





Hochwasservorsorge

Erkenntnisse aus vier Fallbeispielen

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Serie Acque
Nr. 6 – Bern, 2004

Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

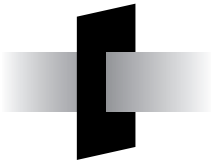
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr,
Energie und Kommunikation
Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti,
dell'energia e delle comunicazioni

Hochwasservorsorge

Erkenntnisse aus vier Fallbeispielen

Berichte des BWG, Serie Wasser – Rapports de l'OFEG, Série Eaux – Rapporti dell'UFAEG, Serie Acque
Nr. 6 – Bern, 2004

Auftraggeber:
Bundesamt für Wasser und Geologie BWG
Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS
Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF



Bundesamt für Wasser und Geologie **BWG**
Office fédéral des eaux et de la géologie **OFEG**
Ufficio federale delle acque e della geologia **UFAEG**
Uffizi federal per aua e geologia **UFAEG**
Federal Office for Water and Geology **FOWG**

Projektbegleitung seitens Auftraggeber

A. Petrascheck, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel

R. Loat, Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), Biel

Projektbearbeitung

Projektleitung: W. Hager, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW - ETHZ)

Teilprojekt **Gefahrensituation**: R. Fäh, G. R. Bezzola, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW - ETHZ)

Teilprojekt **Schadenbilder**: H. Donzé, Gebäudeversicherung des Kantons Luzern (GVL)

Teilprojekt **Objektschutz**: Th. Egli, Egli Engineering, St. Gallen

Teilprojekt **Notfallplanung**: M. Wegmann, Ernst Basler + Partner AG (EBP), Zollikon

Die vier ergänzenden Fachberichte der Teilprojekte sind auf einer separaten CD-ROM erhältlich bei doku@bwg.admin.ch oder im Internet unter www.bwg.admin.ch als download.

Impressum

Herausgeber	Bundesamt für Wasser und Geologie BWG
ISSN	1660-0746
Auflage	1000
Lektorat	Anne Eckhardt, Basler & Hofmann, Zürich
Zitiervorschlag	Bundesamt für Wasser und Geologie BWG. Hochwasservorsorge Berichte des BWG, Serie Wasser Nr. 6 (Bern, 2004, 32 S.)
Internet	Die Publikation ist im PDF-Format unter **www.bwg.admin.ch** verfügbar.
Bezugsadresse	BBL, Vertrieb Publikationen, CH-3003 Bern Internet: www.bbl.admin.ch/bundespublikationen
Bestellnummer	804.506 d
Copyright	© BWG, Biel, Mai 2004

Vorwort

«Von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur» lautet der Leitsatz der Nationalen Plattform Naturgefahren PLANAT. Dieser Leitsatz ist auch bestimmend für den modernen Hochwasserschutz in der Schweiz.

«Gefahrenabwehr» bedeutet, Überschwemmungen zu verhindern, wo immer dies möglich und machbar ist. Seit dem 18. Jahrhundert wurden dazu vermehrt technische Mittel eingesetzt. Trotzdem taten sich immer neue Sicherheitslücken auf; die Natur ist letztlich nicht beherrschbar.

«Risikokultur» bedeutet «Leben mit dem Hochwasser». Im Vordergrund steht nicht, ein Ereignis zu verhindern, sondern den Schaden zu begrenzen. Um Chancen zu nutzen, müssen auch Risiken akzeptiert werden, wenn sich die Gefahr nicht mit vernünftigem Aufwand beseitigen lässt. Der Umgang mit Naturgefahren wandelt sich dadurch von einer Behördenpflicht zu einer Aufgabe der ganzen Gesellschaft. Im Zentrum steht der betroffene Bürger, der sich bewusst ist, welche Risiken er akzeptiert und welche er vermeiden will. Dazu muss er die Gefahrensituationen und mögliche Schäden einschätzen können, wissen, wie viel Sicherheit die bestehenden Hochwasserschutzmassnahmen bieten und welche ergänzenden Massnahmen er selber zu treffen hat, z.B. beim Objektschutz. Wesentlich ist auch, welche Hilfe die öffentliche Hand mit Notfallmassnahmen gewährt.

Hochwasservorsorge stellt somit eine Aufgabe vieler Partner dar: der Architekten, der Eigentümer von Land, Anlagen und Gebäuden, der Versicherungen, der Raumplanung, des Wasserbaus, des Forstdienstes, der Feuerwehren, des Bevölkerungsschutzes und verschiedener kommunaler, kantonaler und eidgenössischer Behörden. Sie alle wirken bei der Vorsorge zusammen und ergänzen sich dabei gegenseitig. Dies bedeutet, dass jeder nicht nur seine eigenen Möglichkeiten, sondern auch die der anderen Partner kennen und berücksichtigen muss.

Im vorliegenden Bericht werden anhand von vier typischen Fallbeispielen die Möglichkeiten und Grenzen der Vorsorge aufgezeigt und die Ergebnisse verschiedener Fachgebiete zusammen gefasst. Das Dokument wendet sich an alle an der Hochwasservorsorge Beteiligten, insbesondere an jene, die Koordinationsaufgaben über nehmen. Die ergänzenden Fachberichte, die sich vor allem an Fachleute aus dem Wasserbau, den Versicherungen, der Bautechnik und dem Bevölkerungsschutz richten, sind auf einer separaten CD-ROM erhältlich.

Der Wille zur Zusammenarbeit kommt mit der Erarbeitung der Studie zum Ausdruck: Der Bericht «Hochwasservorsorge» wurde vom Bundesamt für Wasser und Geologie, dem Bundesamt für Bevölkerungsschutz und der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen VKF gemeinsam in Auftrag gegeben und begleitet.

Bundesamt
für Wasser und Geologie, Biel

Der Direktor



Ch. Furrer

Bundesamt
für Bevölkerungsschutz, Bern

Der Direktor



W. Scholl

Vereinigung Kantonaler
Feuerversicherungen, Bern

Der Präsident



M. Fischer

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
Ziele und Vorgehen	9
Gefahrensituation an Wildbächen	10
Gefahrensituation an Flüssen und Seen	12
Schadenbilder	14
Objektschutz	17
Notfallplanung	19
Fallbeispiel Sachseln - Wildbachgefahr	22
Fallbeispiel Naters - Wildbachgefahr	24
Fallbeispiel Widnau - Flusshochwasser	26
Fallbeispiel Luzern - Seehochwasser	28
Teilberichte der vorliegenden Studie	30
Quellen, Literatur	30

Zusammenfassung

Leben mit dem Hochwasser

Wasser übt seit jeher eine grosse Anziehung auf den Menschen aus. Die Ufer unserer Gewässer zählen zu den attraktivsten Lagen für Wohnen, Arbeit und Freizeit. Der Preis dafür ist das Risiko Hochwasser. Dieser Preis kann hoch sein, wenn ein Ereignis Menschenleben fordert oder Häuser zerstört. Durch Massnahmen wie eine angepasste Bauweise oder richtiges Verhalten im Ereignisfall lassen sich Schäden jedoch wirksam begrenzen. Voraussetzungen für den erfolgreichen Schutz vor Hochwasser sind:

- Die Gefahr muss bekannt sein. Mit welchen Wasserständen, welchen Kräften ist zu rechnen? Wichtig ist, den ungünstigsten Fall zu kennen, denn sind wir für diesen gewappnet, treffen uns kleinere Ereignisse weniger schlimm. Wenn jedoch das Ereignis schwerer als erwartet ist, können die Aufwendungen für den Schutz vergeblich sein. Den ungünstigsten Fall und seine Folgen zu kennen bedeutet jedoch nicht, sich automatisch davor zu schützen. Nur ein Abwägen des Schadens im Ereignisfall, der Nutzungsmöglichkeiten, der Kosten von Massnahmen und der Wahrscheinlichkeit des Ereignisses führt zu konkreten Massnahmen.
- Die Möglichkeiten, sich zu schützen, müssen bekannt sein. Wie viel Sicherheit gewähren Schutzbauten? Wie weit kann die Feuerwehr helfen? Welche Leistungen erbringt die Versicherung? Wer übernimmt welche Rolle bei der Notfallplanung? Was kann oder muss ein Hauseigentümer selber tun? Erfolgreicher Hochwasserschutz entsteht aus dem Zusammenwirken aller Beteiligten.

Gefahren erkennen, Schäden einschätzen, Objekte schützen, für Notfälle planen - im Folgenden werden die Elemente des Hochwasserschutzes an vier Fallbeispielen vorgestellt. Erfahrungen aus Sachseln, Naters, Widnau und Luzern liefern wichtige Erkenntnisse und praktische Lösungsansätze. Damit können sie allen am Hochwasserschutz Beteiligten als Anregung dienen.

Gefahrensituation

Die räumliche Verteilung der Gefahr lässt sich am besten mit Karten und Plänen veranschaulichen. Die dafür erforderlichen quantitativen Angaben stammen aus der Analyse vergangener Hochwasser und aus Ausbreitungsberechnungen. Die Fallbeispiele zeigen:

- Die durch Überschwemmung gefährdeten Flächen werden von den hydrologischen Annahmen wenig beeinflusst.
  - In geneigtem Gelände (Fallbeispiel Naters) fliesst das ausufernde Wasser immer entlang der Tiefenlinien. Bei grossen Gefällen ist die Höhenvariation - und damit die zusätzlich betroffene Fläche - bei steigenden Wassermengen gering.
  - In flachem Gelände (Fallbeispiel Widnau) verteilt sich ein ausströmendes Wasservolumen rasch auf eine grosse Fläche und fliesst in Richtung der Tiefpunkte. Ist die untere Randbedingung (Ausströmen aus der Geländekammer) massgebend, stellen sich - unabhängig vom Zufluss - ähnliche Wasserstände ein. Beim Vergleich verschiedener Berechnungsannahmen ergaben sich Unterschiede bei der betroffenen Fläche von 5 % und bei der Wassertiefe von 10 bis 15 %.
- Bei den topographischen Unterlagen erfordern nur wenige Schlüsselstellen eine genaue Höhen- und Lagekenntnis. Das digitale Höhenmodell des Bundesamtes für Landestopographie (DHM25) erwies sich als zu grobmaschig. Landschaftsstrukturen wie Dämme und Kanäle bildet es unzureichend ab, so dass es mit photogrammetrischen Auswertungen ergänzt werden muss. Engermaschige Modelle sind nur dort sinnvoll, wo sich die Strömung konzentriert. Wird die Maschenweite von 10 m · 10 m auf 5 m · 5 m verringert, steigt die Rechenzeit auf das 16-fache an, ohne dass sich das Ergebnis wesentlich verändert: Im Fallbeispiel Widnau verkleinerte sich die betroffene Fläche um 0.5 % und die mittlere Tiefe nahm um 5 % auf 84 cm statt 80 cm zu.

- Die Berücksichtigung lokaler Fliesshindernisse, z.B. eines Strassendamms, einer Autobahn oder eines Gebäudes, kann örtlich zu bedeutend grösseren Wassertiefen führen. Mit zunehmender Entfernung verliert deren Einfluss jedoch an Bedeutung. Der Einbezug der Schwebstoffe zieht im flachen Gelände (Fallbeispiel Widnau) geringfügig höhere Wassertiefen (1.22 m statt 1.06 m) nach sich. Geschiebe in steilem Gelände (Fallbeispiele Naters und Sachseln) kann die Fliesswege verlagern und ist daher schwer erfassbar.
- Die Analyse des Ereignisses 1997 in Sachseln zeigte, dass die bei dynamischer Beanspruchung auftretenden Kräfte und die dadurch verursachten Schäden an Gebäuden recht gut mit den Grenzwerten der Intensitätsklassen des BWG (1997) für geringe Gefahr (bis 0.5 m^2/s) und grosse Gefahr (mehr als 2 m^2/s) übereinstimmen.

Schadenbilder

Um die Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen beurteilen zu können, müssen die möglichen Schäden abgeschätzt werden.

- Die Hochwasserschäden, die 1997 in Sachseln beobachtet wurden, stimmen gut mit den mittleren Werten überein, die das BUWAL 1999 für die verschiedenen Gefahrenstufen vorschlug. Die Angaben des BUWAL eignen sich daher für erste Abschätzungen.
- Genauere Resultate können erzielt werden, wenn Schadenfunktionen und die Versicherungswerte der Gebäude zur Verfügung stehen. Damit lassen sich auch lokale Besonderheiten berücksichtigen.
- Sehr hohe Wertkonzentrationen wie im Stadtzentrum von Luzern erfordern eine genaue Bestimmung der gefährdeten Flächen. Nur so können grössere wirtschaftliche Verluste infolge unzureichender oder übermässiger Schutzmassnahmen vermieden werden.
- Die Unsicherheiten in den Schadenfunktionen sind meist grösser als die Unsicherheiten bei der Bestimmung der Überschwemmungstiefe.
- Die grössten Unsicherheiten betreffen Schäden bei Gewerbe und Industrie, insbesondere dann, wenn Bauten mit mehreren Untergeschossen und einer kostspieligen Infrastruktur ausgestattet sind.

Objektschutz

Hochwassergefährdung ist eine Standorteigenschaft. Eine dem Standort angepasste Bauweise bildet die elementare Voraussetzung für den langfristigen Werterhalt.

- Konzeptuelle Fehler bei Neubauten, z.B. ein nicht auftriebssicheres Gebäude oder zu tiefe Lage, lassen sich durch nachträgliche Massnahmen nur noch schwer beheben.
- Wirtschaftlich interessant sind Objektschutzmassnahmen bei Neubauten, nach Schadenereignissen und bei grösseren Umbauten. Bei gewerblich genutzten Gebäuden können Schäden in der Grösse von zweistelligen Millionenbeträgen durch Investitionen in Objektschutzmassnahmen in der Höhe von 100'000 bis 300'000 CHF verhindert werden.
- Die Grenzen des Objektschutzes werden meist bei Wassertiefen von mehr als zwei Metern erreicht. Bei grösseren Tiefen bleibt die Gebäudehülle selten dicht. Die erforderlichen Massnahmen behindern zunehmend die tägliche Nutzung, und die Kosten steigen exponentiell an.
- Bei Neubauten sollte immer darauf geachtet werden, dass die Gebäudestruktur auch bei einem Extremereignis sicher ist, also das Gebäude nicht einstürzt. Gefangene Räume sind zu vermeiden.
- Die Sicherung von Öltanks durch geeignete Wahl der Produkte und Massnahmen, das Aufschwimmen oder Kippen verhindern, dient sowohl der Schadenminderung als auch dem Umweltschutz und muss deshalb auch in gering gefährdeten Gebieten vorgenommen werden.

Notfallplanung

Notfallplanung ist auf Restrisiken ausgerichtet und vergleichsweise kostengünstig. Zudem fördert sie das Gefahrenbewusstsein und dient der Risikokommunikation. Ihre Bedeutung nimmt als Ergänzung zu wasserbaulichen Massnahmen zu.

- Entscheidend für den Umfang der möglichen Notfallmassnahmen sind die Vorwarnzeiten. Die Vorwarnzeiten werden optimal genutzt, wenn bereits Vorbereitungsarbeiten geleistet wurden. Diese Arbeiten betreffen insbesondere die Bereitstellung der erforderlichen Mittel und die Prioritätensetzung bei den zu schützenden Objekten.
- Die Planung muss auf vorbereitete Szenarien abgestimmt sein, muss aber auch flexibles Reagieren auf Abweichungen vom Szenario ermöglichen.
- Behörden und Einsatzkräfte sollten möglichst früh vorgewarnt werden. Die Alarmierung der Bevölkerung dagegen ist erst angezeigt, wenn die Vorhersage gut gesichert ist.
- Abwehrmassnahmen bei Wildbächen sollten als ortsfeste Anlagen vorbereitet werden, wenn erhebliche Einwirkungen zu erwarten sind. Ortsunabhängiges Ablenkungsmaterial wie Sandsäcke, Schaltafeln oder Schlauchsperren ist bereit zu halten, da sich der tatsächliche Ereignisablauf vom erwarteten Szenario unterscheiden kann. In der Regel wirkt dieses Material allerdings nur bei Wassertiefen von bis zu 1.2 m.

Ziele und Vorgehen

Die Natur bestimmt die Gefahr,
der Mensch das Risiko.

Hochwasserschutz im Wandel

Fluss- und Seeufer sind seit alters her bevorzugte Siedlungsgebiete. Die Industrie nutzte die Wasserkraft, der Handel die Lage an den einst wichtigen Verkehrsverbindungen. Diese Vorteile überwogen die Nachteile häufiger Überschwemmungen. Durch geeignete Bauweise wie kellerlose Gebäude oder Beschränkung auf bewohnte Obergeschosse, hielt man das Schadenpotenzial gering. Die Wertschöpfung zwischen Hochwasserereignissen war grösser als der Schaden, der durch Hochwasser entstand.



Abb.1: Hochwassermarken an alten Gebäuden wie hier am Kornhaus in Rohrschach zeugen vom Konflikt zwischen Fluss und Siedlung.

Im alpinen Raum liegen viele Siedlungen auf Wildbachkegeln, weil dort Überschwemmungen im Vergleich zu den Talböden seltener sind. Früher erlaubte es die geringe Bevölkerungsdichte, relativ sichere Standorte am Wildbachkegel zu wählen, obwohl auch hier grundsätzlich immer eine Gefahr bestand. Ältere Gebäude zeigen, wie man sich auf diese Gefahr einstellte.
Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts schützte man sich durch angepasste Nutzung vor Hochwasser und indem man auf sichere Standorte auswich. Nach Einführung des technischen Hochwasserschutzes gingen das Interesse und in der Folge auch das Wissen um angepasste Nutzungen und Bauweisen vielfach verloren.

Die Hochwasser von 2002 in ganz Europa und die Überschwemmungen der Jahre 1987, 1993, 1999 und 2000 in der Schweiz haben die Grenzen technischer Schutzmassnahmen aufgezeigt. Künftig sollen wieder vermehrt Massnahmen ergriffen werden, um die Schäden im Ereignisfall zu begrenzen.

Ziele

Schäden zu begrenzen heisst, empfindliche Güter vor dem direkten Kontakt mit Wasser zu bewahren. Dies kann durch wasserbauliche Massnahmen geschehen, die eine Überschwemmung verhindern. Daneben existiert eine Fülle weiterer Massnahmen, die Schäden zwar nicht ganz ausschliessen, aber wirkungsvoll eindämmen können.

Die Studie «Hochwasservorsorge» zeigt Voraussetzungen und Methoden, Möglichkeiten und Grenzen der Verminderung von Hochwasserschäden auf.
Sie wendet sich dabei vor allem an die betroffenen Eigentümer, an Notfalldienste und Gemeinden.

Vorgehen

Die Hochwasserschutzmassnahme gibt es nicht. Massnahmen müssen vielmehr der jeweiligen Situation angepasst werden. Für die Dokumentation «Hochwasservorsorge» wurden daher vier typische Fallbeispiele ausgewählt und näher untersucht:

Sachseln
Sachseln ist eine Siedlung mit ländlichem Charakter, die auf einem Wildbachkegel liegt. Mit den Hochwassern der Jahre 1984 und 1997 wurden viele Erfahrungen gewonnen.

Naters
Naters hat kleinstädtischen Charakter und wurde ebenfalls auf einem Wildbachkegel angelegt Grosse Schadenereignisse im Ort selbst sind nicht bekannt, aber aus den grossen Hochwasserschäden des Jahres 1993 im benachbarten Brig wurden Lehren gezogen.

Widnau
Widnau gleicht Naters von der Siedlungsform her, liegt aber in der Ebene des Rheintals am Rheintaler Binnenkanal. Durch Dämme entlang des Rheins ist es seit über 100 Jahren vor dessen Hochwassern geschützt.

Luzern
In Luzern sind hohe Sachwerte vorhanden, die durch ein langsames, vorhersehbares Ansteigen des Vierwaldstättersees gefährdet sind.

Lösungen, die für diese Fallbeispiele gefunden wurden, lassen sich sinngemäss auch auf andere Orte übertragen.

Für die Fachgebiete Gefahrensituation, Schadenermittlung, Objektschutz und Notfallplanung ist je ein Bericht auf einer separaten CD-ROM erhältlich.

Gefahrensituation an Wildbächen

Gefahrenbewusstsein und Gefahrenkenntnis sind Voraussetzungen für jede Massnahmenplanung.

Kein Hochwasser wie jedes andere

Hochwasser auf Wildbachkegeln verhalten sich dynamisch. Innert Minuten kann die Wassermenge auf das 100-fache oder mehr anschwellen. Mitgeführte Steinblöcke, Holzstämme oder grosse Geschiebemengen zerstören alles, was sich ihnen in den Weg stellt. Werden Fundamente von Gebäuden unterspült, können diese einstürzen.

Schadenparameter

In dem geneigten Gelände, in dem Wildbäche verlaufen, treten Wassertiefen von über einem Meter nur in Verbindung mit massiven Geschiebeablagerungen auf, wie sich beispielsweise in Brig 1993 zeigte. Gefahr geht von den dynamischen Kräften des fliessenden Wassers aus. Um die Intensität der gefährdenden Einwirkung grob zu beurteilen, wird als Messgrösse der spezifische Abfluss, also die Abflussmenge pro Meter Breite ($q=v \cdot h$ [m^2/s]), verwendet. Im Gegensatz dazu ist bei stehendem oder langsam strömendem Wasser die Tiefe der entscheidende Parameter. Murgänge sind durch eine hohe Dichte des Gemisches aus Wasser, Schlamm, Geröll und grossen Steinen gekennzeichnet. Bei der pauschalen Beurteilung ist die Höhe der Ablagerungsfront massgebend. Eng mit der Energie des strömenden Wassers hängt auch die Ufererosion zusammen, wo die Erosionstiefe zum massgebenden Parameter wird. Bei der Bemessung von Bauwerken müssen der Staudruck und die Stosskraft von mitgeführten Steinen und Baumstämmen individuell ermittelt werden.



Abb. 2: Murgang im Val Zavragia 1987.

Zeitlicher Verlauf

Zwischen Niederschlagsbeginn und Hochwasserspitze können je nach Einzugsgebiet und Niederschlagsintensität zwischen einer halben und vier Stunden vergehen. Nach dem Ausufern ist der Nahbereich innert Minuten betroffen. In Sachseln war die maximale Ausdehnung nach ca. 45 Minuten, im Rechenbeispiel Naters nach ca. 90 Minuten nahezu erreicht.



Abb. 3: Wildbäche bringen nicht nur Wasser, sondern auch Steine und Schwemmholz. Das weit verstreute Schwemmholz zeigt, dass die Kraft des Wassers rasch nachlässt, wenn sich die Strömung auf dem Schwemmkegel verteilt.

Räumliche Ausdehnung

Wildbachkegel sind durch Ablagerungen entstanden. Daher kann grundsätzlich jeder Bereich des Kegels von der Überschwemmung betroffen sein. Die Ausbreitung des Wassers auf dem Kegel hängt stark von Zufälligkeiten ab, wie z.B. kleinen Hindernissen, Geschiebe oder Schwemmholzablagerungen während des Ereignisses. Die räumliche Ausdehnung kann deshalb von Fall zu Fall variieren. Da schon kleine Hindernisse in der Lage sind, das Wasser abzulenken, lassen sich Objekte auch mit einfachen Massnahmen schützen.

Hohe Energien treten im Nahbereich des Gerinnes auf. Mit zunehmender Entfernung verteilt sich das Wasser auf verschiedene Fliesswege und verliert an zerstörerischer Kraft. Eine Strategie zum Schutz bei Extremereignissen muss deshalb darauf abzielen,

- den Abfluss auf der Fläche zu verteilen, um die Energie zu brechen,
- durch Lenken und Leiten das Wasser von empfindlichen Objekten fern zu halten.

Die Strategie des Lenkens und Verteilens kann dazu führen, dass zwar eine grössere Anzahl von Gebäuden betroffen ist, dafür aber Zerstörungen vermieden werden. Sowohl die Wassertiefe als auch die Fliessgeschwindigkeit gehen zurück und damit auch die direkt auf die Gebäude wirkenden Kräfte. Da Schwemmholz zum Schwimmen Wassertiefen von mehr als 75 % des Stammdurchmessers benötigt, müssen bei geringeren Tiefen auch keine Stosskräfte in Betracht gezogen werden.



Abb. 4: Gartenmauer als Ablenkmassnahme.

Fallbeispiele

Sachseln

Das Hochwasser 1997 in Sachseln wies einen Spitzenabfluss von 30 bis 40 m^3/s auf. Anhand dieses Hochwassers wurden die Einwirkungen in Sachseln nachgerechnet. Dabei zeigte sich:

- Der Bereich der hohen Intensitäten (> 2 m^2/s) erfasst einen 10 bis 20 m breiten Streifen unmittelbar entlang des Gerinnes mit Wassertiefen von 0.5 bis 0.6 m und Geschwindigkeiten von ca. 2 m/s. Nur bei einer Überdeckung im Ortszentrum, also in unmittelbarer Nähe des Gerinnes, wurden Wassertiefen von bis zu 1 m und Geschwindigkeiten von 4 m/s festgestellt.
- Der Bereich der mittleren Intensitäten von 0.5 bis 2.0 m^2/s erreichte Breiten von maximal 40 m.
- Die Schadenbilder an den Gebäuden bestätigen die Gefahrenstufen gemäss den Empfehlungen des Bundes.
- Die Stosskräfte von Baumstämmen liegen - bei Geschwindigkeiten von ca. 2 m/s - bei 20 kN. Für Steinblöcke bewegen sie sich bei 50 kN.

Naters

In Naters konnten Berechnung und Beobachtung nicht miteinander verglichen werden, da die Daten zu einem Hochwasserereignis fehlen.

Die Ausbreitung wurde mit einem zweidimensionalen mathematischen Modell nachgebildet. Berücksichtigt wurden zwei verschiedene Hochwasserabflüsse (65 und 105 m^3/s), jeweils mit und ohne Geschiebe. Trotz der verschiedenen Annahmen erwiesen sich die Ergebnisse als erstaunlich stabil, was vielleicht dadurch erklärbar ist, dass sich die Wassermengen im steilen Gelände rasch entlang der Falllinien verteilen. Abweichungen sind nur festzustellen, wenn das Höhenmodell bevorzugte Fliesswege wie Strassen und Tiefenlinien nicht richtig abbildet. Wegen des grossen Gefälles steigt mit wachsendem Abfluss die Wassertiefe nur langsam an, so dass sich die Überschwemmungsbilder ähneln. Mittlere Intensitäten treten am Kelchbach in Naters nur im Nahbereich der Ausuferungsstelle und gelegentlich entlang jener Strassen auf, die als bevorzugte Fliesswege wirken. Eine Besonderheit ist der Rückstau am Fuss des Kegels durch die Hochwasserschutzdämme der Rhone.

Werden Prozesse nicht richtig erkannt, kommt es zu unerwarteten Überschwemmungen. So wurde beim Hochwasser vom September 1993 in Brig die Brücke im Zentrum durch Geschiebe verstopft und der Stadtkern überflutet. Die hydraulische Berechnung des Brückenquerschnittes war ausreichend, aber die Möglichkeit der Geschiebeablagerung wurde bei der Planung nicht berücksichtigt.

Engstellen und unzureichende Brückenquerschnitte - also wahrscheinliche Ausuferungsstellen - finden sich bei Siedlungen häufig im Ortszentrum, also an Orten mit hoher Wertdichte und entsprechend hohem Schadenpotenzial.

Die Ursache für diesen - unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit unbefriedigenden -Zustand liegt im hohen Nutzungsdruck auf den Ortskern. Um die Gewässer dort möglichst «wirtschaftlich» verbauen zu können, wurden sie stark eingeengt.

Überlegungen zum Risiko durch Hochwässer, die das Bemessungsereignis überschreiten, fehlen weitgehend. Gerade bei Wildbächen ist die Festlegung möglicher Hochwasserabflüsse jedoch mit hohen Unsicherheiten behaftet, so dass solche Überlegungen notwendig sind.

Gefahrensituation an Flüssen und Seen

Sicherheit - mit Einschränkungen

Die Talböden der meisten grossen Schweizer Flüsse sind durch umfangreiche Korrektionen seit Mitte des 19. Jahrhunderts vor Hochwasser geschützt, so dass die Bevölkerung sich sicher fühlt. Kritisch kann die Situation werden, wenn die Hochwasserdämme ihre Schutzwirkung verlieren, überströmt werden und brechen. Dann fliessen plötzlich grosse Wassermengen durch die Bresche und füllen die dahinterliegenden Geländekammern auf.



Abb. 5: Zum Schutz des Talbodens wurde der Alpenrhein begradigt und eingedämmt.

Schadenparameter

Je flacher das Gerinne, desto langsamer die Abläufe. Die dynamischen Komponenten, vor allem die Fliessgeschwindigkeiten, treten mehr und mehr in den Hintergrund bis - ähnlich wie bei Seen - die Wassertiefe zum einzig massgebenden Gefahrenparameter wird. Tiefen unter 0.5 m werden als gering, solche über 2 m als stark lebensgefährdend angesehen. Bis 0.5 m kann mit verhältnismässig einfachen Mitteln das Wasser abgewehrt werden, bei Tiefen über 2 m wird die Abwehr schwierig. Sowohl für den Personen- als auch für den Sachgüterschutz bilden diese beiden Werte daher wichtige Grenzen.

Unterschiede zu Wildbachgefahren

- Die geringere Dynamik und die längeren Warnzeiten vermindern das Personenschadenrisiko. Die oft dichte Besiedlung der Talböden erhöht das Sachschadenrisiko.
- Steht bei Wildbächen die Abwehr durch Lenken und Leiten im Vordergrund, so ist bei Flüssen und Seen eine Abwehr nur durch Barrieren und Sperren möglich.

Zeitlicher Verlauf

An Seen lässt sich die Überschwemmungsgefahr Tage im Voraus erkennen. Das Wasser steigt um 10 bis 20 cm pro Stunde, was Massnahmen zur Schadenbegrenzung erlaubt. Bei Flüssen sind die Warnzeiten bedeutend kürzer. Je nach Einzugsgebietsgrösse stehen vier bis zwölf Stunden zur Verfügung. Längere Warnzeiten hängen von der Qualität der Niederschlagsvorhersage ab. Bei Dammbrüchen sind die Zeit für die Breschenbildung und die Fliesszeit in der Ebene zu berücksichtigen. So waren in einer Berechnung zum Fallbeispiel Widnau eineinhalb Stunden nach Beginn der Überströmung nur der unmittelbare Nahbereich der Bresche, nach vier Stunden ca. 25 % der Fläche betroffen. Nach zehn Stunden änderte sich die überschwemmte Fläche nicht mehr wesentlich. Die maximalen Tiefen waren nach ca. 20 Stunden erreicht, wobei jedoch lokale Unterschiede auftraten.



Abb. 6: Dammbrüche der Reuss im Kanton Uri 1987.

Räumliche Ausdehnung

An Seeufern ist die Wassertiefe meist direkt abhängig vom Seestand und überschreitet nur selten und lokal Tiefen von 1.5 m. Ähnliches gilt auch für nicht eingedämmte Flüsse. Bei Dammbrüchen besteht ein starkes Gefälle zwischen dem Wasserstand im Flussbett und dem sich langsam füllenden Terrain. Grössere Wassertiefen treten vor allem in Geländemulden und bei Querdämmen auf.

Fallbeispiele

Widnau

Beim Fallbeispiel Widnau wurden ein Dammbruch modelliert und der Einfluss verschiedener Parameter untersucht. Dabei zeigte sich:

- Das verwendete digitale Höhenmodell (DHM25) bildet die Geländestrukturen im Vergleich zu photogrammetrischen Auswertungen nur ungenau ab, weshalb sich die betroffenen Flächen teils stark unterscheiden. Photogrammetrische Auswertungen können das DHM wesentlich verbessern, da sie es erlauben, Strukturen wie Dämme oder Kanäle abzubilden.
- Der Einbezug der Häuser als Fliesshindernisse vermindert den durchströmten Querschnitt. Lokal erhöht sich der Wasserspiegel damit deutlich um bis zu 80 cm. Im Mittel nahmen jedoch die Tiefe lediglich um 11 cm - von 69 auf 80 cm (16 %) - und die Fläche um 20 ha (4 %) zu.
- Die Verfeinerung der topographischen Auflösung lässt die Rechenzeit quadratisch anwachsen und ist nur an sensiblen hydraulischen Schlüsselstellen gerechtfertigt.

Die Ergebnisse sind mit Bezug auf die hydraulischen Annahmen erstaunlich wenig sensibel. So führt die Erhöhung des Breschenausflusses von 430 auf 890 m^3/s nur zu einer Vergrösserung der betroffenen Fläche von 1‘422 ha auf 1‘477 ha und der mittleren Tiefe von 0.94 m auf 1.06 m. Der Einbezug des Austritts von ca. 480‘000 m^3 Schwebstoffen hat grossflächige mittlere Ablagerungen von ca. 25 cm Höhe zur Folge. Die durchschnittliche Überschwemmungstiefe wächst um 16 cm an. Ein Vergleich mit der im Rahmen des Hochwasserschutzprojektes zum Alpenrhein erstellten Überschwemmungskarte ergab optisch keine signifikanten Unterschiede, obwohl dort mit einem Ausfluss von 1‘500 m^3/s gerechnet worden war.

Die Ergebnisse variieren nur geringfügig, weil das vom Fluss austretende Wasser immer zu den gleichen Tiefpunkten in der Ebene fliesst. Die Wassertiefe wird wesentlich vom Abfluss aus der Ebene gesteuert, so dass die Zuflussbedingungen den maximalen Wasserstand nur wenig beeinflussen. Unterschiede in den betroffenen Flächen ergeben sich vor allem in den Randbereichen, die Überschwemmungstiefen von weniger als 0.5 m aufweisen.

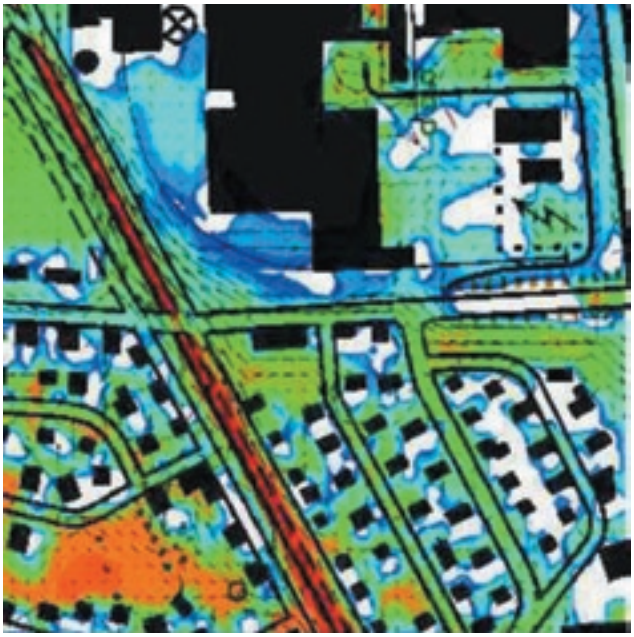


Abb. 7: Ausschnitt aus der Simulation der Überschwemmung Widnau.

Luzern

Im Beispiel Luzern ist die Güte der Abgrenzung der Überschwemmungsfläche direkt abhängig von der Güte des verwendeten digitalen Höhenmodells. Zwischen dem Pfingsthochwasser 1999 (434.93 m ü. M.) mit merklichen aber noch mässigen Schäden und dem höchsten betrachteten Seespiegel (435.50 m ü. M.) liegen nur 57 cm. Aufgrund der flachen Uferbereiche ergeben sich jedoch grosse Unterschiede in der betroffenen Fläche und im Schadenpotenzial.

Die gefährdeten Flächen können nur dann korrekt ermittelt werden, wenn Schlüsselstellen richtig erkannt und modelliert wurden. Schlüsselstellen sind beispielsweise Kanäle, Hindernisse wie Querdämme oder bevorzugte Fliesswege, z.B. Strassen. Die übrigen Annahmen zur Szenarienbildung beeinflussen das Ergebnis wenig.

Schadenbilder

Einwirkung und Verletzbarkeit bestimmen die Höhe des Schadens.

Schadenpotenzial

Beschreibung und Quantifizierung von Schadenbildern sind notwendig, um die Wirksamkeit von Massnahmen zu beurteilen.

Das Schadenpotenzial ist die Summe aller möglicherweise geschädigten Werte im gefährdeten Bereich. Im Unterschied dazu bezeichnet der Ereignisschaden den effektiv eingetretenen Schaden - unter Berücksichtigung der tatsächlichen Beanspruchungen und der getroffenen Massnahmen.



Abb. 8: Leichte Überschwemmung (Rhone 2000).

Schadenfunktionen

Schadenfunktionen beschreiben den Zusammenhang zwischen Überflutungsintensität und Schadenausmass. Ein Vergleich von Schadenfunktionen in verschiedenen Ländern zeigte Unterschiede vom zwei- bis fünffachen der Werte.

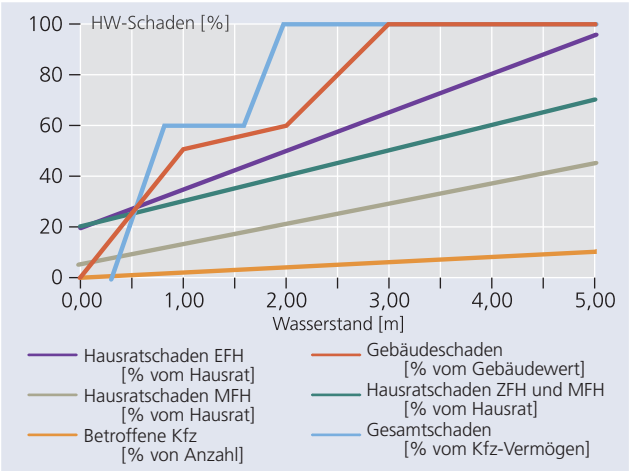


Abb. 9: Beispiel von Schadenfunktionen aus Nordrhein-Westfalen für die Abhängigkeit des Schadengrads von der Wassertiefe.

Schadenentstehung

Die bei dynamischen Prozessen wirkenden Kräfte können ein Gebäude zerstören. Häufig ist es jedoch lediglich der direkte Kontakt des Wassers mit Sachwerten, der den Schaden verursacht. Durch mitgeführte Feststoffe, z.B. Geschiebe, oder Schmutzstoffe wie Öl erhöht sich der Schaden um ein Vielfaches. Diese Sachschäden werden als direkte Schäden bezeichnet. Indirekte Schäden, etwa Betriebsunterbrüche, können im gewerblichen Bereich die direkten Schäden übertreffen. Bedeutende Schäden der öffentlichen Hand an Strassen und Hochwasserschutzbauten sind nur bei extremen dynamischen Ereignissen vom Typ Wildbach zu erwarten.

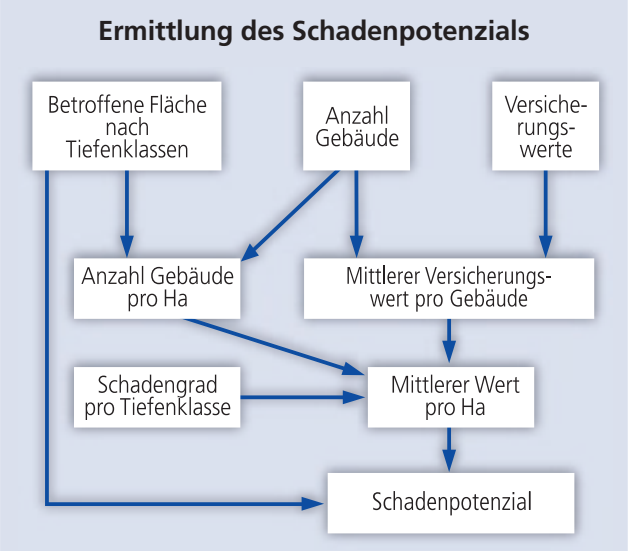


Abb. 10: Schema der Schadenberechnung.

Die Berechnung des Schadenausmasses beschränkt sich in der Regel auf die direkten - meist versicherten oder versicherbaren - Schäden an Gebäuden und Anlagen sowie deren Inhalt. Sie erfolgt nach dem in Abbildung 10 dargestellten Schema, indem die gefährdeten Werte individuell oder als Flächendurchschnitt mit dem Schadengrad multipliziert werden. Der Schadengrad ist von der Überschwemmungstiefe und der Wertekategorie abhängig. Die monetäre Bewertung von Personen- und Umweltschäden ist nur im Konsens machbar. Sie bleibt problematisch, da bei der Berechnung ersetzbare mit nicht oder nur schwer ersetzbaren Schäden gleichgesetzt werden.

Die Auswertung der Hochwasserschäden von 1999 im Kanton Bern (siehe Tabelle 1) zeigte eine sprunghafte Zunahme beim Durchschnittsschaden, je nachdem, ob nur der Keller (durch Grundwasser) oder Keller und Erdgeschoss (durch Überschwemmung) betroffen waren.

Gefahrenart	Anzahl Schadenfälle	Schaden in CHF		Schadengrad in %	
		Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
Überschwemmung	214	62'000	39'000	10.1	6.9
Grundwasser	837	19'000	9'000	3.3	1.4

Tabelle 1: Hochwasserschäden 1999 im Kanton Bern (leichte bis mittlere Überschwemmungstiefen < 2 m). Bei der Gefahrenart «Grundwasser» waren nur Kellergeschosse betroffen.

Dies steht im Widerspruch zum graduellen Anstieg der Schadenfunktion im Beispiel von Nordrhein-Westfalen. Trotz unterschiedlicher Aussage haben beide Interpretationen ihre Berechtigung. Im Einzelfall ist es entscheidend, ob ein Erd- oder Obergeschoss betroffen ist. Bei summarischer Betrachtung der Schadengebiete lässt sich aber kaum eine eindeutige Geschosslage definieren. In diesem Fall liefert die lineare Abhängigkeit plausiblere Resultate. Ein weiterer wichtiger Parameter ist die Dauer der Überschwemmung. So zeigt die Tabelle 2 die Auswertungen der lang andauernden Hochwasser 1999 am Bodensee bei Wohnbauten einen deutlich höheren Schadengrad als bei den rasch vorübergehenden Hochwassern an Flüssen.

	Wohnen		Öffentliche Gebäude		Handel		Industrie, Gewerbe		Gastgewerbe	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
See TG	535	4.7	62	5,9			71	2.7	43	4.3
Flüsse AG	794	1,6	125	1.7	26	0.3	158	2.4	12	18.2

Tabelle 2: Mittlerer Schadengrad bei wochenlanger Überschwemmung (Bodensee, Thurgau 1999) und bei wenigen Tagen (Flüsse, Aargau 1999).

Der durchschnittliche Ereignisschaden wird stark durch einzelne Grossrisiken beeinflusst. Beim Hochwasser 1999 im Kanton Bern trugen 5 % der betroffenen Objekte 30 % zum Gesamtschaden bei.

Ein wichtiger Kostenfaktor ist auch die Jahreszeit, zu der das Hochwasser eintritt. Der Aufwand für die Gebäudetrocknung beispielsweise ist im Winter sehr hoch.



Abb. 11: Hohe Einzelschäden können bei gewerblich genutzten Bauten auftreten.

Auslaufendes Öl kann einen Schaden verdoppeln bis verdreifachen. Die Sicherung der Öltanks durch Abstützen und geeignete Produktwahl liegt daher sowohl im Eigeninteresse der Inhaber als auch im Sinne des Gewässerschutzes.

Fallbeispiele

Die spezifischen Ereignisschäden (Gesamte Schadensumme / betroffene Fläche) sind ausgesprochen variabel. Die in Tabelle 3 aufgeführten Werte lassen folgende Interpretation zu:

- Grosse Schäden zu Lasten der öffentlichen Hand treten nur bei sehr dynamischen Ereignissen auf wie in Brig, Naters oder Sachseln.
- In Siedlungszentren, etwa Luzern oder Brig, führt die starke Wertkonzentration zu hohen Schäden.
- Bei allen flächenbezogenen Abschätzungen ist die Überbauungsdichte entscheidend.
- Ein Vergleich der Auswertung des Hochwassers in Sachseln 1997 mit den vom BUWAL 1999 vorgeschlagenen Werten bestätigt diese in der Grössenordnung.

Ereignisse Szenarien	Gesamtschaden [Mio. CHF]	Gebiet ha	Spezifischer Schaden [Mio. CHF] total	privat	öffentlich
Brig 1993 (Ereignisauswertung)	600	100	6.0	3.6	2.4
Sachseln 1997 (Ereignisauswertung)	95	73	1.3	0.5	0.8
Fallbeispiel Naters, Kelchbach ohne bzw. mit zweiter Schutzlinie	150 125	40	3.8 2.0	3.1 1.3	2.5 1.1
Fallbeispiel Widnau, Alpenrhein	720	420	1.7	1.4	0.3
Fallbeispiel Luzern Szenario 435.25 m ü. M Szenario 435.50 m ü. M	 215 440	 50 70	 4.3 6.0	 6.3 0.2	 4.1 0.3

Tabelle 3: Vergleich spezifischer Schadengrössen bei unterschiedlichen Ereignissen.

Die Analyse der Verletzlichkeit bzw. der angepassten Bauweise als Mass für das Gefahrenbewusstsein zeigt:

- In Sachseln wurden trotz wiederholten Hochwasserereignissen, z.B. 1984 und 1997, neue Gebäude noch verletzlicher errichtet als zuvor. Angepasste Bauweise und Objektschutz finden sich nur vereinzelt und dies vorwiegend bei älteren Gebäuden.
- In Naters sind, obwohl das letzte Schadenereignis sehr weit zurück liegt, viele im gefährdeten Gebiet liegende Gebäude so gestaltet, dass sie gegen Schäden unempfindlich sind. Das unterste Geschoss wird oft als Abstell- und Lagerraum genutzt.
- In Widnau haben häufige Überschwemmungen des Rheintaler Binnenkanals zu teils erhöhter Bauweise geführt. Bei extremen Szenarien wie dem Bruch eines Rheindammes bleibt diese Massnahme jedoch weitgehend wirkungslos.
- In Luzern führt die dichte Überbauung mit intensiver Nutzung der Untergeschosse zu einer hohen Wertkonzentration. Das Gefahrenbewusstsein ist - wie der Vergleich mit älteren Bauten zeigt - stark zurückgegangen. Beispielsweise wurden in Luzern Bauten aus der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert risikogerecht mit Hochparterre errichtet, so die Hauptpost, das Bankgebäude Seehof und viele Hotels am See. Inzwischen stellen Anbauten mit terrainebenen Zugängen, ungeschützten Rampen zu den Untergeschossen und empfindlichen Installationen in den Untergeschossen keine Seltenheit mehr dar.

Das Schadenpotenzial ist von der wirtschaftlichen Entwicklung abhängig. Aufgrund mangelnden Gefahrenbewusstseins steigt es heute überproportional an.



Abb. 12: Die erhöhte Bauweise in Widnau zur Abwehr häufiger Hochwasser des Binnenkanals ist bei einer Überschwemmung durch den Rhein unzureichend.

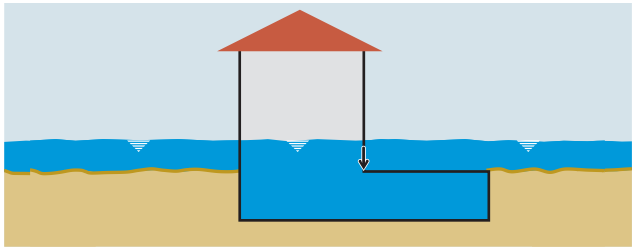
Objektschutz

Das Gebäude ist dem Standort
und nicht der Standort dem Gebäude anzupassen.

Möglichkeiten des Objektschutzes

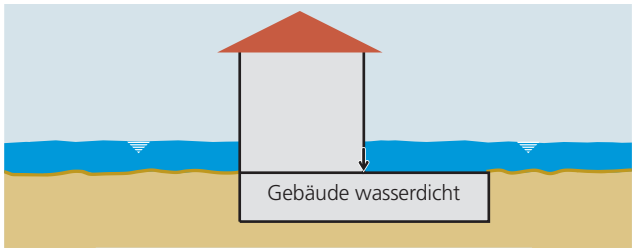
Objektschutz umfasst alle permanenten und temporären Massnahmen zur Verringerung der Verletzlichkeit bei einem einzelnen Gebäude oder einer kleinen Gruppe von Gebäuden.

- **Erhöhter Standort** des Gebäudes auf Anschüttung oder Stützen.
- **Nasse Vorsorge** durch leicht räumbare Unter- und Erdgeschosse und deren Ausstattung mit wasserunempfindlichen Materialien. Dies ist die einzig mögliche Massnahme bei nicht auftriebsicheren Gebäuden.



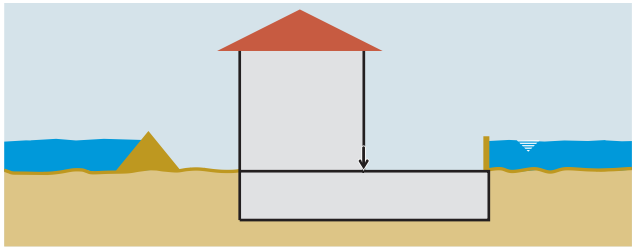
Schäden an Inneneinrichtungen werden verringert. Die Wirksamkeit beträgt 10 bis 40 %.

- **Abdichtung** durch eine wasserdichte Gebäudehülle und verschliessbare Öffnungen.



Innenschäden werden verhindert. Die Wirksamkeit liegt bei 70 bis 85 %, bei geflutetem Keller bei 20 bis 50 %.

- **Abschirmung** durch Errichten einer Sperre in Gebäudenähe. Diese Abschirmung ist auf Wassertiefen kleiner als 1.5 m begrenzt.



Fassaden- und Innenschäden werden verhindert, die Wirksamkeit beträgt 80 bis 100 %, bei geflutetem Keller 40 bis 60 %.

Bauliche Massnahmen zum Objektschutz sind meist nur im Rahmen von Neu- Umbauten oder bei der Wiederinstandstellung nach einem Schadenereignis wirtschaftlich vertretbar. Grosse Wassertiefen oder starke Strömungskräfte im Nahbereich der Wildbäche begrenzen die Möglichkeiten der Eigenvorsorge.

Eine detaillierte Gefahrenkarte erleichtert angepasstes Bauen. In Nidwalden beispielsweise zeigte sich, dass Bauwillige von sich aus Rat suchen, wenn ihr Grundstück in einer Gefahrenzone liegt und die entsprechenden Informationen öffentlich zugänglich sind.

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit von Objektschutzmassnahmen hängt von den Kosten der Schutzmassnahmen und der möglichen Schadenhöhe, aber auch von der Eintrittswahrscheinlichkeit und der Lebensdauer des Objekts bzw. der Schutzmassnahmen ab. Zudem ist der Diskontsatz zu berücksichtigen, mit dem künftig anfallende Kosten und Nutzen in ihren Gegenwartswert umgerechnet werden.

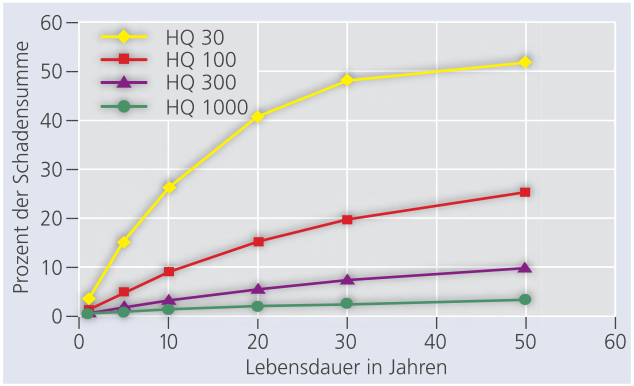


Abb. 13: Wirtschaftlich gerechtfertigte Investitionen bei einem Ereignisschaden, dargestellt in Abhängigkeit von der Eintretenswahrscheinlichkeit und der Lebensdauer bei einem Diskontsatz von 2 %.

Als Beispiel wird eine mobile Massnahme mit einer Lebensdauer von zehn Jahren betrachtet. Der Schaden steigt ab dem HQ_{30} an. Die Gewichte der Schäden (Spalte 3) werden der Abbildung 13 entnommen.

HQ	Schaden in CHF	% nach Abb. 13	Investitionen in CHF	
			Klassen Mittel	Summe
HQ_{30}	0	26	0	0
HQ_{100}	10‘000	9	850	850
HQ_{300}	30‘000	3	1‘200	2‘050
$HQ_{1‘000}$	50‘000	1	800	2‘850

Tabelle 4: Wirtschaftliche gerechtfertigte Investitionen in mobile Massnahmen mit einer Lebensdauer von zehn Jahren.

Schäden bis zu 10‘000 CHF kommt ein Gewicht von 17 % zu, womit sich für die Klasse der Ereignisse zwischen dem HQ_{30} und HQ_{100} eine Investition von 850 CHF lohnt. Wird das Schutzniveau auf ein HQ_{300} erhöht, so können Schäden zwischen 10‘000 und 30‘000 CHF mit 6 % gewichtet werden, wodurch eine Zusatzinvestition von 1‘200 CHF gerechtfertigt ist.

Massnahmen

Die Art der Massnahmen hängt von der Intensität der Einwirkung und der Vorwarnzeit ab. Die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Hochwasser eintritt, ist für die Wirtschaftlichkeit massgebend.
Ob Objektschutz mit permanenten oder temporären Mitteln gewährleistet werden kann, ist eine Frage der

- Vorwarnzeit
- Verfügbarkeit von Bedienungspersonal
- Personengefährdung während der Installation
- Intensität der zu erwartenden Einwirkung
- Störanfälligkeit bei Geschiebe und Schwemmholzanfall
- Behinderung durch permanente Massnahmen im Alltag

Mobile Massnahmen sind für Betriebe der Grossindustrie interessant, da sie den täglichen Arbeitsablauf nicht behindern. Temporäre bauliche und organisatorische Massnahmen können mit einer Betriebsfeuerwehr und jederzeit verfügbarem Personal (Schichtbetrieb, Pikettdienst) gezielt geplant und periodisch geübt werden.



Abb. 14: Gewerbebauten sind auf gute Zugänglichkeit angewiesen. Öffnungen müssen daher mit mobilen Elementen abgedichtet werden.

Fallbeispiele

Sachseln

Angesichts der Unberechenbarkeit von Wildbächen ist in Sachseln grundsätzlich eine hochwassergerechte Bauweise gefordert. Dies ist oft mit einfachen Massnahmen möglich, die das Wasser leiten. Um eine St. Florians-Politik zu verhindern, muss die Gemeinde die Koordination übernehmen.



Abb. 15: Angepasste Bauweise durch erhöhte Eingänge (permanenter Schutz).

Naters

In Naters ist ein hohes Gefahrenbewusstsein vorhanden, und viele Gebäude sind den Verhältnissen angepasst. Verbesserungsmöglichkeiten bestehen noch bei Einkaufszentren und Mehrfamilienhäusern.

Widnau

Ein Dammbruch am Alpenrhein ist nur sehr selten zu erwarten, kann aber erhebliche Schäden nach sich ziehen. Bauliche Objektschutzmassnahmen lassen sich nur bei Sonderrisiken, z.B. der Grossindustrie, wirtschaftlich vertreten. Bei einfachen Wohnbauten ist die Sicherung der Öltanks gegen Auftrieb, auch wegen der Überschwemmungsgefahr durch den Rheintaler Binnenkanal, ökonomisch und ökologisch gerechtfertigt. Aufgrund der langen Einstaudauern und geringen Fliessgeschwindigkeiten, mit denen bei Hochwasser zu rechnen ist, kann sich Öl in das Mauerwerk einlagern, was das Schadenausmass verdoppelt bis verdreifacht.

Luzern

Bei mehrstöckigen Gebäuden mit einer Gebäudetechnik zentrale in den Untergeschossen kann ein Wassereinbruch zu Betriebsunterbrüchen von mehreren Monaten führen. Der bauliche Objektschutz von Grossgebäuden bedarf sorgfältiger Abklärungen, damit alle relevanten Eintrittswege des Wassers in das Gebäude erkannt werden.

Notfallplanung

Auf das Unwahrscheinliche vorbereitet sein.

Verpflichtung des Einzelnen und der Gemeinschaft

So wie der beste Brandschutz nicht die Feuerwehr ersetzt, können Hochwasserschutzmassnahmen nicht die Notfallorganisation ersetzen.

Notfallplanung, so wie sie hier verstanden wird, umfasst die organisatorischen Massnahmen der öffentlichen Hand zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Sicherheit und Infrastruktur im Falle eines ausserordentlichen Hochwassers. Dies entbindet den Einzelnen nicht von der Pflicht, für seine eigene Sicherheit und die Schadenminderung zu sorgen. Diese Verpflichtung gilt insbesondere für mehr oder weniger regelmässig wiederkehrende Ereignisse, die wegen ihrer Häufigkeit nicht als Notfälle zu behandeln, sondern der normalen Vorsorge zuzurechnen sind.

Anforderungen

Da Zeitpunkt und Ablauf künftiger Notfälle nicht vorhersehbar sind, muss die Vorbereitung auf Grund typischer Szenarien erfolgen. Ausreichende Flexibilität ist immer vorzusehen. Neben der Identifikation der gefährdenden Einflüsse und der gefährdeten Orte sind folgende Aspekte entscheidend:

- Intensität der Einwirkung bzw. die daraus entstehende Beanspruchung, welche die Wahl der Schutzmassnahmen bestimmt
- Länge der Vorwarnzeit und des Zeitbedarfs zur Umsetzung der Massnahmen
- Sicherheit des Einsatzpersonals

Die Notfallplanung umfasst

- Ausarbeitung möglicher Ereignisabläufe
- Vorbereitung des Führungsorgans, Sicherstellung und periodische Übung der Bereitschaft
- Auswahl und Bereithalten des benötigten Materials
- Sicherstellung von Vorhersage, Warnung und Alarmierung
- Prioritätsetzung bei den zu schützenden Objekten
- Abschätzung der Restrisiken, falls die Notmassnahmen versagen
- Abschätzung möglicher Entwicklungen, um die Intervention anpassen zu können
- Planung im regionalen Verbund

Zeitlicher Verlauf

Die Wirksamkeit und somit der sinnvolle Einsatz der Interventionsmassnahmen hängen von der Vorwarnzeit ab. Massnahmen zur Abwehr des Wassers erfordern umso mehr Zeit, je stabiler und länger die erforderlichen Installationen sind. Der Aufwand wächst exponentiell mit der Wassertiefe und linear mit der Länge der Barrieren.

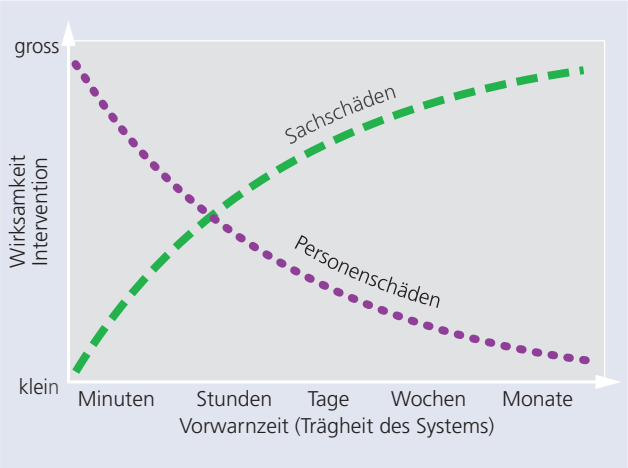


Abb. 16: Wirksamkeit der Notfallplanung zur Verhinderung von Schäden in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Vorwarnzeit.

Da die Vorwarnzeit zentral ist, müssen alle Möglichkeiten der Vorhersage ausgeschöpft werden. Dies gilt insbesondere für Wildbäche: Einerseits sind hier die Vorwarnzeiten oft sehr kurz, und anderseits können die dynamischen Prozesse das Personal bei einem verspäteten Einsatz gefährden.



Abb. 17: Den Feuerwehren stehen heute zur Sicherung von Gebieten neben den klassischen Sandsäcken auch andere Systeme zur Verfügung.

Rettung

Menschen sind gefährdet, wenn Personen vom Ereignis überrascht werden, sich an einem sicheren Ort glauben oder diesen nicht mehr erreichen können.

Die überwiegende Anzahl von Todesopfern bei Hochwasser ist zurückzuführen auf Fehlverhalten, Überraschung im Freien oder in Fahrzeugen sowie auf die plötzliche Zerstörung von Gebäuden. Primäre Aufgabe der Einsatzkräfte ist es, Personen von den gefährdeten Gebieten fernzuhalten und diejenigen, die nicht rechtzeitig fliehen konnten, an sichere Standorte zu bringen. Evakuierungen erfordern sorgfältige Planung, Vorbereitung und Kommunikation. Dies gilt insbesondere für Wildbäche, da während des Ereignisses der Aufenthalt im Freien gefährlich sein kann. Nicht immer lassen sich - wie im Oktober 2000 in Baltschieder - 800 Personen noch während der Überschwemmung ohne Zwischenfall evakuieren.



Abb. 18: Konnten sich Personen zunächst an einen sicheren Ort, z.B. in ein Obergeschoss, retten, ist es möglich, sie mit technischer Hilfe zu evakuieren.

Schutzmassnahmen

Grundsätzlich ist der Schutz eines Objekts Aufgabe des Eigentümers und nicht der Feuerwehr. Feuerwehren helfen zwar nach Möglichkeit, stossen aber insbesondere in städtischem Gebiet wegen der grossen Anzahl der Hilfsgesuche meist rasch an ihre Leistungsgrenze. So mussten sich im Mai 2000 in Thun die Einsatzkräfte auf die Sicherung einiger wichtiger Infrastrukturanlagen beschränken. Die vorgängige Planung und Auswahl der Einsatzorte ist demnach genauso wichtig wie die Wahl der Einsatzmittel.

Ortsgebundene Absperrungen

Ist der Ausuferungsort bekannt, sollen dort Massnahmen vorbereitet werden. So wurden in Naters oder in Steg im Oktober 2000 in vorbereitete Trägerprofile Bretter und Dammbalken versetzt. Solche Anlagen sind rasch montierbar und können grosse Kräfte aufnehmen. Einsatzerfahrungen liegen in grossem Umfang entlang des Rheins, z.B. in Köln, vor, da dort über grosse Distanzen an bekannten Ausuferungsstrecken die Dämme erhöht werden müssen.



Abb. 19: Vorbereitete Dammbalkensperre am Kelchbach in Naters.

Nicht ortsgebundene Absperrungen

Ist der Ausuferungsort nicht bekannt, empfehlen sich Sandsäcke, Schlauch- oder Bocksysteme, die an beliebigen Stellen aufgebaut werden können. Aus praktischen Gründen sollte sich der Einsatz solcher Systeme auf Einstauhöhen von weniger als 1.2 m beschränken. Zwar geben die meisten Hersteller wesentlich grössere Höhen an, aber die Systeme werden dann deutlich schwerer und stellen zunehmende Anforderungen an den Einsatzort wie ebenes Terrain oder Zufahrtsmöglichkeiten. Dadurch nimmt der Vorteil Flexibilität ab, während der Nachteil einer im Vergleich zu den ortsgebundenen Systemen geringere Stabilität bleibt.

Die Auswahl eines Systems hängt nicht nur von den Anforderungen beim Einsatz, sondern auch von der erforderlichen Logistik ab. Lagerfähigkeit, Transportvolumen, Transportgewicht, Anzahl Teile, Ersatzbeschaffung und vieles mehr spielen eine Rolle. Mitunter sind die einfachsten Systeme (Sandsäcke, Schaltafeln mit Armierungseisen) auch die zweckmässigsten.

Bei Wildbächen sind folgende Besonderheiten zu beachten:

- Die im Nahbereich wirkenden Kräfte gefährden Personen und somit auch die Einsatzkräfte.
- Im weiteren Kegelbereich sind lenkende Massnahmen einfach und wegen geringen Beanspruchungen möglich.
- Die Fliesswege können sich während des Ereignisses verändern.
- Die Zahl möglicher Szenarien ist gross, was flexible Einsatzmittel, z.B. gut transportierbare Schläuche, erforderlich macht.
- Orte und Ortsteile können von der Umgebung abgeschnitten werden. Unabhängiges Handeln der Einsatzkräfte ist daher vorzusehen.
- Sichere Fluchtorte zum Personenschutz müssen vor gängig bekannt und auf möglichst kurzem Weg - ohne Bachquerungen - erreichbar sein.
- Bei Engnissen und Gefälleknicken sollen schwere Maschinen zur Entnahme von Geschiebe und Schwemmholz verfügbar sein.



Abb. 20: Mobile Sperre für grössere Belastungen (Bocksystem).

Kontrollierte Entlastung
Notfallplanung zielt primär darauf ab, Ausuferungen zu verhindern. Da dies nicht immer möglich ist, muss geprüft werden, wohin überschüssige Wassermengen geleitet werden können. Flussaufwärts sollten gezielte Entlastungen in wenig empfindliche Räume oder eine zweite Verteidigungslinie zum Schutz der Flächen mit der höchsten Wertdichte geprüft werden, was der Grundsatzforderung nach Redundanzen im Krisenmanagement entspricht.

Fallbeispiele

Sachseln
Zehn verschiedene Wildbäche im Gemeindegebiet machen eine dezentrale Organisation notwendig. Auch wenn die Gefahrensituation am Dorfbach stark entschärft wurde, bestehen noch erhebliche Risiken an den anderen Bächen. Ein frühzeitiges Ausufern sollte nicht verhindert werden, da sonst der Wildbach mit voller Energie in die Siedlungszentren gelenkt wird.

Naters
Das bestehende Notfallkonzept hat sich bei der Hochwassersituation im Oktober 2000 hervorragend bewährt. Allerdings wurden die Belastungsgrenzen nahezu erreicht.

Widnau
Sollte der Rheindamm brechen, wären die austretenden Wassermassen durch Notmassnahmen nicht zu beherrschen. Abgesehen vom Schutz von Sonderrisiken bleibt nur die Evakuation und Rettung. Eine temporäre Dammerhöhung, z.B. durch Sandsäcke, müsste regional abgestimmt werden, um nicht einen Bruch an einer noch ungünstigeren Stelle flussabwärts herbeizuführen. Eine Hochwasseralarmorganisation ist vorhanden.

Luzern
Aufgrund des langsamen Seeanstiegs ist die Vorwarnzeit verhältnismässig lang. Abwehrmassnahmen an der Seeuferlinie sind wegen der grossen Länge und der zahlreichen Kanaleinmündungen schwierig. Die Vielzahl der gefährdeten Gebäude zwingt die Einsatzkräfte dazu, sich auf die Sicherung weniger, besonders wichtiger öffentlicher Gebäude und Infrastrukturanlagen zu beschränken. Zahlreiche Hausbesitzer müssen ihren eigenen Objektschutz organisieren.

Die Notfallplanung ist ein wesentlicher Eckpfeiler jedes Hochwasserschutzkonzepts.

Fallbeispiel Sachseln - Wildbachgefahr

Lage:	Streusiedlung auf einem Wildbachkegel.
Siedlung:	Dorfcharakter, lockere Überbauung, kleinere Industriebetriebe.
Hochwasserschutz:	Vor der Realisierung des neuen Umgehungsgerinnes im Juli 2002 bestand ein erhöhtes Risiko, heute liegt es deutlich unter dem HQ_{100}.



Abb. 21: Intensitäten im Untersuchungsbereich für das Hochwasser von 1997. Die grossflächigen leichten Überschwemmungen ausserhalb des Ortskerns wurden nicht dargestellt.

Gefahrensituation

Im Juli 2002 wurde in Sachseln das neue Umgehungsgerinne eingeweiht, das die bestehende Gefährdung deutlich senkt. Die Probleme der früheren Verbauungen waren durch das Hochwasser von 1997 sichtbar geworden: Eine Bachschale aus dem Jahre 1910 leitete das Wasser mit hoher Energie ins Dorfzentrum. Bei der Kreuzbrücke war die Kapazität durch eine Überdeckung deutlich eingeschränkt, wodurch ein Ausufern an der denkbar ungünstigsten Stelle vorprogrammiert war. Nach dem Hochwasser von 1984 wurde ein Geschieberückhaltbecken gebaut, da die Kapazität ausgereicht hätte, wenn kein Geschiebe vorhanden gewesen wäre. Das Engnis wurde jedoch nicht entschärft. Beim Hochwasser 1997 nahm das vom Geschiebe befreite Wasser erneut Material auf, unterspülte die Bachschale und transportierte seine Fracht mit zerstörerischer Kraft ins Dorfzentrum.

Typisch für Wildbäche ist, dass Hochwasser sehr unterschiedlich verlaufen und Schutzbauten, die sich bei einem Ereignis bewährt haben, bei einem anderen wirkungslos bleiben können. Die neue Verbauung trägt diesem Umstand durch die Verlegung des Gerinnes aus dem Zentrum in die wenig überbauten Randzonen Rechnung. Damit hat sich die Situation am Dorfbach entscheidend verbessert. Für die anderen Bäche ist jedoch eine differenzierte Betrachtung erforderlich.

Gefahrenbewusstsein

Das Vertrauen in die baulichen Schutzmassnahmen in Sachseln ist gross, obwohl die Geschichte dieses Vertrauen nicht rechtfertigt. Dementsprechend finden sich nur bei älteren Gebäuden angepasste Bauweisen. Bei den Wiederinstandstellungen nach dem Hochwasser von 1997 wurden - wegen des zu erwartenden verbesserten Hochwasserschutzes - nur vereinzelt vorsorgliche Objektschutzmassnahmen ergriffen. Die Verlegung des Dorfbachs aus dem Zentrum vermindert das von diesem Bach ausgehende Risiko. Dies lässt sich aber nicht analog auf andere Ortsteile übertragen.

Schadenpotenzial

Die Analyse der Hochwasserschäden von 1997 zeigte, dass die vom Bund veröffentlichten Grundlagen (BWW 1997, BUWAL 1999) zur Abschätzung des Schadenpotenzials sowohl in Bezug auf Intensitätskriterien als auch auf Schadenraten anwendbar sind. Wie schwierig es sein kann, eine Einschätzung des Schadens vorzunehmen, zeigt sich im Vergleich der Schäden von Privaten infolge der Hochwasser von 1984 und 1997. Diese Schäden stiegen von deutlich unter 5 Millionen auf 54 Millionen CHF an. Ob eine Zunahme des Schadenpotenzials bzw. der Verletzlichkeit oder ein anderer Ereignisablauf die Ursache waren, konnte nicht eindeutig geklärt werden.

Massnahmen

Generell
Mit der umfassenden Planung nach dem Hochwasser von 1997 wurden die Massnahmen des baulichen Hochwasserschutzes ausgeschöpft. Um ergänzende individuelle Schutzmassnahmen von Privaten (Objektschutz) zu fördern, ist die Erstellung einer der neuen Situation angepassten Gefahrenkarte notwendig.

Objektschutz
Auch der neue Hochwasserschutz bietet keine absolute Sicherheit, denn ein Ausufern kann auf einem Wildbachkegel nie ausgeschlossen werden. Auf Grund der baulichen Massnahmen ist tendenziell mit grossflächigen Überschwemmungen von geringer Wassertiefe und mit einer Reduktion der intensiv betroffenen Flächen zu rechnen. Einfache Massnahmen wie erhöhte Eingänge, verstärktes bergseitiges Mauerwerk oder lenkende Gartenmauern sind empfehlenswert, im Bereich des Edisriederbachs und der anderen weniger regulierten Bäche sogar notwendig. Diese Massnahmen verursachen vor allem bei Neubauten nur geringe Mehrkosten.

Notfallplanung
Da Wildbäche unberechenbar sind, muss der bauliche Schutz durch Notfallplanung ergänzt werden. Ausserhalb des Kernbereichs mit hohen Intensitäten lassen sich verletzliche Objekte durch einfache Massnahmen zum Lenken und Leiten des Wassers besser schützen.

Weitere Massnahmen
- Für die neue Situation am Dorfbach und die übrigen Bäche sind Hochwasserszenarien zu entwickeln. Führungsorgan und Einsatzdienste sollen diese Szenarien für ihre Vorbereitung auf ein mögliches Ereignis nützen.
- Die bei einem Hochwasser erforderlichen Materialien sind zu beschaffen. Die Einsatzdienste müssen sich darauf vorbereiten, dass einzelne Einheiten im Ereignisfall unabhängig voneinander handeln müssen.
- Die Frühwarnung soll verbessert werden.

Fallbeispiel Naters - Wildbachgefahr

Lage:	Alter Dorfkern am oberen Ende des Wildbachkegels. Im Laufe der Zeit wurde der gesamte Kegel überbaut.
Siedlung:	Kleinstädtischer Charakter, dichte Überbauung.
Hochwasserschutz:	Älteres, schmales Rechteckgerinne im Ortsgebiet. Nach 1993 Erhöhung der Abflusskapazität mit mobilen Massnahmen und Bau eines Geschieberückhaltebeckens. Weitere Massnahmen in Planung.

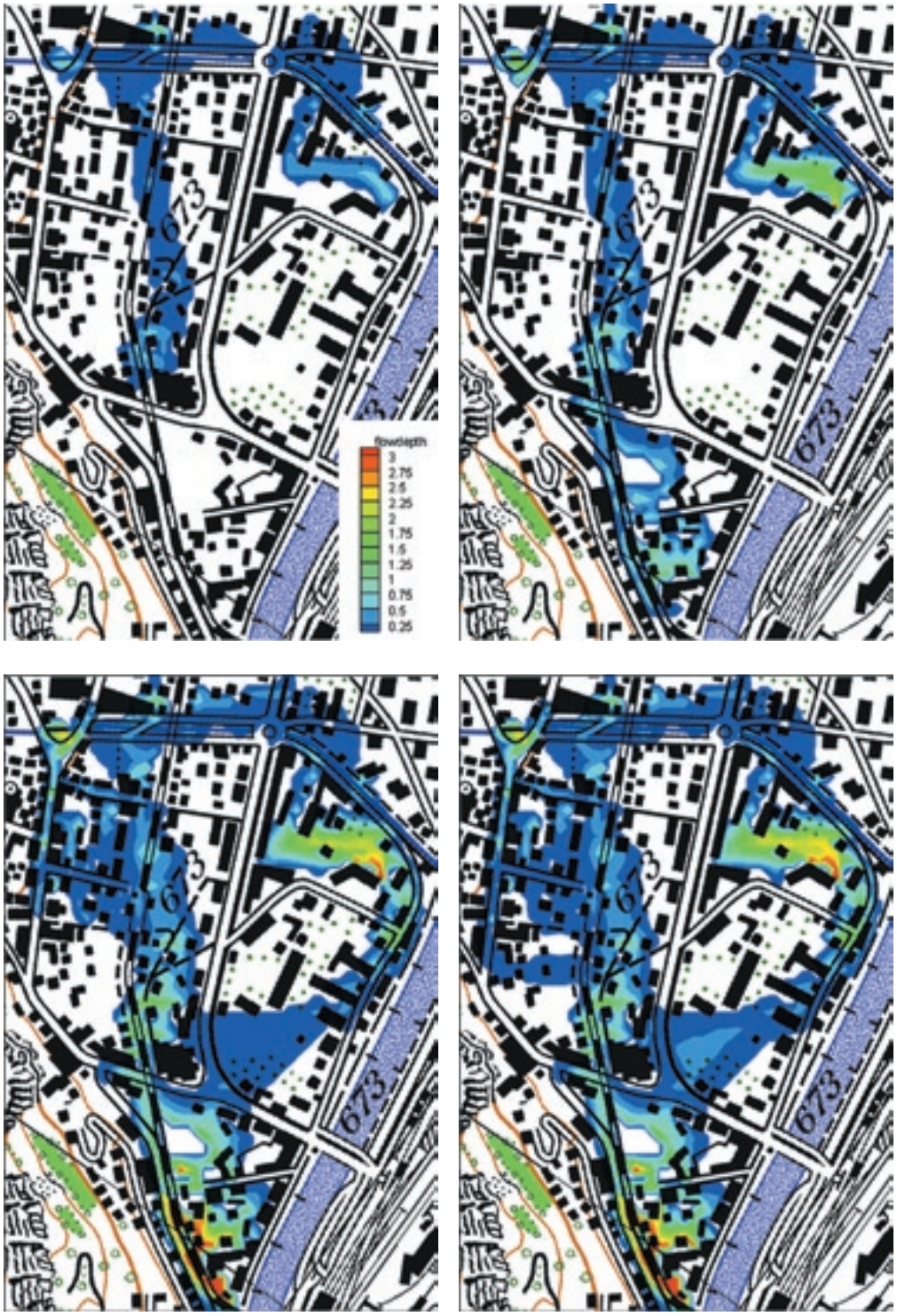


Abb. 22: Zeitliche Entwicklung der Überschwemmung bei einem EHQ mit 105 m^3/s Gesamtabfluss. Die ausufernde Wassermenge erreicht 60 m^3/s. Nach 90 Minuten ist praktisch der Endzustand eingetreten. Vergleichende Berechnungen mit einem HQ_{100} mit 70 m^3/s Gesamtabfluss und einem ausufernden Spitzenabfluss von 25 m^3/s ergaben, trotz der bedeutenden Unterschiede in den austretenden Wassermengen, nur geringe Unterschiede - dies sowohl in der zeitlichen, als auch in der räumlichen Entwicklung.

Gefahrensituation

Im September 1993 kam es zu einer schweren Überschwemmung in Brig. Im benachbarten Naters erkannte man daraufhin, dass die Kapazität des Kelchbachs zu gering war. Als Sofortmassnahme wurde die Brücke im Zentrum hydraulisch besser ausgestaltet (Verschalung). Zudem wurden die Ufer durch Dammbalken erhöht. Beim Hochwasser im Oktober 2000 haben sich diese Sofortmassnahmen und die Notfallorganisation bewährt. Seither wurde auch das Geschieberückhaltebecken fertig gestellt. Im Vergleich zum Jahr 2000 hat sich die Situation dadurch deutlich verbessert, da die wesentlichen Störfaktoren Schwemmholz und Geschiebe kaum mehr ins Ortsgebiet gelangen können.

Weitere Steigerungen der Abflusskapazität durch eine Umleitung oder Massnahmen im Ortsgebiet werden untersucht. Auf Grund der beengten Platzverhältnisse sind sie jedoch schwierig und teuer. Selbst ein perfekter Ausbau des Kelchbachs würde nicht alle Gefahren beseitigen, da auch die Dämme des Rotten überschwemmt werden können. Die tief liegenden Ortsteile sind daher sowohl durch den Rotten als auch durch den Kelchbach gefährdet. Daneben gibt es noch kleinere Gerinne, deren Gefährdungspotenzial meist vernachlässigt wurde.

Gefahrenbewusstsein

Obwohl im 20. Jahrhundert keine Schadenereignisse in Naters bekannt sind, besteht ein hohes Gefahrenbewusstsein. Dies ist für die jüngste Zeit verständlich, haben doch die Überschwemmungen 1993 in Brig und 2000 im nahen Baltschieder die Gefahr verdeutlicht. Die Bauformen vieler Häuser zeigen jedoch, dass die Grundsätze der angepassten Bauweise bereits vor 1993 berücksichtigt wurden. Die hohen Dämme des Rottens erinnern offensichtlich immer wieder daran, dass Überschwemmungen möglich sind.

Schadenpotenzial

Das Schadenpotenzial für ein Ausufern des Kelchbachs liegt bei etwa 150 Millionen CHF. Verschiedene Szenarien beeinflussen diesen Wert kaum, da bei der Berechnung der Überschwemmungsflächen für alle Varianten der Hochwasser - mit und ohne Geschiebe - ein ähnlicher Ereignisablauf festgestellt wurde. Dieser Ablauf wird im Wesentlichen durch die typische Geländeform beeinflusst. Für die Gemeinde Naters erwies sich eine Anpassung der Schadenraten gemäss BUWAL (1999) als notwendig, weil die risikogerechte Bauweise der in den Geländemulden erstellten Gebäude die Schadenempfindlichkeit offensichtlich verringert.

Massnahmen

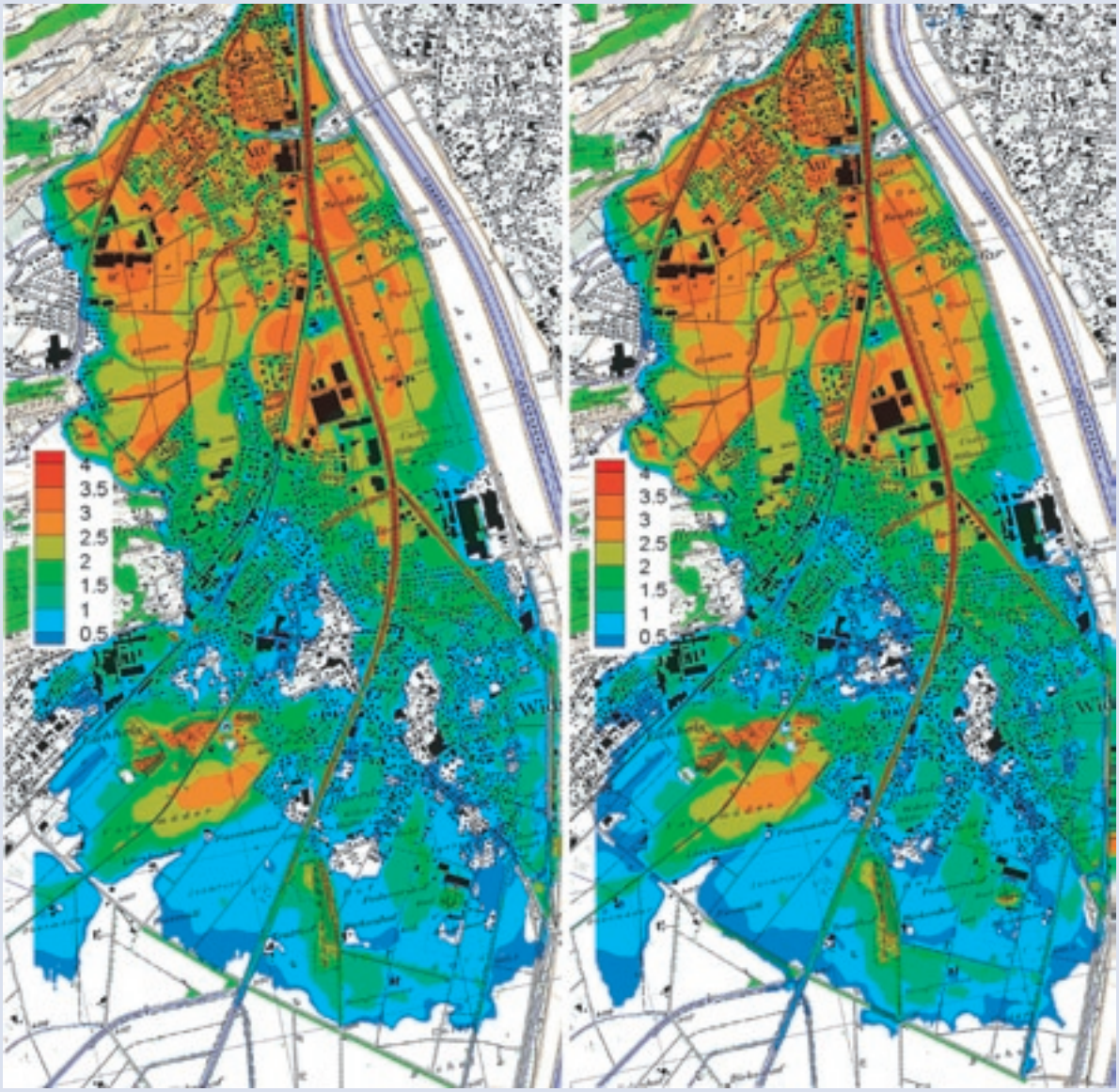
Generell
Auch wenn die Gefährdung durch den Geschieberückhalt deutlich verringert wird, sollte die Abflusskapazität des Kelchbachs durch wasserbauliche Massnahmen erhöht werden. Da es lange dauern kann, bis alle Gefahrenquellen deutlich verringert sind, ist eine Gefahrenkarte zur bestehenden Situation erforderlich.

Objektschutz
Bei Gewerbebauten mit grossen Werten in Unter- und Erdgeschoss sollten Objektschutzmassnahmen ergriffen werden. Dies einerseits, weil bis zur Verwirklichung des wasserbaulichen Schutzes noch Zeit vergehen kann, und anderseits, weil bei der Vielzahl von Gefahrenquellen immer ein Restrisiko bestehen bleibt. Berechnungsbeispiele zeigen, dass auch für kurze Perioden, von fünf Jahren beispielsweise, Objektschutz wirtschaftlich gerechtfertigt sein kann.

Notfallplanung
Die bestehende Bereitschaft ist aufrecht zu erhalten. Im Oktober 2000 konnte eine Ausuferung am Kelchbach verhindert werden. Die als zweite Schutzlinien errichteten mobilen Leitwände beidseitig der Kelchbachstrasse wurden damals nicht beansprucht, wirken jedoch nur bis zu einem HQ_{100}. Die Leitwände verlagern die potentielle Ausuferungsstelle in unterliegende Bereiche. Dadurch kann es dort stellenweise zu höheren Intensitäten kommen.

Fallbeispiel Widnau - Flusshochwasser

Lage:	In der linksufrigen Talebene des Alpenrheins am Rheintaler Binnenkanal.
Siedlung:	Das ursprüngliche Bauerndorf hat sich durch den Zuzug von Industrie zu einer Siedlung mit kleinstädtischem Charakter gewandelt.
Hochwasserschutz:	Die Kanalisierung des Alpenrheins erfolgte im 19. Jahrhundert mit 4 bis 5 m hohen Schutzdämmen. Seither ist Widnau vor Überschwemmungen durch den Rhein geschützt. Das Überschwemmungsrisiko durch den Rheintaler Binnenkanal und dessen Zuflüsse ist jedoch - wegen der wesentlich geringere Überschwemmungstiefen - kleiner als der im Folgenden betrachtete Bruch eines der Rheindämme.



Q_{max} = 430 m^3/s
Mittlere Abflusstiefe: hm = 0.94 m
Überflutete Fläche: a= 1422 ha

Q_{max} = 890 m^3/s
Mittlere Abflusstiefe: hm = 1.06 m
Überflutete Fläche: a= 1477 ha

Abb. 23: Karte der maximalen Wassertiefen bei einem Dammbruch am Alpenrhein. Vergleich bei verschiedenen Austrittsmengen (Qmax) durch die Dammbresche. Die Unterschiede in den betroffenen Flächen sind trotz Verdoppelung der Austrittsmenge marginal.

Gefahrensituation

Überschwemmungen, die durch den Rheintaler Binnenkanal verursacht werden, sind keine Seltenheit. Wegen der meist geringen Wassertiefe halten sich die damit verbundenen Schäden jedoch in Grenzen. Ganz anders präsentiert sich die Situation, falls der Hochwasserschutzdamm am Alpenrhein bricht. Zwar ist am Alpenrhein nur ein einziges derartiges Schadenereignis bekannt, der Dammbruch von 1927 bei Schaan. Aber die Hochwasser der Elbe vom August 2002, der Rhone im Oktober 2000 und der Urner Reuss im August 1987 haben gezeigt, dass ein solches Ereignis auch im Rheintal nicht ausgeschlossen werden kann.

Beim Bruch eines Hochwasserdamms am Alpenrhein würden bis zu 100 Millionen Kubikmeter Wasser in die Ebenen strömen und den Ort teilweise bis zu drei Meter tief überfluten. Der Ereignisablauf und die Breschengrösse sind schwer abzuschätzen. Sensitivitätsberechnungen zeigen jedoch, dass das resultierende Überschwemmungsbild dadurch nicht wesentlich beeinflusst wird. Die berechneten Überschwemmungsflächen gleichen sich, da die Strömung immer den Tiefenlinien folgt.

Gefahrenbewusstsein

Die Hochwassergefährdung durch den Rheintaler Binnenkanal ist der Bevölkerung bekannt.

Das Hochwasseralarmsystem des Alpenrheins und die international abgestimmten Übungen der Wasserwehr, z.B. im Oktober 2000, halten das Bewusstsein wach, dass auch ein Dammbruch nicht ausgeschlossen werden kann. Wie weit die Bevölkerung dieses Risiko kennt und ernst nimmt, ist nicht bekannt.

Schadenpotenzial

Die Überschwemmungskarte zeigt, dass ca. 2'500 Häuser betroffen sein könnten. Da diese meist sehr tief überschwemmt würden, ergibt sich ein möglicher Schaden in der Grössenordnung von 500 Millionen CHF. Darin nicht eingeschlossen sind die Sonderschäden der Industrie, die möglicherweise 100 Millionen CHF deutlich überschreiten.

Massnahmen

Generell
Die Behörden sind sich des Risikos bewusst. Massnahmen zur Verbesserung der Dammstabilität und der Aufbau eines Alarmsystems haben bereits dazu beigetragen, das Risiko zu vermindern. Verschiedene Studien zur Verbesserung des Hochwasserschutzes sind in Bearbeitung. Die daraus resultierenden Massnahmen sollen die Wahrscheinlichkeit eines Dammbruchs, die heute bereits unter 1/100 pro Jahr liegt, noch deutlich senken.

Objektschutz
Nach einem Dammbruch am Alpenrhein sind grosse Wassertiefen zu erwarten. Wirksame Objektschutzmassnahmen an Wohngebäuden werden wegen der Behinderungen im Alltag als kaum zumutbar und wegen der Seltenheit des Ereignisses als unwirtschaftlich beurteilt. Nur bei dem sehr hohen Schadenpotenzial der Industriebetriebe sind zusätzliche Massnahmen gerechtfertigt und wegen der meist leicht erhöhten Lage auch möglich. Bei Neubauten muss auf eine ausreichende Gebäudestabilität und auf Fluchtwege in die Obergeschosse geachtet werden. Eine Sicherung der Öltanks gegen Auftrieb ist auch wegen den wahrscheinlicheren Überschwemmungen durch den Rheintaler Binnenkanal erforderlich.

Notfallplanung
Bei einem beginnenden Dammbruch müssen die Einsatzkräfte zunächst ca. 8'000 Personen evakuieren. Je nach Entfernung zum Damm stehen dafür eine bis vier Stunden zur Verfügung. Der Wasseralarm am Rhein kann diese Zeitspannen noch deutlich verlängern. Sie reichen aus, um im Bereich der Industrie temporäre Sperren aufzubauen. Im übrigen Gebiet sind Barrieren zum Absperren oder Lenken der Überflutung wegen der erheblichen Wassertiefen nur in Randzonen sinnvoll. Sollen die Rheindämme durch Sandsäcke erhöht werden, um ein Überströmen bei Widnau zu verhindern, sind dazu vorgängige Abklärungen erforderlich: Möglicherweise verlagert die Massnahme die Bruchstelle in einen noch ungünstigeren Bereich. Bei Durchsickerung sind Sicherungsmassnahmen am Dammfuss in der Anfangsphase wertvoll. Bei rasch zunehmender Sickerwassermenge besteht die Gefahr eines plötzlichen Grundbruchs, der die Einsatzkräfte gefährden kann.

Fallbeispiel Luzern - Seehochwasser

Lage:	Am Ausfluss des Vierwaldstättersees.
Siedlung:	Historisch bedeutende Stadt. Heute kommerzielles und touristisches Zentrum der Innerschweiz.
Hochwasserschutz:	Wehranlage am Seeausfluss aus dem Jahre 1861; keine Schutzmassnahmen entlang dem Seeufer.

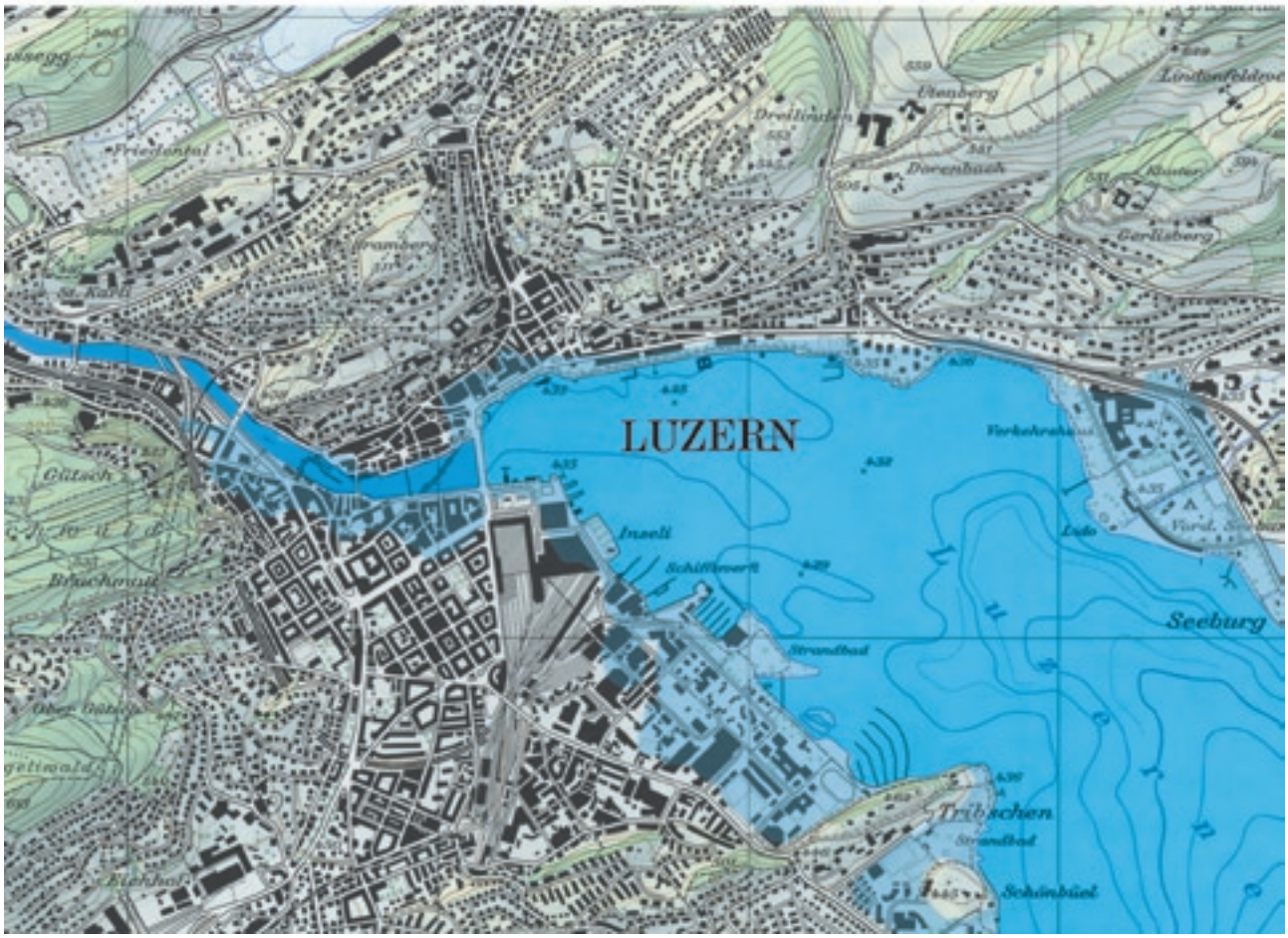


Abb. 24: Überschwemmung bei einem maximalen Seestand von 435.50 m ü. M. 1999 betrug der Seestand 434.94 m ü. M., 1910 lag er bei 435.25 m ü. M.

Gefahrensituation

Im Mai 1999 überschritt der Vierwaldstättersee mit 434.94 m ü.M. die Schadenkote von 434.45 m ü.M. Seit 1910 (435.25 m ü.M.) war dies der höchste Stand. Im 20. Jahrhundert sind Schadenhochwasser aus den Jahren 1970, 1953, 1937, 1935 und 1910 bekannt. Die Überschwemmungen sind durch ein relativ langsames Ansteigen des Wasserspiegels gekennzeichnet und eine Vorwarnzeit von einem bis mehreren Tagen. Auch bei extremem Hochwasser beträgt die Überschwemmungstiefe meistens weniger als einen Meter. Das Wasser ist frei von Geschiebe und wenig durch Schwebstoffe belastet. Der Vierwaldstättersee wird seit 1861 durch ein Wehr an der Reuss reguliert. Ein Neubau des Wehrs mit einer erhöhten Abflusskapazität ist innerhalb der nächsten vier Jahre geplant. Der Neubau wird neben betrieblichen Verbesserungen auch dazu führen, dass die Hochwasserstände des Sees absinken.

Das hohe Schadenpotenzial macht eine möglichst genaue Abgrenzung des gefährdeten Gebiets wünschenswert, was sehr gute topografische Unterlagen erfordert. Gerade im Stadtzentrum treten aber auf Grund von Bautätigkeiten immer wieder Änderungen ein. Zudem erschweren Leitungen und Durchlässe eine Abgrenzung. Selbst bei einem perfekten topographischen Höhenmodell verbleiben Unsicherheiten, da dieses nur einen momentanen Zustand genau beschreibt. Bis zur Kote 435 m ü. M. können die Erfahrungen mit dem Pfingsthochwasser 1999 zur Verifikation verwendet werden.

Gefahrenbewusstsein

Der Abstand zwischen den Schadenhochwassern beträgt meist mehr als 20 Jahre, dadurch geraten die Ereignisse immer wieder in Vergessenheit. Zur Zeit, nach den Erfahrungen von 1999, ist das Gefahrenbewusstsein noch vorhanden und sollte aktiv aufrecht erhalten werden. Am nachhaltigsten wirkt dabei die Verankerung einer Hochwasserkote im Baureglement. Dadurch wird vermieden, dass mit Neubauten auch erhebliche neue Schadenpotenziale geschaffen werden, ohne bereits in einer frühen Planungsphase die Sicherung gegen extreme Hochwasser einzubeziehen.

Schadenpotenzial

Das Schadenpotenzial bei einem Extremhochwasser wird auf mehr als 400 Millionen CHF geschätzt. Grund dafür ist das weit über dem Durchschnitt liegende Schadenpotenzial der touristischen und kommerziellen Bauten entlang der Seeufer und im Altstadtbereich. Zusätzlich zu den direkten Schäden an Gebäuden und Inhalt ist wegen der zeitraubenden Instandstellung der Infrastruktur in den Untergeschossen mit mehrwöchigen Betriebsunterbrüchen zu rechnen. Da einzelne Gewerbebauten bis zu fünf Untergeschosse aufweisen, besteht in diesen Gebäuden ein erhebliches Personenrisiko und die Möglichkeit von Sachschäden von bis zu zweistelliger Millionenhöhe.

Massnahmen

Generell

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass extreme Wasserstände über den historischen Marken trotz des Wehrneubaus nicht auszuschliessen sind. Das extrem hohe Schadenpotenzial erfordert zusätzliche Massnahmen.

Objektschutz

Die Sicherung von Gebäuden und Öltanks gegen Auftrieb ist wegen der langen Einstaudauer von vordringlicher Bedeutung. Bei den gewerblich genutzten Gebäuden muss ein zusätzlicher Schutz gegen eindringendes Wasser zwingend vorgesehen werden. Angesichts des Schadenpotenzials ergibt sich auch für sehr seltene Ereignisse ein günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis.

Notfallplanung

Schutzmassnahmen entlang der Ufer sind angesichts der Uferlänge sehr aufwändig und wegen der zahlreichen Einmündungen von Entwässerungsleitungen kaum wirkungsvoll. Die Mittel der Einsatzkräfte sollen sich daher auf den Schutz ausgewählter Infrastrukturanlagen konzentrieren und - sofern noch möglich - die privaten Schutzmassnahmen unterstützen.

Weitere Massnahme

Eine angepasste Bauweise lässt sich durch eine entsprechende Bestimmung in der Bauordnung einfach durchsetzen. Dazu gehören der Hochwassergefahr angepasste Zonenbestimmungen wie die Festlegung einer verbindlichen Hochwasserschutz-Kote und die Verpflichtung, die Heizöltanks gegen Auftrieb zu sichern. In Luzern ist diese Massnahme unbedingt angebracht.

Teilberichte der vorliegenden Studie

(auf separater CD-ROM erhältlich)

Teilprojekt «Gefahrensituation»: R. Fäh, G. R. Bezzola, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW - ETHZ), 2002

Teilprojekt «Schadenbilder»: H. Donzé, Gebäudeversicherung des Kantons Luzern (GVL), 2002

Teilprojekt «Objektschutz»: Th. Egli, Egli Engineering, St. Gallen, 2002

Teilprojekt «Notfallplanung»: M. Wegmann, Ernst Basler + Partner AG (EBP), Zollikon, 2002

Quellen, Literatur

[1] BWW, BRP, BUWAL: Empfehlungen «Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten», 1997

[2] BUWAL: «Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren», Methode Umwelt-Materialien Nr. 107/I, 1999

[3] BUWAL: «Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren», Fallbeispiele und Daten Umwelt-Materialien Nr. 107/II, 1999

[4] Deutsche Rückversicherung AG: «Das Pfingsthochwasser im Mai 1999», 1999

[5] MURL: «Hochwasserfibel - Bauvorsorge in hochwassergefährdeten Gebieten», Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW, 1999

[6] MURL: «Potentielle Hochwasserschäden am Rhein in NRW», Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes NRW, 2000

[7] IKSR: «Kriterien für die Bestimmung und Darstellung der Überschwemmungsgefährdung und Schadenrisiken», Internationale Kommission zum Schutze des Rheins, 2000

[8] Bruijn de, K.M., Heijer den, F., Hooijer, A.: «Flood damage modelling in the Netherlands. Damage reduction by non-structural measures», Delft hydraulics, 2001

[9] Egli Th.: «Hochwasserschutz und Raumplanung. Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen», Mitteilung des Institutes für Orts-, Regional- und Landesplanung, Nr. 100, ETH Zürich, 1996

[10] GVA: Richtlinie «Objektschutz gegen Naturgefahren», Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen, 1999

[11] IKSR: «Hochwasservorsorge - Massnahmen und deren Wirksamkeit», Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Koblenz, 2002

[12] Pasche, E., Geissler, T.R.: «Schadenanalyse und Schadenverminderung im Siedlungsbereich», Internationale Kommission zum Schutz des Rheins, Technische Universität Hamburg-Harburg, 2001

[13] Perrin, J.-F., Gendreau, N.: CIPR - IRMA: «Etude d'efficacité. Section A4 France et Belgique», Rapport final, CEMAGREF, Département Gestion des Milieux Aquatiques, Groupement de Lyon, Lyon, 2001

[14] VAW: «Projekt Hochwasservorsorge», Vorstudie, Bericht Nr. 4141, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Zürich, 1999

[15] Brockmann H., Kraus K., Mandelburger G.: «Modellierung digitaler Höhendaten zur Bearbeitung

hydrologisch/hydraulischer Fragestellungen an Wasserläufen», Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 45. Jahrgang (Heft 3), 2001

[16] Beffa Hydrodynamics: «Gefahrenbeurteilung Stansstad», Schwyz interner Bericht, 1999

[17] Schweizerische Landeshydrologie und -geologie: «Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz», 1987

[18] VAW: «Rheinvorstreckung - Hydraulische Modellversuche und numerische Simulationen zur Entwicklung der Rheinmündung in den Bodensee», Band 1: Hydraulische Modellversuche, Bericht Nr. 4149-1, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Zürich, 2001

[19] VAW: «Brücken Naters, Hydraulische Modellversuche an den Brücken des Kelchbachs in Naters», Bericht Nr. 4104, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Zürich, 1996

[20] VAW: «Rheinvorstreckung-Prognoserechnung für die Sohlenentwicklung im projektierten Vorstreckungskanal», Bericht Nr. 874, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, Zürich, 1984

[21] BWW: «Ereignisdokumentation Sachseln, Unwetter vom 15. August 1997» BWW Biel, Studienbericht Nr. 8, Biel, 1998

[22] Geo 7: «Ergänzungsbericht Schadenanalyse Sachseln zur Ereignisdokumentation» im Auftrag des BWW, interner Bericht, 1999

[23] P. Hausmann: Schadenanalyse «Überschwemmungsereignis Brig vom 24.09.1993», Schweizer Rück, Zürich, interner Bericht, 1996

[24] Ph. Teysseire: «Abschätzung des Schadenpotentials bei einem Extremereignis in Naters», Ing. Büro Teysseire & Candolfi, AG, Visp / Weder AG, Naters, Technischer Bericht, 1996

[25] Gemeinde Brig: «Unwetterkatastrophe Brig-Glis 24.09.1993 / Die Katastrophenbewältigung, Bericht des Krisenstabes», Brig, 1994

[25] P. Hausmann: «1 Mia sFr. Schadenpotential für die Versicherer bei einem Überschwemmungsereignis in der Schweiz?» Schweizer Rück, Zürich, 1996

[26] Rheinunternehmen: Kurzbericht «Rheintaler Binnenkanal, Hochwasser vom 21./22. Mai 1999 (Pfingsten)», Baudepartement des Kantons St. Gallen, Tiefbauamt, interner Bericht, 1999

[27] Kommando Feuerwehr Widnau: «Bericht zur Wasserwehr an Auffahrt und Pfingsten 1999», Widnau, interner Bericht, 1999

[28] IKSO: «Das Oder-Hochwasser 1997», Miedzynarodowa Komisja Ochrony Odry, Breslau, 1999

[29] P. Stadelmann: «Der Vierwaldstättersee und die Seen der Zentralschweiz», 1984

[30] Hopfner / Gonella: «Hochwasser am Vierwaldstättersee 1910 / 1970», 1970

[31] GVL: «Grösste anzunehmende Gebäudeschäden durch Überschwemmungs- und Hochwasserkatastrophen im Kanton Luzern», Risikoanalyse, interner Bericht, 1995

[32] GVL / A.F. Steffen: «Risikoanalyse Elementargrossschäden Kanton Luzern», interner Bericht, 1994

[33] C. Beffa: Auszug aus dem «Technischen Bericht Gefahrenbeurteilung Stansstad», Stans, interner Bericht, 1999

[34] Kanton Luzern: «Hydrografisches Jahrbuch des Kantons Luzern 1999», Luzern, 2000

[35] BWG: «Die Hochwasser 1999», Studienbericht Nr. 10, Biel, 2000

Bildnachweis

Egli Engineering, St. Gallen:
Abb. Titelseite (oben links), 1, 4, 11, 14, 15;

Kantonales Forstamt Obwalden:
Abb. 3;

T. Venzin, Truns: Abb. 2;

T. Egli: Abb. 9;

EBP, Zollikon: Abb. 16;

VKF, Bern: Abb. 17, 20;

GVL, Luzern: Abb. 10, 12;

Archiv BWG, Biel: Abb. 6, 8, 19;

Ing. Büro Eberstaller, Wien: Abb. 5;

Internet: Abb. 18

Sämtliche Kartenausschnitte:
Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA 046001).