

WERKZEUGE ZUR BEWÄLTIGUNG VON HOCHWASSER- UND MURGANGEREIGNISSEN IN KLEINEREN EINZUGSGEBIETEN

EMERGENCY MANAGEMENT TOOLS FOR FLOODS AND DEBRIS FLOW EVENTS IN SMALLER CATCHMENTS

H. Romang¹, C. Wilhelm², V. Frede³, D. Béro⁴, C. Hegg¹, J. Rhyner¹

ZUSAMMENFASSUNG

Hochwasser und Murgänge verursachen in der Schweiz immer wieder grosse Schäden. Diese können durch präventive Massnahmen reduziert werden, aber auch Interventionen wie der mobile Hochwasserschutz sind notwendig. Besonders in kleineren Einzugsgebieten stellt das Ereignismanagement wegen der kurzen Reaktionszeiten eine spezielle Herausforderung dar. Zur Stärkung von Warnung und Intervention gerade in solchen Gebieten wurden deshalb folgende zwei Instrumente in Pilotgebieten in der Schweiz entwickelt. Das Informations- und Warnsystem IFKIS-Hydro für hydrologische Gefahren in Einzugsgebieten im Bereich von 1 bis 1000 km² liefert die Informationen zur Beurteilung der aktuellen und absehbaren Gefahrensituation. Die Interventionskarte unterstützt die Einsatzkräfte vor Ort bei ihrer Arbeit wie der Planung und Durchführung von Einsätzen oder der Festlegung von Prioritäten.

Keywords: Notfallplanung, Warnsystem, Intervention, Gefahrenkarte

ABSTRACT

Floods and debris flows frequently cause fatalities and significant economic losses in Switzerland. In order to reduce such negative effects, not only preventive measures but also interventions such as mobile mitigation measures are required. In the case of small catchments with short reaction times, good emergency management poses a genuine challenge. This challenge may be met largely by the following tools that were developed in several test sites in Switzerland. First, an information and warning system called IFKIS-Hydro was developed and applied for hydrological hazards in small and medium scale catchments. It provides information about the evolution of possibly hazardous situations. Second, the intervention plan was elaborated. It provides safety managers and rescue forces with the information needed to plan and organize missions and to give priority to important objects at risk.

Keywords: emergency management, early warning system, intervention, hazard map

¹ WSL Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Flüelästrasse 11, CH-7260 Davos, Schweiz, (Tel.: +41-81-417-03-61; Fax: +41-81-417-01-10; email: romang@slf.ch)

² Amt für Wald Graubünden, Chur, Schweiz

³ Departement Bau und Umwelt, Glarus, Schweiz

⁴ Dienststelle für Strassen- und Flussbau des Kantons Wallis, Sion, Schweiz

EINFÜHRUNG

Hochwasser und Murgänge verursachen in der Schweiz jährlich Schäden in Millionenhöhe (Schmid et al. 2004). Zur Reduktion dieser Schäden stehen verschiedene Massnahmen zur Verfügung, die in der Schweiz im so genannten integralen Risikomanagement, bestehend aus Prävention, Intervention und Wiederherstellung, zusammengefasst werden (PLANAT 2004). Dabei blickt die Prävention auf eine lange Tradition zurück (z.B. eidgenössisches Forstgesetz 1876). Demgegenüber sind organisatorische Massnahmen wie Evakuierung, Strassensperrungen oder der mobile Hochwasserschutz eher neueren Datums. Mit diesen Interventionen können die Folgen eines trotz vorbeugenden Massnahmen auftretenden Schadenereignisses gemindert werden. Sie spielen heute eine zunehmend wichtige Rolle, da zum einen bauliche und biologische Schutzmassnahmen technischen, finanziellen und ökologischen Grenzen unterliegen, und zum andern raumplanerische Massnahmen zur Kontrolle und Reduktion des Schadenpotenzials erst langfristig greifen können.

Interventionen im Ereignisfall stellen für die Einsatzkräfte vor Ort eine besondere Herausforderung dar. Häufig handelt es sich um eher seltene und damit wenig vertraute Ereignisse. Zudem sind gerade in kleineren Einzugsgebieten die Reaktionszeiten kurz. Nicht zuletzt ist auch die physische und psychische Belastung der Einsatzkräfte nicht zu unterschätzen. Unter dem Eindruck der Hochwasserereignisse der letzten Jahre (Bezzola und Hegg 2007) werden deshalb in der Schweiz vermehrt Instrumente entwickelt, welche das Ereignismanagement stärken sollen. Dabei stehen zum einen Systeme im Vordergrund, welche die Erfassung, Verarbeitung und Verbreitung von Informationen vor und während Ereignissen verbessern und als (Früh-) Warnsysteme wirken können, zum andern Instrumente und Entscheidungshilfen, welche die Arbeit vor und während eines Einsatzes in einem betroffenen Gebiet unterstützen.

Deshalb wurde in Ergänzung zu bereits bestehenden hydrologischen Prognosesystemen für grössere Flusseinzugsgebiete (Bürgi et al. 2007) in Pilotgebieten ein Warn- und Informationssystem mit Fokus auf kleinere Einzugsgebiete im Bereich von 1-1'000 km² entwickelt (Romang et al. 2007). Das verwendete Konzept baut auf den guten Erfahrungen der Lawinenwarnung mit dem System IFKIS (Interkantonales Frühwarn- und Kriseninformationssystem, Bründl et al. 2004) auf und wird deshalb IFKIS-Hydro genannt. Zeitgleich wurde am Beispiel der Gemeinde Klosters (Kanton Graubünden) die so genannte Interventionskarte als Instrument für die Einsatzkräfte vor Ort entwickelt (Romang et al. 2006). Auch in andern Gebieten, so etwa im Kanton Wallis, wurde das Thema Krisenmanagement systematisch angegangen (Seiler und Bumann 2007).

IFKIS – KONZEPT EINES INFORMATIONSSYSTEMS- UND WARNSYSTEMS

Auslöser der Entwicklung von IFKIS-Hydro war das Bedürfnis nach besseren hydrologischen Informationen zur Ereignisbewältigung in kleineren Einzugsgebieten. Mit dem System IFKIS stand eine bewährte und schweizweit akzeptierte Lösung (Lawinenwarndienst) für ähnliche Probleme, wenn auch für einen anderen Gefahrenprozess, zur Verfügung. Deshalb bildet IFKIS auch für den hydrologischen Bereich die konzeptionelle Basis. Es ermöglicht die standardisierte Erfassung, Verarbeitung, Interpretation und Verbreitung von Informationen. Die einzelnen Elemente (Abbildung 1) werden angepasst an die jeweilige Situation, insbesondere an die Verfügbarkeit entsprechender Daten, näher festgelegt.

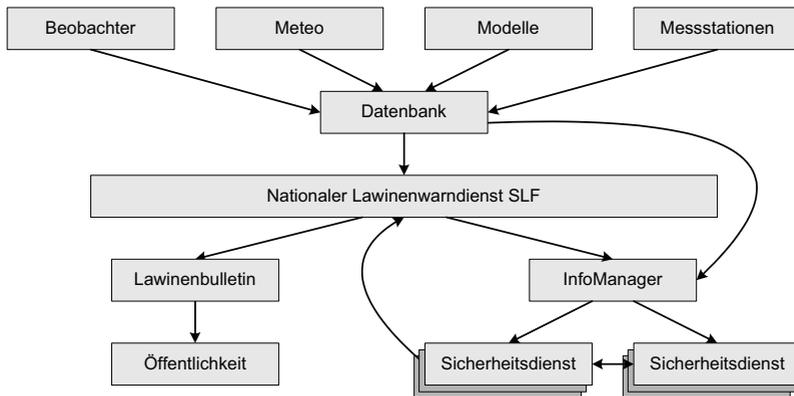


Abb. 1: Die Struktur von IFKIS in der Lawinenwarnung.
Fig. 1: The design of IFKIS in avalanche warning.

IFKIS-Hydro verfügt vorläufig über keinen zentralen Warndienst und Dienstleistungen wie die Aufbereitung der Daten, die Beraterfunktion und die Information der Öffentlichkeit können nicht angeboten werden. Dies ist durch den Pilotcharakter der bisherigen Arbeiten begründet, weist aber klar auf anstehende Bedürfnisse hin. Insbesondere die Sicherheitsverantwortlichen vor Ort, welche die Verantwortung für die Lagebeurteilung, die Entscheide und deren Umsetzung tragen und somit an der Schnittstelle von Warnung und Intervention stehen, sind auf fachlichen Austausch untereinander und mit einer Fachstelle angewiesen.

Die übrigen Elemente von IFKIS-Hydro können wie folgt charakterisiert werden:

- **Beobachter:** Lokale Informationen spielen bei hydrologischen Extremereignissen in kleineren Gebieten eine wichtige Rolle, da die kleinräumige Variabilität gross sein kann. Beobachter können hier flexibel eingesetzt werden, schlecht messbare Prozessgrössen wie Hangbewegungen, Geschiebe- oder Schwemmholtztransport aber auch kurzfristige und kleinräumige Wetterentwicklungen (Gewitter) im Gelände erfassen, bewerten und an die Einsatzzentrale übermitteln. und zugleich die Verbindung zur Intervention sicherstellen Zugleich können sie beispielsweise als Warnposten die Verbindung zur Intervention sicherstellen Beobachter sind spezifisch ausgebildet und mit den Lokalitäten vertraut.
- **Meteo:** Meteorologische Informationen bilden auch für IFKIS-Hydro eine wichtige Basis. Grundsätzlich bezieht das System bestehende Meteo-Angebote ein, welche aber zusätzlich auf die Bedürfnisse eines Warnsystems ausgerichtet werden können.
- **Modelle:** Prozessmodelle, hier vor allem Abflussprognosemodelle, können eine wesentliche Rolle spielen. So wurde für das Einzugsgebiet der Linth im Kanton Glarus ein Abflussprognosemodell eingerichtet. Es ist aber festzuhalten, dass IFKIS-Hydro grundsätzlich weder von einem implementierten Abflussprognosemodell an sich noch von einem bestimmten Modell abhängig ist.
- **Messtationen:** Eine der Stärken von IFKIS-Hydro liegt in der Flexibilität, welche den Einbezug von Daten weitgehend unabhängig ihrer Herkunft erlaubt, sofern gewisse Standards eingehalten sind. Diese Stärke zeigt sich gerade beim Einbezug von Messtationen, wo vorzugsweise auf bestehende Messnetze zurückgegriffen wird.

- InfoManager: Die web-basierte Plattform bietet Zugriff auf die benötigten Daten und Informationen vom Wetterbericht über die Messwerte aus dem Gebiet bis zu den Beobachtungen (Abbildung 2). Im Weiteren erlaubt sie den Zugriff auf gespeicherte Daten und ermöglicht den Informationsaustausch mit Nachbargebieten. Die einheitliche Plattform einschliesslich der Speicherung früherer Daten (Erfahrungen) und deren Bezug für künftige Entscheidungen ist ein wesentliches Element im Konzept von IFKIS.

IFKIS	Messtelle	Pegel	Pegel 1	Durchfluss	Trübung	Geschiebe	Datum	Zeit	edit	del.
Hydro		mm	mm	m³/s						
Meteo	Dépotoire du golf	100					04.08.2006	07:30		X
Prognose	Golf port amont	100					04.08.2006	07:30		X
Letzte Werte	Le Flameau	100					01.01.2007	13:30		X
Verlauf	Guinard agence	150			mässig		03.03.2007	13:30		X
Niederschlag	Mondzeu Gokittaz	100			mässig		03.03.2007	13:30		X
Letzte Werte	Mondzeu Abati	150			mässig		03.03.2007	13:30		X
Verlauf	La Tinte	100			mässig		03.03.2007	13:30		X
Pegel / Abfluss	Mondzeu avant l'hôtel	100			mässig		03.03.2007	13:30		X
Letzte Werte	Mérot	100			mässig		03.03.2007	13:30		X
Verlauf	STEP	200			mässig		03.03.2007	13:30		X
PfQ-Bezeichnung	Fontanelle dessus	350			gering	nein	03.03.2007	09:00		X
Beobachtungen	Pont de Bramois	600			gering	nein	03.03.2007	09:00		X
Letzte Werte	Route cantonale/c. des	350			gering	nein	03.03.2007	09:00		X
Verlauf	Forcles	350			gering	nein	03.03.2007	09:00		X
Simulation										
Verlauf										

Abb. 2: Erfassung von Beobachterdaten im InfoManager (Beispiel Pilotgebiet Verbier).
 Fig. 2: Entry of observed data in the InfoManager (example from the test-site Verbier).

IFKIS-HYDRO – PILOTGEBIET GLARUS

Von der Linth, einem Gebirgsfluss der Ostschweiz, mit einem Einzugsgebiet von rund 600 km², geht für verschiedene flussnahe Siedlungs- und Industriegebiete im Kanton Glarus eine erhebliche Hochwassergefährdung aus. Um die Interventionsmassnahmen gezielter einsetzen zu können, galt es beim Projektstart im Jahr 2004 in erster Priorität die im Gebiet vorhandenen, aber schlecht zugänglichen Messdaten von Niederschlag und Abfluss in einem System zu integrieren und zu präsentieren. Dazu wurde der InfoManager verwendet, der zunächst auf die hydrologischen Gefahren angepasst werden musste. Ferner konnte ein Abflussprognosemodell implementiert werden (Zappa et al. 2006). Dazu wurde eine für den operationellen Betrieb bestimmte Weiterentwicklung des PREVAH-Modellsystems (Precipitation-Runoff-Evapotranspiration HRU related Model) eingesetzt.

Im operationellen Betrieb läuft PREVAH heute auf einem LINUX-Rechner. Fünf Minuten nach Beginn jeder neuen Stunde werden die Niederschlagsdaten der automatischen Messstationen der MeteoSchweiz und des IMIS Messnetzes (SLF) sowie die Abflussdaten des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und des Kantons Glarus abgefragt. Im Rahmen des Pilotprojektes Glarus wird zudem erstmals eine koordinierte Verwertung der Daten der Messnetze des BAFU, der MeteoSchweiz und des IMIS (SLF) erzielt. Die neuesten Daten werden anschliessend für das Einzugsgebiet räumlich interpoliert. Der eigentliche Modelllauf

besteht in einer Simulation der letzten 12 Tage bis zu den letzten interpolierten Messwerten. Damit werden die Grundlagen für die Prognose erstellt. Bei Bedarf lässt sich das Modell nacheichen. Ausgewählte Simulationsergebnisse (Abfluss, Gebietsniederschlag, Verdunstung, Schneeschmelze und mittlerer Sättigungszustand des Bodens) stehen etwa vier Minuten nach der automatischen Auslösung eines Modelllaufes im InfoManager zur Verfügung. Nach einer Lagebeurteilung können die Verantwortlichen weitere Schritte einleiten und beispielsweise den Krisenstab voralarmieren.

Die Prognoseversion von PREVAH greift via FTP auf die Modellresultate zurück und wird lokal betrieben. So können die Sicherheitsverantwortlichen bei ungewisser Wetterentwicklung eine Reihe von Szenarien durchspielen und erhalten einen Überblick über mögliche Entwicklungen der Pegelstände (Abbildung 3). Die Eingabe der vorhergesagten meteorologischen Elemente erfolgt zurzeit über eine Eingabemaske. Eine automatische Verknüpfung mit probabilistischen Wetterprognosen ist in Arbeit (Zappa und Vogt 2007).

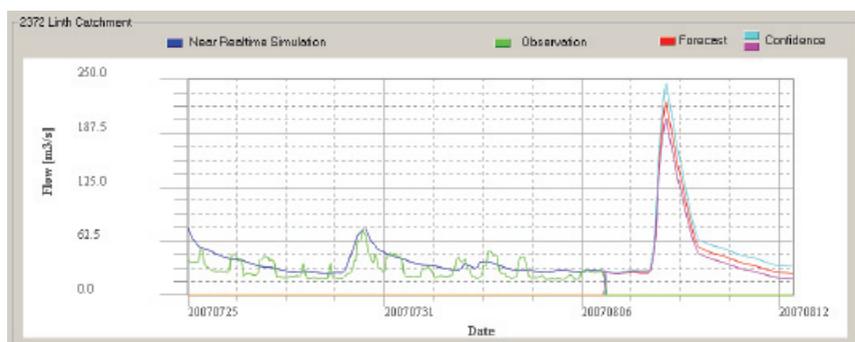


Abb. 3: Beispiel einer möglichen Abflussprognose und Szenarienrechnung für die Linth in Mollis im August 2007 (Initialisierung der Prognose am 7.8.2007 um 2:00 Uhr). Die gemessene Abflusspize am 8.8.2007 betrug ungefähr $220 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Die Darstellung entspricht einer „best-fit“ Variante nach dem Ereignis.

Fig. 3: Example of a discharge simulation for the Linth river in Mollis in August 2007 (initiation of the model run on August 7th, 2 o'clock AM). The measured peak discharge on August 8th was about $220 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. The graph represents a “best-fit” option modelled after the event.

IFKIS-Hydro wird im Kanton Glarus seit 2006 erfolgreich eingesetzt. Massgebend für den Erfolg ist nicht nur die technische Implementierung des Systems mit dem Prognosemodell und der einheitlichen Plattform als zentrale Elemente, sondern auch die organisatorische und personelle Umsetzung. Alle Beteiligten vor Ort sind sich ihrer Rolle und Verantwortung bewusst. Das aktive Ereignisgeschehen mit einigen grösseren Abflüssen seit der Einführung des Systems und das Engagement der Beteiligten geben für die Weiterentwicklung von IFKIS-Hydro wertvolle Impulse.

Beispielhaft für die Umsetzung im Ereignisfall ist die Chronologie des Hochwasserereignisses vom 8./9. August 2007:

- Aufgrund der Meteo-Prognosen wurden mit PREVAH Abflussprognoseszenarien erstellt (Ingenieurbüro A.+T. Marty in Ziegelbrücke im Auftrag des Kantons Glarus). Diese Prognosen zeigten für die Nacht vom 8. auf den 9. August ein wahrscheinliches Überschreiten der Schadengrenze an.

- Am 8. August fand um 17 Uhr eine Lagebesprechung mit den Kadern der lokalen Feuerwehren und den kantonalen Verantwortlichen statt. Gemeinsam wurde beschlossen, vorsorgliche Massnahmen zu ergreifen.
- Die Feuerwehren wurden aufgeboten und an der Linth wurden an den bekannten Schwachstellen Massnahmen ergriffen. Dabei handelte es sich im Wesentlichen um die Installation von Schlauchsystemen (Beaver©) und Sandsäcken sowie um die Information von Anwohnern und Gewerbebetrieben.
- Der Anstieg der Linth erfolgte schneller als aufgrund der Prognose erwartet. Trotzdem waren die Interventionsmassnahmen weitgehend fertig gestellt, als um 23 Uhr der Höchststand der Linth erreicht war. Er lag knapp unter der Schadengrenze.
- Parallel dazu wurde die Entwicklung der Lage mit Hilfe des InfoManagers und der Simulationen laufend beurteilt.
- Am 9. August konnte Entwarnung gegeben werden und in den Folgetagen wurden die Massnahmen abgebaut.

IKFIS-HYDRO – PILOTGEBIET WALLIS

Der Kanton Wallis im Südwesten der Schweiz ist morphologisch geprägt durch das Haupttal der Rhone und die zahlreichen gebirgigen Seitentäler mit Berggipfeln bis über 4000 m ü. M. IFKIS-Hydro konzentrierte sich auf die kleinen und häufig steilen Einzugsgebiete in diesen Seitentälern. Bewusst wurden Gebiete gewählt, bei denen aufgrund der Grösse erwartet werden musste, dass Warnungen als solche an ihre Grenzen stossen werden. Unabhängig von IFKIS-Hydro wurde für die Rhone das Prognosesystem MINERVE entwickelt (Raboud et al. 2001).

Wegen dieser Kleinräumigkeit stand im Wallis die Erfassung lokaler Daten im Vordergrund. Diese sollten primär durch Beobachter erhoben werden, sekundär wurde zudem die Verdichtung von Messnetzen geprüft. Die lokalen Beobachtungen ergänzen, korrigieren und konkretisieren die Angaben auf räumlich gröberer Stufe (z.B. Niederschlagsprognosen). Sowohl die regionalen als auch die lokalen Informationen sind wichtig. Weil aber letztere durch die Arbeit der Beobachter etwa in einer Gemeinde oder einer Talschaft stark beeinflusst werden können, wird im Konzept von IFKIS-Hydro der Beobachtung vor Ort generell, speziell in den Pilotgebieten des Kantons Wallis, ein grosses Gewicht beigemessen.

In den insgesamt sechs Pilotgebieten wurde zunächst die Gefahren- und Risikosituation geprüft. Wo werden genauere Kenntnisse hinsichtlich möglicher Ereignisse benötigt? Angesichts der meist in grosser Zahl vorhandenen Fliessgewässer und potenziellen Gefahrenstellen in den Pilotgebieten ist eine Fokussierung unabdingbar. Weiter wurde geprüft, welche Informationen und Netzwerke für IFKIS-Hydro verwendet werden können. Dabei ging es beispielsweise um Messstationen, welche nicht nur von staatlichen Stellen sondern auch von Privaten wie etwa den Kraftwerksgesellschaften betrieben werden. Schliesslich wurde als Herzstück die Situation und die Möglichkeiten der Beobachtung mit den Verantwortlichen vor Ort diskutiert und konkrete Beobachtungsstandorte und Vorgehensweisen wurden festgelegt.

Bei den Beobachtungen wird zwischen regelmässigen (z.B. jährlichen) und unregelmässigen (im Ereignisfall) Beobachtungen unterschieden. Mit der regelmässigen Beobachtung werden Veränderungen im Gebiet erfasst. Typische Stellen für regelmässige Beobachtungen sind:

- Gebiete mit bekannten und aktiven Hangbewegungen
- Wichtige Geschiebedeponien im Gerinne (z.B. Ablagerungen von kleinen Ereignissen, Einstoss durch Runsen oder Sturzprozesse)
- Stellen mit erhöhtem Schwemmholtzpotenzial (z.B. aufgrund Waldzustand, bei Hanginstabilitäten oder in / unterhalb von Lawinenzügen)
- Einstoss grosser Lawinen mit der Gefahr von Verklausungen
- Schutzbauwerke, speziell wenn sich ihre Funktionsfähigkeit kurzfristig ändern kann (z.B. Rückhaltebecken und ihre mögliche Vorverfüllung durch kleinere Ereignisse)

Im Fall eines Ereignisses sollen Beobachtungen das Ereignis abbilden und trotz der knappen Zeit helfen, die aktuelle Situation zu bewältigen und die mögliche Entwicklung abzuschätzen. An vorgängig evaluierten Stellen können beispielsweise Pegelstandmarken abgelesen und Angaben zum laufenden Prozess, z.B. Holz- und Geschiebeaufkommen, erhoben werden (Abbildung 4). Wegen der knappen Zeit im Ereignisfall, den speziellen organisatorischen Ansprüchen und nicht zuletzt den hohen Anforderungen an die Qualität der Daten und ihrer Interpretation ist ein strukturiertes Vorgehen notwendig (Romang et al. 2007).



Abb. 4: Manuelle Pegelmessstelle im Gebiet Simplon Süd
Fig. 4: Human readable water level control point in the test area Simplon Süd

Das Projekt und damit auch die Umsetzung wurde zeitlich gestaffelt realisiert. In den ersten zwei Pilotgebieten wurde IFKIS-Hydro im Herbst 2005 eingeführt. Hier konnten auch schon erste Erfahrungen gesammelt werden. Diese können wie folgt zusammengefasst werden:

- Der Zugriff auf alle Informationen über eine einheitliche Plattform erleichtert die Arbeit wesentlich.
- Warnung und Intervention sind allgemein stark vom Faktor Mensch abhängig. Dies wird in kleinen Gebieten mit einer starken Gewichtung von Beobachtern einerseits und institutionell schwächer verankerten Zuständigkeiten noch akzentuiert. Bei hoher Verfügbarkeit, Überzeugung und persönlichem Engagement der Beteiligten können wertvolle Informationen für die Intervention gewonnen werden. Ansonsten können wesentliche Teile des Systems wegfallen.

- Bei sehr kleinen Einzugsgebieten in der Grössenordnung von einem Quadratkilometer stösst das System wie erwartet an seine Grenzen. Die Beobachtertätigkeit wird vor allem zeitlich sehr anspruchsvoll (rasche Reaktion nötig) und der Aufwand für (Niederschlags-) Messnetze steigt stark an.
- Da verhältnismässig viele Informationen in kurzer Zeit zu erfassen und zu bewerten sind und zudem die Situation im eigenen Gebiet nur bedingt mit Situationen in Nachbargebieten vergleichbar ist, ist die Lagebeurteilung anspruchsvoll und bedingt lokale Fachkompetenz. Zusätzlich wird auch eine beratende Fachstelle gewünscht.
- Die Betriebssicherheit von Systemen, welche bei Ereignissen fast im Minutentakt konsultiert werden und bei denen hohe Anforderungen an die Aktualität der Daten gestellt werden, muss mit praktisch dauernd gewährleistet werden können. Dies stellt auch an die Kommunikationsnetze hohe Ansprüche.

Die aufgeführten Punkte zeigen, dass die Einführung eines Warn- und Informationssystems auch bei kleinen Einzugsgebieten erheblich von organisatorischen Aspekten geprägt wird und nicht zuletzt von den beteiligten Personen abhängt. Die Wichtigkeit dieser Punkte wurde bereits beim Pilotgebiet Linth betont. Deshalb gilt aber auch, dass es bei allen fachlichen Grenzen, die zu respektieren sind, keine elementaren Gründe gibt, die gegen den Einsatz von Warn und Informationssystemen selbst in kleinen Gebieten sprechen.

DIE INTERVENTIONSKARTE

Wie können nun Warninformationen vor Hochwasser- und Murgangereignissen so umgesetzt werden, dass die Schadenfolgen eines Ereignisses tatsächlich vermindert werden können? Diese Frage stellt sich vor allem für die lokalen Wehrdienste und Behörden. Zu ihrer Unterstützung wurde die Interventionskarte entwickelt. Aufbauend auf der Gefahrenkarte Wasser liefert sie konkrete Angaben zu den Konsequenzen von Gefahrenereignissen und zu möglichen Massnahmen. Sie beantwortet die Fragen: Wo kann was passieren? Wie und mit welcher Priorität soll eingegriffen werden? Sie dient sowohl der Vorbereitung, indem analoge Situationen beübt und geeignete Hilfsmittel beschafft werden, als auch dem Einsatz im Ernstfall. Sie hat damit eine ähnliche Funktion wie die den Feuerwehren aus der Brandbekämpfung bereits vertrauten vorsorglichen Einsatzpläne.

Grundlage für die Erstellung der Interventionskarten sind die Gefahrenkarten. Diese unterscheiden rote, blaue und gelbe Gefahrengebiete. Massgebend für die Farbgebung rot, blau und gelb sind die Intensität und die Wahrscheinlichkeit der Gefährdung (BWW et al. 1997). Für die Interventionskarte sind speziell die Intensitäten wie die Geschwindigkeiten und die Überschwemmungshöhen massgebend. Für die Intervention kann die Farbgebung wie folgt vereinfachend umgesetzt werden:

- Im roten Gefahrengebiet herrscht bei einem Ereignis Lebensgefahr. Massnahmen sollten vor einem allfälligen Ereignis ergriffen werden, insbesondere Evakuationen. Während einem Ereignis sind Massnahmen nur dann in Betracht zu ziehen, wenn a) die Sicherheit der Einsatzkräfte durch flankierende Massnahmen wie Vorwarnung oder Fluchtwege gewährleistet werden kann und b) der Eingriff hinsichtlich seiner Wirkung als verhältnismässig zu betrachten ist.
- Im blauen Gefahrengebiet ist bei einem Ereignis besondere Vorsicht angebracht. Wesentlich ist das Gefahrenbewusstsein und das angemessene Verhalten, welches durch Ausbildung der Einsatzkräfte und durch Information der Bewohner gefördert werden kann. Mit der gebotenen Vorsicht sind Interventionen hier vertretbar.

- Im gelben Gefahrengelb gilt sinngemäss dasselbe wie im blauen Gebiet. Generell darf aber von einer geringeren Gefährdung und besserer Eignung insbesondere für Wasserableitung und ähnliche Massnahmen ausgegangen werden.

Die Interventionskarten sind kompakt und einfach gestaltet. Sie bestehen aus A4-Blättern mit einer Karte auf der Vorderseite und Textangaben auf der Rückseite. Die Karte zeigt die Gefahrengelb in rot, blau, gelb, die Massnahmen mit Priorisierung sowie die Sonder Risiken wie Schulen, Altersheime oder Industrieanlagen. Der Text listet den Materialbedarf für den Einsatz auf, enthält die wichtigen Telefonnummern und beschreibt die Entscheidungsregeln und weitere Informationen zur Bewältigung von komplexen Situationen.



Abb. 5: Ausschnitt aus der Interventionskarte Landquart, Klosters (Schweiz)
Fig. 5: Detail of the intervention plan Landquart River, Klosters (Switzerland)

Abbildung 5 zeigt ein Beispiel einer mehrphasigen Interventionskarte. Mehrere Phasen werden dort unterschieden, wo sich je nach Ereignisverlauf die Einsatzmöglichkeiten wesentlich verändern. So ist in einer frühen Phase beispielsweise ein Einsatz in Gewässernähe möglich, während später vielleicht ein grossräumiger Rückzug erfolgen muss. In der Phase 1 beschränkt sich der Einsatz im gezeigten Beispiel auf die Beobachtung. Hier wird auch gleich der enge Bezug zu IFKIS-Hydro deutlich, welches genau diese Funktion übernimmt. Die Massnahmen der Phase 2 werden aber bereits vorbereitet, z.B. durch Avisierung von Bauunternehmern oder durch feuerwehrinterne Vorbereitung. Gestützt auf die Beobachtungen kann der Einsatzleiter dann zu Phase 2 wechseln. Hier werden dann die „klassischen“ mobilen Hochwasserschutzmassnahmen eingesetzt (vgl. z.B. www.vkf.ch).

Analog erfolgt auch der Übergang zur Phase 3, wo in diesem Fall ein grösseres Sperrgebiet vorgesehen ist.

Die Vielfalt von natürlichen Ereignissen macht es aber unmöglich, bis ins Detail verbindliche Vorgaben zu formulieren. Die Interventionskarte will auch kein Rezeptbuch sein. Es wird immer den situationsgerechten Entscheid des Einsatzleiters brauchen. Darin liegt eine wesentliche Stärke der Interventionsmassnahmen; sie können rasch und flexibel den Umständen angepasst werden und bieten so eher die Möglichkeit, überraschende oder unerwartete Ereignisverläufe in ihrer Schadenwirkung zu dämpfen.

Mit der Intervention sollen Schäden durch Naturereignisse reduziert werden. Sie dient damit der Sicherheit. Sie darf aber ihrerseits nicht zu einer unverhältnismässigen Gefährdung der Einsatzkräfte führen. Heldentum ist fehl am Platz. Gerade die Verringerung von Sachschäden, häufig das Hauptziel von Interventionsmassnahmen bei Hochwasser, soll nicht zur in Kaufnahme lebensbedrohlicher Risiken führen.

AUSBLICK

Die Warnung entfaltet erst durch die Intervention ihre Wirkung, die Intervention ihrerseits ist umso wirkungsvoller, je bessere Informationen zur aktuellen und absehbaren Gefahrensituation vorliegen. Mit IFKIS-Hydro und Interventionskarte wurden Werkzeuge erarbeitet, welche sich in diesem Sinn ergänzen und im Ereignisfall helfen, Menschen und Sachwerte vor den Einwirkungen von Naturgefahren zu schützen.

Neben den fachtechnischen Aspekten, insbesondere der Berücksichtigung gegebener Grenzen wie dem räumlich und zeitlich nicht unbegrenzt fein auflösbaren Prozessverständnis oder der Abhängigkeit von Infrastruktureinrichtungen wie Strom- und Kommunikationsnetzen, ist dem Faktor Mensch besondere Beachtung zu schenken. Mehr noch als bei anderen Schutzmassnahmen wie etwa Verbauungen nimmt der Mensch direkt und zeitlich unverzögert Einfluss auf das Geschehen. Jede Entscheidung hat eine unmittelbare Wirkung. Diesem Aspekt gilt es etwa im Rahmen der Ausbildung oder bei der Organisation der Fach- und Führungsgremien Rechnung zu tragen, damit Entscheide zeit- und sachgerecht gefällt und umgesetzt werden können. Der wirkungsvolle Einsatz von IFKIS-Hydro und der Interventionskarte ist auf fähige Personen und entscheidungsfördernde Strukturen angewiesen.

Eine wesentliche Stärke von IFKIS-Hydro ergibt sich aus der Tatsache, dass zum einen nach einem einheitlichen Konzept vorgegangen wird, zum andern aber flexibel auf die spezifischen Bedürfnisse in einem einzelnen Gebiet eingegangen werden kann. Dies zeigen exemplarisch die Pilotgebiete, wo im einen Fall ein Prognosemodell eine zentrale Rolle spielt und im andern Fall die lokale Beobachtung. So kann ein Stück weit auch die Komplexität der Thematik an sich und der Expertensysteme im speziellen entschärft werden. Ist das System den lokalen Bedürfnissen angepasst, fällt der Umgang damit wesentlich leichter.

Zu weiteren Verbesserungen des Systems kann zum einen ein weiterentwickeltes Prozessverständnis beitragen. Bessere Kenntnisse etwa der Bildungsbedingungen von Hochwasser und Murgängen und entsprechende Prozessmodelle unterstützen die schwierige Interpretation von Wetterprognosen, Messdaten und Beobachtungen. Zum andern ist auf Harmonisierungen innerhalb des gesamten Bereiches Warnung und Intervention zu achten.

Verschiedene Dienste stehen heute in Entwicklung oder werden bereits angeboten. Eine optimale Nutzung von Synergien und speziell die Ausgestaltung geeigneter Schnittstellen stellt eine grosse Herausforderung dar. Wegweisend kann hier die „Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren“ (GIN) sein, welche von MeteoSchweiz, Bundesamt für Umwelt (BAFU) und dem Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) in nächster Zukunft entwickelt wird. In diesem Sinn gilt es auch die rasanten technologischen Innovationen gerade im IT-Bereich sinnvoll zu nutzen.

Schliesslich ist auch dem Faktor Zeit Rechnung zu tragen: Mit den vorgestellten Instrumenten gilt es Erfahrungen zu sammeln, welche wiederum den wirkungsvollen Einsatz verbessern. In diesem Sinn sind sie auch als Investition in die Zukunft zu betrachten.

DANK

Das Projekt IFKIS-Hydro konnte bereits 2004 und somit vor dem lehrreichen Hochwasserjahr 2005 gestartet werden, was nicht zuletzt der Weitsicht der Auftraggeber zu verdanken ist. Die Projekte im Wallis wurden durch den Kanton initiiert und unterstützt. Ein spezieller Dank geht an die kantonalen Ämter „Service des routes et des cours d'eau“ und „Service des forêts et du paysage“ sowie an die Gemeinden in den Pilotgebieten. Die Arbeiten im Linthgebiet förderten der Kanton Glarus (Abteilungen Wald und Tiefbau) und in speziellem Masse die Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen. Auch dafür danken wir herzlich.

Die Interventionskarte wurde durch das Amt für Wald GR und die Gebäudeversicherung GR initiiert und finanziert. Eine Arbeitsgruppe, bestehend aus Vertretern der genannten Institutionen und dem Ingenieurbüro tur gmbh in Davos als Auftragnehmer, zeichnete für die Erarbeitung verantwortlich. Weiter geht der Dank an die Gemeinde Klosters-Serneus und speziell die Feuerwehr für das engagierte Mitwirken und die wertvollen Diskussionen.

LITERATUR

- Bezzola, G.R., Hegg, C. (2007): „Ereignisanalyse Hochwasser 2005. Teil 1: Prozesse, Schäden und erste Einordnungen“. Bern: Bundesamt für Umwelt.
- Bründl, M., Etter, H.-J., Steiniger, M., Klingler, Ch., Rhyner, J., Ammann, W.J. (2004): „IFKIS - a basis for managing avalanche risk in settlements and on roads in Switzerland“. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4, 257-262.
- Bürgi, T., Sigrist, B., Streit, D., (2007): Hydrologische Produkte des Bundesamts für Umwelt (BAFU) bei Hochwasser. *WSL Forum für Wissen*, 31.10.2007, Tagungsband.
- BWW (Bundesamt für Wasserwirtschaft), BRP (Bundesamt für Raumplanung), BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) (1997): „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“. Bern: EDMZ.
- Raboud, P.-B., Dubois, J., Boillat, J.-L. (2001): „Modélisation de la contribution des bassins d'accumulation lors de crues en Valais“. *Wasser-Energie-Luft*, 11/12, 313-317.
- PLANAT (2004): „Strategie Naturgefahren Schweiz“. www.planat.ch.
- Romang, H., Barandun, J., Roth, H.U., Guler, A., Fischer, M., Wilhelm, C. (2006): „Die Interventionskarte – Von der Gefahrenkarte zum Einsatz im Ereignisfall“. *Bündnerwald*, 6, 71-76.
- Romang, H., Hegg, C., Gerber, M., Hilker, N., Dufour, F., Rhyner, J. (2007): „IFKIS-Hydro – Informations- und Warnsystem für hydrologische Naturgefahren“. *Wasser-Energie-Luft*, 2, 129-132.
- Schmid, F., Fraefel, M., Hegg, Ch. (2004): „Unwetterschäden in der Schweiz 1972-2002: Verteilung, Ursachen, Entwicklung“. *Wasser-Energie-Luft*, 1/2, 21-28.
- Seiler, J., Bumann, D. (2007): „Notfallplanung Hochwasser im Kanton Wallis, EDV-Tool für Gemeinden“. *FAN-Agenda* 1/07. www.fan-info.ch
- Zappa, M., Rhyner, J., Gerber, M., Egli, L., Stöckli, U., Hegg, C. (2006): „IFKIS-Hydro MountainFloodWatch – Eine endbenutzer-orientierte Plattform für Hochwasserwarnung“. In: *Risikomanagement extremer hydrologischer Ereignisse, Beiträge zum Tag der Hydrologie 2006*, 22-23. März 2006. *Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 15, 2, 189-200.
- Zappa, M., Vogt, S. (2007): „Hochwasservorhersagesysteme der neusten Generation im Praxis-Test“. *WSL Forum für Wissen*, 31.10.2007, Tagungsband.