

Angela Sieber, Peter Homagk, Clemens Mathis und Martin Pfaundler

Länderübergreifende operationelle Hoch- und Niedrigwasservorhersage für den Bodensee

Seit der operationellen Inbetriebnahme des länderübergreifenden Vorhersagesystems für den Bodensee im Jahr 2004 wurde das Modellsystem und das Informationsangebot auf der Internetseite www.bodensee-hochwasser.info kontinuierlich verbessert. Neben Hochwasservorhersagen werden seit August 2006 auch Niedrig- und Mittelwasservorhersagen bereitgestellt. Nachrechnungen abgelaufener Hochwasserereignisse sowie Auswertungen von Niedrigwasserperioden haben gezeigt, dass das Modellsystem unter der Voraussetzung verlässlicher meteorologischer Vorhersagen zuverlässige Wasserstandsvorhersagen liefert.

1 Einführung

Starke Niederschläge und eine intensive Schneeschmelze ließen im Mai 1999 den Bodensee auf den höchsten Wasserstand seit 1890 ansteigen. Entlang der etwa 273 km langen Uferlinie wurden rund 33 km² Uferland überflutet, die weiträumige Überschwemmung der Städte und Dörfer hielt wochenlang an (**Bild 1**). Allein in Baden-Württemberg verursachte das Hochwasser geschätzte Schäden in Höhe

von ca. 40 Mio. €. Nach dem Hochwasser 1999 beschlossen die zuständigen Dienststellen der Anliegerländer Schweiz (BAFU, Bundesamt für Umwelt), Vorarlberg (AVLR, Amt der Vorarlberger Landesregierung) und Baden-Württemberg (LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) ein gemeinsames Vorhersagemodell für den Bodensee zu erstellen, um Anwohner und Einsatzkräfte vor Ort bei künftigen Hochwässern besser informieren zu kön-

nen. Eine entsprechende Verwaltungsvereinbarung wurde im Oktober 2000 unterzeichnet. Im Jahr 2004 erfolgte die Inbetriebnahme des länderübergreifenden Hochwasser-Vorhersagesystems sowie die Freischaltung der gemeinsamen Internetseite www.bodensee-hochwasser.info. Seit August 2006 werden hier auch außerhalb des Hochwasserfalls täglich aktualisierte Wasserstandsvorhersagen für den Bodensee veröffentlicht.

Anhand von Nachrechnungen der Bodenseehochwasser im Mai/Juni 1999 und August 2005 sowie einer Auswertung der Niedrigwasserperiode im Oktober bis Dezember 2006 wurde die Güte des Vorhersagesystems analysiert.



Bild 1: Hochwasser des Bodensees in Bregenz 1999 (Quelle: AVLR)

2 Das Bodenseeeinzugsgebiet

Der Bodensee hat eine Fläche von 536 km². Sein Einzugsgebiet von rund 11 500 km² erstreckt sich von einem kleinen Anteil Italiens im südlichsten Bereich über die Schweiz, Liechtenstein, Vorarlberg und Bayern bis zu den nördlichen Zuflüssen aus Baden-Württemberg (**Bild 2**). Der Alpenrhein als wichtigster Zufluss umfasst ein Einzugsgebiet von 6 119 km². Weitere wichtige Zubringer sind die Bregenzerach und die Argen. Die mittlere jährliche Wasserführung aller Zuflüsse beträgt etwa 370 m³/s, umgerechnet nahezu 32 Mio. m³ pro Tag. Etwa 90 % des Wassers stammen aus den schweizerischen und österrei-



Bild 2: Bodenseeeinzugsgebiet

chischen Alpen, die zusammen 71 % des Einzugsgebiets ausmachen. Der Wasserstand des Bodensees ist nicht steuerbar, da es weder am Ausfluss des Obersees in Konstanz, noch am Untersee bei Stein am Rhein ein Regulierungsbauwerk gibt.

3 Zuflussmodelle und Bodenseemodell

Die wichtigsten Bausteine des Vorhersagesystems bilden die von den jeweils zuständigen Dienststellen berechneten Abflussvorhersagen für die maßgeblichen Bodenseezuflüsse. Das kleinräumig strukturierte Einzugsgebiet des Bodensees mit seinen großen Höhenunterschieden auf relativ engem Raum stellt dabei modelltechnisch eine große Herausforderung dar. Für die Bregenzerach erstellt das AVL R Vorhersagen mit dem konzeptionellen, flächendetaillierten Modell LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model) [1], [2]. Das BA-FU berechnet die Hochwasservorhersagen für den Alpenrhein mithilfe des HBV-Mo-

dells, bei dem es sich ebenfalls um ein flächendetailliertes Konzeptmodell handelt [3]. Im Niedrig- und Mittelwasserbetrieb werden die Alpenrhinvorhersagen über ein LARSIM-Modell berechnet. Für die Schussen, die Argen und die übrigen nörd-

lichen Bodenseezuflüsse werden die Vorhersagen von der LUBW ebenfalls mit dem Wasserhaushaltsmodell LARSIM erstellt. Die genannten Modelle verwenden als Eingangsdaten meteorologische Messwerte (Niederschlag, Lufttemperatur, Globalstrahlung, relative Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Luftdruck), gemessene Abflüsse sowie meteorologische Vorhersagen der Wetterdienste. Um die Hydrologie realistisch abbilden zu können, wird dabei in den Modellen auch der Auf- und Abbau der Schneedecke berücksichtigt. Die Berechnung der Bodensee-Wasserstände erfolgt über das LARSIM-Seemodul getrennt für den Obersee und den Untersee des Bodensees, wobei jeweils neben den entsprechenden Zuflussvorhersagen auch der direkte Niederschlag auf die Seeoberfläche berücksichtigt wird.

4 Operationeller Modellbetrieb

Die länderspezifisch erstellten Zuflussvorhersagen werden jeweils zu festgelegten Zeitpunkten auf einen gemeinsamen Internetserver übertragen, auf dem auch alle für den Betrieb des Bodenseemodells benötigten Messdaten und meteorologischen Vorhersagen vorgehalten werden. Auf dieser Datenbasis berechnet die gemäß einem festgelegten Turnus zuständige Dienststelle die Vorhersagen für die Oberseepegel Bregenz, Konstanz und Romanshorn sowie die Unterseepegel Berlingen und Radolfzell (Bild 3).

Die Bereitstellung der Informationen für die Nutzer erfolgt über die Internetseite www.bodensee-hochwasser.info. Hier fin-



Bild 3: Bodensee, seine wichtigsten Zuflüsse und Pegelstandorte

den sich neben aktuellen Messwerten und Vorhersagen sowie einem Lagebericht zur Wasserstandssituation auch Informationen über den Bodensee und sein Einzugsgebiet sowie Wasserstands-Kennwerte (z. B. Hochwasser-Jährlichkeiten) und Jahresgänge für den Ober- und Untersee.

4.1 Niedrig- und Mittelwasservorhersage, Hochwasserfrühwarnung

Die ungewöhnlich niedrigen Seewasserstände im Winter 2005/2006, bei denen der Fährbetrieb auf dem Bodensee teilweise stark eingeschränkt werden musste, zeigten sehr deutlich den Bedarf an einer täglich aktualisierten Wasserstandsvorhersage auch in Niedrigwassersituationen. Im Sommer 2006 wurde das Informationsangebot auf www.bodensee-hochwasser.info daher entsprechend erweitert. Da die meteorologischen Vorhersagen bei Niedrig- und Mittelwasserhältnissen erfahrungsgemäß mit geringeren Unsicherheiten behaftet sind als in Hochwassersituationen, wird unter diesen Bedingungen eine Abschätzung der Bodenseewasserstände für sieben Tage in die Zukunft veröffentlicht.

Bild 4 zeigt exemplarisch eine operationelle, siebentägige Abschätzung, wie sie auch im Internet zu finden ist. Neben der Niedrig- und Mittelwasservorhersage dient der mehrtägige Ausblick in die Zukunft auch einer Hochwasserfrühwarnung und ermöglicht gegebenenfalls ein frühzeitiges Planen von Schutzmaßnahmen.

Eine Auswertung der operationellen Vorhersagen in der Mittel- und Niedrigwasserperiode von Oktober bis Dezember 2006 zeigte, dass das Vorhersagesystem unter der Voraussetzung zutreffender Niederschlagsvorhersagen im Mittel- und Niedrigwasserfall sehr gute Wasserstandsvorhersagen für den Bodensee liefert.

4.2 Hochwasservorhersage

Die Zuständigkeit für die Berechnung der Bodensee-Wasserstandsvorhersage im Hochwasserfall wechselt derzeit im jährlichen Turnus zwischen den Dienststellen BAFU und LUBW. Sobald der gemessene oder vorhergesagte Wasserstand an den Bodensepegeln Konstanz und Bregenz die Marke von 4,5 m überschreitet bzw. am Pegel Romanshorn ein Wasserstand von 396,73 m. ü. M. überschritten ist, versenden die drei Vorhersagezentralen im jeweiligen nationalen Einflussbereich eine Erstmeldung an lokal zuständige Dienststellen sowie an die Medien. Diese Warnschwelle liegt noch ca. 30 Zentime-

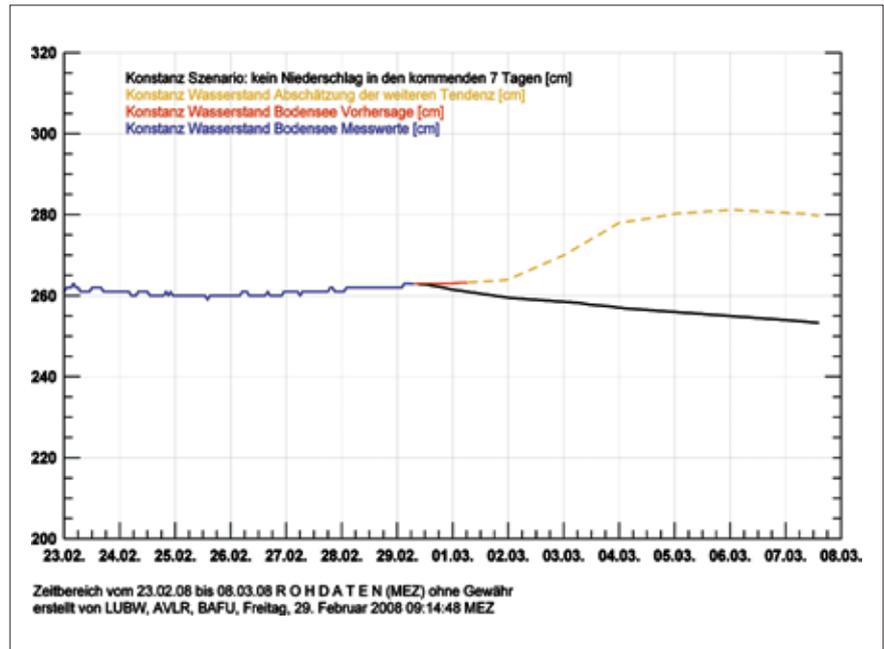


Bild 4: Beispiel einer operationellen siebentägigen Wasserstandsabschätzung

ter unter dem Wasserstand, bei dem erste kleinere Schäden auftreten. Damit bleibt Behörden, Katastrophenschutz, Betrieben und Anwohnern in ufernahen Gebieten noch ausreichend Zeit, um gegebenenfalls provisorische Schutzmaßnahmen zu treffen. In der Folge werden die Informationen im Internet und in weiteren, national unterschiedlichen Informationsdiensten (z. B. Telefonansagedienste, Videotext) mehrfach täglich aktualisiert.

Im Hochwasserfall wird ein detaillierter Lagebericht mit Angaben zur Zufluss-

situation, zur Wetterlage, ggf. zur Schneeschmelze und zur weiteren Entwicklung der Wasserstände veröffentlicht. Für die Seepegel Konstanz, Romanshorn, Bregenz, Radolfzell und Berlingen werden Grafiken des gemessenen und vorhergesagten Wasserstandsverlaufs bereitgestellt. Der Vorhersagehorizont umfasst im Hochwasserfall aufgrund der Unsicherheit der meteorologischen Vorhersagen 24 Stunden, woran sich eine Abschätzung für weitere 24 Stunden anschließt. Die Genauigkeit der Vorhersagen und Abschätzungen

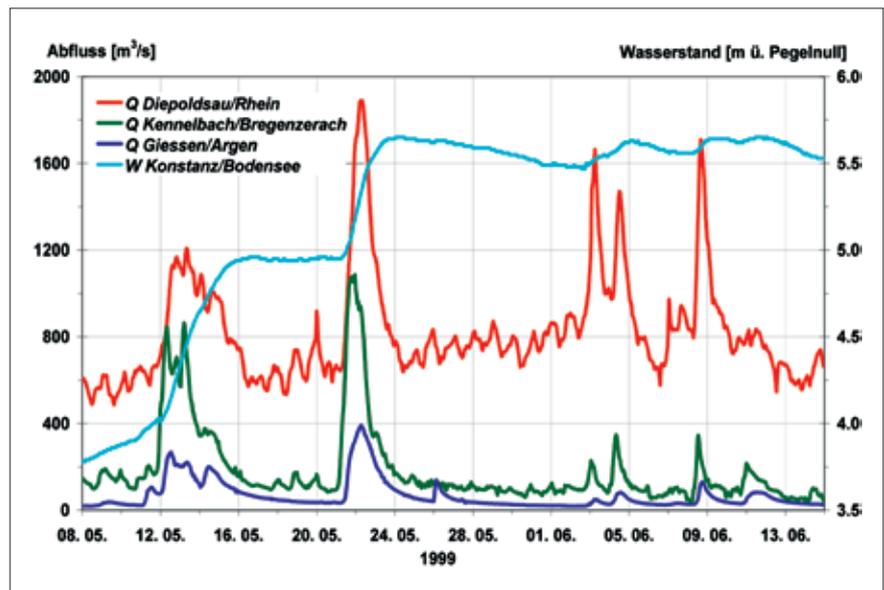


Bild 5: Abflussganglinien der wichtigsten Bodenseezuflüsse und Wasserstandsganglinie am Pegel Konstanz/Bodensee (Mai/Juni 1999)

nimmt dabei mit zunehmender Vorhersagezeit ab.

5 Modellrechnungen für die Hochwasserereignisse Mai/Juni 1999 und August 2005

Um die Güte des Bodensee-Vorhersagesystems zu evaluieren, wurden die Bodenseehochwasser Mai/Juni 1999 und August 2005 nachgerechnet und die Modellergebnisse bewertet.

5.1 Meteorologische und hydrologische Charakterisierung der Hochwasserereignisse

Auslöser des extremen Hochwassers im Mai/Juni 1999 war eine starke Schneeschmelze in Kombination mit ergiebigen Niederschlagsereignissen, die auf bereits gesättigte Böden fielen. In Vorarlberg wurden beispielsweise im Zeitraum vom 19. bis zum 21.05.99 stellenweise über 300 mm Niederschlag registriert. In **Bild 5** sind die Abflussganglinien der wichtigsten Bodenseezuflüsse und der Wasserstandsverlauf am Pegel Konstanz/Bodensee dargestellt. In der Zeit vom 11.05.99 bis 11.06.99 traten an den Zuflüssen mehrere Hochwasserereignisse auf, die jedoch nur an Bregenzerach und Argen außergewöhnliche Scheitelwerte erreichten. Am Pegel Kennelbach/Bregenzerach lag der maximale Abfluss am 21.05.99 bei $1\,113\text{ m}^3/\text{s}$, was einem 100-jährlichen Ereignis entsprach. Der Scheitelabfluss der Argen am Pegel Giessen stieg am 22.05.99 auf $425\text{ m}^3/\text{s}$, ein ca. 30-jährliches Ereignis. Am Pegel Konstanz/Bodensee wurde mit 565 cm am 24.05.99 und 11.06.99 der höchste Wasserstand seit dem Jahr 1890 erreicht. Auf der Basis der homogenisierten Zeitreihe von 1817 bis 2006 ist dieser Wasserstand als 100-jährliches Ereignis einzuordnen.

Eine Okklusionswetterlage, die zu extremen Niederschlagsmengen in Teilen des Bodensee-Einzugsgebiets führte war der Auslöser des Hochwassers im August 2005. In Vorarlberg lagen die Tagesniederschlagssummen am 22. August bereichsweise bei bis zu 250 mm [4]. **Bild 6** zeigt wiederum die Abflussganglinien der wichtigsten Bodenseezuflüsse sowie die Wasserstandsganglinie am Pegel Konstanz/Bodensee. Am Pegel Diepoldsau/Alpenrhein war der Scheitelwert je nach statistischer Auswertung zwischen HQ_{30} und HQ_{100} einzuordnen. Der Spitzenabfluss

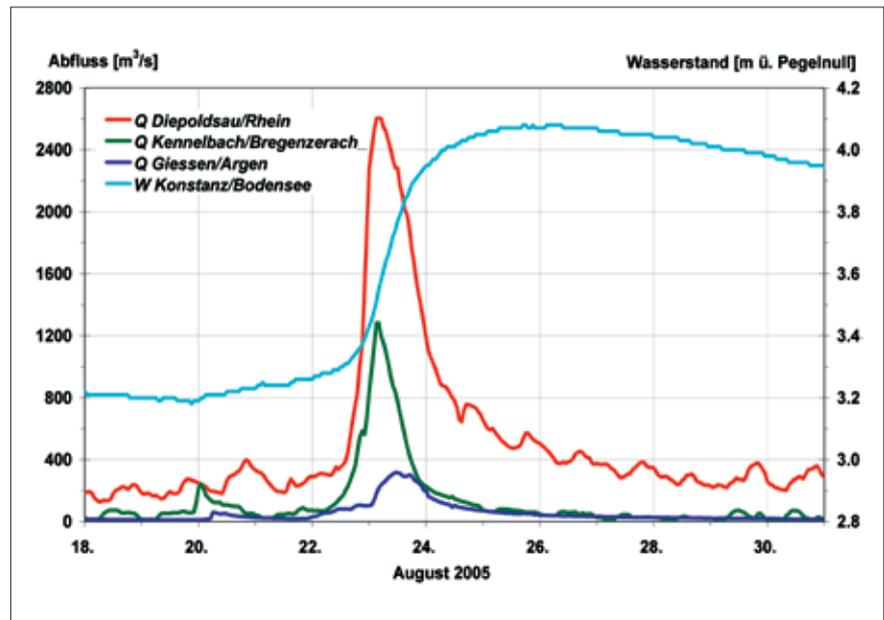


Bild 6: Abflussganglinien der wichtigsten Bodenseezuflüsse und Wasserstandsganglinie am Pegel Konstanz/Bodensee (August 2005)

am Pegel Kennelbach/Bregenzerach lag bei einer Jährlichkeit von ca. 100, an weiter stromaufwärts gelegenen Messstellen an der Bregenzerach wurde gebietsweise das 500-jährliche Hochwasser überschritten. An den baden-württembergischen Pegeln wurden keine extremen Abflüsse erreicht. Der Scheitelwert von 408 cm am Pegel Konstanz/Bodensee am 25.08.05 und 26.08.05 stellte keinen Was-

serstand dar, der Anstieg des Obersees um 52 cm innerhalb von 24 Stunden war jedoch der schnellste seit Beginn der Wasserstandsmessungen im Jahr 1817 registrierte Anstieg [5].

5.2 Spezifikation der Modellrechnungen

Die Modellrechnungen wurden in drei verschiedenen Berechnungsvarianten durchgeführt:

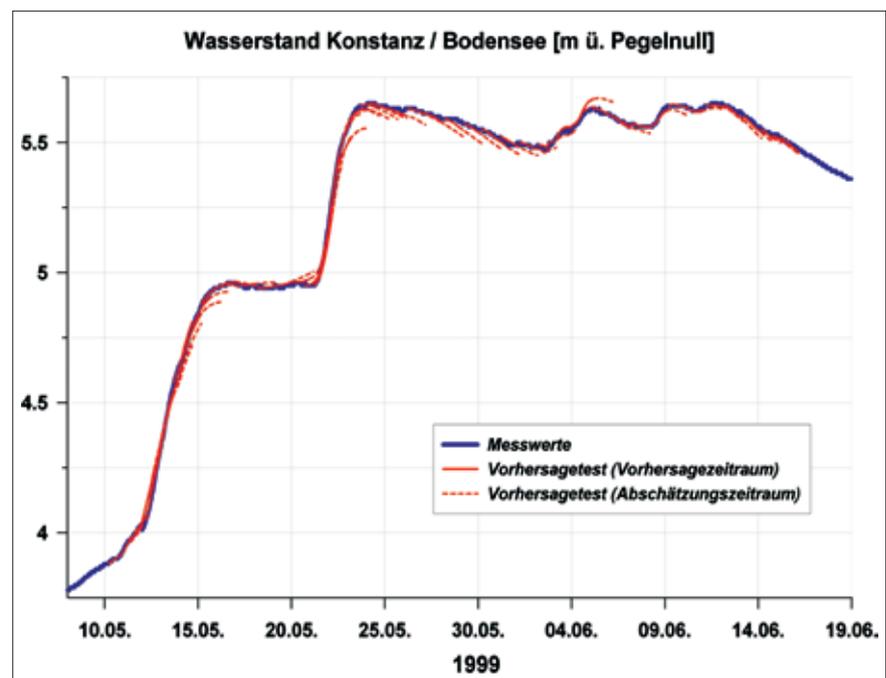


Bild 7: Gemessene und vorhergesagte Wasserstände am Pegel Konstanz/Bodensee für Mai/Juni 1999

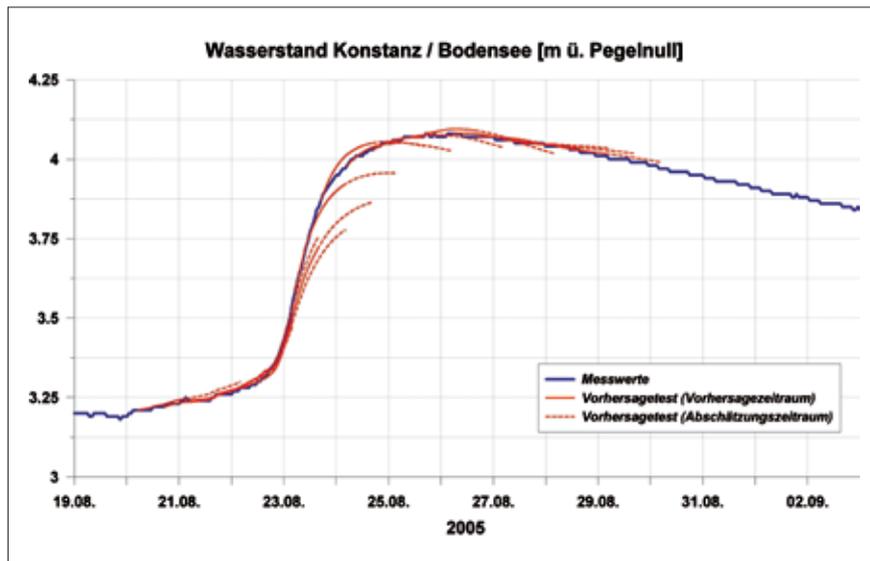


Bild 8: Gemessene und vorhergesagte Wasserstände am Pegel Konstanz/Bodensee für August 2005

Simulation

Die Simulation des Bodensee-Wasserstands erfolgte auf Basis gemessener Abflussdaten für die in Abschnitt 3 genannten Bodenseezuflüsse und gemessener Niederschlagsdaten für die Berechnung des Seeniederschlags. Eine solche Simulation ermöglicht eine Bewertung der Güte, die mit dem Seemodell bei bestmöglicher Datenlage erreicht werden kann.

Vorhersagetests über die gesamte Berechnungsdauer

So genannte Vorhersagetests werden unter Verwendung von Daten berechnet, die teilweise erst nach Ablauf des Hochwassers (also nicht im operationellen Betrieb) vorliegen. Als meteorologische Eingangsdaten werden sowohl vor als auch nach dem Vorhersagezeitpunkt Messdaten verwendet. Hierdurch kann der Einfluss möglicherweise unzutreffender Niederschlagsvorhersagen ausgeschaltet und somit die Qualität des Vorhersagesystems ermittelt werden, die bei einer guten Niederschlagsvorhersage zu erzielen gewesen wäre. Es wurden zahlreiche Vorhersagetests gerechnet, bei denen jeweils der Vorhersagezeitpunkt in Richtung Ereignisende verschoben wurde. Der Vorhersagezeitraum betrug dabei 24 Stunden, gefolgt von weiteren 24 Stunden Abschätzungszeitraum.

Quasi-operationelle Vorhersage

Die Eingangsdaten entsprechen in diesem Fall denen einer operationellen Vorhersage, d. h. gemessene meteorologische Daten und Abflüsse werden nur bis zum Vorher-

sagezeitpunkt in das Modell übernommen. Danach gehen die jeweils zum Vorhersagezeitpunkt vorliegenden meteorologischen Vorhersagen ein. Die quasi-operationelle Vorhersage zeigt die Qualität des hydrologischen Vorhersagesystems, die operationell für das untersuchte Hochwasser zu erzielen gewesen wäre. Wie auch bei den Vorhersagetests wurden mehrere Modellläufe mit vorrückendem Vorhersagezeitpunkt, einem Vorhersagezeitraum von jeweils 24 Stunden und einem Abschätzungszeitraum von weiteren 24 Stunden gerechnet.

5.3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Vorhersagetests dargestellt und bewertet, da diese Berechnungsvariante die größte Aussagekraft hinsichtlich der operationellen Güte des Vorhersagesystems hat. Die Darstellung ist aus Platzgründen auf den Oberseepegel Konstanz beschränkt, die Ergebnisse sind jedoch uneingeschränkt auch für die anderen Pegel am Obersee (Romanshorn, Bregenz und Friedrichshafen) gültig. Die Modellberechnungen für die Unterseepegel Radolfzell und Berlinen weisen geringfügige Unterschiede zu denen des Obersees auf, hinsichtlich der Gesamtbewertung der Vorhersagegüte ergeben sich jedoch keine Unterschiede zum Obersee.

Hochwasser Mai/Juni 1999

Bild 7 zeigt die gemessene Wasserstandsganglinie am Pegel Konstanz/Bodensee sowie die Ergebnisse der Vorhersagetests

unter Verwendung gemessener Niederschläge über die gesamte Ereignisdauer. Im Mittel aller Vorhersagen liegen die Differenzen zwischen modelliertem und gemessenem Wasserstand am Ende des 24-stündigen Vorhersagezeitraums bei 2 cm. Die maximale Abweichung aller Vorhersagen innerhalb der 24 Vorhersagestunden beträgt 8 cm. Im Abschätzungszeitraum von 48 Stunden vergrößert sie sich zwar auf 10 cm, die mittlere Differenz am Ende des 48-stündigen Vorhersagezeitraums beträgt jedoch lediglich 3 cm. Aufgrund dieser nur geringen Unterschiede sind die Vorhersagen als gut zu bewerten.

Die verwendeten Zuflussvorhersagen wurden, wie in Abschnitt 5.2 erwähnt, ebenfalls im Vorhersagetest-Modus berechnet. Um ihre Güte und deren Auswirkung auf die Genauigkeit der Bodensee-vorhersagen einschätzen zu können, wurden für die Pegel Diepoldsau/Rhein, Kennelbach/Bregenzerach und Gießen/Argen die gemessenen Abflüsse den vorhergesagten gegenübergestellt. Dabei zeigte sich, dass trotz der Verwendung gemessener anstelle vorhergesagter Niederschläge die Zuflussvorhersagen z. T. stark von den gemessenen Abflüssen abweichen. Diese Abweichungen pausen sich erwartungsgemäß auf die Wasserstandsvorhersage für den Bodensee durch. So ist z. B. die zu niedrige Vorhersage für den Pegel Konstanz/Bodensee vom 22.05.99 05:00 Uhr auf die dafür verwendete Rheinvorhersage zurückzuführen, die das Zuflussvolumen im Vorhersagezeitraum um ca. 50 % unterschätzt. Eine der Ursachen hierfür ist die mess- und modelltechnisch äußerst schwierige Erfassbarkeit von Gebietsniederschlag und Schneeschmelze im alpinen Einzugsgebiet des Bodensees. Zur Verbesserung der Datenlage ist in den kommenden Jahren ein Ausbau der Datenfernabfrage beim Niederschlagsmessstellennetz vorgesehen.

Hochwasser August 2005

Die gemessene Wasserstandsganglinie am Pegel Konstanz/Bodensee sowie die Ergebnisse der Vorhersagetests für das Hochwasser August 2005 sind in **Bild 8** dargestellt. Die Vorhersagetests liefern wie schon für das Ereignis 1999 gute Ergebnisse. Bezogen auf alle Vorhersagen beträgt die größte Differenz zwischen modelliertem und gemessenem Wasserstand innerhalb des 24-stündigen Vorhersagezeitraums 13 cm. Die mittlere Abweichung aller Vorhersagen am Ende des Vorhersage-

zeitraums liegt bei 2 cm. Nach 48 Stunden vergrößert sich die maximale Abweichung auf 19 cm, im Mittel liegen die Abweichungen am Ende des 48-stündigen Vorhersagezeitraums jedoch nur bei 5 cm.

Die Analyse der Zuflussvorhersagen zeigte wiederum, dass die Abweichungen zwischen den berechneten und gemessenen Bodensee-Wasserständen größtenteils auf Ungenauigkeiten in den Zuflussvorhersagen zurückzuführen sind. Beim Ereignis im August 2005 handelte es sich aufgrund der extremen, räumlich sehr inhomogenen Niederschläge im alpinen Einzugsgebiet modellierungstechnisch um einen äußerst schwierigen Fall.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das gemeinsame Bodensee-Vorhersagesystem der Fachdienststellen in der Schweiz, Vorarlberg und Baden-Württemberg wurde 2004 in Betrieb genommen. In den letzten Jahren wurde das Modellsystem stetig verbessert und sein operationeller Einsatz von einer reinen Hochwasservorhersage auf Vorhersagen in allen Wasserstandsbereichen ausgeweitet. Auch das Informationsangebot auf der Internetseite www.bodensee-hochwasser.info wurde laufend erweitert und umfasst heute neben Messwerten und Vorhersagen zahlreiche weitere Informationen, wie z. B. Wasserstandskennwerte, Hochwasser-Jährlichkeiten und Jahregänge.

Die zentralen Bausteine des Vorhersagesystems bilden die von den jeweils zuständigen Dienststellen erstellten Abflussvorhersagen für die wichtigsten Bodenseezuflüsse. Das von der LUBW entwickelte Seemodell für den Bodensee ermöglicht eine Vorhersage der Wasserstände für den Ober- und Untersee. Nachrechnungen der Hochwasserereignisse im Mai/Juni 1999 und August 2005 sowie eine Auswertung der operationellen Vorhersagen in der Mittel- und Niedrigwasserperiode von Oktober bis Dezember 2006 haben gezeigt, dass das Vorhersagesystem für den Bodensee ausgereift ist und unter der Voraussetzung verlässlicher Abflussvorhersagen gute Vorhersagen im Hoch-, Mittel- und Niedrigwasserfall liefert. Dabei stellt die Qualität der verfügbaren Niederschlagsvorhersagen ein sehr wesentliches Kriterium für die Genauigkeit der Wasserstandsvorhersagen für den Bodensee dar. Aus diesem Grund sind Weiterentwick-

Angela Sieber, Peter Homagk, Clemens Mathis and Martin Pfaundler

Cross-National Operational Flood and Low Flow Forecast for Lake Constance

Since the operational initiation of the cross-national forecast system for Lake Constance in 2004 the model system and the information given on the internet page www.bodensee-hochwasser.info have been continually improved. Besides flood forecasts daily updated low and mean water level forecasts are provided since August 2006. Recalculations of past flood events and analyses of low flow periods showed that the model system for Lake Constance is reliable, provided that dependable meteorological forecasts are given.

lungen der Wettermodelle sowie der Nowcasting-Verfahren wünschenswert. Der in Abschnitt 5.3 erwähnte Ausbau des Niederschlagsmessnetzes wird die Qualität der Bodensee-Vorhersagen weiter verbessern. Darüber hinaus findet bei den zuständigen Dienststellen eine kontinuierliche Qualitätsanalyse, Fortschreibung und Verbesserung der Zuflussmodelle statt.

Neben der operationellen Kurz- und Mittelfrist-Vorhersage ist das Bodenseemodell auch für langfristige Berechnungen, z. B. zur Abschätzung möglicher Folgen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt des Bodensees, einsetzbar.

Autoren

Dipl.-Hyd. Angela Sieber

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
seit 01.01.2008 Universität Potsdam
Angela.Sieber@lubw.bwl.de

Dr.-Ing. Peter Homagk

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63
D-76231 Karlsruhe
Peter.Homagk@lubw.bwl.de

Dr. sc. techn. Martin Pfaundler

Bundesamt für Umwelt
Abteilung Hydrologie
CH-3003 Bern
Martin.Pfaundler@bafu.admin.ch

Dipl.-Ing. Clemens Mathis

Amt der Vorarlberger Landesregierung
Abteilung Wasserwirtschaft
A-6901 Bregenz
Clemens.Mathis@vorarlberg.at

Literatur

- [1] Bremicker, M.: Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele. In: Freiburger Schriften zur Hydrologie, 2000, Band 11.

- [2] Ludwig, K.; Bremicker, M. (Hrsg.): The Water Balance Model LARSIM. In: Freiburger Schriften zur Hydrologie, 2006, Band 22.
- [3] Lindström, G. et al.: Development and test of the distributed HBV-96 hydrological Model. In: Journal of Hydrology 201 (1997), S. 272-288.
- [4] Amt der Vorarlberger Landesregierung (Hrsg.): Das Starkregen- und Hochwasserereignis des August 2005 in Vorarlberg. Bregenz, 2006.
- [5] Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Hydrologie; Abteilung Wasserwirtschaft des Amtes der Vorarlberger Landesregierung; Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): Länderübergreifende Hochwasservorhersage für den Bodensee. http://www.bodensee-hochwasser.info/pdf/Bodensee_Flyer.pdf, 2006.



Anzeigen-Service
(0611) 7878 338