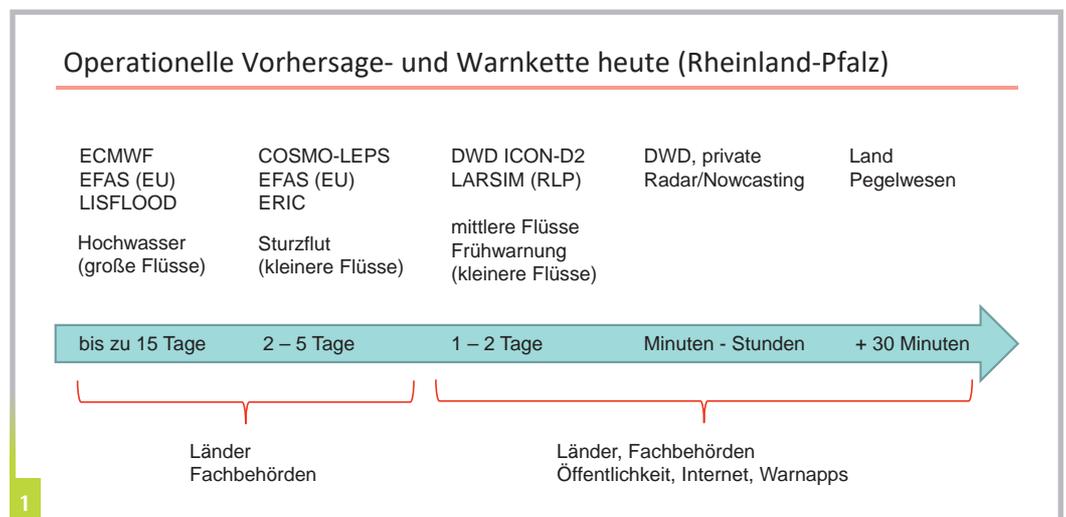


Hochwasservorhersage und effektive Warnung

Die Überschwemmungen im Erzgebirge (2002) und in der Eifel (2021)

Am 14. Juli 2021 ereignete sich in der Eifel eine Hochwasserkatastrophe, deren Auswirkungen selbst die Fachwelt überrascht und erschüttert haben. In Anbetracht der zahlreichen Todesopfer und der enormen Sachschäden stellt sich die Frage, ob das Hochwasser vorhersehbar war und warum nicht angemessen gewarnt wurde.

Jörg Dietrich, Wissenschaftler am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft erläutert die Zusammenhänge.



Einleitung

In Rheinland-Pfalz gibt es ein Hochwasservorhersagesystem, welches Wettervorhersagen verwendet, um mit einem hydrologischen Simulationsmodell Abflüsse und Wasserstände zu simulieren. In Nordrhein-Westfalen, wo die ähnlich stark betroffene Erft fließt, gab es zu dem Zeitpunkt gar kein modellgestütztes Hochwasservorhersagesystem.

In diesem Artikel werden der Fortschritt und Defizite der Hochwasservorhersage dargestellt. Insbesondere wird auf die Frage der Warnung eingegangen. Eine technische ausgereifte Hochwasservorhersage ist nicht effektiv, wenn daraus keine verständlichen und rechtzeitigen Warnungen an die Bevölkerung abgeleitet werden.

Hochwasservorhersage mit Simulationsmodellen

Die Entstehung von wetterbedingtem Flusshochwasser im Binnenland hängt vor allem von der räumlichen und zeitlichen Verteilung sowie der Menge des Niederschlages ab. Maßgeblich für die Simulation einer Hochwasservorhersage ist daher vor allem die Wettervorhersage. Diese hat seit Beginn der 2000er Jahre enorme Fortschritte gemacht. So gibt es heute nahtlose Vorhersagen mit Vorlaufzeiten von 15 Tagen (berechnet mit numerischen Modellen) bis hin zu wenigen Minuten (Radar-Nowcasting) (Abbildung 1).

Eine Weiterentwicklung der Wettervorhersage ist die Berücksichtigung der Unsicherheit. Es ist physikalisch unmöglich eine präzise Wetter-

vorhersage zu machen. Mit verschiedenen Techniken werden daher sogenannte Ensembles berechnet. Ein „gutes Ensemble“ sollte das spätere Ereignis einrahmen. Allerdings kann die Spannbreite sehr groß sein, wie das Beispiel einer rückwirkend berechneten Vorhersage des Hochwassers 2002 im Erzgebirge mit Vorlaufzeiten von bis zu vier Tagen zeigt (Abbildung 2). Zum Zeitpunkt des Ereignisses waren derartige Vorhersagen noch nicht im Praxiseinsatz. Das Hochwasser überraschte damals die zuständigen Stellen, zumal deutlich weniger Regen vorhergesagt worden war und in der Zentrale in Leipzig die Sonne schien.

Der in *Abbildung 2* blau dargestellte beobachtete Verlauf des Hochwassers vom 12. August 2002 wird in der Vorhersage

Abbildung 1
Nahtlose Wettervorhersage.
Quelle: eigene Darstellung

vom 8. August 2002 nur von einem Mitglied des Ensembles vorhergesagt. Am 10. August 2002 wird das tatsächliche Geschehen sogar überschätzt, während am 11. August 2002 die Ausprägung des Hochwassers durch den Median der Vorhersagen (rote Linie) relativ gut getroffen wird. Es sind in allen Vorhersagen zahlreiche Fehlsignale erkennbar, so dass die Gefahr von Fehlwarnungen besteht.

vorhersagbar. So warnte das ZDF am Morgen des 12. Juli 2021 bereits vor ergiebigem Regen („Überschwemmungsgefahr und Hochwasser werden ein Thema der nächsten Tage werden“, ZDF Morgenmagazin) und der DWD warnte am 13. Juli 2021 erneut vor extremem Unwetter mit Hochwasser in der Eifel.

Die EU betreibt ein Hochwasservorhersagesystem für grö-

(ERIC, vgl. *Abbildung 1*) mit Vorlauf von bis zu fünf Tagen. ERIC zeigte am 13. Juli 2021 um Mitternacht fast zwei Tage vor dem Scheitel eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit für eine Sturzflut im Bereich der Ahr. Für den Großraum Eifel wurde ein Hinweis an die Behörden gesendet (*Abbildung 3*).

Aufgrund der Vorhersagen von EFAS/ERIC wurde nach dem Ereignis behauptet, dass

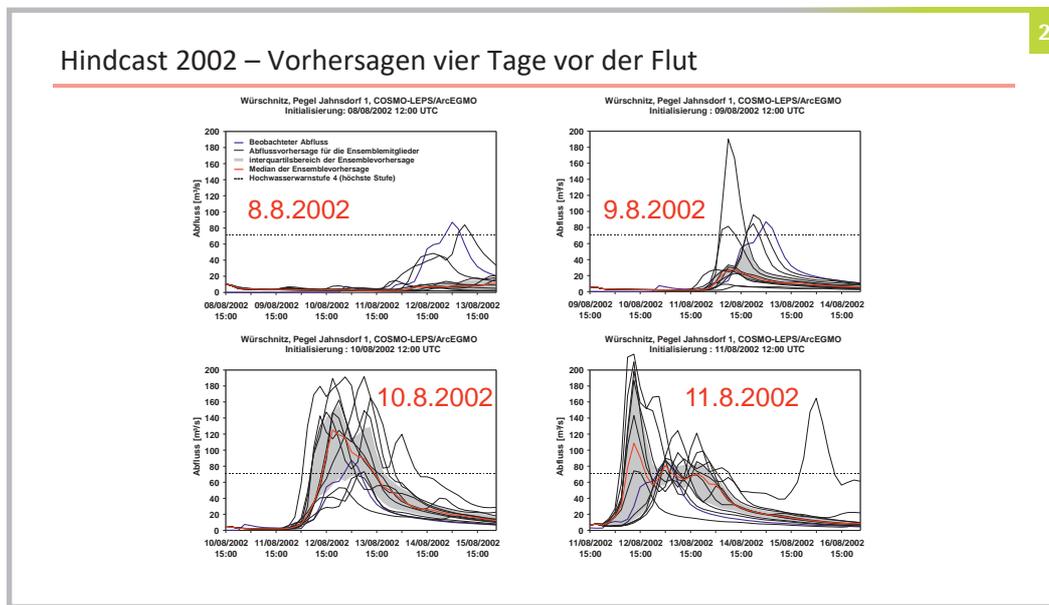


Abbildung 2
Vorhersage-Ensemble einer rückwirkenden Simulation des Hochwassers 2002 im Erzgebirge, bei welcher die europäische COSMO-LEPS-Vorhersage genutzt wurde, um das hydrologische Modell ArcEGMO anzutreiben. Quelle: eigene Darstellung

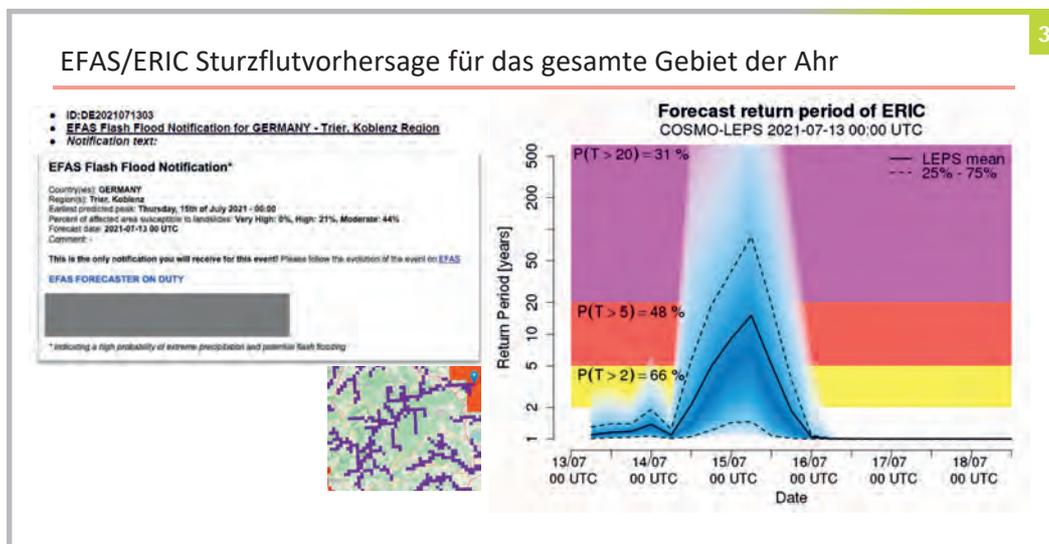


Abbildung 3
Ausgaben des europäischen Sturzflut-Vorhersagesystems ERIC am 13. Juli 2021 knapp zwei Tage vor den erwarteten Hochwasserscheitel: links oben Hinweistext, links unten Karte der Ahr, rechts Vorhersage für den Auslass der Ahr. Quelle: Joint Research Centre of European Commission

Im Mittel sind jedoch mit den heutigen Systemen hochwasserrelevante Wetterlagen bis zu drei Tage vor dem Ereignis

ßere Flüsse (EFAS) mit der Zielgruppe Fachbehörden. Dieses System enthält auch eine Sturzflutvorhersage

die Behörden schon vier Tage vor dem Ereignis hätten wissen müssen, was passieren wird. Die Frage, was die Zu-

ständigen wann wissen hätten können und vor allem welche Entscheidungen daraus abzuleiten gewesen wären, ist jedoch komplexer. Die Wettervorhersage lieferte mehrere Tage vor dem Ereignis stabile Signale für langanhaltenden und ergiebigen Starkregen in der Eifel mit Regengmengen

auf etwa zehn Meter an, wie später rekonstruiert wurde. Dieser Messpegel der Ahr wurde durch die Fluten zerstört. Am späten Nachmittag des 14. Juli 2021 zeigten alle Pegel des oberen Einzugsgebietes der Ahr Rekordwerte an, während im Unterlauf in Sinzig etwa drei bis vier Fließ-

eine konkrete Warnung des zuständigen Landkreises, in Sinzig beidseitig 50 Meter Abstand zur Ahr einzuhalten. *Abbildung 4* zeigt, dass diese Warnung bei weitem nicht ausreichte. Etwa 200 Meter vom Fluss entfernt (orange markiert) ertranken zwölf Menschen in einem Behinder-

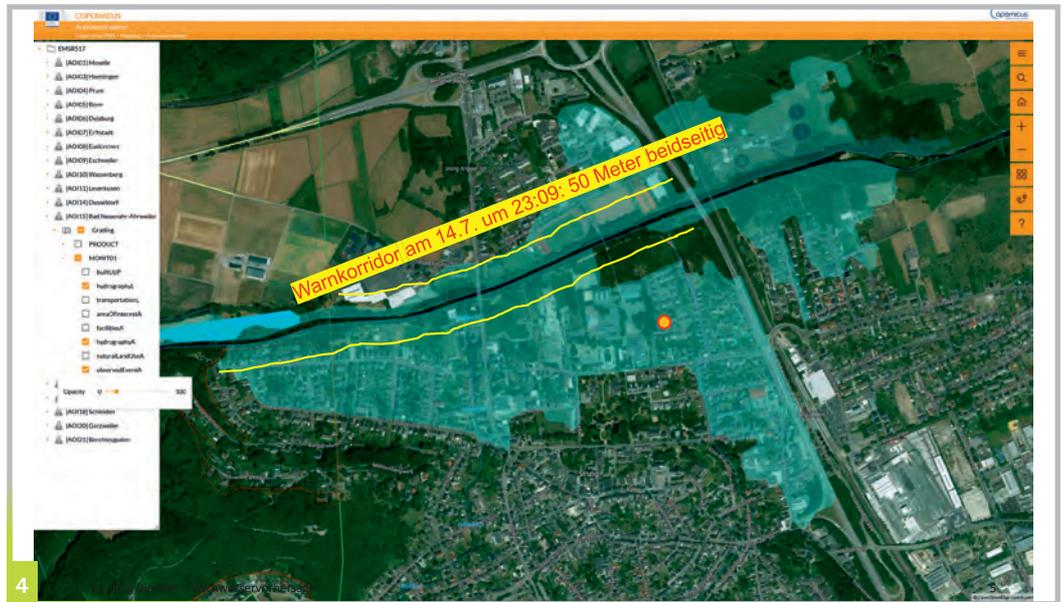


Abbildung 4
Überflutung in Sinzig im Unterlauf der Ahr in der Nacht des 15. Juli 2021 gegen zwei Uhr mit Korridor entsprechend der Katastrophenwarnung vom Vorabend gegen 23 Uhr.
Quelle: Copernicus Emergency Management Service, verändert

deutlich oberhalb derjenigen, welche 2016 ein vermeintliches Jahrhunderthochwasser an der Ahr auslösten. Ein schweres Hochwasser war daher erwartbar. Trotzdem ist auch in *Abbildung 3* rechts zu sehen, dass die Unsicherheitsbandbreite sehr hoch ist. Es ist schwieriger vorherzusagen, welches Flusstal am stärksten betroffen sein wird und wie sich die Überschwemmung darstellen wird. Daher simulieren die Bundesländer mit hydrologischen Modellen in der Regel nur mit Vorlaufzeiten von einem Tag.

Während des Ereignisverlaufes simulierte das Land Rheinland-Pfalz regelmäßig Vorhersagen. Am Nachmittag nach Beginn des Ereignisses wurde ein Scheitel von etwa sieben Metern für den Pegel Altenahr vorhergesagt. Tatsächlich stieg der Wasserstand dort sogar

stunden entfernt die Leute bei Sommerwetter am Fluss spazieren gingen.

Entscheidung und Warnung

Während die simulierten Hochwasservorhersagen oft nur unter Fachleuten beachtet werden, ist für den Schutz der Bevölkerung die Herausgabe von verständlichen und rechtzeitigen Warnungen relevant. Bei Fehlwarnungen besteht allerdings die Gefahr, dass spätere Warnungen nicht mehr beachtet werden. Daher versuchen die Behörden des jeweiligen Landes, möglichst spät zu warnen, damit die Vorhersage höchstmöglich zuverlässig ist. Nach einer noch wenig konkreten Frühwarnung des Landes am Morgen des 14. Juli 2021 erfolgte dann am Abend des 14. Juli 2021 nach 23 Uhr über die Warnapp KATWARN

tenwohnheim, welches nicht evakuiert worden war.

Die tragische Entwicklung des Hochwassers trotz guter Wettervorhersage, vorhandener Simulationsmodelle und funktionierender Datenerhebung zeigte Lücken in der Warnkette auf, welche hier in Stichpunkten nur für den Bereich Vorhersage und Warnung dargestellt werden:

- Die Ensemblevorhersage hat zwar den Vorteil, die Unsicherheit zu zeigen, „verschmiert“ dabei aber die Information, so dass bei Anwendung von Mittelwerten oder Medianen eine Unterschätzung der Lage eintreten kann. Eine Bewertung aller Informationsquellen sollte immer neben den Modellen herangezogen werden. Planungskarten der potenziellen Über-

schwemmungsgebiete wurden nicht genutzt, da sie „für einen anderen Zweck erstellt wurden“. Die Entscheidungsfindung ist komplexer als die technische Vorhersage.

- Die Schwere von Hochwasserereignissen wird in der Fachwelt in der Regel nach deren Seltenheit bewertet. „Wiederkehrintervalle“ berechnen sich jedoch nach

Hochwasser 2021 wurden Warnapps verbessert, Sirenen reaktiviert und mit Cell Broadcasting neue Wege der Warnung eingeführt.

Der Wiederaufbau im Ahrtal findet für die Mehrzahl der Gebäude an derselben Stelle statt. Hochwasserkatastrophen mit vielen Opfern hat es in der Geschichte an der Ahr jedoch öfter gegeben, so 1910

Rhein größer und nicht mit der Ahr vergleichbar sind, so sollte doch darauf hingewiesen werden, dass im Rhein jeweils 1993 und 1995 ein so genanntes „Jahrhunderthochwasser“ stattfand und an der Elbe nach der Katastrophe 2002 gleich mehrere weitere Hochwasserereignisse stattfanden, wobei 2013 der Wasserstand sogar noch höher anstieg (Abbildung 5).



Abbildung 5
Hochwassermarken an der Elbe nahe Lauenburg. Rot umrandet die beiden Extreme 2002 und 2013, gelb umrandet zwei große Ereignisse in den Jahren dazwischen.
Foto: Dietrich

Datenlage. Historische Ereignisse gehen oft nicht ein, so dass das Ereignis unterschätzt wurde.

- Die Zuständigkeit im Katastrophenschutz liegt auf einer administrativen Ebene, von welcher die Schwere eines Hochwasserereignisses kaum erkannt werden kann.
- Die Einbeziehung der Bevölkerung und die Nutzung sozialer Netze ist in dem streng hierarchischen System gering entwickelt. Damit gehen wichtige Informationsquellen und Verteilungswege verloren.

Nach dem Hochwasser ist vor dem Hochwasser

Nach dem Hochwasser 2002 wurden in Sachsen Vorhersagen verbessert und Warnsysteme eingeführt. Nach dem

und vor allem 1804, welche dem Ereignis von 2021 in seinen Spitzenabflüssen ähnlich war. Insofern war das Hochwasser von 2021 kein beispielloses historisches Ereignis, sondern lediglich ein sehr seltenes. Dies weist auch darauf hin, dass das Hochwasser nicht alleine durch den Klimawandel möglich wurde. Allerdings weisen Forschende dem Klimawandel einen verstärkenden Effekt zu und es ist wahrscheinlich, dass derartige Hochwasserereignisse in der Zukunft häufiger vorkommen als bisher. Dass es an der Ahr etwa alle hundert Jahre zu einem katastrophalen Hochwasser kam, bedeutet nicht, dass in den kommenden Jahrzehnten nicht mehr mit einem ähnlich starken Hochwasser mit schlimmen Folgen gerechnet werden muss. Auch wenn die Einzugsgebiete von Elbe und



PD Dr.-Ing. Jörg Dietrich
ist Privatdozent am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie und leitet dort die Forschungsgruppe Wasserressourcen. Seine Arbeitsschwerpunkte sind multi-kriterielle Optimierung, Simulation und Optimierung. Kontakt: dietrich@iww.uni-hannover.de