

# Hochwasserfrühwarnung – gemeinsamer Beitrag aus Sachsen und Rheinland-Pfalz

Es werden die operationellen Hochwasserfrühwarnsysteme der Länder Sachsen und Rheinland-Pfalz vergleichend vorgestellt. Sie dienen der Prognose von Hochwasser in kleinen, schnell reagierenden Einzugsgebieten. Obgleich beiden Systemen recht unterschiedliche Modellansätze zu Grunde liegen, werden ähnliche Produkte erstellt und verteilt. Die Möglichkeiten und Grenzen sowie weitere Entwicklungsoptionen der kleinräumigen Hochwasserfrühwarnung werden besprochen.

Norbert Demuth und Andy Philipp

## 1 Gemeinsamer Beitrag – gleiches Ziel – unterschiedliche Ansätze

Kleine Gewässer können infolge intensiver Niederschläge und/oder Schneeschmelze innerhalb kurzer Zeit stark anschwellen; im Extremfall steigt der Abfluss fast zeitgleich mit dem Einsetzen des Niederschlags an. Pegelbasierte Warnungen (auf Basis von Wasserstandbeobachtungen an Hochwassermeldepegeln) und zentimetergenaue, zeitscharfe Vorhersagen des Wasserstandes sind nicht möglich, da einerseits die Zeitspanne zwischen auslösendem Starkregen sowie Wasserstandanstieg sehr kurz ist und andererseits Starkniederschläge räumlich, zeitlich und mengenmäßig nicht hinreichend genau vorhergesagt werden können. Für kleine Einzugsgebiete ist aber sehr wohl eine regionale Abschätzung der aktuellen Hochwassergefährdung möglich. Dabei wird unter Berücksichtigung von Gebietseigenschaften, hydrologischen Vorbedingungen, Niederschlagsdaten sowie meteorologischen Vorhersagen eine regionsbezogene Karte der Hochwassergefährdung für kleine Einzugsgebiete erstellt. Die Warnregionen entsprechen dabei Stadt- bzw. Landkreisen, Flussgebieten oder naturräumlichen Einheiten. Die Hochwassergefährdung wird mittels einer fünfteiligen Skala von „geringe Gefährdung“ bis „sehr hohe Gefährdung“ unterteilt und auf einer Warnkarte mit Ampelfarben dargestellt. Der Begriff der Frühwarnung bezieht sich dabei auf die Tatsache, dass durch die Modellberechnungen eine frühere Warnung möglich ist, als es allein durch die Beobachtung gemessener Niederschläge und/oder Wasserstände gegeben wäre.

### Kompakt

- Hochwasserfrühwarnung ist Ergänzung zu den (Un-) Wetterwarnungen der Wetterdienste einerseits sowie den Hochwassermelde- und Warndiensten für die größeren Gewässer andererseits.
- Eine Hochwasserfrühwarnung, welche das Gros der Nutzeranforderung befriedigt, ist mit einem signifikanten prädiktiven Nutzen möglich.
- Insbesondere bei Extremereignissen kann nicht jederzeit eine hinreichend gute Vorhersage bzw. Prognose erzielt werden.

Die Hochwasserfrühwarnung ist damit eine wichtige Ergänzung zu den (Un-) Wetterwarnungen der Wetterdienste einerseits sowie den Hochwassermelde- und Warndiensten für die größeren Gewässer andererseits. Einen Mehrwert hat die Hochwasserfrühwarnung aber nur dann, wenn die Warnungen die Betroffenen rechtzeitig erreichen und von ihnen auch verstanden sowie bewertet werden können, dies gilt insbesondere auch im Hinblick auf unterschiedliche Warnprodukte. Aktuelle und geplante Maßnahmen zur Weiterentwicklung umfassen deshalb neben den Systemen zur Erstellung der Hochwasserfrühwarnung auch den Austausch mit und die Information der Zielgruppe.

In Rheinland-Pfalz wurde die Hochwasserfrühwarnung zusammen mit Baden-Württemberg im Rahmen eines Interreg-III-B-Projektes (TIMISflood) entwickelt. Sie wird seit Oktober 2008 operationell eingesetzt [6] und seitdem laufend weiterentwickelt. Zentraler Baustein zur Ableitung der Hochwassergefährdung ist das deterministisch-konzeptionelle Wasserhaushaltsmodell LARSIM [3].

Das Hochwasserfrühwarnsystem Sachsen wurde im Nachgang der kritischen Analyse kleinräumiger Hochwasserereignisse des Sommers 2010 ab 2014 konzipiert und erstellt, um vor allem die Abschätzung der regionalen Hochwassergefährdung zu verbessern und ein Warninstrument für unbepegelte Einzugsgebiete anbieten zu können. Für die ersten anderthalb Jahre des präoperationellen Betriebes (2016/17) konnten der Mehrwert einer kleinräumigen Gefährdungsabschätzung, aber auch die Grenzen regionaler Frühwarnung deutlich herausgestellt werden [10]. Das Hochwasserfrühwarnsystem für Sachsen basiert auf einem vergleichsweise einfachen sowie robusten statistischen Verfahren und ging am 07.03.2018 in den Regelbetrieb über.

Im Folgenden werden der aktuelle Stand der Hochwasserfrühwarnsysteme in Rheinland-Pfalz und Sachsen sowie laufende und geplante Maßnahmen zur Verbesserung der Hochwasserfrühwarnung in beiden Ländern erörtert.

## 2 Hochwasserfrühwarnung Rheinland-Pfalz

Basis der Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete in Rheinland-Pfalz sind mit dem Wasserhaushaltsmodell LARSIM berechnete Abflussvorhersagen. LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle decken die gesamte Landesfläche ab. Neben der regions-

bezogenen Hochwasserfrühwarnung werden sie auch für pegelbezogene Vorhersagen und außerhalb des operationellen Betriebs zu wasserwirtschaftlichen Planungen, Bemessungsfragen und Untersuchungen im Bereich der Klimafolgenforschung verwendet. Ein regelmäßiger Austausch zwischen Modellentwicklern und Nutzern sowie eine länderübergreifende Entwicklungsgemeinschaft mehrerer Hochwasserzentralen stellen sicher, dass LARSIM fortlaufend weiterentwickelt und verbessert wird [4]. Einen aktuellen Schwerpunkt bilden Arbeiten zur Verbesserung der Abflusssimulation bei Starkregen. Die Starkregenereignisse im Frühsommer 2016 haben gezeigt, dass LARSIM bei trockenem Boden die Abflussbildung bei Starkregen unterschätzt. Je nach Verfügbarkeit von Boden- und Landnutzungsdaten kann zukünftig in LARSIM entweder ein statischer Infiltrationsschwellwert oder ein dynamisches Infiltrationsmodul analog dem Ansatz im bodenhydrologischen Runoff Generation Research Modell (RoGeR) [5] genutzt werden [11]. Testrechnungen zeigen, dass damit bei intensivem Niederschlag auf trockenem Boden ein realistischer Infiltrationsüberschuss berechnet werden kann und somit die Abflusssimulation bei Starkregen deutlich verbessert wird [12].

Bis Sommer 2014 wurde als Modellantrieb neben den hydrologischen und meteorologischen Messdaten die deterministische COSMO-DE-Wettervorhersage des DWD verwendet. Seit Sommer 2014 werden zusätzlich die COSMO-DE-EPS-Ensemblevorhersagen des DWD für die operationelle Hochwasserfrühwarnung genutzt. Damit werden mit LARSIM in rechenzeitoptimierten Parallelläufen 21 mögliche Abflussvorhersagen berechnet. Die Auswertung der 21 LARSIM-Läufe für die regionsbezogene Frühwarnung erfolgt in drei Schritten. Zunächst werden für jeden der 21 Rechenläufe und jedes definierte LARSIM-Teilgebiet der in den nächsten 24 Stunden vorhergesagte maximale Abfluss und dessen Jährlichkeit mit Hilfe regionalisierter Abflüsse [7] ermittelt. Anschließend wird für alle 21 Vor-

hersagen und jedes LARSIM-Teilgebiet die Häufigkeitsverteilung der ermittelten Jährlichkeiten bestimmt und mittels eines Regelwerkes die Häufigkeitsverteilung einer bestimmten Hochwassergefahrenstufe zugeordnet (**Bild 1** links). Abschließend werden die LARSIM-Teilgebiete den Warnregionen zugeordnet und für sämtliche Elemente einer Warnregion eine Rangfolge der Hochwassergefährdung erstellt, aus der die Hochwassergefährdung für die jeweilige Warnregion abgeleitet wird. Warnregionen waren bis Herbst 2016 die Landkreise. Auf Wunsch der Nutzer (s. u.) wurden sie auf Flussgebiete umgestellt, was auch hydrologisch sinnvoller ist.

Eine Untersuchung zur Bewertung Ensemble basierter Abflussvorhersagen für die operationelle Hochwasserwarnung in Rheinland-Pfalz [1] zeigt für alle untersuchten Pegel und Vorhersagelängen eine Verbesserung, wenn Warnungen auf Basis probabilistischer, anstelle deterministischer Abflussvorhersagen erfolgen. Die Ergebnisse zeigen aber auch, dass die Spannweite der Ensemblevorhersagen häufig zu gering ist („Unterdispersivität“), so dass die Beobachtungen bei vielen Ereignissen nicht vom Ensemble eingehüllt werden. Dies ist insbesondere Folge einer zu geringen Spannweite („Spread“) der meteorologischen Ensembles (bspw. COSMO-DE-EPS). Die Einführung eines neuen Ensemble-basierten Datenassimilationssystems (KENDA) beim DWD für COSMO-DE und COSMO-DE-EPS zum 21.03.2017 lässt „signifikante Verbesserungen im konvektiven Niederschlag“ und „deutliche Verbesserungen in der Abschätzung von Vorhersageunsicherheiten“ erwarten [8]. Weiterhin verspricht die Mitte 2018 vollzogene Ablösung von COSMO-DE-EPS durch das räumlich höher aufgelöste COSMO-D2 eine realistischere Simulation von konvektiven Lagen. Neben dem meteorologischen Antrieb sind aber auch die Kalibrierung und die operationelle Nachführung des hydrologischen Modells weiter zu verbessern.

Die Hochwasserfrühwarnung (Warnkarte mit Ampelfarben, **Bild 2**) wurde nach ihrer Einführung zunächst nur im Internet-

Regel	HQ-Häufigkeiten in Teilgebieten	Zugeordnete Warnstufe
1	–	< HQ(2)
2	3% > HQ(50)	≥ HQ(2)
3	10% > HQ(10) und 30% > HQ(2)	≥ HQ(2)
4	10% > HQ(5) und 40% > HQ(2)	≥ HQ(2)
5	25% > HQ(5) und 50% > HQ(2)	≥ HQ(2)
6	60% > HQ(2)	≥ HQ(2)
7	15% > HQ(50)	≥ HQ(10)
8	50% > HQ(10) und 75% > HQ(5)	≥ HQ(10)
9	25% > HQ(20) und 100% > HQ(5)	≥ HQ(10)
10	75% > HQ(10)	≥ HQ(10)
11	50% > HQ(20) und 75% > HQ(15)	≥ HQ(20)
12	25% > HQ(50) und 100% > HQ(15)	≥ HQ(20)
13	75% > HQ(20)	≥ HQ(20)
14	50% > HQ(50) und 75% > HQ(35)	≥ HQ(50)
15	25% > HQ(100) und 100% > HQ(35)	≥ HQ(50)
16	75% > HQ(50)	≥ HQ(50)

Regel	Status-Häufigkeiten in Vorhersagegebieten als Anteil der Gebietsfläche	Zugeordneter Gefährdungsstatus des gesamten Vorhersagegebiets
1	–	= G <sub>0</sub>
2	3% > S <sub>4</sub>	= G <sub>1</sub>
3	10% > S <sub>3</sub>	= G <sub>1</sub>
4	25% > S <sub>2</sub>	= G <sub>1</sub>
5	50% > S <sub>1</sub>	= G <sub>1</sub>
6	15% > S <sub>4</sub>	= G <sub>2</sub>
7	50% > S <sub>2</sub> und 75% > S <sub>1</sub>	= G <sub>2</sub>
8	25% > S <sub>3</sub> und 100% > S <sub>1</sub>	= G <sub>2</sub>
9	75% > S <sub>2</sub>	= G <sub>2</sub>
10	50% > S <sub>3</sub> und 75% > S <sub>2</sub>	= G <sub>3</sub>
11	25% > S <sub>4</sub> und 100% > S <sub>2</sub>	= G <sub>3</sub>
12	75% > S <sub>3</sub>	= G <sub>3</sub>
13	50% > S <sub>4</sub> und 75% > S <sub>3</sub>	= G <sub>4</sub>
14	25% > S <sub>4</sub> und 100% > S <sub>3</sub>	= G <sub>4</sub>
15	75% > S <sub>4</sub>	= G <sub>4</sub>

**Bild 1:** Regelwerte zur Generalisierung/Aggregation von verteilten Informationen zu integralen Aussagen für die Hochwasserfrühwarnung; links: Rheinland-Pfalz, rechts: Sachsen; die Regeln werden „von unten nach oben“ ausgewertet

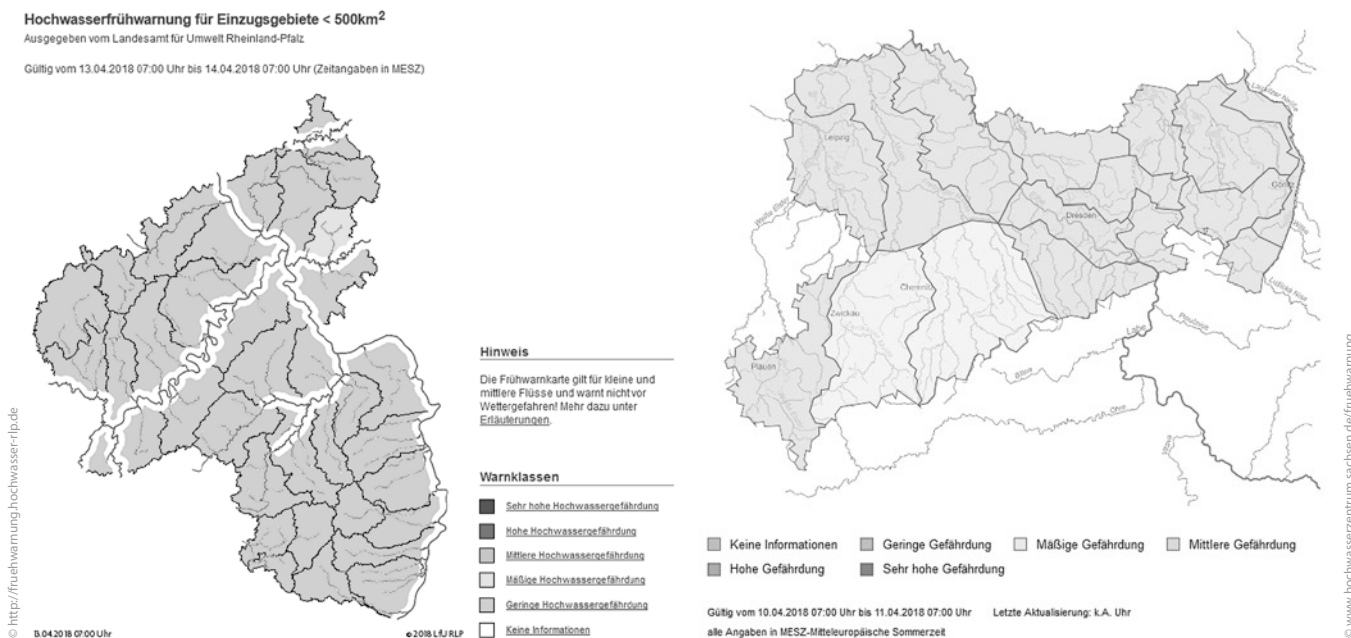
angebot des Hochwassermeldedienstes veröffentlicht. Seit Ende 2010 werden Hochwasservorhersage und -frühwarnung auch bei Workshops im Rahmen der kommunalen Hochwasserpartnerschaften [2] vorgestellt und Verbesserungspotenziale diskutiert. Hierbei wurde deutlich, dass die Hochwasserfrühwarnung wenig bekannt ist. Neben der Umstellung der Warnregionen von Landkreisen auf Flussgebiete wurde von den Kommunen und Einsatzkräften auch eine aktive Bewarnung gefordert. Zudem wünschte das Innenministerium Rheinland-Pfalz eine Verbreitung von Hochwasserwarnungen über die Katastrophenwarn-App KATWARN. Folglich erhalten seit Herbst 2016 ab der orangenen Warnstufe (d. h. ab einem 10-jährlichen Hochwasser) die im bewarnten Flussgebiet liegenden Landkreise und Städte eine Warn-E-Mail. Zeitgleich werden Nutzer der App KATWARN, die sich in diesem Flussgebiet aufhalten, ab der orangenen Warnstufe vor der Hochwassergefährdung gewarnt. Während der Starkregenereignisse im Frühsommer 2016 haben mehrere Rückmeldungen gezeigt, dass der Unterschied zwischen Unwetterwarnung und Hochwasserfrühwarnung nicht deutlich und verständlich genug erläutert wird. Die Erläuterung und Hinweise im Internetangebot wurden deshalb überarbeitet. Es wird nun explizit darauf hingewiesen,

- dass die Frühwarnkarte für kleine sowie mittlere Flüsse gilt und nicht vor Wettergefahren warnt,
  - dass aufgrund der unterschiedlichen Warnkriterien Unwetterwarnung und Hochwasserfrühwarnung unterschiedliche Warnstufen aufzeigen können und
  - dass die Verlässlichkeit der Hochwasserfrühwarnung wesentlich von der Güte der Niederschlagsvorhersagen abhängig ist.
- Darüber hinaus hat der diensthabende Hydrologe die Möglichkeit, die veröffentlichten Standard-Warnhinweise um individuelle Hinweise zu ergänzen oder auch einen Warnhinweis auf der Eingangsseite der Hochwasserfrühwarnung zu schalten.

Im operationellen Betrieb wird die Frühwarnkarte mehrmals täglich aktualisiert. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Prüfung und gegebenenfalls Korrektur der Warnungen durch den diensthabenden Hydrologen sowie ein an die Lage möglichst optimal angepasster Berechnungszeitpunkt die Warnqualität deutlich erhöhen. Insbesondere bei sommerlichen Gewittern, die häufig erst am Nachmittag oder in den Abendstunden auftreten, sind Nachdienste des diensthabenden Hydrologen somit zwingend notwendig. Konvektive Niederschlagsereignisse können vom DWD, wenn überhaupt, nur wenige Stunden vor ihrem Eintreten hinsichtlich Ort und Zeitpunkt verlässlich vorhergesagt werden. In diesem Kontext ist die Weiterentwicklung von radarbezogenen Kurzzeitvorhersagen (Nowcasting-Produkte) und deren Nutzung in der hydrologischen Vorhersage von großer Bedeutung.

### 3 Hochwasserfrühwarnung Sachsen

Das Hochwasserfrühwarnsystem Sachsen basiert auf einem rasterweise angewendeten Klassifizierungsverfahren der aktuellen und zukünftigen Hochwassergefährdung nach Metzkes [9] sowie Philipp und Kerl [10]. Grundsätzlich wird der Niederschlagsinput auf verschiedenen zeitlichen Skalen (30 Tage bis hinunter zu einer Stunde) fortlaufend aggregiert und anhand einer räumlich differenzierten statistischen Einordnung „gescored“, also mit einem dimensionslosen Wert versehen. Schlussendlich werden alle so entstehenden „Teilscores“ additiv zusammengefasst und damit ein die Hochwassergefährdung repräsentierender „Gesamtscore“ bestimmt. Das Scoring erfolgt unter Nutzung sowohl von Niederschlagsdaten aus der Vergangenheit (Quantitative Precipitation Estimates (QPE)) als auch unter Einbeziehung von Niederschlagsprognosen (Quantitative Precipitation



**Bild 2:** Flussgebietsbezogene Ampelkarten als Warnprodukt zur Hochwasserfrühwarnung in Rheinland-Pfalz (links) sowie Sachsen (rechts) anhand von eins plus vier Warnstufen; durchschnittliche Größe der Warnggebiete Rheinland-Pfalz: ca. 700 km<sup>2</sup>; Sachsen: ca. 1 100 km<sup>2</sup>

Forecasts (QPF)). QPE-seitig liegen interpolierte Ombrometer- und Radardaten in stündlicher Auflösung vor. QPF-seitig stehen derzeit fünf verschiedene Produkte, darunter das COSMO-DE-EPS, bereit. Durch Einbeziehung einer Wasserdargebots-QPE und -QPF (DWD-SNOW4) ist auch die Prognose schneebeeinflusster Situationen mit prädiktivem Nutzen möglich.

Um der naturgemäß vorhandenen raum-zeitlichen Unsicherheit – vor allem im Hinblick auf die antreibenden Niederschlagsdaten – Rechnung zu tragen, erfolgt ein räumliches Upscaling der Modellergebnisse auf Teilflussgebiete. Aktuell bezieht sich dieses Vorgehen für Sachsen auf 16 Frühwarngebiete. Der Zuschnitt der Warngebiete ist systemseitig flexibel anpassbar. Das Upscaling basiert dabei auf dem gleichen Regelwerk, welches in Rheinland-Pfalz zur Aggregation von punkt- bzw. pegelbezogenen hydrologischen Ensemblevorhersagen verwendet wird: Für die „Einfärbung“ eines Warngebietes wird der jeweils im Prognosezeitraum auftretende Maximalwert eines jeden Pixels extrahiert und anhand des Regelwerkes zu einer gebietsweisen Aussage generalisiert (**Bild 1** rechts). Im Ergebnis wird – auch das analog zu Rheinland-Pfalz – also eine einzugsgebietsbezogene Warnkarte mit eins plus vier Warnstufen produziert (**Bild 2**). Bei der (aktuell noch optionalen) Verwendung probabilistischer Antriebe ist das Vorgehen vergleichbar; hier wird allerdings nicht eine (deterministische) pixelweise Information, sondern beispielsweise 21 Ergebnisse pro Pixel dem Regelwerk zugeführt. Zusätzlich werden im Webportal des Landeshochwasserzentrums (LHWZ) Quantile des zeitlichen Verlaufs des Gesamtscores für jedes Warngebiet als Diagramm dargestellt. Aktuell handelt es sich dabei um Mittelwert sowie Minimal- und Maximalwert über alle pixelweisen Informationen zu jedem Zeitschritt. Die Warnstufen sind mit bestimmten zu erwartenden Hochwasserauswirkungen verknüpft.

Die Hochwasserfrühwarnung wird derzeit über das Webportal des LHWZ angeboten, deckt einen Prognosezeitraum von 24 Stunden ab und wird stündlich aktualisiert. Weiterhin wird ein flexibel abonnierbarer und gebietsweise filterbarer RSS-Feed mit Frühwarn-Informationen angeboten. Aktuell ist geplant, eine einfache und pragmatische Möglichkeit zur E-Mail-Benachrichtigung für jedermann zu ergänzen (als Art „Newsletter“; eventuell mit Möglichkeit, die Warnschwelle festzulegen). Nicht verteilt hingegen wird die Frühwarnung im Sinne weiterer Produkte des LHWZ, wie beispielsweise den Hochwasserwarnungen (ihrem Inhalt nach handelt es sich dabei um Hochwasserlageberichte). Diese Produkte werden mit einer Bringepflicht durch das LHWZ an sog. Informationsempfänger (wie Kommu-

nen, diverse Behörden, ausgewählte Dritte) zugestellt und insbesondere deren Erhalt auch durch den Empfänger rückbestätigt. Ob die Frühwarnung in diesen Kanon aufgenommen wird (was technisch recht problemlos möglich wäre), ist aktuell fachpolitisch allerdings noch nicht entschieden.

Ebenfalls – auch hier wieder eine Analogie zum Vorgehen in Rheinland-Pfalz – ist es vorgesehen und möglich, manuell in die Erstellung der Frühwarnkarte einzugreifen („händisches Einfärben“), einen gewissen Warnstatus „festzustellen“ (so dass er auch über folgende Aktualisierungen hinweg unverändert bleibt) sowie einen redaktionell durch den Hydrologen vom Dienst verfassten (und ebenfalls „feststellbaren“) Kurzbericht beizugeben. Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass solcherlei Eingriffe sehr sinnvoll sein können. Je nachdem, wie sich die fachpolitische Sicht auf die Frühwarnung in Sachsen entwickeln wird, wären hier also zusätzliche Ressourcen beizustellen, beispielsweise für eine abendliche oder nächtliche Kurzberichterstattung. Abschließend sei erwähnt, dass begleitend zum Launch des Systems im März 2018 ein Erklärfilm online gestellt wurde (LHWZ-Webseite, YouTube), welcher das neue Produkt für jedermann verständlich erläutert und welcher bisher auf positive Resonanz gestoßen ist. Diese Kommunikationsmöglichkeit soll auch bei weiteren Aktivitäten des LHWZ verstärkt zur Information der breiten Öffentlichkeit genutzt werden.

#### 4 Fazit und Ausblick

Die Erfahrungen mit den Hochwasserfrühwarnsystemen der Länder Rheinland-Pfalz und Sachsen (**Tabelle 1**) zeigen, dass generell eine Hochwasserfrühwarnung, welche das Gros der Nutzeranforderung befriedigt, mit einem signifikanten prädiktiven Nutzen möglich ist. Andererseits kann insbesondere bei Extremereignissen nicht jederzeit eine hinreichend gute Vorhersage bzw. Prognose erzielt werden. Die Hauptursache hierfür ist die unzureichende Vorhersagbarkeit kleinräumiger, konvektiver Niederschlagsereignisse. Diese Unsicherheiten müssen entsprechend kommuniziert werden. Begleitende Studien haben weiterhin den Mehrwert einer probabilistischen gegenüber einer deterministischen Vorhersagephilosophie herausgestellt. Allerdings müssen die Nutzer von Frühwarnprodukten teilweise erst noch in die Lage versetzt werden, probabilistische Vorhersage- bzw. Warnprodukte entsprechend in ihre Entscheidungen mit einzubeziehen. Zukünftige Entwicklungen sollten daher die folgenden Bereiche umfassen:

**Tabelle 1:** Gegenüberstellung der vorgestellten Frühwarnsysteme für Rheinland-Pfalz und Sachsen (Quelle: nach [10])

System	Hydrol. Bezug (Gültigkeit)	Räuml. Bezug	Vorhersagezeitraum (h)	Aktualisierungsintervall (h)	Methodische Grundlage	QPF-Antrieb
Rheinland-Pfalz	Einzugsgebiete kleiner 500 km <sup>2</sup>	Flussgebiete	24	12 (anlassbezogen kürzer)	konzeptionelle hydrologische Modellierung	probabilistisch
Sachsen	Einzugsgebiete kleiner 200 km <sup>2</sup>	Flussgebiete	24	1	statistisches Bewertungsverfahren	deterministisch und probabilistisch

- Verbesserung der quantitativen Niederschlagsvorhersage im Kurzzeit- und Kurzfristbereich,
- Produktion probabilistischer Warnungen konform zum aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik sowie
- Stärkung der Befähigung zur korrekten Interpretation und Nutzung von probabilistischen Warnprodukten auf Nutzerseite.

Es gibt Potenzial für weitere Verbesserungen an den hierin beschriebenen Hochwasserfrühwarnsystemen. Das betrifft

- die Berücksichtigung von Hochwasserfrühwarnungen im Sinne eines gesamtheitlichen Hochwassernachrichten- und Alarmdienstes,
- die konsequente Verarbeitung von Unsicherheiten sowie
- ein kontinuierliches Ansprechen und Einbinden der Nutzer von Frühwarnprodukten im Zuge weiterer Änderungen bzw. Ergänzungen der Hochwasserfrühwarnsysteme.

Abschließend soll an dieser Stelle noch einmal deutlich herausgestellt werden, dass für extrem seltene und extrem kleinräumige Ereignisse die Güte quantitativer Niederschlagsvorhersagen gering sein wird und dass damit die zur Verfügung stehende Zeit, um Maßnahmen zu ergreifen sich der hydrologischen Reaktionszeit angleicht; im Extremfall kann diese in der Größenordnung von lediglich einer Viertelstunde oder weniger liegen! Im Sinne einer ereignisbezogenen Warnung sind hier – wenn überhaupt – nur noch QPE- oder Nowcasting-basierte Warnprodukte (bspw. Unwetterwarnungen der Wetterdienste) effektiv.

Damit ist auch klar, dass für den Schutz von Leib und Leben die Verhaltensvorsorge potenziell Betroffener bereits im Vorfeld von Ereignissen gestärkt werden muss. Im Ereignisfall ist aufgrund der hohen Prozessdynamik keine wirksame Kommunikation mehr möglich. Kernbotschaften wie „Nicht durch fließendes Wasser laufen/fahren!“, „Keine Unterführungen betreten/durchfahren!“ oder „Keine tiefer gelegene Räume betreten!“ müssen im Ereignisfall den Betroffenen gewahr sein, was nur über eine kontinuierliche Bewusstseinsbildung erreicht werden kann. Nichtsdestoweniger sollten in diesem Sinne konkrete Verhaltensempfehlungen den Warnungen beigegeben werden.

## Autoren

### Norbert Demuth

Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz  
Kaiser-Friedrich-Straße 7  
55116 Mainz  
Norbert.Demuth@lfu.rlp.de

Norbert Demuth and Andy Philipp

#### **Flood Early Warning – joint contribution from Saxony and Rhineland-Palatinate**

The operational flood early warning systems of Saxony and Rhineland-Palatinate are presented and compared. The systems deliver prognoses of the flooding susceptibility in small, fast-responding catchments. Although both systems rely on quite differing modelling approaches, similar warning products are generated and disseminated. The opportunities and the limits of small-scale flood early warning procedures and further developments are discussed.

### Andy Philipp

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie  
Pillnitzer Platz 3  
01326 Dresden  
Andy.Philipp@smul.sachsen.de

## Literatur

- [1] Bartels, J.; Bliefernicht, J.; Seidel, J. et al.: Bewertung von Ensemble-Abflussvorhersagen für die operationelle Hochwasserwarnung. In: Hydrologie & Wasserbewirtschaftung 61 (2017), Heft 5, S. 297–310.
- [2] Bauer, C.; Kinsinger, C.; Schernikau, R.: Die Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen in Rheinland-Pfalz. In: Wasser & Abfall (2011), Heft 12, S. 2–5.
- [3] Bremicker, M.: Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele. In: Freiburger Schriften zur Hydrologie (2000), Band 11.
- [4] Bremicker, M.; Brahma, G.; Demuth, N. et al.: Räumlich hoch aufgelöste LARSIM-Wasserhaushaltsmodelle für die Hochwasservorhersage und weitere Anwendung. In: KW – Korrespondenz Wasserwirtschaft 6 (2013), Heft 9, S. 509–519.
- [5] Steinbrich, A.; Leistert, H.; Weiler, M.: Model-based quantification of runoff generation processes at high spatial and temporal resolution. In: Environmental Earth Sciences 75 (2016), S. 1 423.
- [6] Demuth, N.: Hochwasserfrühwarnung in Rheinland-Pfalz. In: Berichte des Fachgebietes Wasserbau und Wasserwirtschaft der Technischen Universität Kaiserslautern (2008), Bericht 19, S. 23–28.
- [7] DHI-WASY GmbH (Hrsg.): Überarbeitung des im Land Rheinland-Pfalz genutzten Verfahrens zur Regionalisierung von Hochwasserabflüssen. Schlussbericht, 2010.
- [8] DWD (Hrsg.): Einführung des regionalen Ensemble-basierten Datenassimilationssystems KENDA; Nutzung von ICON-EPS in COSMO-DE-EPS. In: Operationelles NWV-System: Änderungsmitteilung vom 21.03.2017.
- [9] Metzkes, C.: Entwicklung und Anwendung von robusten Bewertungssätzen für die frühzeitige Abschätzung der Hochwasserneigung in kleinen (submesoskaligen) Einzugsgebieten in Sachsen. Masterarbeit am Institut für Hydrologie und Meteorologie der Technischen Universität Dresden, 2016.
- [10] Philipp, A.; Kerl, F.: Hochwasserfrühwarnung für kleine Einzugsgebiete – Möglichkeiten und Grenzen im Lichte operationeller Anforderungen am Beispiel Sachsens. Projektabschlussbericht, 2017.
- [11] LARSIM-Entwicklergemeinschaft (Hrsg.): Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele ([www.larsim.info/dokumentation/LARSIM-Dokumentation.pdf](http://www.larsim.info/dokumentation/LARSIM-Dokumentation.pdf), Abruf 01.11.2018).
- [12] Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.): LARSIM-Weiterentwicklungen für Starkregenereignisse. Bericht der HYDRON Ingenieurgesellschaft für Umwelt und Wasserwirtschaft mbH, 2018.



SpringerProfessional.de

Hochwasserfrühwarnsystem



Marg, O.: Forschungsüberblick zu Schadenserfahrung, Vorsorge und Bewältigung von Haushalten bezüglich Hochwasser. In: Resilienz von Haushalten gegenüber extremen Ereignissen. Wiesbaden: Springer VS, 2016.

[www.springerprofessional.de/link/10096294](http://www.springerprofessional.de/link/10096294)

Müller, U.: Hochwassernachsorge und Wiederaufbau. In: Hochwasserrisikomanagement. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2010.

[www.springerprofessional.de/link/4491076](http://www.springerprofessional.de/link/4491076)