährdung im norddeutschen Flachland generell geringer ist als in den übrigen Gebieten Deutschlands, da dort z.B. aufgrund von großräumigeren landwirtschaftlichen Nutzungen meist nur geringe Schadenspotentiale vorhanden sind.

Weiterhin ist die Erstellung von Vorhersagen für kleinere Gewässer aus urban geprägten Einzugsgebieten (z.B. in HB und HH) aufgrund der kurzen Reaktionszeiten sowie der komplexen Kanalisations- und Entwässerungssysteme außerordentlich schwierig.

Einen Ausbaubedarf bei der Vorhersageerstellung besteht für Teile von BB, BE, NI, NW, RP, SL und ST. Zu den Flussgebieten mit deutlichen Defiziten gehören Zuflüsse zum Niederrhein und zur Elbe, die Spree und der Bereich Weser-Ems. Für die Weser wird aber zumindest eine vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Hann. Münden berechnete Wellenberechnung von Pegel Hannoversch-Münden bis Pegel Dörverden für die Schifffahrt veröffentlicht, die auch bei Hochwasser Verwendung findet. Derzeit prüfen die beteiligten Bundesländer eine Hochwasservorhersage für die Weser gemäß den LAWA-Handlungsempfehlungen aufzubauen.

Abbildung A-2 zeigt die Veränderung zwischen den Evaluationen von 2013, 2017 und 2020. Innerhalb des Betrachtungszeitraumes hat sich die Anzahl der veröffentlichten Hochwasservorhersagen bis 2017 um 137 Pegel (und damit um rund 33%) von zuvor 406 Pegeln auf 543 erhöht. Insbesondere in BY und TH wurden gegenüber 2013 deutliche Verbesserungen bei der Anzahl der veröffentlichten Hochwasservorhersagen erzielt.

##### Umsetzungsgrad 2020:

Bundesweit werden weiterhin für rund ein Drittel der hochwasserrelevanten Pegel an den Binnengewässern (563 von 1751 Pegeln) Hochwasservorhersagen veröffentlicht. Dieser Anteil begründet

sich in der Definition hochwasserrelevanter Pegel, welche auch Pegel beinhaltet, die z. B. ausschließlich wichtige Daten für die Vorhersageerstellung liefern. Die Definition hochwasserrelevanter Pegel ist im Glossar zu finden. Gegenüber 2017 ist die Zahl der als hochwasserrelevant eingestuften Pegel um 62 gestiegen. Details hierzu enthalten Tab. A-1 in Anlage A sowie die Abbildungen A-1 und A-2. Zu beachten ist, dass sich die Pegelsymbole in der aktuellen Abbildung A-1 gegenüber dem Stand 2017 verändert haben. So findet hier keine Unterteilung in Bundes- und Länderpegel mehr statt, um stärker auf den Stand der Hochwasservorhersage zu fokussieren. Die Unterscheidung zwischen Bundes- und Landespegel ermöglicht das Titelbild, bei dem die Länderpegel mit kreisförmigen Symbolen, die Bundespegel mit quadratischer Signatur gekennzeichnet sind. Für grün eingefärbte Pegel (unabhängig vom Betreiber) werden bereits Vorhersagen veröffentlicht, für weiß markierte Pegel erfolgt dies ab dem Jahr 2021.

Die ungleiche räumliche Verteilung der Pegel ist entsprechend der unterschiedlichen Hochwassergefährdung weiterhin sinnvoll und daher unverändert. Auch die Tatsache, dass kleine Gewässer aus urban geprägten Gebieten schwierig vorherzusagen sind, hat weiterhin Gültigkeit und schlägt sich in Abbildung A-1 nieder.

Der zum Ende des Jahres 2020 noch bestehende Ausbaubedarf bei der Vorhersageveröffentlichung ist Abbildung A-1 (Pegel mit orangem Symbol) zu entnehmen. Deutliche Defizite bestehen weiterhin insbesondere für Zuflüsse zum Niederrhein, die Eifel-Rur, die Spree und die Ems. Für die Spree (BB), die Zuflüsse zum Niederrhein und die Eifel-Rur (NW) sowie die Ems (NI/NW) werden derzeit Konzepte bzw. Vorkonzepte zur Erstellung bzw. Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen erarbeitet. Für die Binnenweser wird die Aufnahme eines operationellen Vorhersagebetriebs für das Jahr 2021 unmittelbar vorbereitet. Gleiches gilt für zahlreiche Rhein Nebenflüsse in RP sowie das Flussgebiet der Schwarzen Elster in BB.

Abbildung A-2 zeigt die weitere leichte Zunahme der Pegel, für die aktuell Hochwasservorhersagen veröffentlicht werden. Gegenüber 2017 ist die Zahl um weitere 20 Pegel angewachsen. Im Jahr 2021 ist die Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen für 42 weitere Pegel in Vorbereitung.

Zwischen 2013 und 2021 wird sich demnach die Zahl der Pegel, für die Hochwasservorhersagen veröffentlicht werden, um rund 50 % erhöht haben (2013: 406 Pegel; 2021: 605 Pegel).

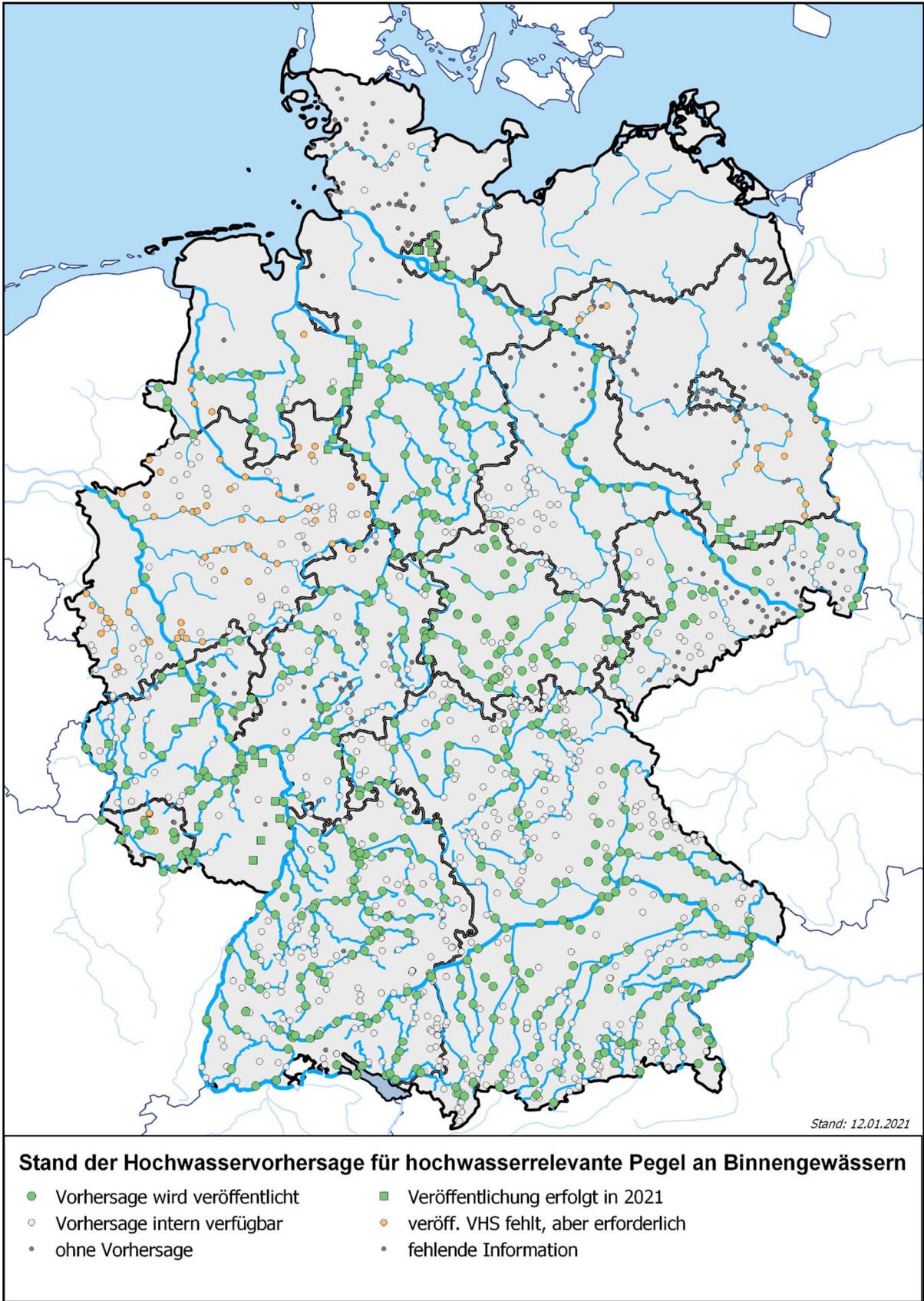


Abbildung A-1: Stand der Hochwasservorhersage 2020



Abbildung A-2: Standorte der Pegel, für die seit 2013 Hochwasservorhersagen veröffentlicht werden sowie der Pegel, die 2017 und 2020 neu hinzugekommen sind bzw. die 2021 hinzukommen werden

## A.2 Nationale und internationale Vernetzung der Hochwasservorhersagen

Um eine bestmögliche und grenzüberschreitende Vorhersage zu gewährleisten, ist es *notwendig*, dass jede Vorhersagezentrale (im In- und Ausland) auf Basis ihrer guten örtlichen Kenntnisse und Modelle die Vorhersagen für den jeweiligen Zuständigkeitsbereich erstellt und diese automatisiert und zeitnah für die flussabwärts gelegenen Zentralen bereitstellt. Innerhalb der großen Stromgebiete ist dazu eine länder- und staatenübergreifende Zusammenarbeit der zuständigen Vorhersagezentralen notwendig.

Es bestehen bereits viele Kooperationen und Verwaltungsvereinbarungen, welche die Zusammenarbeit und Arbeitsteilung regeln. Dort wo dies noch nicht ausreichend umgesetzt ist, ist es *dringend notwendig*, die vorhandenen und noch neu zu erstellenden regionalen und überregionalen Vorhersagesysteme innerhalb der Flussgebiete über einen automatisierten Datenfluss miteinander zu vernetzen.

Eine Neuregelung der Beteiligung der WSV an den Meldediensten der Länder wurde in den letzten drei Jahren flussgebietsweise initiiert. Für die Elbe und Weser ist dieser Prozess bereits weitgehend abgeschlossen. In den weiteren Flussgebieten laufen die konstruktiven Abstimmungen zwischen dem Bund und den beteiligten Ländern.

### Umsetzungsgrad 2017:

10 Bundesländer (BB, BW, BY, HE, NI, RP, SL, SN, ST, TH) betreiben Hochwasservorhersagezentralen, in 2 weiteren Ländern (HH, NW) befinden sich diese im Aufbau. In den Hochwasserzentralen von BE, HB, MV und SH werden keine Vorhersagen erstellt.

Eine enge Vernetzung besteht zwischen den Hochwasservorhersagezentralen im Bereich des Rheins, der Donau, der Oder und entlang der Elbe. Verbesserungsbedarf besteht bei den Elbezuflüssen sowie für die Weser.

### Umsetzungsgrad 2020:

10 Bundesländer (BB, BW, BY, HE, NI, RP, SL, SN, ST, TH) betreiben Hochwasservorhersagezentralen, in 2 weiteren Ländern (HH, NW) befinden sich diese weiterhin im Aufbau. In den Hochwasserzentralen von BE, HB, MV und SH werden weiterhin keine Vorhersagen erstellt. Die Abbildung A-3 zeigt die enge Vernetzung der Datenflüsse für die Berechnung von Vorhersagen zwischen den einzelnen Hochwasservorhersagezentralen sowohl innerhalb Deutschlands wie auch mit den Nachbarstaaten Niederlande, Frankreich, Luxemburg, Schweiz, Österreich, Tschechische Republik, Polen. Insbesondere im Bereich von Elbe und Weser hat sich gegenüber 2017

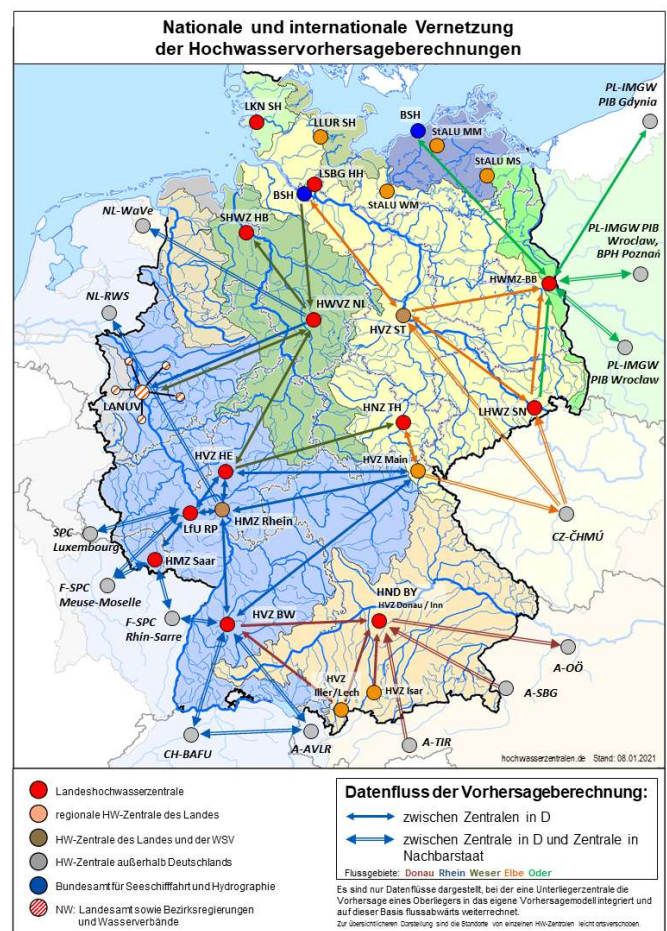


Abb. A-3: Nationale und internationale Vernetzung der Datenflüsse der Hochwasservorhersagezentralen 2020

diese Vernetzung weiter intensiviert. Im Rahmen des Interreg Projektes DAREFORT wurde eine Datenaustauschplattform für das gesamte Donaeinzugsgebiet entwickelt, die seit 2020 im Testbetrieb ist.

### **A.3 Betrieb der Hochwasservorhersagemodelle**

Um einen reibungslosen Betrieb der Hochwasserzentralen sicherzustellen ist es *dringend notwendig*, regelmäßig zu überprüfen, ob die Hochwasservorhersagemodelle jederzeit einsatzbereit sind.

Hierzu wird empfohlen, die Vorhersagemodelle in den Hochwasserzentralen kontinuierlich zu betreiben, d. h. im ganzjährigen Betrieb über das gesamte Abflussspektrum. Dies ist auch für die Verbesserung der Vorhersage für die großen Flusssysteme *notwendig*.

#### **Umsetzungsgrad 2017:**

Außerhalb von Hochwasserzeiten werden Vorhersagemodelle für 277 Pegel mindestens einmal täglich, für 263 Pegel mindestens einmal arbeitstäglich und für 3 Pegel mindestens einmal pro Woche betrieben.

In den Bundesländern, in denen die Hochwasservorhersagemodelle automatisiert betrieben werden (BW, HE, RP, SL, SN, TH), werden auch die Durchflüsse kleinerer Flüsse zumindest einmal oder auch mehrmals täglich prognostiziert.

In den Ländern BY, BB, NI und ST werden die Modelle zumindest einmal pro Woche, meist aber arbeitstäglich betrieben.

Weitere Informationen enthält Tab. A-2 in Anlage A.

#### **Umsetzungsgrad 2020:**

Die Zahl der Pegel, für die auch außerhalb von Hochwasserzeiten die Vorhersagemodelle mindestens einmal täglich betrieben werden, ist von 277 (2017) auf 294 Pegel gestiegen. Die größten Zuwächse sind diesbezüglich in SN zu verzeichnen. Die Anzahl an Pegeln, für die Vorhersagemodelle mindestens einmal arbeitstäglich betrieben werden, ist um 2 Pegel auf 265 Pegel angewachsen. Die Pegelanzahl, für die mindestens einmal pro Woche ein Modellbetrieb erfolgt, liegt unverändert bei lediglich 3 Pegeln. In BY werden inzwischen stündlich automatisch Vorhersagen erzeugt.

Weitere Informationen enthält Tab. A-2 in Anlage A sowie Abb. A-1 und A-4.

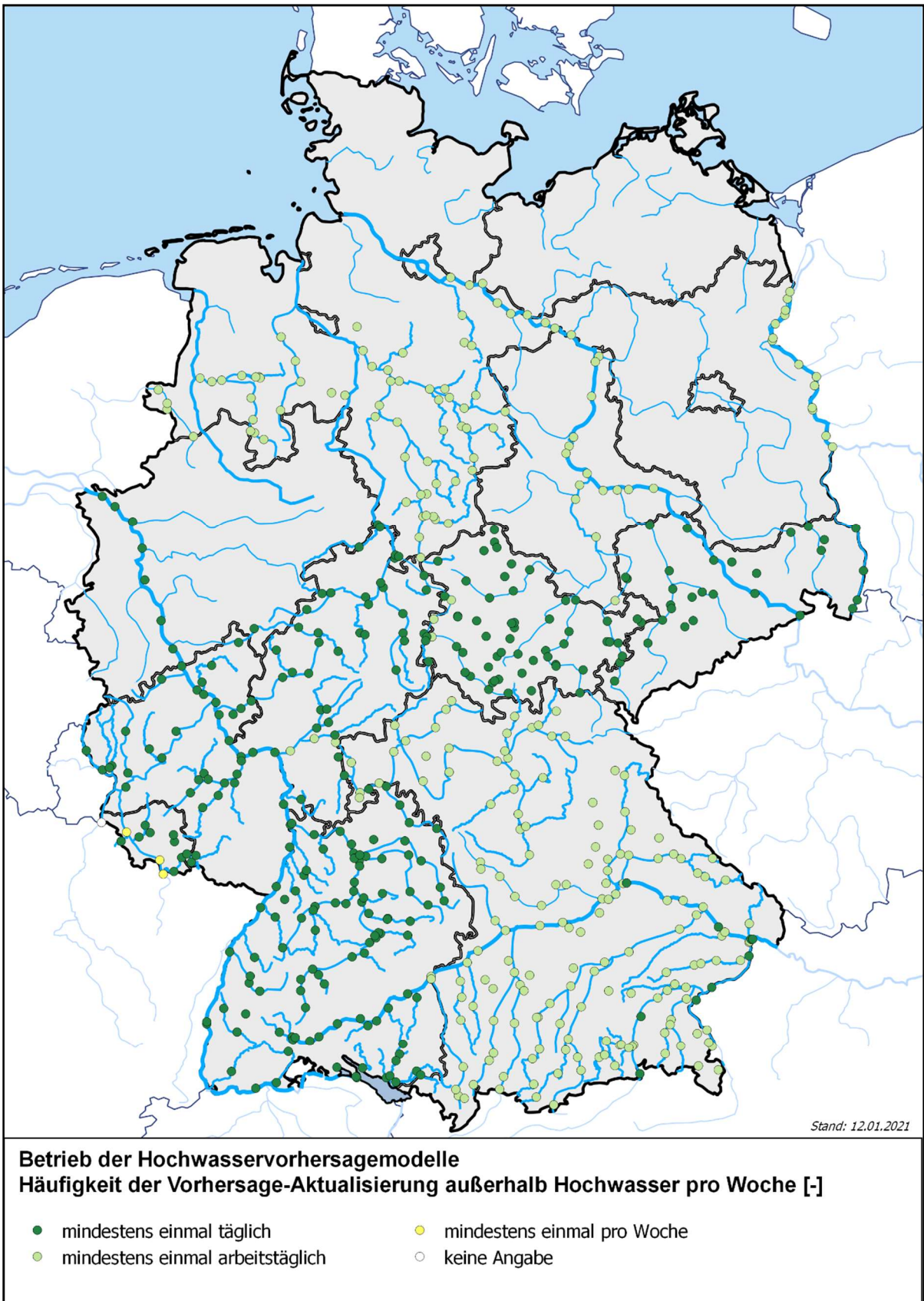


Abb. A-4: Häufigkeit der Vorhersageaktualisierung durch Hochwasservorhersagemodelle im Routinebetrieb (kein Hochwasser), Stand 2020



#### **A.4 Kommunikation von Warnungen und Vorhersagen**

Die Kommunikation von Vorhersagen und Warnungen hat eine große Bedeutung für die Verbreitung der Informationen im Hochwasserfall. Dabei ist es *dringend notwendig*, dass Vorhersagen, aber insbesondere die Warnungen, zeitnah veröffentlicht werden sowie klar und übersichtlich dargestellt sind.

Es ist *notwendig zu prüfen*, in welcher Häufigkeit die Vorhersagen im Hochwasserfall veröffentlicht werden. Es wird *dringend empfohlen*, die Hochwasservorhersagen im Ereignisfall (ab LHP Klasse 3) mindestens in folgenden Aktualisierungsintervallen zu berechnen und zu veröffentlichen:

- Flussgebiete < 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 3-stündliche Aktualisierung (8-mal täglich)
- Flussgebiete > 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 6-stündliche Aktualisierung (4-mal täglich)

#### **Umsetzungsgrad 2017:**

Derzeit werden bundesweit in den Einzugsgebieten mit einer Größe < 5.000 km<sup>2</sup> für 80 % der Vorhersagepegel (320 von 400 Pegeln) die Vorhersagen im Hochwasserfall mindestens 3-stündlich aktualisiert.

Bei den größeren Flussgebieten mit einer Fläche > 5.000 km<sup>2</sup> werden für 73 % der Vorhersagepegel (104 von 143 Pegel) die Vorhersagen im Hochwasserfall mindestens 6-stündlich aktualisiert.

Weitere Informationen enthält Tab. A-3 in Anlage A.

#### **Umsetzungsgrad 2020:**

Im Jahr 2020 werden bundesweit in den Einzugsgebieten mit einer Größe < 5.000 km<sup>2</sup> für 95 % der Vorhersagepegel (400 von 420 Pegeln) die Vorhersagen im Hochwasserfall mindestens 3-stündlich aktualisiert. Dies ist gegenüber 2017 (80%iger Anteil) eine deutliche Steigerung.

Bei den größeren Flussgebieten mit einer Fläche > 5.000 km<sup>2</sup> werden für 76 % der Vorhersagepegel (109 von 143 Pegel) die Vorhersagen im Hochwasserfall mindestens 6-stündlich aktualisiert. Dieser Anteil ist gegenüber dem Stand 2017 stabil.

Weitere Informationen enthält Tab. A-3 in Anlage A sowie Abbildung A-5.

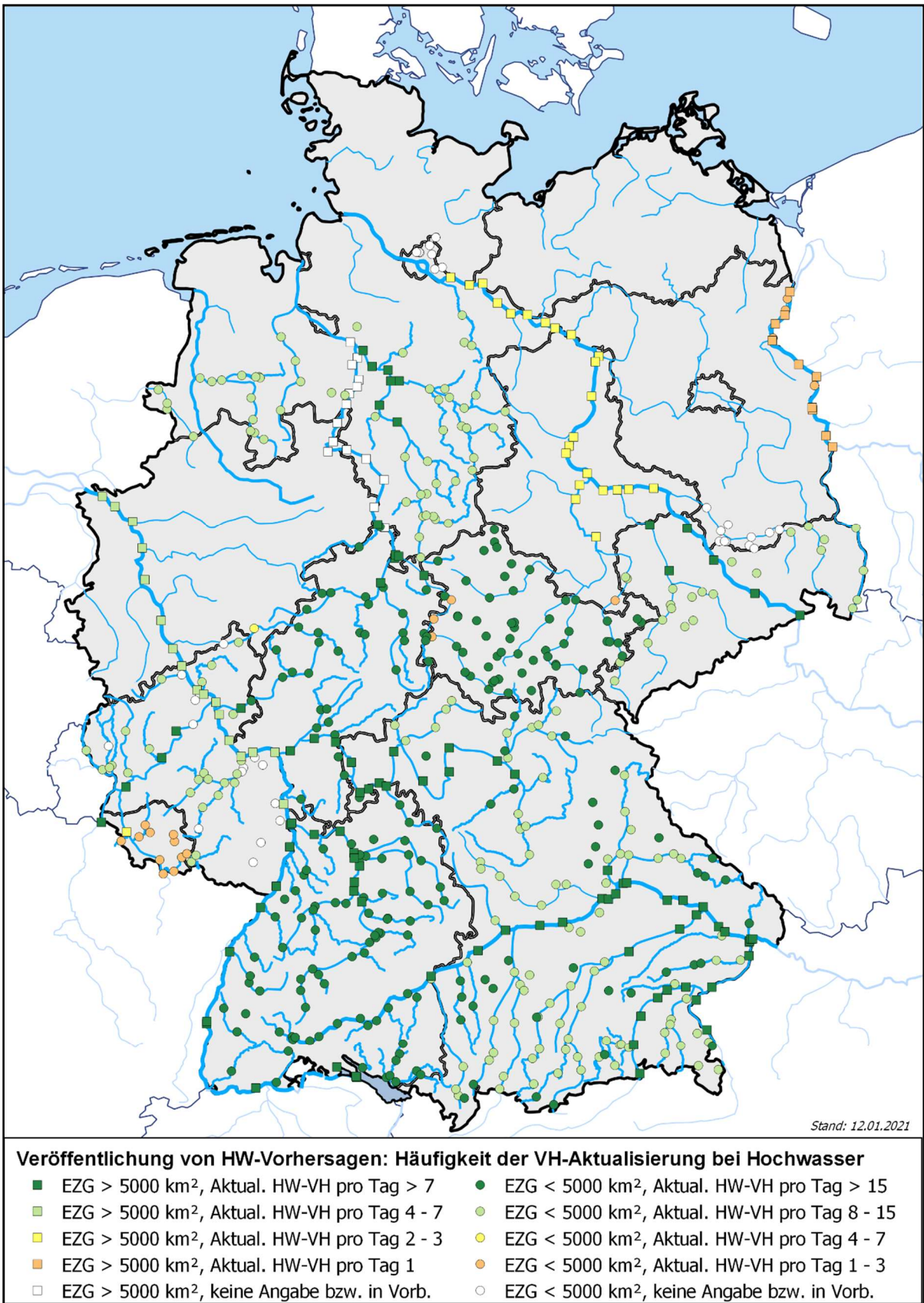


Abb. A-5: Häufigkeit der Vorhersageaktualisierung bei Hochwasser, Stand 2020

## A.5 Darstellung der Vorhersageunsicherheit / Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung

Es wird dringend empfohlen zu prüfen, ob die Unsicherheit der veröffentlichten Vorhersage darzustellen ist. *Notwendig* ist die Darstellung/Kommunikation der Unsicherheiten immer dann, wenn für die Gefahrenabwehr Vorhersagen benötigt werden, die über den verlässlichen Vorhersagehorizont hinausgehen.

Das Beispiel in Abb. A-6 erlaubt eine qualitative Bewertung der Unsicherheiten anhand der Bandbreite. Für eine objektive Bewertung der Unsicherheiten sind allerdings weitere Informationen notwendig. Hierbei werden Ensemble-Prognosen und Postprocessing-Methoden eingesetzt. In der Hochwasservorhersage haben sich dabei die Darstellung der Zeitreihen von Ensembles, abgeleitete Darstellungen der Perzentile und Überschreitungswahrscheinlichkeiten eines Schwellenwertes bewährt (siehe Abbildung A-7).

Operationell werden diese Informationen beispielsweise vom European Flood Awareness System ([www.efas.eu](http://www.efas.eu)) oder von der BfG für die Schifffahrt zur Verfügung gestellt. Solche probabilistischen Prognosen sind insbesondere für die Mittelfristvorhersage von Bedeutung, da deren Unsicherheit durch die Prognose der Niederschläge dominiert wird.

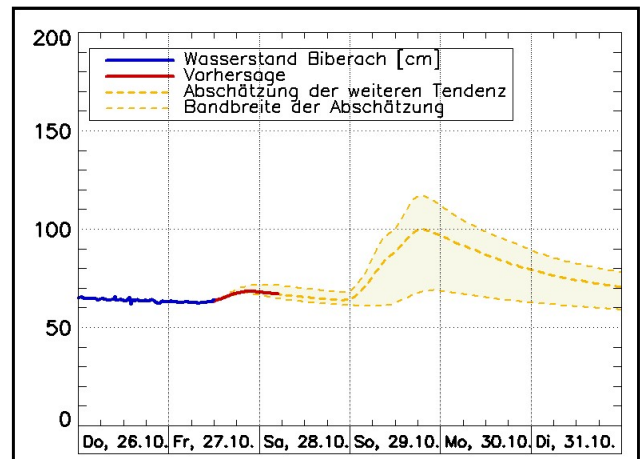


Abb. A-6: Beispiel einer Darstellung mit Abgrenzung zwischen Vorhersage (rote Linie) und Abschätzung (gelbe Linie) einschließlich Darstellung zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung.

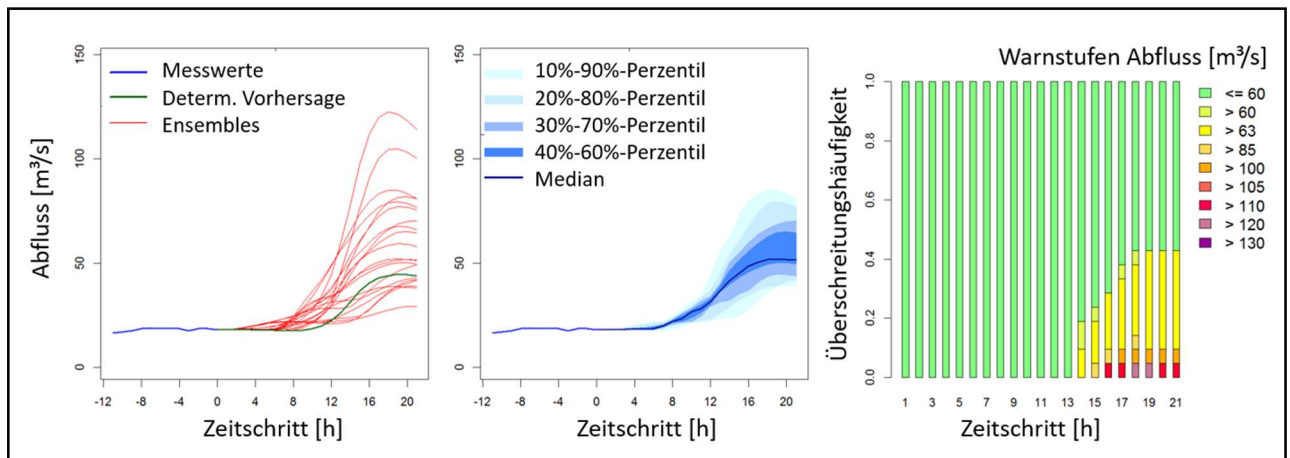


Abb. A-7: Darstellungen einer pegelbezogenen Ensemblevorhersage (a) Ensemble Zeitreihen, (b) Quantilvorhersage anhand des Ensembles und (c) Überschreitungswahrscheinlichkeiten für unterschiedliche Schwellenwerte.

### Umsetzungsgrad 2017:

Bundesweit wird für 82 % (445 von 543) aller Pegel mit veröffentlichter Hochwasservorhersage eine Angabe zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung gemacht (Tabelle A-4 in Anlage A).

Hier zeigt sich gegenüber 2013 eine Veränderung. Zwar wurde zu diesem Zeitpunkt bundesweit mit 77 % (312 von 406) für einen vergleichbaren Anteil aller Pegel mit veröffentlichter Vorhersage eine Angabe zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung gemacht. Jedoch hat sich nicht nur die

Anzahl der Pegel mit veröffentlichter Vorhersage seitdem um rund 33 % erhöht, sondern insbesondere auch die Anzahl der Pegel, für die eine Darstellung der Bandbreite sowohl tabellarisch als auch grafisch herausgegeben wird.

Tab. 1: HW-Vorhersagepegel mit Angaben zur Unsicherheit / Bandbreite

Jahr	VH-Pegel mit Angabe zur Bandbreite				VH-Pegel ges.
	Tabelle +Grafik	nur Tabelle	nur Grafik	ges.	
2013	0	51	261	312	406
2017	203	27	215	445	543
2020	216	27	241	484	563

### Umsetzungsgrad 2020:

Bundesweit wird für 86 % (484 von 563) aller Pegel mit veröffentlichter Hochwasservorhersage eine Angabe zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung gemacht (Abb. A-7 sowie Tabelle A-4 in Anlage A). Dies ist gegenüber 2017 (82 %) eine leichte Steigerung. Dabei gilt es zu bedenken, dass sich auch die Gesamtzahl der Pegel mit veröffentlichter Vorhersage leicht erhöht hat und dass die Einführung der Darstellung von Vorhersagebandbreiten grundsätzlich einen intensiven Kommunikationsprozess mit den Nutzern erfordert.

Die prozentuale Verteilung der Darstellungsart ist gegenüber 2017 nahezu unverändert geblieben: Für knapp die Hälfte aller Pegel mit Angabe zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung erfolgt diese rein grafisch, für rund 38 % grafisch und tabellarisch. An lediglich 5 % der Pegel erfolgt keine grafische, sondern eine ausschließlich tabellarische Darstellung der Vorhersagebandbreite.

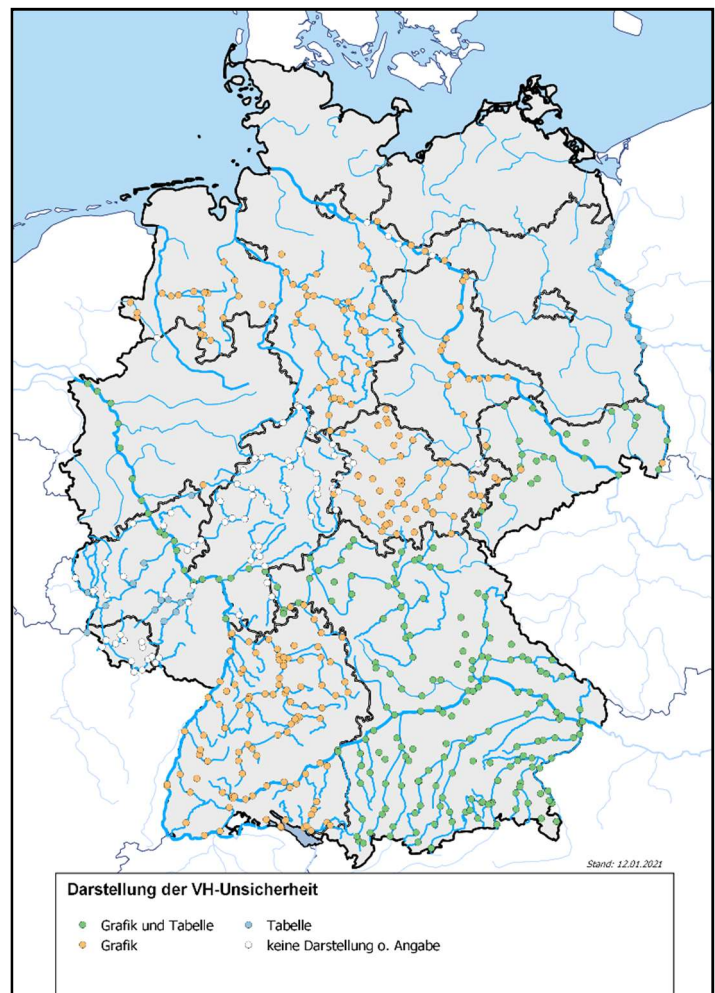


Abb. A-8: Darstellung zur Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung, Stand 2020

## A.6 Bereitstellung von Hochwasser-Informationen

Es ist *dringend notwendig*, Warnungen und Vorhersagen über verschiedene technische Informationswege zu kommunizieren (z. B. Internet für mobile Geräte, Videotext, automatische Telefonansage, Radio, Pressemitteilung) und die Informationswege laufend an den aktuellen Stand der Technik anzupassen.

### Umsetzungsgrad 2017:

Bundesweit werden über 98% der veröffentlichten Hochwasservorhersagen für die Pegel über die Landesportale bereitgestellt (534 von 543 Pegeln). Auch für die Veröffentlichungswege im mobilen Internet und als App ist der Anteil bundesweit recht hoch (siehe Tabelle 2). Es gibt jedoch noch regionale Unterschiede bei der Umsetzung der Veröffentlichung über diese Informationskanäle, wie Tabelle A-5 (Anlage A) zeigt.

### Umsetzungsgrad 2020:

Gegenüber 2017 gibt es hinsichtlich der Bereitstellungswege der Hochwasservorhersagen kaum nennenswerte Veränderungen (siehe auch Tab. 2). Einzig ist festzustellen, dass neben den Internet- und App-gestützten Wegen auch die Verbreitung über weitere Wege (mitunter auch der traditionelle Videotext) ausgebaut wurde. Dies unterstützt einerseits eine weite Verbreitung der Hochwasserinformationen in alle Bevölkerungsschichten und bietet andererseits eine wichtige Redundanz im Fall von Ausfällen internet-gestützter Informationswege.

Tab. 2: Veröffentlichungsmedien für Hochwasservorhersagen

Vorhersagepegel mit veröffentlichter Vorhersage	Veröffentlichung über			
	Landesportal	mobiles Internet	App Meine Pegel	weitere Infowege
Jahr 2017: 543	534	442 (81%)	505 (93%)	352
Jahr 2020: 563	555	479 (85%)	516 (92%)	498

Aussagen über Veränderungen seit der Evaluation von 2013 lassen sich für diese Handlungsempfehlungen nicht treffen, da dies zu dem Zeitpunkt nicht in diesem Detaillierungsgrad abgefragt wurde.

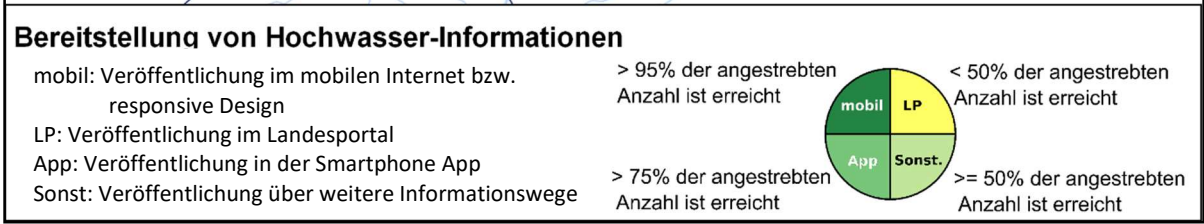
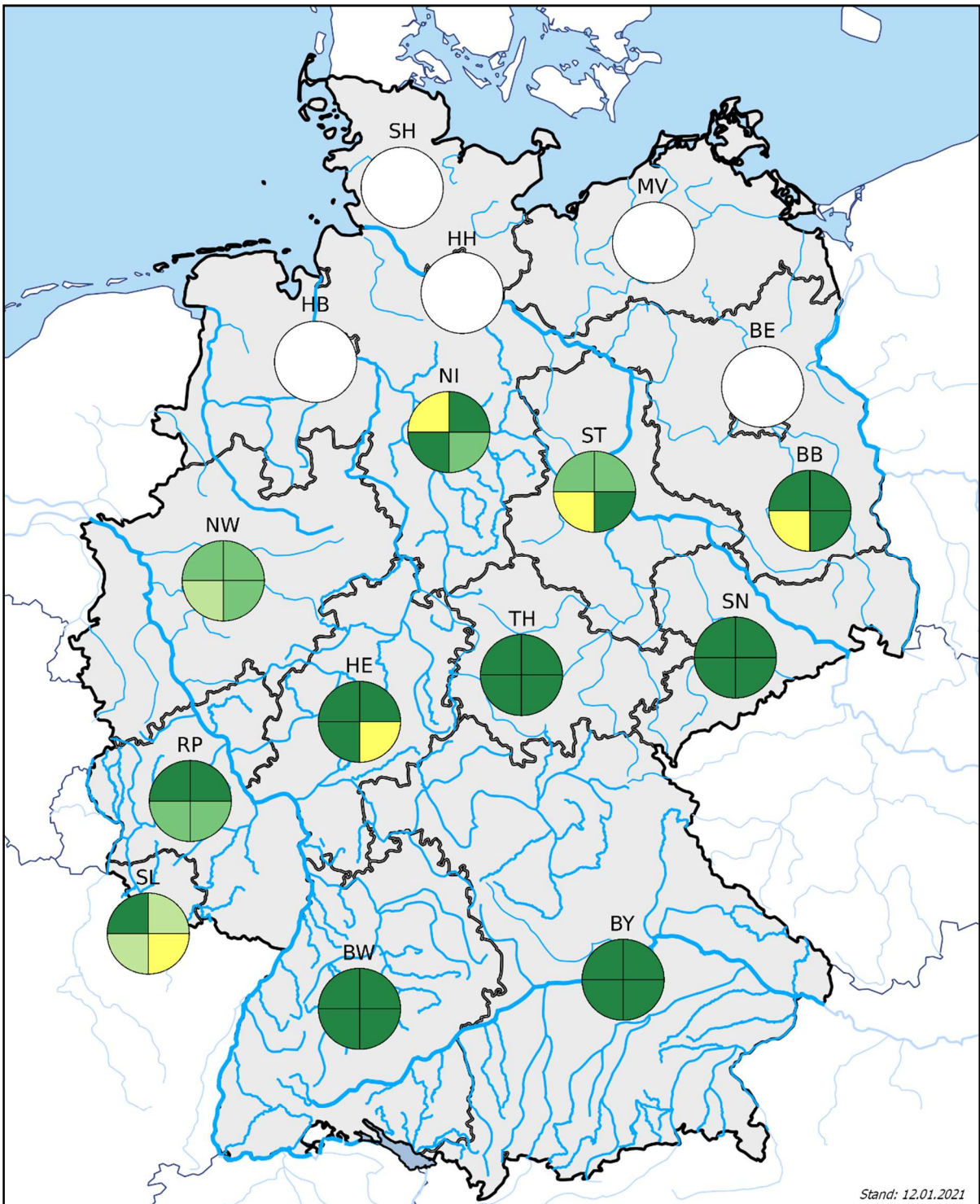


Abb. A-9: Nutzung verschiedener Informationsmedien zur Veröffentlichung von Hochwasserinformationen, Stand 2020

### **A.7 Erfahrungsaustausch „Hochwasservorhersage in Deutschland“**

Es wird *dringend empfohlen*, einen jährlichen Erfahrungsaustausch zur Hochwasservorhersage im Rahmen einer LAWA-Expertengruppe einzurichten, mit dem Ziel der weiteren Verbesserung der Vorhersagesysteme sowie zur Information und zur Abstimmung weiterer Entwicklungen.

#### **Umsetzungsgrad 2017:**

Gemäß Beschluss der LAWA-Expertengruppe „Länderübergreifendes Hochwasserportal“ bei der 13. Sitzung am 09.05.2017 wird der nächste bundesweite „Erfahrungsaustausch Hochwasservorhersage“ am 25./26.04.2018 in Berlin stattfinden.

#### **Umsetzungsgrad 2020:**

Nach dem ersten bundesweiten „Erfahrungsaustausch Hochwasservorhersage“ (25./26.04.2018 in Berlin) fand am 14./15.05.2019 der 2. Erfahrungsaustausch in Dresden statt. Der für den 26./27.05.2020 geplante 3. Erfahrungsaustausch beim Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt in Magdeburg musste auf Grund der Corona-Pandemie abgesagt werden. Für das Jahr 2021 ist die Wiederaufnahme des als äußerst sinnvoll und produktiv erachteten Erfahrungsaustauschs geplant, erforderlichenfalls in Form einer Web-Konferenz.

## Handlungsfeld B: Absicherung der technischen Ausfallsicherheit

### Bedeutung des Handlungsfeldes B:

Wasserstandsdaten an Pegelmessstellen sind unverzichtbare Größen für die Hochwasservorhersage und die Hochwasserwarnung. Neben der technischen Ausfallsicherheit der Pegel und der Datenübertragung ist die technische Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen mit der IT-Ausstattung und den relevanten Gebäudeinstallationen zu gewährleisten.

Der Ausfall oder die Überlastung einer einzelnen Teilfunktionalität kann zum Ausfall des Gesamtsystems führen. Eventuell auftretende Systemstörungen müssen im Hochwasserfall umgehend behoben werden. Generell gilt, dass die Ausfallsicherheit durch den Einsatz von Redundanzen erhöht wird.

### Evaluierte Handlungsempfehlung:

#### B.1.1 Pegeltechnik und Datenübertragung (Pegel → Zentrale)

Geberredundanz: Es ist *notwendig zu prüfen*, ob an jedem hochwasserrelevanten Pegel zwei verschiedene Messverfahren eingesetzt werden können. Die Redundanz kann auch durch zwei voneinander getrennt laufende Messgeräte des gleichen Typs hergestellt werden.

Redundanz bei der Datenfernübertragung: Es ist *notwendig*, für die Datenfernübertragung zwei verschiedene Übertragungswege einzusetzen, idealerweise einen Festnetz- und einen Mobilfunkanschluss.

Redundanz bei der Energieversorgung: Es ist *notwendig*, die Energieversorgung am Pegel redundant vorzuhalten. Neben der Versorgung mit herkömmlichem Netzstrom gibt es die Möglichkeit, die Geräte mit Solarenergie oder pufferbetriebenen Akkus zu betreiben. Hier ist es *notwendig*, dass für eine typische Hochwasserdauer Strom zur Verfügung steht.

### Umsetzungsgrad 2017:

Bei der Pegeltechnik und Datenübertragung vom Pegel zur Zentrale ist eine weitestgehend positive Entwicklung bzgl. der Umsetzungsgrade der in den Abbildungen B-1 und B-2 unten angegebenen Kriterien erkennbar. In BW, BY, NI, NW, SN und TH (2013: BW, NI, SN) sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Rhein, Elbe, Donau, Ems, Weser, Nordsee und Oder (2013: Rhein, Oder) sind die Empfehlungen bereits größtenteils oder vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%). Während der Verbesserungsgrad zwar klar erkennbar ist, zeigen die Abbildungen jedoch auch, dass es bei den Bundesländern regional noch zum Teil größere Unterschiede gibt. Weitere Details enthalten die Tabellen B-1 und B-2 in Anlage B.

Insbesondere bei der Redundanz der Datenfernübertragung sind die Empfehlungen z. T. lediglich in geringem Maße umgesetzt (Umsetzungsgrad <50%) in BE, BB, HB, HH, HE, MV, SL, ST, SH. Gründe bestehen darin, dass es an vielen Standorten aufwendig und kostenintensiv ist, eine redundante Ausstattung einzurichten. Weitere kritische Themenbereiche (z. B. redundante Stromversorgung), in denen die Empfehlungen z. T. nur in geringem Maße umgesetzt sind, können den Tabellen B-1 und B-2 in der Anlage B entnommen werden.

Eine mindestens stündliche Datenaktualisierung im Landesportal ist in BW, BY, HH, HE, MV, NI, NW, RP, SL, SN, ST, SH und TH umgesetzt.

### Umsetzungsgrad 2020:

Die positive Entwicklung von 2013 bis 2017 konnte beim Umsetzungsgrad der aus den Handlungsempfehlungen festgelegten Pegeltechnik- und Datenübertragungskriterien vom Pegel zur Zentrale



zwischen 2017 und 2020 weiter fortgesetzt werden. In diesem Zeitraum konnten sich die Bundesländer HE, RP und SL vom Umsetzungsgrad 50% bis 75% auf >75%, BE von <50% auf 50% bis 75% und ST von <50% auf >75% verbessern. Lediglich in den Bundesländern BB und MV sowie im Stadtstaat HH sind die Handlungsempfehlungen bislang nur in geringem Maß (<50 %) umgesetzt (vgl. Abbildung B-1). HB besitzt bzw. betreibt keine Binnenpegel. Es bleibt festzustellen, dass die bei der Evaluation 2017 bei den Bundesländern erkannten größeren regionalen Unterschiede deutlich abgenommen haben und nur noch zum Teil im Norden und Nordosten bestehen. Weitere Details enthält Tabelle B-1 in Anlage B.

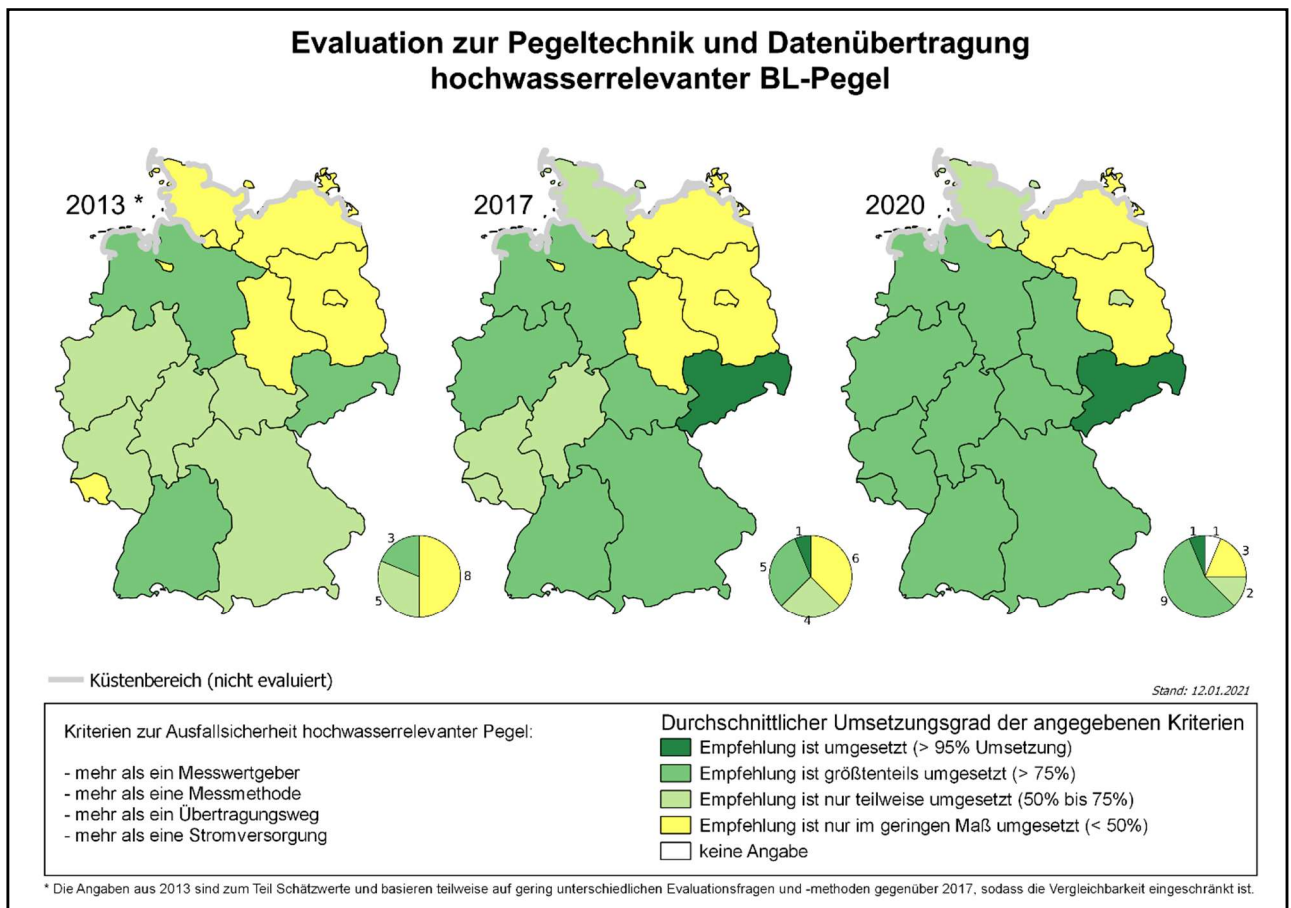


Abb. B-1: Pegeltechnik und Datenübertragung (Pegelbetreiber: Bundesländer)

In Abbildung B-2 wird am Evaluationsstand 2020 bei der Pegeltechnik und Datenübertragung bei hochwasserrelevanten WSV-Pegeln lediglich bei der WSV Ems eine positive Veränderung gegenüber dem 2017 erreichten Ausbaustand festgestellt (2020: >95%; 2017: >75%). Die jeweiligen WSV-Flussgebietseinheiten hatten bereits zur Evaluationsabfrage im Jahr 2017 eine deutliche Verbesserung gegenüber 2013 erzielt.

Die WSV Flussgebietseinheit-Elbe pendelt um den Schwellwert zwischen den Kategorien > 75% bis 95 % und 50% bis 75 % mit aktuell 68% Erfüllung des Umsetzungsgrades (2017: 76%). Bei baulich unveränderter Ausstattung wird der negative Trend mit abweichenden Erhebungsdaten in 2017 begründet. Weitere Details enthält die Tabelle B-2 in Anlage B.

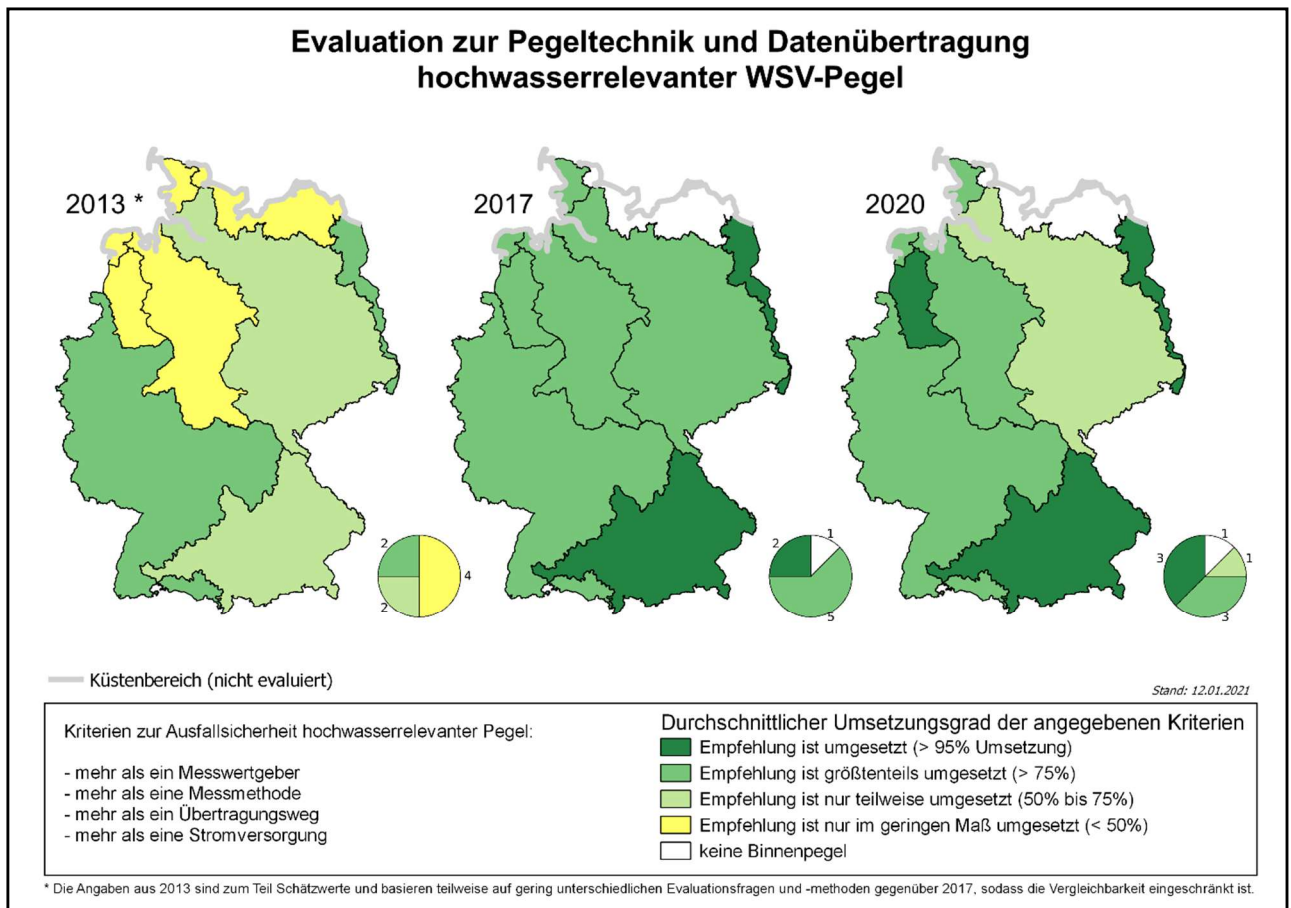


Abb. B-2: Pegeltechnik und Datenübertragung (Pegelbetreiber: WSV)

### Handlungsempfehlung B.1.2 / Bauliche Anforderungen an Pegelmessstellen

Es ist *notwendig zu prüfen*, ob die Pegelmessstelle mind. HW<sub>200</sub>-sicher ist. Diese Sicherheit bedeutet, dass z. B. die technischen Einrichtungen bei einem 200-jährlichen Hochwasser nicht überschwemmt werden und somit eine Datenerfassung und -übertragung noch möglich ist. Es wird *empfohlen zu prüfen*, ob die Pegel mindestens bis zum 100-jährlichen Hochwasser für Wartungsarbeiten noch zugänglich sind.

#### Umsetzungsgrad 2017:

In den Bundesländern BW, BY, BB, HH, HE, MV, NI, RP, SN, ST, SH und TH sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Donau, Elbe, Nordsee, Oder, Weser und Rhein ist die Empfehlung der HW<sub>100</sub>-Sicherheit mindestens größtenteils umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%).

Der Anteil an HW<sub>200</sub>-sicheren Pegeln hat insgesamt deutlich zugenommen: In BW, HE, MV, NI, RP und SN (2013: BW, HE, MV, SN) sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Donau, Nordsee und Oder (2013: Rhein, Donau, Oder) ist diese Empfehlung mindestens größtenteils umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%). In den übrigen Bundesländern und WSV-Flussgebietseinheiten ist die HW<sub>200</sub>-Sicherheit der Pegel jedoch nur im geringen Maß bzw. nur teilweise (<50% bzw. <75%) umgesetzt.

Die Pegel-Zugänglichkeit bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis ist in den Bundesländern BW, BE, BB, HE, MV, NI, SN und SH (2013: BW, BY, HE, MV und SN) sowie in den WSV-Flussgebietseinheiten Rhein, Donau, Ems, Nordsee und Oder (2013: Rhein, Elbe, Ems, Nord- und Ostsee und Oder) mindestens größtenteils umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%).

Da sich die Anzahl der als hochwasserrelevant eingestuftten Pegel von rund 1400 Pegeln in 2013 auf rund 1690 Pegel in 2017 erhöht hat (vgl. Tabelle A-1 in Anlage A) und sich in einzelnen Fällen auch die Auswahl der Pegel geändert hat, ist ein ggf. prozentual schlechterer Umsetzungsgrad in 2017 gegenüber 2013 zumeist nicht durch eine Verschlechterung der Situation an den bereits 2013 erfassten Pegeln bedingt, sondern in der Regel durch die Aufnahme von zusätzlichen Pegeln (mit einem z.T. schlechten Umsetzungsgrad) begründet.

Die Abbildungen B-3 und B-4 zeigen eine gemittelte Zusammenschau zur Umsetzung der drei oben genannten Kriterien in den Bundesländern und den WSV-Flussgebietseinheiten. Nähere Informationen können den Tabellen B-1 und B-2 in Anlage B entnommen werden.

### **Umsetzungsgrad 2020:**

Zur Evaluationsabfrage 2020 hat sich die Zahl an gemeldeten hochwasserrelevanten Pegeln in den Bundesländern von 1690 auf insgesamt 1750 erhöht.

Abbildung B-3 zeigt bei den Entwicklungstendenzen zur Evaluation der baulichen Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel in Deutschland ein zum Teil heterogenes Bild, was unter anderem mit der veränderten Pegelanzahl in Verbindung steht.

BE kann als einziges Bundesland Verbesserungen erzielen und erreicht gegenüber der Evaluation 2017 die Stufe des höchsten Umsetzungsgrades (> 95%). Hingegen sinken die Umsetzungsgrade zur Evaluation 2020 in den vier Bundesländern BW, HE und RP. In diesem absinkenden Trend liegt die Ursache zum Teil in einer erhöhten Anzahl an gemeldeten hochwasserrelevanten Pegeln. In BW steigt die Anzahl gegenüber 2017 um 9%, in RP um 26%. Während die in BW und RP 2017 evaluierten Pegel auch zum Stand 2020 weiterhin den höchsten Grad der baulichen Ausfallsicherheit aufweisen, haben die hinzugekommenen Pegel in den Kategorien HW<sub>100</sub>- und HW<sub>extrem</sub>-Sicherheit sowie HW<sub>100</sub>-Erreichbarkeit noch nicht alle den höchsten Grad der Ausbaustufe, wodurch der gesamte Umsetzungsgrad relativ sinkt. In HE ist diese ursächliche Begründung jedoch nicht gegeben. Da dort die die Anzahl der gemeldeten hochwasserrelevanten Pegel gleich blieb. Der negative Trend ist in diesem Fall auf abweichende Erhebungsdaten gegenüber der Evaluation 2017 zurückzuführen.

In Abbildung B-4 kommt es bei den WSV-Pegeln in der Flussgebietseinheit Elbe zu Verbesserungen. Hier ist zum Evaluationsstand 2020 ein guter Umsetzungsgrad von >75% erreicht worden. Wie bereits zur Evaluation 2017 sollte ein möglicher Handlungsbedarf in den Flussgebietseinheiten der Ems und der Weser geprüft werden.

Die genauen Umsetzungen der drei in den Abbildungen B-3 und B-4 genannten Kriterien in den Bundesländern und den WSV-Flussgebietseinheiten sind den Tabellen B-1 und B-2 in Anlage B zu entnehmen.

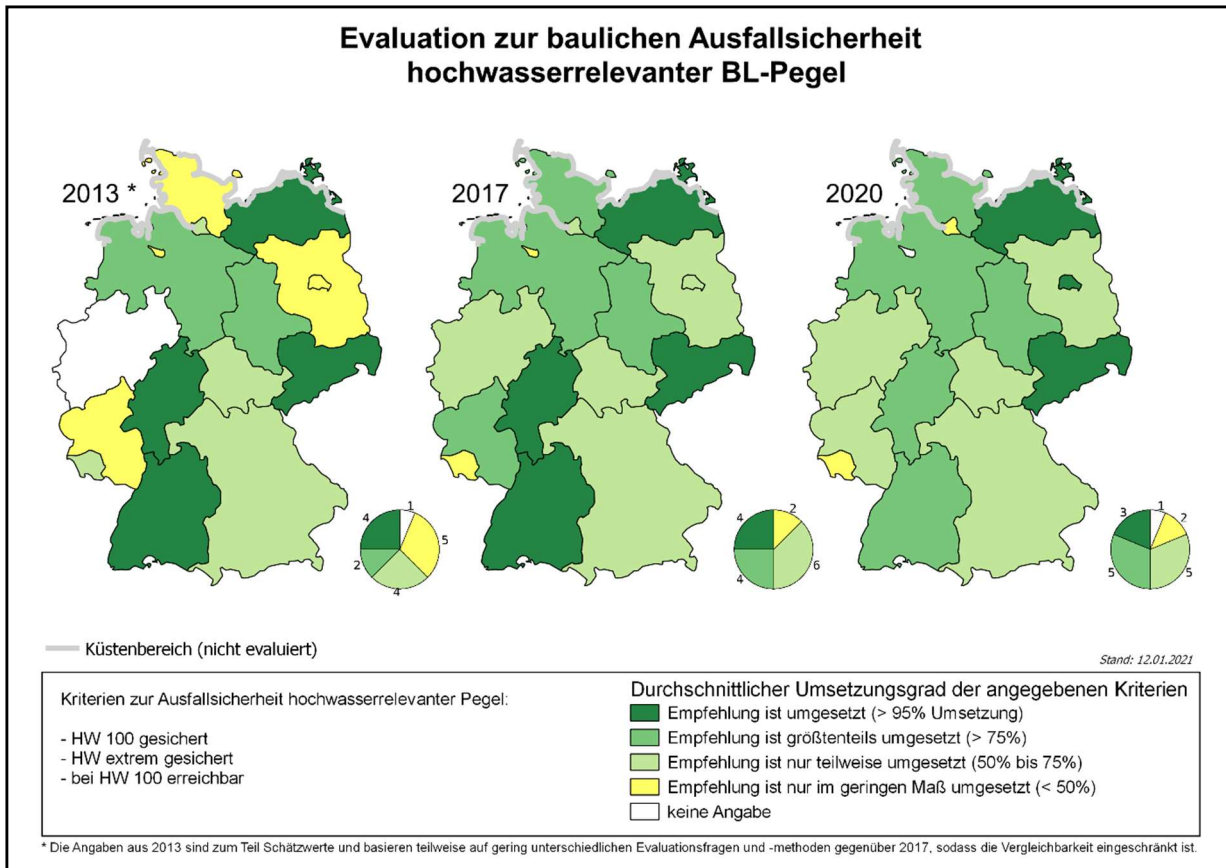


Abb. B-3: Bauliche Anforderungen an Pegelmessstellen (Pegelbetreiber: BL)

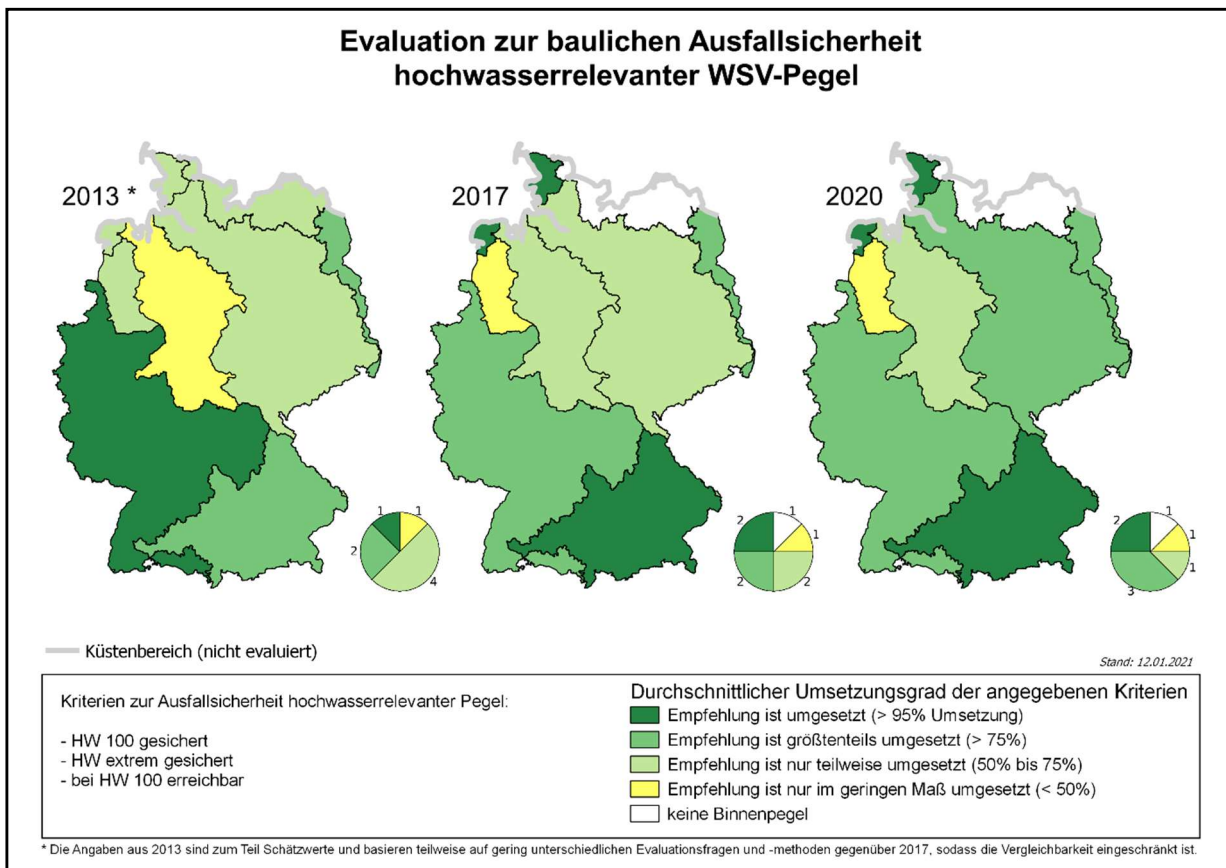


Abb. B-4: Bauliche Anforderungen an Pegelmessstellen (Pegelbetreiber: WSV)

## **Handlungsempfehlung B.2 / Ausfallsicherheit Hochwasserzentralen und IT-Systeme**

Die Hochwasserzentralen und deren relevante Gebäudeinstallationen einschließlich IT- und Telekommunikations-Ausstattung sind eine weitere Kernkomponente für die Hochwasservorhersage und Hochwasserwarnung, deren technische Ausfallsicherheit zu gewährleisten ist.

### **Kurzfassung der Handlungsempfehlung B.2.1 und B.2.2 / Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung**

Es ist *notwendig*, das Datenabruf-/Empfangssystem sowie die daran anschließenden Datenbanken redundant vorzuhalten, ebenso die Hardware und die eingesetzte Software zur Erstellung der Hochwasservorhersagen.

Es ist *notwendig*, den Datentransfer der Hochwasserzentralen über abgesicherte (z. B. verschlüsselte) Informationswege durchzuführen, um Datenmanipulationen durch Dritte (z. B. Hackerangriffe) zu erschweren.

Im Hinblick auf die Verwendung von Pegeln weiterer Pegelbetreiber wird *empfohlen*, mehrere Möglichkeiten des Datenbezugs zu nutzen (z. B. ein Bezug der Daten über einen Webservice und zusätzlich ein direkter Abruf/push vom Pegel).

#### **Umsetzungsgrad 2017 (B.2.1/B.2.2):**

In BW, BY, BE, HH, HE, NI, SN, ST und SH (2013: BW, BY, HH, HE, NI, SN) sowie im ITZBund (2013: k. A.) sind die Empfehlungen zur Ausfallsicherheit von Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung sowie Daten Dritter im Mittel größtenteils oder vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >75%). In den Bundesländern BB und MV fällt zum Zeitpunkt der Evaluation 2017 noch ein deutlicher Handlungsbedarf auf (Abb. B-5 sowie Tabelle B-3 in Anlage B).

#### **Umsetzungsgrad 2020 (B.2.1/B.2.2):**

Im Bereich der Ausfallsicherheit von Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung sowie Daten Dritter sind gegenüber der Evaluation 2017 in acht Bundesländern Verbesserungen des Umsetzungsgrades zu registrieren, welche der Abbildung B-5 sowie Tabelle B-3 in Anlage B entnommen werden können.

In BB und MV sind die Empfehlungen zwar nur in geringem Maße umgesetzt (<50%), jedoch konnten beide Bundesländer leichte Verbesserungen gegenüber 2017 erzielen.

Teilweise umgesetzt (50% bis 75%) sind die Empfehlungen in SH und SL, wobei es in SL zu einer Verbesserung kam.

Größtenteils umgesetzt (>75% bis 95%) sind die Empfehlungen in BE, HH, HE, RP und TH (2017: BE, HH, HE, NI, SH).

Die Bundesländer NI und NW konnten ihre Systeme auf ein Umsetzungsgradniveau von >95% aufrüsten (2017: BW, BY, SN, ST, ITZBund).

In den Bundesländern BB und MV ist auch zur Evaluation 2020 in diesem Handlungsfeld noch ein deutlicher Handlungsbedarf festzustellen.

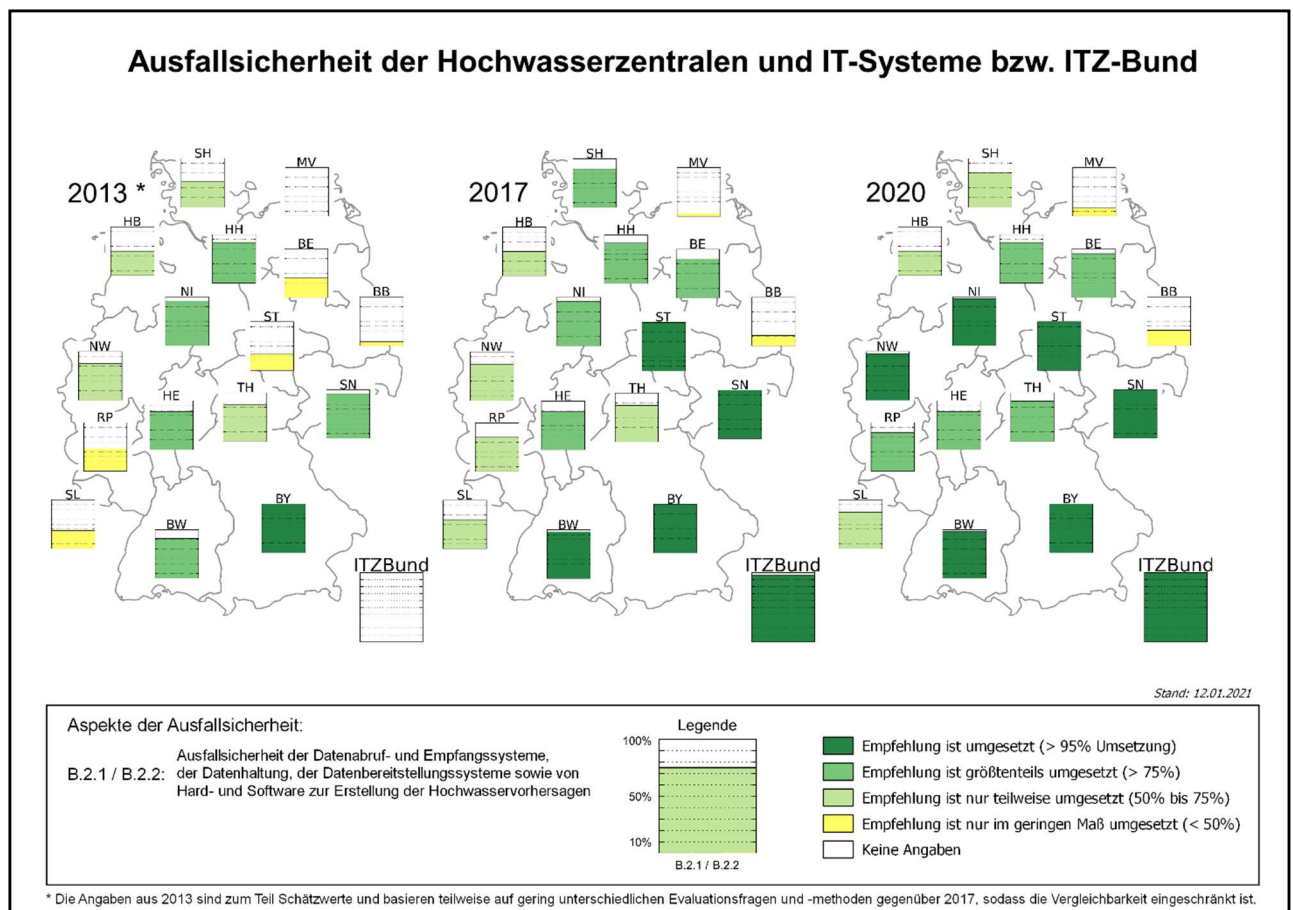


Abb. B-5: Ausfallsicherheit: Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung

### Kurzfassung der Handlungsempfehlung B.2.3 / Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale

Es ist *notwendig*, die IT-Räume durch redundant ausgelegte Klimaanlage zu kühlen und mit einem Notstromsystem zu versehen.

Es ist *notwendig zu prüfen*, ob die Funktionalität der Hochwasserzentrale von einem anderen Standort übernommen werden kann. Es ist außerdem *notwendig*, dass der Standort von IT-Räumen sowie der Hochwasserzentrale bis zu einem HQextrem erreichbar ist.

#### Umsetzungsgrad 2017:

In BW, HH, NI, und SN (2013: ebenso) sind die Empfehlungen für EDV-Räume und Standorte der Hochwasserzentrale vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >95%). In den übrigen Bundesländern sowie im ITZBund besteht hingegen ein z. T. deutlicher Handlungsbedarf (Abb. B-6 sowie Tabelle B-3 in Anlage B). Verbindliche (Immobilien-, IT-) Verträge der Bundes- und Landesbehörden erschweren oder verhindern stellenweise jedoch die geforderten, redundanten Lösungen.

#### Umsetzungsgrad 2020:

Auch bei den Empfehlungen für EDV-Räume / Standorte der Hochwasserzentralen werden positive Entwicklungen offenkundig, die der Abbildung B-6 sowie Tabelle B-3 in Anlage B entnommen werden können. Insbesondere betreffen diese die Bundesländer BE (2017: keine Angabe), MV, NW und RP sowie das ITZBund. So sind die Handlungsempfehlungen nunmehr in HE und SL größtenteils (>75%); in BW, BE, HH, NI, NW, SN und im ITZBund vollständig (>95%) umgesetzt. In BB besteht,

trotz erreichter Erfolge, auch zur Evaluation 2020 in diesem Handlungsfeld noch ein deutlicher Handlungsbedarf.

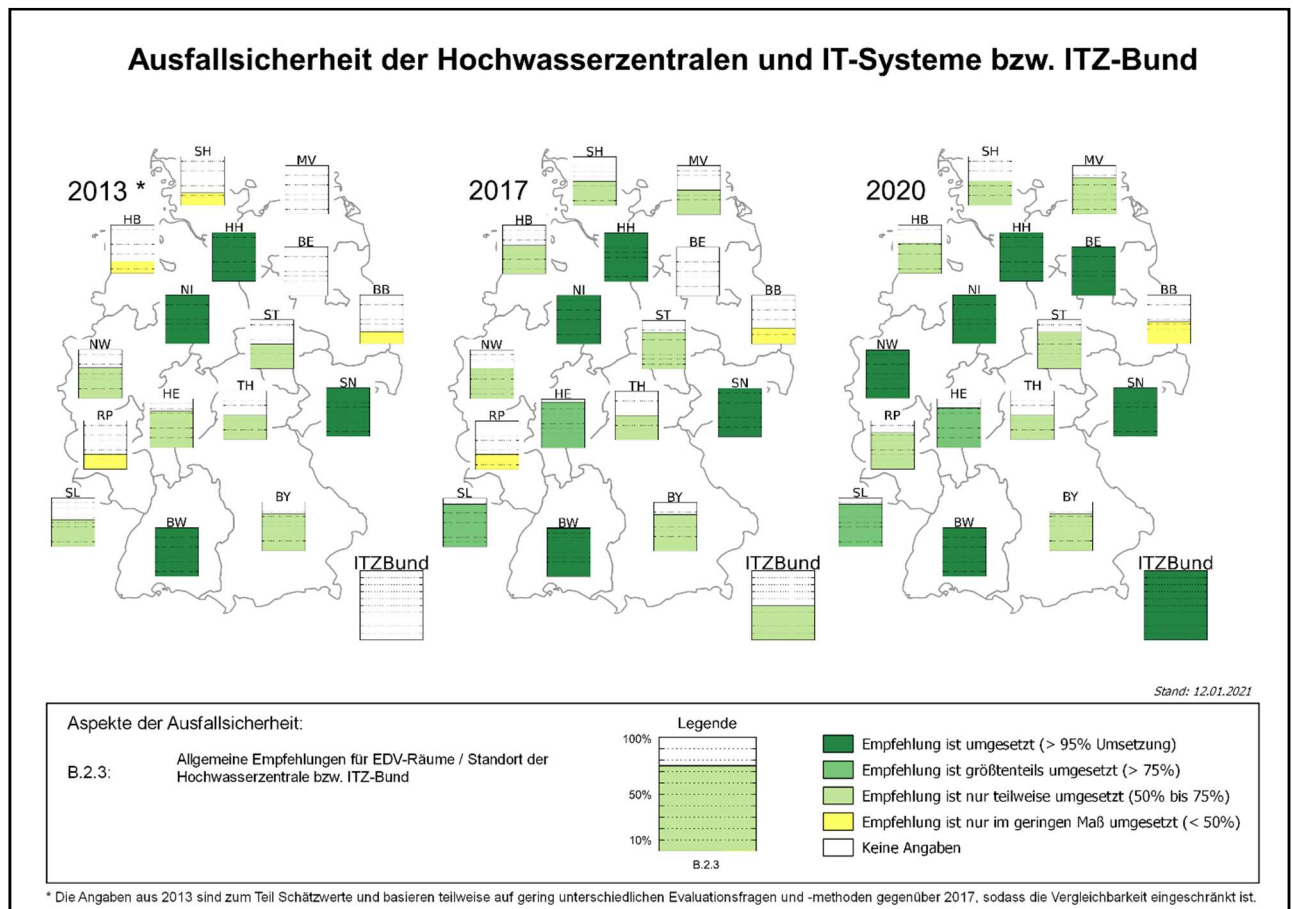


Abb. B-6: Ausfallsicherheit: Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale

### B.3 Internetauftritt (technische Anforderungen)

Es ist *dringend notwendig*, dass die Kapazitäten (Server, etc.) vorsorglich an steigende Zugriffszahlen angepasst werden. Dies ist z. B. durch mehrere parallel betriebene Server-Instanzen mit Load-Balancing zu realisieren. Auch neue Möglichkeiten wie virtuelle Serversysteme oder Cloud-Computing-Systeme sind in Betracht zu ziehen. Es ist *notwendig*, die Kapazitäten durch regelmäßig durchgeführte Lasttests zu prüfen.

### B.4 Telekommunikationsanbindung

Es ist *dringend notwendig* sicherzustellen, dass die Anbindung ans Telekommunikationsnetz in der Hochwasserzentrale jederzeit aufrecht gehalten wird. Es ist *notwendig*, mit den Kommunikationsanbietern priorisierte Netzanschlüsse (Festnetz und Mobilfunk) festzulegen. Solche Anschlüsse gewährleisten bei Überbelastung der Netze bestimmten Nutzerkreisen Vorrechte beim Kommunikationsaufbau. Gerade in Extremsituationen (extremes Hochwasser, Katastrophenfall) sind solche priorisierten Verbindungen nötig.

### Umsetzungsgrad 2017 (B.3/B.4):

Lediglich in den beiden Bundesländern NI und SN (2013: NI) sind die Empfehlungen zur Ausfallsicherheit von Internetauftritt und Telekommunikation vollständig umgesetzt (Umsetzungsgrad >95%). In den übrigen Bundesländern und beim ITZBund besteht hingegen ein z. T. dringender Handlungsbedarf (Abb. B-7 sowie Tabelle B-3 in Anlage B). Verbindliche Verträge, Geschäftsordnungen und Dienstvereinbarungen der Bundes- und Landesbehörden (TK-Anbieter, Rechenzentren, Corporate Design, etc.) erschweren oder verhindern jedoch mancherorts die geforderten, redundanten Lösungen.

### Umsetzungsgrad 2020 (B.3/B.4):

Auch wenn der zur Evaluation 2017 statuierte, z.T. dringende Handlungsbedarf (s.o.) noch weitestgehend Bestand hat, kam es in mehreren Bundesländern zu teils deutlichen Fortschritten (Abb. B-7 sowie Tabelle B-3 in Anlage B). Leichte Verbesserungen konnten die Bundesländer BB, BE, MV (2017: beide keine Angabe) und NW erzielen, wobei mit einem nur geringen Umsetzungsgrad (<50%) weiterhin Handlungsbedarf besteht. Deutliche Ausbaumaßnahmen im Vergleich zur Evaluation 2017 sind in BW, BY und RP sowie beim ITZBund zu verzeichnen.

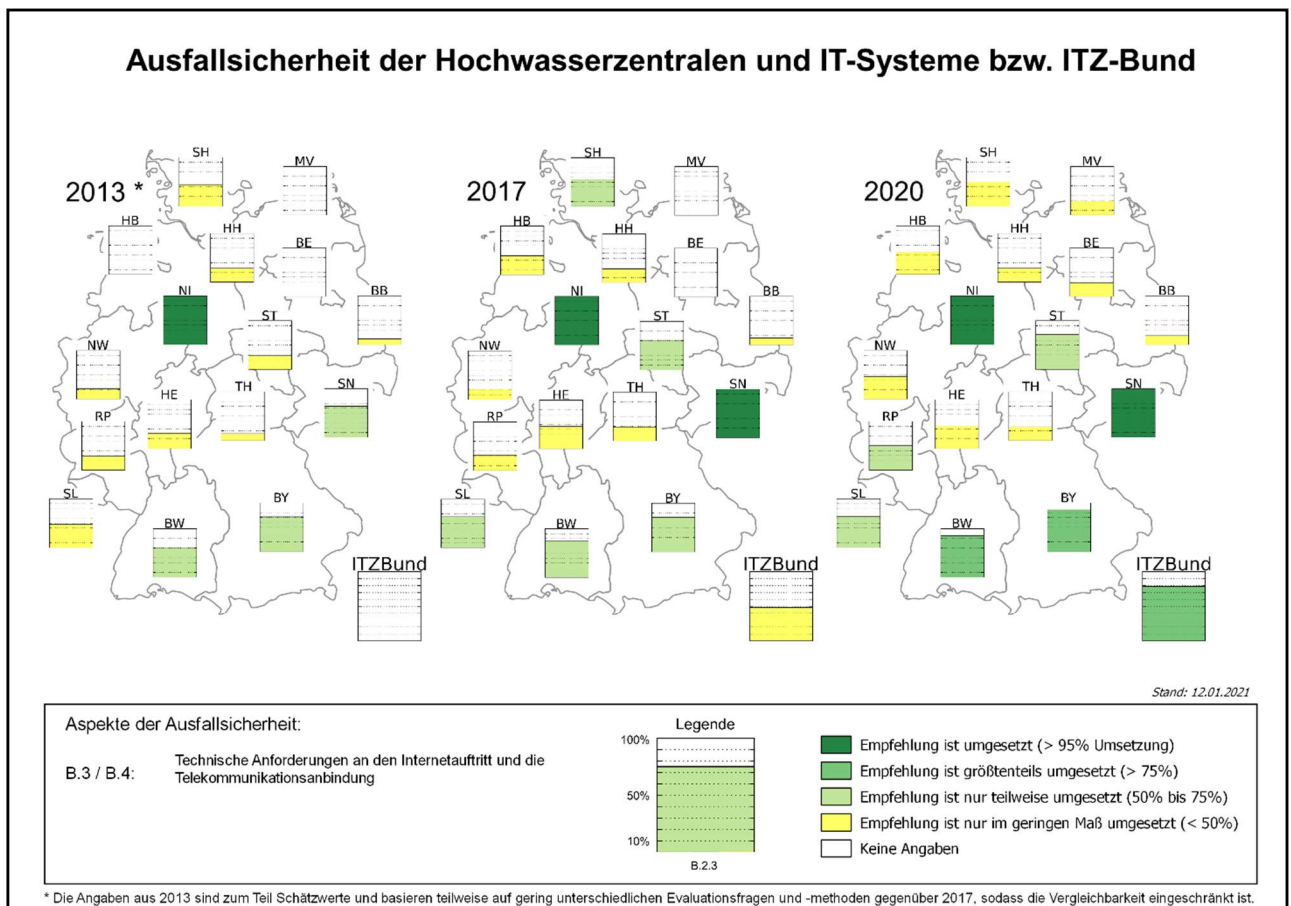


Abb. B-7: Ausfallsicherheit: Internetauftritt, Telekommunikationsanbindung



## Handlungsfeld C: Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit

### Bedeutung des Handlungsfeldes C:

Der Bereich der Hochwasserwarnung ist eine hoheitliche Aufgabe, die unter Umständen, ebenso wie die Hochwasservorhersage, 24 Stunden und 7 Tage die Woche erfolgen muss. Damit der Betrieb den Erfordernissen entsprechend durchgeführt werden kann, ist es *dringend notwendig*, eine in Qualität und Quantität angemessene Personalausstattung zu gewährleisten.

Für den Betrieb der Vorhersagezentrale ist es *dringend notwendig*, die Aufgabenfelder der Vorhersage, Beratungsleistungen, Datenverarbeitungsbetrieb, den Hochwassermeldedienst sowie weitere Aufgaben, wie Anlagensteuerung oder Pressearbeit durch eine ausreichende Besetzung personell abzusichern, so dass alle betrieblichen Funktionen auch während extremer und/oder langanhaltender Hochwasser - ggf. auch im Schichtbetrieb rund um die Uhr - sichergestellt werden können. Je nach Bundesland und Organisation des Hochwasserwarn- und -vorhersagedienstes können sich Unterschiede in den erforderlichen zu leistenden Aufgaben ergeben.

Neben dem Betrieb der Vorhersagezentralen ist der Betrieb und die Betreuung eines landeseigenen Pegelmessnetzes sowie die Erfassung von Niederschlägen - ergänzend zu den DWD Stationen - von großer Bedeutung. Bei der Evaluation 2020 wurde deshalb erstmals auch die Personalverfügbarkeit in den Bundesländern für diese Aufgaben abgefragt.

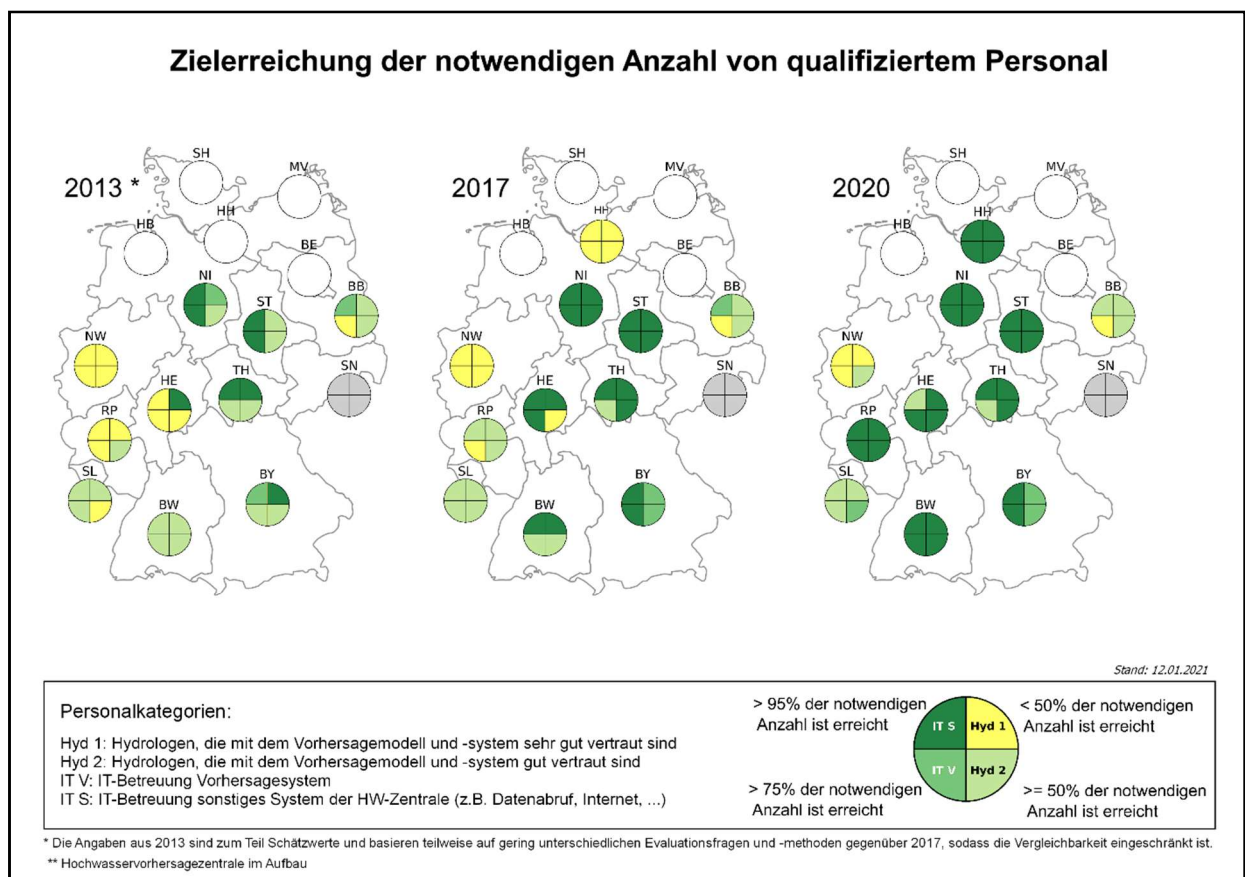


Abb. C- 1: Zielerreichung bei der notwendigen Anzahl von qualifiziertem Personal für die Hochwasservorhersage

Außerdem wurde, wegen der besonderen Umstände in 2020 abgefragt, wie die einzelnen Bundesländer den Dienst und die technische Ausstattung der Vorhersagezentralen bei massiven Einschränkungen, wie z. B. bei Pandemien, sicherstellen.

Für den Betrieb der Vorhersagezentralen unter Pandemiebedingungen ist eine entsprechende (mobile) soft- und hardwaretechnische Ausrüstung unbedingt erforderlich. Weiter sollten die Räumlichkeiten die Einhaltung möglicher Einschränkungen wie Abstandsgebote zulassen. Schließlich ist es unbedingt erforderlich, dass das Personal entsprechend geschult wird um auch unter erschwerten Bedingung jederzeit einsatzbereit zu sein.

#### **Umsetzungsgrad 2017:**

Die Evaluation im Jahr 2017 zeigt, dass sich die personelle Ausstattung im Verhältnis zu 2013 in einigen Bundesländern deutlich (BW, HE, RP) und in vielen Ländern leicht (BY, NI, SL, SN, ST) verbessert hat. In den übrigen Ländern blieb die Personalausstattung unverändert bzw. nahezu unverändert.

Insgesamt zeigt sich für BB, HE, RP zumindest in einzelnen Bereichen, oft auch in mehreren Bereichen, ein leichter bis mittlerer, in NW und HH aufgrund des derzeitigen Aufbaus von HW-Vorhersagemodelltechnik ohne operativen Betrieb noch ein hoher personeller Unterbestand. Die absoluten Zahlen zeigen eine Korrelation zur Landesfläche, der Anzahl der zu betreuenden Pegel sowie zum Aufgabenumfang der jeweiligen Zentrale.

Mit Ausnahme von HH und NW (derzeit Aufbau von HW-Vorhersagemodelltechnik, kein operativer Betrieb) kann ein Schichtbetrieb während einer Hochwassersituation zumindest dann organisiert werden, wenn es keine personellen Ausfälle durch Krankheit oder Urlaub gibt.

#### **Umsetzungsgrad 2020:**

Die Evaluation im Jahr 2020 zeigt, dass sich die Lage seit 2017 in BW, HH und RP deutlich verbessert hat. Leichte Verbesserung wurden in HE, NW und SL erzielt. Weiterhin teilweise deutliche Defizite zeigen sich noch in NW in drei und in BB in einer der vier Kategorien.

Die Abfrage der verfügbaren und notwendigen Personen zur Betreuung der landeseigenen Messnetze ergab sehr inhomogene Antworten, die eine einheitliche Auswertung erschweren. Einige Bundesländer haben die Messnetzbetreuung an Staats- bzw. Landesbetriebe bzw. Dritte ausgegliedert. Insgesamt ergab sich aber aus den verwertbaren Rückmeldungen ein eher positives Bild. So lag der Grad der Zielerreichung bei der Betreuung des hydrologischen Messnetzes zwischen 69 und 100%, bei der Betreuung des hydrometeorologischen Messnetzes zwischen 45 und 100%.

Die Abfrage der Arbeitsmöglichkeiten unter Pandemiebedingungen ergab ein insgesamt positives Bild. Nahezu alle BL gaben an, dass ihnen eine sehr gute oder gute technische Ausstattung zur Verfügung steht. Die meisten Länder besitzen die Möglichkeit, sich via VPN von außen mit der Zentrale zu verbinden. Auch besitzen nahezu alle Vorhersagezentralen Zugang zu Videokonferenzsoftware mit entsprechender Hardware, die eine virtuelle Teamarbeit erlaubt. Acht BL gaben an, dass Sie den Vorhersagedienst komplett oder zumindest teilweise aus dem Homeoffice betreiben können. Die verfügbaren Räumlichkeiten wurden ebenfalls von nahezu allen Zentralen als groß genug für das Einhalten von Mindestabständen bewertet. Der größte Handlungsbedarf wird in der Schulung der Mitarbeiter für den erschwerten Einsatz unter den besonderen Bedingungen und dem Einsatz der mobilen Technik gesehen.

Detaillierte Informationen zum Evaluationsergebnis 2017 und 2020 enthält Abb. C-1 sowie Tabellen C-1 und C-2 in Anlage C. Für SN war keine Auswertung der Zielerreichung möglich, da dort keine

Angaben zur notwendigen Personalausstattung gemacht wurden. Da die Länder BE, HB, MV und SH keinen Vorhersagedienst betreiben, konnte hier keine Auswertung stattfinden.

## **Handlungsfeld D: Verbesserung von Umfang und Qualität der verfügbaren Ereignisdaten**

### **Bedeutung des Handlungsfeldes D.1 bis D.4 (meteorologische Daten):**

Für die Erstellung einer Hochwasservorhersage werden neben hydrologischen Daten auch meteorologische Daten benötigt; dabei geht es nicht nur um Niederschlag, sondern auch um weitere Parameter wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Schneehöhe, Schnee-Wasseräquivalent, Globalstrahlung und Windgeschwindigkeit. Nur mit einer ausreichenden Messnetzdichte und in Echtzeit verfügbaren Daten lässt sich die Genauigkeit der Hochwasservorhersage erhöhen.

Zur Evaluation in den Handlungsfeldern D.1. bis D.4 wurde einerseits die Umsetzung der Handlungsempfehlungen durch die Bundesländer erfasst (Anlage D, Tabellen D-4 und D-5), andererseits zur Bewertung der Verbesserung von DWD-Produkten und der Verfügbarkeit von Messdaten der aktuelle Stand im Jahr 2017 und geplante Maßnahmen beim Deutschen Wetterdienst angefragt (Anlage D, Tabellen D-1 bis D-3).

### **D.1 bis D.4: Handlungsempfehlungen zu meteorologischen Daten**

#### **D.1 Weitere Verbesserung von DWD-Produkten für die Hochwasservorhersage**

Regional ist es notwendig, die Messstellendichte zu erhöhen sowie die online-Verfügbarkeit von Daten wichtiger Parameter zu verbessern. Dies betrifft insbesondere die Messung des Schnee-Wasseräquivalentes.

Aufgrund der Ungenauigkeiten in den Niederschlagsradardaten ist eine weitere Verbesserung der Radarprodukte durch den DWD dringend notwendig (RADOLAN, RADVOR).

Dringend notwendig ist eine weitere Verbesserung der Niederschlagsvorhersage insbesondere für Kurzfristvorhersagen 0 bis 27 h (z. B. 3 km Raster) und Mittelfristvorhersagen bis 96 h (z. B. 7 km Raster) sowie eine integrierte Vorhersagekette (seamless prediction) vom Nowcasting bis mindestens zur 48. Vorhersagestunde der numerischen Wettermodellkette.

Für die ereignisbezogene Beratung der Hochwasserzentralen ist die Aufrechterhaltung bzw. wo erforderlich die Ausweitung der regionalen Wetterberatung durch die DWD-RZ bzw. die DWD-RWB dringend notwendig.

Dringend notwendig ist eine systematische ereignisbezogene Validierung der räumlichen, zeitlichen und quantitativen Genauigkeit der Vorhersage von hochwasserauslösenden Starkregenereignissen durch den DWD.

### **Umsetzungsgrad 2017:**

#### **D.1.1 Messstellendichte und Datenverfügbarkeit**

Weitere Bodenmessstationen sind beim DWD seit 2013 nicht eingerichtet worden und sind auch nach 2017 nicht geplant. Beim DWD liegt der Fokus auf der technischen Erneuerung der Messstellen und der Online-Datenbereitstellung. Hier wurden entsprechend auch Verbesserungen erzielt. Für die Vollautomatisierung der hauptamtlichen Stationen wurden allerdings die derzeit noch nicht automatisierbaren Messungen des Wassergehalts der Schneedecke aufgegeben. An welchen DWD-Stationen automatische Schneewasseräquivalent-Erfassungssysteme zum Einsatz gelangen werden, ist zurzeit noch nicht bekannt. Hierzu findet aber ständig eine Markterkundung statt und aktuell auf dem Versuchsmessfeld des DWD auf der Wasserkuppe

auch eine Teststellung. Die Ergebnisse der Teststellungen werden technisch und wissenschaftlich durch den DWD bewertet und dieses auch in Relation zu vorhandenen, klassischen Messungen. Ein Wegfall von Messungen wäre daher nur als vorübergehend zu sehen. Die manuellen Messungen des Wasseräquivalents im nebenamtlichen Messnetz werden unverändert fortgeführt. Aktuell untersucht der DWD auch die Möglichkeit, zusätzliche nebenamtliche Messstationen für die automatische Messung von Schneehöhe und Wasseräquivalent einzurichten.

Darüber hinaus verstärkt der DWD die Bemühungen zur Einbindung weiterer Partnernetze und der Nutzung möglichst aller Daten der Ländermessnetze auch in Vorhersage, Warnung und Beratung.

### **D.1.2 Radarprodukte**

Die Niederschlagsradarprodukte mit Aneichung durch Bodenstationen gelten als Stand der Technik für die Ermittlung des Flächenniederschlags. Für die Hochwasservorhersage wurden sie aber 2013 in nur 4 Bundesländern als Modellinput genutzt, u.a. mit dem Hinweis, dass die Datenqualität noch nicht den Anforderungen für die hydrologische Modellierung entspricht. Dass mittlerweile 8 Bundesländer das Produkt zumindest situationsbezogen nutzen, deutet auch auf Verbesserungen in der Qualität hin. Diese Verbesserungen resultieren aus der Zahl der Bodenstationen für die Aneichung, die Einbeziehung von Radardaten der Nachbarländer, die Validierung der Bodenstationsdaten und weiteren Verbesserungen der Aneichung, auch durch die Einführung der polarimetrischen Radare. Insgesamt sind die Handlungsempfehlungen in diesem Teil überwiegend zumindest teilweise umgesetzt. Hinsichtlich der Validierung der Bodenstationen für die Aneichung wurden die Empfehlungen erfüllt.

### **D.1.3 Niederschlagsvorhersagen**

Der Niederschlag gehört zu den meteorologisch am schwierigsten zu bestimmenden Größen in der Vorhersage. Bei den Weiterentwicklungen der Wetterdienste liegt der Fokus auf der kontinuierlichen Verbesserung der Maschenweite, der Vorhersagezeiten, der Aktualisierungsintervalle und der Modellphysik. Diese Verbesserungen sollen auch zu einer stimmigeren Berechnung der Niederschlagfelder führen. Der Genauigkeit der Vorhersage sind jedoch Grenzen gesetzt, so dass sich die Wünsche der Vorhersagezentralen in Gänze wohl kaum erfüllen lassen. Eine zunehmende Aufmerksamkeit erhalten deshalb die Ensemblevorhersagen.

Hier wurden deutliche Fortschritte erzielt, u. a. im Hinblick auf die anfangs zu enge Bandbreite („Spread“) mit der Folge, dass zu viele Ereignisse außerhalb des vom Ensemble aufgespannten Feldes lagen. Insgesamt sind die Handlungsempfehlungen in diesem Teil teilweise umgesetzt. Hinsichtlich der Maschenweite wurden die Empfehlungen erfüllt.

### **D.1.4 Regionale Wetterberatung**

Im Jahr 2014 stellte der DWD verschiedene Strukturanpassungen vor, die u.a. die Zentralisierung von Aufgaben in Offenbach a.M. (Nationales Warnzentrum NWZ), die Umwandlung der bisherigen Regionalzentralen in Regionale Wetterberatungen (RWB) sowie Nachtschließungen der RWB (mit Übernahme der Beratung durch das NWZ) beinhalteten. Im Jahr 2017 sind nun alle Regionalzentralen in Regionale Wetterberatungen umgewandelt worden.

Die Hochwasservorhersagezentralen weisen darauf hin, dass insbesondere bei großen Hochwasserereignissen und für die nächtlichen Beratungsfälle ausreichend DWD-Beratungspersonal mit regionalen Gebietskenntnissen erreichbar sein sollte.

Laut DWD-Aussagen sind die DWD-Dienststellen München, Offenbach und Hamburg rund um die Uhr erreichbar. Die anderen regionalen Wetterberatungen stünden von 05:30 bis 22 Uhr (24 Uhr im Ereignisfall) zur Verfügung, außerhalb dieser Zeiten werden Anfragen an das NWZ weitergeleitet.

Die Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Regionalen Wetterberatung konnten vom DWD erfüllt werden.

#### **D.1.5 Validierung der Genauigkeit der Niederschlagsvorhersagen**

Eine stationsbasierte Verifikation auf Basis von Großeinzugsgebieten wurde für die deterministischen Modelle des DWD umgesetzt. Diese Verifikation kann bei Bedarf für eine beliebig lange Periode, aber auch für ausgewählte Fälle, aufgesetzt werden. Auch die Ereignisstärke kann der Fragestellung angepasst werden. Die existierende Verifikation kann für das Ensemble-Vorhersagesystem in probabilistischer Form angepasst werden.

Zusätzlich ist eine räumliche Verifikation, zur Quantifizierung der Fehler in der Lokalisation, mittels geeigneter Beobachtungsdatensätze (z.B. Niederschlagsradar) und Methoden geplant. Die Handlungsempfehlungen wurden damit teilweise umgesetzt

#### **Umsetzungsgrad 2020:**

##### **D.1.1 Messstellendichte und Datenverfügbarkeit**

Eine Verdichtung des Bodenmessnetzes war und ist beim DWD nicht geplant. Der Schwerpunkt liegt auf dem Erhalt des Messnetzes und dem Ausbau der Online-Datenbereitstellung. Geplant ist zum Beispiel die Umstellung der letzten nebenamtlichen Stationen von Monatstabelle auf tägliche manuelle Zumeldung über eine Web-Applikation. Die automatische Schneehöhenmessung soll auf nahezu alle Standorte ausgeweitet werden, an denen die manuelle Erhebung wegfällt. Noch keinen Ersatz gibt es für die infolge der Vollautomatisierung der hauptamtlichen Stationen nicht mehr verfügbaren Messungen des Wassergehalts der Schneedecke. Ein automatisches Erfassungssystem befindet sich zurzeit in Erprobung. Wann und an welchen Stationen dieses zum Einsatz gelangen wird, ist zurzeit noch nicht bekannt.

Die Bemühungen des DWD zur Einbindung weiterer Partnernetze und der Nutzung möglichst aller Daten der Ländermessnetze auch in Vorhersage, Warnung und Beratung, wurden fortgeführt. Neu hinzugekommen sind die Messnetze der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Agrarstationen aus Bayern und Rheinland-Pfalz. Inzwischen werden von den Stationen neben dem Niederschlag auch weitere Parameter gemeldet. Eine weitere Ausweitung ist geplant.

##### **D.1.2 Radarprodukte**

Die Qualität der Radarprodukte des DWD konnte seit 2017 weiter verbessert werden. Mittlerweile sind die Radardaten aller Radarbetreiber in den benachbarten Staaten verfügbar. Weitere Bodenstationen konnten in die Aneichung integriert und Störechos zum Teil eliminiert werden. Weitere Verbesserungen sind in Arbeit oder geplant. Mit Hilfe der polarimetrischen Messgrößen der Dual-Pol-Radarsysteme sollen die Störechos weiter vermindert werden. Durch eine Änderung der Aneichverfahren soll die Qualität der Radarprodukte sowohl für vom Radar nicht erfasste Niederschläge als auch für fälschlicherweise als Niederschlag erfasste Ereignisse verbessert werden. Insgesamt sind die Handlungsempfehlungen in diesem Teil überwiegend zumindest teilweise umgesetzt. Hinsichtlich der Validierung der Bodenstationen für die Aneichung wurden die Empfehlungen bereits 2017 erfüllt.

### **D.1.3 Niederschlagsvorhersagen**

Die numerischen Wettervorhersagemodelle der Weiterdienste werden laufend weiterentwickelt. Hierbei werden auch die in den LAWA-Empfehlungen genannten Aspekte zur Verbesserung der Niederschlagsvorhersage adressiert. Im Januar 2021 überführt der DWD ICON-D2 und ICON-D2-EPS in den operationellen Betrieb. Gegenüber den bisherigen COSMO-Modellen wird mit den neuen Modellen die räumliche Auflösung erhöht, ICON-D2-EPS liefert einen verbesserten Spread vor allem für stärkere Niederschlagsereignisse und die Vorhersage der 2m Lufttemperatur über Schnee wird deutlich verbessert.

Mit SINFONY ist ein *Seamless-Prediction-System* in Entwicklung. Der Beginn des präoperationellen Betriebs ist für das 2. Quartal 2023 geplant. Für den Vorhersagezeitraum 0-12 Stunden stehen dann nahtlose Ensembleprodukte mit stündlichem Update und 30 Members zur Verfügung.

Die Bereitstellung von Hindcasts wird nicht nur in den Handlungsempfehlungen, sondern auch von vielen anderen Nutzern der DWD-Vorhersagen gefordert. Der DWD hat dem BMVI hierzu ein vierjähriges Kernprojekt vorgeschlagen, das sich auf die Erstellung von mehrjährigen NWV-Trainingsdaten (Hindcasts) und deren Bereitstellung fokussiert.

In diesem Handlungsfeld wurden deutliche Fortschritte erzielt, in den nächsten Jahren werden weitere deutliche Verbesserungen erwartet. Insgesamt sind die Handlungsempfehlungen in diesem Teil überwiegend zumindest teilweise umgesetzt.

### **D.1.4 Regionale Wetterberatung**

Die Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Regionalen Wetterberatung wurden bereits 2017 vom DWD erfüllt. Zwischenzeitlich haben mehrere Bundesländer die Zusammenarbeit mit der Regionalen Wetterberatung weiter intensiviert.

### **D.1.5 Validierung der Genauigkeit der Niederschlagsvorhersagen**

Im Rahmen einer Kleingruppe „Verifikation“ der LAWA-Expertengruppe Hydrometeorologie wurden erste Arbeiten zur Einrichtung einer quasi-operationellen Bereitstellung insgesamt dreier Produkttypen für das Monitoring von Einzelvorhersagen, die Analyse der längerfristigen Vorhersagegüte sowie der räumlichen Güte durchgeführt. Dabei lag der Fokus zunächst auf COSMO-D2 sowie dem Parameter Gesamtniederschlag. Geplant ist die Umsetzung des vollständigen quasi-operationellen Betriebs und Ausweitung der bereitgestellten Informationen auf weitere Modelle und evtl. auch für zusätzliche Parameter sowie Ensemblevorhersagen. Bei Einführung neuer und Ablösung alter Modelle erfolgt die Umstellung des Systems auf die jeweiligen Nachfolgemodelle

Die Handlungsempfehlungen sind damit aktuell teilweise, mit Umsetzung der aktuellen Planungen vollständig erfüllt.

## **D.2 Umfang verfügbarer meteorologischer Messdaten für die Hochwasservorhersage**

Bei der Anzahl der online verfügbaren sowie für die Hochwasservorhersage verwendeten meteorologischen Stationen zeigen sich große Unterschiede in der Messstellendichte allgemein, insbesondere aber bei der parameterbezogenen Betrachtung. Dies ist nur zum Teil in den unterschiedlichen Klima- und Reliefbedingungen der Bundesländer begründet.

Es ist daher *notwendig zu prüfen*, ob die Daten zusätzlicher, bereits vorhandener Stationen oder Messnetze (z.B. ANKONDA-Stationen des DWD, Landesmessnetze oder privater Wetterdienstleister) für die Hochwasservorhersage sinnvoll genutzt werden können.

### Umsetzungsgrad 2017:

Die Verwendung meteorologischer Messdaten in der Hochwasservorhersage hat sich zwischen 2013 und 2017 nur geringfügig geändert. Mit Ausnahme der Bundesländer, die keine Hochwasservorhersagen erstellen (BE, BH, HH, MV, SH), werden in allen anderen Bundesländern mehrere, aber nur in 5 (HE, SL, NI, ST, TH) alle vorhandenen Messnetze genutzt. 6 Bundesländer (BW, BY, BB, NW, RP, ST) geben an, dass die Verwendung weiterer Messnetze oder Messstationen geplant oder noch zu klären ist. Die Anzahl der in der Hochwasservorhersage genutzten Niederschlagsmessstationen in Bezug auf die Landesfläche ist in den Bundesländern sehr unterschiedlich (vgl. Tab. 3).

Die Bundesländer BW, NW und RP erachten vor allem für die Parameter Schneehöhe und Schnee-Wasseräquivalent zusätzliche Messstationen für erforderlich (vgl. D.1.1). Insgesamt sind in diesem Teil die Handlungsempfehlungen teilweise erfüllt.

Tabelle 3: Anzahl der in der Hochwasservorhersage genutzten Niederschlagsstationen

Bundesland (sortiert nach Stationsdichte)	Landesfläche [km <sup>2</sup> ]	Anzahl verwendete Stationen (2020)	Stationsdichte [Stationen/100 km <sup>2</sup> ]
Saarland	2569	38 (±0)	1,48
Rheinland – Pfalz	19847	187 (±0)	0,94
Nordrhein Westfalen	34084	301 (+245)	0,88
Baden-Württemberg	35752	278 (+3)	0,78
Bayern	70549	545 (+22)	0,77
Hessen	21115	156 (-1)	0,74
Thüringen	16172	102 (+11)	0,63
Sachsen- Anhalt	20445	86 (±0)	0,42
Sachsen	18420	76 (±0)	0,41
Niedersachsen	47618	167 (+6)	0,35
Brandenburg	29477	56 (+15)	0,19
Berlin	892	Keine VHS	Keine VHS
Bremen	326	Keine VHS	Keine VHS
Hamburg	755	Keine VHS	Keine VHS
Mecklenburg-Vorpommern	23211	Keine VHS	Keine VHS
Schleswig-Holstein	15763	Keine VHS	Keine VHS

(Die hier dargestellten Zahlen zeigen den Stand in 2020, die Zahlen in Klammern zeigen die Änderungen die von 2017 bis 2020 aufgetreten sind.)



### Umsetzungsgrad 2020:

Nahezu alle Länder, die Hochwasservorhersagen erstellen, nutzen in der Zwischenzeit meteorologische Messdaten sowohl aus dem eigenen Bundesland als auch aus benachbarten Bundesländern bzw. aus dem Ausland. Hierbei ergaben sich zwischen 2017 und 2020 nur geringfügige Veränderungen.

Die Anzahl der in der Hochwasservorhersage genutzten Niederschlagsmessstationen in Bezug auf die Landesfläche ist in den Bundesländern nach wie vor sehr unterschiedlich (vgl. Tab. 3). Im Vergleich zu 2017 hat sich vor allem in Nordrhein-Westfalen im Zuge des Aufbaus der Hochwasservorhersagemodelltechnik die Anzahl der genutzten Stationen sehr stark erhöht (2017: 56 Stationen, 2020: 301 Stationen), was aktuell eine Stationsdichte von 0,88 Stationen / 100 km<sup>2</sup> ergibt (2017: 0,16 Stationen / 100 km<sup>2</sup>).

## D.3 Nutzung von Wetterberatung, Radar und Nowcasting für die Hochwasservorhersage

### D.3.1 Verfügbarkeit und Nutzung von Daten und Produkten des DWD

Je kürzer die Reaktionszeit von Einzugsgebieten desto größer ist der Einfluss der Niederschlagsvorhersagen auf die Genauigkeit der Hochwasservorhersagen. Zur Bewertung und ggf. Korrektur der Niederschlagsvorhersagen ist es *dringend notwendig* die Daten und Produkte der Vorhersage- und Beratungszentralen bzw. der Regionalen Wetterberatung des Deutschen Wetterdienstes zu nutzen und falls erforderlich in Abstimmung mit dem DWD die speziellen Beratungsleistungen für die Hochwasservorhersage neu festzulegen.

In grenzüberschreitenden Einzugsgebieten und Einzugsgebieten, in denen Daten und Produkte des DWD für die Hochwasservorhersage nicht ausreichen, ist es notwendig zu prüfen, ob Daten und Produkte anderer Wetterdienste oder Wetterdienstleister genutzt werden können.

### Umsetzungsgrad 2017:

In allen Hochwasservorhersagen erstellenden Bundesländern sind Daten und Produkte der DWD-Wetterberatung zumindest teilweise verfügbar und werden für die Hochwasservorhersage genutzt. In fünf Bundesländern (BY, NW, RP, SN, ST) wird eine Ausweitung der Nutzung für erforderlich erachtet in vier Bundesländern (BB, HE, NI, SL) wird dies noch geprüft.

In 6 Bundesländern (BB, BW, BY, RP, SL, SN, ST) werden Daten und Produkte anderer Wetterdienste und Wetterdienstleister genutzt. In den Bundesländern, die keine Hochwasservorhersagen erstellen und in TH ist die Nutzung nicht erforderlich. In HE und NW ist eine Nutzung von Daten und Produkten weiterer Wetterdienste bzw. Wetterdienstleister noch zu prüfen, in BB, BY, SL und SN, ST ist eine Ausweitung der Nutzung geplant oder noch zu prüfen.

### Umsetzungsgrad 2020:

Im Vergleich zu 2017 ist durch mehrere Bundesländer eine Intensivierung der Nutzung von Daten und Produkten der DWD-Wetterberatung zu verzeichnen. In 4 Bundesländern (BB, HH, RP, SL) wird eine Ausweitung der Nutzung als erforderlich eingeschätzt, in NW ist diese im Rahmen des Ausbaus der HW-Vorhersagezentrale noch zu prüfen.

Daten und Produkte anderer Wetterdienste und Wetterdienstleister werden mittlerweile in 9 Bundesländern (BB, BW, BY, NI, NW, RP, SL, SN, ST) genutzt. In TH sowie den Ländern, die keine Vorhersagen berechnen, ist die Nutzung nicht erforderlich. In RP ist eine weitere Ausweitung der Nutzung geplant, in den Bundesländern BW und NW noch zu prüfen.

### **D.3.2 Nutzung von Radardaten und Nowcastingprodukten**

Werden Hochwasservorhersagen auch für kleine Einzugsgebiete erstellt oder sind Messnetze mit einer ausreichenden Stationsdichte nicht verfügbar, ist - insbesondere bei konvektiven Starkregenereignissen - die Verwendung von quantitativen Niederschlagsradardaten für die Hochwasservorhersage *notwendig*. Niederschlagsradardaten stellen darüber hinaus eine redundante Datenquelle zu Stationsdaten dar. Es wird *empfohlen*, deren zusätzliche Verwendung in der Hochwasservorhersage zu prüfen.

#### **Umsetzungsgrad 2017:**

In 8 Bundesländern (BB, BY, NI, RP, SL, SN, ST, TH, 2013 in 4 BL) werden RADOLAN-Daten als Modellinput für die Hochwasservorhersage genutzt. In drei Bundesländern (BW, HE, NW) werden die Daten bisher nur zu qualitativen Bewertung herangezogen. In RP werden darüber hinaus Radardaten des französischen Wetterdienstes als Modellinput, in SN Radardaten eines weiteren Anbieters zur qualitativen Bewertung genutzt.

Die DWD-Nowcastingprodukte (2h-Kürzestfristvorhersage RADVOR) werden bisher nur in BB, BY und in TH als Modellinput genutzt. 5 weitere Bundesländer (BW, NI, NW, RP, SN) nutzen die Daten nur zur qualitativen Bewertung, u. a. mit dem Hinweis, dass die bisherigen Tracking- und Vorhersageverfahren von RADVOR nicht den Anforderungen für die hydrologische Modellierung entsprechen. In HE, SL und ST werden die Daten nicht genutzt oder ist ihre Nutzung noch zu prüfen. Weitere Nowcastingprodukte und Punkt-Termin-Prognosen werden aktuell von BB, BW, BY, SN, ST und TH als Modellinput genutzt. In den anderen Bundesländern (BY, NI, NW, RP, SL) werden sie zur qualitativen Bewertungen herangezogen oder ihre Nutzung für die Hochwasservorhersage noch geprüft. Insgesamt sind in diesem Teil die Handlungsempfehlungen nur teilweise erfüllt.

#### **Umsetzungsgrad 2020:**

RADOLAN-Daten kommen in der Zwischenzeit in 9 Bundesländern (BB, BW, BY, NI, NW, RP, SN, ST, TH) als Modellinput für die Hochwasservorhersage zum Einsatz, bei weiteren 4 Ländern (HE, HH, SH, SL) werden die Daten qualitativ genutzt. In NI, RP und SL ist eine Ausweitung der RADOLAN-Nutzung vorgesehen, in HH diese noch zu prüfen. Darüber hinaus werden in BW und RP Radardaten weiterer Anbieter als Input für die Modelle herangezogen, in SL und SN erfolgt deren Nutzung qualitativ.

Die DWD-Nowcastingprodukte werden weiterhin in BB, BY und TH als Modellinput genutzt, in 6 Bundesländern (BW, NI, NW, RP, SN, ST) werden die Daten zu qualitativen Bewertung herangezogen. Die Ausweitung der Nutzung wird in 6 Ländern (BW, HH, NI, NW, RP) geprüft. Weitere Nowcastingprodukte und Punkt-Termin-Prognosen kommen mittlerweile in 8 Bundesländern (BB, BW, BY, NI, NW, SN, ST, TH) zum Einsatz. In drei Ländern (HE, RP, SH) werden diese qualitativ genutzt.

### **D.4 Nutzung meteorologischer Vorhersagen für die Hochwasservorhersage**

Für die geforderten Vorwarnzeiten ist in fast allen Fällen die quantitative Nutzung von meteorologischen Vorhersagen in der Hochwasservorhersage *notwendig*. Es wird *empfohlen*, auch die Verwendung von Vorhersagen anderer Wetterdienste und den Einsatz von Spezialvorhersagen (z.B.

SNOW4) sowie Ensemblevorhersagen zu prüfen. Darüber hinaus wird empfohlen, die Verwendung von Nowcasting-Produkten insbesondere in sehr schnell reagierenden Einzugsgebieten zu prüfen.

#### Umsetzungsgrad 2017:

##### D.4.1 Deterministische DWD-Vorhersage

Die deterministischen Vorhersagen des DWD werden (wie schon 2013) von allen Hochwasservorhersagen erstellenden Bundesländern genutzt. Diese kommen hierbei überwiegend quantitativ als Input für die Modelle zum Einsatz.

##### D.4.2 Deterministische Vorhersage anderer Anbieter

Insbesondere in den Bundesländern mit grenzüberschreitenden Einzugsgebieten und Bereichen, in denen die Produkte des DWD für die Hochwasservorhersage nicht ausreichen, kommen deterministische Vorhersagen anderer Anbieter zum Einsatz. BW, RP und SL nutzen die französischen Produkte ARPEGE und AROME. In BY finden u.a. ALARO-ALADIN der ZAMG und MétéoSuisse - COSMO-7 als Modellinput Anwendung. Zudem verwenden mehrere Bundesländer die Globalmodelle ECMWF (BB, BW, BY, SN), GSF (BB, BY, SN, TH) und UKMO (BY, SN).

##### D.4.3 Ensemble-Vorhersagen

Ensemble-Vorhersagen kommen mittlerweile in 9 Bundesländern (BB, BW, BY, NI, NW, RP, SL, SN, TH, 2013 in 4 BL) als Modellinput oder zur qualitativen Bewertung zum Einsatz. Am häufigsten genutzt werden die Produkte aus der COSMO-Gruppe, DE-EPS (BW, BY, NI, NW, RP, SL, SN, TH), gefolgt von LEPS (BB, BY, NW, SN, TH). ECMWF-EPS wird in den Ländern BY, SN und TH verwendet, SRNWP-EPS in NW und RP zur qualitativen Bewertung eingesetzt.

In HE und ST finden Ensemble-Vorhersagen derzeit noch keine Anwendung, diese ist aber geplant oder wird geprüft. In BW, BY, RP und SN ist eine Ausweitung der Nutzung geplant.

##### D.4.4 Spezialvorhersagen

Im Vergleich zu 2013 kommen 2017 etwas mehr Spezialvorhersagen zum Einsatz. Das DWD-Produkt SNOW4 findet bereits mehrheitlich (in BB, BY, HE, NW, RP, SL, SN, ST, TH) Anwendung. BW verwendet Schneeschmelzvorhersagen von LARSIM-BW sowie von SLF (CH).

Die Handlungsempfehlungen zur quantitativen Nutzung von Niederschlagsvorhersagen (D.4.1 und D.4.2) wurden weitgehend umgesetzt, die Handlungsempfehlungen zur Nutzung von Ensemble-Vorhersagen, Nowcasting-Produkten und Spezialvorhersagen (D.4.3 und D.4.4) zumindest teilweise.

#### Umsetzungsgrad 2020:

##### D.4.1 Deterministische DWD-Vorhersage

Die deterministischen Vorhersagen des DWD werden (wie schon 2013 und 2017) von allen Hochwasservorhersagen erstellenden Bundesländern genutzt. Diese kommen hierbei überwiegend quantitativ als Input für die Modelle zum Einsatz. BB, HH, SH, SL, SN und TH nutzten die Langfristvorhersage zur qualitativen Bewertung.

##### D.4.2 Deterministische Vorhersage anderer Anbieter

Insbesondere in den Bundesländern mit grenzüberschreitenden Einzugsgebieten und Bereichen kommen deterministische Vorhersagen anderer Anbieter zum Einsatz. BW, RP und SL nutzen wie bereits 2017 die französischen Produkte ARPEGE und AROME. SN nutzt neu die Vorhersagen von

CHMU (Tschechien) und IMGW (Polen). Die Vorhersagen des ECMWF werden mittlerweile in 9 Bundesländern (BB, BW, BY, HE, RP, SH, SL, SN, TH, 2017 in 4 BL) eingesetzt. BW, BY und RP nutzen die Vorhersage als Input für die Modelle. BB, BY, SN und TH verwenden weitere Globalmodelle (GSF, UKMO oder WRF). BW, RP und SL planen eine Ausweitung der Nutzung der Vorhersagen anderer Anbieter zu prüfen.

#### **D.4.3 Ensemble-Vorhersagen**

Ensemble-Vorhersagen kommen mittlerweile in 11 Bundesländern (BB, BW, BY, HH, NI, NW, RP, SL, SN, ST, TH, 2017 in 9 BL, 2013 in 4 BL) als Modellinput oder zur qualitativen Bewertung zum Einsatz. Alle genannten BL nutzen die COSMO-DE-Ensemble-Vorhersagen des DWD. Die erst seit 2018 verfügbaren ICON-EPS-Vorhersagen werden von BY, NW und SN verwendet. COSMO-LEPS kommt in BB, BY, SN, ST und TH zum Einsatz. ECMWF-EPS wird wie bisher nur in den Ländern BY, SN und TH verwendet, SRNWP-EPS unverändert in NW und RP zur qualitativen Bewertung eingesetzt.

In HE finden Ensemble-Vorhersagen derzeit noch keine Anwendung, diese ist aber geplant. In BB, BW, HH, NI, NW, RP, SL, RP und SN ist eine Ausweitung der Nutzung geplant oder wird eine Ausweitung geprüft.

#### **D.4.4 Spezialvorhersagen**

Die SNOW4-Vorhersagen des DWD finden in 10 (2013 und 2017 in 9) BL (BB, BW, BY, HE, NW, RP, SL, SN, ST, TH) Anwendung. SL, ST und SN planen eine Ausweitung der Nutzung, in NI und NW wird diese geprüft.

Das DWD Produkt MOSMIX wird in BY, HE, NW und ST genutzt. BB, HH, NI und RP prüfen eine Ausweitung der Nutzung.

DWD-Beratungsprodukte für die Hochwasservorhersage werden von 11 BL (BB, BW, BY, HE, NI, NW, RP, SH, SN, ST, TH) genutzt (2013 6 BL, 2017 8 BL). HH plant eine Ausweitung der Nutzung.

Wie bereits 2017 nutzen BW, BY und SN neben den Produkten und Spezialvorhersagen des DWD Produkte weiterer Anbieter.

Die Handlungsempfehlungen zur quantitativen Nutzung von Niederschlagsvorhersagen (D.4.1 und D.4.2) wurden weitestgehend, die Handlungsempfehlungen zur Nutzung von Ensemble-Vorhersagen, Nowcasting-Produkten und Spezialvorhersagen (D.4.3 und D.4.4) weitgehend umgesetzt. Mehrere BL planen in diesen Handlungsfeldern Ausweitungen (zum Beispiel Nutzung von Ensemble-Vorhersagen als Input und nicht nur zur qualitativen Bewertung).

## D.6: Handlungsempfehlungen zu hydrologischen Daten, Wasserstands-Abfluss-Beziehungen

### Bedeutung des Handlungsfeldes

Für die Erstellung einer Hochwasservorhersage (HW-Vorhersage) sind dauerhaft, sicher und aktuell vorliegende hydrologische Daten eine entscheidende Voraussetzung. Die Verfügbarkeit von zeitlich und räumlich geeignet aufgelösten Abflussdaten bildet die Basis der Hydrologie. Da an den Pegeln zumeist nur der Wasserstand gemessen werden kann, muss dieser über eine Wasserstands-Abfluss-Beziehung in den entsprechenden Abfluss umgerechnet werden.

Die Güte und Aktualität der Wasserstands-Abfluss-(W-Q-)Beziehungen hat großen Einfluss auf die Vorhersagequalität. Vor allem im Hochwasserbereich sind die W-Q-Beziehungen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet.

Für den operationellen Vorhersage- und Warnbetrieb ist es *dringend notwendig*, die W-Q-Beziehungen aller hochwasserrelevanten Pegel in den Bereich extremer Hochwasser zu extrapolieren. Für in Modellen verwendete Pegel ist es *notwendig*, die W-Q-Beziehungen im Extrembereich über geeignete Extrapolationsverfahren unter Berücksichtigung der ggf. ins Vorland erweiterten Pegelprofile abzusichern.

### Umsetzungsgrad 2017:

Im Jahr 2013 wurde in allen Bundesländern, für die Angaben vorliegen, Bedarf an einer Verbesserung der W-Q-Beziehungen im Hochwasserbereich gesehen. Insgesamt wurden zwar Verbesserungen erzielt, es besteht aber immer noch in vielen Bundesländern Handlungsbedarf. Die Empfehlung für den Extrapolationsbereich ist in 2017 in den Bundesländern BB, BE, HH und NW nur in geringem Maß umgesetzt, die Empfehlung für die Extrapolationsmethodik ist in BE und BB nur in geringem Maß umgesetzt (siehe Abbildungen D-1 und D-3 sowie Tabelle D-6 in Anlage D).

Auch in den WSV-Flussgebietseinheiten, die Binnenpegel mit WQ-Beziehungen enthalten, besteht Bedarf an einer Verbesserung der W-Q-Beziehungen im Hochwasserbereich. Die Empfehlung für den Extrapolationsbereich ist 2017 in der WSV-Flussgebietseinheit Ems nur in geringem Maß umgesetzt, die Empfehlung für die Extrapolationsmethodik ist auch in den übrigen WSV-Flussgebietseinheiten mit WQ-Binnenpegeln nur in geringem Maß umgesetzt (Abb. D-2 und D-4 sowie Tabelle D-7 in Anlage D).

Zusammenfassend handelt es sich hier um anspruchsvolle Arbeiten an der Messdatenbasis, bei der noch einige Arbeiten notwendig sind.

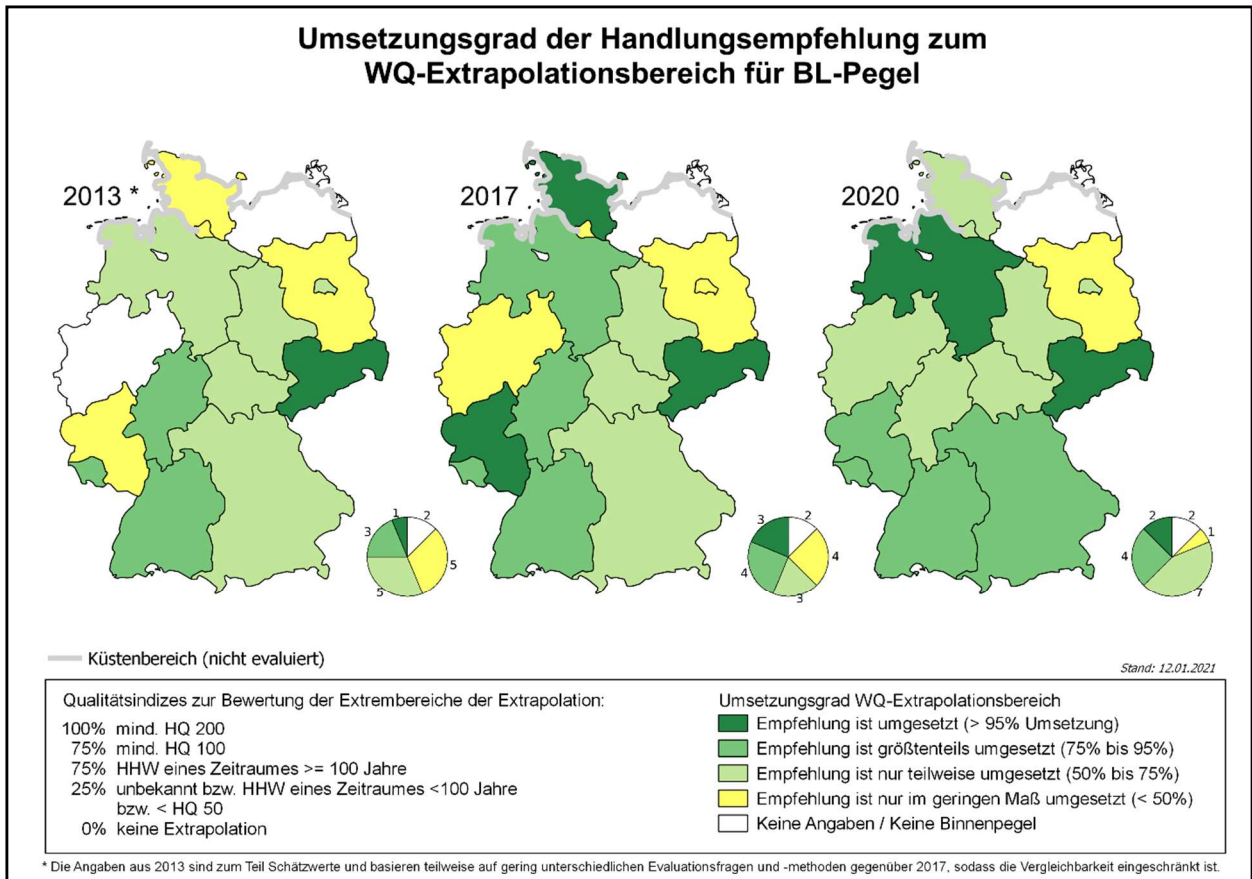


Abb. D-1: WQ-Extrapolationsbereiche (Pegelbetreiber: BL)

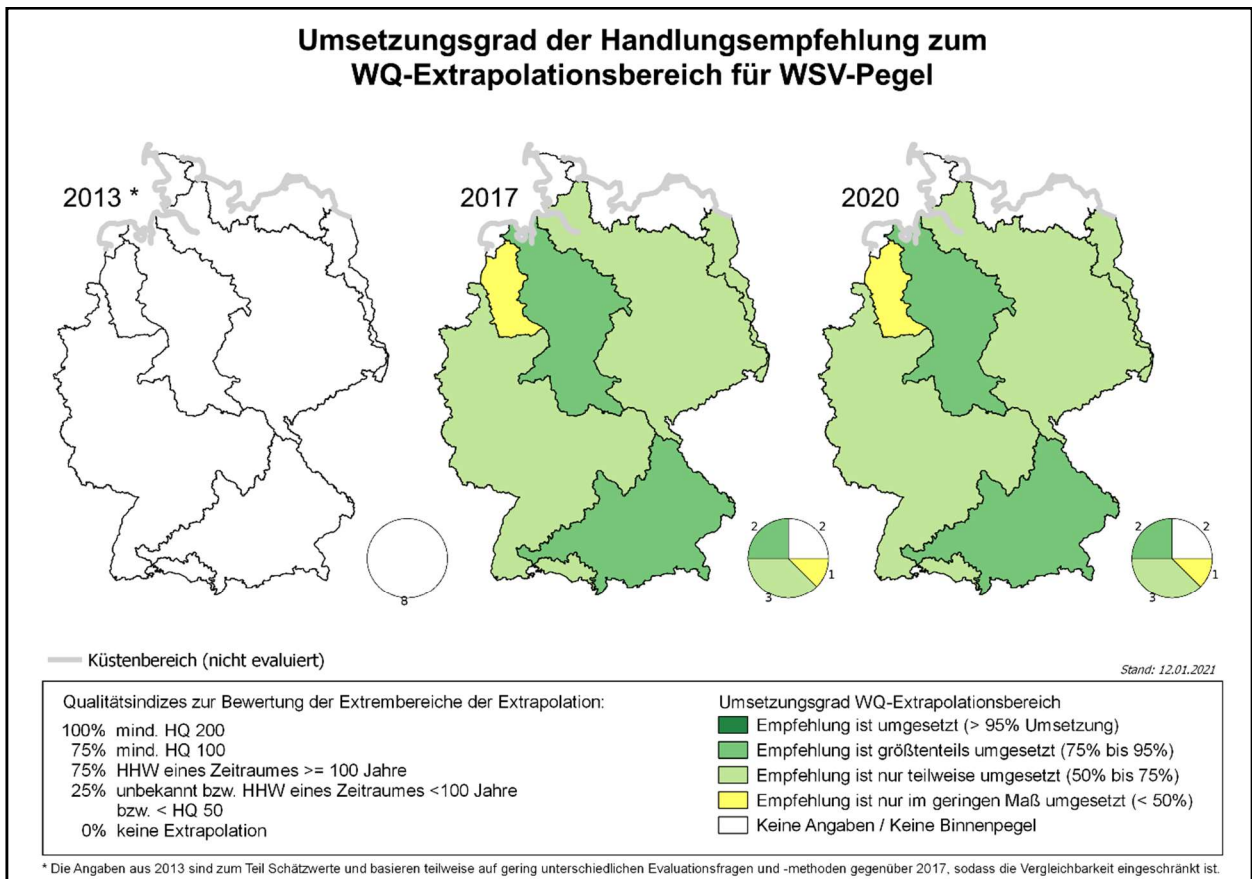


Abb. D-2: WQ-Extrapolationsbereiche (Pegelbetreiber: WSV)

### Umsetzungsgrad 2020:

In Bezug auf die Extrapolation der W-Q-Beziehungen im Hochwasserbereich konnten in zahlreichen Bundesländern (BE, BY, HH, NI, NW) Verbesserungen erzielt werden, so dass aktuell ausschließlich noch in BB die entsprechenden Empfehlungen in nur geringem Maße umgesetzt sind (Abb. D-1, Tabelle D-6 in Anlage D). Einzelne, scheinbare Verschlechterungen führen dabei nicht zu einem Umsetzungsgrad von unter 50 % und sind in erster Linie der gestiegenen Zahl an Pegeln kleinerer Einzugsgebiete geschuldet. Im Bereich der WSV-Flussgebietseinheiten gab es gegenüber 2017 keine Veränderungen hinsichtlich der Extrapolationsbereiche, wobei auch ausschließlich im Gebiet der Ems die Empfehlungen lediglich in geringem Maß umgesetzt sind (siehe Abb. D-2, Tabelle D7 in Anlage D).

Bei der Umsetzung der Empfehlungen zur Extrapolationsmethodik gab es sowohl in den Bundesländern als auch bei der WSV weniger umfangreiche Verbesserungen als in Bezug auf die Extrapolationsbereiche. Einzig NI konnte den Umsetzungsgrad steigern und hat die Empfehlungen wie RP bereits 2017 nun vollends umgesetzt (Abb. D-3, Tabelle D-6 in Anlage D). In Bezug auf die verwendete Extrapolationsmethodik im Hochwasserbereich gab es in den WSV-Flussgebietseinheiten Rhein und Donau Verbesserungen, so dass dort die Empfehlungen nun teilweise umgesetzt worden sind. In den übrigen Flussgebietseinheiten gab es gegenüber 2017 keine Veränderungen und die Empfehlungen sind weiterhin lediglich in geringem Maß erfüllt (siehe Abb. D-4, Tabelle D7 in Anlage D).

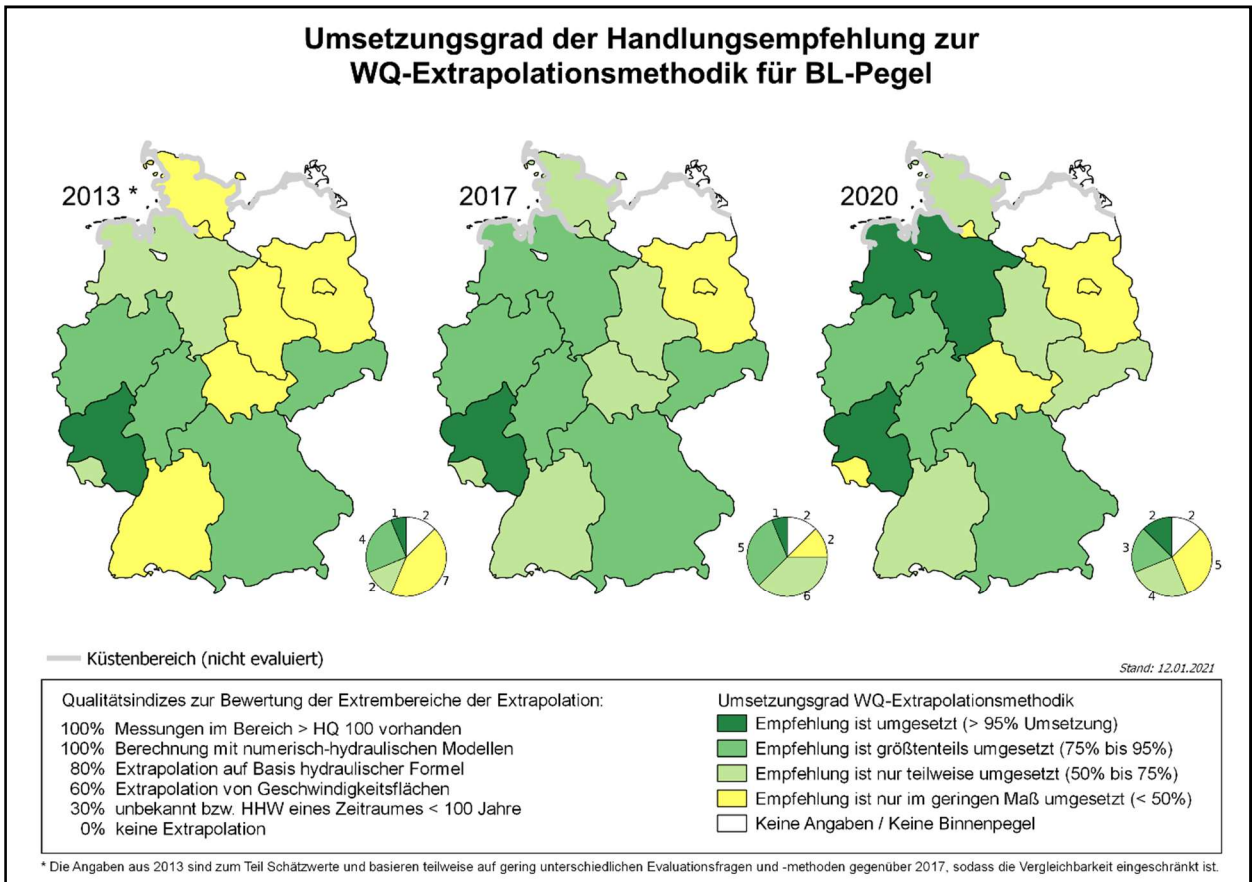


Abb. D-3: WQ-Extrapolationsmethodik (Pegelbetreiber: BL)

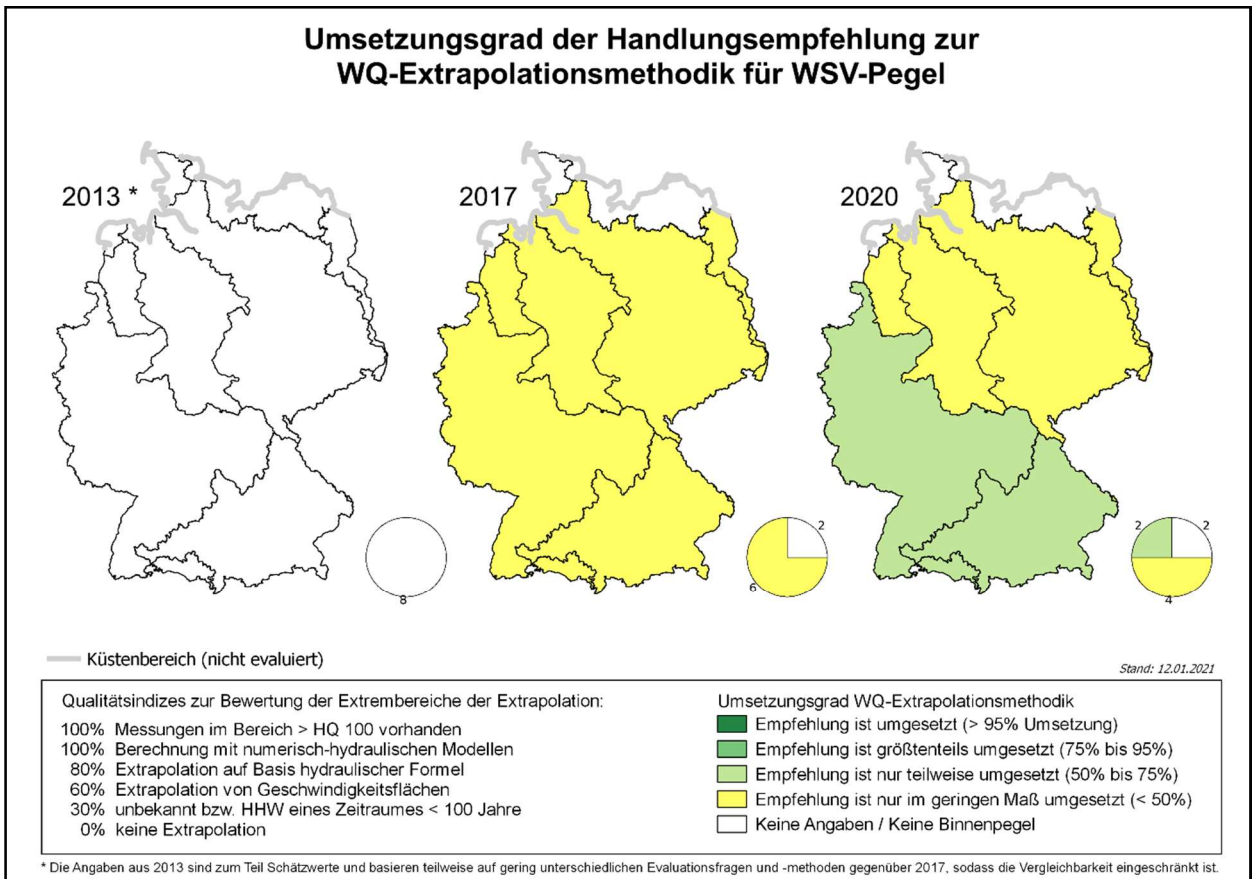


Abb. D-4: WQ-Extrapolationsmethodik (Pegelbetreiber: WSV)



## Handlungsfeld E: Systemdaten und Prozessbeschreibung in Hochwasser-Vorhersagesystemen

### Bedeutung des Handlungsfeldes E:

Der Umfang, die Qualität und die Aktualität der in den Hochwassermodellen erfassten Systemdaten sowie der Detaillierungsgrad der Prozessbeschreibung haben einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Vorhersage.

### Evaluierte Handlungsempfehlungen:

#### E.2 Geometriedaten des Flusses, Rauigkeitsbeiwerte und Wellenlaufzeiten

Es ist *dringend notwendig*, dass aktuelle Geometriedaten insbesondere bei größeren Veränderungen des Deichverlaufes, z.B. infolge von Deichrückverlegungen, zeitnah in die Modelle aufgenommen werden. Nach größeren Hochwassern ist es *notwendig*, dass die Rauigkeitsbeiwerte der Modelle u.a. anhand von Fixierungen oder Geschwemmsellinien überprüft und ggf. nachkalibriert werden.

Es ist *dringend notwendig*, die Wellenlaufzeit in den Vorhersagemodellen adäquat abzubilden, um sicherzustellen, dass neben der Höhe der Scheitel auch die Eintrittszeit genauer vorhergesagt werden kann.

#### E.5 Deichversagen

Der Einbau potentieller Deichbruchstellen in das operationelle Vorhersagemodell schafft die Möglichkeit, im Ereignisfall real eingetretene Deichbrüche zumindest vereinfacht zu berücksichtigen, und ist aufgrund der überregionalen Auswirkungen auf den Wellenablauf unterstrom *dringend notwendig*. Hierzu ist zwischen den einzelnen Vorhersagepegeln jeweils mindestens eine mögliche Deichbruchstelle zu identifizieren und die Größe der hinter dieser Versagensstelle liegenden Überflutungsfläche zu ermitteln. Die Ergebnisse sind dann in das Vorhersagemodell als Auslässe bzw. Becken zu implementieren.

#### E.6 Tideeinfluss durch die Nordsee bzw. Einfluss Wasserstand in der Ostsee

Um in den tidebeeinflussten bzw. vom Rückstau der Ostsee beeinflussten Binnenflüssen eine verbesserte Vorhersage zu erreichen, ist es *dringend notwendig*, diese Einflüsse im VH-Modell zu berücksichtigen. Hierzu ist als untere Randbedingung für das Flussmodell keine Wasserstands-Abflussbeziehung, sondern der gemessene bzw. vom BSH vorhergesagte Wasserstand zu verwenden (z.B. Oder).

#### E.7 Verbesserung der interaktiven Modellsteuerung

Es ist *dringend notwendig* die Benutzeroberfläche des Vorhersagesystems so auszustatten, dass eine interaktive Modellsteuerung zur Berücksichtigung von Rückhaltemaßnahmen, Deichbrüchen sowie ggf. zur Korrektur der numerischen Wettervorhersagen ermöglicht wird.

Ebenso ist es *notwendig* in den Vorhersagesystemen Steuerungsmöglichkeiten zu implementieren, um ggf. aktuell erkennbare Laufzeitunterschiede zwischen gemessenem und berechnetem Wellenablauf im Modell ereignisbezogen zu korrigieren.

## **E.10 Aktualisierung der vorhandenen Vorhersagemodelle und -systeme**

Es ist *dringend notwendig* für jedes Vorhersagemodell ein ggf. bundesländerübergreifendes Aktualisierungskonzept zu erstellen. Dies beinhaltet insbesondere: Änderungen von Systemeigenschaften (z.B. Deichrückverlegungen u. a. Geobasis- und Geofachdaten), neue Erkenntnisse aus aktuellen Hochwasserereignissen (Modellkalibrierung), Hard- und Software-Aktualisierungen (neue Versionen von Betriebssystemen, Modellsoftware, etc.) sowie Erweiterung von Eingangsdaten (Erweiterung von Stationsmessnetzen).

### **Umsetzungsgrad 2017:**

Die Tabelle 4 auf Seite 51 zeigt eine flussgebietsbezogene Zusammenstellung des Umsetzungsstandes zu den in den Handlungsempfehlungen als dringend notwendig erachteten Maßnahmen im Bereich der Hochwasser-Vorhersagesysteme.

Die notwendigen Aktualisierungen der Modelle und die zugehörigen Neukalibrierungen sind in den letzten drei Jahren in den meisten Fällen erfolgt bzw. sind bis 2020 geplant. Das in den Handlungsempfehlungen geforderte Aktualisierungskonzept, das eine adäquate Fortschreibung der Modelle sowie der zugrundeliegenden Daten auch in Zukunft sicherstellt, liegt bis auf wenige Ausnahmen vor.

Bei der Abbildung des Niederschlag-Abfluss-Prozesses ist eine fachliche Differenzierung deutlich zu erkennen. In den Bundesländern mit Mittelgebirgsregionen kommen aufwändigere Ansätze zur Berechnung der Schneemodellierung zum Einsatz. Ähnliches gilt für die Berechnung der Wellenlaufzeit. Bei den kleineren Flüssen erfolgt diese meist über hydraulische Ansätze, vereinzelt allerdings auch noch nur empirisch, und nur für die großen Flüsse Rhein, Donau, Elbe und Oder erfolgt die Berechnung der Wellenlaufzeit über hydrodynamische Ansätze.

Die modelltechnische Berücksichtigung von Deichbrüchen ist oft gar nicht oder nur durch einen aufwändigen händischen Eingriff möglich. Hier haben sich nur einzelne Verbesserungen gegenüber 2013 ergeben und mit Ausnahme des Donauebietes besteht ein z. T. deutlicher Verbesserungsbedarf.

Die durch die Tide bzw. den Rückstau der Ostsee beeinflussten Wasserstände in den Unterläufen der Elbe und Oder sind jeweils in den Systemen berücksichtigt, ein Verbesserungsbedarf besteht aber an beiden Flüssen weiterhin noch.

### **Umsetzungsgrad 2020:**

In Tabelle 4 wurde in der flussgebietsbezogenen Zusammenstellung des Umsetzungsstandes der Stand 2020 mit aufgenommen. Am grundsätzlichen Einsatz der verwendeten Modelle haben sich keine Änderungen ergeben, für zwei Gebiete wurden neue Modelle aufgestellt.

Im Bereich der Modellaktualisierung zeigte sich, dass von 2013 zu 2017 notwendige Modellaktualisierungen durchgeführt worden sind und die Handlungsempfehlung umgesetzt wurde. Im Vergleich zum Stand 2017 ist der Anteil an Vorhersagegebieten mit einem Bedarf einer Modellaktualisierung zwar wieder gestiegen ist, was aber nicht mit einer Verschlechterung gleichzusetzen ist, denn eine Modellaktualisierung ist zwangsweise im Laufe der Zeit für die versch. Modelle bzw. in den eingesetzten Gebieten nötig.

Die Umsetzung der Empfehlungen bezüglich der Abbildung der Wellenlaufzeit konnte durchgängig weiter ausgebaut werden.

Die Umsetzung der Empfehlungen bezüglich der Berücksichtigung von Deichbrüchen konnte am Flusslauf der Elbe vollständig umgesetzt werden. In weiten Teilen ist diese jedoch unverändert gering ausgeprägt. Hier besteht weiter Verbesserungsbedarf. Hier sollte geprüft werden, ob eine Berücksichtigung von Deichversagen in dem ein oder anderen Gebiet – insbesondere in kleineren Einzugsgebieten - fachlich gar nicht erforderlich sein muss.

Die Umsetzung der Empfehlungen bezüglich eines Aktualisierungskonzepts lag bereits in weiten Teilen vor und konnte geringfügig im Rhein-Gebiet ausgebaut werden.

Die Umsetzung der Empfehlungen bezüglich der Berücksichtigung des Tideeinflusses konnte im Elbe-Gebiet ausgebaut werden. Der Handlungsbedarf wurde für das Weser-Gebiet adressiert. Ein neues Vorhersagemodell, welches den Tideeinfluss berücksichtigt, befindet sich derzeit im Aufbau.

Tabelle 4: Umsetzungsstand von Handlungsempfehlungen für Hochwasser-Vorhersagesysteme			Stand 2013				Stand 2017				Stand 2020					
			Modellaktualisierung erforderlich	Abbildung der Wellenlaufzeit	Berücksichtigung Deichbrüche	Aktualisierungskonzept	Tideeinfluss	Modellaktualisierung erforderlich	Abbildung der Wellenlaufzeit	Berücksichtigung Deichbrüche	Aktualisierungskonzept	Tideeinfluss	Modellaktualisierung erforderlich	Abbildung der Wellenlaufzeit	Berücksichtigung Deichbrüche	Aktualisierungskonzept
<b>Rhein</b>																
BW	Rhein und Rheinzufüsse	SYN1D, LARSIM														
BY	Mainzufüsse	LARSIM														
	Main	WAVOS														
HE	Rheinzufüsse	LARSIM														
NI	Vechte	PANTA RHEI														
NW	Rhein- und Maaszufüsse	LARSIM, NASIM														
RP	Mosel, Nahe, Lahn, Sieg	LARSIM														
	Rhein	WAVOS														
SL	Saar und Saarzufüsse	LARSIM														
TH	Rheinzufuss	J2000, HWVor														
<b>Donau</b>																
BW	Donau und Donauzufüsse	LARSIM														
BY	Donauzufüsse	LARSIM														
	Donau	FLUX/FLORIS														
	Donau	WAVOS														
<b>Elbe</b>																
BY	Elbezufuss	LARSIM														
BB	Stepenitz	NASIM														
NI	Ilmenau	PANTA RHEI														
SN	Schwarze Elster, Spree	Individualentwicklung														
	Weißer Elster	BCE-NA														
	Mulde	ARC-EGMO/RIMODO														
	Große Röder	HBV + kin. Routing														
ST	Elbe	Individualentwicklung														
	Elbe, Saale, Havel	WAVOS														
	Saale u. Nebenflüsse Schw. Elster	HWVor Saale														
	Ilse, Bode	M-Pro von WinPro														
TH	Selke ( <i>neues Modell</i> )	Arc-EGMO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Elbezufüsse	J2000, HWVor														
<b>Oder</b>																
BB	Oder	WAVOS														
SN	Lausitzer Neiße	Individualentwicklung														
<b>Weser</b>																
HE	Weserzufüsse	LARSIM														
NW	Weserzufüsse	LARSIM, NASIM														
NI	Aller, Leine, Oker, Hunte, Wümme	PANTA RHEI														
TH	Weserzufüsse	J2000, HWVor														
NI	Weser ( <i>neues Modell</i> )	SOBEK-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Ems</b>																
NI	Hase	PANTA RHEI														
NW	Obere Ems und Emszufüsse	LARSIM														
Legende:																
Empfehlung ist umgesetzt																
Empfehlung ist teilweise umgesetzt																
Empfehlung ist nicht umgesetzt																
keine Angabe bzw. nicht erforderlich																
Stand: 12.01.2021																

## 4. Anlagen

### Anlage A: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld A - Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung

Für das Handlungsfeld A gibt LAWA (2014) die nachfolgend kurz zusammengefassten „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“.

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

#### **Dringend notwendig zu prüfen:**

- ob in noch nicht erfassten Flussgebieten die Erstellung und der Betrieb von Hochwasservorhersagemodellen sinnvoll und notwendig ist oder ob dort eher kein Bedarf an einer Hochwasservorhersage besteht (s. Handlungsempfehlung A.1)
- ob die Hochwasservorhersagemodelle jederzeit einsatzbereit sind (A.3)
- ob die Melde- und Warnwege über eine Hochwassergefahr über Verordnungen (Hochwassermeldeordnung) von der Wasserwirtschaft an die zuständigen Gefahrenabwehrbehörden eindeutig geregelt sind

#### **Dringend notwendig:**

- die vorhandenen bzw. die ggf. noch neu zu erstellenden regionalen und überregionalen Vorhersagesysteme innerhalb der Flussgebiete über einen automatisierten Datenfluss miteinander zu vernetzen (A.2)
- dass Vorhersagen, aber insbesondere die Warnungen zeitnah veröffentlicht werden und klar und übersichtlich dargestellt sind
- dass Vorhersagen im Hochwasserfall in hoher zeitlicher Auflösung (d. h. nicht nur als ein einzelner Vorhersagewert pro Tag, sondern als Ganglinie mit mindestens stündlichen Werten) veröffentlicht werden
- Warnungen und Vorhersagen über verschiedene technische Informationswege zu kommunizieren (z. B. Internet für mobile Geräte, Videotext, automatische Telefonansage, Radio, Pressemitteilung) und die Informationswege laufend an den aktuellen Stand der Technik anzupassen (A.6)

#### **Notwendig:**

- die Vorhersagemodelle in den Hochwasserzentralen kontinuierlich zu betreiben, d.h. im ganzjährigen Betrieb über das gesamte Abflussspektrum (A.3)
- zur besseren und klareren Veranschaulichung die Vorhersageunsicherheit mit geeigneten Verfahren zu berechnen und in graphischer Form darzustellen und nur dort, wo es unumgänglich ist, auf die Darstellung als Text zurückzugreifen (A.5)

- zur besseren und klareren Abgrenzung von Vorhersage und Abschätzung auch die Abschätzung in graphischer Form darzustellen und nur dort, wo es unumgänglich ist, auf die Darstellung als Text zurückzugreifen
- das LHP mit den damit verbundenen Landesportalen als nationale Plattform für amtliche Hochwasserinformationen weiter auszubauen und die Landesportale, die z. T. umfangreiche Zusatzinformationen beinhalten, wo erforderlich noch benutzerfreundlicher zu gestalten

**Notwendig zu prüfen:**

- in welcher Häufigkeit die Vorhersagen im Hochwasserfall veröffentlicht werden

**Dringend empfohlen zu prüfen:**

- die Hochwasservorhersagen im Ereignisfall (ab LHP Klasse 3) mindestens in folgenden Aktualisierungsintervallen zu berechnen und zu veröffentlichen:
  - Flussgebiete < 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 3-stündliche Aktualisierung
  - Flussgebiete > 5.000 km<sup>2</sup>: mind. 6-stündliche (4-mal täglich) Aktualisierung (A.4)
- ob die Unsicherheit der veröffentlichten Vorhersage darzustellen ist (A.5)
- den Informationsfluss der Melde- und Warnwege
- wie das Länderübergreifende Hochwasserportal als gemeinsame Plattform für die Weiterentwicklung des Informationsangebotes genutzt werden kann

**Dringend empfohlen:**

- einen jährlichen Erfahrungsaustausch zur Hochwasservorhersage im Rahmen einer LAWA-Expertengruppe einzurichten, mit dem Ziel der weiteren Verbesserung der Vorhersagesysteme sowie zur Information und zur Abstimmung weiterer Entwicklungen (A.7)

**Empfohlen zu prüfen:**

- ob ein Optimierungsbedarf bei bestehenden Vernetzungen gegeben ist (A.3)

**Empfohlen:**

- technische Benachrichtigungssysteme (z.B. SMS, Email) einzurichten, die es zuständigen Dienststellen oder lokal Betroffenen ermöglichen, sich bei Überschreiten von kritischen Wasserständen oder Meldehöhen informieren zu lassen

Tabelle A-1: hochwasserrelevante Pegel und Stand der Hochwasservorhersage

Zusammenstellungen aus Bogen 9: Evaluation zum Betrieb der Vorhersagemodelle und der Veröffentlichung der Vorhersage für jeden HW-relevanten Pegel																		
<b>LAWA-Handlungsempfehlung:</b> 1. Es ist dringend zu prüfen, ob in den entsprechenden Flussgebieten die Erstellung und der Betrieb von Hochwasser-vorhersagemodellen sinnvoll und notwendig ist oder ob dort eher kein Bedarf an einer Hochwasservorhersage besteht. 2. Es ist dringend notwendig, dass HW-Vorhersagen und Warnungen zeitnah veröffentlicht werden und klar und übersichtlich dargestellt sind. Es ist notwendig zu prüfen, in welcher Häufigkeit die Vorhersagen im Hochwasserfall veröffentlicht werden.																		
Zu-stand	Kriterium	Anzahl der Pegel in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
2020	HW-relevante Pegel	274	484	22	138	0	8	115	3	113	138	101	25	109	71	67	83	1751
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage intern vorhanden	256	482	0	25	0	0	78	2	86	131	83	19	67	48	7	83	1367
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage wird veröffentlicht	102	170	0	16	0	0	41	2	69	8	39	13	30	15	1	57	563
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage nur intern verfügbar	154	312	0	9	0	0	37	0	16	123	44	6	37	33	6	26	803
2017	HW-relevante Pegel	252	488	22	130	0	0	115	3	113	137	80	25	106	70	65	83	1689
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage intern vorhanden	251	486	0	22	0	0	78	2	83	36	80	19	64	47	1	83	1252
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage wird veröffentlicht	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage nur intern verfügbar	150	316	0	6	0	0	37	0	16	29	41	6	50	32	0	26	709
2013	HW-relevante Pegel	216	495	0	41	0	0	102	2	92	86	54	14	104	46	68	81	1401
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage intern vorhanden	156	495	0	21	0	0	77	2	59	29	52	14	44	40	3	81	1073
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage wird veröffentlicht	99	115	0	16	0	0	35	2	58	7	38	13	6	14	3	0	406
	Anzahl Pegel: HW-Vorhersage nur intern verfügbar	57	380	0	5	0	0	42	0	1	22	14	1	38	26	0	81	667

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildungen: Titelseite sowie Abb. A-1 und A-2

Tabelle A-2: Aktualisierung von Vorhersagen außerhalb Hochwasser

Zusammenstellungen aus Bogen 9: Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen: Häufigkeit der Vorhersage-Aktualisierung außerhalb Hochwasser																		
<b>LAWA-Handlungsempfehlung:</b> Um einen reibungslosen Betrieb der Hochwasserzentralen sicherzustellen ist es dringend notwendig, regelmäßig zu überprüfen, ob die Hochwasservorhersagemodelle jederzeit einsatzbereit sind. Hierzu wird empfohlen, die Vorhersagemodelle in den Hochwasserzentralen kontinuierlich zu betreiben, d.h. im ganzjährigen Betrieb über das gesamte Abflussspektrum. Dies ist auch für die Verbesserung der Vorhersage für die großen Flusssysteme notwendig.																		
Zu- stand	Aktualisierungen außerhalb Hochwasser	Anzahl der Pegel in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
2020	Mindestens einmal täglich	102	10	0	0	0	0	39	0	3	8	39	9	30	0	0	54	294
	Mindestens einmal arbeitstäglich	0	160	0	16	0	0	2	2	66	0	0	0	0	15	1	3	265
	Mindestens einmal pro Woche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
	keine Angabe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
2017	Mindestens einmal täglich	101	10	0	0	0	0	39	0	3	7	39	10	14	0	0	54	277
	Mindestens einmal arbeitstäglich	0	160	0	16	0	0	2	2	64	0	0	0	0	15	1	3	263
	Mindestens einmal pro Woche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
	keine Angabe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	Mindestens einmal täglich	98	1	0	0	0	0	0	0	0	6	38	0	0	0	1	0	144
	Mindestens einmal arbeitstäglich	0	0	0	16	0	0	0	0	4	0	0	0	0	9	2	0	31
	Mindestens einmal pro Woche	0	0	0	0	0	0	34	0	0	0	0	6	0	0	0	0	40
	keine Angabe	1	114	0	0	0	0	1	2	54	1	0	7	6	5	0	0	191
Stand der Auswertung: 12.01.2021																		

zugehörige Abbildung: A-4



Tabelle A-3: Aktualisierung von HW-Vorhersagen bei Hochwasser

Zusammenstellungen aus Bogen 9: Veröffentlichung von Hochwasservorhersagen: Häufigkeit der Vorhersage-Aktualisierung bei Hochwasser																				
LAWA-Handlungsempfehlung: Die Kommunikation von Vorhersagen und Warnungen hat eine große Bedeutung für die Verbreitung der Informationen im Hochwasserfall. Dabei ist es dringend notwendig, dass Vorhersagen, aber insbesondere die Warnungen zeitnah veröffentlicht werden und klar und übersichtlich dargestellt sind.																				
Zu- stand	Flussgebiet	Aktualisierung pro Tag	Anzahl der Pegel in den Bundesländern																	
			BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ	
2020	< 5000 km²	> 15	81	38	0	0	0	0	0	35	0	0	0	1	0	0	0	0	54	209
		8 - 15	0	88	0	0	0	0	0	0	0	55	0	24	0	24	0	0	0	191
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
		3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	1	0	3	19
	> 5000 km²	> 7	21	44	0	0	0	0	0	5	0	10	0	5	1	6	0	0	0	92
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	9	0	0	0	0	0	17
		2 - 3	0	0	0	2	0	0	0	2	4	0	0	1	0	14	1	0	24	
		1	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
Stand der Auswertung: 12.01.2021 Σ			102	170	0	16	0	0	41	2	69	8	39	13	30	15	1	57	563	
2017	< 5000 km²	> 15	80	38	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153
		8 - 15	0	89	0	0	0	0	0	0	0	53	0	25	0	0	0	0	0	167
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	54	62	
		3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11	0	1	0	3	18	
	> 5000 km²	> 7	21	43	0	0	0	0	0	5	0	10	0	5	1	0	0	0	0	85
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	7	9	0	2	0	0	0	19
		2 - 3	0	0	0	2	0	0	0	2	4	0	0	1	4	14	1	0	28	
		1	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
Stand der Auswertung: 21.12.2017 Σ			101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543	
2013	< 5000 km²	> 15	76	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
		8 - 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
		3	0	70	0	4	0	0	0	1	0	43	0	24	11	2	3	1	0	159
	> 5000 km²	> 7	21	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	24
		4 - 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2 - 3	0	0	0	1	0	0	0	0	6	0	0	1	4	0	0	0	12	
		1	1	43	0	11	0	0	0	2	1	6	11	0	0	9	0	0	84	
Stand der Auswertung: 21.12.2017 Σ			98	114	0	16	0	0	35	2	50	6	36	12	6	12	2	0	389	

zugehörige Abbildung: A-5

Tabelle A-4: Darstellung zur Bandbreite der wahrscheinlichen Hochwasserentwicklung

Zusammenstellungen aus Bogen 9: Darstellung der Bandbreite der wahrscheinlichen Entwicklung																		
<b>LAWA-Handlungsempfehlung:</b> Es wird dringend empfohlen zu prüfen, ob die Unsicherheit der veröffentlichten Vorhersage darzustellen ist. Notwendig ist die Darstellung/ Kommunikation der Unsicherheiten immer dann, wenn für die Gefahrenabwehr Vorhersagen benötigt werden, die über den verlässlichen Vorhersagehorizont hinausgehen.																		
Zu-stand	Darstellung	Anzahl der Pegel in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
2020	HW-relevante Pegel	274	484	22	138	0	8	115	3	113	138	101	25	109	71	67	83	1751
	Vorhersage wird veröffentlicht	102	170	0	16	0	0	41	2	69	8	39	13	30	15	1	57	563
	Bandbreite: tabellarisch und graphisch	0	170	0	0	0	0	3	0	0	7	9	0	27	0	0	0	216
	Bandbreite: graphisch	102	0	0	2	0	0	0	2	61	1	1	0	3	14	1	54	241
	Bandbreite: tabellarisch	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0	27
	Keine	172	314	22	122	0	8	112	1	52	130	79	24	79	57	66	29	1267
2017	HW-relevante Pegel	252	488	22	130	0	0	115	3	113	137	80	25	106	70	65	83	1689
	Vorhersage wird veröffentlicht	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543
	Tabellarisch und graphisch	0	170	0	0	0	0	3	0	0	7	9	0	14	0	0	0	203
	Graphisch	101	0	0	0	0	0	0	0	59	0	1	0	0	0	0	54	215
	Tabellarisch	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0	27
	Keine	151	318	22	116	0	0	112	3	54	130	58	24	92	70	65	29	1244
2013	HW-relevante Pegel	216	495	0	41	0	0	102	2	92	86	54	14	104	46	68	81	1401
	Vorhersage wird veröffentlicht	99	115	0	16	0	0	35	2	58	7	38	13	6	14	3	0	406
	Tabellarisch und graphisch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Graphisch	97	114	0	0	0	0	0	0	48	0	1	0	0	0	1	0	261
	Tabellarisch	0	0	0	15	0	0	0	2	0	6	24	0	4	0	0	0	51
	Keine	119	381	0	26	0	0	102	0	44	80	29	14	100	46	67	81	1089

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildung: A-7

Tabelle A-5: Veröffentlichungsmedien für Hochwasservorhersagen

Zusammenstellungen aus Bogen 9: Bereitstellung von Hochwasser-Informationen																		
<b>LAWA-Handlungsempfehlung:</b> 1. Es ist dringend notwendig zu prüfen, ob die Melde- und Warnwege über eine Hochwassergefahr über Verordnungen (Hochwassermeldeordnung) von der Wasserwirtschaft an die zuständigen Gefahrenabwehrbehörden eindeutig geregelt sind. Es wird empfohlen den Informationsfluss der Melde- und Warnwege regelmäßig zu prüfen. 2. Es ist dringend notwendig, Warnungen und Vorhersagen über verschiedene technische Informationswege zu kommunizieren (z.B. Internet für mobile Geräte, Videotext, automatische Telefonansage, Radio, Pressemitteilung) und die Informationswege laufend an den aktuellen Stand der Technik anzupassen.																		
Zu- stand	Veröffentlichung	Anzahl der Pegel in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	Σ
2020	HW-relevante Pegel	274	484	22	138	0	8	115	3	113	138	101	25	109	71	67	83	1751
	Vorhersage wird veröffentlicht	102	170	0	16	0	0	41	2	69	8	39	13	30	15	1	57	563
	Veröffentlichung im Landeshochwasserportal	101	170	0	16	0	0	41	2	69	7	39	8	30	14	1	57	555
	Veröffentlichung im mobilen Internet bzw. responsive Design	102	170	0	2	0	0	41	2	1	7	39	13	30	14	1	57	479
	Veröffentlichung in der Smartphone APP	102	170	0	0	0	0	40	0	67	6	37	7	30	0	0	57	516
	Veröffentlichung über weitere Informationswege	101	170	0	16	0	0	3	2	62	7	37	0	27	15	1	57	498
2017	HW-relevante Pegel	252	488	22	130	0	0	115	3	113	137	80	25	106	70	65	83	1689
	Vorhersage wird veröffentlicht	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	13	14	15	1	57	543
	Veröffentlichung im Landeshochwasserportal	101	170	0	16	0	0	41	2	67	7	39	8	14	14	1	54	534
	Veröffentlichung im mobilen Internet bzw. responsive Design	101	170	0	2	0	0	41	0	1	7	39	13	14	0	0	54	442
	Veröffentlichung in der Smartphone APP	101	170	0	2	0	0	40	2	57	6	37	7	14	14	1	54	505
	Veröffentlichung über weitere Informationswege	101	170	0	2	0	0	3	2	0	7	37	0	14	15	1	0	352
Stand der Auswertung: 12.01.2021																		

zugehörige Abbildung: A-8

Hinweis: Für 2013 liegen keine Informationen in diesem Detailgrad vor

## **Anlage B: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld B - Absicherung der technischen Ausfallsicherheit**

Für das Handlungsfeld B gibt LAWA (2014) die nachfolgend kurz zusammengefassten „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“.

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

### **Dringend notwendig:**

- Sicherstellung der Datenaktualisierung und -bereitstellung an hochwasserrelevanten Landes- und Bundespegeln in einem Intervall von  $\leq 1$  Stunde (= Zeitraum der Werte-Erfassung bis Verfügbarkeit in der HW-Zentrale), insbesondere während extremer Hochwasserlagen (siehe Handlungsempfehlung B.1)
- Gewährleistung einer hohen Ausfallsicherheit des Datenabruf- und Empfangssystems (B.2.1)
- Der Internetauftritt mit den Hochwasservorhersagen muss genügend Server-Kapazitäten haben, um hohen Zugriffszahlen auch bei großen Hochwasserereignissen standzuhalten (siehe Handlungsfeld B.3)
- Prüfung auf Sicherstellung des kontinuierlichen behördeninternen Zugriffes auf Pegeldata, Vorhersagen und Hochwassermeldungen auch im Falle einer Überlastung der öffentlich zugänglichen Internetportale (siehe Handlungsfeld B.3)
- Sicherstellung der kontinuierlichen Aufrechterhaltung der Telekommunikationsnetz-Anbindung in der Hochwasserzentrale (siehe Handlungsfeld B.4)

### **Notwendig:**

- Redundanz bei der Datenspeicherung beider Geber durch zwei verschiedene Datensammler (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Redundanz bei der Datenfernübertragung über zwei verschiedene Übertragungswege (Festnetz, Mobilfunk) (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Vorliegen eines mindestens stündlichen Übertragungsintervalls (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Redundante Vorhaltung der Energieversorgung am Pegel (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Bei Einsatz von Solarenergie oder Akkus beträgt die minimale Länge der Stromverfügbarkeit dem Zeitraum einer typischen Hochwasserdauer (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Vorhaltung eines redundanten Datenabruf- und Empfangssystem (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Sicherstellung der Datenbereitstellung über das redundante System bei Ausfall des primären Datenabruf-/ Empfangssystems (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Redundante Vorhaltung der Hardware sowie eingesetzten Software für die Erstellung von Hochwasservorhersagen (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Datentransfer der Hochwasserzentralen erfolgt auf abgesicherten (verschlüsselten) Informationswegen (Schutz vor Hackerangriffen) (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Redundant ausgelegte Klimaanlage in IT-Räumen (siehe Handlungsfeld B.2.3)

- Sicherstellung der Stromversorgung für alle Systemkomponenten auch bei einem voll redundanten System (auch über Notstromsysteme zu gewährleisten) (siehe Handlungsfeld B.2.3)
- Der Standort der Hochwasserzentrale muss HQ<sub>extrem</sub>-sicher sein (siehe Handlungsfeld B.2.3)
- Durchführung regelmäßiger Lasttests des Internetauftritts (siehe Handlungsfeld B.3)
- Festlegung priorisierter Netzanschlüsse mit den Kommunikationsanbietern (siehe Handlungsfeld B.4)

**Notwendig zu prüfen:**

- Umsetzung bereits existenter Regelwerke und Empfehlungen (z.B. Pegelvorschrift LAWA 1997) in die Praxis (siehe Handlungsfeld B Vorbemerkung)
- Prüfung auf Möglichkeit der Geberredundanz über zwei Messverfahren (siehe Handlungsfeld B.1.1)
- Prüfung auf eine mindestens gewährleistete technische und bauliche HQ<sub>200</sub>-Sicherheit (siehe Handlungsfeld B.1.2)
- Kann die Funktionalität der Hochwasserzentrale auch von einem anderen Standort aus aufrechterhalten werden (z. B. wegen eines Brandes am Hauptstandort)? (siehe Handlungsfeld B.2.3)

**Empfohlen zu prüfen:**

- Zugänglichkeit der Pegel für Wartungsarbeiten mindestens bis zu einem 100-jährlichen Hochwasser (siehe Handlungsfeld B.1.2)
- Vorhaltung des redundanten Datenabruf- und Empfangssystems in zwei unabhängigen Gebäuden möglich? (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Möglichkeiten des Datenbezuges über unterschiedliche Wege (z. B. FTP-Server, Webservice, direkter Pegel-Abruf) zur Erhöhung der Datenausfallsicherheit (siehe Handlungsfeld B.2.1)
- Anbindung an mindestens zwei voneinander unabhängige Festnetzknoten (siehe Handlungsfeld B.4)

Tabelle B-1: Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel der Bundesländer

Zusammenstellungen aus Bogen 1: Evaluation zur Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel																		
LAWA-Handlungsempfehlung: Herstellung einer baulichen und technischen Ausfallsicherheit bis mindestens zum 200-jährlichen Hochwasser für die Messung und Datenübertragung an allen hochwasserrelevanten Pegeln der Länder und des Bundes.																		
Zu- stand	Kriterium	Umsetzungsgrad in den Bundesländern																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
2020	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	91%	91%	82%	65%	k.A.	0%	91%	0%	99%	98%	91%	100%	97%	96%	69%	
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Mess- methode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	87%	78%	29%	36%	k.A.	0%	78%	0%	99%	94%	83%	100%	97%	77%	42%	69%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	87%	60%	71%	28%	k.A.	0%	56%	0%	79%	86%	36%	86%	97%	77%	0%	69%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	92%	79%	76%	31%	k.A.	0%	92%	0%	99%	100%	93%	90%	97%	100%	100%	100%
		durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien	89%	77%	65%	40%	k.A.	0%	79%	0%	94%	94%	76%	94%	97%	88%	60%	77%
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	98%	86%	100%	83%	k.A.	25%	98%	100%	99%	k.A.	83%	48%	97%	100%	98%	92%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	91%	42%	100%	16%	k.A.	0%	95%	100%	91%	k.A.	56%	48%	95%	88%	83%	75%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	84%	71%	94%	92%	k.A.	38%	63%	100%	75%	59%	70%	33%	97%	84%	89%	53%
		durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien	91%	67%	98%	64%	k.A.	21%	85%	100%	88%	59%	70%	43%	97%	91%	92%	73%
		Anzahl der Pegel mit Datenaktualisierung Messwerte im Landeshochwasserportal ≤ 1h	63%	100%	94%	64%	k.A.	0%	100%	0%	80%	99%	100%	0%	100%	100%	98%	65%
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
2017	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	94%	90%	57%	55%	25%	0%	90%	0%	99%	85%	80%	81%	100%	96%	93%	67%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Mess- methode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	90%	78%	57%	41%	17%	0%	90%	0%	99%	87%	80%	81%	100%	41%	43%	67%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	85%	59%	38%	6%	0%	0%	43%	0%	78%	75%	72%	10%	100%	4%	4%	67%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	93%	81%	43%	6%	0%	8%	2%	0%	99%	97%	46%	90%	100%	9%	100%	100%
		durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien	91%	77%	49%	27%	10%	2%	56%	0%	94%	87%	70%	65%	100%	38%	60%	75%
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	100%	88%	57%	88%	33%	100%	100%	100%	99%	k.A.	95%	48%	100%	96%	100%	91%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	98%	42%	57%	18%	25%	0%	100%	100%	91%	k.A.	85%	48%	98%	66%	50%	74%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	95%	73%	81%	92%	25%	53%	89%	100%	75%	56%	69%	48%	100%	71%	87%	52%
		durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien	98%	68%	65%	66%	28%	51%	96%	100%	88%	56%	83%	48%	99%	78%	79%	73%
		Anzahl der Pegel mit Datenaktualisierung Messwerte im Landeshochwasserportal ≤ 1h	100%	99%	0%	64%	33%	100%	100%	100%	100%	100%	71%	19%	100%	100%	100%	78%
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
2013	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	94%	97%	0%	45%	0%	0%	92%	0%	100%	87%	84%	50%	87%	73%	50%	59%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Mess- methode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	90%	97%	0%	38%	8%	0%	92%	0%	100%	84%	69%	50%	87%	11%	50%	57%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	85%	86%	0%	0%	0%	8%	44%	0%	78%	70%	69%	0%	87%	0%	1%	57%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	87%	0%	0%	0%	0%	8%	2%	0%	100%	2%	69%	96%	87%	2%	46%	57%
		durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien	89%	70%	0%	21%	2%	4%	58%	0%	94%	61%	73%	49%	87%	21%	37%	57%
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	100%	84%	0%	72%	33%	100%	100%	100%	99%	k.A.	0%	50%	100%	96%	4%	77%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	98%	0%	0%	0%	25%	0%	100%	100%	66%	k.A.	0%	50%	100%	66%	0%	34%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	92%	84%	0%	69%	25%	50%	91%	100%	71%	k.A.	0%	50%	100%	71%	42%	66%
		durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien	97%	56%	0%	47%	28%	50%	97%	100%	79%	k.A.	0%	50%	100%	78%	15%	53%
		Anzahl der Pegel mit Datenaktualisierung Messwerte im Landeshochwasserportal ≤ 1h	100%	100%	0%	64%	33%	100%	100%	100%	100%	100%	k.A.	20%	100%	100%	34%	96%

zugehörige Abbildungen: B-1, B-3

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %

Tabelle B-2: Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel der WSV

Zusammenstellungen aus Bogen 1: Evaluation zur Ausfallsicherheit hochwasserrelevanter Pegel										
LAWA-Handlungsempfehlung: Herstellung einer baulichen und technischen Ausfallsicherheit bis mindestens zum 200-jährlichen Hochwasser für die Messung und Datenübertragung an allen hochwasserrelevanten Pegeln der Länder und des Bundes.										
Zu- stand	Kriterium	Umsetzungsgrad WSV im Stromgebiet								
		WSV Rhein	WSV Elbe	WSV Donau	WSV Ems	WSV Weser	WSV Nordsee	WSV Ostsee	WSV Oder	
2020	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	100%	82%	100%	100%	88%	100%	k.A.	100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Mess- methode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	92%	65%	100%	100%	88%	100%	k.A.	100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	90%	71%	100%	100%	91%	67%	k.A.	100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	98%	55%	100%	100%	100%	100%	k.A.	100%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>95%</b>	<b>68%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>92%</b>	<b>92%</b>	<b>k.A.</b>	<b>100%</b>
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	98%	94%	100%	0%	100%	100%	k.A.	92%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	61%	53%	100%	0%	26%	100%	k.A.	92%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	88%	80%	100%	67%	62%	100%	k.A.	92%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>82%</b>	<b>76%</b>	<b>100%</b>	<b>22%</b>	<b>63%</b>	<b>100%</b>	<b>k.A.</b>	<b>92%</b>
2017	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	100%	91%	100%	100%	88%	86%	k.A.	100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Mess- methode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	95%	76%	100%	100%	88%	86%	k.A.	100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	91%	69%	100%	80%	91%	57%	k.A.	100%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	93%	69%	100%	100%	100%	100%	k.A.	100%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>95%</b>	<b>76%</b>	<b>100%</b>	<b>95%</b>	<b>92%</b>	<b>82%</b>	<b>k.A.</b>	<b>100%</b>
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	98%	82%	100%	0%	100%	100%	k.A.	92%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	65%	49%	100%	0%	50%	100%	k.A.	92%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	88%	73%	100%	80%	62%	100%	k.A.	92%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>84%</b>	<b>68%</b>	<b>100%</b>	<b>27%</b>	<b>71%</b>	<b>100%</b>	<b>k.A.</b>	<b>92%</b>
2013	Pegeltechnik / Übertragung	Anzahl der Pegel mit mehr als einem Messwertgeber	99%	71%	55%	100%	57%	0%	0%	83%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Mess- methode (Bsp: Drucksonde und Schwimmer)	99%	70%	55%	43%	53%	0%	0%	83%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einem Übertragungsweg (z.B. Festnetz u. Funk.)	81%	76%	55%	43%	51%	0%	0%	75%
		Anzahl der Pegel mit mehr als einer Stromversorgung	88%	76%	55%	0%	0%	100%	100%	75%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>92%</b>	<b>73%</b>	<b>55%</b>	<b>46%</b>	<b>40%</b>	<b>25%</b>	<b>25%</b>	<b>79%</b>
	bauliche Ausfallsicherheit	Anzahl der HQ100-gesicherten Pegel	97%	95%	100%	100%	65%	100%	100%	92%
		Anzahl der HQextrem-gesicherten Pegel (mind. HQ200)	93%	31%	100%	43%	0%	0%	0%	83%
		Anzahl der Pegel, die noch bei Hochwasser (ca. HQ100) vor Ort erreichbar sind.	97%	95%	73%	79%	61%	100%	100%	83%
		<b>durchschnittl. Umsetzungsgrad der angegebenen Kategorien</b>	<b>96%</b>	<b>74%</b>	<b>91%</b>	<b>74%</b>	<b>42%</b>	<b>67%</b>	<b>67%</b>	<b>86%</b>

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildungen: B-2, B-4

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %

Tabelle B-3: Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen

Zusammenstellungen aus Bogen 3: Evaluation zur Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und IT-Systeme bzw. ITZBund																	
LAWA-Handlungsempfehlung: Gewährleistung der technischen Ausfallsicherheit der Datenübertragung, der IT-Systeme in den Hochwasserzentralen und den relevanten Gebäudeinstallationen, der Stromversorgung, des Internetauftritts und der Kommunikationsverbindungen. Erhöhung der Ausfallsicherheit durch den Einsatz von Redundanzen.																	
Zu-stand	Aspekt	Umsetzungsgrad in den Bundesländern															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
2020	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	96%	100%	90%	32%	50%	83%	78%	17%	96%	96%	79%	75%	100%	100%	71%	83%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	99%	75%	100%	45%	63%	100%	81%	75%	100%	99%	75%	88%	100%	75%	50%	50%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	86%	86%	29%	19%	46%	29%	46%	29%	100%	47%	50%	64%	100%	71%	50%	29%
	gesamt	93%	87%	73%	32%	53%	71%	69%	40%	99%	81%	68%	76%	100%	82%	57%	54%
2017	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	96%	100%	80%	22%	50%	83%	78%	6%	92%	75%	71%	60%	100%	100%	79%	75%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	99%	75%	k.A.	33%	59%	100%	94%	50%	100%	63%	31%	88%	100%	75%	50%	50%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	75%	71%	k.A.	14%	39%	29%	46%	k.A.	100%	21%	32%	64%	100%	61%	56%	29%
	gesamt	90%	82%	80%	23%	49%	71%	72%	28%	97%	53%	45%	71%	100%	79%	62%	51%
2013	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	82%	100%	40%	8%	50%	83%	78%	k.A.	92%	75%	46%	37%	92%	34%	53%	75%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	99%	75%	k.A.	25%	25%	100%	75%	k.A.	100%	63%	31%	55%	100%	50%	25%	50%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	61%	71%	k.A.	11%	0%	29%	31%	k.A.	100%	21%	29%	47%	64%	29%	44%	14%
	gesamt	80%	82%	40%	15%	25%	71%	61%	k.A.	97%	53%	35%	46%	85%	37%	41%	46%

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildungen: B-5, B-6, B-7

Tabelle B-4: Ausfallsicherheit ITZBund

Zusammenstellungen aus Bogen 3: Evaluation zur Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und IT-Systeme bzw. ITZBund			
LAWA-Handlungsempfehlung: Gewährleistung der technischen Ausfallsicherheit der Datenübertragung, der IT-Systeme in den Hochwasserzentralen und den relevanten Gebäudeinstallationen, der Stromversorgung, des Internetauftritts und der Kommunikationsverbindungen. Erhöhung der Ausfallsicherheit durch den Einsatz von Redundanzen.			
Zu-stand	Aspekt		
		HMZ Rhein	ITZBund
2020	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	k.A.	100%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	k.A.	100%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	k.A.	79%
	gesamt	k.A.	93%
2017	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	k.A.	96%
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	k.A.	50%
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	k.A.	49%
	gesamt	k.A.	65%
2013	B.2.1 / B.2.2 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung	k.A.	k.A.
	B.2.3 Allgemeine Empfehlungen für EDV-Räume / Standort der Hochwasserzentrale	k.A.	k.A.
	B.3 und B.4 Internetauftritt (technische Anforderungen) und Telekommunikationsanbindung	k.A.	k.A.
	gesamt	k.A.	k.A.

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildungen: B-5, B-6, B-7

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %



## **Anlage C: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld C - Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit**

Für das Handlungsfeld C gibt LAWA (2014) die nachfolgend kurz zusammengefassten „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“.

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

### **Dringend notwendig:**

- Personelle Absicherung aller relevanten Aufgabenfelder durch eine ausreichende Besetzung ggf. auch im Schichtdienst (Handlungsempfehlung C.1 und C.5)

### **Notwendig:**

- Maßnahmen um einen reibungslosen Betrieb zu ermöglichen (C.2)
- Dokumentation aller Abläufe (C.3)
- Notfallvorkehrungen und Übungen (C.4)

Tabelle C-1: Verfügbarkeit von Personal in den Hochwasserzentralen

Bogen 4: Evaluation zur ausreichenden Verfügbarkeit von qualifiziertem und geschultem Personal für alle benötigten betrieblichen Funktionen in den Hochwasserzentralen																	
Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlung: Ausreichende Verfügbarkeit von qualifiziertem und geschultem Personal für alle benötigten betrieblichen Funktionen in den Hochwasserzentralen, einschließlich der personellen Ressourcen zur Sicherstellung eines ggf. erforderlichen Schichtbetriebes rund um die Uhr (24h/d) auch während extremer und/oder lang anhaltender Hochwasser.																	
Zu- stand	Kriterium	Zielerreichung Personal															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
2020	Hydrologe, sehr gut vertraut	100%	93%	k.A.	50%	k.A.	100%	100%	k.A.	100%	15%	100%	50%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Hydrologe, gut vertraut	100%	78%	k.A.	60%	k.A.	100%	100%	k.A.	100%	50%	100%	83%	k.A.	100%	k.A.	100%
	IT-Betreuung Vorhersagesystem	100%	100%	k.A.	33%	k.A.	100%	100%	k.A.	100%	20%	100%	75%	k.A.	100%	k.A.	50%
	IT-Betreuung sonstiges System	100%	100%	k.A.	60%	k.A.	100%	67%	k.A.	100%	25%	100%	50%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Personal gesamt (Zielerreichung)	100%	86%	k.A.	54%	k.A.	100%	90%	k.A.	100%	33%	100%	67%	k.A.	100%	k.A.	88%
	Personal gesamt (Summe)	15	14.8	k.A.	13	k.A.	1.2	9	k.A.	7	3	8.6	6	10	5	k.A.	7
2017	Hydrologe, sehr gut vertraut	100%	93%	k.A.	50%	k.A.	100%	100%	k.A.	100%	15%	67%	50%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Hydrologe, gut vertraut	75%	89%	k.A.	60%	k.A.	100%	0%	k.A.	100%	13%	58%	67%	k.A.	100%	k.A.	100%
	IT-Betreuung Vorhersagesystem	75%	100%	k.A.	0%	k.A.	100%	100%	k.A.	100%	10%	38%	75%	k.A.	100%	k.A.	50%
	IT-Betreuung sonstiges System	100%	100%	k.A.	80%	k.A.	100%	100%	k.A.	100%	20%	63%	75%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Personal gesamt (Zielerreichung)	87%	92%	k.A.	54%	k.A.	100%	90%	k.A.	100%	14%	58%	67%	k.A.	100%	k.A.	88%
	Personal gesamt (Summe)	13	15.8	k.A.	13	k.A.	1.2	9	k.A.	5	1.3	5	6	9	5	k.A.	7
2013	Hydrologe, sehr gut vertraut	50%	96%	k.A.	50%	k.A.	100%	100%	k.A.	83%	15%	23%	50%	k.A.	50%	k.A.	100%
	Hydrologe, gut vertraut	50%	40%	k.A.	60%	k.A.	100%	0%	k.A.	50%	3%	50%	33%	k.A.	75%	k.A.	50%
	IT-Betreuung Vorhersagesystem	50%	73%	k.A.	0%	k.A.	100%	0%	k.A.	100%	0%	31%	50%	k.A.	100%	k.A.	50%
	IT-Betreuung sonstiges System	67%	74%	k.A.	80%	k.A.	100%	0%	k.A.	100%	15%	31%	50%	k.A.	100%	k.A.	100%
	Personal gesamt (Zielerreichung)	53%	64%	k.A.	54%	k.A.	100%	30%	k.A.	80%	8%	34%	44%	k.A.	70%	k.A.	75%
	Personal gesamt (Summe)	8	13	k.A.	13	k.A.	1.2	3	k.A.	4	0.7	2.9	4	8	3.5	k.A.	6

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildung: Abb. C-1

Farbgebung Umsetzungsgrad:
> 95 %
> 75 - 95 %
50 - 75 %
< 50 %

Bei der Interpretation der Tabelle ist zu beachten, dass die dort genannten Personen nicht immer vollumfänglich der Vorhersagezentrale zugeordnet sind, sondern z.T. nur mit Stellenanteilen und in der Regel weitere Aufgabenfelder abzudecken haben.

Die jeweiligen Zentralen decken je nach Organisation des Hochwasserwarn- und -vorhersagedienstes einen unterschiedlichen Aufgabenumfang ab, der z. T. die technische Informationsbereitstellung und Vorhersageberechnung übersteigt. Zum zusätzlichen Aufgabenfeld der Vorhersagezentrale gehört unter anderem Pressearbeit, Beratung und Information von Behörden und Dienststellen, Beratung von Anlagenbetreibern und Anlagensteuerung (Talsperren, Speicher, Polder), Beratung der Öffentlichkeit, Interne und externe Abstimmung der Vorhersagen (z.B. Wetterdienst, Zentralen von Ober- und Unterliegern, Talsperrenbetreiber)

Tabelle C-2: Einsatzfähigkeit der Hochwasservorhersagezentralen im Fall von Pandemien

Bogen 13: Einsatzfähigkeit der Hochwasservorhersagezentralen im Fall von Pandemien oder anderen großräumlichen und langfristigen Einschränkungen														
Kriterium	Zielerreichung													
	BB	BW	BY	HB	HE	MV	NI	NW	RP	SH	SL	SN	ST	TH
<b>Technische Ausstattung:</b>														
Zugang zu VPN Verbindungen	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	N	J	J	N
Mobile Hardware	gut	s. gut	gut	gut	gut	gut	s. gut	s. gut	n. ausr.	gut	gut	s. gut	gut	gut
Videokonferenzsoftware	N	J	J	J	J	J	J	J	N	J	J	J	J	N
<b>Organisation des Dienstes:</b>														
Dienst im Homeoffice möglich	tw.	kpl.	kpl.	tw.	kpl.	kpl.	kpl.	kpl.	tw.	k. A.	tw.	tw.	kpl.	tw.
Räumlichkeiten ausreichend groß	J	J	J	J	J	k. A.	J	N	N	J	J	J	J	J
Weitere Räume verfügbar	J	J	J	J	J	J	J	J	J	N	J	J	J	J
Erreichbarkeit zu Dritten	tw.	J	J	J	J	J	J	J	tw.	N	J	J	J	J
<b>Personaleinsatz:</b>														
Schulung der Mitarbeiter	tw.	J	J	tw.	tw.	J	J	tw.	tw.	tw.	tw.	J	J	N
Besondere Rechte der Mitarbeiter	J	J	tw.	J	N	J	J	N	J	N	tw.	J	J	tw.

## Anlage D: Handlungsempfehlungen und Evaluationsauswertung zu Handlungsfeld D - Verbesserung der verfügbaren Ereignisdaten

Für das Handlungsfeld D bestehen folgende „Handlungsempfehlungen zur weiteren Verbesserung von Grundlagen und Qualität der Hochwasservorhersage an den deutschen Binnengewässern“ (LAWA, 2014):

Mit dem Aufzählungszeichen ● sind diejenigen Handlungsempfehlungen markiert, welche im vorliegenden Bericht evaluiert wurden, hier nicht evaluierte Handlungsempfehlungen sind mit dem Aufzählungszeichen ○ versehen.

### a) Handlungsempfehlungen D.1 bis D.4 (meteorologische Daten):

#### Dringend notwendig:

- Verbesserung der Niederschlagsvorhersage (siehe Handlungsempfehlung D.1.3)
- Validierung der Genauigkeit der Vorhersage von hochwasserauslösenden Niederschlagsereignissen (D.1.5)
- Aufrechterhaltung / Ausweitung der regionalen Wetterberatung durch den DWD (D.1.4)
- Verbesserung der Radarprodukte durch den DWD (D.1.2)
- Nutzung der Daten und Produkte der regionalen Wetterberatung des DWD (D.3)

#### Notwendig:

- Verwendung von quantitativen Niederschlagsradardaten für die Hochwasservorhersage in kleinen Einzugsgebieten und bei nicht ausreichender Dichte des Niederschlagsmessnetzes (D.3.2)
- Quantitative Nutzung von meteorologischen Vorhersagen (D.4)

#### Notwendig zu prüfen:

- Nutzung von Daten zusätzlicher, bereits vorhandener Stationen oder Messnetze (D.2)
- Nutzung der Daten und Produkte ausländischer Wetterdienste oder anderer Wetterdienstleister (D.2)

#### Empfohlen zu prüfen

- Zusätzliche Verwendung von quantitativen Niederschlagsradardaten in der Hochwasservorhersage (D.3.2)
- Verwendung von Nowcasting-Produkten insbesondere in sehr schnell reagierenden Einzugsgebieten (D.3.2)
- Verwendung von Vorhersagen anderer Wetterdienste und Einsatz von Spezialvorhersagen (z. B. Schneeschmelzvorhersagen) und Ensemblevorhersagen (D.4.2 - D.4.4)

Tabelle D-1: Informationen des DWD zur Verbesserung von Niederschlagsvorhersagen

<b>Bogen DWD : Evaluation der Verbesserung von DWD-Produkten und zur Verfügbarkeit von Messdaten für die Hochwasservorhersage</b> <b>Teil 1: Niederschlagsvorhersagen</b>		
<b>Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlung: Weitere Verbesserung der Niederschlagsvorhersage insbesondere für Kurzfristvorhersagen 0 bis 27 h (z.B. 3 km Raster) und Mittelfristvorhersagen bis 96 h (z.B. 7 km Raster) sowie eine integrierte Vorhersagekette (seamless prediction) vom Nowcasting bis mindestens zur 48. Vorhersagestunde der numerischen Wettermodellkette.</b>		
Aspekt	Stand 2020	geplante Umsetzung nach 2020
Höhere Genauigkeit der Rasterniederschlagshöhen (> 25 mm/12h oder 30-50 mm/d)	Starkniederschlagsvorhersagen des DWD, ausgehend von 00, 06, 09, ..., 21 UTC bis 27h und von 03 UTC bis 45h, beruhen auf COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS (20 Ensemble-Member), von 27h (45h) bis 120h (180h) ausgehend von 00, 06, 12 und 18 UTC auf ICON-EU Nest und ICON-EU-EPS Nest (40 Ensemble-Member) bzw. ICON und ICON-EPS (40 Ensemble-Member).	Im Januar 2021 werden ICON-D2 und ICON-D2-EPS in den operationellen Betrieb überführt. COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS werden dann eingestellt. Prä-operationelle Vorhersagen von ICON-D2 und ICON-D2-EPS (20 Member) stehen seit Juni 2020 zu Evaluationszwecken zur Verfügung. In Q2/Q3 2021 sollen achtmal täglich, ausgehend von 00, 03, ..., 18, 21 UTC, 48h-Vorhersagen von ICON-D2 und ICON-D2-EPS (20 Member) bereitgestellt werden. In Q2 2023 soll der prä-operationelle Betrieb von SINFONY (nahtlose Ensemble-Vorhersageprodukte von 0 – 12h mit stündlicher Update-Rate der NWV) beginnen.
Höhere räumliche Auflösung von Vorhersagen	Nowcasting: RadVor: 1 km Numerische Wettervorhersage (NWV, deterministisch und Ensemble): COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS: Maschenweite 2,2 km ICON-EU Nest: Maschenweite 6,5 km ICON: Maschenweite 13 km ICON-EU-EPS Nest: Maschenweite 20 km ICON-EPS: Maschenweite 40 km	Nowcasting: Erhöhung der Auflösung auf 250 m Numerische Wettervorhersage (NWV, deterministisch und Ensemble): ICON-D2 und ICON-D2-EPS: Maschenweite 2,08 km ICON-EU Nest: Maschenweite 6,5 km ICON: Maschenweite 13 km ICON-EU-EPS Nest: Maschenweite 13 km ICON-EPS: Maschenweite 26 km SINFONY: Modellgebiet und Maschenweite wie ICON-D2, u.U. Nest mit Maschenweite 1 km über Deutschland

noch Tabelle D-1 (1. Fortsetzung)

Aspekt	Stand 2020	geplante Umsetzung nach 2020
Ausreichender Spread in der Ensemblevorhersage (primär Niederschlag und Temperatur)	COSMO-D2-EPS: Zu geringer Spread der Vorhersagen des Niederschlags und der 2m-Temperatur. Deutlicher Bias der 2m-Temperatur mit ausgeprägtem Tagesgang..	Ab Januar 2021 mit ICON-D2-EPS: Verbesserter Spread vor allem für stärkere Niederschlagsereignisse. Bei geringeren Niederschlägen FBI näher bei 1. Markante Verbesserung der Vorhersage der 2m-Temperatur (u.a. Tile-Ansatz, Relaxation der Bodenfeuchte an ICON-EU Werte (mit Bodenfeuchte-Analyse), verbessertes Strahlungsschema und bessere Aerosol-Klimatologie mit geringerem kurzwelligem Strahlungsbias).
Lufttemperatur über Schnee	COSMO-DE und COSMO-D2-EPS: Kein Tile-Ansatz, so dass bei schmelzendem Schnee (auch bei partieller Schneebedeckung) die Lufttemperatur kaum über 0°C ansteigen kann. ICON, ICON-EU Nest, ICON-EPS und ICON-EU-EPS: Tile-Ansatz, so dass bei schmelzendem Schnee (bei partieller Schneebedeckung) die Lufttemperatur auch deutlich über 0°C ansteigen kann.	Ab Januar 2021: ICON-D2 und ICON-D2-EPS mit Tile-Ansatz, so dass bei schmelzendem Schnee (bei partieller Schneebedeckung) die Lufttemperatur auch deutlich über 0°C ansteigen kann.
Seamless prediction in Bezug auf die Wettervorhersage	Zwischen Nowcasting-Vorhersagen (0 – 2h) und numerischer Wettervorhersage, basierend auf COSMO-D2 und COSMO-D2-EPS, können deutlich spürbare Brüche entstehen.	In Q2 2023 sollen mit dem prä-operationellen Betrieb von SINFONY nahtlose Ensemble-Vorhersageprodukte von 0 – 12h, basierend auf Ensemble-Nowcasting (0 – 6h mit 5-minütiger Update-Rate) und Ensemble-NWV (0 – 12h mit stündlicher Update-Rate und 30 Mitgliedern) erstellt werden.
Verifikation der Vorhersagen	Im Rahmen der KG Verifikation der LAWA-Expertengruppe Hydrometeorologie wurden erste Arbeiten zur Einrichtung einer quasi-operationellen Bereitstellung insgesamt dreier Produkttypen für das Monitoring von Einzelvorhersagen, die Analyse der längerfristigen Vorhersagegüte sowie der räumlichen Güte durchgeführt. Dabei lag der Fokus zunächst auf COSMO-D2 sowie dem Parameter Gesamtniederschlag.	Umsetzung des vollständigen quasi-operationellen Betriebs und Ausweitung der bereitgestellten Informationen auf weitere Modelle und evtl. auch für zusätzliche Parameter sowie Ensemblevorhersagen. Bei Einführung neuer und Ablösung alter Modelle Umstellung des Systems auf die jeweiligen Nachfolgemodelle.

noch Tabelle D-1 (2. Fortsetzung)

Aspekt	Stand 2020	geplante Umsetzung nach 2020
Bereitstellung von Verifikationen auf Grundlage von Hindcasts (ereignisbezogen, ggf. auch kontinuierlich)	Zurzeit werden aus Ressourcengründen (Rechner, Personal) keine Hindcast-Vorhersagen für Einzelereignisse oder längere Zeiträume erstellt.	BMVI plant in den nächsten Jahren, KI-Projekte in den Ressortforschungseinrichtungen (u.a. DWD). Der DWD schlägt hier ein vierjähriges Kernprojekt vor, das sich fokussiert auf die Erstellung von mehrjährigen NWV-Trainingsdaten (Hindcasts) und deren Bereitstellung, die zunehmend von vielen Nutzern gefordert werden. Dabei sollen im Rahmen des Projektes die Engstellen bei der effizienten Erstellung bestimmt, analysiert und behoben sowie die Anforderungen an diese Trainingsdatensätze bestimmt, analysiert und optimiert werden.
Spezialvorhersagen (SNOW4, Nutzerabfrage nach Verbesserungswünschen durchführen)	Modellverbesserungen für eine realistischere Simulation der zeitlichen Variabilität der Schneedecke speziell in den Hochlagen der Alpen sowie bei der allgemeinen Beschreibung der Schmelzprozesse wurden jüngst umgesetzt. Darüber hinaus existiert eine Liste mit weiteren Anforderungen. Diese Wünsche sind bereits priorisiert und werden entsprechend der verfügbaren Ressourcen sukzessive umgesetzt.	Für den Sommer 2021 ist die Durchführung eines SNOW4-Nutzer-Workshops geplant, bei dem über grundlegende Fragen hinsichtlich der Weiterentwicklung des Modells in der Zukunft diskutiert werden soll. Zudem ist die Einbringung weiterer Anforderungen z. B. auch im Rahmen des DWD-Kundenforums jederzeit möglich.
Bereitstellung von MOSMIX für zusätzliche Stationen	Fachlich prinzipiell möglich; zur Umsetzung müssen die Messwerte inkl. historischer Daten der gewünschten Stationen allerdings in die CIRRUS-Datenbank des DWD eingebracht werden.	Der DWD plant die Vergabe eines Werkvertrages zur Umsetzung der notwendigen technischen Voraussetzungen zur Einbringung der Partnerdaten in die CIRRUS-Datenbank. Vorbehaltlich der Verfügbarkeit der notwendigen finanziellen Mittel soll der Auftrag möglichst in 2021 vergeben werden.

Tabelle D-2: Informationen des DWD zur Verbesserung von Radarprodukten

<b>Bogen DWD: Evaluation der Verbesserung von DWD-Produkten und zur Verfügbarkeit von Messdaten für die Hochwasservorhersage, Teil 2: Radarprodukte</b>		
Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlung: Aufgrund der Ungenauigkeiten in den Niederschlagsradardaten ist eine weitere Verbesserung der Radarprodukte durch den DWD dringend notwendig (RADOLAN, RADVOR).		
Aspekt	Stand 2020	geplante Umsetzung nach 2020
Nutzung der Ombrometerdaten der Anrainerstaaten (Tschechien, Frankreich, Luxemburg, Polen, Österreich etc.)	Ombrometerdaten (stündliche Auflösung) aus der Schweiz, Österreich, Tschechien und Luxemburg sind mit einer Deutschland-ähnlichen Messnetzdicke verfügbar; Ombrometerdaten aus Dänemark, Polen, Frankreich und den Niederlanden sind mit einer geringeren Messnetzdicke verfügbar; Ombrometerdaten aus Belgien sind aktuell nicht verfügbar. Daten mit einer zehnminütlichen Auflösung und einer zehnminütlichen Verfügbarkeit sind nur aus Polen verfügbar.	Ombrometerdaten (stündliche Auflösung) aus Belgien werden im Jahr 2021 verfügbar sein. Eine Erhöhung der Takt rate von einer Stunde auf zehn Minuten (inkl. der zehnminütlichen Verfügbarkeit) ist geplant. Deren Realisierung hängt von den ausländischen Messnetzbetreibern ab.
Integration der Radardaten der Anrainerstaaten	Radardaten aus Dänemark, Polen, Tschechien, Österreich, der Schweiz, Frankreich, Belgien und den Niederlanden sind bereits integriert. Damit sind die Radardaten aller Radarbetreiber in den benachbarten Staaten verfügbar.	
Eliminierung von Abdeckungslücken bzw. Störchos (z.B. „Feldbergspeiche“)	In RADOLAN-ME ist die vom Radar Feldberg verursachte Abdeckungslücke durch Schweizer Radardaten seit März 2017 eliminiert. Sonst gibt es aktuell keine permanenten Abdeckungslücken in RADOLAN. Eine weitere Eliminierung von Störchos wurde seit dem 24.10.2017 durch die Nutzung der mit dem POLARA-Verfahren qualitätsgeprüften Radardaten als Input für RADOLAN/RADOLAN-ME erreicht.	Die Verwendung der polarimetrischen Messgrößen der Dual-Pol-Radarsysteme für eine weitere Verminderung von Störchos ist in Arbeit.
Weitere Verbesserung in der Aneichung (z.B. Merging-Verfahren in Echtzeit, Best guess aus 3 statt 2)	Seit dem 15.09.2020 sind die auf dem Mergingverfahren basierenden angeichteten Produkte wesentlich früher verfügbar.	Sowohl die Aneichung bei Niederschlägen, die vom Radar nicht erfasst werden, als auch bei Ereignissen, die nur vom Radar fälschlicherweise als Niederschlag erfasst werden, soll durch eine Änderung der Konfiguration (sog. adjuster-0-Verfahren) verbessert werden. Weitere Verbesserungen (Übertragung



		der Radarmessung von der Radarstrahlhöhe auf das bodennahe Niveau (1m ü. Grund)) sind in Arbeit.
Validierung der Ombrometerdaten vor Nutzung für Aneichung (automat. Qualimet)	Mithilfe des sog. BodKorr-Verfahrens werden Stationen mit zu hohen und zu niedrigen Werten gegenüber Radar von der Aneichung ausgeschlossen.	
Verifikation der Vorhersagen auf Einzugsgebietsbasis	Stündliche Verifikation des RADVOR-Produkts RQ gegen RADOLAN-RW über alle definierten Pixelwerte (im nationalen RADOLAN-Raster) wird durchgeführt.	Zur Umsetzung müssen die zu verifizierenden Einzugsgebiete von der LAWA definiert werden.
Verifikation hochwassererzeugender Starkregenereignisse (Update-Zyklus, Einzugsgebiete)	Tägliche Verifikationen von RADOLAN gegenüber den Nst(k)-Stationen sowie den Einzugsgebieten werden durchgeführt und den Ländern bereitgestellt.	Eine Evaluation durch die LAWA steht noch aus.

Tabelle D-3: Informationen des DWD zur Verbesserung Messstellendichte, Datenverfügbarkeit sowie regionale Wetterberatung

<b>Bogen DWD: Evaluation der Verbesserung von DWD-Produkten und zur Verfügbarkeit von Messdaten für die Hochwasservorhersage</b>		
<b>Teil 3: Messstellendichte, Datenverfügbarkeit sowie regionale Wetterberatung</b>		
Kurzfassung der LAWA-Handlungsempfehlungen: Regional ist es notwendig die Messstellendichte zu erhöhen sowie die online-Verfügbarkeit von Daten wichtiger Parameter zu verbessern. Dies betrifft insbesondere die Messung des Schnee-Wasseräquivalentes. Für die ereignisbezogene Beratung der Hochwasserzentralen ist die Aufrechterhaltung - bzw. wo erforderlich die Ausweitung - der regionalen Wetterberatung durch die DWD-RZ bzw. die DWD-RWB dringend notwendig.		
Aspekt	Stand 2020	geplante Umsetzung nach 2020
<b>Messstellendichte und Datenverfügbarkeit</b>		
Ausbau des Messnetzes	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b> (Stand: 03.09.2020)</p> 181 hauptamtliche Stationen (HA) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 mit Personal besetzt (24-Std)</li> <li>• 16 Flugwetterwarten</li> <li>• 4 zeitweise mit Personal besetzt</li> <li>• 160 Vollautomaten</li> </ul> 1737 nebenamtliche Stationen (NA) <ul style="list-style-type: none"> <li>• 835 melden halbstündlich online</li> <li>• 73 melden monatlich per Tabelle</li> <li>• 829 melden täglich manuell</li> </ul> <p><b>Partnernetze:</b>                      Neu hinzugekommen sind die Messnetze der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Niedersachsen und Agrarstationen aus Bayern und Rheinland-Pfalz. Inzwischen werden von den Stationen auch weitere Parameter gemeldet.                      Derzeit 661 Stationen.</p>	<p><b>DWD-Bodenmessnetz:</b></p> Erhalt und Ausbau der Online-Datenbereitstellung. → Umstellung der letzten nebenamtlichen Stationen von Monatstabelle auf tägliche manuelle Zumeldung über eine Web-Applikation
		<p><b>Partnernetze:</b></p> Einbinden weiterer Partnernetze inkl. Klärung der Daten-Nutzungsbedingungen → Nur bei uneingeschränkter Datenfreigabe können die Daten allen Prozessen zur Verfügung gestellt werden. Nutzung möglichst aller Daten der Ländermessnetze auch in Vorhersage, Warnung und Beratung. Um eine neue Nutzungsrechtfreigabe mit dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie wird gebeten. Umstellung von BUFR auf XML-Format von allen Wasserverbänden NRW ist wünschenswert. Das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und N plant für Sep. 2020 die Aufnahme des Datenexportes. Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft und Ländlichen Raum liefert 1 Teststation und plant, weitere 23 Stationen noch in 2020 zu liefern.  Der „Versuchs- und Kontrollring für den integrierten Anbau von Obst und Gemüse im

		<p>Land Brandenburg e.V.“ (VKR) plant im September 2020 seinen Datenexport über das DLR RLP aufzunehmen.</p> <p>Das Projekt AgriSens_DEMMIN (MVP) plant im September 2020 den Datenexport von 42 Stationen aufzunehmen.</p>
Verfügbarkeit Schneehöhe	<p><b><u>DWD-Bodenmessnetz:</u></b> (Stand: 03.09.2020)</p> <p>Schneehöhe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 4x täglich Gesamtschneehöhe von personell besetzten Stationen</li> <li>○ 2x täglich Neuschneehöhe von personell besetzten Stationen und im Ereignisfall (Schwellwertüberschreitung)</li> <li>○ Von 160 Stationen stündliche Gesamtschneehöhen</li> </ul> </li> <li>• NA-Netz: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1541 Messungen täglich manuell (online)</li> <li>○ 73 Messungen täglich manuell (Monatstabelle)</li> </ul> </li> </ul> <p>Wasseräquivalent (WÄ): Messung ab 5cm Schneehöhe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: Alle Stationen mit Personal</li> <li>• NA-Netz: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 465 Messungen täglich manuell (online)</li> </ul> </li> </ul> <p><b><u>Partnernetze:</u></b></p> <p>In Bayern wurden mehrere Stationen an Straßenmeistereien, Wasserwirtschaftsämtern und bei der Nationalparkverwaltung Bayerischer Wald neu eingerichtet.</p>	<p><b><u>DWD-Bodenmessnetz:</u></b></p> <p>Schneehöhe:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: Ausweitung der autom. Schneehöhenmessung auf nahezu alle Standorte, da manuelle Erhebung durch Vollautomation wegfällt</li> <li>• NA-Netz: Beibehalt der manuellen Messung</li> </ul> <p>Wasseräquivalent:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• HA-Netz: Einführung einer autom. WÄ-Messung (aktuell Sensorerprobung)</li> <li>• NA-Netz: Beibehalt der manuellen Bestimmung</li> </ul> <p><b><u>Partnernetze:</u></b></p> <p>Ausweitung der Parameterbereitstellung je nach Verfügbarkeit.</p> <p>Bundesland Sachsen plant 24-stündliche manuelle Schnee- und WÄ-Messungen an den DWD zu melden.</p>

Fortsetzung Tabelle D-3: Informationen des DWD zur Verbesserung Messstellendichte, Datenverfügbarkeit sowie regionale Wetterberatung

Aspekt	Stand 2020	geplante Umsetzung nach 2020
Einsatz automatischer Sensoren für Schneehöhe und Wasseräquivalent	<b><u>DWD-Bodenmessnetz:</u></b> Soweit möglich werden alle HA-Stationen mit einem Schneehöhensensor ausgerüstet bzw. sind bereits operationell im Einsatz.	<b><u>DWD-Bodenmessnetz:</u></b> Sensortests zur Erhebung von automatisch erhobenen Wasseräquivalent laufen. Allerdings ist noch kein Sensor im operationellen Betrieb. Einsatz an HA-Stationen ist angedacht.
<b>Regionale Wetterberatung</b>		
Gleiche Beratungsleitung (Spezialprodukte) bei weiterer Zentralisierung der Wetterberatung	RWBn sind eingerichtet und von 5:30 bis 22/24 Uhr besetzt; München 24/7	Es ist keine Zentralisierung der Beratung geplant, außer der schon vorgenommenen Nachtschließungen; zusätzliche Beratungsleistungen und Produkte sind auf Anfrage hin möglich
Regionale Expertise (z. B. Alpenraum) bei Zentralisierung der Wetterberatung	Keine Zentralisierung geplant, München bleibt 24/7 erreichbar	Bleibt unverändert erhalten
Erreichbarkeit rund um die Uhr	München, Offenbach, Hamburg; sonst 5:30 Uhr bis 22/24 Uhr	Keine Änderung geplant

Tabelle D-4: Verwendung von meteorologischen Vorhersageprodukten, Stand 2017

		Stand 2017																
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
Deterministische DWD- Vorhersage	DWD - GME	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	DWD - COSMO EU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	DWD - COSMO DE	+	+	-	+		o	+	?	+	+	+	+	+	+	y	+	
	DWD - ICON	+	+	-	o		-	+	?	+	+	+		o	+	-	o	
	DWD - ICON EU	+	+	-	+		-	+	?	+	+	+	+	+	+	-	+	
Deterministische Vorhersage anderer Anbieter	Météo France - ARPEGE	+	-	-	-		-	-	?	-	y	+	+	y	y	-	-	
	Météo France - AROME	+	-	-	-		-	-	?	-	y	+	+	y	y	-	-	
	MétéoSuisse - COSMO-2	-	y	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-	
	MétéoSuisse - COSMO-7	-	+	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-	
	ZAMG - ALARO-ALADIN	-	+	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-	
	ZAMG - AROME	-	y	-	-		-	-	?	-	-	-		y	y	-	-	
	ECMWF	+	+	-	+		-	y	?	-	y	y		o	y	-	o	
	UKMO	-	+	-	-		-	-	?	-	-	-		o	y	-	y	
	GSF	-	+	-	+		-	-	?	-	-	y		o	y	-	o	
	WRF	-	y	-	-		-	-	?	-	-	-		o	y	-	y	
Weitere	-	y	-	-		-	-	?	-	y	-		o	y	-	-		
Ensemble- VHS	ECMWF - EPS	y	+	-	y		-	-	?	-	y	-		o	y	-	o	
	COSMO - LEPS	-	+	-	+		-	y	?	y	o	o	y	o	y	-	o	
	COSMO DE - EPS	+	+	-	y		+	y	?	+	o	+	*	o	y	-	o	
	SRNWP - PEPS	-	y	-	y		-	-	?	y	o	o		y	y	-	y	
	Weitere	-	o	-	-		-	-	?	-	y	-			y	-	-	
Spezial- vorhersagen	DWD - SNOW4	y	+	-	+		-	+	?	-	+	+	o	+	+	-	+	
	MeteoGroup - MOS	+	+	-	-		-	-	?	-	y	y		y	y	-	y	
	DWD - OOG	y	y	-	+		-	y	?	y	y	y		o	y	-	+	
	DWD - OMG	y	y	-	+		-	y	?	y	y	y		o	y	-	y	
	DWD-RWB-Beratungsprodukte	o	+	-	-		-	o	?	+	y	y		o	+	-	o	
	Weitere	-	-	-	-		-	-	?	-	y	-		+	y	-	-	

Stand: 18.10.2017

Tabelle D-5: Verwendung von meteorologischen Vorhersageprodukten, Stand 2020

		Stand 2020															
		BB	BE	BW	BY	HB	HE	HH	MV	NI	NW	RP	SH	SL	SN	ST	TH
Deterministische DWD- Vorhersage	DWD - GME	-	Y		Y		-	-		-	-		-		-	-	Y
	DWD - COSMO EU	-	Y		Y		-	-		-	-		-		-	-	Y
	DWD - COSMO DE	+	Y	+	+		-	o		+	+	+	o		+	+	+
	DWD - ICON	o	Y	+	+		+	o		+	+	+	o	o	o	+	o
	DWD - ICON EU	+	Y	+	+		+	o		+	+	+	o	+	+	+	+
Deterministische Vorhersage anderer Anbieter	Météo France - ARPEGE	-	-	+	Y		-	-		-	Y	+	-	+	Y	-	-
	Météo France - AROME	-	-	+	Y		-	-		-	Y	+	-	+	Y	-	o
	MétéoSuisse - COSMO	-	-	-	Y		-	-		-	-	-	-		Y	-	-
	MétéoSuisse - COSMO	-	-	o	Y		-	-		-	-	-	-		Y	-	-
	ZAMG - ALARO-ALADIN	-	-	-	Y		-	-		-	-	-	-		Y	-	-
	ZAMG - AROME	-	-	-	Y		-	-		-	-	-	-		Y	-	-
	ECMWF	o	-	+	+		o	-		-	Y	+	o	o	o	-	o
	UKMO	-	-	-	+		-	-		-	-	-	-		o	-	Y
	GSF	-	-	-	+		-	-		-	-	Y	-		o	-	o
	WRF	-	-	-	Y		-	-		-	-	-	-		o	-	Y
Weitere	-	-	-	Y		-	-		-	Y	Y	-		+	-	-	
Ensemble- VHS	ECMWF - EPS	Y	Y	-	+		-	Y		-	Y	Y	-		o	-	o
	COSMO - LEPS	+	Y	-	+		Y	Y		Y	-	Y	-	Y	o	o	o
	COSMO DE - EPS	+	Y	+	+		Y	+		+	+	+	-	Y	+	o	o
	ICON-EPS	Y	Y		+		Y	Y		+	+	Y	Y		o	o	
	SRNWP - PEPS	-	Y	-	Y		-	-		Y	o	o	-		Y	-	Y
	Weitere																
Spezial- vorhersage n	DWD - SNOW4	+	Y	o	+		+	-		-	o	+	-	o	+	+	+
	MeteoGroup - MOS	-	Y	+	+		-	-		-	Y	Y	-		Y	-	Y
	DWD - OOG	Y	Y		Y		-	-		-	Y		-		o	-	
	DWD - OMG	Y	Y		Y		-	-		-	Y		-		o	-	
	DWD-MOSMIX	Y	Y		+		o	Y		Y	+	Y	-			o	+
	DWD-RWB-Beratungsp	o	Y	o	+		o	Y		+	o	o	o		+	+	o
	Weitere	-	Y	-	Y		-	-		-	Y	Y	-		+	-	

Stand 16.12.2020

-	aus Sicht BL: nicht benötigt
Y (0 %)	keine Nutzung
o (50 %)	qualitative Nutzung
+	Nutzung als Modellinput

**b) Handlungsempfehlungen D.5 und D.6 (hydrologische Daten):**

**Dringend notwendig:**

- Extrapolation der W-Q-Beziehungen aller hochwasserrelevanten Pegel in den Bereich extremer Hochwasser (siehe Handlungsempfehlung D.6)

**Notwendig:**

- Absicherung der W-Q-Beziehungen für in Modellen verwendete Pegel über geeignete Extrapolationsverfahren (unter Berücksichtigung der ggf. ins Vorland erweiterten Pegelprofile) (D.6)
- Verwendung der jeweils gleichen W-Q-Beziehung für die Pegel an den Übergabepunkten / Schnittstellen zwischen den Hochwasser-Zentralen (D.6)
- Zeitnahe Mitteilung von Änderungen der WQ-Beziehungen durch die zuständige Dienststelle an alle hiervon betroffenen Vorhersagezentralen (D.6)

**Empfohlen zu prüfen:**

- Berücksichtigung aller hochwasserrelevanten Pegel im Vorhersagemodell (D.5)
- Aufnahme von hochwasserrelevanten Pegeln der WSV in die Kategorie der A-Pegel (D.5)

Tabelle D-6: Absicherung der WQ-Beziehung in den extremen Hochwasserbereich, BL

Bogen 2: Evaluation zu abgesicherten WQ-Beziehungen bis in den extremen HW-Bereich																	
LAWA-Handlungsempfehlung: Erarbeitung von abgesicherten Wasserstands-Abfluss-Beziehungen für vorhersage-relevante Hochwasserpegel bis in den extremen Hochwasserbereich (bzw. bis sinnvolle Obergrenze wie Deichkrone)																	
Zu-stand	Kriterium	Umsetzungsgrad in den Bundesländern															
		BW	BY	BE	BB	HB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
2020	Extrapolationsbereich	88%	85%	75%	40%	k.A.	75%	75%	k.A.	99%	58%	77%	93%	100%	75%	54%	71%
	Extrapolationsmethodik	59%	87%	30%	36%	k.A.	30%	88%	k.A.	95%	81%	99%	30%	59%	64%	62%	48%
	Gesamt(Durchschnitt)	73%	86%	53%	38%	k.A.	53%	81%	k.A.	97%	70%	88%	61%	79%	70%	58%	60%
2017	Extrapolationsbereich	87%	66%	28%	26%	k.A.	40%	89%	k.A.	93%	25%	97%	92%	100%	75%	100%	72%
	Extrapolationsmethodik	54%	87%	11%	28%	k.A.	53%	87%	k.A.	94%	82%	100%	61%	86%	64%	62%	51%
	Gesamt(Durchschnitt)	70%	76%	20%	27%	k.A.	47%	88%	k.A.	94%	54%	99%	76%	93%	70%	81%	62%
2013	Extrapolationsbereich	78%	65%	75%	25%	k.A.	40%	88%	k.A.	54%	0%	25%	83%	100%	75%	25%	66%
	Extrapolationsmethodik	25%	88%	30%	30%	k.A.	30%	86%	k.A.	56%	80%	100%	66%	86%	27%	30%	48%
	Gesamt(Durchschnitt)	52%	76%	52%	27%	k.A.	35%	87%	k.A.	55%	40%	63%	75%	93%	51%	27%	57%

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildungen: D-1, D-3

Tabelle D-7: Absicherung der WQ-Beziehung in den extremen Hochwasserbereich, WSV

Bogen 2: Evaluation zu abgesicherten WQ-Beziehungen bis in den extremen HW-Bereich									
LAWA-Handlungsempfehlung: Erarbeitung von abgesicherten Wasserstands-Abfluss-Beziehungen für vorhersage-relevante Hochwasserpegel bis in den extremen Hochwasserbereich (bzw. bis sinnvolle Obergrenze wie Deichkrone)									
Zu-stand	Kriterium	Umsetzungsgrad WSV im Stromgebiet							
		WSV Rhein	WSV Elbe	WSV Donau	WSV Ems	WSV Weser	WSV Nordsee	WSV Ostsee	WSV Oder
2020	Extrapolationsbereich	72%	69%	94%	25%	88%	k.A.	k.A.	75%
	Extrapolationsmethodik	52%	32%	75%	30%	30%	k.A.	k.A.	30%
	Gesamt(Durchschnitt)	62%	51%	84%	28%	59%	k.A.	k.A.	53%
2017	Extrapolationsbereich	56%	75%	94%	25%	88%	k.A.	k.A.	75%
	Extrapolationsmethodik	42%	40%	30%	30%	30%	k.A.	k.A.	30%
	Gesamt(Durchschnitt)	49%	58%	62%	27%	59%	k.A.	k.A.	52%
2013	Extrapolationsbereich	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Extrapolationsmethodik	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
	Gesamt(Durchschnitt)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.

Stand der Auswertung: 12.01.2021

zugehörige Abbildungen: D-2, D-4



## Anlage E: Glossar / Definition von Begrifflichkeiten

Im Kontext der hier durchgeführten Bearbeitung wird verstanden unter:

**Hochwasserrelevanter Pegel:** Für die vorliegende Untersuchung und den Stand 2017 wurde seitens der Bundesländer definiert, welche Binnenpegel in der jeweiligen Landesfläche im Hochwasserfall wichtige Informationen liefern und deshalb als hochwasserrelevant eingestuft werden. Bei dieser Auswahl wurden sowohl Landespegel als auch WSV-Pegel berücksichtigt.

Aspekte, die hierbei eine Rolle spielen, waren beispielsweise folgende Verwendungsmerkmale eines Pegels:

- Pegel der Hochwassermeldeordnung
- Verwendung für die Hochwasservorhersage
- Steuerpegel für wasserwirtschaftliche Anlagen wie z.B. Hochwasserrückhaltebecken
- Lage in hochwassergefährdeten Gebieten
- Lage in Gebieten mit hohem Schadenspotential
- wichtige Hinweis- oder Warnpegel für die Bevölkerung

Hochwasserrelevante Pegel verfügen i.d.R. über einen technisch höherwertigen Ausbauzustand. In Abhängigkeit der oben genannten Kriterien variiert die räumliche Verteilung der hochwasserrelevanten Pegel in Deutschland regions- und flussspezifisch (vgl. Abbildung A-1).

**Hochwasservorhersage:** Bereitstellung quantitativer, über ein Hochwasservorhersagemodell berechneter Informationen über den zukünftig erwarteten Wasserstandsverlauf an einem Pegel. Eine Vorhersage enthält im Zeitraum des Vorhersagehorizontes mehrere konkrete Angaben (z.B. als Ganglinie in Stundenwerten) zu den erwarteten Wasserständen am Pegel [cm, m, ...] und den zugehörigen Eintrittszeitpunkten.

Einige Vorhersagezentralen veröffentlichen einen erweiterten, an die Vorhersage anschließenden Zeithorizont, der als **Abschätzung** gekennzeichnet wird. Die Abschätzung der weiteren Tendenz wird speziell gekennzeichnet, da sie mit höheren Unsicherheiten behaftet ist als die zeitlich kürzere Vorhersage.

**Hochwasserwarnung:** Bereitstellung „halbquantitativer“ Informationen über eine zukünftig erwartete Überschreitung von hochwasserrelevanten Kennwerten (z. B. Meldestufe 2, 50-jährliches HW o. ä.) an einem Pegel, einem Flussabschnitt oder einer Warnregion (z.B. Landkreis). Eine Warnung enthält i. d. R. eine „unscharfe“ Angabe zum erwarteten Eintrittszeitpunkt (z. B. ab dem Abend..., nach 20 Uhr...).

Sofern nicht explizit anders erwähnt, wird im vorliegenden Kontext nicht zwischen „aktiven Warnungen“ (die dem Nutzer z.B. per Fax o.ä. zugestellt werden) und „passiven Warninformationen“ (die z.B. im Internet veröffentlicht werden) unterschieden.

**Hochwassermeldung:** Informationen über das bereits eingetretene und gemessene Erreichen bzw. die gemessene Überschreitung eines hochwasserrelevanten Kennwertes (z.B. Meldestufe 2) an einem Pegel oder einem Flussabschnitt. Eine Meldung enthält i.d.R. auch eine konkrete Zeitangabe.

**Hochwasserlagebericht:** Beschreibende Informationen über die aktuelle Hochwasserlage und deren weitere Entwicklung. Meist beginnt der Bericht mit der Beschreibung der hochwasserauslösenden Faktoren (Wetter, Niederschlag, Schneeschmelze), gefolgt von einer Beschreibung der aktuellen Gefährdungslagen (Hochwasser-Meldestufen, Jährlichkeiten) und einer Abschätzung der weiteren Entwicklung. Ein Lagebericht kann zusammenfassend auch Warnungen enthalten.

**Hochwasservorhersagemodell:** Rechentechnisch umgesetzter mathematischer Algorithmus zur Beschreibung der zu Hochwasser führenden hydrologischen Prozesse im Gewässereinzugsgebiet und zur Beschreibung des Hochwasserablaufes in der Gewässerstrecke unter Berücksichtigung seiner Eigenschaften in Echtzeit, um auf die zukünftige Entwicklung des Wasserstandes und Abflusses zu schließen. Der Abstraktionsgrad des Modells gegenüber der Natur ist abhängig vom gewählten mathematischen Algorithmus.

**Unsicherheit:** Jede Vorhersage ist mit einer gewissen, unvermeidbaren Unsicherheit behaftet, die sich aus den Eingangsdaten, aus dem verwendeten Vorhersagemodell und der Parametrisierung des Modells ergibt. Die meisten Vorhersagezentralen stellen die Unsicherheit in ihren Vorhersagen entweder grafisch durch einen Unsicherheitsbereich und/oder tabellarisch durch Angabe von positiven oder negativen absoluten oder relativen Abweichungen dar.