



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology



Hochwasser 2013: Evaluierung des Prognosemodells und der Kommunikation

Zusammenfassung

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Günter Blöschl
Dipl.-Ing. Dr. techn. Thomas Nester
TU Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie

Wien, 19. Februar 2014

1 Wie gut waren die veröffentlichten Prognosen während des Hochwassers im Juni 2013?

Prognosen werden durch den Hydrographischen Dienst (a) als Hochwasserberichte an zahlreiche Abonnenten versandt und (b) als Grafiken im Internet publiziert.

- a) Die Hochwasserberichte enthalten eine Einschätzung der zukünftigen Situation basierend auf den Ergebnissen des Prognosemodells und dem Expertenwissen der Mitarbeiter des Hydrographischen Dienstes. Der maximale Wasserstand des Inns bei Schärding und der Donau bei Linz, Mauthausen und Grein und deren Zeitpunkte wurden in den Hochwasserberichten durch den Hydrographischen Dienst wie folgt angegeben (Tabellen 1 und 2).
- b) Die als Grafiken im Internet publizierten Prognosen enthalten den wahrscheinlichen zeitlichen Verlauf des Wasserstandes des Inns bei Schärding und der Donau bei Linz, Mauthausen und Grein in den folgenden 24 Stunden. Die ersten Auswertungen zeigen, dass die Grafiken grundsätzlich mit den Hochwasserberichten konsistent waren. Für eine Prognosefrist von 12 Stunden wurde auch die Anstiegsgeschwindigkeit der Hochwasserwellen gut eingeschätzt. Für eine Prognosefrist von 24 Stunden ergaben sich im Anstieg der Welle größere Abweichungen von den schließlich gemessenen Werten.

Tabelle 1: Entwicklung der Prognosen der Hochwasserscheitel an den Vorhersagepegeln. Die Messwerte sind die offiziellen Werte der via Donau

Prognosezeitpunkt	Prognose des maximalen Wasserstandes (cm)												Messung (cm)
	2.6. 6h	2.6. 12h	2.6. 16h	2.6. 22h	3.6. 2h	3.6. 5h	3.6. 11h	3.6. 16h	3.6. 20h	4.6. 0h	4.6. 4h		
Schärding	-	1000	1030	1070	1070	1070	steigt noch	Scheitel erreicht	-	-	-	-	1057
Linz	860	870	890	920	920	920	920	920	920	920	920	Scheitel erreicht	927
Mauthausen	870	900	900	910	900	880	880	880	880	880	880	Scheitel erreicht	855
Grein	1400	1450	1450	1480	1480	1480	1480	1480	1480	1480	1480	1470-1480	1491

Tabelle 2: Entwicklung der Prognosen des Auftretenszeitpunktes des Hochwasserscheitels an Vorhersagepegeln. Abkürzungen: F - Früh, VM - Vormittag, M - Mittag, NM - Nachmittag, A - Abend, N - Nacht.

Prognosezeitpunkt	Prognose des Zeitpunktes des maximalen Wasserstandes												Messung
	2.6. 6h	2.6. 12h	2.6. 16h	2.6. 22h	3.6. 2h	3.6. 5h	3.6. 11h	3.6. 16h	3.6. 20h	4.6. 0h	4.6. 4h		
Schärding	3.6.	N2./3.6.	N2./3.6.	VM 3.6.	VM 3.6.	M 3.6.	-	-	-	-	-	-	M (12h) 3.6.
Linz	3.6.	VM 3.6.	VM 3.6.	M 3.6.	M 3.6.	NM 3.6.	NM 3.6.	A 3.6.	N 3./4.6.	N 3./4.6.	N 3./4.6.	Absinken am VM	F (5h) 4.6.
Mauthausen	3.6.	NM 3.6.	NM 3.6.	NM 3.6.	A 3.6.	A 3.6.	A 3.6.	N 3./4.6.	N 3./4.6.	F 4.6.	F 4.6.	Absinken am VM	N (3h) 3./4.6.
Grein	3.6.	F 4.6.	F 4.6.	F 4.6.	F 4.6.	VM 3.6.	F 4.6.	VM 4.6.	M 4.6.	M 4.6.	M 4.6.	M 4.6.	VM (11h) 4.6.

Genauigkeit der prognostizierten maximalen Wasserstände: Der am 2. Juni 2013 um 6 Uhr publizierte Hochwasserbericht sagte für Linz einen maximalen Wasserstand von 860 cm voraus, am gleichen Tag um 22:00 einen maximalen Wasserstand von 920 cm und diese Prognose wurde in Folge beibehalten. Der Scheitel trat dann am 4. Juni 2013 um 5h mit einem Wert von 927 cm (korrigierter Wert der via Donau; ursprünglicher Wert war 933 cm) auf. Das bedeutet, dass 47 Stunden vor Auftreten des Scheitels der Wasserstand mit einer Differenz von 67 cm prognostiziert worden war und bereits 31 Stunden vor Auftreten des Scheitels der Wasserstand mit einer Differenz von nur 7 cm prognostiziert worden war. In Hinblick auf die komplexe hydrologische Situation des Einzugsgebietes sind diese Prognosen als sehr gut einzustufen. Die Differenzen für die anderen Pegel sind etwas größer, jedoch jedenfalls im Rahmen der für derartige Situationen typischen Genauigkeiten guter Prognosen. Zu erwähnen ist, dass bereits im ersten Hochwasserbericht am 1. Juni 2013 um 7h ein Überschreiten der Warngrenzen prognostiziert wurde (Tabelle 1).

Konsistenz zwischen den prognostizierten maximalen Wasserständen: Für Linz wurden die Prognosen bereits 31 Stunden vor Auftreten des Scheitels des Wasserstandes nicht mehr revidiert (Prognosewert von 920 cm). Ähnliches gilt für Mauthausen und Grein. Für Schärding sind wegen der kürzeren Laufzeit der Hochwasserwelle die erzielbaren Prognosefristen kürzer. Entsprechend erfolgte die letzte Korrektur 20 Stunden vor Auftreten des Scheitels. Diese Korrekturen sind jedenfalls im Rahmen der für derartige Situationen typische Korrekturen guter Prognosen (Tabelle 1).

Genauigkeit des Zeitpunktes der prognostizierten maximalen Wasserstände: Der am 2. Juni 2013 um 12h publizierte Hochwasserbericht für Linz sagte voraus, dass der maximale Wasserstand am Vormittag des 3. Juni 2013 auftreten wird. Der Zeitpunkt wurde in den folgenden Prognoseberichten revidiert, vorerst auf Mittag, dann Nachmittag und Abend des 3. Juni 2013 und schließlich auf die Nacht vom 3. auf den 4. Juni 2013. Der maximale Wasserstand trat dann am 4. Juni 2013 um 5h auf. Ähnliches gilt für die anderen Prognosepegel. Das bedeutet, dass die Prognosen systematisch das Auftreten des Scheitels zu früh angegeben haben. Als das Ereignis näher rückte und zusätzliche Informationen zur Verfügung standen, wurde der Zeitpunkt des Scheitels zunehmend genauer eingeschätzt. (Tabelle 2).

2 Ist eine Nacheichung des Modells notwendig?

Während des Hochwassers im Juni 2013 wurden die maximal zu erwartenden Wasserstände an der Donau bereits frühzeitig genau vorhergesagt, (z. B. wurde 47 Stunden vor dem Auftreten des Scheitelswertes am Pegel Linz der Wasserstand mit einer Genauigkeit von 7 cm vorhergesagt), der Auftretenszeitpunkt des Hochwasserscheitels wurde aber zu früh prognostiziert. Mit fortlaufender Dauer des Hochwassers und zusätzlichen Informationen wurde der Auftretenszeitpunkt des Scheitels dann genauer eingeschätzt. Diese Abweichungen sind vor allem auf den Wellenablauf im Gerinne und die meteorologischen Prognosen zurückzuführen:

Der Wellenablauf im Gerinne ist im hydrodynamischen Modell gut abgebildet, Analysen haben aber gezeigt, dass der Einfluss der Vorländer stärker war als durch das Modell

vorhergesagt. In der Realität war deshalb die Verzögerung des Hochwasserscheitels stärker als im Modell. Eine Überprüfung und Anpassung der Parameter in den Vorländern (z. B. Eferdinger Becken) für die extremen Abflüsse im Juni 2013 ist daher sinnvoll.

Die meteorologischen Prognosen während des Hochwassers im Juni 2013 haben in den Einzugsgebieten nördlich der Alpen für lange Vorhersagefristen den Niederschlag stark unterschätzt, was zu Abweichungen in den prognostizierten Zeitpunkten des Scheitels führte.

Für die hydrodynamische Modellierung der Donau sind die Einzugsgebiete an Inn, Salzach und in Bayern als Eingangswerte sehr wichtig. Aufgrund der vorliegenden Prognosen ist zu empfehlen, die Parameter des hydrologischen Modells v. a. in den im Juni 2013 sehr stark vom Niederschlag betroffenen Gebieten zu überprüfen und zu korrigieren, da eine solche extreme Überregnung im Kalibrierungszeitraum nicht vorhanden war. Im Zuge einer Nacheichung können auch die Parameter in den weiter östlich liegenden Gebiete wie Traun und Enns überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

Für eine Nacheichung ist ein konsistenter und möglichst vollständiger Datensatz erforderlich, der vor der Verwendung genau überprüft werden muss.

3 Anwendbarkeit auf Ereignisse, die größer sind als alle beobachteten

Bei der Erstellung des Hochwasservorhersagesystems nach dem Hochwasser 2002 wurde das Modell ausgiebig getestet, jedoch war eine Situation, wie sie im Juni 2013 aufgetreten ist (Zentrum der Niederschlagsverteilung weiter westlich im Vergleich zu 2002), nicht im Datensatz enthalten. Bei einer Nacheichung des Vorhersagesystems muss das Gesamtsystem unbedingt mit extremen Niederschlagsdaten getestet werden, um numerische Probleme in den Modellen zukünftig auszuschließen zu können und hydrologische Plausibilität zu gewährleisten. Es bietet sich an, flächendeckend starke Niederschläge als Input in das hydrologische Modell und die Ergebnisse des hydrologischen Modelles anschließend im hydrodynamischen Modell zu verwenden. Ausgehend von verschiedenen Systemzuständen (sehr trocken, trocken, feucht, sehr feucht) können die Auswirkungen von Niederschlägen in der Größenordnung der Ereignisse 1899, 1954, 2002 und 2013 (4 größte Hochwässer in den letzten 150 Jahren an der oberen Donau) untersucht werden sowie Szenarien mit um 50% höheren Niederschlägen.

4 Sind Frühwarnsysteme für weitere oberösterreichische Gewässer sinnvoll?

Grundsätzlich sind Frühwarnsysteme für weitere Gewässer (z. B. kleine und mittlere Zubringer zur Donau und zum Inn) zu begrüßen und durch die Adaption bestehender Modelle (zusätzliche Pegelstationen, Anpassung der Parameter) umzusetzen. Allerdings wird mit abnehmender

Größe der Gebiete und damit verbunden einer kürzeren Fließlänge im Gerinne die mögliche Vorhersagefrist kürzer und es ergeben sich kürzere sinnvolle Prognosefristen als für die Donau, was bei der Kommunikation der Vorhersagen zu berücksichtigen ist. Vor der Veröffentlichung von Prognosen sind die Prognosen einer Prüfung auf Zuverlässigkeit zu unterziehen. Eine vollständige Bewertung der Erfordernis von Frühwarnsystemen von kleinen und mittleren Gewässern sollte in Abstimmung mit der Abteilung für Krisen- und Katastrophenschutzmanagement der Direktion Inneres und Kommunales des Landes Oberösterreich erfolgen.

5 Wäre es sinnvoll, weitere zusätzliche meteorologische Prognosemodelle zu verwenden?

Der Niederschlag ist eine maßgebende Komponente bei der Vorhersage von Abflüssen. Je nach atmosphärischer Situation sind dabei von den Wettermodellen unterschiedlich gute Niederschlagsprognosen zu erwarten. Die Vorhersagen der ZAMG sind als sehr gut einzuschätzen, aber situationsbedingt kann es zu Unter- und auch Überschätzungen kommen. Anzudenken wäre eventuell die Verwendung der Vorhersagen des DWD, wobei mehrere Faktoren zu bedenken sind:

- Durch zusätzliche meteorologische Prognosen wird das Hochwasservorhersagesystem noch komplexer und unübersichtlicher.
- Je nach meteorologischer Situation können die Wettermodelle der verschiedenen Anbieter unterschiedlich gute Prognosen liefern.
- Das hydrologische Modell benötigt die Eingangsdaten in einem genau definierten Format, was bei der Implementierung zu beachten ist.

Vor einer eventuellen Implementierung zusätzlicher meteorologischer Prognosemodelle ist aber in einem Projekt zu überprüfen, ob sich die Qualität der hydrologischen Prognosen durch die Verwendung der zusätzlichen Daten verbessern würde.

6 Wäre es sinnvoll, die Totalisatoren im Hochgebirge deutlich auszubauen?

Totalisatoren werden zur Bestimmung der Wasserbilanz für lange Bemessungszeiträume (Monate, Vierteljahre) verwendet. Die Wasserbilanz kann bereits mit den vorhandene Niederschlagsmessstationen gut abgeschätzt werden. Sofern die Totalisatoren nicht in Echtzeit fernübertragen sind, scheint ein Ausbau der Geräte nicht maßgeblich zu sein.

7 Wie kann sichergestellt werden, dass Abflussdaten im Vorhersagesystem vorhanden sind?

Das Vorhandensein von Abflussdaten ist für die Vorhersage, speziell im Hochwasserfall, sehr wichtig, da von diesen Daten die Nachführung des Modells aber auch das Wellenablaufmodell abhängt. Es wird daher dringend empfohlen, alle Pegelmessungen und Übertragungsleitungen, die für die Hochwasserprognose verwendet werden, redundant auszulegen, um damit Datenausfälle möglichst zu vermeiden. Weiters ist anzuraten, die Abflussdaten vor dem Import in das Vorhersagesystem mit Prüfalgorithmen auf Plausibilität und Konsistenz zu überprüfen.

8 Sollen zwischen Linz und Achleiten zusätzliche Pegel veröffentlicht werden?

Eine Erweiterung der Anzahl der publizierten Pegel an der Donau ist zu empfehlen. Dies betrifft zum einen die Publikation der gemessenen Wasserstände, zum anderen auch die Publikation von Hochwasserprognosen. Wie bei der Übertragung von Pegeldaten ist auch in diesem Fall eine hohe Qualität der Prozesse sicherzustellen, um eine gute Prognosegüte für diese Pegel zu gewährleisten. Die Aufwertung existierender Pegel gegenüber der Einrichtung neuer Pegel wird daher prioritär gesehen und ist auf jeden Fall durchzuführen.

9 Soll eine längere Vorhersage als 24 h veröffentlicht werden? Wie geht man mit Unsicherheiten um?

Die Länge der veröffentlichten Prognosefrist hängt vor allem von der Größe der Einzugsgebiete und der Fließlänge im Gerinne ab. Dies wird auch in der Praxis so gehandhabt, wie die publizierte Vorhersagefrist z. B. beim HD Niederösterreich zeigt: für kleine Einzugsgebiete werden 12 Stunden publiziert, für Pegel an der Donau bis zu 48 Stunden. Bei den Vorhersagen in den kleinen Einzugsgebieten publiziert der HD Niederösterreich die Vorhersagen als Bereich zwischen z. B. MQ und HQ1 oder zwischen HQ1 und HQ5, während bei den größeren Gebieten Ganglinien mit einem Streubereich publiziert werden. Sollen längere Vorhersagen veröffentlicht werden, müssen die mit Vorhersagen einhergehenden Unsicherheiten ebenfalls kommuniziert werden.

In Oberösterreich werden für Pegel an der Donau Prognosen in der Form von Ganglinien bis 24 Stunden bereits veröffentlicht. Eine Verlängerung der publizierten Vorhersagefrist auf 48 Stunden ist zu empfehlen, wenn die Unsicherheiten der Prognosen als Streubereich dargestellt und erklärt werden. In kleinen und mittleren Einzugsgebieten ist eine kürzere Vorhersagefrist zu empfehlen. Vor der Veröffentlichung von Vorhersagen in kleinen und mittleren Einzugsgebieten Vorhersagen ist die Zuverlässigkeit der Prognosen über eine längere Vorhersagefrist auf jeden Fall zu überprüfen.

10 Welche Art der Präsentation im Internet ist sinnvoll?

Für die Publikation von beobachteten Daten und Vorhersagen ist die Orientierung an der Website des HND Bayern zu empfehlen.

Empfohlen wird auf der Startseite eine Übersichtskarte mit gekennzeichneten Pegeln zu verwenden, die mit mehreren Zoomstufen vergrößert werden kann. Die Pegel sind als farblich gekennzeichnete Symbole zu kennzeichnen, wobei die Farbe einen Hinweis auf den Wasserstand bzw. Abfluss gibt. Weiters ist zu empfehlen, bei jedem Pegel ein Mouseover vorzusehen, das den Namen der Station sowie die aktuellen Werte (und/oder eine Ganglinie der letzten 3 Tage) anzeigt. Beim Klick auf die Pegelstation soll sich ein Fenster mit einer Ganglinie öffnen, außerdem sollen Informationen über den Pegel/das Einzugsgebiet, Kenngrößen, ... übersichtlich dargestellt bzw. verlinkt sein. Die anderen Parameter wie Niederschlag, Temperatur und Schnee sollen ähnlich dargestellt wie die Wasserstände und Abflüsse werden.

Für die Darstellung der Vorhersagen wird empfohlen, ebenfalls eine Übersichtskarte zu verwenden, sodass bereits beim Öffnen der Website auf den ersten Blick zu sehen ist, ob und in welchem Einzugsgebiet Hochwassergefahr herrscht. Es wird empfohlen, die publizierte Vorhersagefrist soll je nach Gebietsgröße und meteorologischer Situation zu wählen, wobei für Pegel an der Donau eine Vorhersagefrist von 48 Stunden vorzusehen ist. Vorhersagen über diesen Zeitraum hinaus (z. B. 7 Tage) können als Trend bezeichnet werden. Eine Darstellung des Unsicherheitsbereiches ist anzuraten, speziell für lange Vorhersagefristen.

Die Darstellung der Ganglinien soll ähnlich den Ganglinien der beobachteten Wasserstände/Abflüsse erfolgen. Zusätzlich zu den deterministischen Prognosen sollen auch die Ensemblevorhersagen veröffentlicht werden. In der Darstellung soll auch ein Bezug zu den letzten großen Hochwässern (z. B. Wasserstand 2002 und 2013) und zu statistischen Werten (z. B. HQ50, HQ100) hergestellt werden. Die zur Darstellung gewählten Farben müssen sowohl im Diagramm als auch in der Legende eindeutig erkennbar und unterscheidbar sein, die Achsenbeschriftung muss lesbar sein. Der aus den Ensemblevorhersagen abgeleitete Unsicherheitsbereich sollte mit einem farblichen Verlauf dargestellt werden, wobei gilt, je dunkler, desto wahrscheinlicher ist der Wert. Auch der Bezug zu statistischen Werten sollte in dieser Abbildung angedeutet werden.

11 Wie kann das Auffinden der Informationen erleichtert werden?

Je einfacher und klarer die Webadresse, desto einfacher können die Informationen im Internet gefunden werden und desto leichter kann man sich die Webadressen merken, auch wenn sie nicht abgespeichert sind. Daher ist eine Webadresse wie z. B. <http://www.hnd.bayern.de> zu bevorzugen. Weiters ist zu gewährleisten, dass die Homepage des HD OÖ bei einer Google-Suche nach „Hochwasser, Oberösterreich“ als erstes Ergebnis angezeigt wird. Auch auf der Homepage des Landes müssen bei einer Suche nach Hochwasser die aktuellen Wasserstände und Vorhersagen als erstes aufscheinen. Eine Möglichkeit, diese Adresse bekannt zu machen,

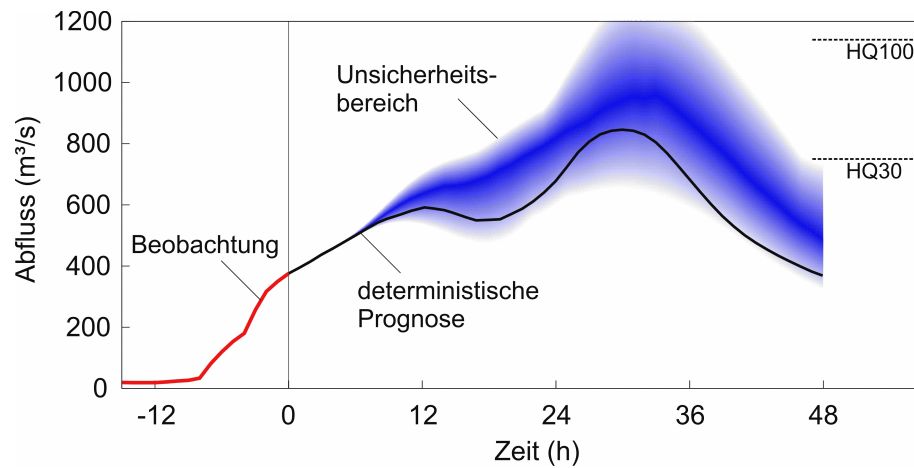


Abbildung 1: Empfohlene Darstellung des Unsicherheitsbereiches (blaue Fläche)

ist, den Link in E-Mails und in offiziellen Aussendungen zu verwenden und somit bekannt zu machen.

Für das Aufrufen der Website auf Smartphones ist eine kurze und prägnante Webadresse ebenfalls empfehlenswert. Dazu ist die Kompatibilität der Website mit Smartphones notwendig. Von den analysierten Dienststellen bietet einzig das HND Bayern eine für Smartphones optimierte Website an (m.hnd.bayern.de).