

<b>Zeitschrift:</b>	Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Zivilschutzverband
<b>Band:</b>	47 (2000)
<b>Heft:</b>	9
<b>Artikel:</b>	Wenn sich alle Schleusen des Himmels öffnen = Lorsque s'ouvrent les écluses célestes = Quando si aprono tutte le chiuse del cielo
<b>Autor:</b>	Reinmann, Eduard
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-369312">https://doi.org/10.5169/seals-369312</a>

### 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:** 08.02.2026

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



FOTO: ZVG

Eine Hochwasserperiode wie letztes Jahr gab es auch im Jahr 1910.

Die hoch gehende Emme zog damals Hunderte von Leuten an, die das Ereignis bestaunten.

### Hochwasser: Ursachen und Folgen

## Wenn sich alle Schleusen des Himmels öffnen

**Das Hochwasserjahr 1999 ist noch in eindrücklicher Erinnerung. Gesamthaft fiel in der Periode vom 11. bis 22. Mai in der Deutschschweiz und am Alpennordrand grossräumig die zwei- bis zweieinhalbsechige Regenmenge des langjährigen Monatsmittels im Mai. Die Niederschlagsereignisse des letzten Jahres gehen zwar als Jahrhunderthochwasser in die Geschichte ein. Aber im lokalen Bereich muss immer wieder mit Wasserständen weit über dem Normalpegel gerechnet werden. Vor allem dann, wenn sich mehrere Voraussetzungen kumulieren.**

EDUARD REINMANN

Schon Ende Februar 1999, nach den grossen Schneefällen und angesichts einer «Beinahe-Hochwasserlage» infolge Tau-

wetters, wurden Befürchtungen geäußert, das Jahr 1999 könnte grosse Hochwasser bringen. Da «der Schnee von gestern der Abfluss von morgen» ist, bestand tatsächlich ein erhöhtes Gefahrenpotential. Ob 1999

aber nur ein wasserreiches oder ein Hochwasserjahr werden würde, war zum damaligen Zeitpunkt noch ungewiss, hängt doch die Bildung eines Hochwassers von der kurzfristigen Wetterentwicklung ab.

### Entwicklung in drei Phasen

Vom 4. bis 22. Mai war das Wetter besonders auf der Alpennordseite regnerisch. Dabei kam es vom 11. bis 14. und erneut am 21. Mai zu extremem Starkregen. Die Meteorologen gliedern die Entwicklung in drei Phasen.

## Hochwasser im Mai 1999 – die vertiefte Analyse

Als Folge der grossen Schäden durch die Hochwasser des vergangenen Jahres muss vielerorts die Hochwassersicherheit überprüft und verbessert werden. Zweckmässige Massnahmen erfordern jedoch eine Kenntnis der Ursachen und der Eintretenswahrscheinlichkeit. Deshalb gibt das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) zwei Studienberichte heraus, die den Ablauf und die Ursachen der Hochwasser 1999 weiter klären.

Die Ursachen der Hochwasser, die entstandenen Schäden und die ergriffenen Massnahmen werden im Studienbericht

Nr. 10 des BWG dargestellt. Die Jahre 1987 und 1993 übertrafen in dieser Beziehung das letzte Jahr. Eine Kombination von Regen und Schneeschmelze führte jeweils an den diversen Schadenplätzen zur Überschwemmung, wobei der Anteil der Schneeschmelze regional stark unterschiedlich ausfiel. Eine interessante Schlussfolgerung des Berichts ist, dass auf allen Ebenen (Bund, Kantone, Krisenstäbe) die Information zur aktuellen hydrologischen Situation, aber auch grundsätzlich über bestehende Gefahren, verbessert werden muss.

Als Hydrologische Mitteilung Nr. 28 der

Landeshydrologie und -geologie (LHG) erscheint eine Studie, welche die hydrologischen Ereignisse vom Mai 1999 detailliert beschreibt und statistisch einordnet. Es fällt auf, dass an vielen Messstationen der höchste Abfluss seit Beginn der Messungen registriert wurde. In der Vergangenheit findet man jedoch bereits 1910 ein ebenso bedeutendes Ereignis wie das letztjährige Hochwasser. Die beiden Berichte können beim Bundesamt für Bauten und Logistik, EDMZ, 3003 Bern, bestellt werden.

UVEK Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie, Kommunikation

*Extremes Hochwasser in der Deutschschweiz nach zweitägigem Starkregen:* Am 11. Mai kam eine in West-Ost-Richtung langgestreckte Luftmassengrenze über die Alpennordseite zu liegen. Die feuchte Warmluft wurde zwischen der Kaltluft im Norden und den Alpen hochgepresst. Bei

konstanter Windrichtung blieb die Zone maximaler Regenintensitäten am 12. Mai über viele Stunden ortsfest. In Buchs/Suhr AG fielen in 18 Stunden 103 Liter Regen pro Quadratmeter, mehr als normalerweise im ganzen Monat Mai. Die extremen Regenfälle führten besonders in der Nord-

ostschweiz und in den Kantonen Zürich und Aargau zu lokalen Überschwemmungen durch kleine Bäche und Flüsse. Die Limmat setzte Uferwege unter Wasser. In der Nacht zum 13. Mai schwoll der Rhein unterhalb Koblenz auf Rekordhöhe an. In der Altstadt Rheinfeldens stand das Was-

### Gut vorhergesagt ist halb gewarnt

Das Leben am und auf dem Wasser bietet viel Schönes, es birgt aber auch Gefahren. Denn unsere Gewässer reagieren oft rasch und unerwartet auf das wechselhafte Wettergeschehen. Bei drohendem Hochwasser sind Anwohner, Siedlungen und Industrieanlagen, Straßen und Eisenbahnlinien entlang eines Flusses, aber auch Bauwerke oder Baustellen im Fluss gefährdet. Werden extrem hohe Wasserstände überstiegen, lösen Hochwasser-Alarmstationen der Landeshydrologie und -geologie (LHG) am Oberlauf von Flüssen automatisch Alarm aus. Besonders bei nicht vorhersehbaren Ereignissen sind solche kurzfristigen Warnungen vor allem für die Wehrdienste und andere Alarmorganisationen äusserst wichtig.

Damit die verantwortlichen Behörden aber auch über etwas längere Zeit zuverlässige Hochwasserschutz- und Notfallmassnahmen disponieren können, sind mittelfristige Abflussvorhersagen nötig. Seit vielen Jahren werden in der Vorhersagezentrale der LHG regelmässig Prognosen des Wasserstandes und des Abflusses für verschiedene Orte entlang des Rheins und seiner Zuflüsse erarbeitet. Mit diesen Vorhersagen bietet die LHG zahlreichen Benützern aus verschiedenen Bereichen ein wertvolles Planungsinstrument an.

#### Vorhersagen sind breit abgestützt

Die Wasserstands- und Abflussvorhersagen der LHG basieren im Wesentlichen auf drei Grundpfeilern.

*Hydrologische und meteorologische Messdaten:* Rund 80 Messstationen an Seen und Flüssen übermitteln ihre Wasserstandsmessungen automatisch per Telefon an die Vorhersagezentrale der LHG in Bern. Stündlich werden auch die Messungen von Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Wind von mehr als 70 automatischen Wetterstationen der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) an die Zentrale der LHG weitergeleitet. Zweimal täglich treffen hier ebenfalls die Werte für die

Schneedecke ein. Zusätzlich liefern drei von der SMA betriebene Wetter-Radaranlagen alle fünf Minuten einen neuen Überblick über die Niederschlagslage in der Schweiz. Alle diese Daten bilden die wichtigste Grundlage für eine genaue kurzfristige Vorhersage.

*Meteorologische Vorhersagen:* Speziell für die Abflussvorhersage der LHG werden von der SMA Niederschlags- und Temperaturvorhersagen erarbeitet. Zusätzlich stehen die mit einem komplexen, hochauflösenden numerischen Wettervorhersagemodell der SMA berechneten meteorologischen Parameter in stündlicher Auflösung zur Verfügung. Diese Daten sind unerlässlich für die Abflussvorhersage über einen Zeitraum von zwei bis drei Tagen.

*Wissenschaftlich erarbeitete hydrologische Vorhersageverfahren:* Gestützt auf langjährige Erfahrung wurde das Vorhersageverfahren am Geographischen Institut der ETH Zürich entwickelt. Im neuen hydrologischen Modellpaket HMP-ETH werden zuerst die an den Wetterstationen gemessenen Daten mit der sogenannten Kriging-Methode auf die Flächen der Flusseinzugsgebiete umgerechnet. Für den Niederschlag kann das Rechenprogramm je nach Lufttemperatur zwischen Regen und Schneefall unterscheiden und entsprechend die Schneedecke anwachsen oder schmelzen lassen. Anschliessend wird für jedes Teil-einzugsgebiet der Wassergehalt in den einzelnen Schichten des Bodens und darauf folgend der Abfluss in den Bächen und Flüssen berechnet. Schliesslich werden die Abflüsse im Stundenschritt von Teilgebiet zu Teilgebiet bis hinunter zur letzten Pegelstation zusammengezählt.

#### Hochwasseralarm – was dann?

Wenn Flüsse plötzlich stark anschwellen, geben die Hochwasser-Alarmmelder der LHG, welche an besonders gefährdeten Flussabschnitten installiert sind, vollautomatisch Alarm an eine private, rund um die Uhr arbeitende Überwachungsorganisation. Von dort werden per Telefon sofort alle interessierten Stellen alarmiert. Nebst in- und ausländischen Behörden sind das zum Beispiel die Rheinschifffahrt, Flusskraftwerke und private Firmen.

#### Im Kanton Uri wird rasch gehandelt

Wetterprognosen, Abflussvorhersagen und Warndispositive sind gut und hilfreich. Dies gilt insbesondere für die Einzugs- und Durchlaufgebiete grosser Flüsse mit genügend Vorwarnzeit. Etwas anders sieht es im Kanton Uri aus, wo ein Hochwassereignis innert kurzer Zeit dramatische Formen annehmen kann, wie das Hochwasser von 1987 gezeigt hat. Aber die Urner haben sich vorgesehen. Über das ganze Kantonsgebiet verteilt – insbesondere im Einzugsgebiet der Reuss und der Schächen – sind Messstationen, deren Informationen jederzeit abrufbar sind. Die Abteilung Wasserbau des kantonalen Tiefbauamtes unterhält einen Pikettdienst, der rund um die Uhr abrufbereit ist und aufgrund seiner Kenntnisse und Erfahrungen die richtigen Massnahmen unverzüglich in die Wege leiten kann. Ein Alarmplan mit einem Adressverzeichnis aller wichtigen Stellen, detaillierten Verhaltensanleitungen, Checklisten und Instruktionen über die Abfrageprogramme regelt die Zuständigkeiten. Alle wichtigen Angaben sind in einem «Handbuch für die Gefahrenabwehr» enthalten, das geradezu Lehrbuchcharakter hat.

In erster Linie wird der Pikettdienst von der im 24-Stunden-Betrieb arbeitenden Kantonspolizei mobilisiert, die in kritischen Lagen den Auftrag hat, das Wasserlaufend zu beobachten. Aber auch Gemeinden und andere können sich an den Pikettdienst wenden. Im Kanton Uri sind zudem die Feuerwehren für Hochwassereinsätze speziell geschult, ausgerüstet und entsprechend einsatzfähig.

Nach 1987 wurden die baulichen Hochwasserschutz-Massnahmen – namentlich im Unterlauf der Reuss – intensiv vorangetrieben. Sanierung der Reussdämme, Flussverbreiterung, Aufweitungen, Hochwasserschutzmauern, Gerinneausbau, Durchlässe und Entlastungsanlagen sind nur einige Stichworte. Eine Besonderheit im Kanton Uri ist der Einbezug der Autobahn A2 in die Hochwasserentlastung in den Räumen Erstfeld und Attinghausen bei extremen Ereignissen. Ein kontrolliertes Überströmen des Reussufers auf die Autobahn verhindert Dammbrüche.

ser bis 1,5 m tief. Auch Teile von Kleinbasel wurden überschwemmt.

**Rekordpegelstände an Seen:** Die Luftmassengrenze lag am 13. und 14. Mai dann am Alpennordhang und verursachte vor allem hier weitere namhafte Regenfälle. Diese liessen nun auch die Seepiegel über kritische Hochwassermarken ansteigen. Der Pegel des Thunersees erreichte Rekordstand. Auf 4 km Länge drang das Wasser bis 400 m landeinwärts vor und setzte die Häuser unter Wasser. Stark betroffen war auch das Aaretal. Das Gelände des Flughafens Belpmoos stand unter Wasser. Auch in Bern erreichte die Aare Rekordstand und überflutete rund 500 Häuser im Mattequartier. Hauptursache für die Hochwasser waren die extremen Niederschläge, wobei sich ungünstig auswirkte, dass die Böden nach dem regenreichen April und durch schmelzenden Schnee bereits stark durchnässt und daher kaum mehr aufnahmefähig waren. Die direkte Schneeschmelze spielte laut Landeshydrologie eine untergeordnete Rolle.

**Neue Starkregen am Alpennordhang:** Ein neues Tief mit sehr feuchter Luft beeinflusste vom 20. bis 22. Mai den zentralen und östlichen Alpenraum. Nördliche Höhenwinde drückten diese Luftmassen gegen die Alpen. Dies hatte erneut extreme Stauregen zur Folge. In der Schweiz fielen vom Glarnerland bis ins Alpsteingebiet lokal über 100 Liter Regen pro Quadratmeter. Dadurch entstand erneut gefährliches Hochwasser im Linthkanal und im Toggenburg. Extreme Regenfälle in Vorarlberg liessen auch den Oberrhein hoch anschwellen. Am 24. Mai erreichte deshalb der Bodensee den höchsten Stand seit 1890 und setzte Teile der umliegenden Gemeinden tief unter Wasser.

Kurz vor Mitte Juni begannen die Pegel der Seen unerwartet stark zu sinken. Am 12./13. Juni 1999 lag der Pegel des Thunersees erstmals wieder seit Mitte Mai unter der Schadengrenze. Gleichzeitig sanken auch die Pegel des Bodensees und des Zürichsees.

### Reichlich viel auf einmal

Die starken Schneefälle im Frühjahr führten einerseits dazu, dass durch den grossen Schneewasseranfall die Seen im Mai bereits aussergewöhnlich hohe Stände aufwiesen. So lagen am 10. Mai, vor Beginn der Niederschläge, die Pegel des Brienzer- und Thunersees rund 30 cm und des Walensees rund 50 cm über dem langjährigen Monatsmittel. Anderseits lag in vergleichbaren Lagen länger Schnee als üblich und der schneedeckte Flächenan-

teil war höher als zum gleichen Zeitpunkt in anderen Jahren. Und dann kam auch noch der grosse Regen.

**Schlussfolgerung:** Hohe Wasseräquivalente in der Schneedecke, feuchte Vorbedingungen auf Grund von überdurchschnittlichen Niederschlägen wie im April 1999 oder Starkniederschläge wie im Mai 1999 sind für sich alleine nicht besonders seltene Ereignisse. So ist in der Schweiz mit Schneemengen wie im Frühjahr 1999 oder mit Niederschlägen wie an Auffahrt oder Pfingsten 1999 im Mittel etwa alle zehn Jahre zu rechnen. Das Zusammentreffen dieser Ereignisse wie es 1999 geschah, ist allerdings wesentlich seltener. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass erst der Witterungsverlauf mit warmen und feuchten Bedingungen ab dem 21. April bis an Pfingsten den raschen und kontinuierlichen Abbau der Schneedecke und die grosse Vorfeuchte auch in schneefreien Gebieten verursachte. Dies waren die wesentlichen Voraussetzungen für das ausserordentliche Ausmass der Hochwasser vom Mai 1999, denen man eine Wiederkehrperiode in der Grössenordnung von hundert Jahren zuordnet.

### Die nächste Flut kommt bestimmt

Die Statistik kann jedoch trügen. Ein Hochwasser wie 1999 sei schon bald wieder möglich, schreibt das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) in einer unlängst veröffentlichten Analyse. Der Zufall wollte es, dass dieser Bericht zeitlich genau mit den Überschwemmungen von Anfang August im Osten des Landes zusammenfiel. Das Amt fordert deshalb eine verbesserte Gefahreninformation. Zwar wurde laut BWG in den letzten Jahren die Information verbessert. So sei es beim Hochwasser 1999 ein spürbarer Fortschritt gewesen, dass die wichtigsten Messwerte der Landeshydrologie und -geologie jeden Tag frühmorgens verfügbar gewesen und danach jeweils laufend aufdatiert worden seien. Ziel sei nun ein laufender Ausbau der Messstationen mit so genannten Datenloggern. Neben einer verbesserten Information für die Krisenstäbe fordert das BWG wasserbauliche Schutzkonzepte, die auch extreme Ereignisse berücksichtigen. Es braucht jedoch auch eine angepasste Nutzung und eine angepasste Bauweise in häufiger von Hochwasser betroffenen Gebieten. Sodann sei nach schneereichen Wintern die Füllung der Seen hinauszögern. □

**Quellen:** Landeshydrologie und -geologie, ProClim-Forum, Meteo Schweiz, Bundesamt für Wasser und Geologie.

## Der Treibhauseffekt und seine Wirkung

Treibhauseffekt, Klimaerwärmung und Wetterkapriolen sind Reizworte unserer Zeit. Von den einen werden sie heruntergespielt, von den anderen hochstilisiert. Emotionen sind bei derartigen Fragen jedoch fehl am Platz. Bereits 1998, also vor dem Hochwassersommer, wurde vom Beratenden Organ für Klimaforschungsfragen des EDI und UVEK (OcCC) ein Wissensstandsbericht in Auftrag gegeben, der sich mit Klimaänderungen in der Schweiz und den Auswirkungen von extremen Niederschlagsereignissen befasst. Daraus einige Auszüge:

Als Folge der erwarteten Klimaänderung wird mit weltweiten, ernsthaften Auswirkungen gerechnet, wenn die Emissionen der Treibhausgase nicht deutlich reduziert werden können. In der Schweiz sind insbesondere die Auswirkungen von Naturgefahren von Bedeutung, wobei hier Hochwasser zu den schadenreichsten Ereignissen zählen...

Die Forschung hat in den letzten Jahren zu einem vertieften Verständnis der Prozesse geführt, die zu Extremniederschlag und Hochwasser führen. Mit heutigen Klimamodellen können Veränderungen des mittleren Klimas der Zukunft abgeschätzt werden, sie lassen aber keine Aussagen über die zukünftige Entwicklung von Extremereignissen zu...

Berechnungen mit Klimamodellen lassen eine Intensivierung des Wasserkreislaufes als Folge der Klimaerwärmung erwarten. Neuste Analysen von Beobachtungen der letzten 100 Jahre in der Schweiz bestätigen die Modellvorhersagen: In den Alpen wurde eine Zunahme der Niederschläge im Herbst und im Winter um bis zu 30 Prozent festgestellt. Dieser Trend dürfte sich in Zukunft weiter verstärken. Im Mittelland und in der Südschweiz wird als Folge dieser Zunahme mit häufigeren Hochwassereignissen im Winterhalbjahr gerechnet...

Klimageschichtliche Unterlagen zeigen, dass extreme Hochwassereignisse auftreten können, deren Ausmass die heute bekannten regionalen Ereignisse bei weitem überschreitet. (Man beachte, dass der Bericht im Januar 1999 erschienen ist.) Aufgrund der Seltenheit solcher Ereignisse ist ein Bezug zu Klimaänderungen jedoch nicht möglich... □

**PHOTO: E. REINMANN**

Les exploitants des usines hydrauliques ont besoin de prévisions fiables des inondations.



**Inondations:**  
causes et conséquences

## Lorsque s'ouvrent les écluses célestes

**rei. 1999, qui fut l'année des inondations, reste incrustée dans nos mémoires. Durant la période courant entre le 11 et le 22 mai, il est tombé en tout, dans un vaste espace comprenant la Suisse alémanique et le versant nord des Alpes, plus de deux fois la quantité d'eau qui correspondrait à la moyenne du mois de mai, calculée sur un grand nombre d'années. S'il est vrai que les précipitations de l'année dernière passeront dans l'histoire au titre d'inondations du siècle, il faut rappeler qu'à l'échelon local, il faut toujours compter avec des niveaux de l'eau qui dépassent de beaucoup la normale, en particulier lorsqu'on se trouve confronté à un cumul de plusieurs facteurs.**

Fin février 1999 déjà, après les importantes chutes de neige, alors que le niveau des eaux faisait craindre des inondations, puis vu le dégel, on craignait déjà de voir 1999 devenir l'année des grandes inondations. Puisque «la neige d'hier sera l'eau de demain», le danger était vraiment élevé. On n'était cependant pas encore sûr de devoir s'attendre à une année riche en eau ou à des inondations. En effet, les inondations sont le fruit d'un développement météorologique à court terme.

### Développement en trois phases

Entre le 4 et le 22 mai, le temps a été pluvieux, particulièrement sur le versant nord des Alpes. On enregistra, du 11 au 14, puis le 21 mai, des pluies extrêmement abondantes. Les météorologues voient ce développement en trois phases.

*Eaux extrêmement hautes en Suisse alémanique, à la suite de pluies particulièrement abondantes pendant deux jours: Le 11 mai, la limite de masses d'air de forme allongée, en provenance de l'ouest, se situait sur le versant nord des Alpes. De l'air chaud et humide fut comprimé à l'extrême, entre l'air froid situé au nord d'une part, et les Alpes. Alors que la direction du vent restait constante, la zone des pluies, d'une intensité extrême, restait stationnaire pendant des heures le 12 mai. A Buchs-Suhr AG, il est tombé 103 litres de pluie par mètre carré en 18 heures, plus que pendant tout le mois de mai en temps normal. Ces pluies très abondantes ont conduit, en particulier dans le nord de la Suisse orientale ainsi que dans les cantons de Zurich et d'Argovie, à des inondations locales dues à la crue des ruisseaux et rivières. L'eau de la Limmat a inondé les chemins qui longent*

ses rives. Dans la nuit du 12 au 13 mai, le Rhin a atteint un niveau record en aval de Koblenz. Dans la vieille ville de Rheinfelden, l'eau atteignait jusqu'à 1,5 mètres. Des quartiers de Bâle étaient également inondés.

*Des niveaux record autour des lacs: La limite des masses d'air se trouvait sur le flanc nord des Alpes les 13 et 14 mai, ce qui provoqua de nouvelles pluies diluviales dans cette zone. L'eau monta alors au-delà du niveau critique. Au lac de Thoune, sur une longueur de 4 kilomètres, l'eau entra jusqu'à 400 mètres dans les terres et inonda les maisons. La vallée de l'Aar fut aussi très touchée. Le territoire de l'aéroport de Belpmoos était sous l'eau. A Berne aussi, l'Aar battait des records et inondait environ 500 maisons dans le quartier de la Matte. Si les inondations étaient dues principalement aux pluies extrêmement abondantes, elles étaient en outre favorisées par le fait que le sol était détrempe sous l'effet des pluies tombées en avril et de la fonte des neiges. L'eau ne pouvait plus être résorbée. Directement, la fonte des neiges n'a joué qu'un rôle secondaire, selon le Service d'hydrologie national.*

*Nouvelles pluies diluviales sur le versant nord des Alpes: Un nouveau centre de basses pressions, avec une forte humidité de l'air, influença le temps dans les Alpes centrales et orientales, du 20 au 22 mai. En altitude, les vents du nord poussèrent ces masses d'air contre les Alpes. Il en résulta à nouveau des pluies très intenses. En Suisse, il tomba, entre Glaris et la région d'Alpstein, plus de 100 litres de pluie par mètre carré, ce qui provoqua à nouveau de dangereuses inondations dans le*

canal de la Linth et dans le Toggenburg. Des pluies extrêmement abondantes dans le Vorarlberg firent gonfler dangereusement les eaux du Rhin supérieur. Le 24 mai, le lac de Constance atteignait son plus haut niveau depuis 1890, mettant sous les eaux des quartiers des communes riveraines. Peu avant la mi-juin, le niveau des lacs commença à descendre sensiblement, de manière inattendue. Les 12 et 13 juin, le niveau du lac de Thoune se trouva, pour la première fois depuis le mois de mai, en dessous de la limite de danger. En même temps, le niveau des lacs de Constance et de Zurich descendait également.

### Vraiment beaucoup à la fois

En mai déjà, la fonte des neiges, elles qui étaient tombées en grande quantité au printemps, apporta les grandes masses

d'eau qui firent monter anormalement le niveau des lacs. Ainsi, le 10 mai, avant le début des pluies, le niveau des lacs de Brienz et de Thoune dépassait de 30 cm la limite moyenne du mois (calculée sur de nombreuses années) alors que ce dépassement était de 50 cm au lac de Walenstadt. D'autre part, dans des situations comparables, la neige est restée plus longtemps que d'ordinaire et les surfaces couvertes de neige étaient plus grandes que d'autres années à la même époque. C'est à ce moment que vinrent les grandes pluies.

Conclusions: les grandes quantités d'eau contenues dans les couches de neige, les sols détrempeés à la suite des précipitations anormales d'avril 1999 ou les fortes pluies de mai 1999 ne seraient pas, à eux seuls, des événements très particuliers. En Suisse, il faut compter en moyenne tous les dix ans avec des masses de neige égales

à celles du printemps 1999 ou à des précipitations telles que celles qu'on a connues à l'Ascension ou à Pentecôte 1999. Il est par contre beaucoup plus rare de voir le cumul de ces événements, comme ce fut le cas en 1999. Il faut alors considérer que seul le développement météorologique, dans des conditions chaudes et humides entre le 21 avril et Pentecôte, est responsable de la fonte rapide et continue de la couche de neige ainsi que de l'humidité qui a précédé, dans les régions non enneigées. C'étaient les conditions essentielles qui devaient permettre les énormes dimensions des inondations de 1999, événement qui réapparaît grossièrement une fois par siècle. □

Sources: Service d'hydrologie et de géologie national, Forum proClim, Météo suisse.

## De bonnes prévisions font la moitié d'un avertissement

La vie au bord de l'eau et sur l'eau a ses charmes, mais attention aux dangers dissimulés. Nos lacs et cours d'eau réagissent aux changements de temps, souvent rapidement et de manière inattendue. Si l'inondation menace, les habitants, les agglomérations, les installations industrielles, les routes et les lignes de chemin de fer qui longent le cours d'eau, puis aussi les constructions et les chantiers dans le cours d'eau sont menacés. Si les niveaux d'eau dépassent une hauteur limite, les stations d'alarme compétentes du Service d'hydrologie et de géologie national (SHGN) déclenchent automatiquement l'alarme sur les rives menacées. En particulier pour les événements non prévisibles, de telles alertes d'urgence sont importantes, avant tout pour les services de défense et autres organismes d'alarme.

Pour que les autorités responsables puissent aussi prendre, durant un temps prolongé, des mesures fiables de protection contre les inondations et les cas d'urgence, il faut aussi des prévisions à moyen terme concernant l'écoulement des eaux. Depuis de nombreuses années, le SHGN émet régulièrement des prévisions du niveau de l'eau et de son écoulement, pour différents endroits le long du Rhin et de ses affluents. Ces prévisions sont, pour leurs nombreux

utilisateurs que l'on trouve dans les branches les plus variées, un précieux instrument de planification.

### Prévisions largement étayées

Les prévisions SHGN du niveau de l'eau et de son écoulement reposent, pour l'essentiel, sur trois piliers fondamentaux.

*Résultats des mesures hydrologiques et géologiques:* Environ 80 stations de mesures, réparties le long des lacs et cours d'eau, transmettent automatiquement, par téléphone, à la centrale des prévisions du SHGN à Berne, le résultat de leurs mesures. Toutes les heures, 70 stations automatiques de l'Institut suisse de météorologie (ISM) transmettent à la même centrale le résultat de leurs mesures des pluies, de la température, de l'humidité de l'air et des vents. Deux fois par jour, cette centrale reçoit également les renseignements utiles concernant les couches de neige. Toutes des cinq minutes enfin, trois stations radar de l'ISM transmettent un nouvel aperçu des précipitations en Suisse. Toutes ces données représentent la base la plus importante pour des prévisions fiables à court terme.

*Prévisions météorologiques:* Particulièrement en vue des pronostics du SHGN sur l'écoulement des eaux, l'ISM établit les prévisions des précipitations et des températures. En outre, on dispose à chaque heure de paramètres météorologiques calculés selon un modèle complexe, numérique, de prévisions du temps de l'ISM. Ces données sont indispensables pour prévoir l'écoulement des eaux sur une durée de deux à trois jours.

*Procédure scientifique de prévision hydrologique:* Sur la base de l'expérience acquise pendant de longues années, l'Institut de géographie de l'EPF Zurich a développé un procédé permettant d'établir ses prévisions. Selon le nouveau paquet hydrologique SHGN/EPF, les stations météorologiques mesurent et convertissent en premier lieu les données recueillies sur les surfaces où naissent les cours d'eau, selon la méthode Kriging. Pour les précipitations, un programme électronique est capable de discerner, selon les températures, entre la pluie et la neige, déterminant la croissance ou la diminution des couches de neige. Ensuite, il calcule, pour chaque partie du territoire en question, la teneur en eau de chaque couche du sol et, par conséquent, le volume des ruisseaux et rivières. Enfin, on calcule toutes les heures la somme de l'écoulement dans chaque zone, jusqu'à la dernière station en aval.

### Alarme inondation – que faire ensuite?

Lorsque le niveau des cours d'eau augmente tout à coup fortement, les postes d'alarme SHGN, qui sont installés à des endroits particulièrement menacés le long d'un cours d'eau, donnent, par un système entièrement automatique, les instructions nécessaires à un organisme d'alarme privé qui travaille 24 heures sur 24. C'est de là que l'on alarme par téléphone toutes les instances intéressées. À part les autorités suisses et étrangères, il faut compter par exemple les sociétés de navigation sur le Rhin, les usines hydrauliques ou des maisons privées. □

Inondazioni: cause e conseguenze

# Quando si aprono tutte le chiuse del cielo

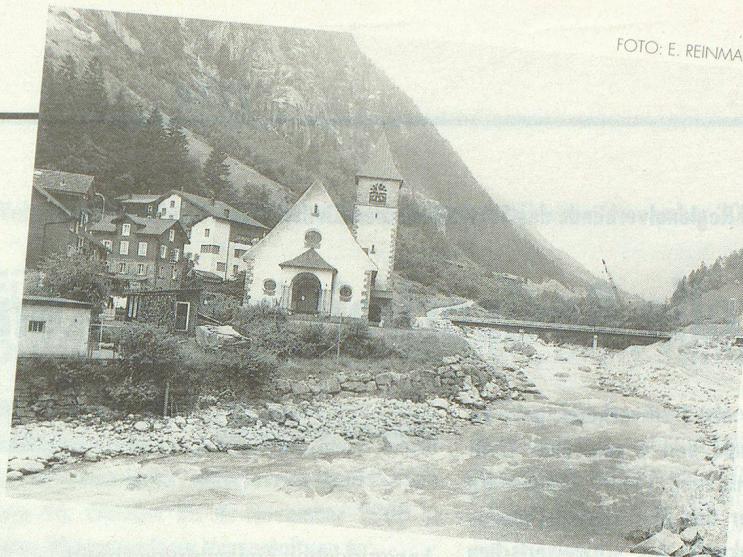
**rei. Tutti ci ricordiamo ancora benissimo del 1999, l'anno in cui si sono verificate diverse inondazioni. Nel periodo dall'11 al 22 maggio nella Svizzera tedesca e sul versante nord delle Alpi è stata registrata una quantità di pioggia pari a 2 volte/2 volte e mezzo la media normale del mese di maggio. È vero che quelle degli ultimi anni passeranno alla storia come le inondazioni del secolo, ma anche nel settore locale occorre sempre tenere presente la possibilità che l'acqua raggiunga livelli anche di molto superiori a quello normale, e questo soprattutto quando si accumulano diverse premesse.**

Già alla fine di febbraio 1999 dopo le abbondanti nevicate e data la situazione di «quasi inondazioni» dovuta allo scioglimento della neve, molti hanno temuto che l'anno 1999 potesse essere ancora teatro di grandi inondazioni. Come tutti sappiamo, «La neve di ieri non è altro che l'acqua che si scioglierà domani» e per questo le paure erano del tutto giustificate. Allora però non si poteva ancora sapere con precisione se il 1999 sarebbe stato un anno soltanto piovoso o un anno di inondazioni perché fenomeni come le inondazioni dipendono prima di tutto dall'evoluzione del tempo a breve scadenza.

## Un'evoluzione in tre fasi

Dal 4 al 22 maggio il tempo sul versante nord-occidentale delle Alpi era molto piovoso e soprattutto dall'11 al 14 maggio e poi di nuovo il 21 maggio si sono registrate fortissime precipitazioni. I meteorologi distinguono tre fasi di questa evoluzione.

*Inondazioni di estrema gravità nella Svizzera tedesca dopo due giorni di piogge molto intense:* l'11 maggio il limite di una grande massa d'aria si è localizzato sul versante nord delle Alpi. Questa massa di aria calda e umida è stata poi compressa tra l'aria fredda proveniente dal nord e le Alpi. Data la direzione del vento costante, il 12 maggio la zona di massima intensità delle piogge è rimasta stabile per molte ore. A Buchs-Suhr AG nel giro di 18 ore sono caduti 103



Le costruzioni situate nelle vicinanze dei corsi d'acqua – come questa nella valle della Reuss (cantone di Uri) – sono particolarmente esposte al pericolo di inondazioni.

litri di pioggia per  $m^2$ , più di quanto normalmente piove in tutto il mese di maggio. Soprattutto nella Svizzera nord-orientale e nei cantoni di Zurigo e Argovia le piogge così intense hanno provocato inondazioni locali per lo straripamento di alcuni fiumi e torrenti. I sentieri sulle rive della Limmat sono stati completamente sommersi dalle acque. Nella notte tra il 12 e il 13 maggio il Reno al disotto di Koblenz ha raggiunto un livello record. Nel centro storico di Rheinfelden l'acqua è arrivata a una profondità di 1,5 m e anche alcune parti del quartiere Kleinbasel a Basilea sono state sommerse dalle acque. *Livelli d'acqua record nei laghi:* il 13 e il 14 maggio il limite della massa d'aria si trovava sul versante nord delle Alpi e ha provocato soprattutto qui altre abbondanti precipitazioni che hanno fatto salire il livello dei laghi al disopra del limite massimo per le inondazioni. Il lago di Thun ha raggiunto un livello record. Su una lunghezza di 4 km l'acqua si è riversata nell'interno e ha allagato alcuni edifici. Anche la valle dell'Aare ha subito notevoli danni e l'aerporto di Berna Belpmoos si è ritrovato sotto l'acqua. Anche a Berna il fiume Aare ha raggiunto un livello record ed è straripato allagando circa 500 edifici nel quartiere Matte. La causa principale delle inondazioni è da ricercare nelle fortissime piogge che si sono abbattute sul terreno ancora molto umido per le abbondanti piogge di aprile e per lo scioglimento della neve, terreno ovviamente non più in grado di assorbire una tale quantità d'acqua. Secondo il Servizio idrologico nazionale, il disgelo diretto ha dato solamente un contributo secondario allo sviluppo della situazione. *Ancora forti piogge sul versante nord delle Alpi:* dal 20 al 22 maggio una nuova depressione con una gran massa di aria umida ha interessato la zona centrale e orientale delle Alpi. I venti del nord d'alta quota hanno spinto questa massa d'aria verso le Alpi, il che ha provocato un notevole accumulo di pioggia. In Svizzera dal cantone di Glarona alla zona dell'Alpstein sono caduti oltre 100 litri di pioggia per  $m^2$  che hanno provocato di nuovo una pericolosa inondazione nel canale della Linth e nel Toggenburgo. Piogge abbondantissime nel Vorarl-

berg hanno fatto salire pericolosamente anche il livello del Reno superiore e il 24 maggio il lago di Costanza ha raggiunto il livello massimo dal 1890 e ha allagato alcune parti dei comuni limitrofi. Poco prima della metà di giugno il livello dei laghi ha cominciato a scendere inaspettatamente e il 12/13 giugno 1999 per la prima volta dalla metà di maggio il livello del lago di Thun è tornato al disotto del limite. Contemporaneamente è sceso anche il livello del lago di Costanza e del lago di Zurigo.

## Tanta pioggia e tutta insieme

Le abbondanti nevicate della primavera hanno fatto sì che in maggio i laghi raggiungessero già livelli eccezionalmente alti e infatti il 10 maggio – prima dell'inizio delle forti precipitazioni – il livello del lago di Brienz e del lago di Thun era già circa 30 cm, quello del Walensee circa 50 cm al disopra della media mensile. Inoltre la neve è caduta molto più tardi del solito e la superficie innevata era più alta rispetto agli altri anni negli stessi periodi. A questo punto sono arrivate le grandi piogge. Conclusione: grosse concentrazioni di acqua nel manto nevoso, gravi condizioni di umidità dovute a precipitazioni superiori alla media come nell'aprile 1999 o forti precipitazioni come nel maggio 1999 non sono di per sé eventi particolarmente rari. In Svizzera infatti ogni dieci anni circa si sono registrate nevicate come nella primavera 1999 o precipitazioni come intorno all'Ascensione o a Pentecoste 1999. La combinazione di questi eventi – che si è verificata nel 1999 – è invece molto più rara. Al proposito bisogna tener presente che l'evoluzione meteorologica con condizioni del tempo calde e umide a partire dal 21 aprile e fino a Pentecoste ha provocato la rapida e continua riduzione del manto nevoso e la grave pre-umidità anche nelle zone prive di neve. Sono state queste le premesse principali per le gravissime inondazioni del 1999 per le quali si prevede un ritorno grosso modo ad intervalli di circa cento anni. □

Fonti: Servizio idrologico e geologico nazionale, Forum ProClim, Meteo Svizzera.