

Stand der Hochwasservorhersage in Bayern

Alfons Vogelbacher

Ausgelöst durch das Pfingsthochwasser 1999 wurde in Bayern ein auf fünf Jahre angelegtes Innovationsprogramm „Quantitative Hydrologie“ im Gewässerkundlichen Dienst Bayerns aufgelegt [15]. Neben der Entwicklung von Vorhersagemodellen umfasste es den Aufbau eines neuen automatischen Online-Niederschlagsmessnetzes und die Optimierung des bestehenden Pegelnetzes. Es war Teil des **Aktionsprogramms 2020** zum nachhaltigen Hochwasserschutz in Bayern, in dem Investitionen zum vorbeugenden, technischen und weitergehenden Hochwasserschutz erfolgen [3]. Im Rahmen dieses Entwicklungsvorhabens wurden für ganz Bayern Hochwasservorhersagemodelle entwickelt und zur Einsatzreife gebracht. Außerdem wurde die Informationsbereitstellung in der Hochwasserwarnung mit modernen Kommunikationsmitteln verbessert und die Zuverlässigkeit der Datenübermittlung und -bereitstellung im Hochwassernachrichtendienst erhöht.

Die Veröffentlichung aller hochwasserrelevanten Daten erfolgt im Internet unter der Adresse www.hnd.bayern.de. Zugriffsstatistiken während hochwassergefährdeter Perioden belegen die hohe Akzeptanz des Informationsweges Internet. Für die einzelnen Pegelmessstellen werden die Ganglinien von Wasserstand und Abfluss mit wählbarem Zeitbezug, die wichtigsten Stammdaten der Messstelle, die Hochwassermarken mit Auswirkungen, gefährdeten Objekten und Maßnahmen in Abhängigkeit der Pegelstände, die statistischen Kennzahlen und Jährlichkeiten, Gebietsdaten und Laufzeiten, die Abflusstafel, eine Lagekarte mit Bild sowie falls für den Pegel vorhanden, die Jahrbuchseite dargestellt. In Kürze werden die Ausgabe der Hochwasserwarnungen und deren Bereitstellung in das Internetangebot des HND eingebunden. Im Jahre 2005 wurde ein **Messwertanagesystem** eingeführt, das es ermöglicht, aktuelle Pegelstände über einen telefonischen Anagedienst abzufragen. Dabei werden die digital abgerufenen Wasserstandswerte in Sprache umgewandelt und über einen Telefondienstleister mit entsprechender Bandbreite der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

Daten und Messnetze

Bayern hat mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) eine Rahmenvereinbarung zum Aufbau eines gemeinsamen **automatischen Niederschlagsmessnetzes** abgeschlossen. Mittlerweile sind ca. 250 Stationen in Betrieb, davon 106 des Freistaates Bayern. Über die am Landesamt installierte Messnetzzentrale können neben den Messwerten auch technische und meteorologische Alarme empfangen werden. Mit zusätzlichen Niederschlagsstationen aus Fremdnetzen erhält der Hochwassernachrichtendienst mittlerweile von ca. 450 Stationen Niederschlagsdaten online.

Die räumliche Erfassung der Niederschläge kann durch die Wetterradarmessungen verbessert werden. Die Aneichung der Radarsignale an die Messwerte der Bodenstationen ermöglicht eine räumlich hochaufgelöste Erfassung der Regenfälle. Das Projekt **RADOLAN (RADar OnLine ANeichung)** wurde von der LAWA gefördert. Die ersten operationellen Produkte wurden 2005 herausgegeben [8] [9] [16].

Schneehöhe, Wasseräquivalent der Schneedecke, Lufttemperatur und Wind sind neben dem Niederschlag die wichtigsten meteorologische Parameter zur Schneeschmelzmodellierung innerhalb der Niederschlag-Abfluss-Modelle. Das Wasseräquivalent der Schneedecke wird bisher an ca. 30 Stationen in Bayern in ca. dreitägigem Abstand gemessen. Das Messnetz soll in den nächsten Jahren beträchtlich erweitert werden. Um das Niederschlagsdargebot aus Schneeschmelze und Regen flächenhaft zu erfassen und vorherzusagen, wird auf die Berechnungen mit dem Schneeschmelzmodell SNOW 3 des Deutschen Wetterdienstes zugegriffen [4].

Weitere Produkte der Wetterdienste folgen aus den Ergebnissen der numerischen Wettervorhersage. Hierbei handelt es sich um die Computersimulation atmosphärischer Prozesse mit dem Ziel, ausgehend von dem aktuellen Zustand eine Prognose der zukünftigen Entwicklung abzuleiten. Für die Abflussvorhersage werden vorrangig die Niederschlagsvorhersagen aus dem LME-Modell und dem GME-Modell des DWD verwendet [7]. Das GME (Global-Modell Europa) überdeckt ganz Europa mit einem Gitter der Kantlänge 40 km. Es wird täglich zu den Vorhersagezeiten 00 UTC, 12 UTC und 18 UTC mit Vorhersagezeiten von 7 Tagen gerechnet. Die Vorhersage stehen circa 4 Stunden nach dem Vorhersagezeitpunkt zur Verfügung. Das LME (Lokal-Modell Europa) überdeckt ganz Europa mit einem quadratischen Gitter der Kantlänge 7 km. Die mittlere Größe der Flächenelemente ist im LM also nur 49 km², während sie im GME 1300 km² beträgt. Deshalb kann das LME viele lokale Details der Landschaft, die einen prägenden

Einfluss auf das Wetter haben, explizit erfassen. Das Modell wird täglich zu den Vorhersagezeitpunkten 00 UTC, 12 UTC und 18 UTC mit Vorhersagezeiten von 78 Stunden bzw. 48 Stunden um 18 UTC gerechnet. Die Vorhersagen stehen ca. 6 Stunden nach dem Vorhersagezeitpunkt dem Hochwassernachrichtendienst zur Verfügung. Weitere Vorhersageprodukte, wie das amerikanische GFS (Global Forecast System) - Modell oder Vorhersageprodukte des ECWMF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) in Reading (England) werden zeitweise zum Vergleich mit herangezogen.

Die Weiterentwicklungen der Niederschlagsvorhersage zielen u.a. auf eine räumliche Auflösung der Vorhersage in einem 3 km x 3 km Raster und der Entwicklung und Einführung des Niederschlags-Nowcasting-Systems. Damit können - zeitnah auf

dem beobachteten Wettergeschehen (einschl. Wetterradarmessungen) aufsetzend – verbesserte kurzfristige (ca. 2-4 Stunden) und häufigere Niederschlagsvorhersagen durchgeführt werden. Diese Arbeiten werden im Projekt **RADVOR-OP** von der LAWA gefördert. Erste operationelle Produkte wurden in 2005 herausgegeben [8].

Die **Schneeschnelzvorsage** erfolgt auf Basis des Modells SNOW-D und dessen Weiterentwicklung SNOW3 durch den DWD [4]. Hierfür sind im Rahmen des Aufbaus des Ombrometermessnetzes zusätzliche Messungen der Schneehöhe und des Wassergehalts der Schneedecke vorgesehen. Das Modell liefert das Niederschlagsangebot und den Wassergehalt der Schneedecke mit einer räumlichen Auflösung von 1x1 km (Abb. 2).

Aktuelles Wasseraequivalent berechnet in mm vom 14.3.05 6 Uhr UTC

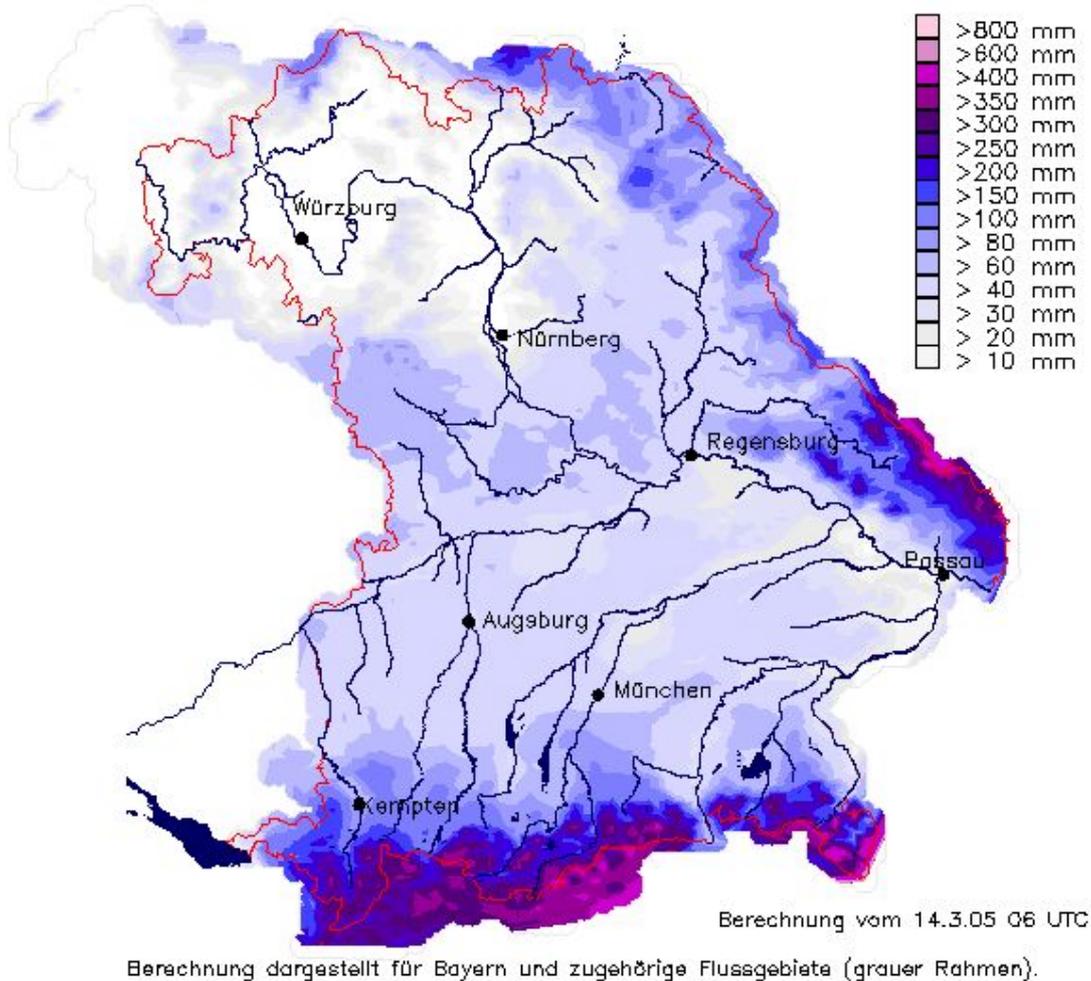


Abb. 1: Darstellung des Wassergehalts der Schneedecke nach Berechnungen mit SNOW 3 des DWD

Das **Pegelmessnetz** besteht aus ca. 600 Messstellen, wovon mittlerweile 560 Messstellen mit Datenfernübertragung ausgestattet sind. 320 Pegel werden im Hochwassernachrichtendienst als Meldepegel geführt. Die extremen Hochwasser im Mai 1999, im August

2002 und im Januar 2003 haben gezeigt, dass die Ausstattung und die Übertragungswege der Pegel nicht sicher genug war. Immer wieder traten Ausfälle der Messeinrichtungen und der Übertragungswege auf. Um die Datenversorgung zu sichern, wurden

deswegen in Bayern mittlerweile ca. 200 Pegel mit redundanter Messwerterfassung und Übertragung ausgerüstet. Für die Übertragung wird alternativ das Festnetz oder Mobilfunk GPRS bzw. GSM eingesetzt. Bei den anderen Pegeln im Hochwassernachrichtendienst wird zumindest die Messwerterfassung redundant ausgeführt.

Desweiteren hat sich gezeigt, dass bei zahlreichen Messstellen der Messbereich nicht ausreicht, um die extremen Wasserstände zu erfassen. Diese Pegel müssen in den nächsten Jahren entsprechend durch bauliche Maßnahmen angepasst werden.

Da nicht der Wasserstand, sondern der Abfluss die zentrale Größe für die Vorhersagemodelle ist, kommt der Abflussermittlung eine besondere Bedeutung zu. Bei nahezu allen Pegeln wird der Abfluss lediglich von Zeit zu Zeit bei möglichst auch extremen Wasserständen gemessen und daraus eine Wasserstand-Abfluss-Beziehung, die Abflusskurve, erstellt. Diese ist vor allem im Extrembereich oft zu wenig durch Messungen gesichert und meist ungenau. Auch auf diesem

Gebiet werden in einem Pilotprojekt Alternativen und Verbesserungsmöglichkeiten gesucht (z.B. Ultraschallmessung, ADCP-Messung, Tracermessung, Radarmessung). Bis Ende 2007 sollen hydraulische Berechnungen an allen Messstellen durchgeführt werden, um die Abflusskurven vor allem im Extrapolationsbereich zu verbessern. Dennoch kann der Wasserstand nicht immer ohne weiteres vom vorhergesagte Abfluss abgeleitet werden, da er von Eis, Treibgut, Eintiefung bzw. Auflandung und anderen Umständen (Brückeneinsturz, Dammbbruch) beeinflusst sein kann.

die Innovationen im Bereich der redundanten Wasserstandserfassung und –übertragung. Dagegen wurden Schwächen bei der Abflussermittlung deutlich. Hier muss der Schwerpunkt der Innovationen der nächsten Jahre liegen.

Weitere Informationen zum Hochwasser in Bayern finden Sie unter <http://www.hnd.bayern.de>

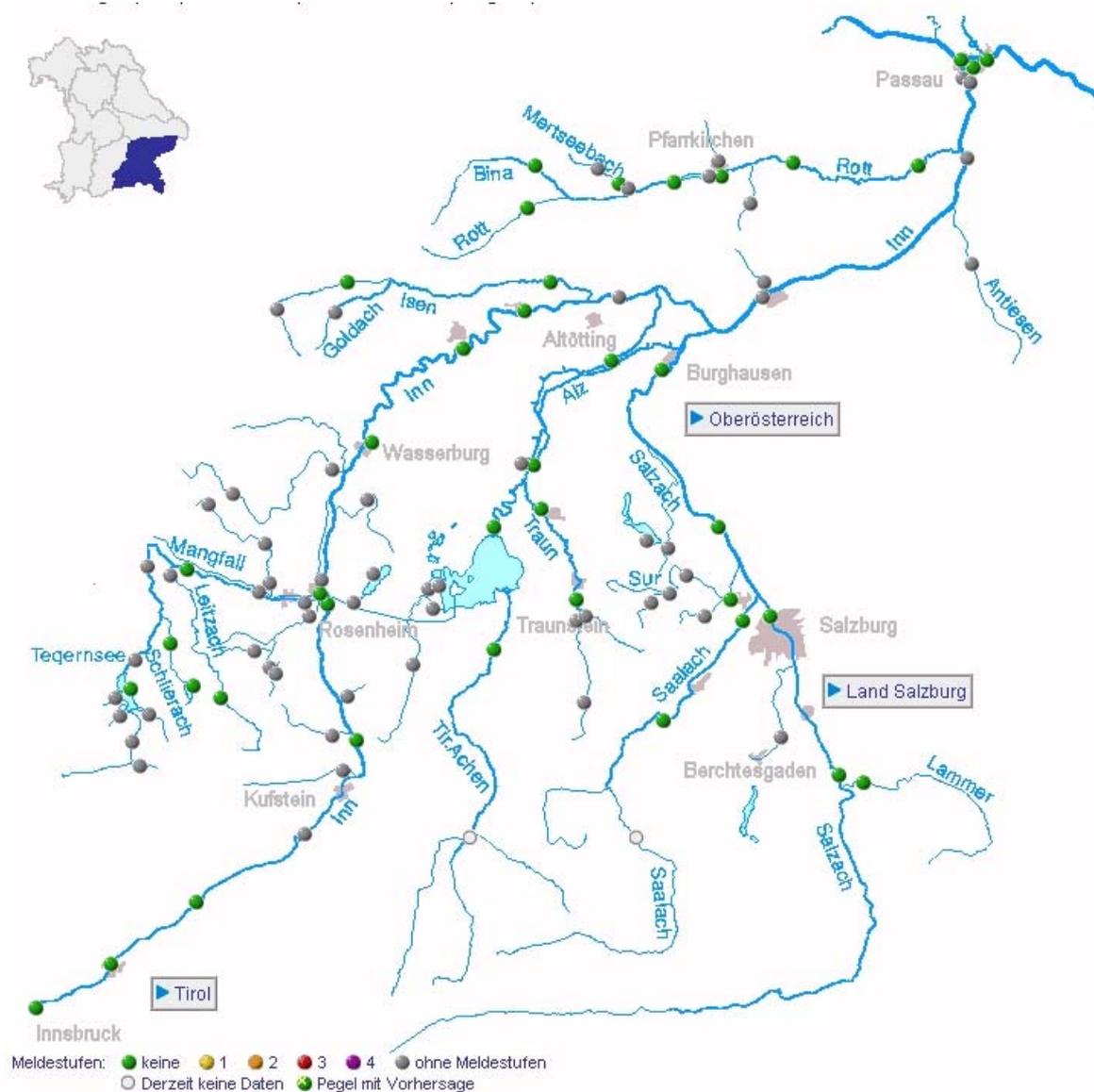


Abb. 2: Teil des Pegelmessnetzes im Südosten Bayerns und seine Präsentation im Internetangebot des Hochwassernachrichtendienstes

Datenfluss im Hochwassernachrichtendienst

Die Messdaten werden nach Abruf oder Empfang durch die Datenabrufrechner sofort vollautomatisch an einen zentralen Server weitergeleitet und dort in eine zentrale Datenbank importiert. Gleichzeitig werden auch andere Datenprotokolle eingelesen wie z.B. per E-Mail gesandte oder auf externen FTP-Servern bereitgestellte Daten der Nachbarländer und Wetterdienste. Bei Ausfällen der zentralen Master-Datenbank kann deren Funktionen von insgesamt vier weiteren Datenbanken übernommen werden, die an den einzelnen Vorhersagezentralen in München, Kempten, Weilheim und Bamberg untergebracht sind.

Deren Datenbestand wird kontinuierlich über eine Replikation der Master-Datenbank mitgeführt.

Vorhersagemodelle

Bis zum Jahre 2000 wurden im Hochwassernachrichtendienst nur empirische und empirisch-synoptische Verfahren eingesetzt. Die gebräuchlichsten Methoden waren Pegelbezugslinien für Wasserstände bzw. für Abflüsse [14]. Heute sind in Bayern nahezu flächendeckend Vorhersagemodelle aufgebaut worden [6].

Die Basis der Wellenablaufmodellierung an Main und Donau bildet das hydrodynamische Modell WAVOS [18]. Für den bayerischen Inn wird ebenfalls ein hyd-

rodynamisches Modell entwickelt. Das Modell reicht von Kufstein bis Passau. Es umfasst damit die bayrisch-österreichischen Grenzstrecken und die rein bayrischen Abschnitte des Inn. Das Modell wird 2005 installiert und in das Hochwasservorhersagesystem integriert. Im Bereich des Inneinzugsgebietes wird eng mit Österreich kooperiert [1]. Für die Salzach erfolgen Vorhersagen in HYDRIS (Hydrologisches Informationssystem zur Hochwasservorhersage) bei der Salzburger Landesregierung [12][17].

An die hydrodynamischen Modelle angeschlossen sind Zuflussvorhersagen für die Nebenflüsse auf der Basis von Niederschlag-Abfluss-Modellen (N-A-Modelle). Als N-A-Modell wird vorwiegend das Flussgebietsmodell LARSIM eingesetzt [5] [11]. An der Isar wird das Modell bereits seit 1990 erfolgreich für die Speicherbewirtschaftung des Sylvensteinsees und die operationelle Vorhersage bis zum Pegel München genutzt [13].

N-A-Modelle sind deterministische Modelle. Sie berechnen Abflüsse als Reaktion auf Niederschläge. Im einfachsten Fall wird ein abflusswirksamer Gebietsniederschlag als prozentualer Anteil am Gesamtniederschlag in Abhängigkeit der Vorfeuchte des Gebietes angenommen und über eine feste lineare Beziehung zwischen Einheitsimpuls Niederschlag und Abflussreaktion (Einheitsganglinie) durch Superposition überlagert. Beim Flussgebietsmodell LARSIM gehen als Eingangsdaten stündliche Niederschlagsdaten, Abflussdaten, Niederschlagsvorhersagen, Schneeschmelzberechnungen und –vorhersagen in die Modellberechnung ein.

Die Gebietsdaten können auf Rasterbasis oder Teilgebietsbasis vorliegen. Jedes Teilgebiet oder Raster wird durch Lage- und Höheninformation, Vorfluterlänge und ein schematisches Querprofil mit Rauigkeiten beschrieben. Das Rastermodell Donau bis zur Lechmündung beruht z.B. auf einem 1x1 km Raster mit

10.000 Modellelementen und ca. 30 Pegeln. Das Gewässernetz wird aus dem Digitalen Höhenmodell automatisch erstellt und nach Kartengrundlagen ergänzt und korrigiert.

Die gebietsspezifische **Eichung** der Modellparameter der N-A-Modelle erfolgt anhand meist ca. 5 historischer Ereignisse. Oft können die extremsten Ereignisse nicht genutzt werden, da die entsprechende Datendichte der Eingangsdaten nicht vorhanden ist. In allen Fällen mussten z.B. Niederschlagsdaten durch Tageswerte, deren stündlicher Verlauf an benachbarte Niederschlagsschreiberaufzeichnungen angepasst wurde, ergänzt werden.

Der **Unsicherheitsbereich** bzw. Ungenauigkeitsbereich der Vorhersagen wird mit wachsender Vorhersagezeitraum größer. Die größte Genauigkeit erreichen Abflussvorhersagen, die aufgrund gemessener Abflüsse oder Wasserstände an Oberliegern innerhalb der Laufzeiten der Hochwasserwelle liegen. Deutlich größer wird die Ungenauigkeit, wenn die Vorhersage sich bei wachsendem Vorhersagezeitraum auf die gemessenen Niederschläge stützt und noch größer wird die Unsicherheit bei Einbeziehung der Niederschlagsvorhersagen. Die Übergänge hierbei müssen nicht kontinuierlich erfolgen sondern, können sich auch sprunghaft verändern.

Da Laufzeiten mit der Größe des Flussgebietes ebenfalls größer werden, können dort auch die genaueren Vorhersagen erzielt werden, während in den kleinen Einzugsgebieten brauchbare Vorhersagezeiten nur durch Einbeziehung der Niederschlagsvorhersagen zu erzielen sind und damit aber auch unsicher werden.

Eine der wichtigsten Aufgaben in nächster Zukunft wird sein, diese Unsicherheitsbereiche für die einzelnen Vorhersagepegel bei jeder Vorhersage zu bestimmen und mit auszugeben.

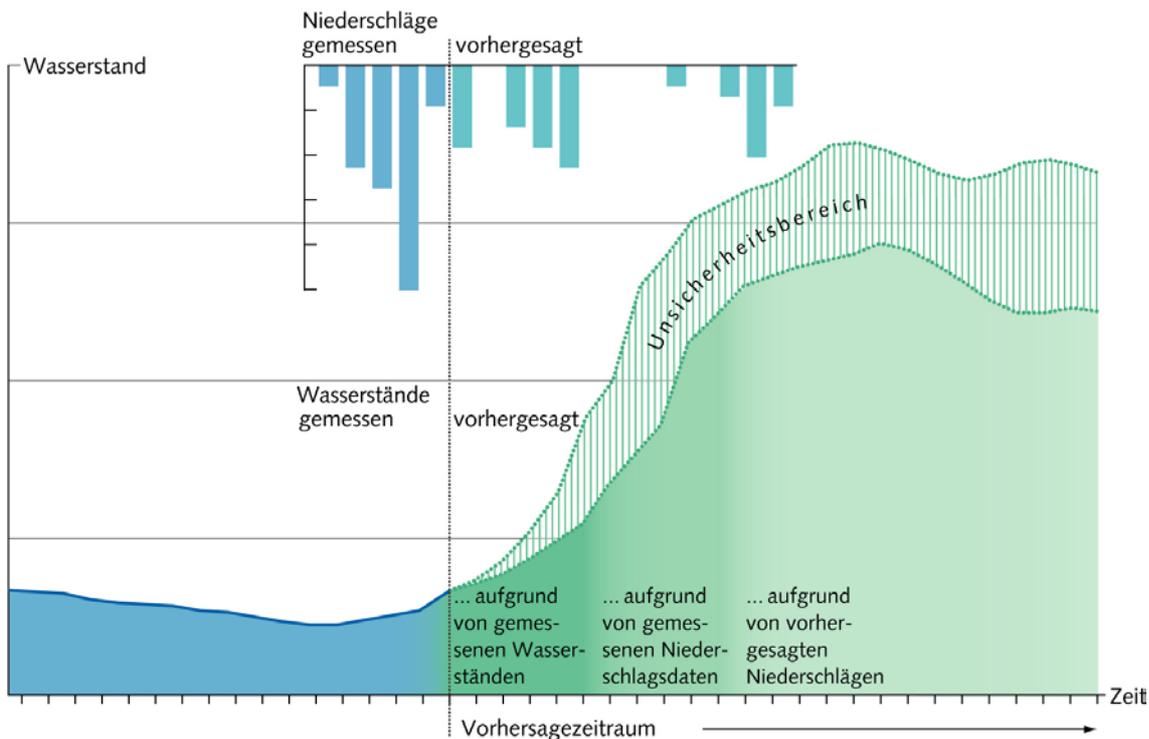


Abb. 3: Schema zum Genauigkeitsbereich von Wasserstands- und Abflussprognosen

Operationeller Betrieb

Die Vorhersageerstellung erfolgt flussgebietsbezogen durch 5 regional zuständige **Hochwasservorhersagezentralen** (HVZ), die an Wasserwirtschaftsämtern (WWA) bzw. dem Landesamt für Umwelt (LfU) angesiedelt sind. Ausser der Vorhersagezentrale Inn, wo der Modellaufbau noch nicht abgeschlossen sind, sind alle Zentralen in Probebetrieb.

Flussgebiet	Zentrale	Sitz
Main	HVZ Main	WWA Bamberg (künftig LfU, Dienststelle Hof)
Iller und Lech	HVZ Iller-Lech	WWA Kempten
Isar	HVZ Isar	WWA Weilheim
Donau	HVZ Donau	LfU, Dienststelle München

Die erste Bewährungsprobe bei einem großen Hochwasser bestanden die Vorhersagezentralen Iller-Lech, Isar und Donau im August 2005 [2]. Aufgrund der Niederschlagsvorhersagen wurde schon am 21. August, drei Tage vor dem Eintreffen der extremen Wasserstände, ein größeres Hochwasser prognostiziert. Am Pegel Kempten z.B. erreichten diese Vorhersagen

Pegelstände in Meldestufe 3. Aufgrund der Vorhersagen der HVZ Iller/Lech konnte frühzeitig mit Vorabsenkungen von Speichern begonnen werden.

Die weiteren Abflussprognosen vor Beginn des Niederschlagsereignisses lagen deutlich unter den eingetroffenen Abflussspitzen im Iller-, Lech- und Isareinzugsgebiet. Sie beruhten auf den Niederschlagsvorhersagen, wobei aus den unterschiedlichen Prognosen letztlich nach Rücksprache mit den Wetterdiensten eine ausgewählt und damit die Abflussprognosen im Modell berechnet wurden.

An der Donau kam es bei den Prognosen vor allem für die Pegel Donauwörth, Ingolstadt, Kelheim und Regensburg zu größeren Unter- wie Überschätzungen der Scheitelhöhen des Hochwassers und des zugehörigen Zeitpunkts. Die Unsicherheiten in den Prognosen entstanden u.a. infolge der Hochwasser-Ausleitungen in die Vorländer im Flussabschnitt Ulm bis Donauwörth und Lechmündung bis Neuburg. Es lagen zu wenig Informationen über die beabsichtigten bzw. vorgenommenen Ausleitungsmengen und Zeitpunkte vor und das Modell war zusätzlich nicht in der Lage die Auswirkungen von Ausleitungen auf die Hochwasserwelle richtig nachzubilden.

An der Donaustrecke unterhalb Regensburg bis oberhalb Passau lagen die Vorhersagen in einem zu erwartenden Ungenauigkeitsbereich von wenigen Dezimetern im Wasserstand. In Passau selbst kann der Zufluss des Inn bisher nur mit einfachen Methoden und maximal über die nächsten 12 Stunden vorhergesagt werden. Diese Vorhersagen wurden manuell eingearbeitet und entsprachen der bisher auch bei früheren Hochwassern beobachteten und zu erwartenden Vorhersagegüte.

Weiteres Vorgehen

Da hinsichtlich der Niederschlagsvorhersage weiterhin mit größeren Ungenauigkeiten zu rechnen ist, sind in der Folge Verbesserungen dahingehend zu erzielen, dass die zu erwartende Ungenauigkeit quantifiziert und in den entsprechenden Abflussvorhersagen deutlich gemacht wird. Um den Umgang mit den Vorhersagen und deren Unsicherheit zu erleichtern, sind Angaben über den Vertrauensbereich der Vorhersagen erforderlich. Zur Zeit besteht hier noch ein Defizit, welches beispielsweise durch die Verwendung von Vorhersageensembles beseitigt werden könnte.

Mit der Planung weiterer gesteuerter Flutpolder und zur Optimierung bestehender Retentionsmöglichkeiten vor allem an der Donaustrecke zwischen Ulm und Kelheim [10] sind weitere Untersuchungen zur Wirksamkeit der Maßnahmen auch im Hinblick auf die Genauigkeitsgrenzen der Vorhersagen durchzuführen.

Die mächtigen Schotterkörper im südbayerischen Raum können zu speziellen Problemen bei der Hochwasservorhersage führen. Versickerungen im Schotterkörper der Vorländer oder Wechselwirkungen zwischen Hauptbett und Vorländern erfordern robuste Ansätze für komplexe hydraulische Fragestellungen, die noch entwickelt werden müssen.

Die künftige Weiterentwicklung der Vorhersagesysteme wird entsprechend folgende Aufgaben beinhalten:

- Berücksichtigung der Unsicherheiten in der Niederschlagsvorhersage bei der Prognose von Abflüssen, Verwendung von Ensemblevorhersagen.
- Darstellung der Ungenauigkeiten in der Wasserstands- und Abflussprognose.
- Nacheichung der Modelle und qualitative Verbesserung und Weiterentwicklung der Modellgleichungen.
- Hydraulische Untersuchung der Staustufenkette an der Donau, insbesondere im Hinblick auf gesteuerten Rückhalt und Entwicklung von Steuerungsmodellen.
- Untersuchung und Modellierung von Wasserverlusten im Vorland und der Wechselwirkungen mit den Grundwasserbegleitströmen.

Quellenangaben Literatur und Internet

- [1] Aandrade-Leal, R. N. u.a. (2002): Hydrologische Vorhersagemodelle im operationellen Betrieb der Wasserkraftwirtschaft. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Nr. 54/ 9-10, 2002.
- [2] Bayerisches Landesamt für Umwelt (2005); Hochwasser im August 2005.
<http://www.hnd.bayern.de/ereignisse/ereignisse.htm>
- [3] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz: Hochwasserschutz – Aktionsprogramm 2020.
<http://www.stmugv.bayern.de/de/wasser/speicher/strategie.htm> und

http://www.stmugv.bayern.de/de/wasser/speicher/h_schutz.pdf

- [4] Blümel, K. / Schneider, G., 2004: Bereitstellung von operativ nutzbaren Vorhersagedaten zur Schmelz- und Niederschlagswasserabgabe aus der Schneedecke, Abschlussbericht, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Hydrometeorologie, Berlin-Buch, 158 p.
<http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Hydrometeorologie/Leistungen/Schneeschnelzvorhersage/Schneeschnelzvorhersage.htm>
- [5] Bremicker, M. (2000): Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwen-

- dungsbeispiele -. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Band 11, 119 S., 2000.
- [6] Daamen, K. / Holle, F. / Vogelbacher, A. (2004): Hochwasservorhersage in Bayern. In: Wasserstands- und Abflussvorhersagen in grenzüberschreitenden Flussgebieten. Bundesanstalt für Gewässerkunde, 6/2004 Veranstaltungen, Koblenz.
http://www.bafg.de/servlet/is/5796/Veranst6_2004_Int.pdf
- [7] Deutscher Wetterdienst (2003): Numerische Wettervorhersage. <http://www.dwd.de/de/FundE/Analyse/Modellierung/Modellierung.htm>
- [8] Deutscher Wetterdienst (2003): Projekt Radolan. http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Hydrometeorologie/a_href_pages/RADOLAN/index1.htm
- [9] Dietzer, B. / Weigl, E. (2004): Analysis of Precipitation on 12.08.2002 by means of Adjusted Quantitative Radar Precipitation Data. http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Hydrometeorologie/a_href_pages/RADOLAN/radar-adjustment.pdf
- [10] Göttle, A. / Pharion, H. (2004): Flutpolder als Instrumente des modernen Hochwasserschutzes. Hochwasserschutz und Katastrophenmanagement 2, 2004, S. 48-52.
- [11] Homagk, P. / Ludwig, K. (1998): Operationeller Einsatz von Flussgebietsmodellen bei der Hochwasser-Vorhersage-Zentrale Baden-Württemberg. Wasserwirtschaft 88 (1998) H.4.
- [12] Land Salzburg; Hydrologisches Informationssystem zur Hochwasservorhersage HYDRIS: <http://www.salzburg.gv.at/themen/nuw/wasserwirtschaft/64-hydris.htm>
- [13] Overhoff, G. / Winner, E.: Das Jahrhunderthochwasser im Griff. Wasser und Boden 52(2000)6, S. 49-54.
- [14] Schiller, H. [1984]: Hochwasservorhersage. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 1/84, München.
- [15] Vogelbacher, A. / Daamen, K. / Holle, F.-K. / Cohen, I. (2002): Modellgestützte Hochwasservorhersage in Bayern. 21st Conference of the Danube Countries On the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management, 2-6 September 2002, Bucharest, Romania
- [16] Weigl, E. (2000): Online-angeeichte Radarniederschlagsprodukte als zukünftige Komponente für die Hochwasservorhersage. XX. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen, Bratislava. http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Hydrometeorologie/a_href_pages/RADOLAN/Aneichung_Radar_daten.pdf
- [17] Wiesenegger, H. (2002): Hochwassermanagement in Salzburg. Wiener Mitteilungen Band 164, S. 87-100, <http://www.hydro.tuwien.ac.at/publications/wrm164.html>
- [18] Wilke, K. / Rademacher, S. (2002): Operationelle Wasserstands- und Durchflussvorhersagen im Rheingebiet. Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft, Nr. 54/ 9-10, 2002.