

Hydrologische Vorhersagen und Warnungen

Hydrologische Vorhersagen werden für ausgewählte Gewässer und Standorte erstellt. Abflussvorhersagen sagen voraus, wie viel Wasser es in den kommenden Tagen in den Flüssen haben wird. Für die Seen wird der zu erwartende Wasserstand prognostiziert. Die Vorhersagen beziehen sich immer auf einen bestimmten Ort an einem Fluss respektive See.

Um einen Abfluss oder Pegel vorherzusagen werden hydrologische Modelle verwendet, welche mit Hilfe von Wettervorhersagen sowie meteorologischen und hydrologischen Messwerten von MeteoSchweiz zukünftige Abflüsse berechnen. Die Modelle generieren mit unterschiedlichen Inputs (Wettervorhersagen) verschiedene Vorhersagen. Die Hydrologen vom BAFU interpretieren anschliessend die Vorhersagen und stellen ihre Einschätzungen in Form von Bulletins und Warnungen verschiedenen Fachstellen und der Bevölkerung zur Verfügung (s. Abbildung 1). Die Informationen stellen bei kritischen Situationen die Grundlage einer Notfallplanung dar.

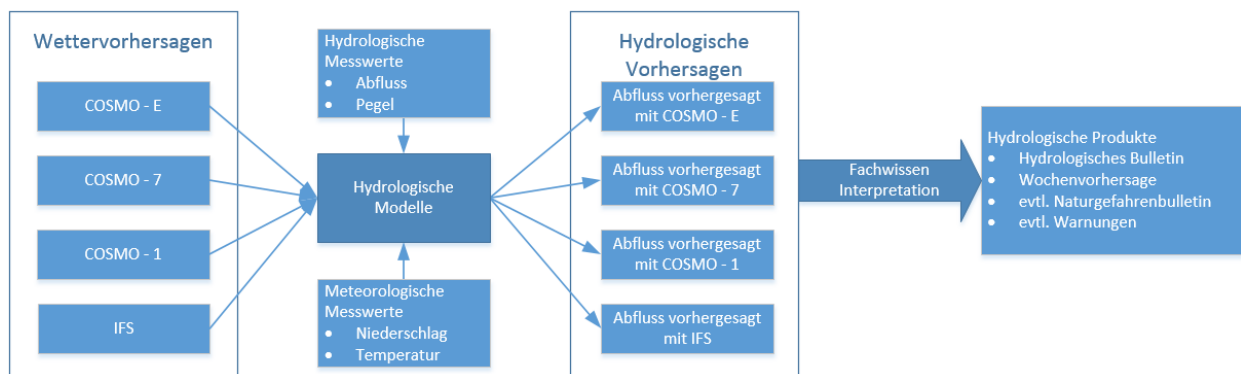


Abbildung 1: Prozesse und relevante Inputdaten der hydrologischen Vorhersage.

Wie entsteht eine hydrologische Vorhersage?

Der Kern der Wasserstand- und Abflussvorhersagen sind die hydrologischen Modelle. Diese werden mit aktuellen meteorologischen und hydrologischen Messwerten sowie meteorologischen Vorhersagen gefüttert, um einen Abfluss vorherzusagen (s. Abbildung 2). In diesem Abschnitt werden die verwendeten Modelle und Daten kurz dargestellt.

Hydrologische Modelle

Hydrologische Modelle bilden eine vereinfachte Darstellung des Wasserhaushalts in einem Einzugsgebiet ab. Die Modelle berechnen wie viel Wasser gespeichert wird, wie viel verdunstet und was letztendlich abflusswirksam ist und in die Gewässer gelangt. Das Wasser kann in Pflanzen, im Boden, im geologischen Untergrund und in Form von Schnee gespeichert werden.

Bei einem hydrologischen Modell wird zwischen Eingangs- und Ausgangsgrössen unterschieden. Die wichtigsten Eingangsgrössen sind der Niederschlag und die Temperatur. Zu den Ausgangsgrössen zählen neben dem Abfluss und dem Pegel auch die Verdunstung, die Schneemenge und die Bodensättigung (s. Abbildung 2). Die Eingangsgrössen können gemessene oder prognostizierte Werte sein. Ist der Start einer Abflussvorhersage z.B. um 08:00 Uhr, dann wird das Modell bis zu diesem Zeitpunkt mit Messwerten gefüttert. Nach 08:00 Uhr müssen dann vorhergesagte Werte herangezogen werden.

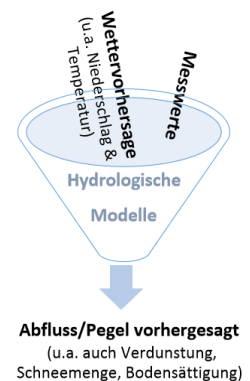


Abbildung 2: Input und Output der hydrologischen Modelle.

Derzeit sind fünf hydrologische Modelle mit unterschiedlichem Grad an Komplexität im BAFU-Vorhersagesystem verfügbar, welche in Tabelle 1 kurz beschrieben werden. Es wird nicht jede Station mit

jedem hydrologischen Modell berechnet. Auf GIN sind pro Station Daten eines hydrologischen Modells vorhanden. Die zeitliche Auflösung aller Modelle ist jeweils eine Stunde.

Tabelle 1: Vom BAFU für die Abflussvorhersagen eingesetzte hydrologische Modelle

Modell	Modelleigenschaften
HBV-96	Grobe Raumauflösung (Teilgebiete) und vereinfachte Prozessabbildung (am BAFU nur für Rheineinzugsgebiet verwendet)
PREVAH	Feinere Raumauflösung (Hydrotöpfe) und physikalisch-basierte Prozessabbildung
WaSiM	Gegittertes Modell (0.5 x 0.5 km) mit physikalisch-basierter Prozessabbildung und vielen Optionen
LARSIM	Gegittertes Modell (1 x 1 km) mit tlw. physikalisch Prozessabbildung
RS3	Hydrologisch-hydraulisches Modell, vereinfachte hydrologische Prozessabbildung und detaillierte hydraulische Strukturen (am BAFU nur hydraulische Komponente in Kombination mit PREVAH verwendet)

Meteorologische Modelle / Wettervorhersage

Die Wettervorhersagen von MeteoSchweiz werden mit Hilfe von meteorologischen Modellen erstellt, welche die Prozesse in der Atmosphäre abbilden. Die vom BAFU eingesetzten Wettermodelle sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Ein Unterschied zwischen den meteorologischen Modellen ist der Vorhersagezeitraum, welcher bei den verwendeten Modellen von 30 h bis 10 Tage variiert. Die Modelle können in deterministische und Wahrscheinlichkeitsmodelle unterteilt werden. Die deterministischen Modelle liefern eine Vorhersage. Die Wahrscheinlichkeitsmodelle umfassen hingegen mehrere Vorhersagen, wodurch Wahrscheinlichkeiten für das Eintreffen der Vorhersage angegeben werden können. Als Beispiel: Die Wahrscheinlichkeit, dass in den nächsten 24 Stunden mehr als 50 mm Niederschlag fallen, beträgt 70%. (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Vom BAFU für die Abflussvorhersagen eingesetzte Wettermodelle

Modell	Modelltyp	Vorhersagezeitraum	Läufe/Tag
COSMO-1	Deterministisches Modell (1 Vorhersage)	bis 30 h	8x
COSMO-7	Deterministisches Modell (1 Vorhersage)	72 h	3x
IFS (ECMWF)	Deterministisches Modell (1 Vorhersage)	240 h	2x
COSMO-E	Wahrscheinlichkeitsmodell (21 Vorhersagen)	132 h	1x

Unsicherheit der Vorhersagen

Die Güte der hydrologischen Vorhersagen, hängt vorwiegend von folgende Faktoren ab: den numerischen Wettermodellen, den hydrologischen Modellen und der Datenverfügbarkeit und -qualität. Dabei gilt zu beachten: Je grösser der Vorhersagezeitraum ist, desto unsicherer werden die Vorhersagen (s. Abbildung 3). Und je grösser ein Einzugsgebiet ist, desto unsicherer werden die Vorhersagen.

Wettermodelle

Die Wettervorhersagen haben einen grossen Einfluss auf die Qualität der Abflussvorhersagen. Stimmen diese nicht, stimmen die Abflussvorhersagen meistens auch nicht. Entscheidend sind vorwiegend die Vorhersage der Temperatur und des Niederschlags (Menge, räumliche Verteilung & zeitliche Abfolge des Niederschlagsereignisses).

Die Niederschlagsmenge ist massgeblich dafür verantwortlich, wie stark die Pegel ansteigen können. Berechnet das Wettermodell zu hohe Niederschlagsmengen im Vergleich zur Realität, wird im hydrologischen Modell ein zu hoher Abfluss vorausgesagt. Die Temperatur ist vor allem in Kombination mit Schnee relevant. Bei einem Niederschlagsereignis bei welchem Schnee im Mittelland liegt, ist die Vorhersage stark von der vorhergesagten Nullgradgrenze abhängig. Bei einer tiefen Nullgradgrenze fällt der Niederschlag als Schnee. Der Abfluss steigt folglich nur leicht an. Liegt die Nullgradgrenze höher, fällt der Niederschlag hingegen als Regen und der vorhandene Schnee schmilzt. Entsprechend steigt der Abfluss stark an. Eine präzise Vorhersage der Nullgradgrenze ist sehr schwierig.

Hydrologische Modelle und Datenverfügbarkeit & -qualität

Eine perfekte Wettervorhersage bedeutet nicht in jedem Fall eine gute Abflussvorhersage. Der Abbildung der Wirklichkeit durch hydrologische Modelle sind Grenzen gesetzt. Deshalb liefern die hydrologischen Modelle nicht in allen Situationen und in sämtlichen Einzugsgebieten gute Resultate.

Ausgangszustand

Je nach Ausgangszustand reagiert ein Einzugsgebiet anders auf ein Niederschlagsereignis. Es spielt zum Beispiel eine grosse Rolle, ob die Bodenspeicher gesättigt sind oder ob Schnee im Einzugsgebiet liegt. Das hydrologische Modell wird bis zum Startzeitpunkt einer Vorhersage mit Messwerten gefüttert. Die Bodensättigung und die Schneemenge werden jedoch berechnet. Insbesondere in Einzugsgebieten mit wenigen oder keinen meteorologischen Messstationen können die Resultate von der Wirklichkeit abweichen. Für diese Gebiete müssen für die Berechnung weiter weg liegende Messstationen herangezogen werden, welche nicht unbedingt die Verhältnisse des entsprechenden Einzugsgebiets abbilden. Weicht der modellierte Ausgangszustand von der Wirklichkeit ab, kann eine Abflussvorhersage trotz guter Wettervorhersage ungenügend sein.

Beeinflussungen

Praktisch alle grösseren Seen in der Schweiz sind reguliert, dies liegt in der Verantwortung der Kantone. Ein Reglement legt zwar fest, wie viel Wasser bei welchem Wasserstand ausgelassen werden muss, auch sind besondere Vorschriften für den Hochwasserfall definiert. Im Hochwasserfall ist es aber häufig schwierig, den Seeausfluss für die kommenden Tage abzuschätzen, was einen grossen Einfluss auf die Qualität der Abflussvorhersagen hat.

In vielen Einzugsgebieten ist das natürliche Abflussregime durch die Energieerzeugung in Kraftwerken beeinflusst. Der Abfluss unterliegt starken täglichen Schwankungen. Dem BAFU stehen aber kaum Informationen zur Regulierung der Gewässer zur Verfügung. Dadurch resultieren zum Teil erhebliche Abweichungen zwischen gemessenen und vorhergesagten Abflüssen.

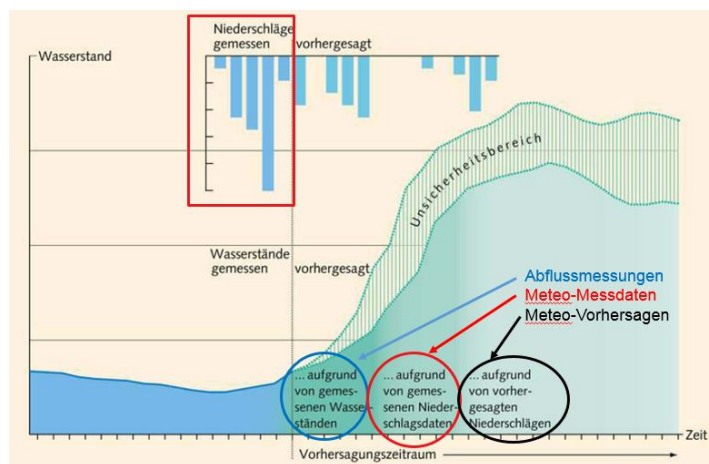


Abbildung 3: Unsicherheitszuwachs in der Abflussvorhersage.

Produkte und Warnungen

Nachdem die hydrologischen Modelle gerechnet haben und die Resultate vom Prognostiker interpretiert wurden, werden Produkte für die Bevölkerung und Fachstellen aufbereitet und veröffentlicht.

- **Vorhergesagte Abflussganglinien:** Bei fast 100 Stationen werden die Modellergebnisse basierend auf allen Wettermodellen dargestellt (s. Tabelle 2).
- **Hydrobulletin:** Beschrieb der allgemeinen hydrologischen Lage an den Fliessgewässern und Seen, die Wetterentwicklung und eine Wasserstands- und Abflussprognose für die nächsten Tage. Es wird zweimal wöchentlich am Montag und Donnerstag auf dem Internet aktualisiert.

- **Hochwasserwarnkarten:** Das BAFU erstellt täglich eine Hochwasserwarnkarte für Gewässer von gesamtschweizerischem Interesse (s. Abbildung 4) sowie eine für kleine und mittelgrosse Fließgewässer. Die Einfärbung der Seen, Flüsse und Regionen stellt die Beurteilung des Prognostikers bezüglich der Hochwassergefahr dar. Auf der Webseite des BAFU werden diese Karten getrennt dargestellt. Auf GIN verschmelzen beide Karten zu einer Karte. Im Hochwasserfall, wird bei Bedarf die Karte mehrmals täglich angepasst.
- **Wochenvorhersage:** Wird bei der Beurteilung der Abfluss- und Warnsituation ein mögliches Hochwasser in den nächsten 5 Tagen vermutet, wird dies in der Wochenvorhersage erwähnt, zudem werden aktive Warnungen aufgeführt. Die Wochenvorhersage wird nicht aktiv versandt.
- **Naturgefahrenbulletin:** Ab dem Erreichen einer Gefahrenstufe 2 (>HQ2) an einem Gewässer von gesamtschweizerischem Interesse. Das Naturgefahrenbulletin beschreibt das Ereignis detailliert. Es enthält auch die relevanten Informationen zu den gewarnten Wetterprozessen (Niederschlag, Schnee, Wind, etc.).

Gefahrenstufen

Gewässer von gesamtschweizerischen Interesse

Insgesamt existieren fünf Gefahrenstufen, wobei die Gefahrenstufe 1 (grün) keine oder eine geringe Gefahr darstellt, die Gefahrenstufe 5 (dunkelrot) eine sehr grosse Gefahr (s. Abbildung 4). Die Gefahrenstufen geben Auskunft über die Intensität des Ereignisses und Verhaltensempfehlungen. Die Schwellenwerte, welche die Gefahrenstufen abgrenzen, werden ausgehend von den in den Kantonen auszulösenden Massnahmen sowie teilweise vom vorhandenen Wissen über das Verhalten des jeweiligen Fließgewässers festgelegt (Pegel ab dem das Gewässer über die Ufer tritt, ab dem die ersten Schäden eintreten usw.). Diese Schwellenwerte entsprechen in etwa der Jährlichkeit von Hochwasserereignissen, also einer Wiederkehrperiode von durchschnittlich 2, 10, 30 oder 100 Jahren.

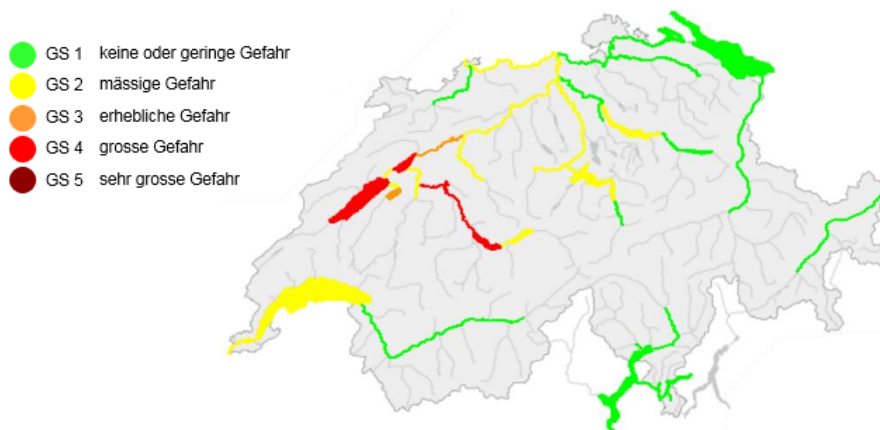


Abbildung 4 Hochwasserwarnkarte für Gewässer von gesamtschweizerischem Interesse und Gefahrenstufen des BAFU. GS: Gefahrenstufe.

Hochwasserwarnungen für kleine und mittelgrosse Flüsse

Hochwasserwarnungen für kleine und mittelgrosse Fließgewässer werden wegen der nicht ausreichenden Genauigkeit der Niederschlagsvorhersagen für Regionen ausgegeben. Es kann nicht vorhergesagt werden, welche Fließgewässer genau betroffen sein werden. Im Vorfeld eines Ereignisses werden nur zwei Gefahrenstufen unterschieden: keine oder geringe Gefahr (grün) und Hochwassergefahr (ohne Angabe zum Schweregrad, gelb). Im Falle eines „Jahrhunderthochwassers“ (wie z.B. August 2007) wird die Warnkarte rot (Gefahrenstufe 4) eingefärbt. Die rot-Einfärbung der Warnkarte erfolgt aufgrund von Messdaten und nicht im Vorfeld eines Ereignisses. Sie signalisiert der Öffentlichkeit, dass in den betroffenen Regionen im Moment ein sehr grosses Hochwasser im Gange ist. An die Behörden wird keine Warnung gesendet.