Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 91 (1999)
Heft: 3-4

Artikel: Hochwasserwarnung für das Wallis
Autor: Rohrer, Mario / Noetzli, Christian / Petrascheck, Armin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940033

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 25.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Hochwasserwarnungen für das Wallis

Mario Rohrer, Christian Noetzli und Armin Petrascheck

1. Einleitung

Gemäss eines Beschlusses des Walliser Staatsrates vom 17. November 1993 wurde eine Arbeitsgruppe (Consecru) ins Leben gerufen, die mit Fachleuten des Kantons Wallis und des Bundes zusammen eine Studie ausarbeiten sollte. Ziel dieser Studie ist es, ein Sicherheitskonzept gegen die Hochwasser zu erstellen, welches mithelfen soll, in Zukunft Schäden durch Hochwasser auf dem Walliser Kantonsgebiet so klein wie möglich zu halten.

Diese Massnahmen der Walliser Regierung waren eine Reaktion auf die verheerenden Überschwemmungen vom September 1993, welche grosse Teile des Oberwallis, insbesondere die Stadt Brig, betrafen. Damals wurden infolge Verklausung der Saltina-Brücke grosse Teile der Briger Innenstadt vom Wasser und Schwemmaterial verschüttet (vergleiche auch *Röthlisberger,* 1994). Die Bevölkerung und Behörden waren sich dem Ausmass der drohenden Gefahr für Leib und Leben, die damals für die Anwohner und Passanten bestand, zu Beginn der Überschwemmungen nur wenig bewusst (*Müller* et al., 1997).

Der folgende Artikel befasst sich mit den meteorologischen bzw. hydrologischen Grundlagen zur Ausgabe von Hochwasserprognosen für das Wallis. Auf diesen Prognosen basierend wird zudem ein Hochwasserwarnsystem vorgeschlagen, welches fünf Warnstufen umfasst. Die einzelnen Stufen beinhalten Massnahmenpakete, die präventiv auf die Schadengefahren einwirken. Die Unterteilung in einzelne Warnstufen hilft mit, das Bewusstsein in der Bevölkerung für allfällig drohende Gefahren zu bilden.

2. Nutzen von Hochwasserprognosen

Da im Wallis bezüglich Hochwasserwarnung noch kaum Erfahrungswerte vorliegen, war es für die Grundlagenstudien notwendig, in anderen Gebieten übertragbare Parallelen zu suchen. In diesem Artikel werden im folgenden solche Eigenschaften des Rheingebietes mit entsprechenden des Wallis verglichen.

Die beiden Hochwasserereignisse von 1993 bzw. 1995 entlang des Rheins haben gezeigt, dass die Erfahrungen, welche bei sich in ähnlichem Ausmass wiederholenden Ereignissen gesammelt werden können, sehr wichtig sind. Beim Hochwasser 1995 stellte sich heraus, dass durch bessere Vorbereitung von Informations- und Krisenzentralen sowie durch vorsorgliche Massnahmen der Hauseigentümer in betroffenen Siedlungsgebieten die Schäden im Vergleich zu 1993 trotz vergleichbarer Wasserstände des Rheins bei beiden Ereignissen halbiert werden konnten (IKSR, 1997). Die Hochwasserwarnungen waren dabei ein wertvolles Instrument und Entscheidungshilfsmittel. Es war genügend Zeit vorhanden, Personen zu evakuieren und Massnahmen zur Verhinderung grosser Sachschäden zu treffen. Die Hochwasserwarnungen sind jedoch nicht als einzige notwendige, sondern als begleitende Massnahme verschiedener anderer Vorsorgetätigkeiten zu betrachten.

Die Prognosen und Warnungen stützen sich im Rheingebiet nicht nur auf Hochwasserpegel im Gewässersystem, sondern auch auf Modellrechnungen der Abflusswellen aus meteorologischen Daten und Vorhersagen.

Im Wallis könnten solche Hochwasserwarnungen bei zukünftigen Ereignissen auch von grossem Nutzen sein. Als Beispiele von Massnahmen seien hier das Anheben der Strassenbrücke über die Saltina bei Brig/Glis und auch derjenigen über die Rhone der Furka-Oberalp-Bahn (FOB) bei Naters erwähnt (siehe Bild 1): Im Falle eines Hochwassers würden beide zu gefährlichen Flusssperren, die mitgeführtes Holz und Kies zurückhalten können. Ein solches Szenario könnte ein Ausufern des jeweiligen Flusses beschleunigen oder die Brücke zerstören. Rechtzeitige, qualitativ gute Hochwasserwarnungen könnten hingegen ein rechtzeitiges Anheben der Brücke ermöglichen.

3. Grundlagen für Hochwasserprognosen

3.1 Messstationen

Die Hochwasserprognosen basierten bei den Ereignissen des Rheingebietes auf laufend erhobenen Daten des Niederschlags im Einzugsgebiet, auf Prognosen der Wetterdienste sowie auf der Erfassung von Hochwasserwellen an Messpegeln (IKSR, 1997). Dazu kommt das Wissen um die Laufzeiten von Hochwasserwellen, wie sie aus früheren Ereignissen ermittelt wurden.

Mit Ausnahme der Laufzeiten lassen sich die Ergebnisse, die bei den beiden jüngeren Rheinhochwassern gesammelt wurden, auch mit Hochwassersituationen im Wallis vergleichen. Es wurden im Rahmen dieses Beitrags deshalb die verfügbaren meteorologischen bzw. hydrologischen Messstationen im Einzugsgebiet der Rhone geprüft, welche für eine Hochwasserprognose in Frage kommen. Im Bild 2 sind diese für das Wallis dargestellt. Neben automatischen ANETZ-, ENET- und IMIS-Stationen sind Abflussmessstationen und manuelle Niederschlags-Tagessammler vorhanden. Von dieser Messinfrastruktur sind die ANETZ-Stationen für die Ausgabe von Prognosen geeignet. Die ENET-Stationen müssten zur Verwendung für Hochwasserprognosen mit automatisch arbeitenden Online-Niederschlagsmessgeräten nachgerüstet werden, da bei ihnen zurzeit kein Niederschlag gemessen wird. Ähnliches gilt für die IMIS-Stationen, welche zur Lawinenwarnung dienen.

Die Abflussmessstationen an den Seitenbächen der Rhone befinden sich oft nahe bei der Einmündung in den Vorfluter (vergleiche Bild 2). Diese Abflussmessstationen sind wohl für die Modellierung der Abflussszenarien in den jeweiligen Teileinzugsgebieten geeignet, als Hochwasserwarnstationen kommen sie jedoch infolge der kurzen Laufzeiten nur bedingt in Frage.

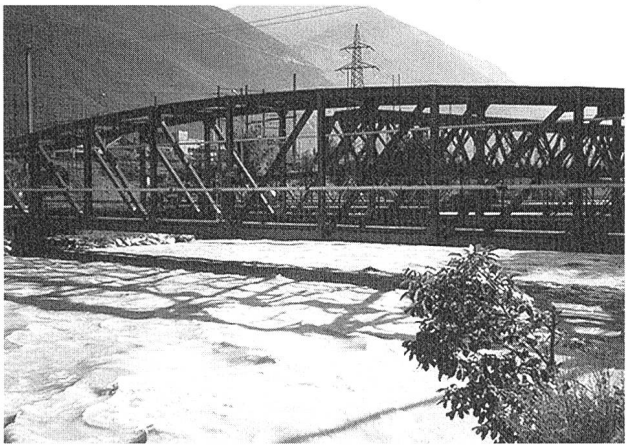

Bild 1. Anhebbare Brücke der BLS bei Naters. Die Wasserführung der Rhone ist etwas höher als der Durchschnittsabfluss (Foto: M. Rohrer, 8. August 1998).

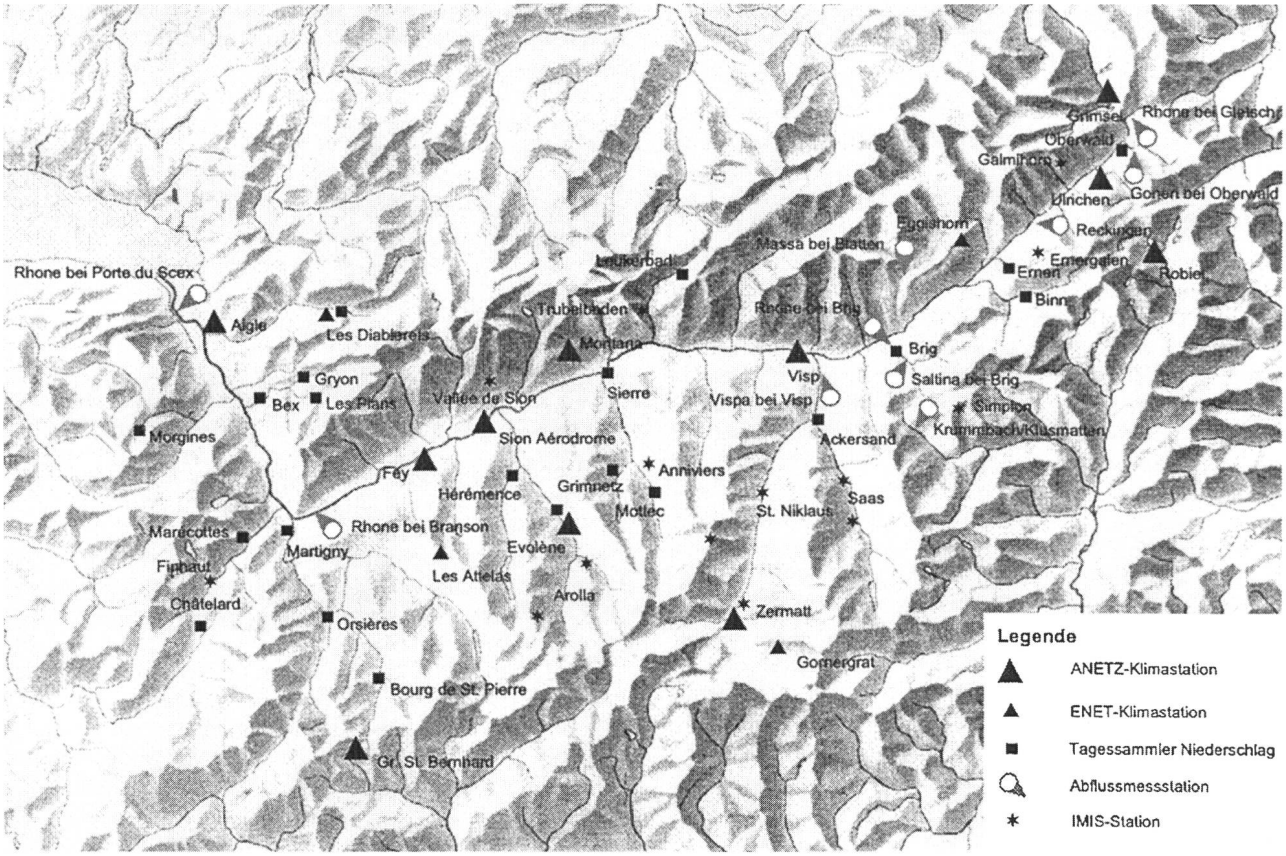

Bild 2. Lage von klimatologischen und hydrologischen Messstationen im Wallis (Kartengrundlage, reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopographie vom 27. Januar 1999).

Für die Rhone selber resultierten aus Stationsvergleichen ungefähre Laufzeiten für Hochwasserwellen von etwa vier Stunden für die Strecke Brig–Sion (54 km Länge, 183 m Höhendifferenz; vergleiche *Lang* et al., 1995).

3.2 Starkniederschlagsprognosen

Für das Wallis wurden die Wetterlagen ermittelt, welche in der Vergangenheit starke Hochwasser gebracht hatten. Je nach Lage der Hoch- und Tiefdruckzentren können zwei hochwasserrelevante Grosswetterlagen unterschieden werden.

Die eine zeigt Anströmungsrichtungen aus NW bis SSW (sog. «Taltyp») und betrifft vor allem die unteren Abschnitte des Walliser Rhonetals sowie die nördliche Talflanke. Für das Goms und die Vispertäler sind Anströmungsrichtungen aus SW bis SO (sog. «Randtyp») massgebend. Lokale konvektive Ereignisse wie Wärmegewitter sind für die Flüsse im Wallis selten hochwasserbringend. Für einzelne Bäche kann ein Gewitter jedoch durchaus zu einem lokalen Hochwasserereignis führen.

In Bild 3 sind die Positionen von Tief- bzw. Hochdruckzentren während eines Südanströmungsereignisses (Randtyp) aufgezeichnet (Meteodat, 1999).

Die Untersuchung von historischen Hochwasserereignissen zeigt, dass in den meisten Fällen eine Anströmungssituation des Randtypes vorherrschend war. Der Umkehrschluss, dass jede solche Wetterlage hochwasserbringend sein muss, ist jedoch unzulässig, da auch bei diesen für die Verhältnisse im Wallis oft nur geringe Niederschlagsmengen anfallen. Extremereignisse bilden auch bei Anströmungsrichtungen aus SW bis SO die Ausnahmen.

Die beschriebenen Grosswetterlagen können mittels der heute zur Verfügung stehenden Wettervorhersagemodelle recht genau prognostiziert werden. Die Modelle, welche für solche Mittelfristprognosen (Zeitraum: etwa ein bis fünf Tage) gebraucht werden, erfassen das Wettergeschehen in grossräumigen Gebieten. Ob beim Eintreffen einer hochwasserrelevanten Grosswetterlage auch entsprechende Niederschlagsmengen fallen, lässt sich mittels der erwähnten Wettervorhersagemodelle jedoch nur qualitativ beurteilen. Dazu müssen Modelle verwendet werden, die eine höhere räumliche und zeitliche Auflösung besitzen. In Tabelle 1 (vierte Spalte) ist die Abstufung bezüglich kürzer werdender Vorhersagezeiträume ersichtlich.

Je kürzer die Vorhersagezeiten sind, desto zuverlässiger können die Vorhersagen werden, aber auch desto detailliertere Angaben müssen über die möglichen Wetterent-

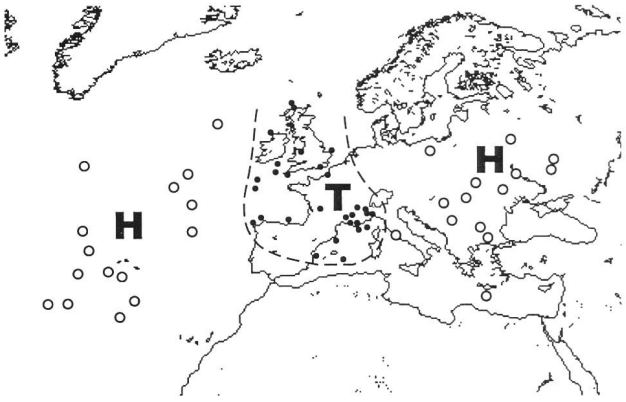

Bild 3. Positionen der Tiefdruckzentren (Punkte) und Hochdruckzentren (Kreise) während verschiedener Südanströmungslagen für das Wallis («Randtyp»). Die Tiefdruckzentren konzentrieren sich innerhalb der gestrichelten Linie (nach *Lang* et al., 1996 verändert). Das Wissen um die Druckverteilungen, welche zu Starkniederschlägen führen, ist wichtig für die Langfristprognosen (ein bis fünf Tage).

Tabelle 1. Schematischer Überblick des Hochwasserwarnsystems für das Wallis mit Warnstufen, Massnahmen sowie Prognoseunterlagen (nach *Lang* et al., 1998 verändert).

Warnstufe	*Zeit bis Ereignisbeginn*	*Empfehlungen und Massnahmen (Bsp.)*	*meteorologische Prognoseunterlagen*
0	–		
1	ca. 5 Tage	interne Warnstufe, keine Warnungsausgabe	globale Modelle
2	ca. 48 Std.	zuständige Behörden werden gewarnt, *Alarmdispositiv* und *Notfallmaterial* überprüfen	globale Modelle
3	ca. 24 Std.	zuständige Behörden werden gewarnt, Rapport einberufen, Aushängen von Hochwasserwarnzetteln, flussnahe Baustellen und Bauten sichern	regionale Modelle
4	4 Std.	zuständige Behörden werden gewarnt, Sperrung von flussnahen Gebieten, Avisierung von Anwohnern und Betrieben in den betroffenen Gebieten, Positionierung von Wachposten	Radar, Meteo-Stationen
5	0 Std.; Ereignis eingetreten	zuständige Behörden werden auf dem laufenden gehalten; Einsatz von Bautrupps, Organisation von Vermisstensuche	Radar, Meteo-Stationen

wicklungen vorliegen. Für solche Kurzfristprognosen (Zeitraum: etwa vierundzwanzig bis vier Stunden) stehen in der Schweiz heute wertvolle Hilfsmittel zur Verfügung. Eines dieser Hilfsmittel wird in naher Zukunft (ab Herbst 1999) noch verbessert: Das Schweiz-Modell (SM) der SMA MeteoSchweiz wird bezüglich der Maschenweite der Gitterpunkte von vierzehn auf sechs Kilometer verfeinert, die Ausgabeintervalle werden von zwölf auf sechs Stunden verkürzt. Das Schweiz-Modell wird zudem mit neuen Berechnungsgrundlagen für die physikalischen Prozesse in der Atmosphäre ausgestattet. So können die räumlichen Verteilungen von Niederschlag und Temperatur modelltechnisch besser erfasst werden.

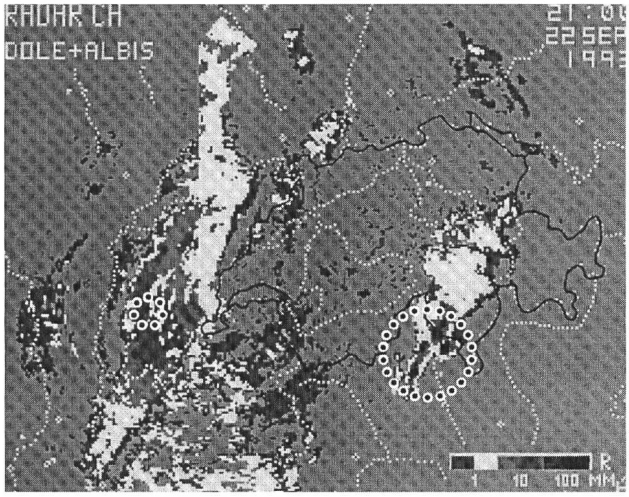

Bild 4. Kompositbild der Niederschlagsradare La Dôle und Albis vom 22. September 1993, 21.00 Uhr, wie es zur Kürzestfristprognose beigezogen wird. Die gepunkteten Kreise umfassen Gebiete mit starken Niederschlägen. Die Starkniederschlagszone westlich des Genfersees verlagerte sich bis zum 23./24. September in Richtung Walliser Alpen und bewirkte dort die verheerenden Überschwemmungen in den Seitentälern der Rhone (nach *Lang* et al., 1996 verändert).

Für die Erfassung der Wetterverhältnisse in Echtzeit und für die Kürzestfristprognose («nowcasting», Zeitraum: etwa eine bis drei Stunden) können neben Klimastationen mit Niederschlagserfassung und Echtzeitübermittlung auch Niederschlagsradar-Auswertungen dienen. Bild 4 zeigt ein Beispiel eines Radarcomposit-Bildes vom September 1993 (Meteodat, 1999). Es sind hohe Niederschlagsintensitäten westlich von Genf sowie im Tessiner Grenzgebiet zum Piemont ersichtlich.

Bild 5 zeigt eine Extremwertstatistik des Niederschlags für die Station Binn. Die Statistik zeigt die Niederschlagshöchstwerte für Zeiträume von einem, zwei und fünf Tagen. Die bei historischen Ereignissen (1901 bis 1994) gemessenen Niederschläge wurden gegenüber ihrer Wiederkehrperiode aufgezeichnet. Die Niederschlagsmenge, welche bei der Station Binn während des Ereignisses vom 22. bis 25. September 1993 gefallen war, stellt bei den 5-Tages-Höchstwerten das bisherige Maximum dar. Bei den 1-Tages-Höchstwerten stammt der grösste Wert aus dem Jahr 1987.

Extremwertstatistiken unterstützen Abflussvorhersagen nicht direkt, sie beschreiben jedoch die historischen Erfahrungen und sind notwendig für die Dimensionierung von Bauwerken in Gerinnenähe.

3.3 Hydrologische Grundlagen

Die Walliser Seitentäler der Rhone sind durch die Nutzung des Wassers in Pump- und Speicherkraftwerken zum Teil stark anthropogen beeinflusst. Beispiele sind die beiden Kraftwerksbetriebe Mattmark und Grande Dixence (vergleiche auch *Consuegra* et al., 1998). Die Abflussmengen der Vispa bei Visp sind beispielsweise zu über 80 % durch Kraftwerke beeinflusst (HADES, 1992), während der Anteil der Einzugsgebietsfläche, deren Abfluss in Kraftwerken genutzt wird, nur 42 % beträgt (siehe Bild 6).

Der hohe Grad anthropogener Beeinflussung der Walliser Seitentäler birgt in bezug auf die Erfassung von Extremereignissen aber auch gewisse Chancen. So hat der Matt-

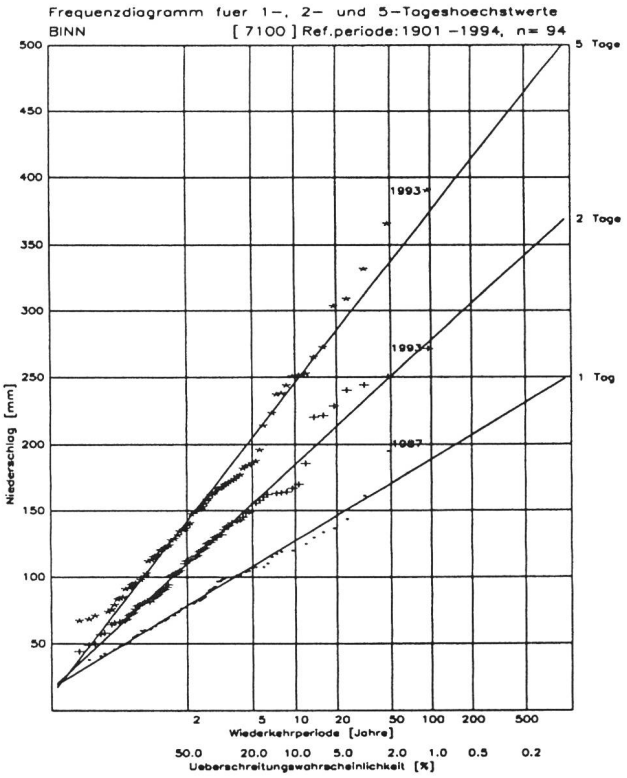

Bild 5. Frequenzdiagramm für 1-, 2- und 5-Tages-Höchstwerte des Niederschlagstagessammlers BINN (aus Meteodat, 1999).

markstausee bei den Hochwassern 1987 und 1993 als Rückhaltebecken gedient.

Diesen positiven Aspekten steht die hohe Komplexität der ablaufenden Prozesse im Einzugsgebiet gegenüber, die von einer Mischung aus «natürlichen» und «künstlichen» hydrologischen Faktoren geprägt ist. Es ist durchaus möglich, dass infolge der anthropogenen Einflüsse, bei vergleichbaren Niederschlägen, grosse Unterschiede bezüglich der Abflussmengen auftreten. Diese Problematik bedingt die Untersuchung und Aufschlüsselung von Einflüssen der Kraftwerksnutzung in den Untersuchungsgebieten. Die Aufteilung des Abflusses geschieht beim Beispiel Mattmark nach dem Schema von Bild 7.

Für einige Teileinzugsgebiete der Rhone wurden Kennwerte von Teilflächen in einem Rasterformat digitalisiert, um sie in Rechenmodellen weiterverwenden zu können. Somit sind u. a. Angaben über Vergletscherung, Feuchtflächenanteil, Felsoberflächen sowie Bodenkennwerte verfügbar (*Lang* et al., 1996).

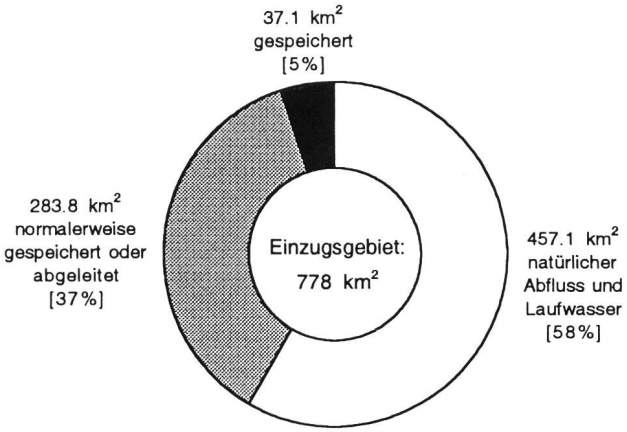

Bild 6. Abflussrelevante Flächenanteile des Einzugsgebietes der Vispa bei Visp (Meteodat, 1999).

4. Anwendung eines Abflussmodelles auf das Einzugsgebiet der Vispa

4.1 Einleitung

Im vorangehenden Abschnitt wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, die Grundlagen für Hochwasserprognosen je nach Wettersituation abzustufen. Dies wurde bei der folgenden Anwendung gemacht. Besonderer Wert wurde dabei auf die Kürzestfristprognose gelegt, da dies die spezielle Situation im Wallis erfordert. Die Laufzeiten in den Seitentälern der Rhone sind sehr kurz. Deshalb müssen die Hochwasserereignisse schon während ihrer Entstehung erfasst werden, damit genügend rasch reagiert werden kann.

Das im folgenden beschriebene Abflussmodell berechnet aus verschiedenen Inputdaten Abflussprognosen für einen Zeitraum von fünf Tagen. Die Früherkennung von hochwasserbringenden Wettersituationen ist damit möglich. Den Unsicherheiten möglicher Abflussmengen wird mittels der Berechnung von Vertrauensintervallen Rechnung getragen. Bei einem tatsächlich eintretenden Ereignis kommt den kurzfristigen Entwicklungen im Prognosegebiet die wichtigste Rolle zu.

Zur Berechnung von Prognosen für ein kleines, hochgelegenes und vergletschertes Einzugsgebiet erwies sich ein – relativ einfaches – statistisches Abflussmodell als am besten geeignet.

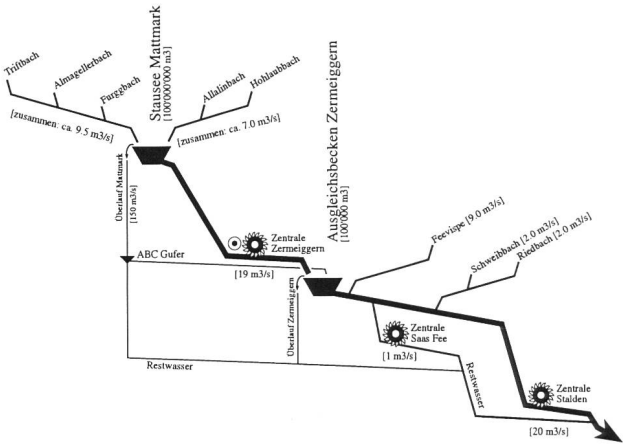

Bild 7. Schematischer Überblick der Kraftwerksanlage Mattmark [in eckigen Klammern sind die Kapazitäten der einzelnen Elemente aufgeführt] (aus Meteodat, 1999).

4.2 Inputdaten

Als Inputdaten für den operationellen Betrieb des Modells werden meteorologische Messwerte (Niederschlag, Lufttemperatur) sowie hydrologische Daten (Abfluss zum Prognosezeitpunkt) verwendet. Die Messwerte werden vor jeder Prognoseausgabe aktualisiert.

Bei hochwassergefährlichen Situationen sollen die Messwerte als Echtzeitdaten vorliegen, um einen kontinuierlichen Vergleich zwischen Prognose und aktuellen Messwerten zu ermöglichen. Dies bedingt, dass die Messstationen automatisch und mit hoher zeitlicher Auflösung arbeiten. Die Stationen sollen zudem über ein sicheres Übermittlungssystem zur Auswertungszentrale verfügen.

Für die Prognose werden Niederschlagswerte über das Einzugsgebiet räumlich interpoliert. Mit Hilfe der Temperaturmesswerte wird die Schneefallgrenze im Einzugsgebiet berechnet. Ihre Lage ist von grosser Wichtigkeit. Beim Hochwasser von 1993 im Wallis zeigte sich dies deutlich:

Die Niederschläge fielen bis in grosse Höhen als Regen, was die Hochwassersituation stark verschärfte (siehe Bild 8). Die Gründe für rasche Schwankungen der Schneefallgrenze sind in den atmosphärischen Prozessen zu suchen. Selbst kleine Änderungen in den Anströmungsrichtungen können beispielsweise wärmere oder kältere Luft zum südlichen Walliser Grenzgebiet führen, was zu einem Ansteigen beziehungsweise Absinken der Schneefallgrenze führt.

4.3 Operationeller Betrieb des Zuflussprognosenmodells

Das Regressionsmodell erlaubt die Berechnung von fünftägigen Hochwasserprognosen. Dabei werden Vertrauensintervalle ausgegeben. Diese Intervalle sind durch die Linie der 90 %igen sowie die Linie der 10 %igen Überschreitungswahrscheinlichkeit begrenzt. Weiter wird der Erwartungswert (50 %-Linie) angegeben. In Bild 9 wurde die Prognose zudem durch die später eingefügten Messwerte ergänzt. Mitunter ist die Differenz zwischen den Intervallsgrenzen sehr gross, so auch zwischen dem 10. und 14. Oktober 1997. Die grossen Sicherheitsspielräume haben ihre Gründe: Sie entstehen durch die Unsicherheiten der Niederschlagsprognose und die ungewisse Entwicklung der Schneefallgrenze. Ein Absinken bzw. Ansteigen der Schneefallgrenze hat zur Folge, dass Direktabflussanteile eines Prognose-Einzugsgebietes wegfallen bzw. hinzukommen.

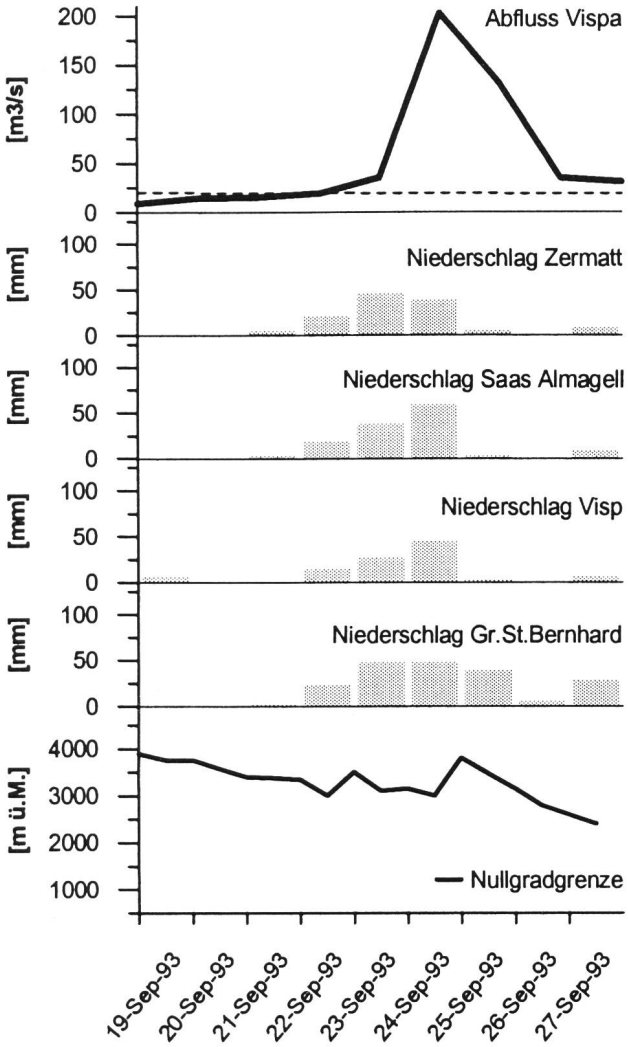

Bild 8. Mittlere Tagesabflüsse der Vispa bei Visp während des Ereignisses vom September 1993 (oben); im weiteren sind die Tagessummen des Niederschlags von Zermatt, Saas Almagell, Visp und vom Grossen St. Bernhard aufgeführt. Unten ist der Verlauf der Nullgradgrenze dargestellt, wie er mittels des Temperaturgradienten Zermatt/Grosser St. Bernhard bestimmt wurde (Daten nach LHG und SMA MeteoSchweiz).

5. Prognoseresultate

Das Abflussmodell wurde für die Prognose des Zuflusses zum Mattmarkstausee im Herbst der Jahre 1997 und 1998 verwendet. In Bild 9 sind zwei Beispiele von 5-Tages-Prognosen dargestellt.

Bei näherer Betrachtung von Bild 9 erkennt man den Wert der Hochwasserprognose: Für den 10. Oktober 1997 wurde ein Ansteigen des Abflusses erwartet. Das Ausmass des Anstieges konnte aus den vorher angegebenen Gründen noch nicht quantifiziert werden. Wachsamkeit und minutiöses Verfolgen der Wetterentwicklung waren jedoch geboten. Hätte sich die Situation zusehends verschärft, wären zu einem späteren Zeitpunkt Kürzestfristprognosen gerechnet worden.

Die Erwartungswerte bei den Prognosen des Mattmarkseezuflusses stellten meist eine gute Annäherung an die gemessenen Werte dar. Im Herbst 1997 lagen die Vorhersagen in etwa neun von zehn Fällen innerhalb des Prognoseintervalls. In ungefähr 5 % der Fälle lagen sie, ausschliesslich bei geringen Abflussmengen, etwas über der oberen Grenze des Prognoseintervalls.

Grössere Abweichungen der Erwartungswerte (50 %-Linie) von den – nachträglich erhobenen – Messwerten traten bei relativ unsicheren Wetterentwicklungen auf, wie z. B. am 10. Oktober 1997 (siehe Bild 9). Die Berechnung von Vertrauensintervallen soll solche ungewissen Wetterentwicklungen berücksichtigen. Eine Hochwasserprognose, die sich auf die Ausgabe bloss einer Erwartungswertlinie beschränkt, ist für den Bereich der Hochwasserwarnung nicht geeignet. Sie würde eine Sicherheit suggerieren, die nicht vorhanden ist.

Wo simulierte Hochwasserganglinien – die nicht zur Prognose verwendet werden – jedoch wertvolle Dienste leisten, ist bei der Bemessung von Bauwerken, für Überflutungsgefahren-Kartierungen oder für die Schätzung der Abflussminderung unterhalb von Speicherkraftwerken (*Consuegra* et al., 1998). Diese Anwendungsbereiche verlangen, im Gegensatz zu den Prognosen, nach Grenzwerten des möglichen Abflusses.

6. Hochwasserwarnungen

Zur Umsetzung der Hochwasserwarnungen im Kanton Wallis wurde ein Warnsystem vorgeschlagen. Es beinhaltet fünf Warnstufen und ordnet der entsprechenden Hochwassersituation empfohlene Massnahmen zu. Tabelle 1 zeigt einen Überblick über die Struktur des Warnsystems. In der vierten Spalte sind zusätzlich die meteorologischen Prognoseunterlagen aufgeführt, die für die Hochwasserprognosen verwendet werden können.

Die Abstufung nach Bedrohungslage ist in der Tabelle 1 deutlich ersichtlich. Je näher ein Hochwasserereignis bevorsteht, desto genauer und kurzfristiger müssen die Prognosen sein. Die Warnstufen mit den dazugehörigen Massnahmen und Empfehlungen werden den erwarteten Ereignissen angepasst, die aus den Hochwasserprognosen abgeleitet wurden.

Wird eine möglicherweise hochwasserbringende Wettersituation prognostiziert, stünde auf diese Weise genügend Zeit zur Verfügung, um Krisenstäbe einzuberufen und weiterführende Massnahmen zu treffen.

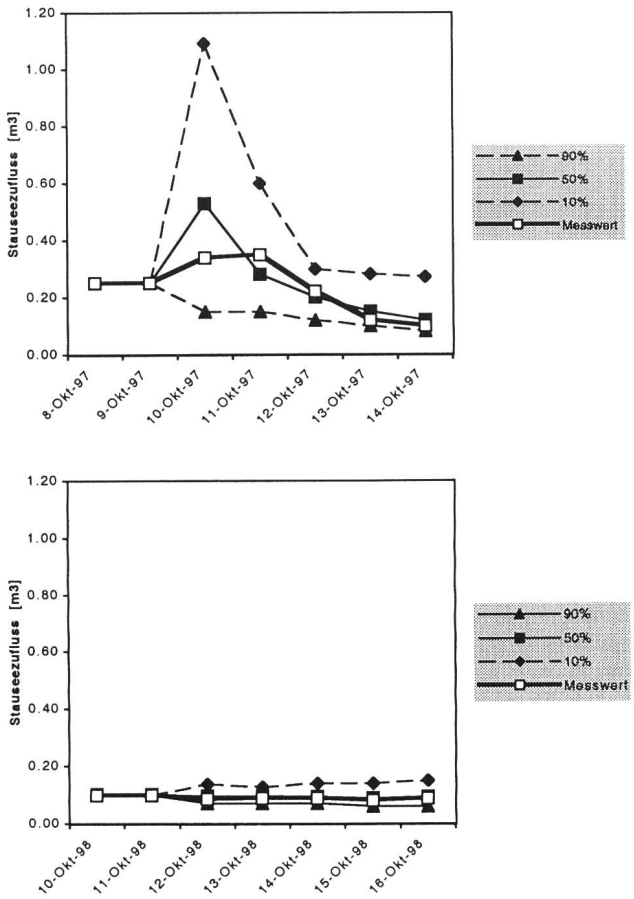

Bild 9. Prognoseintervalle (oben für den 9. bis 14. Oktober 1997, unten für den 11. bis 16. Oktober 1998) für den Zufluss zum Mattmarkstausee. Zwei 5-Tages-Prognosen des Abflusses, der mit einer 10 %igen, 50 %igen sowie 90 %igen Wahrscheinlichkeit überschritten wird. Fett eingezeichnet die tatsächlich gemessenen Zuflusswerte.

7. Schlussfolgerungen

Für die in diesem Artikel beschriebenen Fälle ist die Ausgabe von Hochwasserwarnungen sinnvoll, wie in der jüngsten Vergangenheit mehrfach gezeigt werden konnte. Im Wallis stellt ein Hochwasserwarnsystem, das auf verschiedenen meteorologischen bzw. hydrologischen Messungen basiert, eine wertvolle Entscheidungsgrundlage für Krisenstäbe dar; dies nicht erst im Katastrophenfall, sondern insbesondere auch in den Situationen, welche in einen solchen münden könnten.

Es sind meist grossräumige Wettersysteme, die im Wallis zu einem Hochwasserereignis in den Flüssen führen können (Meteodat, 1999). Diese Wettersysteme können mit den heutigen Hilfsmitteln frühzeitig erkannt und beschrieben werden. Die Wettervorhersagen zeigen aber nur die Möglichkeit des Entstehens eines Hochwassers auf. Die Umwandlung in eine Abflussvorhersage – und besonders in eine Hochwasservorhersage – bedingt die Kenntnis zahlreicher auch kurzfristig verfügbarer Daten. Eine Vorhersage bezüglich Abflussmengen kann dadurch erst bei kurzfristigen Vorhersageperioden an Verlässlichkeit gewinnen.

Ein Hochwasserwarnsystem, dessen Prognosemethoden und Gegenmassnahmen stufenweise an die Gefahrensituationen angepasst werden, könnte den Krisenstabsverantwortlichen einen wesentlichen Vorteil bieten: Sowohl vor als auch nach dem Eintritt eines Hochwasserereignisses könnte es jenen entscheidenden zeitlichen Vorsprung auf die möglichen Ereignisse bringen, der für die Eindämmung oder Verhinderung einer Katastrophe notwendig ist.

Verdankungen

Die Studien zur Hochwasservorhersage für das Wallis wurden nur durch die freundliche Mithilfe verschiedener Leute möglich. Es seien hier namentlich die Herren *D. Bérod* und *J. Rouiller* vom Service de routes et de cours d'eau du canton de Valais erwähnt. Ebenso sei Herrn *D. Grebner* vom Geographischen Institut der ETH Zürich, Frau *S. Willemse-Kiene* sowie den Herren *M. Haug* und *S. Zanini* von der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) für ihre wertvolle Mitarbeit bei den Zwischenberichten und dem Schlussbericht Consecru gedankt. Den Kraftwerken Mattmark möchten wir für die zur Verfügung gestellten Daten danken, ebenso wie der Landeshydrologie und -geologie (LHG).

Literatur

Consuegra, D., Niggli, M., et Musy, A., 1998: Concept méthodologiques pour le calcul des crues - Application au bassin versant supérieur du Rhône. «wasser, energie, luft», Heft 9/10, Baden, pp. 223 – 231.

Hades, 1992 (Hydrologischer Atlas der Schweiz): Beeinflussung der Fliessgewässer durch Kraftwerke (≥300 kW) und Seeregulierungen. Margot, A., Schädler, B., Sigg, R., und Weingartner, R., Landeshydrologie und -geologie, Bern, ISBN 3-9520262-0-4, Blatt 5.3.

Lang, H., Rohrer, M., Grebner, D., Lorenzi, D., Rinderknecht, J., und Steinegger, U., 1995: Hochwasserwarnungen für das Wallis; Vorstudie: Meteorologische und hydrologische Grundlagen. Abteilung Hydrologie, Geographisches Institut ETH, Zürich, 91 p.

Lang, H., Rohrer, M., Grebner, D., Lorenzi, D., Roesch, T., Steinegger, U., und Wahrenberger, Ch., 1996: Hochwasserwarnungen für das Wallis; Schlussbericht zur Hauptstudie Teil 1: Meteorologische Grundlagen und Möglichkeiten der Hochwasservorhersage im Kanton Wallis. Abteilung Hydrologie, Geographisches Institut ETH, Zürich, 73 p.

Meteodat GmbH, 1999: Meteorologische Grundlagen und Möglichkeiten der Hochwasservorhersage für das Walllis. Schlussbericht zur Hauptstudie Consecru. Meteodat GmbH, Zürich, ISBN 3-9521713-0-1, 210 p.

Müller, U., Zimmermann, W., et al., 1997: Katastrophen als Herausforderung für Verwaltung und Politik. Schlussbericht NFP 31, Verlag der Fachvereine an der ETH Zürich, 308 p.

IKSR, 1997: Bestandesaufnahme der Meldesysteme und Vorschläge zur Verbesserung der Hochwasservorhersage im Rheineinzugsgebiet. Internationale Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR), Koblenz (D), 62 p.

Röthlisberger, G., 1994: Unwetterschäden in der Schweiz im Jahr 1993. «wasser, energie, luft», Heft 1/2, Baden, pp. 1 – 8.

SLF, 1998: Homepage im Internet des Schweizerischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch, Davos. Adresse: http://www.wsl.ch/slf/avalanche/

Adressen der Verfasser: Dr. *Mario Rohrer, Christian Noetzli,* Meteodat GmbH, Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich. Dr. *Armin Petrascheck,* Bundesamt für Wasserwirtschaft, Postfach, CH-2501 Biel-Bienne.

Dr h.c. Giovanni Rodio 1888–1957

Charles L. Comte

La carrière de l'ingénieur EPF Giovanni Rodio, est tracée avec ses faits les plus saillants [1]. Après les écoles en Suisse et des chantiers en Espagne, il crée à Milan une entreprise spécialisée. Son caractère et ses talents en ont fait un extraordinaire entraineur d'hommes. Il découvre que le domaine des fondations est en retard sur le développement du génie civil et lui consacre ses talents divers en technique et en affaires. Il parvient à se lier avec Terzaghi, le père de la mécanique des sols, Lugeon, le géologue des barrages, et les plus grands constructeurs de l'époque, qui lui confieront souvent des travaux difficiles. Après avoir créé de nombreuses entreprises à travers le monde, son œuvre sera continuée par ses collaborateurs, des ingénieurs de grand format, qui élargiront son action.