Fachtagung «Operationelle Hydrologische Vorhersagen»

Verbesserungen auf allen Ebenen

In den letzten Jahren konnte die Vorhersage von Hochwassern in vieler Hinsicht verbessert werden: Genauere Wetterprognosen, differenzierte hydrologische Modelle und eine bessere Kommunikation zwischen den Beteiligten tragen dazu bei, Krisensituationen künftig besser zu meistern. Dennoch besteht, von den wissenschaftlichen Grundlagen bis hin zur Prävention, in vielen Bereichen Handlungsbedarf, wie eine internationale Fachtagung an der Universität Bern kürzlich aufzeigte.

Die Bilder ähneln sich immer wieder. So auch dieses Frühjahr, als weite Teile Polens und Südfrankreichs von grossen Fluten heimgesucht wurden. Angesichts der immer wiederkehrenden Hochwasser ist der Bedarf, solche Extremereignisse möglichst zuverlässig und rechtzeitig erkennen zu können, unbestritten. Obwohl die Modelle zur Hochwasserprognose in den letzten Jahren laufend verbessert wurden, zeigt sich im operationellen Betrieb immer wieder, dass die Voraussagen, wann welche Gebiete überschwemmt werden, mit grossen Unsicherheiten behaftet sind. Welche Erfahrungen im praktischen Alltag mit den Modellen gemacht werden und welche Anstrengungen die Wissenschaft unternimmt, um die bestehenden Lücken zu schliessen, darüber diskutierten am 14. und 15. Juni 2010 an der Universität Bern rund 100 Expertinnen und Experten an der internationalen Fachtagung «Operationelle Hydrologische Vorhersagen», die von der schweizerischen Gesellschaft für Hydrologie und Limnologie und der Schweizerischen Hydrologischen Kommission in Zusammenarbeit mit dem Geographischen Institut der Universität Bern und dem Bundesamt für Umwelt organisiert wurde.

Erfreulich gute Mittelfristprognose

Hochwasserprognosen basieren auf zwei Grundpfeilern: den Abflussmessungen und den Niederschlagsdaten. Insbesondere die Voraussage, wo wann wieviel Regen oder Schnee fallen wird, ist für die Einschätzung der Hochwassersituation von zentraler Bedeutung. In den letzten Jahren wurde in der Schweiz mit Erfolg das Wettervorhersagemodell COSMO in Betrieb genommen, das von einem gleichnamigen internationalen Konsortium entwickelt wurde. Das Modell erstellt zum einen kurzfristige deterministische Prognosen, liefert zum anderen aber auch Ensemble-Vorhersagen, welche mittelfristige Voraussagen ermöglichen. MeteoSchweiz verwendet heute für die kurzfristigen Prognosen das Modell COSMO-2, das auf einem Gitterabstand von 2,2 Kilometern über dem Alpenraum basiert. Die enge Maschenweite ermöglicht es, die grösseren Alpentäler im Modell abzubilden und die Konvektion über dem Gebirge explizit zu berechnen. Während COSMO-2 alle drei Stunden eine deterministische Prognose der nächsten 24 Stunden liefert, berechnet das zweite Modell COSMO-LEPS mit einem Gitterabstand von 7 Kilometern ein Ensemble von insgesamt 16 möglichen Entwicklungen über die nächsten fünf Tage.

Im operationellen Betrieb zeigt sich, dass der Ansatz, mehrere Ensembles durchzurechnen und statistisch auszuwerten, erfreulich zuverlässige Abschätzungen über mehrere Tage hinweg ermöglicht. Damit die berechneten Daten verlässlich interpretiert werden können, braucht es aber nicht nur meteorologisches Wissen, sondern auch Kenntnisse, wie die numerischen Modelle an sich funktionieren. Jedes Modell hat seine Stärken und Schwächen und reagiert dementsprechend anders auf unterschiedliche Wetterlagen. Gerade im Hinblick auf Extremereignisse ist es wichtig, das Verhalten der Modelle immer wieder kritisch zu evaluieren, haben die Modelle doch gerade in Ausnahmesituationen häufig Mühe, die tatsächliche Entwicklung zuverlässig vorauszusagen.

Internationaler Datenaustausch

Wie die meteorologischen Prognosen konkret in die hydrologischen Vorhersagen einfliessen, wurde an der Tagung in Bern anhand von verschiedenen Beispielen aus dem In- und Ausland demonstriert. In vielen Fällen ist es nötig, dass die zuständigen Stellen über die Landesgrenzen hinweg zusammenarbeiten. Die Hochwasservorhersagezentrale des Landes Baden-Württemberg (HVZ) beispielsweise steht in engem Austausch mit dem schweizerischen Bundesamt für Umwelt und dem Amt der Vorarlberger Landesregierung, wenn sich am Bodensee oder entlang des Rheins die Situation zuspitzt. Auch private Partner beteiligen sich am Informationsaustausch: Der Energiekonzern Électricité de France etwa ist darauf angewiesen, genaue hydrologische Daten über das Rheineinzugsgebiet zu erhalten, um seine Kraftwerke entlang dieses Flusses optimal bewirtschaften zu können. Dabei nutzt der Stromkonzern Daten, welche zum Beispiel das Bundesamt für Umwelt auf dem Internet zur Verfügung stellt. Umgekehrt stellt der Energiekonzern anderen Partnern wie der HVZ seine eigenen Abflussprognosen zur Verfügung, um einen Beitrag zum besseren Hochwasserschutz zu leisten.

Ein ambitioniertes Vorhaben haben die Kantone Wallis und Waadt umgesetzt: Mit dem neuen Hochwasserbewirtschaftungssystem MINERVE lässt sich die Situation von der Rhonequelle bis zur Mündung in den Genfersee umfassend überwachen. Das System basiert auf einem numerischen hydrologischen Simulationsmodell, das durch meteorologische Vorhersagen und Abflussmessungen gespiesen wird. Das Modell dient einerseits dazu, kritische Situationen zu erkennen und Alarm auszulösen; andererseits liefert es auch die nötigen Grundlagen, damit kritische Hochwassersituationen durch gezielte Steuerung von Stauseen und Kraftwerksanlagen abgefedert werden können. Die Entwickler von MINERVE – das Modell wurde unter Bezug von Wissenschaftlern der EPF und Universität Lausanne erarbeitet – mussten dabei eine besonders kritische Aufgabe bewältigen, weist der Kanton Wallis doch sehr grosse Höhenunterschiede auf, welche zu einer sehr komplexen Niederschlags- und Abflusssituation führen. So fliesst auf den Flächen, die durch Gletscher oder Schnee bedeckt sind, je nach Jahreszeit mehr oder weniger Wasser ab, was sich entsprechend auf den Wasserstand der Flüsse im Tal auswirkt.

In Fachkreisen ist heute weitgehend unbestritten, dass solche hydrologischen Prognosesysteme einen wichtigen Beitrag zur Verhinderung oder Abdämpfung von Hochwasserschäden leisten. So hat der Bericht «Optimierung von Warnung und Alarmierung bei Naturgefahren» (OWARNA) aufgezeigt, dass die Schäden des

Hochwassers im Jahr 2005 mit einem besseren Warn- und Alarmierungssystem schätzungsweise 600 Millionen Franken tiefer ausgefallen wären. Der Bundesrat hat deshalb am 26. Mai 2010 beschlossen, das Alarmierungssystem in der Schweiz auszubauen und die zuständigen Stellen beim Bundesamt für Umwelt aufzustocken. Gleichzeitig soll auch die Zusammenarbeit zwischen den Bundesbehören und den Führungsstäben in den Kantonen und Gemeinden verbessert werden.

Verschiedene Ansprüche berücksichtigen

Hydrologische Prognosen zu erstellen ist das eine, sie in der Praxis anzuwenden das andere. Letztlich müssen im konkreten Fall Entscheide getroffen werden, welche einschneidende und kostspielige Konsequenzen haben können. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo in einem Einzugsgebiet der Wasserhaushalt durch die Regulierung von Seen beeinflusst werden kann. Im Kanton Bern etwa werden die Pegel des Thuner- und Bielersees durch Schleusen reguliert, so dass der Abfluss der Aare genau kontrolliert werden kann. Die Hochwasser in den Jahren 1999, 2005 und 2007 haben gezeigt, dass eine gezielte Seeregulierung die Situation entscheidend entschärfen kann.

Aus Sicht des Hochwasserschutzes wäre es an sich sinnvoll, die Seen vor Perioden mit starken Niederschlägen präventiv abzusenken, um zusätzliche Aufnahmekapazitäten zu schaffen. Allerdings müssen dabei auch andere Aspekte berücksichtigt werden. Ein zu starkes Absenken des Seespiegels kann zu Schäden in ökologisch empfindlichen Flachwassergebieten und zur Beeinträchtigung der touristisch wichtigen Schifffahrt führen. In kritischen Situationen müssen also immer verschiedene Interessen gegeneinander abgewogen werden. Damit die zuständigen Stellen im Krisenfall wissen, wie sie handeln sollen, wurden für den Thuner- und Bielersee neue vorausschauende Regulierungsinstrumente entwickelt. Diese liefern klare Entscheidungsgrundlagen, unter welchen Bedingungen die beiden Seen wie stark abgesenkt werden dürfen.

Mit einer ganz anderen Herausforderung sieht sich hingegen das Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich konfrontiert. Hätten sich die Starkniederschläge im August 2005 nicht über der Innerschweiz oder dem Berner Oberland ereignet, sondern über dem Einzugsgebiet der Sihl, wären grosse Teile der Stadt Zürich – inklusiv dem Hauptbahnhof – überschwemmt worden. Dennoch fehlt bei vielen Amtsstellen immer noch das Bewusstsein, dass die Stadt Zürich einem ernsthaften Hochwasserrisiko ausgesetzt ist. Im Hinblick auf den Bau der neuen Eisenbahn-Durchmesserlinie von Altstetten nach Oerlikon, bei als Kernstück ein neuer Bahnhof unter der Sihl erstellt wird, hat der Kanton Zürich nun ein aufwändiges Hochwasserwarnsystem installiert. In einem zweiten Schritt wird nun abgeklärt, wie die Stadt Zürich durch bauliche Massnahmen besser vor Hochwasser geschützt werden könnte.

Kontinuierliche Evaluation

Obwohl die hydrologischen Prognoseinstrumente in den letzten Jahren deutlich verbessert werden konnten, besteht nach wie vor Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Im Rahmen einer Untersuchung des Bundesamtes für Umwelt und der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) wurden die Abflussvorhersagen verifiziert, die mit verschiedenen hydrologischen und meteorologischen Modellen erstellt wurden. Dabei zeigte sich, dass nicht a priori gesagt werden kann, welches hydrologische Modell

grundsätzlich zuverlässiger ist. Auch der Einsatz von hochauflösenden Wettermodellen führt nicht in jedem Fall zu besseren Prognosen. Für die Praxis ist es wichtig zu wissen, in welchen Bereichen die Modelle heute noch nicht zuverlässig arbeiten, damit diese Instrumente gezielt verbessert werden können.

Die WSL ist im Rahmen von verschiedenen Projekten daran, die hydrologischen Modelle im Hinblick auf den operationellen Einsatz zu verbessern. Dabei spielt insbesondere das hydrologische Modell PREVAH eine zentrale Rolle, das an der ETH-Zürich, dem Geographischen Institut der Universität Bern und dem WSL stetig weiter entwickelt wurde. Mit PREVAH werden seit 2007 in über 25 Einzugsgebieten Vorhersagen erstellt, und das Modell wird ab Sommer 2010 auch als zusätzliches Vorhersagemodell in das «Flood Early Warning System» (FEWS) des Bundesamtes für Umwelt integriert. Auch das hydrologische Modell WaSiM (Wasserhaushalts-Simulations-Modell), dessen Grundlagen in den 1990er-Jahren an der ETH Zürich erarbeitet wurden, soll weiterentwickelt werden. In den letzten Jahren gelang es, verschiedene wichtige Faktoren wie Permafrost, Grundwasser oder Landnutzung, welche das Abflussregime von Flüssen ebenfalls beeinflussen, in das Modell einzubeziehen. WaSiM wir im Rahmen des FEWS bereits für operationelle Vorhersagen genutzt und kommt auch in zahlreichen weiteren Ländern zum Einsatz.

Verbesserte Grundlagen zum Schnee

Für die Forschung von Interesse sind natürlich vor allem diejenigen Bereiche, in denen die Grundlagen nach wie vor lückenhaft sind. Ein Aspekt, der insbesondere im Frühjahr eine grosse Rolle spielt, ist die korrekte Abbildung des Schnees in den Modellen. Die Schweiz verfügt an sich über ein dichtes Messnetz, wird die Schneehöhe im Winter doch an rund 300 Standorten täglich gemessen. Die für die Hochwasserbeurteilung relevante Grösse, das Schneewasseräquivalent, wird allerdings nur sporadisch, nämlich alle 14 Tage an 40 Standorten, ermittelt. Das Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF hat nun ein Modell entwickelt, mit dem sich aus den Schneehöhen die entsprechenden Schneewasseräquivalente berechnen lassen. Basierend auf diesen Berechnungen erstellt das SLF nun regelmässig Karten, welche für die operationelle Lagebeurteilung bei Hochwassersituationen verwendet werden können.

Mit einer ganz anderen Problematik befassen sich hingegen Forscher der Gruppe für Hydrologie am Geographischen Institut der Universität Bern: Sie entwickeln Methoden, mit denen auch in kleineren Einzugsgebieten robuste Hochwasser-Warnungen erstellt werden können. Bei solchen Einzugsgebieten sind die Reaktionszeiten in der Regel sehr kurz; gleichzeitig führen Ungenauigkeiten bei den Niederschlagsdaten zu gravierenden Fehlern bei der Hochwasserprognose. Beides erschwert im konkreten Fall eine zuverlässige Abschätzung. Die Berner Forscher verfolgen nun zwei Ansätze, um dieses Problem anzugehen: Beim ersten Ansatz wird die hydrologische Situation zunächst in einem mittelgrossen Einzugsgebiet in Echtzeit berechnet; daraus können dann Informationen über kleinere Teilgebiete abgeleitet werden. Beim zweiten Ansatz wird im Modell die prognostizierte Niederschlagsintensität schrittweise erhöht. Auf diese Weise kann ermittelt werden, ab welchen Niederschlagsmengen mit einer kritischen Entwicklung gerechnet werden muss.

Für die zuständigen Stellen ist es im praktischen Einsatz entscheidend, dass sie sich schnell und umfassend einen Überblick über die Situation verschaffen können. Das Institut für Kartographie der ETH Zürich und das Geographische Institut der Universität Bern haben deshalb ein kartographisches Modell entwickelt, mit die Entscheidungsträger im Ernstfall aktuelle, aber auch historische Messdaten abrufen und übersichtlich darstellen können. Die Präsentation auf einer interaktiven Karte verschafft den Führungskräften jederzeit einen umfassenden Überblick und hilft ihnen so, die Situation richtig einzuschätzen. Denn letztlich nützen die besten Prognosen wenig, wenn die Führungsstäbe und Einsatzkräfte vor Ort den Überblick verlieren und daher nicht mehr in der Lage sind, die richtigen Massnahmen zu ergreifen, um die kritischen Ereignisse zu meistern.

Felix Würsten (Zürich)

Hinweis: Detaillierte Unterlagen zur Tagung finden sich auf der Website der Hydrologischen Kommission:
http://chy.scnatweb.ch/d/Aktuell/Veranstaltungen/vergangene_Veranstaltungen.php

Kontakt
Prof. Dr. Rolf Weingartner
Präsident der Hydrologischen Kommission
der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz
c/o Geographisches Institut der Universität Bern
Hallerstrasse 12, 3012 Bern
Tel. 031 631 88 74
Mail wein@giub.unibe.ch

Hydrologische Kommission (CHy)

der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz
3000 Bern

Bilder:

Bild 1: Wasserkraftwerke verwenden die Abflussvorhersagen für die Planung des Betriebs, insbesondere bei Hochwasser. Das Stauwehr Winznau reguliert den Zufluss der Aare zum Oberwasserkanal des Laufkraftwerkes Gösgen. (Foto: Bruno Schädler)

Bild 2: Die Rheinschifffahrt ist an der Vorhersage der Niedrigwasser- und der Hochwasserpegel im Rhein interessiert. Reicht die lichte Höhe für die Talfahrt der TMS OASE (125 m lang und 11.45 m breit) unter der Mittleren Rheinbrücke in Basel? (Foto: Peter Sauter)