

ÖWAV – SEMINAR HOCHWASSERVORHERSAGE – ERFAHRUNGEN, ENTWICKLUNGEN UND REALITÄT

Einleitung

Am 19. und 20. Oktober fand in Wien ein ÖWAV – Seminar über den momentanen Stand der Entwicklung von Hochwasserprognosemodellen in Österreich und im angrenzenden Ausland statt, wobei sowohl auf die Entwicklung neuer Modelle als auch auf die Erfahrungen mit bestehenden Modellen sowie auf methodische Entwicklungen eingegangen wurde. Die wichtigsten Ergebnisse des Seminars werden im folgenden Bericht gezeigt.

Gliederung

Das Seminar war in insgesamt 3 Themenblöcke gegliedert:

- Entwicklung von Hochwasserprognosemodellen
- Erfahrungen bei der Hochwasservorhersage
- Methodische Entwicklungen

Entwicklung von Hochwasserprognosemodellen

Der erste Themenblock des Seminars beschäftigte sich mit der Entwicklung von Hochwasserprognosemodellen, wobei in insgesamt 7 Vorträgen über bereits bestehende, sich in Entwicklung befindliche und geplante Systeme hauptsächlich in Österreich berichtet wurde. Dabei wurden vorgestellt:

- **Hochwasserprognosemodell Mur:** Es handelt sich um ein grenzübergreifendes System (Steiermark mit Slowenien), das seit Oktober 2005 im operationellen Probebetrieb läuft. Kernstück des Systems ist ein internationaler Prognoserechner, situiert beim hydrographischen Dienst Steiermark, der jede Stunde automatisch Prognosen für Wasserstand und Durchfluss für die nächsten 48 Stunden für die Mur, Mürz und weststeirischen Zubringer sowie für ausgewählte slowenische Pegel berechnet. Basierend auf den automatischen Prognosen können mit eigenen lokalen Systemen Szenarienrechnungen mit geänderten Eingangsdaten durchgeführt werden. Die automatischen Prognosen werden auf einer Internetseite veröffentlicht, wobei der Zugang zur Homepage momentan noch verschlüsselt ist. Als Eingangsdaten werden hydrometeorologische Onlinedaten der jeweiligen hydrographischen Dienste sowie meteorologische Prognosen verwendet.
- **Hochwasserwarnsystem Kärnten:** In den letzten 3 Jahren wurde in Kärnten hauptsächlich mit eigenen Personalressourcen ein Hochwasserwarnsystem aufgebaut. Kernstücke des Systems sind ein Katalogsystem für die Hochwasserprognose, für welches sämtliche an den Kärntner Pegeln aufgezeichneten Hochwasserereignisse bzgl. Niederschlag und Vorregen ausgewertet und analysiert wurden. Zusätzlich wurden mit hydrologischen Modellen Szenarien vor berechnet, die ebenfalls im Katalogsystem

abgelegt wurden. Bei vorliegenden Niederschlagsprognosen können nun Hochwasserszenarien aus dem bestehenden Katalogsystem vorab geschätzt werden. Zusätzlich sind auch Längenschnitte der wichtigsten Gewässer samt berechneten Überflutungsflächen im GIS sowie eine pegelbezogene Liste mit den Hochwassergefährdungen je nach vordefinierter Hochwasserkategorie vorhanden. Sämtliche dieser Grundlagen können im so genannten HydroMap Kärnten visualisiert werden, wobei zukünftig auch geplant ist, darauf aufbauend Hochwasserprognosemodelle für die wichtigsten Gewässer im System zu integrieren.

- **Hochwasservorhersage für den Kamp:** Von der TU Wien (Prof. Gutknecht) wurde für den Kamp ein Hochwasserprognosemodell entwickelt, wobei es sich aufgrund der Besonderheiten im Einzugsgebiet (stark nichtlineare Niederschlags-Abflussbeziehung, Kraftwerkseinflüsse) um ein sehr komplexes System handelt. Hauptbestandteile des Systems sind ein Kraftwerksmodul und ein Nachführungstool, wo die Prognosen bestmöglich an die beobachteten Werte angepasst werden. Als meteorologische Eingangsdaten werden Ensembleprognosen verwendet (ca. 50 verschiedenen Prognosen), die somit eine Bandbreite von möglichen Ergebnissen liefern. Das System wird herangezogen für unmittelbare Hochwasserprognosen (Vorhersagefrist von wenigen Stunden) sowie für Vorhersagen für die Frühwarnung (48 Stunden im voraus). Das Vorhersagesystem ist seit Frühjahr 2006 im operationellen Betrieb.
- **Zuflussvorhersage der Bregenzerach für den Bodensee:** Das Hochwasserprognosemodell für die Bregenzerach ist ein Teil des Wasserstandsvorhersagesystems für den Bodensee, nachdem auch durch die Schweiz (Hauptzubringer Alpenrhein) und Deutschland (Zubringer aus Baden-Württemberg) Zuflussvorhersagen für den Bodensee berechnet werden (<http://www.bodensee-hochwasser.info/>). Das System für die Bregenzerach ist momentan noch ein ereignisbasiertes System, soll aber in Zukunft zu einem kontinuierlichen System ausgebaut werden. Als meteorologischer Input werden sowohl Modelldaten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) als auch des Deutschen Wetterdienstes (DWD) verwendet, wobei sich aufgrund der bisherigen Erfahrungen gezeigt hat, dass beide Modelltypen unterschiedliche Stärken und Schwächen je nach Ereignistyp aufweisen.
- **Vorhersage für den Inn:** Für den Inn in Tirol wurde vor kurzem ein Vorhersagesystem fertig gestellt. Das System besteht aus 4 Hauptbausteinen: Preprocessing der meteorologischen Vorhersagen, Gletscher-Modell, Niederschlags-Abflussmodell für unvergletscherte Einzugsgebiete und ein hydrodynamisches 1-D Modell für den Wellenablauf am Inn. Da das Modell auf einer Zusammenarbeit zwischen dem Land Tirol sowie der Tiroler Wasserkraft AG (TIWAG) beruht, sind auch Kraftwerkseinflüsse (sowohl Speicherkraftwerke an den Zubringern sowie Laufkraftwerke am Inn) im Modell implementiert.
- **Simulation der Kraftwerkssteuerung am Kamp:** Der bereits in der Beschreibung des Prognosemodells für den Kamp angeführte Kraftwerksmodul wurde in diesem Vortrag näher beschrieben. Das Modul simuliert basierend auf den prognostizierten Zuflüssen zu den drei Speichern am Kamp die Wasserführung der Speicherkette (Speicherstände, Turbinendurchflüsse etc.) für 48 Stunden im Voraus. Das Kraftwerksmodul liefert somit automatisch und kontinuierlich Prognosen der Abgabe aus der Speicherkette, wobei Erfahrungen der Betreiber in der Kraftwerksbewirtschaftung miteinbezogen werden.

- **Modell zur Hochwasservorhersage und Hochwassermanagement an der Rhone:** Das Prognosemodell an der oberen Rhone in der Schweiz ist ein konzeptuelles Modell bestehend aus einem hydrologischen Modell sowie einem Kraftwerksmodul. Als Eingangsdaten werden Wetterprognosen des Schweizer Wetterdienstes (Meteoswiss) verwendet, wobei die Prognoseergebnisse auch als Grundlage für die Bewirtschaftung der Speicherkraftwerke an den Zubringern zur Rhone dienen. In einer weiteren Phase ist die Entwicklung eines Nachführmoduls zur Reduktion der Prognoseunsicherheiten geplant.

Erfahrungen bei der Hochwasservorhersage

Der zweite Themenblock befasste sich mit Erfahrungen bei bereits seit längerer Zeit im Einsatz befindlicher Prognosesysteme, wobei neben österreichischen auch Systeme in Deutschland und der Schweiz behandelt wurden.

- **HYDRIS – Vorhersagen an der Salzach:** Im Jahr 1996 wurde für die Salzach ein Vorhersagemodell auf Ereignis- und Flussgebietsbasis namens HYDRIS (Hydrologisches Informationssystem zur Hochwasservorhersage in Salzburg) in Betrieb genommen. Das Gesamtmodell besteht aus einem Wellenablaufmodell, einem Wellenablauf- mit Niederschlags-Abflussmodell, einem Überlagerungsmodell und einem Kraftwerksmodell.

Neben einigen kleineren Hochwässern fielen auch zwei bedeutende Hochwasserereignisse – August 2002 sowie Juli 2005 – in die operationelle Betriebsphase des Modells. Wie die Erfahrungen bei beiden Ereignissen zeigten, konnten die Prognosen des Modells mit entsprechender Interpretation und hydrologischer Erfahrung der Bearbeiter an die dann tatsächlich auftretenden Werte angepasst werden. Es zeigten sich aber doch bedeutende Defizite sowohl im Modell, aber auch in der gesamten Alarm- und Warnkette und daher auch die Notwendigkeit, dass Modellprognosen, aber auch Niederschlagsprognosen durch erfahrenes Personal interpretiert werden muss. Dazu bedarf es aber auch entsprechender personeller Ressourcen.

In naher Zukunft ist die Weiterentwicklung von HYDRIS geplant (HYDRIS 2), wobei vor allem durch Einbeziehung von zusätzlichen Niederschlagsprognosen und Kraftwerksinformationen eine Verbesserung der Vorhersagen erzielt werden soll.

- **Prognose und Hochwasserwarnung – Erfahrungen aus der Sicht des Hydrographischen Zentralbüros (HZB):** Im Jahr 1899 wurde der Wasserstands- und Nachrichtendienst im österreichischen Donaueinzugsgebiet, mit der k. und k. hydrographischen Landesabteilung in Wien als Zentralstelle, ins Leben gerufen. Im Laufe der Jahre haben sich die Anforderungen an Prognosen verändert, die Hochwasserereignisse der letzten 10 Jahre beschleunigten auch die Entwicklung von Prognosesystemen. Vor 2002 waren neben der Betriebsprognose der Austria Hydro Power (AHP) lediglich zwei Systeme im Einsatz, an der Donau sowie an der Salzach. Seit 2002 wurden folgende zum Teil auch bereits in diesem Bericht beschriebene Systeme entwickelt bzw. sind geplant:
 - Neuentwicklung Donau
 - Neuentwicklung Salzach
 - Kamp
 - Mur
 - Enns

- Raab
- Hochwasserwarnservice Kärnten
- Inn, Lech, Tiroler Achen

Im HZB selbst wird zwar kein Prognosemodell betrieben, da die Verbreitung von hydrographischen Nachrichten nach Wasserrechtsgesetz Aufgabe des Landeshauptmannes ist. Jedoch wurde nach dem Hochwasser 2002 im HZB eine Hochwasserbereitschaft im Ereignisfall eingerichtet. Dabei besteht ständiger Kontakt zu den Landesdienststellen, bei entsprechender Hochwassergefahr erfolgt eine Meldung an das Büro des Bundesministers. In diesem Zusammenhang wurde vom HZB auch eine Übersicht der Online - übertragenen Wasserstandsmessstellen in Österreich unter <http://pegel-aktuell.lfrz.at> realisiert.

Wie die bisherigen Erfahrungen gezeigt haben, liegt eine große Unsicherheit vor allem in den Niederschlagsprognosen, obwohl in dieser Richtung seit 2002 viele Entwicklungen im Laufen sind. Auch zeigte sich, dass bei großen Ereignissen wie 2002 und 2005 viele Pegelinformationen aus verschiedenen Gründen (Pegel zerstört, keine GSM-Verbindung, Netze überlastet etc.) nicht mehr abfragbar

und daher Prognosen nur sehr schwer zu realisieren sind. Um die Hochwasserinformation zukünftig effizienter gestalten zu können, ergibt sich aus Sicht des HZB folgender Handlungsbedarf:

- Einheitliche Darstellung der Pegelinformationen
 - Einheitliche Klassifikation der Warngrenzen
 - Aktive Information durch die ZAMG im Fall von prognostizierten Niederschlagswarnungen
 - Zugriff auf Wetterradarinformationen
- **Operationelle Vorhersagen in der Schweiz:** Seit Mitte der Achtzigerjahre erstellt die Abteilung Hydrologie des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) (http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/info/buwal/organisation/abteilungen/abt_hydrologie/index.html) Abflussvorhersagen für das Einzugsgebiets des Rheins bis Rheinfelden. Bei normaler Abflusssituation erstellt das BAFU täglich eine Vorhersage für insgesamt 10 Pegel (via Fax und Internet veröffentlicht), im Hochwasser erhöht sich der Vorhersagezyklus auf bis zu 2 Stunden. Seit Juni 2005 wird parallel zum alten System ein neues Vorhersagemodell betrieben, das möglichst bald in den operationellen Betrieb übergeführt werden soll. Mit dem neuen System wird das gesamte Einzugsgebiet des Rheins bis Basel abgedeckt.

Wie die bisherigen Erfahrungen mit dem „alten“ System zeigten, liegen die Schwächen vor allem in den Niederschlagsprognosen, daher sollten immer mehrere meteorologische Prognosen verwendet werden. Auch der Ausfall von Stationen war bei extremen Ereignissen immer wieder eine Problematik. Da das BAFU auch bereits über einige Erfahrungen über die Kommunikation der Vorhersagedaten an Kunden (Ämter, Kraftwerke, etc.) verfügt, wurden diesbezüglich einige Punkte angeführt:

- Die Kenntnis der Grenzen der hydrologischen und meteorologischen Prognosen beim Kunden ist wichtig
- Für den Vorhersagedienst ist die Kenntnis der Strukturen beim Kunden wichtig
- Zusätzlich zum Modelloutput (meistens Ganglinien) ist es notwendig, auch Modellinterpretationen und Lageberichte an den Kunden zu liefern
- Für kleine Einzugsgebiete ist eine vorhergesagte Ganglinie aufgrund zu großer Unsicherheiten kein adäquates Endprodukt. Hier müssen anderen Wege, wie z.B. Angabe von Gefährdungstufen wie beim Lawinenwarndienst gefunden werden.

- Verwendung von mehreren Niederschlagsprognosen (Ensembleprognosen) ist notwendig
- **Hochwasservorhersage in Sachsen:** In Sachsen ist das Landeshochwasserzentrum (LHWZ) (http://www.umwelt.sachsen.de/lfug/wasser_hwz.html) neben der Gewässerkunde auch für die Überwachung der Wasserstände und Durchflüsse der Pegel des Landesmessnetzes zuständig. Im Rahmen des vom LHWZ durchgeführten Hochwassernachrichten- und Alarmdienstes werden Teilnehmer, Dritte und die Öffentlichkeit über mögliche Hochwassergefahren gewarnt. Basis des Dienstes sind Hochwasservorhersagemodelle für die Elbe, die Mulde, die Schwarze Elster, die Weiße Elster, die Spree und die Lausitzer Neisse. Diese Modelle wurden ab Anfang der Achtzigerjahre entwickelt und sind zum Großteil konzeptuelle hydrologische Modelle.

Das Frühjahrshochwasser 2006 hat die Grenzen der Modelle bezüglich Vorhersagegenauigkeit deutlich aufgezeigt, wobei auch hier die Problematik der Niederschlagsprognosen wesentlichen Einfluss hatte. Zusätzlich ergaben sich aber auch Probleme bei der Modellierung des Schneeschmelzprozesses.
- **Hochwasservorhersage an Donau und Inn in Bayern:** Ausgelöst durch das Pfingsthochwasser 1999 wurde im Gewässerkundlichen Dienst Bayerns ein Innovationsprogramm „Quantitative Hydrologie“ aufgelegt, das neben dem Aufbau eines neuen automatischen Online-Niederschlagsmessnetzes und der Optimierung des bestehenden Pegelnetzes auch die Entwicklung von Vorhersagemodellen umfasste. Für zahlreiche Flussgebiete wurden Modelle entwickelt, wobei sich auch in Bayern die Problematik der Niederschlagsprognosen im operationellen Betrieb zeigte.

Methodische Entwicklungen

Der dritte Themenkomplex beschäftigte sich mit aktuellen methodischen Entwicklungen im Bereich der Hochwasserprognose, aufgrund der teilweise sehr theoretischen Inhalte werden die einzelnen Vorträge hier nur kurz zusammengefasst.

- **Produkte des Deutschen Wetterdienstes für die Hochwasservorhersage:** Es wurden die Instrumentarien des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die Hochwasservorhersage aufgezeigt. In erster Linie sind dies globale (GME) und lokale (LME) Niederschlagsmodelle, flächendeckende, räumlich hoch aufgelöste Niederschlagsdaten aus online angeichteten Wetterradardaten (RADOLAN) und tägliche Analysen und Prognosen des Wasseräquivalents der Schneedecke (SNOW-D).
- **Niederschlagsprognosen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung: Fortschritte und Probleme:** Vor allem in kleineren Einzugsgebieten hängt die Prognosegüte der hydrologischen Modelle sehr stark von jener der meteorologischen Modelle ab. Aus diesem Zwecke wurde von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) ein Kurzfrist-Niederschlagsprognosesystem namens INCA (Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis) entwickelt. Das diesem System zugrunde liegende Konzept besteht aus einer Kombination aller verfügbaren meteorologischen Daten (Modelle, Satellitendaten, Radardaten, Stationsdaten) zu einer zeitlich (alle 15 Minuten) und räumlich (1 x 1 km) hoch aufgelösten Niederschlagsprognose. Zusätzlich zu dem bereits existierenden globalen

Mittelfristmodell (bis zu 10 Tage im voraus) ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) und dem Ausschnittsmodell ALADIN (Aire Limitee Adaption Dynamique Developpement) (48 Stunden im voraus) liefert INCA Verbesserungen in der Qualität der Niederschlagsprognose.

Jedoch zeigen sich in den Niederschlagsprognosen trotz aller Entwicklungen noch immer vielfältige Fehlerquellen, die sich vor allem bei der Verwendung dieser Daten in hydrologischen Modellen zeigen. Die größten Probleme zeigen sich bei der Erkennung von konvektiven Niederschlägen in kleinen Einzugsgebieten, wo Gewitterzellen nicht durch Verlagerung, sondern lokal entstehen.

- **Schneeeinformationen aus Fernerkundungsdaten für die Hochwasservorhersage:** Schnee beeinflusst Hochwässer durch zweierlei Mechanismen. Zum einen trägt die Schneeschmelze direkt zum Abfluss bei, zum anderen wird die Schneeschmelze vor allem in Kombination mit Regen abflusswirksam. Um den Schneeschmelzprozess in Prognosemodellen auch adäquat abbilden zu können, ist die Kenntnis der flächenhaften Verteilung der Schneedecke von wesentlicher Bedeutung. Zur Erfassung dieser Verteilung stehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten zur Verfügung, einerseits ist dies die terrestrische Fernerkundung mittels digitaler Fotografie (Kameras), andererseits ist es die Nutzung von Satellitenprodukten zur Erkennung der Schneebedeckung.
- **Nachführung bei der Hochwasservorhersage:** In insgesamt vier Vorträgen wurde über die verschiedenen Entwicklungen bei der Nachführung von Modellergebnissen berichtet, wobei man unter Nachführung grundsätzlich die Anpassung von berechneten an tatsächlich gemessene Werte (Wasserstand bzw. Durchfluss) versteht.

Zusammenfassung

Das ÖWAV - Seminar „Hochwasservorhersage – Erfahrungen, Entwicklungen und Realität“ befasste sich mit den seit den großen Hochwasserereignissen 1999, 2002 und 2005 entstandenen bzw. in Entwicklung befindlichen Hochwasserprognosemodellen und mit den diesbezüglichen Erfahrungen im Umgang mit den Modellen. Dabei zeigten sich folgende Probleme und Schlussfolgerungen:

- Unsicherheiten in den Niederschlagsprognosen beeinträchtigen die Prognosegüte der Hochwasserprognosemodelle, vertiefte Zusammenarbeit Hydrologie - Meteorologie notwendig
- Unsicherheiten in den hydrologischen Prognosen müssen auch der zu informierenden Öffentlichkeit verdeutlicht werden
- Jedes Modell ist abhängig von zuverlässigen Eingangsdaten (Pflege und Betreuung der hydrographischen Messnetze)
- Modellbetreuung und Interpretation der Ergebnisse erfordert geschultes Personal in den hydrographischen Diensten

Das Seminar bot auf jeden Fall einen umfassenden Überblick über bestehende und geplante Hochwasserprognosesysteme, wobei sich zeigte, dass zwar einerseits noch Verbesserungen in den Systemen notwendig sind, andererseits allerdings zukünftig diese Systeme eine wesentliche Grundlage im Hochwassermanagement darstellen werden.