

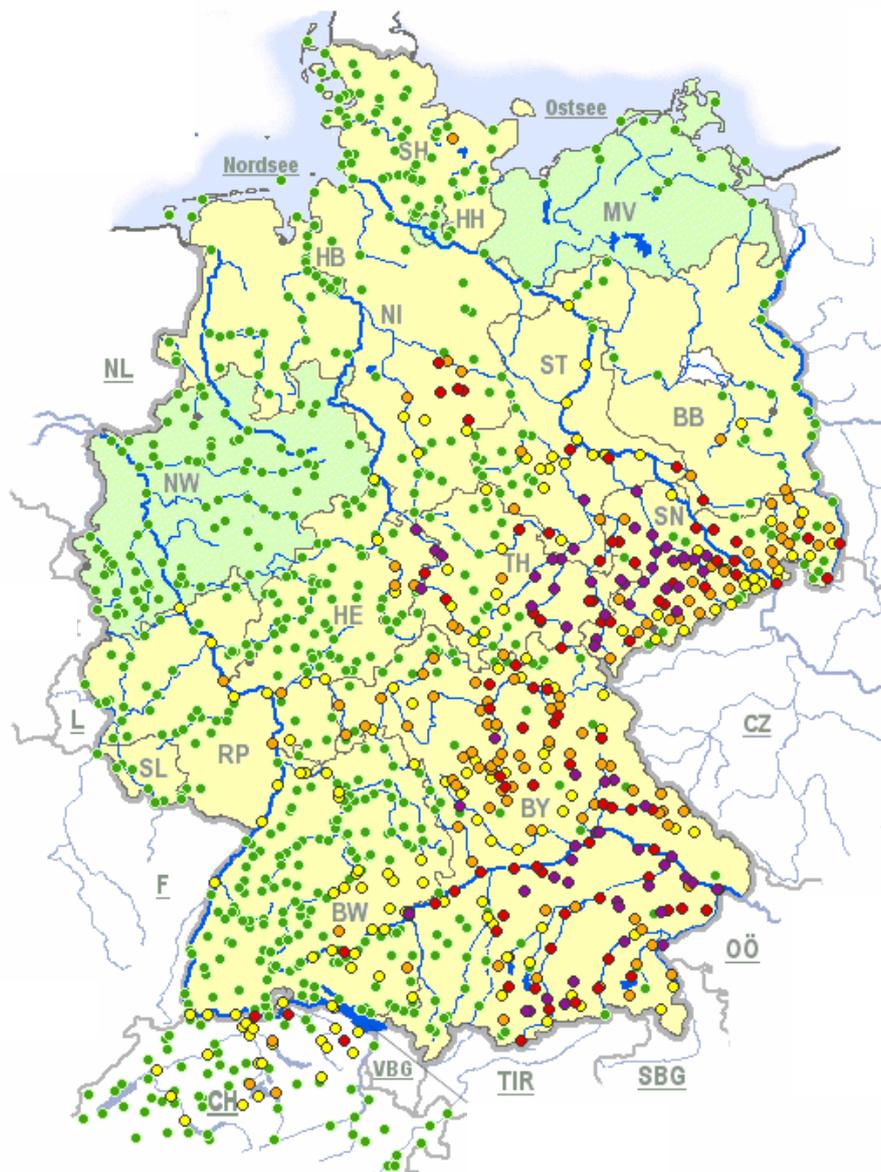


Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

# Handlungsempfehlungen

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

Endfassung, 21.07.2014



## Verfasser

Die vorliegenden Handlungsempfehlungen wurden im Auftrag der LAWA-Arbeitsgruppe Hochwasser durch die LAWA - Expertengruppe „länderübergreifendes Hochwasserportal“ erarbeitet. Der Expertengruppe gehören als Mitglieder an (Mitwirkende in der vorbereitenden „Redaktionsgruppe“ zum Arbeitsauftrag sind unterstrichen):

<u>Hr. Ackermann</u>	HH	Landesbetrieb Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg
<u>Hr. Anhalt</u>	NI	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten und Naturschutz
<u>Hr. Dr. Bremicker</u>	BW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Obmann der Expertengruppe
Hr. Creutzfeldt	BE	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin
Hr. Göritz	BB	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg
<u>Hr. Hach</u>	SH	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein
Hr. Höhne	SN	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Hr. Kelm	TH	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Hr. Kirner	GMLZ	Gemeinsames Melde- und Lagezentrum von Bund und Ländern, Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
<u>Hr. Dr. Krause</u>	TH	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie
Hr. Kremer	HE	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Hr. Laurent	BY	Wasserwirtschaftsamt Kempten
Hr. Lehmann	RP	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland Pfalz
Hr. Mothes	DLZ-IT	Dienstleistungszentrum IT im Geschäftsbereich des BMVBS
Hr. Dr. Müller-Navarra	BSH	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie
<u>Fr. Rademacher</u>	BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
Hr. Rigoll	SL	Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland
Fr. Rolker	HB	Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen
Hr. Schumann	MV	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Hr. Spitzer	NW	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen
Hr. Strumpf	ST	Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt
Hr. Dr. Vogelbacher	BY	Landesamt für Umwelt Bayern

Als Gäste haben mitgewirkt:

<u>Hr. Daamen</u>	BY	Landesamt für Umwelt Bayern
<u>Hr. Demuth</u>	RP	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland Pfalz

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

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

## Inhalt

<b>1. Arbeitsauftrag und Vorbemerkungen .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Kurzfassung der prioritären Handlungsempfehlungen .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Empfehlungen für die einzelnen Handlungsfelder.....</b>	<b>5</b>
A Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung .....	6
B Absicherung der technischen Ausfallsicherheit .....	11
C Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit .....	15
D Verbesserung von Umfang und Qualität der verfügbaren Ereignisdaten .....	18
E Systemdaten und Prozessbeschreibung in Hochwasservorhersagemodellen ...	21
<b>4. Hinweise zu den Grenzen der Vorhersagbarkeit .....</b>	<b>24</b>
<b>Anlagen:</b>	
A: Glossar / Definition von Begrifflichkeiten .....	25
B: Nationale und internationale Vernetzung der Hochwasservorhersage- berechnungen für deutsche Binnengewässer.....	26
C: Bisherige Untersuchungen zur Hochwasservorhersage in Deutschland .....	27

### **Materialienband:**

Grundlagen der Hochwasservorhersage in Deutschland, Ist-Zustand 2013 / 2014

## **1. Arbeitsauftrag und Vorbemerkung**

Hochwasservorhersagen sind für Katastrophenstäbe und Wasserwehren eine unabdingbare Planungsbasis, 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 die Umweltministerkonferenz daher die LAWA gebeten, in Zusammenarbeit mit den Flussgebietsgemeinschaften Vorschläge zur weiteren Verbesserung der Grundlagen für die Hochwasservorhersage zu entwickeln und das Ergebnis bis zur 83. UMK vorzulegen.

Im Auftrag des LAWA AH wurden hierzu die vorliegenden Handlungsempfehlungen durch die LAWA-Expertengruppe „länderübergreifendes Hochwasserportal“ unter Einbindung der Flussgebietsgemeinschaften erarbeitet.

Die vorliegende Bearbeitung zeigt auf, dass die Verbesserung der Grundlagen und der Qualität der Hochwasservorhersage ein breites Spektrum an Maßnahmen erfordert. Dieses reicht von der baulichen Ausstattung der Wasserstandspegel über weitere Verbesserung der Vorhersagemodelle bis hin zur personellen Ausstattung der Vorhersagezentralen.

Auf Basis der dabei gewonnenen Informationen wurden die Handlungsempfehlungen für folgende Themenbereiche erarbeitet:

- A Hochwasservorhersagen und ihre Veröffentlichung
- B Absicherung der technischen Ausfallsicherheit
- C Absicherung der betrieblichen Ausfallsicherheit
- D Verbesserung von Umfang und Qualität der verfügbaren Ereignisdaten
- E Systemdaten und Prozessbeschreibung in Hochwasser-Vorhersagemodellen

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

## 2. Kurzfassung prioritärer Handlungsempfehlungen

Die detaillierten und vollzähligen Handlungsempfehlungen enthält Kapitel 3. Nachfolgend ist eine Kurzfassung der wichtigsten Handlungsempfehlungen zusammengestellt:

Technische Voraussetzungen und Grundlagen der Hochwasservorhersage

- 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*.
- Erarbeitung von abgesicherten Wasserstands-Abfluss-Beziehungen für vorhersage-relevante Hochwasserpegel bis in den extremen Hochwasserbereich.
- Erhöhung der technischen **Ausfallsicherheit aller IT-Prozesse und -Einrichtungen** sowie aller technischen Kommunikationswege der *Hochwasserzentralen der Länder sowie bei der Bereitstellung von WSV-Pegeldaten durch den Bund an die Hochwasserzentralen*.
- Weitere Verbesserung von **hochwasserrelevanten Produkten** des *Deutschen Wetterdienstes* in spezifischen Bereichen von Messung und Niederschlagsvorhersage (u.a. Ausweitung des Online-Messnetzes für das Schnee-Wasseräquivalent, Bereitstellung von integrierten Vorhersagen (seamless prediction) sowie Aufrechterhaltung der regionalen Wetterberatung.

Personelle Voraussetzungen für die Hochwasservorhersage

- **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.

Weiterentwicklung von Vorhersagesystemen und Informationsbereitstellung

- Prüfung durch die *Bundesländer*, ob die Verfügbarkeit von **Hochwasservorhersagen für bisher noch nicht abgedeckte Flussgebiete** sinnvoll bzw. notwendig ist. Ggf. Einsatz von Hochwasservorhersagesystemen in weiteren Flussgebieten durch regional versierte Vorhersagezentralen.
- **Weiterentwicklung der Hochwasservorhersagesysteme** durch die *Hochwasserzentralen*, ggf. unter *Einbeziehung des Bundes*, insbesondere zur Erfassung von möglichen Deichbrüchen, bei der Berechnung von Wellenlaufzeiten, Wasserspiegellagen und der Berücksichtigung von Tideeinflüssen sowie im Bereich der Schnee- und Bodenwassermodellierung. Verbesserung der Anwenderoberflächen zur Steuerung des Vorhersagesystems in kritischen Situationen.
- **Weitere Verbesserung der Vernetzung und des automatisierten Datenflusses** zwischen den internationalen und den nationalen *Hochwasserzentralen*, die ggf. über weitere Verwaltungsvereinbarungen geregelt werden.

- Bei Hochwasser **täglich mehrmalige Veröffentlichung** von zeitlich hochaufgelösten **Vorhersagen**, mit Darstellung des zugehörigen Unsicherheitsbereiches. Verbreitung der **amtlichen Hochwasserinformationen** durch die *Hochwasserzentralen* nach dem **single voice Prinzip** in unterschiedlichen Medien (z.B. Internet, mobile Anwendungen, Videotext, Pressemitteilungen).

Die Verbesserung der Hochwasservorhersage erfordert nicht nur eine einmalige Verbesserung der entsprechenden Grundlagen, sondern besteht in einem **kontinuierlichen Verbesserungsprozess**, der **laufend an aktuelle Erkenntnisse**, an **technische Weiterentwicklungen** sowie an **Änderungen in den Flussgebieten angepasst werden muss**. Auch dafür ist eine in Quantität und Qualität angemessene Personalausstattung zu gewährleisten.

Im Anbetracht der vorhandenen Sachwerte und der Schadenspotentiale entlang der deutschen Flüsse ist eine weitere Verbesserung der Grundlagen und der Qualität der Hochwasservorhersage auch aus volkswirtschaftlicher Sicht vorteilhaft.

Aufgrund der unterschiedlichen hydrologischen Rahmenbedingungen in Deutschland mit einer Spannweite von alpinen Flüssen in Süddeutschland bis zu den norddeutschen Tieflandflüssen sind bundesweit einheitliche quantitative Zielvorgaben zur Verbesserung der Hochwasservorhersage fachlich in aller Regel nicht sinnvoll möglich.

Stattdessen ist es notwendig, die vorliegenden Handlungsempfehlungen in Anbetracht der regionalen Ausgangslage (Ist-Zustand) sowie der flussgebietsspezifischen Anforderungen umzusetzen.

Der im Rahmen des Arbeitsauftrages erstellte **Materialienband** enthält hierzu eine regional detaillierte quantitative Darstellung des Ist-Zustandes für die Grundlagen der Hochwasservorhersage einschließlich einer Kennzeichnung des jeweils prioritären regionalen Handlungsbedarfes.

Um die Grundlagen und die Qualität der Hochwasservorhersage für die deutschen Binnengewässer weiter zu verbessern wird empfohlen, die **Umsetzung der Handlungsempfehlungen** und damit die Verbesserung des regionalen Ist-Zustandes durch die LAWA **zu begleiten** und den Stand des Erreichten nach drei Jahren (im Jahr 2017) sowie nach sechs Jahren (im Jahr 2020) durch eine erneute Erhebung des dann erreichten Zustandes **zu evaluieren**.

### 3. Empfehlungen für die einzelnen Handlungsfelder

#### Vorbemerkung

Die Relevanz der nachfolgenden Handlungsempfehlungen wird über folgende Schlüsselwörter gekennzeichnet:

**dringend notwendig:** Eine Umsetzung der Handlungsempfehlung wird bundesweit für alle davon betroffenen Akteure (z.B. alle Bundesländer) als dringend notwendig erachtet.

**dringend notwendig zu prüfen:** Eine Prüfung, ob diese Handlungsempfehlung noch bei einzelnen Akteuren umzusetzen ist, wird als dringend notwendig erachtet (Prüfergebnis z.B.: in einigen Bundesländern ist eine Umsetzung erforderlich, in anderen BL ist die Umsetzung entweder bereits erfolgt oder aber aus regionalen Gründen nicht erforderlich).

**notwendig:** Eine Umsetzung der Handlungsempfehlung wird bundesweit und i.d.R. für alle davon betroffene Akteure als notwendig erachtet.

**empfohlen zu prüfen:** Eine Prüfung, ob diese Handlungsempfehlung bei einem bzw. mehreren Akteuren (z.B. ein einzelnes Bundesland) umzusetzen ist, wird empfohlen.

Dem Glossar in Anlage A (S. 25) kann entnommen werden, wie die nachfolgend häufig verwendeten Begriffe Hochwassermeldung, Hochwasserwarnung und Hochwasservorhersage voneinander abgrenzt werden.

## 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 Schadensmaßes.

Bereits im Einsatz befindliche Vorhersagesysteme sind daher weiter zu verbessern und es ist *dringend notwendig zu prüfen*, ob für bisher noch nicht erfasste Flussgebiete zukünftig Hochwasservorhersagen erstellt werden.

### Handlungsempfehlungen:

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

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

Überregionale Schwerpunkte, in denen ein deutliches Verbesserungspotential besteht, sind Weser und Ems sowie Zuflüsse zum Niederrhein und zur Elbe (vgl. Abbildung der Vorhersagepegel an deutschen Binnengewässern, S. 7).

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

Generell sollte die Prüfung für Flussgebiete mit einer Einzugsgebietsfläche von mehr als 500 km<sup>2</sup> sowie für sämtliche Pegel, die in den Hochwassermeldeordnungen enthalten sind, erfolgen. Zusätzlich ist auch für Gebiete < 500 km<sup>2</sup>, die ein erhebliches Hochwasserrisiko aufweisen, zu prüfen, ob der Aufbau und Einsatz von Vorhersage- oder Warnsystemen möglich ist.

Der Betrieb von detaillierten regionalen Vorhersagesystemen verbessert nicht nur die Hochwasserinformationen an den betroffenen Flüssen selbst, sondern führt darüber hinaus auch zu einer weiteren Verbesserung der Vorhersage an den großen Strömen. Hierzu müssen bereits die regionalen Abflussvorhersagen eine entsprechende Länge des Vorhersagezeitraumes aufweisen. Für eine optimale Vernetzung der Vorhersagezentralen wird die gegenseitige Bereitstellung eines (internen) Vorhersagehorizontes von mindestens 4 Tagen empfohlen.

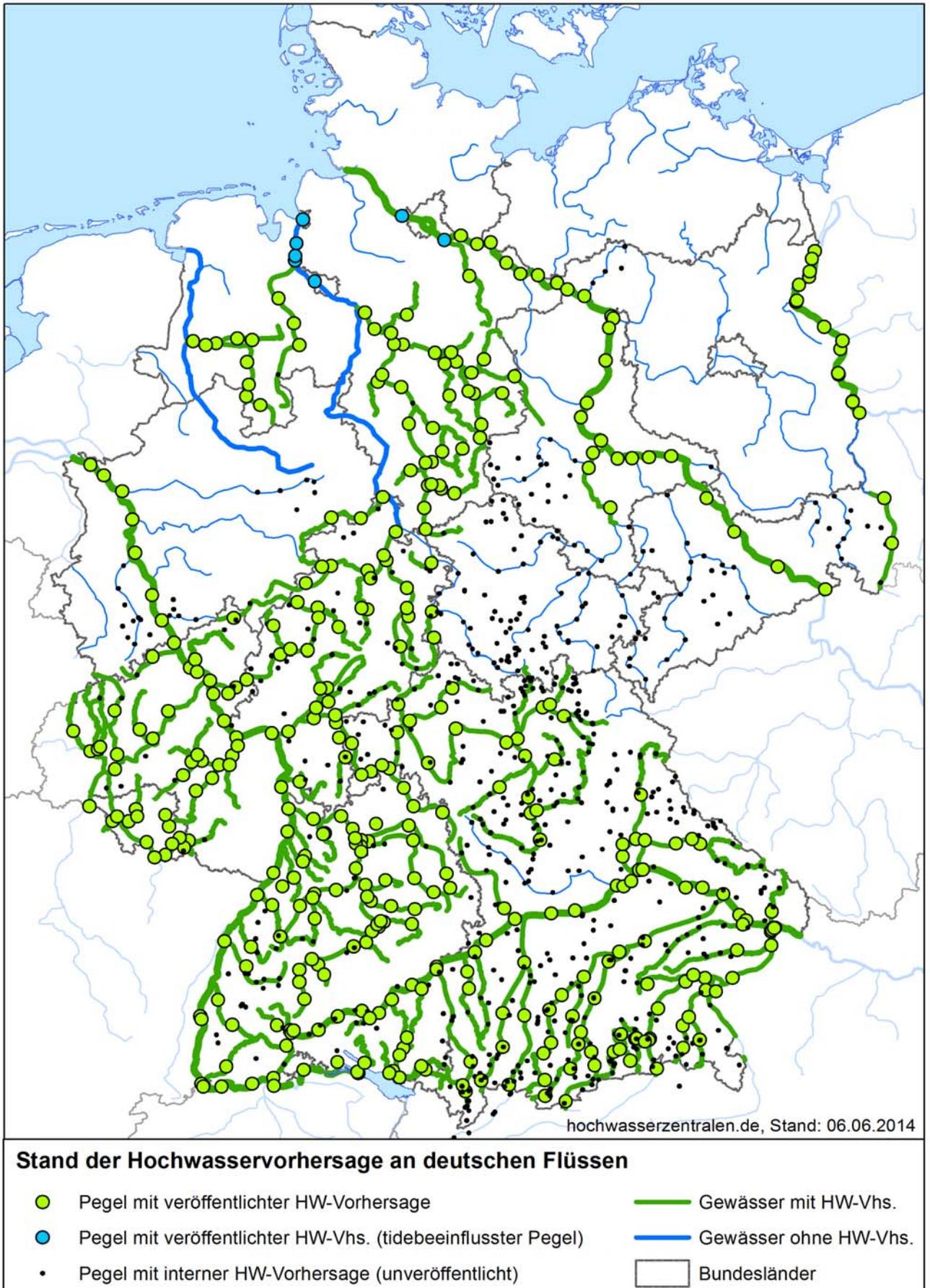


Abb. 1: Lage der Hochwasservorhersagepegel an deutschen Binnengewässern

## 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. Der Ist-Zustand bei der nationalen und internationalen Vernetzung bei der Vorhersageberechnung ist in Anlage B (S. 26) schematisch dargestellt. Die Darstellung zeigt, in welchen Stromgebieten noch ein Verbesserungspotential besteht bei der Erstellung und Vernetzung der Vorhersageberechnungen (z.B. im Elbe- und Wesergebiet sowie am Niederrhein).

Innerhalb der großen Stromgebiete ist eine länder- und staatenübergreifende Zusammenarbeit der zuständigen Vorhersagezentralen notwendig. Es bestehen bereits viele Kooperationen und Verwaltungsvereinbarungen, welche die Zusammenarbeit und Arbeitsteilung regeln. Es ist notwendig, dass die für einen Gewässerabschnitt erstellten Vorhersagen an die Unterlieger und teilweise (z.B. Tideeinfluss) auch an die Oberlieger zeitnah weitergegeben werden und von diesen wiederum in den eigenen Modellen berücksichtigt werden.

Es ist daher *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. Bei bestehenden Vernetzungen wird *empfohlen zu prüfen*, ob ein Optimierungsbedarf gegeben ist. So sollten beispielsweise Übergabezeitpunkte, Vorhersagezeitpunkte und die Länge der Vorhersagezeiträume optimal aufeinander abgestimmt sein.

## 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*.

## 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 und klar und übersichtlich dargestellt sind.

Zudem ist es *dringend notwendig*, 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.

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

Bei der Veröffentlichung der Vorhersage ist deutlich zu kommunizieren, ob bereits eingeleitete bzw. zukünftige Inbetriebnahmen bedeutender Rückhaltmaßnahmen sowie ggf. andere bedeutende Ereignisse (z.B. Deichbrüche) bereits in der Vorhersageberechnung berücksichtigt sind oder nicht.

### A.5 Darstellung der Vorhersageunsicherheit

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.

Es ist *notwendig*, 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.

Es ist *notwendig*, 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.

Ein Beispiel für eine entsprechende Darstellung von Hochwasservorhersagen zeigt die Abbildung 2.

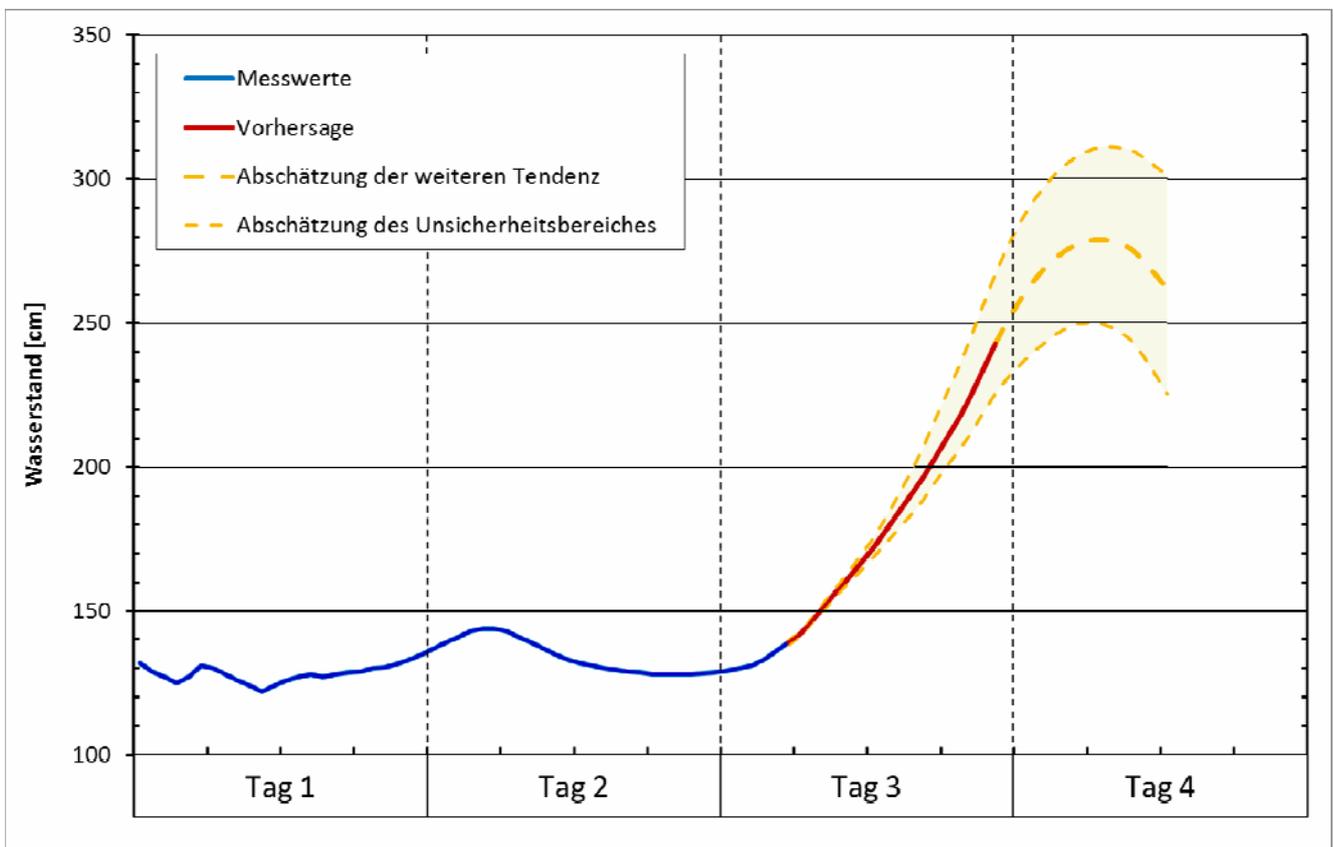


Abb. 2: Beispiel einer Darstellung mit Abgrenzung zwischen Vorhersage (rote Linie) und Abschätzung (gelbe Linie) einschließlich Darstellung des Unsicherheitsbereiches

## **A.6 Bereitstellung von Hochwasser-Informationen**

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.

Neben der direkten Information der zuständigen Dienststellen und dem Katastrophenschutz gemäß den Verordnungen ist insbesondere auch für die breite Öffentlichkeit eine Möglichkeit bereitzustellen, sich über Hochwassergefahren zu informieren.

Im Sinne der Beschlüsse von 76. und 78. UMK erfolgt diese Information über das länderübergreifende Hochwasserportal (LHP, [www.hochwasserzentralen.de](http://www.hochwasserzentralen.de)) und die damit verbundenen Landesportale. Über das LHP werden der Öffentlichkeit die amtlichen Informationen zu allen hochwasserrelevanten Pegeln in Deutschland bereitgestellt, d.h. aktuelle Messwerte und Vorhersagen für Landespegel, Bundespegel sowie Pegel Dritter, sowie die Warnlage in den Bundesländern und die Hochwasserlageberichte.

In Sinne des single voice Prinzip beim Warnwesen sowie gemäß der UMK-Beschlüsse ist es *notwendig*, 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.

Es wird *dringend empfohlen zu prüfen*, wie das Länderübergreifende Hochwasserportal als gemeinsame Plattform für die Weiterentwicklung des Informationsangebotes genutzt werden kann. Hierdurch können Synergieeffekte durch gemeinsame Weiterentwicklung (wie z.B. bei der Entwicklung von mobilen Webseiten für Smartphones geschehen) generiert werden.

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.

Zusätzlich wird 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.

## **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.

## 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 (z.B. Ausfall der Stromversorgung, Ausfall der Kommunikationsverbindungen, Ausfall der Datenabrufsoftware usw.). Eventuell auftretende Systemstörungen müssen im Hochwasserfall ggf. auch am Wochenende oder nachts behoben werden.

Generell gilt, dass die Ausfallsicherheit durch den Einsatz von Redundanzen erhöht wird.

### Vorbemerkung:

Im Bereich der baulichen und technischen Anforderungen zur Gewährleistung der Datenverfügbarkeit an Pegelmessstellen (und anderer Stationstypen) – insbesondere auch im extremen Hochwasserbereich - gibt es bereits zahlreiche Untersuchungen sowie einschlägige technische Regeln und Empfehlungen, wie z.B.

- Pegelvorschrift der LAWA (1997)
- LAWA (2004): Sicherstellung der Datengewinnung an Pegeln bei Extremhochwasser (Entwurf, unveröffentlicht).
- derzeit in Bearbeitung: LAWA Handbuch Hydrologie. *Es ist notwendig zu prüfen, welche der nachfolgenden Empfehlungen in die Neufassung des Handbuchs aufzunehmen sind.*
- Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (2005): Der Wiederaufbau des sächsischen Pegelmessnetzes
- LUWG (2004): Anpassung des Pegelnetzes zur Sicherstellung des Messbetriebes bei Extremhochwasser
- LUBW (2006): Hochwasserpegelmessnetz HPM5 - Ausfallsicherheit von Wasserstandsmessung und Datenübertragung bis zum 500-jährlichen Hochwasser. download:  
→ [www.hvz.baden-wuerttemberg.de/pdf/Schlussbericht-HPM5-red.pdf](http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de/pdf/Schlussbericht-HPM5-red.pdf)
- NLWKN (2008): Datentechnik Wasserstand. Endbericht (unveröffentlicht)

Es ist *notwendig zu prüfen*, inwieweit diese vorliegenden Regeln und Empfehlungen in die Praxis umgesetzt werden können. Im Folgenden sind die dort genannten wesentlichen Kernaspekte aufgeführt und insbesondere im Bereich der Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen ergänzt.

### Handlungsempfehlungen:

#### B.1 Ausfallsicherheit der Wasserstandsmessung an Pegeln

Es ist *dringend notwendig*, die technische Ausfallsicherheit an hochwasserrelevanten Pegeln (Landes- und Bundespegel<sup>1</sup>) in einer Weise sicherzustellen, die eine zeitnahe Datenbereitstellung für die Hochwasservorhersage und Hochwassermeldedienste insbeson-

---

<sup>1</sup> Im Rahmen der gesetzlichen Möglichkeiten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung zum Wasserstands- und Hochwassermeldedienst an Bundeswasserstraßen im Benehmen mit den Ländern nach §35(1)WaStrG.

dere auch während extremer Hochwasserereignisse gewährleistet (Datenaktualisierung  $\leq 1$  h). Dabei muss die Ausfallsicherheit sämtliche Komponenten der Messkette über die Erfassung am Pegel bis hin zur Übertragung in die Hochwasserzentrale(n) umfassen.

Der Tabelle 1 sowie dem Materialienband (Tab. 5.2 und 5.3) können entnommen werden, dass im Falle eines über 100-jährlichen Hochwassers eine Vielzahl (rund 60%) der hochwasserrelevanten Pegeln in Deutschland aufgrund von technischen Problemen die automatisierte Datenübertragung ausfallen dürfte. Die regionalen Unterschiede in der technischen Ausfallsicherheit sind sehr groß.

technische Ausfallsicherheit bis:	deutsche Binnengewässer		regionale Spannweite	
	Anzahl	%	min.	max
mindestens 200-jährliches Hochwasser	658 Pegel	41%	0 %	100 %
allenfalls bis 100-jährliches Hochwasser	958 Pegel	59%	0 %	100 %
Summe	1.616 Pegel			

Tab. 1: technische Ausfallsicherheit der hochwasserrelevanten Länder- und WSV-Pegel an den deutschen Binnengewässern.

### 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. Durch entsprechende Wartungen und Kontrollen ist sicherzustellen, dass beide Systeme funktionsfähig sind und übereinstimmende Werte erfassen.

Redundanz bei der Datenspeicherung: Es ist *notwendig*, die Messwerte der beiden Geber getrennt voneinander mittels zweier verschiedener Datensammler zu speichern.

Redundanz bei der Datenfernübertragung: Es ist *notwendig*, für die Datenfernübertragung zwei verschiedene Übertragungswege einzusetzen, idealerweise einen Festnetz- und einen Mobilfunkanschluss. Es ist *notwendig*, ein mindestens stündliches Übertragungsintervall zu wählen. Eine direkte Übertragung vom Pegel in die Abruf- bzw. Hochwasserzentrale ist zu bevorzugen.

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.

### B.1.2 Bauliche Anforderungen an Pegelmessstellen

Neben technischen Anforderungen sind die baulichen Anforderungen der Pegelmessstellen und deren Umsetzung zu beachten. Hier wird auf die oben angeführten geltenden Vorgaben und Empfehlungen hingewiesen.

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 nicht zu einem Ausfall des Pegels führen und 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.

Detaillierte Hinweise zur Erhöhung der Ausfallsicherheit an Pegeln bei Extremhochwasser geben u.a. die auf S. 11 genannten Berichte von LUWG (2004) und LUBW (2006).

## **B.2 Ausfallsicherheit der Hochwasserzentralen und IT-Systeme**

### **B.2.1 Datenempfang, Datenhaltung und Datenverarbeitung**

Es ist *notwendig*, das Datenabruf-/ Empfangssystem redundant vorzuhalten. Es wird empfohlen zu prüfen, ob diese Systeme in zwei unabhängigen Gebäuden vorgehalten werden können.

Für die Abrufzentralen der Länder als auch der WSV ist es *dringend notwendig*, eine hohe Ausfallsicherheit zu gewährleisten.

Die abgerufenen bzw. empfangenen Daten müssen in einer Datenbank o.ä. zur weiteren Verwendung in den Vorhersagemodellen, für den Hochwassermeldedienst oder anderweitige Bereitstellungen vorgehalten werden. Bei Ausfall des Systems ist es *notwendig* sicherzustellen, dass die Bereitstellung der Daten von einem redundanten System übernommen werden kann.

Es ist *notwendig*, die Hardware und die eingesetzte Software zur Erstellung der Hochwasservorhersagen redundant vorzuhalten.

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

### **B.2.2 Daten weiterer Pegelbetreiber (z.B. Bundespegel sowie Pegel in Nachbarländern und Nachbarstaaten)**

Für die Vorhersage und Meldung/Warnung, werden nicht nur die jeweiligen Daten der Landespegel benötigt, sondern auch die Daten weiterer Pegelbetreiber. Damit die einzelnen Vorhersagezentralen die Daten erhalten und nutzen können, gibt es am Beispiel der WSV die Möglichkeit des Abrufs am Pegel direkt und/oder die Möglichkeit, die Daten über einen Webservice zu erhalten. Dieses führt zu einer weiteren Erhöhung der Ausfallsicherheit. Daher wird empfohlen zu prüfen, ob mehrere Möglichkeiten des Datenbezugs in Betracht gezogen werden können.

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

Es ist *notwendig*, die IT-Räume durch redundant ausgelegte Klimaanlage zu kühlen, damit der Ausfall einer Klimaanlage nicht zum Ausfall der IT-Systeme führt.

Es ist *notwendig*, dass auch bei einem voll redundanten System die Stromversorgung für alle Systemkomponenten an allen Standorten sichergestellt ist und Ausfälle durch entsprechende Notstromsysteme kompensiert werden können.

Es ist *notwendig zu prüfen*, ob die Funktionalität der Hochwasserzentrale von einem anderen Standort übernommen werden kann. Dies könnte z.B. bei einem Brand oder bei ähnlichen Ereignissen, die zu einem „Ausfall“ des Standortes führen, notwendig werden. Liegen beispielhaft alle redundanten Systemelemente nur an einem Standort, kann im Brandfall die Funktionalität der Vorhersagezentrale nicht sichergestellt werden. Es ist außerdem *notwendig*, dass der Standort der Hochwasserzentrale bis zu einem HQextrem erreichbar ist.

### **B.3 Internetauftritt (technische Anforderungen)**

Erfahrungen bei größeren Hochwasserereignissen haben gezeigt, dass die Verfügbarkeit von Internetportalen durch sehr hohe Zugriffszahlen an Kapazitätsgrenzen stoßen kann.

Es ist *dringend notwendig*, dass die Kapazitäten (Server, etc.) dementsprechend 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 sog. Cloud-Computing-Systeme, sind in Betracht zu ziehen. Es ist *notwendig*, die Kapazitäten durch regelmäßig durchgeführte Lasttests zu prüfen.

Es ist *dringend notwendig zu prüfen*, einen gesicherten Zugriff auf Pegeldaten, Vorhersagen und Hochwassermeldungen behördenintern auch im Falle einer Überlastung der öffentlich zugänglichen Internetportale sicherstellen zu können. Dieses kann z.B. über ein Intranet oder einen passwortgeschützten Internetserver umgesetzt werden. Zusätzlich kann hierüber der Gefahrenabwehr (Landkreise, Kommunen, Feuerwehr, Polizei, etc.) weitergehende Informationen zur Verfügung gestellt werden.

### **B.4 Telekommunikationsanbindung**

Es ist *dringend notwendig* sicherzustellen, dass die Anbindung ans Telekommunikationsnetz in der Hochwasserzentrale jederzeit aufrecht gehalten wird.

Eine Anbindung an mind. zwei voneinander unabhängigen Festnetzknotten wird *empfohlen zu prüfen*. Andere (unabhängige) Telekommunikationswege, wie Zugang über Mobilfunknetze, LTE, Kabel, u.a. sind in die Planungen mit einzubeziehen.

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 PTSG-Verbindungen nötig.

## 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 am Tag 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.

Je nach Aufgabenstellung der Hochwasserzentrale sind insbesondere während extremer und/oder lang anhaltender Hochwasser mehrere Aufgabenfelder jeweils **rund um die Uhr** durch qualifizierte und geschulte Fachkräfte zu besetzen. Bei der Vorhaltung der hierzu erforderlichen personellen Ressourcen für den Schichtbetrieb (bis zu 3 Schichten/Tag) sind auch Ausfälle durch Urlaub, Krankheit etc. zu berücksichtigen.

### Handlungsempfehlungen

#### C.1 Personelle Absicherung im Hochwasser

Für den Betrieb der Vorhersagezentrale ist es *dringend notwendig*, die folgenden Aufgabenfelder durch eine ausreichende Besetzung - ggf. auch im Schichtbetrieb - personell abzusichern. Je nach Organisation des Hochwasserwarn- und -vorhersagedienstes können sich Unterschiede in den erforderlichen Funktionalitäten ergeben. Mögliche Funktionen umfassen folgende Tätigkeitsfelder:

Vorhersage:

- Datenein- und -ausgangskontrolle
- (Beauftragung von) Störungsbeseitigung z.B. an Pegeln
- Steuerung des Vorhersagesystems und Vorhersageerstellung
- Plausibilisierung und hydrologische Bewertung der Vorhersagen
- Interne und externe Abstimmung der Vorhersagen (z.B. andere Zentren, Wetterdienst, Ober- und Unterlieger, Talsperrenbetreiber)

Beratungsleistungen

- Beratung und Information von Behörden und Dienststellen
- Beratung von Anlagenbetreibern (z.B. Energieversorger, Kraftwerksbetreiber)
- Beratung und Information der Öffentlichkeit, Presse

DV-Betrieb:

- Vorhersagesystem (Wartung der zugehörigen Soft- und Hardware)
- Datenabruf und Überwachung der Prozesse
- Betrieb von Informationsangeboten (Internet, Intranet, Videotext, Telefonansagen)

Hochwassermeldedienst

- Verbreitung von Warnungen und Meldungen ggf. mit Beratung der beteiligten Behörden

Weitere Aufgaben:

- Anlagensteuerung (Talsperren, Speicher, Polder usw.)
- Pressearbeit

Es ist *dringend notwendig*, jede benötigte Funktion ausreichend mit qualifiziertem und geschultem Personal zu besetzen. Im Hochwasserfall sind die Funktionen über die Dauer des Ereignisses auch im Mehrschichtbetrieb abzudecken. Bei der Planung ist darauf zu achten, kein Personal aus anderen Bereichen einzuteilen, das im Hochwasserfall durch andere Aufgaben (z.B. Aufnahme von Schäden, Durchführung von Abflussmessungen) gebunden ist.

*Dringend notwendig* ist es die HW-Zentralen personell so auszustatten, dass die o.g. Funktionalitäten auch bei extremem, unter Umständen lang anhaltendem Hochwasser (Deichbrüche, Evakuierungen) gegeben sind.

## **C.2 Ausbildungsstand des Personals**

Hochwasserwarnung und -vorhersage ist ein sehr verantwortungsvolles Tätigkeitsfeld mit hoher Öffentlichkeitswirksamkeit. Die Beteiligten müssen über umfangreiche spezifische Fachkenntnisse und Erfahrungen in der Durchführung des Vorhersage-/Warndienstes sowie der Bedienung komplexer Programme verfügen. Die Systeme unterliegen durch laufende Verbesserungen einer hohen Dynamik. Um einen reibungslosen Betrieb zu ermöglichen sind folgende Maßnahmen *notwendig*:

- Sorgfältige Einarbeitung neuer Mitarbeiter
- Regelmäßige Schulungen und routinemäßiges Üben der Abläufe
- Übung von Vorhersageberechnungen für extreme Situationen (z.B. Deichbrüche, Überlastung von Anlagen)
- Nachbereitung abgelaufener Hochwasser: Analyse und Dokumentation
- Evaluierung der Vorhersagen
- Pflege und Weiterentwicklung der Vorhersagesysteme

## **C.3 Dokumentation aller Abläufe**

Alle für die Durchführung des Betriebs erforderlichen Unterlagen müssen bereitgestellt und aktuell gehalten werden. Zweckmäßig ist eine digitale Vorhaltung zwecks Aktualisierung, es muss aber sichergestellt sein dass die Unterlagen bei Ausfall des Computernetzwerkes zugänglich sind.

## **C.4 Notfallvorkehrungen**

Es wird empfohlen, Ausfälle (z.B. Gebäudebrand) im Rahmen von Übungen zu simulieren und das zweckmäßige Vorgehen zu dokumentieren. Sind innerhalb eines Landes/Zuständigkeitsbereichs mehrere Zentralen vorhanden ist es bei Überlastung einer Zentrale sinnvoll, Aufgaben ggf. an eine andere Zentrale übergeben zu können. Dazu sind technische Einrichtungen und organisatorische Regelungen erforderlich. Es wird empfohlen, die Zentralen möglichst identisch auszustatten.

## **C.5 Erforderlicher Personalumfang**

Die Ermittlung des in den Hochwasserzentralen erforderlichen Personalumfanges erfordert für jede einzelne Zentrale eine spezifische Analyse, die den unterschiedlichen Rahmenbedingungen (Hydrologie des Flussnetzes im Zuständigkeitsbereich, Flächengrößen

und Schadenspotentiale hochwassergefährdeter Bereiche, Anzahl von steuerbaren Hochwasserrückhaltemaßnahmen usw.) ebenso Rechnung trägt wie dem Aufgabenumfang der jeweiligen Zentrale.

Der Materialienband bietet als Grundlage dazu eine quantitative, länder- und flussgebiets-spezifische Zusammenstellung von hierfür relevanten Datengrundlagen sowie Informationen zu den Aufgabenbereichen und zur personellen Ausstattung der Hochwasserzentralen, einschließlich einer Farbkennzeichnung des jeweils als prioritär angesehenen Verbesserungsbedarfes (Materialienband, Kapitel 4).

Es wird *dringend empfohlen* unter Nutzung des Materialienbandes zu prüfen, ob der vorhandene Personalumfang in den Hochwasserzentralen ausreichend ist.

Es wird *dringend empfohlen* die Hochwasserzentralen ausreichend mit qualifizierten und geschulten Personal auszustatten, so dass alle betrieblichen Funktionen auch während extremer und/oder lang anhaltender Hochwasser - ggf. auch im Schichtbetrieb rund um die Uhr - sichergestellt werden können.

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

### Bedeutung des Handlungsfeldes D:

Für die Erstellung einer Hochwasservorhersage sind Ereignisdaten in Form von dauerhaft, sicher und aktuell vorliegenden Wasserstands- und Abflussdaten eine entscheidende Voraussetzung. Genauso werden meteorologische Messdaten und meteorologische Vorhersagen benötigt. Dabei geht es nicht nur um Niederschlag, sondern auch um weitere Parameter wie z.B. Lufttemperatur und Schneehöhe.

### Handlungsempfehlungen

#### 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.

#### 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 wie Meteogroup) für die Hochwasservorhersage sinnvoll genutzt werden können.

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

#### **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 (z.B. Meteogroup) genutzt werden können.

#### **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.

Es wird *empfohlen*, die Verwendung von Nowcasting-Produkten insbesondere in sehr schnell reagierenden Einzugsgebieten *zu prüfen*.

### **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*.

### **D.5 Nutzung hydrologischer Ereignisdaten**

Es wird *empfohlen zu prüfen*, ob alle hochwasserrelevanten Pegel im Vorhersagemodell berücksichtigt werden. Dies gilt unabhängig davon, wer der Pegelbetreiber ist. Darüber hinaus wird *empfohlen zu prüfen*, ob hochwasserrelevante Pegel der WSV durch diese in die Kategorie der A-Pegel aufgenommen werden müssen.

### **D.6 Wasserstands-Abfluss-Beziehungen**

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 operationelle 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.

Werden Wasserstandsvorhersagen (z.B. von wichtigen Zuflüssen) innerhalb der Vorhersagekette an andere Vorhersagezentralen weitergeben, ist es *notwendig*, dass in allen Zentralen mit der gleichen W-Q-Beziehung gearbeitet wird. Es ist *notwendig*, dass Änderungen in WQ-Beziehungen durch die zuständige Dienststelle allen hiervon betroffenen Vorhersagezentralen zeitnah mitgeteilt werden.

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

### Bedeutung des Handlungsfeldes E:

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

### Handlungsempfehlungen

#### E.1 Modellierung des Niederschlag-Abfluss-Prozesses

Bei der Modellierung des Niederschlag-Abfluss-Prozesses ist es *notwendig* detaillierte Prozessbeschreibungen besonders im Bereich der Schnee- und Bodenwassermodellierung einzusetzen. Hierzu wird eine kontinuierliche Wasserhaushaltsmodellierung empfohlen. Nach größeren Hochwassern ist es *notwendig* die Parameter der N-A-Modellierung zu überprüfen und ggf. nachzukalibrieren.

#### 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.

Bei Flüssen mit sehr breiten, stark bewachsenen Vorlandbereichen differiert die hydraulische Rauheit zwischen den Jahreszeiten stark. Es wird *empfohlen zu prüfen*, ob Messdaten von genügend Hochwasserereignissen vorliegen, um jahreszeitliche differenzierte Rauigkeitswerte für das Vorhersagemodell zu ermitteln.

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. Die Vorhersagemodelle sind dementsprechend weiter zu verbessern.

#### E.3 Berücksichtigung von Rückhaltemaßnahmen im VH-Modell

Eine Abbildung der bestehenden gesteuerten Rückhaltemaßnahmen in das bestehende VH-Modell ist *notwendig*. Empfohlen wird zu prüfen, in wie weit die Übernahme aktueller Betriebsdaten (z.B. Füllstand der Maßnahme) automatisiert werden kann.

#### E.4 Interaktion zwischen Grundwasser und Oberflächengewässer

In Bereichen, in den die Interaktion Grundwasser Oberflächengewässer einen relevanten Einfluss auf den Wellenablauf hat, wird *empfohlen zu prüfen*, wie dies im Vorhersagemodell berücksichtigt werden kann.

## **E.5 Deichversagen**

Der Einbau potentieller Deichbruchstellen in das operationelle Vorhersagemodell schafft die Möglichkeit, im Ereignisfall real eingetretene Deichbrüche zu mindestens 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. Es wird *empfohlen zu prüfen*, ob darüber hinaus eine Kopplung mit 2-D-Modellen, die Überflutungsvorgänge detailliert berechnen können, durchgeführt werden kann.

Ohne vorbereitende Arbeiten ist eine Berücksichtigung von Deichbrucheffekten auf den Hochwasserverlauf im Fluss innerhalb der operationellen Vorhersage i.d.R. nicht möglich.

## **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). *Notiz: Bei dieser Vorgehensweise ist aber eine sinnvolle Vorhersage für tidebeeinflussten Bereich der Binnenflüsse nur über Dauer der Vorhersage des BSH möglich.*

## **E.7 Verbesserung der interaktiven Modellsteuerung**

Es *dringend notwendig* die Benutzeroberfläche des Vorhersagesystems so auszustatten, dass eine interaktive Modellsteuerung zur Berücksichtigung von Rückhaltmaßnahmen, 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 gemessenen und berechneten Wellenablauf im Modell ereignisbezogen zu korrigieren.

## **E.8 Fortlaufende Nachführung des Modells**

Beim Betrieb der Vorhersagesysteme ist eine fortlaufende Nachführung des Modells auf Basis aktuell gemessener Daten *notwendig*.

## **E.9 Verfahren zur Berechnung / Abschätzung der Vorhersageunsicherheit**

Um die Bandbreite der möglichen Hochwasserentwicklungen abzuschätzen ist es *notwendig*

- mehrere numerische Wettervorhersagen (z.B. DWD-Ensemble) zu nutzen sowie
- Verfahren zur Berechnung der Vorhersageunsicherheit einzusetzen

Insbesondere bei der Hochwasservorhersage für kleinere Flussgebieten ist der Einsatz von meteorologischen Ensemblevorhersagen notwendig.

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

Es wird *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.)
- Erweiterung von Eingangsdaten (Erweiterung von Stationsmessnetzen)

## **E.11 Ersatzmethode**

Es wird *empfohlen zu prüfen*, ob eine Ersatzmethode zur Vorhersageerstellung vorgehalten werden kann, um auch im Fall des Ausfalls des Hauptmodells eine Vorhersage erstellen zu können und um die Ergebnisse der Vorhersagen des Hauptmodells ggf. überschlägig zu plausibilisieren.

#### **4. Hinweise zu den Grenzen der Vorhersagbarkeit**

Die Berechnung von meteorologischen und hydrologischen Vorhersagen ist grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet. Maßgebliche Größen, die die erzielbare Genauigkeit der Hochwasservorhersage begrenzen, sind insbesondere die Qualität der Niederschlagsvorhersage sowie unvorhersehbare Ereignisse wie z.B. Deichbrüche.

Die Genauigkeit von Hochwasserwasservorhersagen kann daher selbst mit großem Aufwand nicht beliebig gesteigert werden.

##### **Genauigkeit der Wettervorhersage**

Die Niederschlagsvorhersage ist mit großen Unsicherheiten verbunden, dies bringen die Ensemblevorhersagen deutlich zum Ausdruck. Die genaue Höhe, der zeitliche Verlauf und die regionale Verteilung des Niederschlages kann nicht exakt vorhergesagt werden. Darauf basierende Abflussvorhersagen sind mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet.

Bei schneebeeinflussten Hochwasserlagen ist ein weiterer Unsicherheitsfaktor die Abschätzung der Schneeschmelze bzw. des Wasserdargebots aus Regen und Schneeschmelze. Problematisch ist hier nicht zuletzt der Mangel an zeitnahen und räumlich gut verteilten Messdaten zum aktuellen Zustand und zur zeitlichen Entwicklung einer bestehenden Schneebedeckung (Messung des Schnee-Wasseräquivalentes).

##### **Größe der Flussgebiete**

Die größte Genauigkeit erreichen Wasserstandsvorhersagen, die aufgrund gemessener Wasserstände an Oberliegerpegeln innerhalb der Laufzeiten der Hochwasserwelle des jeweils betrachteten Flusses liegen. Bereits größer wird die Ungenauigkeit, wenn sich die Vorhersage bei wachsendem Vorhersagezeitraum auf die gemessenen Niederschläge stützt und noch größer wird die Unsicherheit bei Einbeziehung der Niederschlags- und ggf. Schneeschmelzvorhersagen.

Auch das Einmünden von bedeutenden Zuflüssen mit vergleichsweise kurzen Hochwasser-Laufzeiten (z.B. Zufluss des Neckar zum Rhein) führt in der Vorhersage am jeweiligen Hauptstrom flussabwärts zu einer Vergrößerung der Unsicherheiten, da die jeweiligen Zufluss-Vorhersagen aufgrund der kürzeren Fließstrecke stärker von der Niederschlagsvorhersage abhängig sind, als dies bei der Vorhersage für den Hauptstrom oberhalb des betrachteten Zuflusses der Fall ist.

Je kleiner ein Einzugsgebiet und je kürzer die Konzentrationszeit ist, desto größer ist der Einfluss der Niederschlagsvorhersage und desto kürzer der Zeithorizont einer verlässlichen Wasserstands- und Abflussvorhersage.

##### **Unvorhersehbare Ereignisse**

Unvorhersehbare Ereignisse (z.B. Deichbrüche) können großen Einfluss auf die Wasserstands- und Abflussvorhersagen nehmen. Beim Auftreten solcher Ereignisse sind deren hydrologischen Auswirkungen aufgrund der unsicheren Datenlage (z.B. Größenordnung der Ausströmung) oft nur mit zusätzlichen Unsicherheiten abschätzbar.

## Anlage A: Glossar / Definition von Begrifflichkeiten

Im Kontext der hier durchgeführten Bearbeitung wird verstanden unter:

**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...).

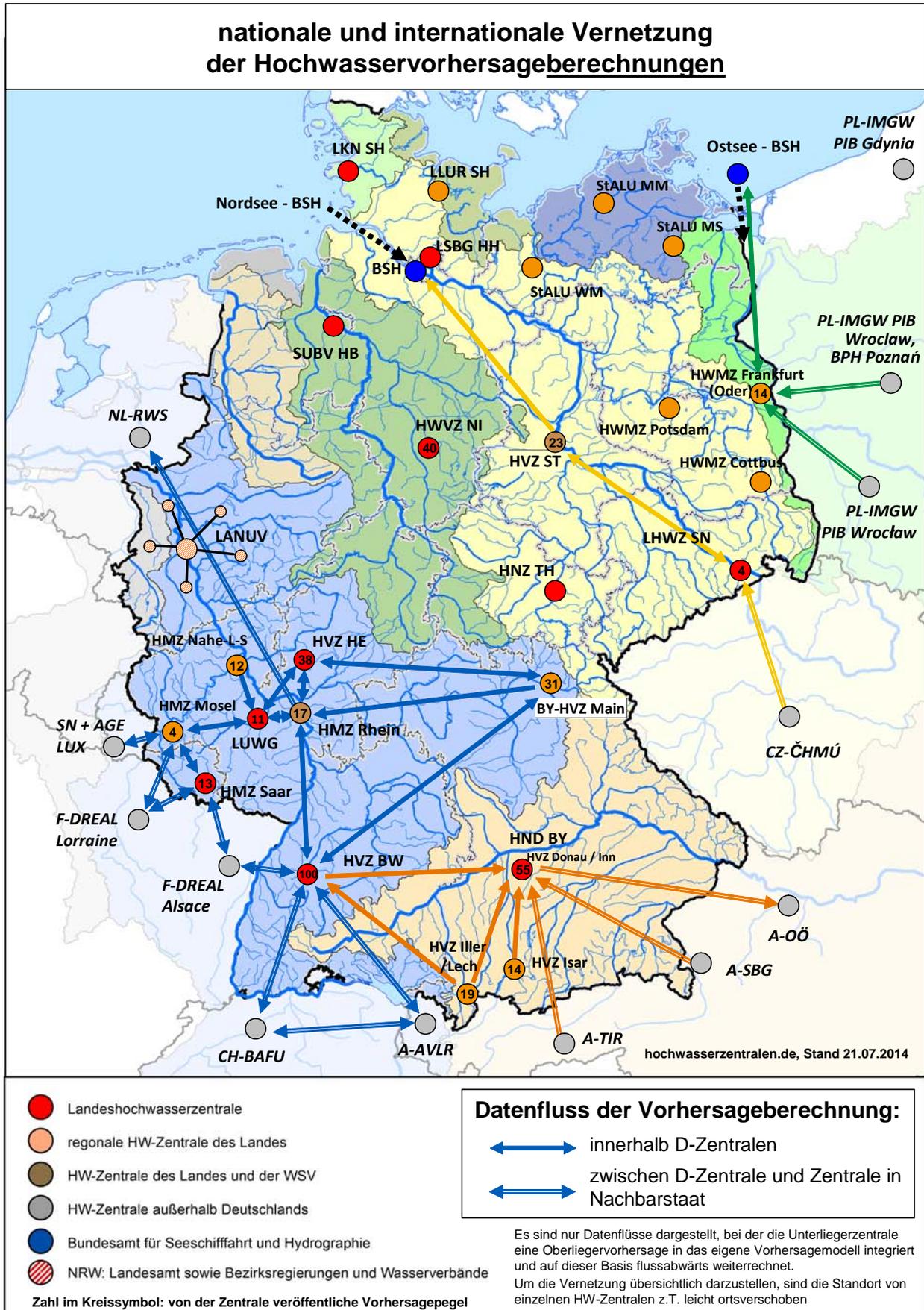
Sofern nicht explizit anders erwähnt, wird im vorliegenden Kontext nicht zwischen „aktiven Warnungen“ (die dem Nutzer z.B. per Fax o.ä. zugestellt werden) und „passiven Warninformationen“ (die z.B. im Internet veröffentlicht werden) unterschieden.

**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.

## Anlage B: Nationale und internationale Vernetzung der Hochwasservorhersageberechnungen für deutsche Binnengewässer



## **Anlage C: Auswertung bisheriger Untersuchungen mit Relevanz im Hinblick auf die Grundlagen der Hochwasservorhersage in Deutschland**

### **Empfehlungen des Deutschen Komitees für Katastrophenvorsorge e. V. (DKKV, 2003):**

Das Deutsche Komitee für Katastrophenvorsorge e.V. (DKKV) hat infolge des Augusthochwasser von 2002 in der 2003 veröffentlichten Schrift mit dem Titel Hochwasservorsorge in Deutschland – Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet folgende zusammenfassenden Empfehlungen ausgesprochen:

Für den Bereich der Situationserfassung und Wetterwarnung:

- Grundlage einer früheren Warnung für die Bevölkerung der Erzgebirgstäler ist die Verbesserung der Niederschlagsvorhersage. Hierzu sind Aktivitäten vom DWD und vom Land Sachsen sowie von Forschungseinrichtungen eingeleitet und geplant.
- Positiv ist, dass die Wetterwarnungen des DWD an die Strukturen des Katastrophenschutzes angepasst wurden, jetzt auf Landkreisebene erfolgen und jederzeit im Internet unmittelbar, uneingeschränkt und kostenfrei zur Verfügung stehen.
- Hochwassermeldepegel sind überflutungssicher anzulegen und mit redundanten Systemen zur Datenerfassung und -übertragung sowie Stromversorgung auszustatten. Die am stärksten betroffenen Länder haben hierfür bereits Aktivitäten eingeleitet.
- Meteorologische Informationen und hydrologische Daten sollten direkt zu den Landeshochwasserzentren übertragen werden.

Für den Bereich der Hochwasservorhersage und -warnung:

- Wasserstands-Durchfluss-Beziehungen an Hochwasser-Vorhersagepegeln haben maßgeblichen Anteil an der Qualität der Vorhersagen und sind ständig zu aktualisieren.
- Einfache, schnell durchführbare und robuste Messverfahren sind für Abflussmessungen bei Hochwasser zu entwickeln und einzusetzen.
- In den Nebenflüssen der Oberen Elbe ist eine verbesserte Niederschlagsvorhersage Voraussetzung für eine frühere Warnung vor Hochwasser. Sie muss im gemeinsamen Bemühen von Forschung und Praxis vorangetrieben werden.
- Verbesserungen und Erweiterungen der bestehenden Hochwasser-Vorhersagemodelle für die Elbe und ihre Nebenflüsse sowie die Entwicklung neuer Modelle müssen zu einer Erhöhung der Vorwarnzeiten, zu einem stabilen, bedienerfreundlichen Lauf der Modelle und schließlich zu verlässlichen Vorhersagen führen.
- Bündelung von Kompetenz und Personal in den Landeshochwasserzentralen. So ist eine Absicherung des Schichtdienstes im Hochwasserfall durch Fachpersonal einfacher möglich und verschiedene Meldewege innerhalb eines Bundeslandes entfallen.

Für den Bereich Hochwassermeldedienst:

- Hochwasserwarnungen sollen einheitliche Sprachregelungen, insbesondere in benachbarten Bundesländern am gleichen Flusseinzugsgebiet beinhalten und für den Empfänger entsprechende Handlungsempfehlungen enthalten. „Standardmeldetexte“ erleichtern die zügige Herausgabe und das Verständnis von Hochwasserberichten.
- Die Meldewege sind kurz zu halten und sollten z. B. direkt von den Hochwasservorhersagezentren zu den Unteren Katastrophenschutzbehörden führen.
- Für die Übermittlung von Hochwasserstandsmeldungen und -berichten sind redundante Übertragungsmöglichkeiten vorzuhalten.
- Amtliche Meldungen sollten als solche kenntlich gemacht werden.
- Eine erste Warnung der Bevölkerung über Sirenen ist vor allem für Regionen mit kurzen Vorwarnzeiten zu empfehlen.
- Durch entsprechende Verhaltensvorsorge (z. B. Aufklärung, Schulung, Übung, Information) ist die Reaktion aller an der Katastrophenabwehr Beteiligten einschließlich der betroffenen Bevölkerung zu verbessern.

### **Erkenntnisse aus dem 2003 durchgeführten „Erfahrungsaustausch zur Verbesserung der Hochwasservorhersage“ (LUBW, 2003)**

Bei dem von der LfU BW initiierten Erfahrungsaustausch waren 12 Bundesländer vertreten sowie Vertreter des Deutschen Wetterdienstes, des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, des Bundesamtes für Naturschutz, der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung sowie Teilnehmer aus Österreich und aus den Niederlanden.

Download des Tagungsbandes: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14419/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14419/)

Die zusammenfassenden Ergebnisse beim Erfahrungsaustausch zeigen als zentrale Erkenntnisse, dass es gilt an allen Hochwassermeldepegeln redundante Mess-, Stromversorgungs- und Datenfernübertragungssysteme zu installieren.

Außerdem sind Wasserstand-Abfluss-Beziehungen zu überprüfen und sicherzustellen, insbesondere und vor allem im Extrembereich, wofür Abflussmessungen während eines Hochwassers unabdingbar sind. Der flächenhafte Online-Abfrage von Niederschlagsstationen sollte gewährleistet sein, um aktuelle Gegebenheiten bei den Vorhersagemodellen nutzen zu können.

Die Hochwasserzentralen sollten alleinig für die Herausgabe von Vorhersagen zuständig sein und sich ggf. mit anderen Dienststellen abstimmen.

Die Hochwasserzentralen sollten unterschiedlichste Medien zur Informationsverbreitung einsetzen (z.B. Internet, Rundfunk, Videotext, Abruffax, Mobilfunk-WAP, automatische Telefonansage). Es wurde vorgeschlagen, einen bundesweit einheitlichen Internetzugang zu den Hochwasserzentralen in Deutschland und den Nachbarstaaten einzurichten (*Anmerkung: dies wurde über [www.hochwasserzentralen.de](http://www.hochwasserzentralen.de) realisiert*).

Es wird darauf hingewiesen, dass die vorhandenen Hochwasser-Vorhersagesysteme teilweise fortzuschreiben sind, um die Auswirkungen von Dammbriichen operationell einzubeziehen.

Der Workshop richtete sich in zentralen Aspekten auch insbesondere an die Qualität der Wettervorhersagen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) nach dem Hochwasser von 2002 und appellierte für die Verbesserung der meteorologischen Vorhersagegüte.

### **Empfehlungen für die Hochwasservorhersage im Aktionsplan Hochwasserschutz im Freistaat Sachsen (Prof. Dr.-Ing. Hans Jürgen Rosemann 2002):**

Rosemann (2002) befasst sich mit der Aufarbeitung des Hochwasserereignisses 2002 in Sachsen mit dem Ziel, das bisherige Frühwarnsystem zu optimieren (Vorhersage, einzuleitende Schutzmaßnahmen, Organisations-/Meldewegstrukturen). In der Untersuchung wird ein Überblick und eine Bewertung unterschiedlicher Hochwasservorhersagemodelle gegeben, die zum Teil in Sachsen-Anhalt und in Sachsen in verschiedenen Flusseinzugsgebieten eingesetzt werden. Darunter fallen Wellenablaufmodelle mit verschiedenen Modellansätzen (z.B. Translations-Diffusions-Ansatz), kombinierte Modelle (aus Niederschlag-Abfluss- und Wellenablaufmodellen), Speichermodelle (mit Kurzfriststeuerungsmodulen für Speicher), physikalische Modelle und konzeptionelle Modelle.

Die modellspezifischen Ansätze werden erläutert, Vor- und Nachteile für die Hochwasservorhersage dargelegt:

- Grundsätzlich eignen sich für die Hochwasservorhersage konzeptionelle Modelle wie N-A- oder Wellenablaufmodelle aufgrund der kurzen Vorhersagerechenzeiten sowie einer einfach und robust gehaltenen Modelltechnik besser als physikalische Modelle, die ihre Vorteile bei hydrologisch-wasserwirtschaftlichen Fragestellungen haben.
- Eine Kombination aus konzeptionellen und physikalischen Modellen kann einen Vorteil ergeben: Bei Sonderfällen wie Rückstauwirkungen oder Deichbrüchen können physikalisch integrierte Modellansätze (z.B. St. Venant'sche Gleichungen) einen Mehrwert bringen.
- Beim Vergleich der genannten Modelle wird der entscheidende Problemfaktor für die Qualität der Vorhersageergebnisse in den Eingangsdaten gesehen (unabhängig vom jeweiligen Modellansatz)
- Dazu zählen: Dichte und Güte der Messnetze (W, Q, Niederschlag, Schnee), technische Redundanz und schnelle Onlineübertragung sowie Plausibilitäts- und Fehlerkorrekturprüfung der Messnetze, Niederschlags- und Wasseräquivalentvorhersagen (räumlich-zeitlich differenziert) über einen möglichst langen Zeitraum, präzise W-Q-Umrechnung in Hochwassersituation

In einem weiteren Schritt werden von Rosemann (2002) Empfehlungen und Vorschläge genannt, die zur Verbesserung der Modellgüte beitragen können:

- Regelmäßige Modellanpassungen an die Eingangsdaten kontinuierlich vornehmen, insbesondere nach einem abgelaufenen Hochwasser bedarf es einer Nacheichung des Modells an die Eingangsdaten.

- W-Q-Beziehungen nach einem Hochwasser überarbeiten, ggf. neue Begrenzungen festlegen wie nach dem HW 2002 der Fall.
- Speicherbauwerke: Ablösung starrer Abgaberegeln durch den Einsatz adaptiver Kurzfriststeuermodelle. Dadurch z.B. Ermöglichung zeitnaher Anpassungen der Speichersteuerung an eingetretene und zu erwartende Abflusssituation ober- und unterhalb des Speichers.
- Verbesserung der Zusammenarbeit unterschiedlicher Institutionen sowie der Länder
- Empfehlung zur räumlichen Gliederung von N-A-Modellen auf Rasterebene
- Einsatz und Betrieb von Wellenablaufmodellen auch in HW-freien Zeiten und Schulungen zur Absicherung des richtigen und komplikationslosen Modelleinsatzes im HW-Fall.
- Für die Elbe: Berechnungen zu Wasserspiegellagen für HW-Scheitelabflüsse bestimmter Jährlichkeiten, um bei HW-Ereignissen die Auswirkungen seltener Wellen (z.B. bei Deichbruch) besser zu bewerten.

Modellsystem-unabhängig wird vorgeschlagen:

- Überprüfung und ggf. Straffung der Organisationsstrukturen zur Verkürzung der Meldewege innerhalb des Freistaates Sachsen (Wie viele Institutionen sind erforderlich?)
- Eindeutige Aufgabentrennung von regionalen und überregionalen Hochwassernachrichtendiensten innerhalb des Freistaates Sachsen
- Zentrale Datenverwaltung in der Landeshochwasserzentrale, sodass alle Daten der einzelnen Fachbehörden für alle wasserwirtschaftlichen Dienststellen im Land zur Verfügung stehen (z.B. Wettervorhersagen, Speicherbauwerksdaten etc.)
- Qualifizierter Vorhersagedienst in der Landeshochwasserzentrale, der alle Eingangsdaten plausibilisiert, verifiziert und anschließend HW-Berichte versendet.
- Informationsdienst (Öffentlichkeitsarbeit), der Hochwasserberichte den Medien und Presseagenturen bereitstellt, Internetpräsenz

### **Bericht der Unabhängigen Kommission der Sächsischen Staatsregierung – Flutkatastrophe 2002 (Kirchbach et al. 2002):**

Im Bericht werden unterschiedliche Vorschläge zur Verbesserung des Katastrophen- und Hochwasserschutzes genannt. Im Fokus steht die frühzeitig(ere) konkrete Warnung der Bevölkerung (Handlungsempfehlungen oder Anweisungen) gewährleistet durch folgende Sicherstellungen:

- Schaffung einer Landeshochwasserzentrale als zentrale Stelle in Sachsen, die alleinig alle notwendigen hochwasserrelevanten Informationen an die Katastrophenschutzbehörden sendet (Aufbrechung disperser Zuständigkeits- und Verantwortungs-Strukturen innerhalb des Landes Sachsen)
- Ziel dabei: Straffung von Meldewegen

- Zuständigkeit für den HW-Meldedienst an einer Stelle, der Landeshochwasserzentrale, konzentrieren
- Zentrale Bewertung der hydrologischen und meteorologischen Daten in der LHWZ zur Verbesserung der Prognosefähigkeit, um den Behörden konkrete Handlungsempfehlungen auf direktem Wege geben zu können, die wiederum konkrete Handlungsempfehlungen oder Anweisungen frühzeitig an die Bevölkerung weiterleiten
- Anforderungen an die Datenbasis: Einbezug aller registrierter Niederschlagsmengen, Berücksichtigung von Talsperrenzuflüssen

### **Bericht der Kommission der Sächsischen Staatsregierung zur Untersuchung der Flutkatastrophe 2013 (Kirchbach et al. 2013):**

Die Kommission empfiehlt in ihrem Bericht zur Untersuchung der Flutkatastrophe 2013 folgende Punkte im Bereich der Hochwasservorhersage und Hochwassermeldedienst:

- das Pegelbau- und Ausrüstungsprogramm konsequent fortzusetzen
- gesicherten Zugriff für die Behörden auf Pegeldata auch im Falle der Überlastung der Informationsplattform des Landeshochwasserzentrums über das sächsische Verwaltungsnetz sicherzustellen
- die Informationsplattform des Landeshochwasserzentrums leistungsfähiger auszubauen
- die regionale Expertise des DWD zu erhalten
- im Krisenfall eine Zutrittsmöglichkeit für Mitarbeiter des Landes zu den Elbpegeln des Bundes sicherzustellen
- das „Single-Voice-Prinzip“ im Melde- und Warndienst konsequent einzuhalten

### **Modelle zur operationellen Hochwasservorhersage (DWA 2009, Komma et al.):**

Im DWA-Themenheft Modelle zur operationellen Hochwasservorhersage wird zusammengestellt, welche Methoden und Modelle der Echtzeit-Vorhersage gegenwertig (Stand: 2008) in der deutschen Praxis eingesetzt werden. Anhand einer Befragung der einzelnen Bundesländer wurden eingesetzte Vorhersagesysteme bezüglich Datennutzung, Modelle, Einsatzbedingungen und Nachrichtenwegen verglichen und einige Möglichkeiten der Verbesserung aufgezeigt.

Von Komma et al. (2009) werden ebenfalls aktuelle Methoden der Hochwasservorhersage vorgestellt. Es wird Bezug genommen auf verschiedene Verfahren der Vorhersage wie z.B. die Anwendung von Ensemble-Produkten und weitere Verbesserungsmöglichkeiten in der Modellierung.

## **Management von Hochwasserrisiken – mit Beiträgen aus den RIMAX-Forschungsprojekten (Merz et al. 2011):**

Im BMBF-geförderten Verbundprojekt RIMAX wurden als Reaktion auf das schadenbringende Hochwasser 2002 im Zeitraum 2005-2010 Untersuchungen in 38 Forschungsprojekten in Deutschland mit dem Ziel eines zu verbessernden Hochwasserrisikomanagements durchgeführt. In RIMAX kooperierten Bundes- und Landesbehörden, Hochschulen, wissenschaftliche Forschungseinrichtungen, Ingenieurbüros und Entscheidungsträger aus der Versicherungswirtschaft. Zur Weiterentwicklung bisheriger Vorsorgestrategien im Hochwasserrisikomanagement wurden spezielle Projekte zur Verbesserung der Hochwasservorhersage durchgeführt, die folgende Schwerpunkte enthielten:

- Quantifizierung und Umgang mit Unsicherheiten in der Vorhersage
- Veröffentlichung der Vorhersagen und Kommunikation bestehender Unsicherheiten
- Verwendung von Niederschlags-Ensemblevorhersagen der Wetterdienste zur Einschätzung der Unsicherheit (COSMO-DE-EPS). Studien mit Ensembles wurden in den Projekten OPAQUE und Neuronale Netze durchgeführt. Die Nutzung findet zunehmend Bedeutung in den Vorhersagezentralen.
- Neue Methoden zur Bestimmung des Gebietsniederschlages (Projekte EXTRA, OPAQUE): Räumliche Interpolation von bodengestützten Niederschlagsdaten unter Einbeziehung kombinierter Radar- (RADOLAN-Produkte des DWD) und Satellitendaten. Unter Hinzunahme von Metadaten wie Großwetterlagen kann z.B. Datenausfallsicherheit kompensiert werden. Ergebnisse zeigen, dass es bislang keine besseren Verfahren zur Abbildung von konvektiven Niederschlagsereignissen gibt als die Ergebnisse aus dem Radar-Nowcasting vom DWD. Hier muss allerdings hinzugefügt werden, dass die Vorhersagezeit beim Radar-Nowcasting mit nur zwei Stunden deutlich geringer ist als mit anderen DWD-Produkten.
- Integration von Radardaten (RADOLAN-Produkte des DWD) für die Abfluss- und Wasserstandsvorhersage. Die Nutzung findet zunehmend Bedeutung in den Vorhersagezentralen.
- Staaten- und Länderübergreifende Zusammenarbeit von dezentral organisierten Hochwasservorhersagezentralen an den Beispielen Rhein, Elbe Donau, wobei die Vorhersagen in Form einer Vorhersagekette strukturiert sind (Weitergabe der Vorhersagen an definierten Übergabepegeln an die Unterlieger)
- Bedeutung von Vorhersagen in kleinen Einzugsgebieten, wo die Vorhersage aufgrund der kurzen Reaktionszeit eines Fließgewässers auf ein Niederschlagsereignis mitunter die einzige Möglichkeit ist, effektive Abwehrstrategien zu entwickeln. (Hier spielt die von Rosemann (2002) und Kirchbach et al. (2002) geforderte Straffung/Verkürzung der Meldewege eine wichtige Rolle zur Gewährleistung frühzeitiger Vorkehrungen)
- Bedeutung von Open Source-Entwicklungen in der Vorhersagelandschaft mit dem Vorteil beliebige Modelle eines Einzugsgebietes zu einem Vorhersagemodell zu kombinieren (z.B. Delft-FEWS, MIKE Flood Watch, KALYPSO) und dabei modellunspezifische Funktionalitäten zu integrieren (z.B. optimiertes Datenmanagement oder Korrekturfunktionalitäten).

## **Literatur zu Anlage C:**

Deutsches Komitee für Katastrophenvorsorge e. V. (DKKV) (2003): Hochwasservorsorge in Deutschland – Lernen aus der Katastrophe 2002 im Elbegebiet. Bonn.

DWA (2009): Modelle zur operationellen Hochwasservorhersage. Themenheft der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

Kirchbach, H.-P. v., Franke, S. & Biele, H. (2002): Bericht der Unabhängigen Kommission der Sächsischen Staatsregierung – Flutkatastrophe 2002.

Kirchbach, H.-P. v., Popp, Th & Schröder, J. (2013): Bericht der Kommission der Sächsischen Staatsregierung zur Untersuchung der Flutkatastrophe 2013.

Komma, J., Drabek, U. & Blöschl, G. (2009): Aktuelle Methoden der Hochwasservorhersage. In: Wiener Mitteilungen: Hochwässer – Bemessung, Risikoanalyse und Vorhersage. Band 216: S. 181-212.

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU, 2003): Erfahrungsaustausch und Zusammenarbeit der Länder zur Verbesserung der Hochwasservorhersage für große Flussgebiete. Tagungsband zum Workshop am 14. und 15. Januar 2003 in Karlsruhe. S. 138-140. Download: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14419](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14419)

Merz, B., Bittner, R., Grünewald, U. u. K. Piroth (2011): Management von Hochwasserrisiken – mit Beiträgen aus den RIMAX-Forschungsprojekten. Stuttgart.

Rosemann, H.-J. (2002): Aktionsplan Hochwasserschutz im Freistaat Sachsen – Ein Beitrag zur weitergehenden Hochwasservorsorge. Dresden.