

Empfehlungen 1997

**Berücksichtigung
der Hochwassergefahren
bei raumwirksamen
Tätigkeiten**

Version pdf

**Bundesamt für Wasserwirtschaft
(BWW)**

**Bundesamt für Raumplanung
(BRP)**

**Bundesamt für Umwelt, Wald und
Landschaft (BUWAL)**

Herausgeber	
Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW)	
Bundesamt für Raumplanung (BRP)	
Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)	
Autoren	
Roberto Loat (BWW)	
Armin Petrascheck (BWW)	
Begleitende Arbeitsgruppe	
Dominique Bérod IATE, EPFL	
Andri Bischoff Tiefbauamt des Kantons Graubünden	
Urs Braschler Oberforstamt Nidwalden	
Thomas Egli Rüegger AG, St. Gallen	
Peter Greminger F+D, BUWAL	
Max Gretener Schweizerischer Sachversicherungsverband	
Claudia Guggisberg BRP	
Martin Jäggi Ebmatigen	
Hans Kienholz GIUB	
Peter Masshardt Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen	
Christian Rickli WSL, Birmensdorf	
Heinz Roth Tiefbauamt des Kantons Bern	
Werner Ruckstuhl Amt für Gewässerschutz und Wasserbau Zürich	
Karl Schmid Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St.Gallen	
Beat Sigrüst LHG, BUWAL	
Renzo Simoni Ernst Basler & Partner AG, Zollikon	
Konzeption und Realisation	
Büro Felix Frank, Worb	
Bezugsquelle	
EDMZ, 3000 Bern	
Bestellnummer: 804.201 d	
Biel, 1997 (pdf 2001)	

Die neuen Bundesgesetze über den Wasserbau und den Wald verpflichten die Kantone, Gefahrenkarten zu erstellen und diese bei raumwirksamen Tätigkeiten zu berücksichtigen. Die vorliegende Publikation gibt Empfehlungen für die Erfüllung dieser Aufgaben. Sie richtet sich deshalb sowohl an jene **Fachleute** bei Bund, Kantonen und Gemeinden, die Hochwassergefahren beurteilen und die für Schutzmassnahmen zuständig sind, als auch an die **politischen Instanzen**, welche Entscheide über raumwirksame Tätigkeiten treffen. Angesprochen sind zudem jene **Grundeigentümer**, die über die Gefährdung ihrer Grundstücke informiert sein sollen.

Ausgearbeitet wurden diese Empfehlungen von einer interdisziplinären Arbeitsgruppe unter der Leitung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft. Der Arbeitsgruppe gehörten neben den Vertretern des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft und des Bundesamtes für Raumplanung auch Kantonsvertreter sowie Fachleute aus den Bereichen Wasserbau, Erdwissenschaften, Technik und Versicherungen an.

Die Raumplanung benötigt für alle Naturgefahren gleichwertige Unterlagen. Die vorliegenden Empfehlungen entsprechen daher inhaltlich den «Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten» (Bundesamt für Forstwesen, 1984). Für Massenbewegungen sind analoge Empfehlungen in Ausarbeitung. Die vorliegenden Empfehlungen* sind bei der Erstellung von Gefahrenkarten und bei deren Anwendung zu berücksichtigen.

Christian Furrer

Direktor Bundesamt für Wasserwirtschaft

Hans Flückiger

Direktor Bundesamt für Raumplanung

Heinz Wandeler

Eidgenössischer Forstdirektor

Charles Emmenegger

Direktor Landeshydrologie und -geologie

* Diese Empfehlungen sollen zu einem späteren Zeitpunkt und unter Berücksichtigung der nötigen Korrekturen und Anpassungen als Richtlinien herausgegeben werden (analog zu den Lawinen-Richtlinien).

Zur Sache	3
Hochwassergefahren	6
Überschwemmung	7
Ufererosion	8
Übermürung	9
Gefahrenerkennung	10
Ereignisdokumentation	11
Karte der Phänomene	12
Wasserbauliche Beurteilung	13
Gefahrenbeurteilung	14
Gefahrenkarte	15
Einteilung der Gefahrenstufen	16
Klassifizierung der Parameter	18
Kriterien zur Intensität der einzelnen Gefahrenarten	19
Gefährdung und mögliche Schadenwirkung	20
Massnahmenplanung	22
Raumplanerische Massnahmen	23
Richtplanung	24
Nutzungsplanung	25
Weitere Massnahmen	28
Anhang	
Vorgehen	30
Fallbeispiel	31
Rechtsgrundlagen	32
Glossar	32
Literaturverzeichnis	32

Zur Sache: Die Gefahrenkarte als Grundlage für die Massnahmenplanung

Was früher richtig war, muss bekanntlich nicht für alle Zeiten gelten. Wohl haben die jahrhundertelangen Anstrengungen, Hochwassergefahren in erster Linie durch mehr oder weniger umfangreiche Schutzbauten abzuwenden, in weiten Landesteilen die wirtschaftliche Entwicklung geprägt oder überhaupt erst ermöglicht. Doch die grossen Schadenereignisse in den Unwetterjahren 1987 und 1993 haben gezeigt, dass dieser Weg nicht als alleinige Lösung gewählt werden kann. Denn sowohl die Schutzansprüche als auch das Schadenpotential steigen viel zu rasch an, um den Gefahren nur mit Schutzbauten begegnen zu können.

Nach wie vor Gültigkeit hat deshalb eine andere Lehre aus der Vergangenheit: Nutzungen haben sich den natürlichen Gegebenheiten anzupassen.

Allen Schwierigkeiten zum Trotz, die ein dichtbesiedelter und intensiv bewirtschafteter Lebensraum wie die Schweiz in dieser Beziehung bietet, soll demnach das Schadenpotential in erster Linie durch **raumplanerische Massnahmen** vermindert werden. Nur dort, wo eine schützenswerte Nutzung bereits besteht, oder dort, wo nach Abwä-

gung aller Interessen eine Änderung der Nutzung unbedingt erforderlich ist, sollen wasserbauliche Massnahmen das Gefahrenpotential mindern. Das neue,

ligungsbehörden, welche raumwirksame Entscheidungen treffen, zum andern die Versicherungen und Grundeigentümer, die aktiv zur Verminderung

Wasserbauliche Massnahmen vermindern das Gefahrenpotential, raumplanerische Massnahmen das Schadenpotential.

1991 eingeführte Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG) hat diese Prioritätensetzung rechtskräftig gemacht. Der verantwortungsvolle Umgang mit Naturgefahren erfordert zuallererst ihre bewusste **Wahrnehmung**. Nur wenn die jeweilige Gefährdung allen Akteuren verständlich gemacht werden kann, sind auch nachhaltige Resultate zu erwarten. Angesprochen von dieser Neuausrichtung des Hochwasserschutzes sind deshalb zum einen die Wasserbauer, die Planer und die Bewil-

des Schadenpotentials beitragen können. Zur Wahrnehmung zählt auch die Bewusstseinsbildung, dass durch mangelnden Gewässerunterhalt oder durch unüberlegte abflusshemmende Einbauten das Gefahrenpotential erhöht werden kann.

Eine wesentliche Voraussetzung für die geforderte Verwirklichung des Hochwasserschutzes durch raumplanerische Massnahmen ist das Erstellen von **Gefahrenkarten**. Dieses Instrument wird nicht nur vom Wasserbaugesetz

Die neue Hochwasserschutz-Strategie

Ziele

Der Schutz unseres Lebensraumes vor Hochwasser ist eine Grundvoraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung. Er soll mit minimalen Eingriffen sichergestellt werden. Eine Raumnutzung, welche die Naturgefahren ernst nimmt und die notwendigen Freiräume schafft oder beibehält, soll gefördert werden. Der Grundsatz «Rückhalten wo möglich, Durchleiten nur wo nötig» soll in die Tat umgesetzt werden.

Voraussetzungen

Kenntnisse über die massgebenden Gefahrenarten sind eine unabdingbare

Voraussetzung für die Beurteilung von Gefahrensituationen. Eine periodische Überprüfung der Gefahrensituation und der Tauglichkeit der bereits getroffenen Schutzmassnahmen soll dazu führen, dass mögliche Veränderungen und Schwachstellen erkannt werden.

Massnahmenpriorität

Durch sachgerechten Unterhalt soll die bestehende Sicherheit erhalten werden, und durch raumplanerische Massnahmen sollen bestehende Freiräume für die Gewässer erhalten werden und dadurch eine unkontrollierte Zunahme des Schadenpotentials verhindert werden. Reicht

dies nicht aus, so sind bauliche Schutzmassnahmen am Gewässer erforderlich. Sie sind zu ergänzen durch eine Notfallplanung zur Begrenzung des Restrisikos.

Umsetzung

Hochwasserschutzkonzepte sollen auf einer Differenzierung der Schutzziele aufbauen: hohe Sachwerte sind besser zu schützen als niedrige; Rückhalteräume sollen wo immer möglich erhalten oder wiederhergestellt werden. Alle Massnahmen sind im Rahmen einer Interessenabwägung auf ihre Verhältnismässigkeit zu prüfen.

verlangt, sondern auch vom Waldgesetz (vgl. Kapitel Rechtsgrundlagen im Anhang). Sie zeigen, durch welche Gefahren und in welchem Ausmass (Ausdehnung, Intensität) und Wahrscheinlichkeit eine bestimmte Fläche bedroht ist. Eine solche Bedrohung durch Naturgefahren ist eine **Standorteigenschaft**, vergleichbar der Bodenfruchtbarkeit oder der Hangneigung, denn sie beeinträchtigt oder verunmöglicht bestimmte Nutzungen. Im Rahmen der Nutzungsplanung weisen die Behörden die Gebiete entsprechend ihrer Eignung den verschiedenen Nutzungsarten zu. Zum Schutz von Menschenleben und zur Verhinderung von Sach- und Umweltschäden sollen gewisse Nutzungen in Gebieten mit hoher oder mittlerer Gefahr verboten oder nur unter bestimmten Auflagen gestattet werden.

Die **rechtliche Durchsetzung**, sei es im Bewilligungsverfahren, in kantonalen Raumplanungs- oder Baugesetzen oder in der Nutzungsplanung, ist Aufgabe der Kantone beziehungsweise der Gemeinden.

Der Grundeigentümer kann durch eigene Massnahmen das Schadenpotential weiter verringern.

Gefahrenkarten sollen möglichst für alle Naturgefahren gleichzeitig und für geschlossene Planungsräume erstellt werden. Die **Einteilung in Gefahrenstufen** erfolgt unabhängig von der derzeitigen Nutzung.

Zweck der Empfehlungen

Nur wenn die gefährdeten Räume und die Art der Bedrohung verbindlich, objektiv und nachvollziehbar aufgezeigt werden, können bestehende Nutzungskonflikte dargestellt und künftige vermieden werden. Die hier vorliegenden Empfehlungen sollen dazu beitragen, dass:

- den Hochwassergefahren bei allen raumwirksamen Tätigkeiten Rechnung getragen wird (Erarbeitung und Genehmigung von Richt- und Nutzungsplänen, Konzepten und Sachplänen; Planung und Errichtung von Bauten und Anlagen; Erteilung von Bewilligungen

und Konzessionen; Gewährung von Subventionen usw.);

- durch eine geeignete Raumnutzung bzw. Raumbewirtschaftung ein ungewolltes Anwachsen des Schadenpotentials verhindert wird und die baulichen Eingriffe am Gewässer minimiert werden;
- in der ganzen Schweiz sowohl das Erfassen als auch das Berücksichtigen der Naturgefahren nach einheitlichen Kriterien und Massstäben in interdisziplinärer Zusammenarbeit erfolgt;
- die Behörden und Grundeigentümer über mögliche Gefährdungen informiert werden und in ihrer Verantwortung Vorsorge treffen, damit unnötige Risiken vermieden werden.

Vorgehen

Der Umgang mit Gefahren erfordert ein schrittweises Vorgehen. Dieses geht von der Frage aus, was wo passieren kann, beurteilt danach die Wahrscheinlichkeit und Stärke möglicher Ereignisse und klärt schliesslich die nötigen

Massnahmen. Obwohl die Übergänge fliegend sind, ist es wichtig, alle diese Teilschritte bewusst nachzuvollziehen. Auch wenn die Gefahr und die Ursachen erkannt worden sind, sollten Massnahmen nur ergriffen werden, wenn sie sich aufgrund der möglichen Schadenwirkung rechtfertigen lassen.

Schritt 1

Der erste Schritt ist die **Gefahrenerkennung und Gefahrendokumentation**. Die Beobachtungen, die auf eine bestehende Gefahr hindeuten, sind zu erfassen und wertfrei zu dokumentieren. Ein früheres Ereignis ist immer ein wichtiger Hinweis, insbesondere wenn seit dem Ereignis keine Veränderungen am Gewässer, etwa durch die Errichtung von Schutzbauten, stattgefunden haben. Bauten in Gewässern, insbesondere zu kleine Durchlässe, können Auslöser von schweren Überschwemmungen sein, auch wenn noch kein Schadenereignis an dieser Stelle registriert wurde.

Die natürliche und die durch den Menschen beeinflusste Dynamik der Gewässer verlangt eine periodische Neubeurteilung, welche die Veränderungen mitberücksichtigt.

Die in diesem ersten Schritt erarbeiteten Grundlagen geben Auskunft, warum ein Gebiet als gefährdet einzustufen ist. Sie sind ursachenbezogen und dienen sowohl der Abgrenzung von Gefahrengebieten als auch der Massnahmenplanung.

Schritt 2

Der zweite Schritt ist die **Gefahrenbeurteilung und die Ausarbeitung von Gefahrenkarten**. Dabei sollen auf Grund aller verfügbarer Unterlagen Aussagen über die Wahrscheinlichkeit und über das Ausmass möglicher Schadenereignisse gemacht werden. Die Beobachtungen werden gewichtet und gewertet und wenn nötig durch Modellrechnungen oder erweiterte Untersuchungen ergänzt.

Für Massnahmen zur Verringerung der Gefahr, also für Schutzbauten am Gewässer oder für Massnahmen im Ein-

Grundsätze

1. Die Berücksichtigung von Naturgefahren bei der Richt- und Nutzungsplanung ist ein gesetzlicher Auftrag. Gefahrenkarten sind hierfür eine Voraussetzung.

2. Gefahrenkarten sind für sich selbst noch nicht rechtsverbindlich, sondern werden dies erst im Rahmen der Genehmigung der Richt- und Nutzungsplanung.

3. Es ist Aufgabe der Kantone, dafür zu sorgen, dass Gefahrenkarten erstellt werden.

4. Gefahrenkarten sind eine Voraussetzung, um Subventionen für Projekte zum Schutz vor Naturgefahren gemäss Wald- und Wasserbaugesetz zu erhalten.

zugsgebiet, sind die Prozesse im Gewässer und in dessen Nahbereich entscheidend. Für Massnahmen der Raumplanung steht die Wirkung auf der gefährdeten Fläche im Zentrum des Interesses.

Die Gefahrenkarte ist für den Wasserbauer eine Grundlage zur Ermittlung des Schadenpotentials und dient zur wirtschaftlichen Rechtfertigung von Schutzmassnahmen. Den Planern hilft sie bei der Festlegung einer angepassten Nutzung; den Grundeigentümern schliesslich erlaubt sie, individuelle Vorsorgemassnahmen zu treffen.

Schritt 3

Der dritte Schritt ist schliesslich die eigentliche **Massnahmenplanung**. Ist eine Gefahr in bezug auf Ausmass und Wahrscheinlichkeit aufgezeigt, welche in Konflikt mit einer bestehenden oder geplanten Nutzung steht, stellt sich sofort die Frage, was man dagegen tun kann. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Massnahmen zur Verringerung des Schadens, zur Verringerung der Gefahr und zur Begrenzung des Restrisikos:

- Massnahmen zur **Verringerung des Schadens** (passive Massnahmen). Dadurch wird der Ablauf des Ereignisses nicht beeinflusst, sondern das Ausmass des Schadens verringert. Die Massnahmen der Raumplanung sollen eine der Gefährdung angepasste Nutzung sicherstellen. Der Objektschutz durch eine der Gefährdung angepasste Bauweise kann oft im Baubewilligungsverfahren sichergestellt werden (gestützt auf entsprechende Vorschriften der Nutzungsplanung).

- Massnahmen zur **Verringerung der Gefahr** (aktive Massnahmen). Dadurch wird der Ablauf des Ereignisses beeinflusst, wobei jedoch zu beachten ist, dass in der Regel die Wahrscheinlichkeit der Einwirkung, nicht aber in allen Fällen deren Intensität beeinflusst wird. Neben klassischen wasserbaulichen Schutzmassnahmen wie Gewässerunterhalt und Schutzbauten müssen auch Massnahmen im Einzugsgebiet, beispielsweise Schutzwaldpflege, zu

dieser Massnahmenkategorie gerechnet werden.

- **Notfallplanung** zur Begrenzung des Restrisikos. Keine Schutzmassnahme ist absolut sicher, denn die Grösse von Naturereignissen kann die Schutzwirkung übertreffen. Aber Frühwarndienste, Evakuationspläne, Rettungsdienste, Katastrophenhilfe und temporäre Schutzmassnahmen können

das Schlimmste verhüten. Hat das Ereignis erst einmal seinen Lauf genommen, geht es darum, Menschen und Tiere zu retten. Die Höhe des Sachschadens kann oft nur unwesentlich beeinflusst werden. Mit Elementarschadenversicherungen wird der erlittene Schaden für die Betroffenen immerhin in erträglichem Rahmen gehalten.

Schrittweise Erfassung und Umsetzung von Naturgefahren

1

Gefahrenerkennung:

«Was kann wo passieren?»

ursachenbezogene Dokumentation durch:

- Ereignisdokumentationen
- Geländeanalysen
- wasserbauliche Beurteilungen

2

Gefahrenbeurteilung:

«Wie oft und wie stark kann es passieren?»

flächen- und wirkungsbezogene Auswertung durch:

- Gefahrenkarten

3

Massnahmenplanung:

«Wie können wir uns schützen?»

Umsetzung in den Bereichen:

- Raumplanung
- Schutzmassnahmen
- Notfallplanung

Hochwasser können in mehrfacher Hinsicht gefährdend wirken: Sie können erodieren und dadurch die Fundamente bestehender Bauten untergraben, sie können durch ihre dynamische Wirkung Menschen oder Fahrzeuge mitreißen und sogar Gebäude zerstören, oder sie können ausufern und durch mitgeführtes Geschiebe Kulturland und Bauten schädigen. Auch durch stehendes Wasser können schwere Schäden auftreten. Je nachdem, wie sich Hochwasser auf genutzte Flächen auswirken, wird zwischen den drei Gefahrenarten Überschwemmung, Ufererosion und Übermürung unterschieden.



Brückmeyer

Hochwassergefahren

Überschwemmung

Als Überschwemmung gilt der Austritt von Wasser aus einem natürlichen oder künstlichen Gerinnebett bzw. eine Ausuferung von stehenden Gewässern.

Überschwemmungen werden dann gefährlich, wenn im Überflutungsbereich grössere Wassertiefen oder starke Strömungen auftreten. Dabei können mehr oder weniger grobe Feststoffe abgelagert werden.

Unterschieden wird zwischen statischen und dynamischen Überschwemmungen. Zwischen diesen beiden Ausprägungen sind fließende Übergänge möglich, und beide Formen können beim gleichen Ereignis kleinräumig wechselnd auftreten.

Statische Überschwemmung

Bei der statischen Überschwemmung fliesst das Wasser, wenn überhaupt, nur sehr langsam. Der Anstieg der Wassertiefe ausserhalb des Gerinnes ist meist relativ langsam (ausgenommen bei Geländemulden).

Die statische Überschwemmung tritt in flachem Gelände und entlang von Seen auf. Der massgebende Schadenparameter ist die maximale Überschwemmungstiefe. Zudem wird das Ausmass der Schäden durch die Anstiegsgeschwindigkeit des Wassers, die Mächtigkeit der Feststoffablagerungen und die Überschwemmungsdauer beeinflusst.

Dynamische Überschwemmung

Die dynamische Überschwemmung ist durch hohe Fliessgeschwindigkeiten gekennzeichnet. Sie tritt in geneigtem Gelände entlang von Wildbächen und Gebirgsflüssen auf. In flachem Gelände sind hohe dynamische Beanspruchungen im Bereich von Engstellen und Dammbreschen zu erwarten.

Die Gefährdung erfolgt primär durch den Strömungsdruck. Der massgebende Schadenparameter wurde als Produkt aus mittlerer Fliessgeschwindigkeit und Wassertiefe festgelegt.

Lokal können im überschwemmten Bereich auch Erosionsschäden entstehen. Sie treten besonders im Nahbereich von Hindernissen wie Pfeilern oder

Gebäuden auf. In Einzelfällen ist die Stosswirkung von mitgeführten Steinen oder von Schwemmholz zu berücksichtigen. Die Überschwemmungsdauer beträgt in der Regel nur einige Stunden, weil das Wasser im geneigten Gelände rasch abfliesst. Bedeutende, grobkörnige Ablagerungen wie Steine und Blöcke bleiben häufig auf der betroffenen Fläche liegen.

Die Ablagerung von Schutt und Geröll wird oft als **Übersarung** bezeichnet. Dieser Vorgang wird jedoch nicht als eigene Gefahrenart aufgeführt, da er immer mit einer dynamischen Überschwemmung verbunden ist. In gewissen Fällen kann daher in der Gefahrenkarte ein Hinweis auf mögliche Ablagerungen, zum Beispiel durch eine Schraffur oder einen Index, zweckmässig sein. Aussagen über die Menge des mitgeführten Geschiebes und die Ablagerungsorte sind schwierig zu machen, da sie von Ereignis zu Ereignis stark wechseln können.

Besonderheiten

Es sind vor allem unzureichende Abflusskapazitäten, die bei zu hohen Spitzenabflüssen oder bei Geschiebeablagung im Gerinne zu Ausuferungen führen. Dabei tritt nur eine Teilmenge des gesamten Abflusses auf die umliegenden Flächen aus. Der Grossteil des Wassers und Geschiebes verbleibt im Gerinne.

Ungleich gefährlicher sind **Verklauungen** durch Schwemmholz und Geschiebe an Bauwerken, beispielsweise bei Durchlässen und Brücken, oder im Bereich natürlicher Engstellen.

Als besonders verhängnisvoll erweisen sich **Brüche** von Hochwasserschutzdämmen. Der gesamte Teil des Abflusses – oder zumindest ein grosser Teil davon – samt den mitgeführten Feststoffen kann dann mehr oder weniger plötzlich auf benachbarte Flächen austreten, sich neue Fliesswege suchen und so ganz überraschend auch weit von der Ausbruchsstelle befindliche Flächen gefährden. Damnbrüche sind vor allem bei Überströmung und an alten, schlecht unterhaltenen Dämmen zu befürchten, welche dem Lastfall des Hochwassers nicht mehr standhalten.



Ufererosion

Unter der Ufererosion wird das Nachbrechen der Uferböschungen infolge Tiefen- und Seitenerosion verstanden. Diese Gefahrenart ist nur dann raumplanerisch relevant, wenn ihre Auswirkung über den eigentlichen Gerinnebereich hinausreicht.

Die Ufererosion wird als eigene Gefahrenart geführt, da sich allfällige Massnahmen nach der Mächtigkeit der Abtragung (d) orientieren und nicht, wie etwa bei Überschwemmungen, an der Höhe des Wasserspiegels. Diese Gefahrenart wird mitunter übersehen, da die gefährdeten Bauten oft weit oberhalb der untersuchten Wasserspiegel liegen.

Die Ufererosion ist in vielen Fällen die **schadenreichste Gefahrenart**. Sie kann parallel zu den Gewässern verlaufende Verkehrswege unterbrechen und Häuser und Brücken zum Einsturz bringen.

Das entscheidende Sicherheitskriterium für Bauten und Anlagen ist somit ihre Fundationsstiefe. Ist diese unzureichend, das heisst geringer als die Erosionstiefe, so ist ein Einsturz unvermeidlich. Selbst dort, wo die Fundationstiefe ausreichend ist, muss überprüft werden, ob bei einer Verlagerung des Flussbettes das betroffene Bauwerk auch der zusätzlichen dynamischen Beanspruchung durch das strömende Wasser standhält.

Die Ufererosion wirkt vor allem in Wildbächen und steilen Gebirgsflüssen. In flacherem Gelände sind vor allem exponierte Stellen wie Prallhänge, Engstellen oder Hindernisse im Abflussbereich gefährdet. In kleineren Gewässern, bei denen die Hochwasservolumina zu klein sind, um grosse Massenbewegungen zu verursachen, ist die Erosionstätigkeit weniger ausgeprägt.

Massgebend sind die Kräfte des strömenden Wassers und der Widerstand der Uferböschungen. Uferböschungen sind in intensiv genutzten Gebieten meist durch Bewuchs oder durch Schutzbauten (wie etwa Blockwurf, Mauern oder Pflasterungen) geschützt. Wird bei seltenen Hochwassern diese Schutzschicht zerstört, setzt die Ero-

sion plötzlich ein und läuft um so rascher ab, je feinkörniger das Material ist. Grundsätzlich kann der gesamte Talboden betroffen sein, sofern nicht massive Hindernisse oder klare topographische Strukturen die Lage des Flussbettes vorbestimmen.

Setzt bei grösseren Flüssen die Erosion ein, so kann der weitere Ablauf meist nicht mehr kontrolliert werden. Ufererosionen manifestieren sich entweder durch Uferrutschungen oder durch Verlagerungen des Flussbettes.

Uferrutschungen

Wird an den Ufern der Böschungsfuss erodiert, kommt es zu einem Abgleiten der Böschungen. Diese häufig durch Tiefenerosion des Flussbettes ausgelösten Rutschungen können weit ausgreifen und sind je nach topographischen und geologischen Bedingungen oberflächlich bis tiefgründig.

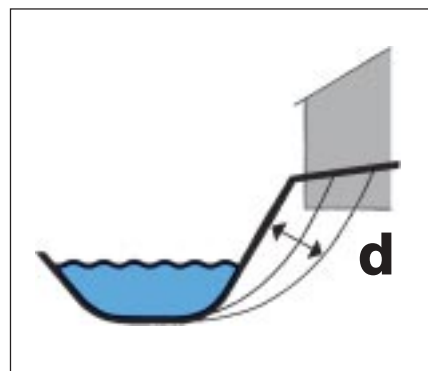
Verlagerung des Flussbettes

Mäandrierende und verzweigte Flüsse verlagern bei extremen Hochwasserereignissen oft ihr Bett. Die bisherigen Ufer werden auf die ungefähre Höhenlage der bisherigen Sohle abgetragen. Diese Gefahrenart ist mit Ablagerungen im Nahbereich – entweder am gegenüberliegenden Ufer oder kurz unterhalb der Erosionsstrecke – verbunden.

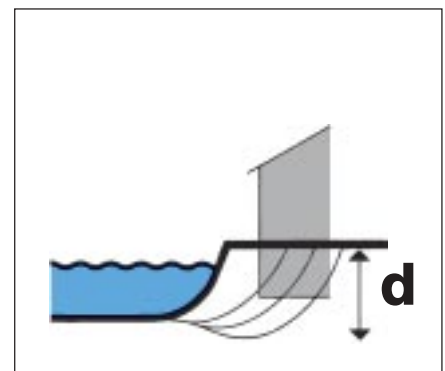


Comet

Uferrutschung



Verlagerung des Flussbettes



ff. Grafik

Übermürung



Huber

Ein Spezialfall im Zusammenhang mit Hochwassern ist der Murgang. Dieser Prozess wird auch als Mure bezeichnet, und ebenso gebräuchlich sind Begriffe wie Schlammstrom, SchlammLawine, Geröll-Lawine oder, im Dialekt, «Rüfe» oder «Lauí». Murgänge treten nur in sehr steilen Wildbachgebieten mit meist

über 15% Bachgefälle auf, wobei sie sich schubweise lösen können.

Die Abgrenzung von stark geschiebeführendem Hochwasser zu wasserreichem Murgang ist nicht immer einfach. Typisch für Murgänge ist einerseits ihre hohe Dichte (Volumenanteil der Feststoffe: 30% bis 70%), andererseits ihre zum Teil hohe Fließgeschwindigkeit (40km/h bis 60km/h).

Dazu kommt eine gewaltige Transportkapazität. Neben ganzen Bäumen können von einem Murgang Blöcke von mehreren Kubikmetern Volumen mitgeführt werden.

Ein weiteres Charakteristikum von Murgängen ist das Ausmass der umgesetzten Feststoffvolumina. Der Abfluss von Feststoffen und Wasser kann ein Vielfaches der normalen Hochwasserabflüsse erreichen, weshalb Murgänge oft eine steile Front von mehreren Metern Höhe bilden. Zudem verlässt ein Murgang häufig das übliche Gerinne und breitet sich seitlich aus.

Wirkung

Die Hauptschadenswirkung von Murgängen liegt erstens in der Erosionskraft, die Uferböschungen destabilisieren kann, zweitens in der Stosswirkung der Murfront, welche durch mitgeführte Einzelblöcke noch verstärkt wird, und drittens in den mächtigen Ablagerungen von Blöcken, Geröll und Schutt.

Die Ablagerungen von Murgängen werden als **Übermürung** bezeichnet. Erreichen sie einen Vorfluter, können solche Ablagerungen dessen Abfluss aufstauen und Folgeüberschwemmungen verursachen.

Kommt das grobe, durch den Murgang transportierte Material auf einem Schwemmkegel zum Stillstand, so bildet sich ein für Murgänge typischer **Murkopf**. Dahinter lagern sich mächtige Schutt- und Geröllmassen ab.

Das ausfliessende Wasser ist noch immer reichlich mit Sand und Geschiebe gesättigt. Es breitet sich bei deutlich geringeren Wassertiefen und Geschwindigkeiten auf dem Kegel aus. Diese oft weitreichenden Ablagerungen werden **Murzungen** genannt.

Die Grundlage jeglicher Beurteilung von Hochwassergefahren ist die wertfreie Dokumentation aller Beobachtungen, die auf eine bestehende Gefahr hindeuten. Es sind immer möglichst objektive Beobachtungen und möglichst wenige Interpretationen festzuhalten. Dabei sind Angaben über die Genauigkeit der Beobachtungen – Schätzungen, Berechnungen oder Messungen – unbedingt notwendig.



Comet

Gefahrenerkennung

Ereignisdokumentation

Die Ereignisdokumentation ist ein Verzeichnis beobachteter Ereignisse und umfasst die Aufzeichnung der massgebenden Prozesse, der festgestellten Schäden, der Wirkungsbereiche, des meteorologischen Umfeldes, von hydrologischen Daten sowie weiterer Angaben zum Ablauf. Sie besteht aus einem Text- und aus einem Kartenteil. Die Aufzeichnung eines Ereignisses kann in Abhängigkeit des Ausmasses und der Schadenwirkung in verschiedenen Detaillierungsgraden erfolgen. In jedem Fall gibt die Ereignisdokumentation aber mindestens eine Antwort auf die Frage, **was** sich **wann** und **wo** und in **welchem Ausmass** ereignet hat. Die detailliertere Ereignisdokumentation geht zusätzlich der Frage nach, **wie** sich das entsprechende Ereignis abgespielt hat und **weshalb** es überhaupt zu Schäden gekommen ist. Die detailliertere Dokumentation ist in jenen Fällen zu erstellen, in denen wasserbauliche Massnahmen ergriffen werden sollen.

Übersicht über die Ereignisdokumentation

Inhalt:

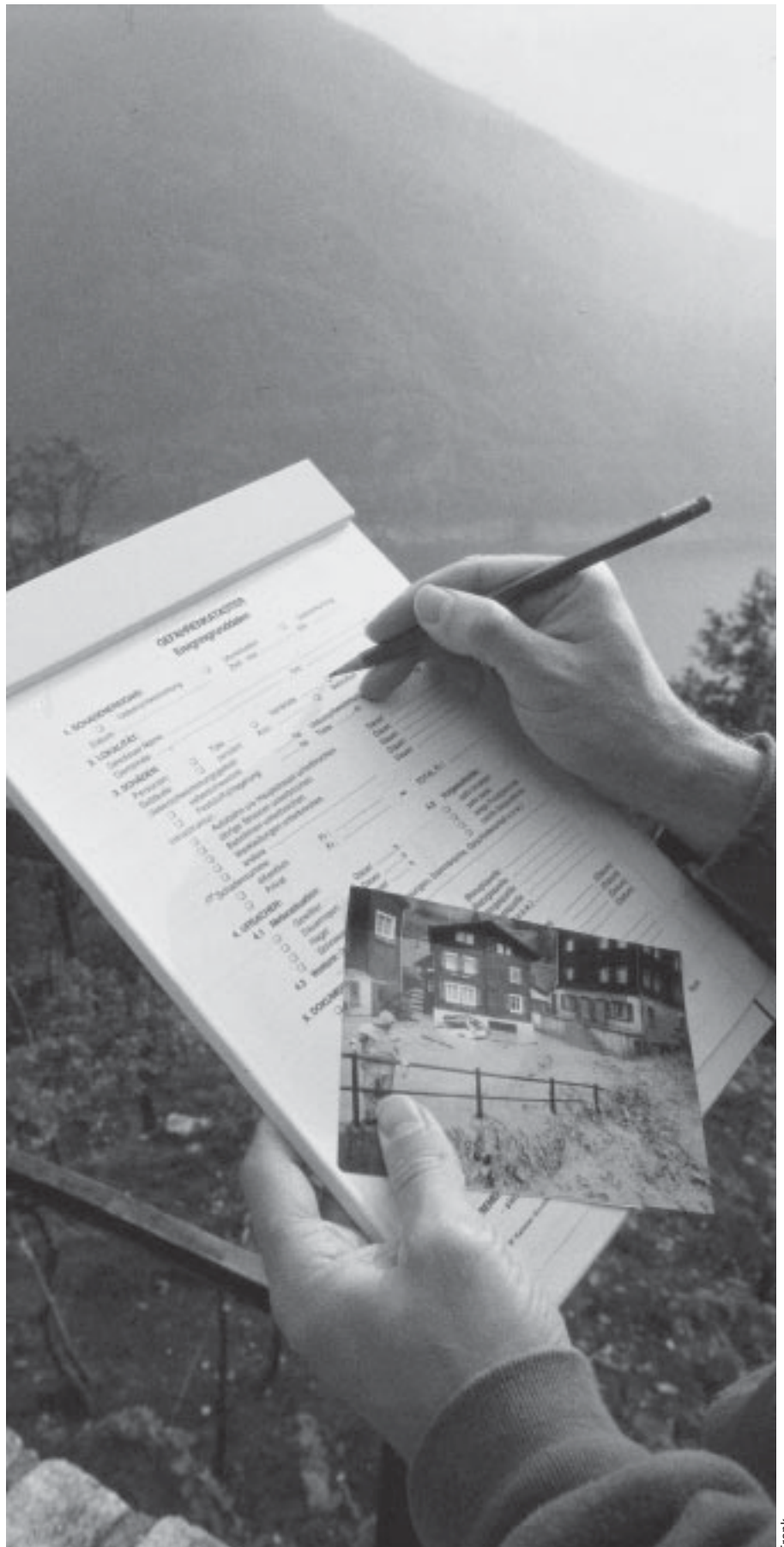
Angaben zu Ereignissen, deren Ursachen und deren Schadenwirkung. Der Detaillierungsgrad steht in Abhängigkeit zur Bedeutung der Ereignisse.

Massstab:

Darstellung der betroffenen Flächen im Massstab 1:2000 bis 1:25 000.

Nachführung:

Laufend; im Falle eines Unwetterereignisses vorzugsweise ohne zeitlichen Verzug. Die betroffenen und untersuchten Flächen sind abzugrenzen.



Karte der Phänomene (Geländeanalyse)

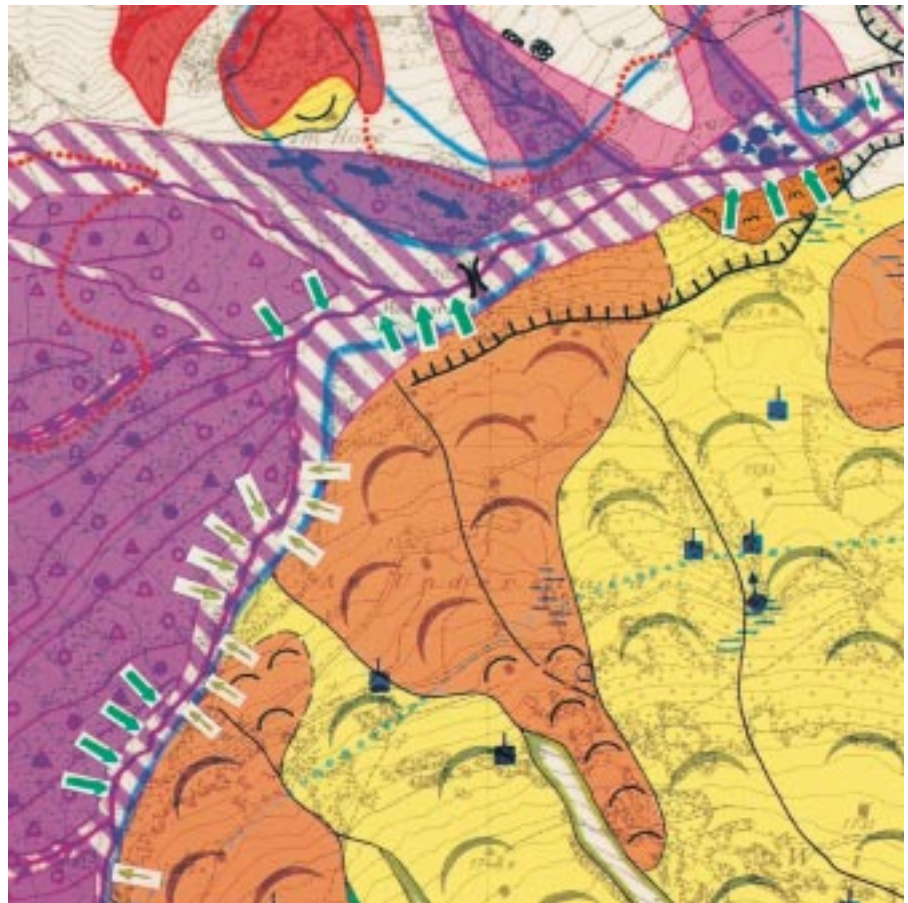
Die Karte der Phänomene hält die im Feld beobachteten **Merkmale und Indikatoren** und deren wertfreie Interpretation kartographisch und textlich fest.

Die Geländeanalyse ist eine wichtige Ergänzung zur Ereignisdokumentation. Sie dient der Erkennung und Abschätzung (Disposition, Auslösemechanismen, Wirkungsweise) möglicher Gefahrenarten.

Die Geländeanalyse stützt sich auf die Beobachtung und Interpretation von Geländeformen (z.B. kritische Stellen) und «stummen Zeugen» von früher abgelaufenen oder gegenwärtig ablaufenden gefährlichen Prozessen. Damit wird es auch möglich, Ursachen, Auftretenswahrscheinlichkeiten und weitere wichtige Faktoren oder Begleitumstände von Ereignissen zu eruieren.

Um die Gefahren glaubwürdig zu kartieren, ist ein gründliches Wissen über den Zustand des Einzugsgebietes sowie dessen Vergangenheit und die daraus abgeleiteten Entwicklungsmöglichkeiten unabdingbar.

Um die Inhalte und Darstellungsweisen verschiedenster Gefahrenarten – wie Wasser, Lawinen, Rutschungen oder Steinschlag – und unterschiedlicher Massstäbe zu harmonisieren, haben das Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW) und das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) gemeinsam eine Empfehlung* zur Erstellung entsprechender Karten mit Legendenvorschlag unter dem Titel «Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene» ausgearbeitet und 1995 publiziert.



Reproduziert mit Bewilligung des Vermessungsamtes des Kantons Bern vom 30. 8. 1996

Ausschnitt aus einer Karte der Phänomene, publiziert in den Empfehlungen «Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene» (1995).

Übersicht über die Karte der Phänomene

Inhalt:

Angaben zu Disposition für Wassergefahren. Erfassung von «stummen Zeugen».

Massstab:

1:1000 bis 1:25000 in Abhängigkeit des Verwendungszweckes.

Nachführung:

Nachführung bei Überarbeitung der Gefahrenkarte.

* Diese Empfehlung, die eine bessere Vergleichbarkeit, eine gute Nachvollziehbarkeit der Gefahrenbeurteilungen und eine einfachere Handhabung bei der Kartierung bezweckt, kann bezogen werden bei der EDMZ, 3003 Bern (Bestellnummer 310.022 d/f)



Frank

Jedes natürliche Gewässer befindet sich dauernd in einem Zustand der Veränderung. Im Oberlauf ist normalerweise Erosion, im Unterlauf dagegen Ablagerung vorherrschend.

In der wasserbaulichen Beurteilung sollen aber nicht nur die massgebenden Prozesse wie Erosion, Akkumulation oder Gleichgewichtszustand festgehalten werden, sondern auch alle für die Hochwasserentwicklung massgebenden Faktoren.

Die besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der **Hydrologie** (Abflussregimes, Hochwassertypen), der **Hydraulik** (Abflusskapazität) sowie dem **Feststoffhaushalt** (murgangfähig, starker oder geringer Geschiebetrieb, Bildung von Mäandern oder Verzweigungen).

Aus dieser Beurteilung kann sowohl auf die kurzfristigen Abläufe während eines Schadenereignisses als auch auf die langfristigen Entwicklungen geschlossen werden. Letztere führen zu einer Veränderung der Gefahrensituation und erfordern somit regelmässige Beurteilungen des Gefahrenpotentials.

Schwachstellenanalyse

Schwachstellen sind Orte (Punkte oder Strecken), von denen eine Gefährdung ausgehen kann. Die Schwachstellenanalyse beschreibt die möglichen Ursachen eines Schadenereignisses, das heisst warum beispielsweise bei Hochwasser die Überflutung der angrenzenden Fläche befürchtet wird.

Klassische Schwachstellen sind: zu kleine Durchlässe, Engnisse, enge Kurven, Hindernisse, Gefällsbrüche im Längenprofil. Solche Schwachstellen können bei der Geländeanalyse erfasst und kartiert werden. Sie sind eine wichtige Grundlage, um die Gefährdung zu erkennen und die geeigneten Massnahmen zu ergreifen.

Die Beurteilung einer Schwachstelle ist mehr oder weniger subjektiv. Sie kann sich auf Modellrechnungen (Kapazitätsnachweis), auf Beobachtungen (minimales Freibord bei einem bestimmten Hochwasser), auf einen Vergleich (kleinerer Durchlass als ober- oder unterhalb) und auch auf einfache Schätzun-

gen abstützen. In den Unterlagen müssen daher immer auch Angaben über die Genauigkeit der Beurteilung gemacht werden.

Inventare und Beurteilungen von Schutzbauten

Schutzbauten wurden meist dort errichtet, wo einst Schwachstellen bestanden. Je nach Zeitpunkt der Errichtung kann die Schutzwirkung am gleichen Gewässer für unterschiedliche Ereigniswahrscheinlichkeiten begrenzt sein. Schutzbauten unterliegen einer ständigen Abnützung und ihr Zustand muss regelmässig, insbesondere nach Unwettern, überprüft werden.

Übersicht über die wasserbauliche Beurteilung

Inhalt:

Angaben über die massgebenden Prozesse und Orte, von denen eine Gefährdung ausgehen kann, sowie Angaben über den Zustand der Schutzbauten.

Massstab:
je nach Bedarf

Nachführung:

Spätestens bei Überarbeitung der Gefahrenkarte, sonst im Rahmen des Unterhalts und bei neuen Schutzbauten.

Basierend auf den verschiedenen Beurteilungsgrundlagen, sind in einem zweiten Schritt Intensität und Wahrscheinlichkeit möglicher Hochwasserereignisse in einer Gefahrenkarte festzuhalten. Dieses Instrument stellt die Wassergefahren und die daraus resultierende Gefährdung für Menschen und erhebliche Sachwerte räumlich dar. Immer ist dabei zu beachten: Eine Gefahrenkarte zeigt eine bestehende Gefährdung nach dem Urteil des Gutachters und ist als solche nicht rechtsverbindlich. Die rechtsverbindliche Umsetzung bleibt der kantonalen und der kommunalen Gesetzgebung und Planung beziehungsweise den Bewilligungsbehörden im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens vorbehalten.



Frank

Gefahrenbeurteilung

Gefahrenkarte

Zweck und Bedeutung

Die Gefahrenkarte ist eine Eignungskarte, die aufzeigt, welche Gebiete wegen bestehenden Naturgefahren nicht oder nur bedingt für bestimmte Nutzungen geeignet sind. Sie bildet daher die fachliche Grundlage für:

- die Umsetzung in der **Raumplanung** (Erarbeitung von kantonalen Richtplänen und von Nutzungsplänen inklusive Ausscheidung von Gefahrenzonen, Ausarbeitung von Konzepten und Sachplänen von Bund und Kantonen, Erlass von Bauvorschriften, Bewilligung von Bau- und Nutzungsgesuchen);
- die Planung von Massnahmen des **Objektschutzes** und Massnahmen der Grundeigentümer zur Schadenverminderung.

In der Überlagerung der Gefahrengebiete mit den bestehenden Nutzungen werden Konflikte aufgezeigt. Da bestehende Nutzungen in der Regel nicht oder kaum geändert werden können, sind meist bauliche Massnahmen notwendig, um den erforderlichen Schutzgrad zu erreichen.

Die Gefahrenkarte dient daher auch für die Planung von **wasserbaulichen Schutzmassnahmen**, die Einrichtung von Frühwarndiensten und die Organisation der Notfallplanung. Dabei ist zu beachten, dass sich Massstab und Detaillierungsgrad entsprechend den Projektbedürfnissen ergeben.

Erstellung

Die Gefahrenkarte besteht aus einem **Kartenteil** (wobei als kartographische Grundlagen Karten oder Pläne im Massstab 1:10000 oder grösser zu verwenden sind) und einem **Textteil** (einem technischen Bericht mit Begründung und Beschreibung der Gefahrengebiete). In der Gefahrenkarte ist der untersuchte Perimeter klar abzugrenzen, zum Beispiel durch eine fettgestrichelte Linie. Die Erstellung von Gefahrenkarten hat ausschliesslich nach **wissenschaftlichen Kriterien** zu erfolgen (vgl. Kapitel «Gefahrenerkennung»). Der Gutachter ist in der Wahl seiner Methoden grundsätzlich frei, so-

fern diese dem anerkannten Stand der Wissenschaft entsprechen. Die Bearbeitungstiefe von Gefahrenkarten hängt vom vorhandenen und vom erwartbaren Schadenpotential sowie vom Gefahrenpotential ab.

Bei der Erstellung von Gefahrenkarten sind möglichst geschlossene Planungsräume zu erfassen. Die Gefahrenkarte ist anzupassen, wenn sich die Situation wesentlich ändert (z.B. durch die Erstellung von Schutzbauten).

Gefahren-Hinweiskarte

Ein Spezialfall der Gefahrenkarte ist die Gefahren-Hinweiskarte. Sie gibt eine grobe Übersicht über Gefährdungssituationen, und sie stellt flächenhaft fest, welche Gefahren vorhanden sind. Im Gegensatz zur eigentlichen Gefahrenkarte werden bei der Gefahren-Hinweiskarte in der Regel keine Gefahrenstufen unterschieden.

Die Gefahren-Hinweiskarte eignet sich besonders auf der Stufe Richtplanung (Massstab 1:50000). Mit ihr lassen sich vorgängig zur Erstellung von detaillierten Gefahrenkarten Konfliktgebiete mit einem geringen Aufwand über einen grösseren Raum, beispielsweise einen ganzen Kanton, feststellen.

Gefahren-Hinweiskarte	Gefahrenkarte
Zweck: Grundlage für die Richtplanung zur groben Erkennung der Interessenkonfliktgebiete, falls noch keine Gefahrenkarten vorhanden sind.	Zweck: Grundlage für die Richt- und Nutzungsplanung sowie für die Projektierung von Schutzmassnahmen.
Inhalt: Grobe Übersicht über die Gefährdungssituation; Angabe der Gefahrenart, in der Regel ohne Gefahrenstufen; grossräumige Ausscheidung.	Inhalt: Genauere Angaben zu Gefahrenart, räumlicher Ausdehnung und Grad der Gefährdung in drei Gefahrenstufen; detaillierte Dokumentation.
Bearbeitungstiefe: Geringe Bearbeitungstiefe.	Bearbeitungstiefe: Hohe Bearbeitungstiefe («parzellenscharfe» Abgrenzung muss möglich sein).
Masstab: 1:10000 bis 1:50000	Masstab: 1:2000 bis 1:10000
Erfasste Gebiete: Regionen oder ganze Kantone.	Erfasste Gebiete: Schwergewicht auf besiedelte, erschlossene oder künftig zu erschliessende Gebiete sowie auf Verkehrswege.
Überprüfung: Periodisch im Rahmen der Richt- und Nutzungsplanrevisionen.	
Nachführung: Bei erheblich veränderter Gefahrensituation (zum Beispiel infolge Schutzmassnahmen oder Veränderungen der natürlichen Voraussetzungen).	

Einteilung der Gefahrenstufen

Um eine einheitliche und gleichwertige Bewertung der verschiedenen Arten von Naturgefahren zu gewährleisten, wurden – ausgehend von den bereits bestehenden «Richtlinien für die Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten» (BFF, 1984) – harmonisierte Gefahrenstufendiagramme entwickelt.

Als Grad der Gefährdung werden die **Intensität** und die **Wahrscheinlichkeit** (Häufigkeit oder Wiederkehrdauer) der jeweiligen Gefahrenart festgelegt. Diese beiden Parameter werden gemäss dem Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm (vgl. unten) zu Gefahrenstufen zusammengefasst.

Es wird zwischen **drei Gefahrenstufen** unterschieden, dargestellt durch rote, blaue und gelbe Farbe. In Abweichung zu den oben erwähnten Richtlinien für die Lawinengefahr wird beim Hochwasserschutz eine Überprüfung der Gefahrensituation für sehr seltene

Ereignisse vorgenommen (Klärung der Restgefährdung bzw. des Restrisikos). Die betroffenen Flächen werden, soweit relevant, gelb-weiss schraffiert dargestellt. Die Gefahrenstufen werden so gewählt, dass sie auf eine bestimmte Art von Verhaltensweisen bzw. Nutzungsvorschriften schliessen lassen. Sie zeigen den Grad der Gefährdung von Menschen, Tieren und erheblichen Sachwerten auf. Dabei wird berücksichtigt, dass in der Regel die Sicherheit der Menschen in Gebäuden wesentlich höher ist als im Freien.

Die gefährdende Schadenwirkung wird für jede Gefahrenart und Gefahrenstufe beschrieben. Die Gefahrenstufen werden grundsätzlich für jede Gefahrenart getrennt bestimmt. Diese ist mit einem Index in der Gefahrenkarte anzugeben, dem die Feldnummer aus der Beurteilungsmatrix beigefügt werden kann: **Ü** steht für Überschwemmung; **E** steht für Ufererosion; **M** steht für Übermürung.

Weitere Hinweise, beispielsweise über Vorwarnzeiten, mögliche Geschiebeablagerungen oder über die Dauer von Überschwemmungen, können als zusätzlicher Index in die Karte eingetragen und im Begleittext erläutert werden.

Falls eine Fläche durch **mehrere Gefahrenarten** bedroht ist, beispielsweise durch Überschwemmungen und Murgänge, so wird dieser Umstand in geeigneter Form auf der Gefahrenkarte gekennzeichnet.

Massgebend ist die jeweils höchste Gefahrenstufe. In der Regel erfolgt bei der Überlagerung durch mehrere Gefahrenarten keine Umteilung in eine höhere Stufe, da ja gegen jede einzelne Gefahr Massnahmen zur Vermeidung von Schaden ergriffen werden können. Bei der raumplanerischen Umsetzung wird es jedoch in vielen Fällen sinnvoll sein, in Gebieten, die durch mehrere Gefahren bedroht sind, allfällige Verbote zu erlassen.

Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm (Gefahrenstufendiagramm)

I n t e n s i t ä t	stark	9	8	7	weiss oder gelb-weiss gestreift
	mittel	6	5	4	
	schwach	3	2	1	
		hoch	mittel	gering	sehr gering
		W a h r s c h e i n l i c h k e i t			

rot: erhebliche Gefährdung

- Personen sind sowohl innerhalb als auch ausserhalb von Gebäuden gefährdet.
- Mit der plötzlichen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen.
oder:
- Die Ereignisse treten zwar in schwächerem Ausmass, dafür aber mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auf.
Personen sind in diesem Fall vor allem ausserhalb von Gebäuden gefährdet.

Das rote Gebiet ist im wesentlichen ein **Verbotsbereich**.

blau: mittlere Gefährdung

- Personen sind innerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, jedoch ausserhalb davon.
- Mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen, jedoch sind plötzliche Gebäudezerstörungen in diesem Gebiet nicht zu erwarten, falls gewisse Auflagen bezüglich Bauweise beachtet werden.

Das blaue Gebiet ist im wesentlichen ein **Gebotsbereich**, in dem schwere Schäden durch geeignete Vorsorgemassnahmen (Auflagen) vermieden werden können.

gelb: geringe Gefährdung

- Personen sind kaum gefährdet.
- Mit geringen Schäden an Gebäuden bzw. mit Behinderungen ist zu rechnen, jedoch können erhebliche Sachschäden in Gebäuden auftreten.

Das gelbe Gebiet ist im wesentlichen ein **Hinweisbereich**.

gelb-weiss gestreift: Restgefährdung

Gefährdungen mit einer sehr geringen Eintretenswahrscheinlichkeit und einer hohen Intensität können durch eine gelb-weiss gestreifte Signatur bezeichnet werden. Das gelb-weiss gestreifte Gebiet ist ein **Hinweisbereich**, der eine Restgefährdung bzw. ein Restrisiko aufzeigt.

weiss: nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung

Klassifizierung der Parameter

Die beiden im Gefahrenstufendiagramm verwendeten Parameter Intensität und Wahrscheinlichkeit müssen für jede Gefahrenart bestimmt und zugeordnet werden. Dabei wird zwischen schwacher, mittlerer oder starker Intensität bzw. geringer, mittlerer oder hoher Wahrscheinlichkeit unterschieden.

Intensität

Um das Ausmass eines möglichen Schadenereignisses zu beschreiben, werden die Grenzwerte für die Gefahrenstufen nach der möglichen Schadenwirkung auf die wichtigste Nutzungsform, das Siedlungsgebiet, abgestimmt. Für andere Nutzungsformen sind die möglichen Schäden analog abzuleiten. Die Angabe der Intensität erfolgt in drei Stufen:

- **starke Intensität:** Menschen und Tiere sind auch innerhalb von Gebäuden gefährdet; mit erheblichen Schäden an Gebäuden bis zu plötzlichen Gebäudezerstörungen ist zu rechnen.
- **mittlere Intensität:** Menschen und Tiere sind ausserhalb von Gebäuden stark, innerhalb von Gebäuden jedoch kaum gefährdet; mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen.
- **schwache Intensität:** Menschen und Tiere sind innerhalb und ausserhalb von Gebäuden kaum gefährdet; mit Sachschäden in Gebäuden (beispielsweise Kellerräumen) muss gerechnet werden.

Wahrscheinlichkeit

Anstelle einer graduellen Skala, zum Beispiel durch Angabe der Wiederkehrperiode, wurde für die Wahrscheinlichkeit ebenfalls eine Klassenbildung gewählt. Die Klassengrenzen 30 und 300 Jahre lehnen sich an die Vorgabe der Lawinenrichtlinien (BFF, 1984). Für die Wassergefahren wurde zusätzlich die oft verwendete Grenze von 100 Jahren eingeführt.

Die Berechnung der Eintretenswahrscheinlichkeit ist mit Unsicherheiten behaftet. Die einem bestimmten Ereignis zuzuordnende Wahrscheinlichkeit ist daher nie eindeutig zu bestimmen, sondern umfasst immer einen Bereich, der

mit den gewählten Klassengrenzen zusammenfallen kann.

Die Begriffe Häufigkeit, Wiederkehrperiode und Eintretenswahrscheinlichkeit werden synonym verwendet, wobei Häufigkeit und Wiederkehrperiode nur für sich wiederholende Ereignisse zutreffend sind.

Eintretenswahrscheinlichkeit und Wiederkehrperiode lassen sich numerisch verbinden, sofern von einer einheitlichen Nutzungsperiode ausgegangen wird. Die Gleichung lautet:

$$p = 1 - (1 - 1/T)^n$$

wobei **n** die betrachtete Nutzungsperiode ist, **T** die Wiederkehrperiode und **p** die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses gleich oder grösser als jenes mit der Wiederkehrperiode T innerhalb der Nutzungsperiode.

Die Berechnung der Eintretenswahrscheinlichkeit in einer betrachteten Nutzungsperiode verdeutlicht, dass auch bei einer relativ seltenen Wiederkehrperiode (300 Jahre) die verbleibende Gefährdung nicht vernachlässigbar ist: Hat ein Ereignis eine Wiederkehrperiode von 300 Jahren, so besteht eine Wahrscheinlichkeit von 15%, dass dieses in einer Periode von 50 Jahren eintritt. Dies entspricht immerhin der Wahrscheinlichkeit, beim einmaligen Wurf eine 6 zu würfeln!

Grundsätzlich ist die Wahrscheinlichkeitsskala, genauso wie die Intensitätsskala, nach oben offen. Gefahrenarten, die mit einer sehr geringen Eintretenswahrscheinlichkeit auftreten (Wiederkehrperiode > 300 Jahre), werden für übliche Nutzungen der Restgefährdung zugeordnet.

Restgefährdung

Im Restgefährdungsbereich werden erkannte, aber sehr seltene Gefährdungen durch eine gelb-weiss gestreifte Signatur angezeigt. Die gelb-weisse Signatur soll nicht die generell vorhandene Restgefährdung aufzeigen, sondern nur dort verwendet werden, wo konkrete Gefahren vorhanden sind und wo Vorsorgemassnahmen (Notfallplanung, Beobachtungsnetze, Unterhalt) die Gefährdung entscheidend reduzieren können. Die Darstellung besagter Gefährdungen ist dann angebracht, wenn hohe Intensitäten möglich sind, das Schadenpotential hoch ist oder die Möglichkeit besteht, dass sich die Eintretenswahrscheinlichkeit gegenüber heute erheblich erhöhen könnte. Die Abgrenzung von gelb-weiss gegen weiss wird nicht zahlenmässig definiert. Erläuterungen sind in den Fällen, wo von diesen Signaturen Gebrauch gemacht wird, notwendig.

Seltene Ereignisse

Probleme bei der Festlegung von Intensität und Wahrscheinlichkeit entstehen besonders im Bereich der seltenen und sehr seltenen Ereignisse.

Diese werden in der Regel anhand von Abläufen bekannter oder möglicher ausserordentlicher Ereignisse festgelegt. Wichtig ist, dass sowohl die Festlegung der Ereignisgrösse als auch der Eintretenswahrscheinlichkeit nach wissenschaftlichen, objektiv nachvollziehbaren Kriterien erfolgt.

Wahrscheinlichkeit		Wiederkehrperiode	
verbal:	Eintretenswahrscheinlichkeit in 50 Jahren:	Wiederkehrperiode in Jahren:	verbal:
hoch	100 bis 82%	1 bis 30	häufig
mittel	82 bis 40%	30 bis 100	mittel
gering	40 bis 15%	100 bis 300	seltener

Kriterien zur Intensität der einzelnen Gefahrenarten

Frank (2), SBB



Überschwemmung

Als Mass der möglichen Wirkung werden die **Fliessgeschwindigkeit (v)** und auch die **Überschwemmungshöhe (h)** berücksichtigt. Die Fliessgeschwindigkeiten sind normalerweise direkt vom Geländegefälle abhängig. Bei grossen Fliessgeschwindigkeiten ist mit grobkörnigen Ablagerungen zu rechnen. Lokal können Erosionserscheinungen auftreten.

Ufererosion

Als Mass der möglichen Wirkung wird bei Ufererosion die mittlere **Mächtigkeit (d)** der erwarteten Abtragung berücksichtigt, gemessen senkrecht zur betreffenden Böschungsoberfläche.

Übermuring

Methoden zur Berechnung von Murgängen sind noch wenig erprobt und kaum verbreitet. Anstelle von Berechnungsmethoden zur Abschätzung der Druckwirkung von Murgängen können auch Beobachtungen von Murköpfen zur Beurteilung herangezogen werden. Sie lassen Rückschlüsse auf die Druckwirkung zu.

Diese Grenzen sind als Richtwerte zu verstehen, da die Übergänge fließend sind:

Kriterien bei Überschwemmung

starke Intensität:
 $h > 2\text{ m}$
 oder
 $v \times h > 2\text{ m}^2/\text{s}$

mittlere Intensität:
 $2\text{ m} > h > 0,5\text{ m}$
 oder
 $2\text{ m}^2/\text{s} > v \times h > 0,5\text{ m}^2/\text{s}$

schwache Intensität:
 $h < 0,5\text{ m}$
 oder
 $v \times h < 0,5\text{ m}^2/\text{s}$

h = Wassertiefe
 v = Fliessgeschwindigkeit
 des Wassers

Kriterien bei Ufererosion

starke Intensität:
 $d > 2\text{ m}$

mittlere Intensität:
 $2\text{ m} > d > 0,5\text{ m}$

schwache Intensität:
 $d < 0,5\text{ m}$

d = mittlere Mächtigkeit
 der Abtragung
 (gemessen senkrecht
 zur Böschungsoberfläche)

Im Bereich einer möglichen Verlagerung des Gerinnebettes ist zusätzlich der Strömungsdruck zu überprüfen, also ob das Kriterium: $v \times h < 2\text{ m}^2/\text{s}$ bzw. $0,5\text{ m}^2/\text{s}$ erfüllt ist.

Kriterien bei Übermuring

starke Intensität:
 $h > 1\text{ m}$
 und
 $v > 1\text{ m/s}$

mittlere Intensität:
 $h < 1\text{ m}$
 oder
 $v < 1\text{ m/s}$

schwache Intensität:
keine

h = Mächtigkeit
 der Murgang-Ablagerung
 v = Fliessgeschwindigkeit
 des Murgangs

Gefährdung und mögliche Schadenwirkung



Keystone

Die Gefährdung von Menschenleben ist bei Überraschungseffekten besonders hoch. **Vorwarnzeiten** sind daher ein Hinweis zur Beurteilung der Gefährdung.

Bei **Überschwemmungen** ist die Vorwarnzeit vor allem abhängig von der Topographie des Einzugsgebietes: je steiler das Gelände und je kleiner das Einzugsgebiet, um so kürzer ist die mögliche Warnzeit, um so rascher ist der Anstieg und um so begrenzter sind die Eingriffsmöglichkeiten. Da in diesen Fällen der Niederschlag, der das Ereignis auslöst, zur gleichen Zeit auch im Wirkungsgebiet als Starkniederschlag bemerkbar ist, tritt aber meist kein eigentlicher Überraschungseffekt ein. Die Dauer der Überschwemmung kann mit einigen Stunden bis wenige Tage grob eingegrenzt werden.

Da bei **Ufererosion** der Abtrag des Ufers in der Regel in Portionen erfolgt, ist die Gefährdung einige Zeit (Bruchteile von Stunden) im voraus erkennbar.

Deshalb sind Personen im Freien bei vernünftigem Verhalten kaum gefährdet. Das Abgleiten der Portionen erfolgt aber unvermittelt.

Dagegen sind Vorwarnungen bei **Übermürungen** äusserst schwierig zu treffen, da beim gleichen Wildbach Niederschlagsereignisse mit und ohne Bildung von Murgängen ablaufen können. Zwischen Auslösung und Eintreffen des Murganges auf dem Wildbachkegel vergehen nur wenige Minuten.

<p style="text-align: center;">Schadenwirkung bei Überschwemmung</p> <p style="text-align: center;">starke Intensität</p>	<p style="text-align: center;">Schadenwirkung bei Ufererosion</p> <p style="text-align: center;">starke Intensität</p>	<p style="text-align: center;">Schadenwirkung bei Übermuring</p> <p style="text-align: center;">starke Intensität</p>
<p>Bei hohen Wassertiefen ist das Erdgeschoss eines Gebäudes ganz überflutet, Fluchtwege in die oberen Geschosse oder auf das Dach können abgeschnitten werden. Gebäude werden kaum zerstört, aber Erd- und Kellergeschosse stark beschädigt. Bei hohen Fliessgeschwindigkeiten entstehen dynamische Beanspruchungen, die ein Gebäude zerstören können. Es muss mit sehr hohem Geschiebetrieb, lokalen Erosionserscheinungen und der Ablagerung von Steinen und Blöcken gerechnet werden. Hindernisse und Häuserkanten sind wegen der dort stattfindenden Strömungskonzentration besonders gefährdet. Menschen und Tiere in Gebäuden sind gefährdet.</p>	<p>Durch Unterspülen der Fundamente droht ein plötzlicher Gebäudeeinsturz, weshalb Menschen und Tiere in Gebäuden gefährdet sind. Bei einer Verlagerung des Gerinnebettes werden die betroffenen Flächen Teil des Gewässers und sind ohne umfassende Sanierungsmassnahmen nicht mehr nutzbar.</p>	<p>Die Druckwirkung der Murfront, meist noch verstärkt durch die Stosskraft von Einzelblöcken, kann zur plötzlichen Zerstörung von Gebäuden führen. Menschen und Tiere in Gebäuden sind gefährdet. Die Schadenwirkung wird durch mächtige Ablagerungen von Schutt und Geröll erhöht.</p>
<p style="text-align: center;">mittlere Intensität</p>	<p style="text-align: center;">mittlere Intensität</p>	<p style="text-align: center;">mittlere Intensität</p>
<p>Wasser dringt in Gebäude ein, Glasfenster können brechen. Mit hohem Geschiebetrieb, lokaler Erosion und Ablagerungen ist zu rechnen. Personen und Tiere im Freien und in Fahrzeugen sind gefährdet. In Gebäuden ist ein Ausweichen in die oberen Geschosse meist noch möglich.</p>	<p>In diesem Fall werden normal fundierte und unterkellerte Gebäude nicht durch die Erosion zerstört. Liegt das Objekt jedoch im Bereich einer möglichen Verlagerung des Gerinnebettes, so ist zusätzlich der Strömungsdruck zu überprüfen (also ob das Kriterium $v \times h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$ erfüllt ist). Dieses Kriterium ist in der Regel in Gerinnen mit mehr als $20 \text{ m}^3/\text{s}$ Hochwasserabfluss nicht erfüllt, und die betroffenen Flächen sind dann als rot einzustufen.</p>	<p>Trotz der geringen Tiefe sind auslaufende Murzungen wegen des mitgeführten Gerölls gefährlich. Gebäude können beschädigt werden. Personen und Tiere im Freien sind gefährdet.</p>
<p style="text-align: center;">schwache Intensität</p>	<p style="text-align: center;">schwache Intensität</p>	<p style="text-align: center;">schwache Intensität</p>
<p>Eventuell in Häuser eindringendes Wasser kann mit relativ einfachen Mitteln abgewehrt werden. Kellergeschosse sind jedoch gefährdet. Eine Gefährdung von Personen und Tieren liegt in der Regel nicht vor. Beim oberen Grenzwert können Fahrzeuge abgetrieben werden.</p>	<p>Abtrag von Humusschichten und Kolk-schäden können bei Hindernissen auftreten. Schwache Intensität ist nur bei kleinen Gewässern zu erwarten. Im Bereich einer möglichen Verlagerung des Gerinnebettes ist zusätzlich der Strömungsdruck zu überprüfen (also ob das Kriterium $v \times h < 0,5 \text{ m}^2/\text{s}$ erfüllt ist).</p>	<p>Für diese Gefahrenart praktisch nicht existent.</p>

Bei der Gefahrenbeurteilung stellte sich die Frage, was passieren kann. Bei der Massnahmenplanung stellt sich nun die Frage, was passieren darf bzw. wie wir uns schützen können. Mit der Festlegung von Schutzzielen wird für verschiedene Objektkategorien die gewünschte Sicherheit definiert. Ist der bestehende Schutzgrad ausreichend, muss durch Unterhalt und geeignete Nutzungsvorschriften sichergestellt werden, dass das Gefahren- bzw. Schadenpotential nicht unkontrolliert wächst und wasserbauliche Schutzmassnahmen notwendig werden. Infolge der intensiven baulichen Entwicklung sind aber vielerorts bereits Schutzdefizite entstanden, die nicht mehr allein durch Unterhalt und raumplanerische Massnahmen behoben werden können. Der Entscheid, welche Massnahmen ergriffen werden sollen, hängt von einer Interessenabwägung ab.



Frank

Massnahmenplanung

Raumplanerische Massnahmen

Die Gefahrenkarte bildet die fachliche Grundlage für die Berücksichtigung der Naturgefahren bei allen raumwirksamen Aufgaben und Tätigkeiten, insbesondere bei:

- der Erarbeitung und Genehmigung von Richt- und Nutzungsplänen, Konzepten und Sachplänen des Bundes sowie in den dazu erforderlichen Grundlagen;
- der Planung, Errichtung, Veränderung und Nutzung von Bauten und Anlagen;
- der Erteilung von Konzessionen und Bewilligungen für Bauten und Anlagen sowie anderer Nutzungsrechte;
- der Ausrichtung von Beiträgen an Bauten und Anlagen (insbesondere Verkehrs- und Versorgungsanlagen, Wohnungsbauten), Gewässerkorrekturen, Bodenverbesserungen oder Schutzmassnahmen.

Mit den Gesetzesbestimmungen und den Instrumenten der Raumplanung ist der Rahmen für eine angemessene Berücksichtigung der Naturgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten gegeben. Es geht in erster Linie darum, im Vollzug die Möglichkeiten zu nutzen und den vorhandenen Spielraum auszuschöpfen. Anpassungen und Ergänzungen der kantonalen Gesetze müssen bei Bedarf vorgenommen werden.

Übersicht über die Berücksichtigung der Naturgefahren in der Richtplanung (Art. 6 bis 12 RPG)

Zuständigkeit für die Richtplanung:
Kanton

Form:
Karte und Text;
Grundlagen

**Kartenmassstab/
Konkretisierungsgrad:**
in der Regel 1:50 000

Aufgabe:
Koordination auf angestrebte Raumordnung hin von allen raumwirksamen Sachbereichen von Bund, Kanton und Gemeinden.

Inhalt bezüglich Gefahren:
Abstimmungsanweisungen zum weiteren Vorgehen im Text; eventuell grobe Abgrenzung der Gefahrengebiete auf Karte.

Gefahrenstufen:
In der Regel 1-stufig: Gefahr vorhanden, Gefahr nicht vorhanden; zusätzlich Angabe über die vorherrschende Hauptgefahrenart: H = Hochwasser, L = Lawine, M = Massenbewegung.

Genauigkeit:
Keine (nur Text) oder grobe, umhüllende Berücksichtigung der Gefahrengebiete.

Nachführung:
Ergänzung bzw. Nachführung bei veränderten Verhältnissen oder neuen Aufgaben; gesamthafte Überprüfung der Richtplanung und nötigenfalls Überarbeitung alle 10 Jahre.

Verbindlichkeit der Richtplanung:
behördenverbindlich

Übersicht über die Berücksichtigung der Naturgefahren in der Nutzungsplanung (Art. 14 bis 24 RPG)

Zuständigkeit für die Nutzungsplanung:
Gemeinde

Form:
Zonenplan und
Baureglement

**Kartenmassstab/
Konkretisierungsgrad:**
1:2000 bis 1:5000

Aufgabe:
Festlegung der Nutzungsarten. Trennung von Siedlungs- und Nichtsiedlungsgebiet.

Inhalt bezüglich Gefahren:
Berücksichtigung der in der Gefahrenkarte bezeichneten Gefahrengebiete nach Gefahrenarten, Gefahrenstufen und den entsprechenden Konsequenzen für die Nutzung.

Gefahrenstufen:
3-stufig: erhebliche Gefährdung, mittlere Gefährdung und geringe Gefährdung; Angaben zur Art der Gefahr und zu den daraus abzuleitenden Konsequenzen für die Nutzung.

Genauigkeit:
Berücksichtigung der Gefahrengebiete parzellengenau.

Nachführung:
Wenn sich die Gefährdung durch Naturereignisse erhöht oder durch erstellte Schutzmassnahmen nachweisbar verringert; bei Totalrevision des Zonenplanes (zirka alle 10 bis 15 Jahre).

Verbindlichkeit der Nutzungsplanung:
grundeigentümerverbindlich



della Valle

Gemäss Artikel 6 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG) haben die Kantone in den Grundlagen zu ihrem Richtplan unter anderem festzustellen, «welche Gebiete durch Naturgefahren oder schädliche Einwirkungen erheblich bedroht sind».

Der **kantonale Richtplan** dient der räumlichen Ordnung, der Koordination und der Vorsorge. Formal besteht der Richtplan aus Karte und Text und stützt sich auf Grundlagen.

Der Richtplan liefert richtungsweisende Festlegungen und Abstimmungsanweisungen. Er zeigt zudem die massgebliche planerische und räumliche Ausgangslage. Dabei fallen dem Richtplan, der behördenverbindlich ist, eine ganze Reihe von Aufgaben zu:

- er zeigt, wie die raumwirksamen Tätigkeiten im Hinblick auf die anzustrebende räumliche Entwicklung aufeinander abgestimmt werden;
- er bestimmt die Richtung der weiteren Planung und Zusammenarbeit und bezeichnet die notwendigen Schritte;

- er gibt den planenden Gemeinwesen aller Stufen verbindliche Vorgaben für die Ausübung ihres Planungsermessens.

Sachbereich Naturgefahren

Für den Sachbereich Naturgefahren kann der Richtplan die folgenden Aufgaben übernehmen:

- die frühzeitige Erkennung von möglichen Konflikten zwischen Nutzungen und Naturgefahren und die Bezeichnung der jeweils beizuziehenden Fachstellen;
- den Überblick geben über die bereits vorhandenen oder noch zu erarbeitenden Grundlagen bezüglich Naturgefahren (beispielsweise Erstellung von Gefahrenkarten, koordiniertes Vorgehen für die verschiedenen Gefahrenarten);
- die Formulierung von Grundsätzen des Kantons beim Schutz vor Naturgefahren;
- die Nennung von Vorgaben und von Aufträgen an die nachstehende Planung, insbesondere an die kommunale Nutzungsplanung (zum Beispiel Ausscheidung von Gefahrenzonen).

Richtplan-Karte

In der Karte wird man sich darauf beschränken müssen, die Gefahrengebiete in der Ausgangslage grob zu umreissen. Konkrete Nutzungskonflikte infolge Naturgefahren oder geplante Schutzbauten sind als Richtplaninhalte denkbar.

Richtplan-Text

Bei der Richtplanung liegt für die Naturgefahren das Hauptgewicht im Text. Dieser Text soll eine Übersicht über bereits vorhandene und noch zu erarbeitende Grundlagen (Konzept Gefahrenkarten) geben, die Grundsätze beim Schutz vor Naturgefahren nennen und die notwendigen Massnahmen samt den betroffenen Fachstellen auflisten. Schliesslich kann er den Gemeinden den Auftrag geben, bei der Nutzungsplanung für Gefahrengebiete wo nötig Bauverbote und Nutzungsbeschränkungen vorzusehen.

Auf der Ebene der Nutzungsplanung sind Konkretisierungsgrad und Rechtsverbindlichkeit so festzulegen, dass eine angemessene Berücksichtigung der Naturgefahren ermöglicht und sichergestellt wird. Angestrebt wird die Ausscheidung rechtsverbindlicher Gefahrenzonen bzw. eine gleichwertige rechtliche Umsetzungsmöglichkeit.

Nach Artikel 18 des Bundesgesetzes über die Raumplanung (RPG), er behandelt «Weitere Zonen und Gebiete», kann das kantonale Planungsrecht neben Bau-, Landwirtschafts- und Schutzzonen weitere Nutzungszonen vorsehen. Auf dieser Rechtsgrundlage können zum Beispiel **Gefahrenzonen** ausgeschieden werden, die die anderen Nutzungen überlagern können. Möglich ist aber auch, dass die verschiedenen Nutzungen entsprechend der Gefahrensituation ausgeschieden oder in der Definition eingeschränkt werden (positive bzw. negative Planung).

Die Gefahrenkarte muss als Grundlage für die Ausscheidung von Gefahrenzonen (oder analogen Massnahmen) in der Nutzungsplanung dienen. Obwohl in der Nutzungsplanung theoretisch eine Interessenabwägung vorzunehmen ist, kann praktisch ausgeschlossen werden, dass irgendwelche andere Interessen zu einem Verzicht auf sachlich gebotene Gefahrenzonen berechtigen würden.

Bedeutung der Gefahrenstufen

Die Gefahrenstufen wurden primär auf die Konsequenzen für **bauliche Nutzung** abgestimmt und sollen die Gefährdung von Mensch und Tier vermeiden und Sachschäden möglichst gering halten. Im Stadium des Baugesuchs können weitere detaillierte Untersuchungen für die konkrete Umschreibung der Auflagen notwendig sein.

In der **Landwirtschaftszone** gelten bezüglich Gefahrenstufen für Bauten die gleichen Anforderungen wie in der Bauzone. Zur eigentlichen Art der landwirtschaftlichen Nutzung äussert sich die Raumplanung in der Regel nicht. Verträge mit dem einzelnen ➤

rote Zone: erhebliche Gefährdung

Es dürfen grundsätzlich **keine Bauten und Anlagen**, die dem Aufenthalt von Mensch und Tier dienen, errichtet oder erweitert werden. Nichtüberbaute Bauzonen sollen rückgezont werden. Zerstörte Bauten dürfen nur in Ausnahmefällen – wenn sie zwingend auf diesen Standort angewiesen sind – wieder aufgebaut werden (und auch dann nur mit den entsprechenden Sicherheitsmassnahmen). Umbauten und Zweckänderungen sind nur gestattet, wenn dadurch das Risiko vermindert wird (das heisst, wenn der gefährdete Personenkreis nicht erweitert und die Sicherheitsmassnahmen verbessert werden). Bei bestehenden Siedlungen sind bei gravierendem Schutzdefizit nach Möglichkeit wasserbauliche Schutzmassnahmen vorzusehen.

blaue Zone: mittlere Gefährdung

Bauen ist mit **Auflagen** erlaubt. Diese sollen mit einem der jeweiligen Gefahrenart entsprechendem Inhalt im Bau- und Zonenreglement festgehalten werden. Im Einzelfall können auch weitere detaillierte Abklärungen nötig sein. Es sind keine besonders sensiblen Objekte zu erstellen, und es sollen nach Möglichkeit keine neuen Bauzonen ausgeschieden werden.

gelbe Zone: geringe Gefährdung

Die Grundeigentümer sind auf die **bestehende Gefährdung** und auf mögliche Massnahmen zur Schadenverhütung aufmerksam zu machen. Eine spezielle Massnahmenplanung für sensible Objekte ist notwendig.

gelb-weiss gestreifte Zone

Die gelb-weiss gestreifte Zone zeigt das Restrisiko auf. Eine Notfallplanung und spezielle Massnahmen für **sensible Objekte** sind notwendig. Anlagen mit sehr hohem Schadenpotential sind zu vermeiden.

Die Bedeutung der Gefahrenstufen

Bauern können hier sinnvoll sein. **Alarm und Evakuationspläne** (Notfallplanung) sind für alle Gefahrengebiete vorzubereiten. Insbesondere müssen Fluchtwege ins gefahrlose Gebiet bestehen.

Sensible Objekte

Sensible Objekte sind erstens einmal Gebäude und Anlagen, in denen sich besonders viele **Menschen** aufhalten (und die schwer zu evakuieren sind). Das gilt beispielsweise für Spitäler, Heime und Schulen. Sensible Objekte sind

zweitens Gebäude und Anlagen, an welchen grosse **Folgeschäden** auftreten können. Das gilt insbesondere für Lagereinrichtungen und für Produktionsstätten mit hohen Beständen gefährlicher Stoffe oder für Deponien. Sensible Objekte sind drittens Gebäude und Anlagen, an welchen bereits bei Einwirkungen kleiner Intensitäten grosse **finanzielle Schäden** direkt oder indirekt zu befürchten sind. Dazu zählen beispielsweise Schaltzentralen, Telefonzentralen, EDV-Anlagen, Trinkwasserversorgungen oder Kläranlagen.

- Wertkonzentrationen in den Untergeschossen, insbesondere in Kellerräumen, vermeiden;
- keine gefangenen Räume;
- Fluchtwege in höhere Gebäudeteile vorsehen;
- bei besonders gefährdeten Nutzungen wie Tiefgaragen müssen weitere Abklärungen erfolgen.

In der **gelben Gefahrenzone** kann übermässiger Sachschaden durch erhöhte Eingänge, dichte Kellerfenster, Vorrichtungen zur Abdichtung von Einfahrten in tieferliegende Garagen vermieden werden.

Infrastrukturanlagen

Infrastrukturanlagen wie Eisenbahnen, Strassen und Übertragungsleitungen sind meist standortgebunden und von öffentlichem, oft nationalem Interesse, was einen Schutz durch **technische Massnahmen** am Gewässer oder am Objekt erfordert.

Die mitunter hohe Gefährdung von Personen oder die wirtschaftlichen und ökologischen Folgewirkungen von Unterbrüchen oder Beschädigungen, beispielsweise bei Einrichtungen der Stromversorgung oder bei Abwasserreinigungsanlagen, erfordern generell ein hohes Sicherheitsniveau.

Hinweise zur angepassten Nutzung für das Gefahrenpotential Wasser

Die folgenden Hinweise sind nicht abschliessend, sondern dienen als Anregung für eine den örtlichen Verhältnissen angepasste Planung.

Siedlungen

In der **blauen Gefahrenzone** sind Neubauten, Erweiterungen und Umbauten nur unter Beachtung von Auflagen zu gestatten, die je nach Gefahrenart unterschiedlich sind.

Zur Vermeidung von Schäden durch **Ufererosion** gilt:

- ausreichende Fundierung der Gebäude über die zu erwartende Erosionstiefe hinaus;
- Fundamente in Stahlbeton, damit bei ungleichförmiger Erosion die Lasten übernommen werden;
- konstruktiver Nachweis der Standsicherheit gegen Strömungsdruck, falls

eine Verlagerung des Bachbettes befürchtet werden muss.

Zur Vermeidung von Schäden durch **Übermürung** gilt:

- erhöhte Eingänge und keine Fenster im Bereich der Ablagerungshöhe;
- konstruktive Ausgestaltung gegen die Stosswirkung von Einzelkomponenten (z.B. Stahlbeton).

Zur Vermeidung von Schäden durch **Überschwemmung** gilt:

- erhöhte Zugänge, eventuell mit dichtenden Türen;
- Fenster und auch Lichtschächte mit bruch sicherem Glas abdichten;
- Öltanks und Ölzuleitungen gegen das Aufschwimmen und gegen Bruch sichern;
- wichtige elektrische Versorgungsanlagen in den Obergeschossen installieren;

Landwirtschaft

Gebiete, die häufig von Schadenereignissen betroffen sind (rote und blaue Gefahrenzone), sind für intensive Landwirtschaft wenig geeignet. Für die notwendigen Einrichtungen (beispielsweise Unterstände, Tränken) sind möglichst Gebiete ausserhalb der roten Zonen zu suchen, insbesondere wenn die Einstufung aufgrund von häufigen Ereignissen erfolgte (entspricht Feldern 6 und 9 im Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramm).

Der Gartenbau ist im Bereich häufiger Überschwemmungen nur zu bewilligen, wenn sichergestellt ist, dass die notwendige Infrastruktur (Lagerung von Dünge- und Schädlingsbekämpfungsmitteln) ausserhalb der häufig betroffenen Gebiete untergebracht werden kann oder durch technische Siche-



rungsmassnahmen geschützt wird. Generell gilt für die Landwirtschaft: Durch dynamische Überschwemmungen werden landwirtschaftliche Kulturen meist vernichtet. Die Bodenfruchtbarkeit der betroffenen Flächen kann langfristig durch Ablagerung von Geröll oder durch Erosion der Humusschicht vermindert werden.

Langdauernde, tiefe Überschwemmungen sind nur in Ebenen grosser Flüsse möglich. Die Empfindlichkeit landwirtschaftlicher Kulturen auf diese Überschwemmungsform ist ganz unterschiedlich. Grünland kann Überstauungen von bis zu drei Tagen meist ziemlich schadlos vertragen, Acker-

früchte, wenn überhaupt, nur sehr kurzfristig. Die abgelagerten feinkörnigen Feststoffe führen in der Regel nicht zu Verlusten der Bodenfruchtbarkeit.

Freizeitanlagen

Nutzungen mit Erholungsfunktion sind in der Regel mit geringer Sachwertkonzentration, jedoch mit erhöhter Personengefährdung verbunden.

In der Regel herrscht bei Freizeitanlagen eine höhere Risikoakzeptanz. Die Personengefährdung kann oft durch ein entsprechendes Warnkonzept auf ein akzeptables Mass gesenkt werden, wenn weder mit alten und kranken Personen noch mit Überraschung im

Schlaf gerechnet werden muss. Insbesondere ist auf das zeitliche Zusammentreffen der Gefährdung mit der Anwesenheit von Personen zu achten: Wintersportaktivität und Hochwassergefährdung schliessen sich praktisch aus; Freiluftbäder sind bei Schlechtwetter kaum besucht.

Gesondert zu überprüfen ist, wie weit ein möglicher Sachschaden an den Infrastrukturanlagen und eine erweiterte Verwendung von Nebenanlagen (z.B. Klubhäuser) die Bewilligung als zulässig erscheinen lässt.

Je nach Art der Freizeitanlagen sind folgende **Besonderheiten** zu berücksichtigen:

- Parkanlagen und Grünflächen, die der Erholung dienen: keine Beschränkung durch Gefahrenzonen.
- Sportanlagen wie etwa Tennisplätze, Fussballplätze oder Leichtathletikstadion: Vermeidung der Zonen mit häufigen und hohen Intensitäten, insbesondere bei der Gefahrenart Ufererosion. Bei roten Zonen mit seltenen Ereignissen (also mit einer Wiederkehrperiode von grösser als 100 Jahren) ist eine Zulassung denkbar.
- Freiluftbadeanstalten: Nebenbetriebe wie beispielsweise Restaurants sind nicht in roten Zonen anzulegen.
- Campingplätze: Es besteht ein erhöhtes Risiko der Personengefährdung, weil sommerliche Hochwassersaison und dichteste Belegung zeitlich zusammentreffen. Deshalb sind eine Alarmorganisation und sichere Fluchtwege vorzubereiten. Längerfristig bewohnte Campingplätze mit ausgebauter Infrastruktur und überwiegenden Dauerstandplätzen für Wohnwagen sind im Bereich der häufigen Ereignisse abzulehnen, da die Gefährdung in Fahrzeugen grösser ist als für Personen im Freien.
- Grossveranstaltungen: In Gebieten mit plötzlich auftretenden intensiven Gefahrenarten (Murgang, Ufererosion, dynamische Überschwemmung) und geringen Vorwarnzeiten sind Grossveranstaltungen zu untersagen, wenn nicht eine rechtzeitige Evakuation sichergestellt werden kann.

Weitere Massnahmen

Die Massnahmen zur Verringerung des Schadens (passive Massnahmen) werden begleitet durch Massnahmen zur Verringerung der Gefahr (aktive Massnahmen) oder Notfallmassnahmen zur Begrenzung des Restrisikos.

Wasserbauliche Massnahmen

Wo aktive Massnahmen ergriffen werden müssen, ist die Hochwassersicherheit gemäss dem Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG) zuerst durch den **Unterhalt** der Gewässer sicherzustellen*.

Unter «sachgerechtem Unterhalt der Gewässer» wird der Erhalt der Abflusskapazität und der Wirksamkeit baulicher Schutzmassnahmen verstanden. Trotz sorgsamem Unterhalt ist die Lebensdauer von Schutzbauten doch beschränkt. Eine periodische Überprüfung der Tauglichkeit der getroffenen Schutzmassnahmen dient dazu, mögliche Schwachstellen (z.B. die Instabilität alter Dämme) rechtzeitig zu erkennen.

Bauliche Schutzmassnahmen umfassen Ufersicherungen, Eindämmungen, Gerinneausbau und Rückhaltmassnahmen. Gemäss WBG sollen diese erst ergriffen werden, wenn die Hochwassersicherheit nicht mehr allein mit Unterhalts- und planerischen Massnahmen gewährleistet werden kann.

Die Planung solcher Massnahmen setzt Kenntnisse über die möglichen Naturprozesse und deren Beeinflussbarkeit voraus. Die Massnahmen sind den örtlichen Gegebenheiten anzupassen und möglichst naturnah und landschaftsgerecht auszuführen. Das mit Hilfe der Gefahrenkarten ermittelte Schadenpotential ist eine wesentliche Entscheidungsgrundlage zur wirtschaftlichen Rechtfertigung von Schutzmassnahmen.

Die Palette der wasserbaulichen Massnahmen wird ergänzt durch **weitere Schutzmassnahmen** wie Schutzwaldpflege im Einzugsgebiet und entlang der Gerinne, Freihaltung von Überschwemmungsflächen, Verhinderung von Bodenversiegelungen oder Reaktivierung von Auenflächen. Sie alle zählen zu den Rückhaltmassnahmen, sind aber nicht mit einem technischen Eingriff in das Gewässer verbunden.

Not- und Rettungsmassnahmen

Ebensowenig wie der beste Brandschutz die Feuerwehr ersetzen kann, können Vorsorgemassnahmen nicht jedes Risiko ausschliessen. Zur Begrenzung des Restrisikos beziehungsweise zur Verhinderung des Schlimmsten, im Falle eines alle Erwartungen überstei-

genden Hochwassers, sind für Rettungsmassnahmen genügende personelle und materielle Mittel bereitzustellen. Die moderne Technik mit Funkverbindungen, Hubschraubern, schweren Baumaschinen und Warnsystemen ermöglicht heute eine effektivere Hilfe als in vergangenen Jahrhunderten.

Versicherungen

Eine Elementarschadenversicherung ist keine Massnahme zur Schadensvermeidung, sondern eine Solidaritätsleistung der Gemeinschaft. Versicherungen sind daher, wie Rettungsmassnahmen, ein Mittel, um mit dem Restrisiko leben zu können.

Das **Solidaritätsprinzip**, das heisst den Schaden auf eine möglichst grosse Anzahl von Personen zu verteilen, ist



* Eine «Wegleitung Hochwasserschutz» für die Umsetzung von WBG und WBV ist in Bearbeitung.

sicher für die grossen Hochwasserkatastrophen gültig. Hier übersteigt die notwendige Vorsorgeleistung die Möglichkeiten des einzelnen und die Seltenheit der Ereignisse den eigenen Erfahrungsschatz.

Hingegen zählt die Vorsorge gegen häufige kleine Ereignisse zur **Eigenverantwortung**. Die Versicherungen können aktiv zur Verminderung des Schadenpotentials beitragen, indem sie dort, wo vom einzelnen erhöhte Risiken eingegangen werden (z.B. Wertkonzentrationen im Keller von Gebäuden in Überschwemmungsgebieten), die Deckung ausschliessen oder begrenzen (maximale Versicherungssumme für Kellergeschosse; Ausschluss nach wiederholten Schadenfällen) oder von Bedingungen abhängig machen (z.B. den Einbau von dichten Kellerfenstern).

Der Appell an die Verantwortung des einzelnen zu einer dem Risiko angepassten Nutzung ist nutzlos, wenn im Ereignisfall jeder Schaden von den Versicherungen gedeckt wird.

Institutionelle Massnahmen

In verschiedenen Kantonen (Freiburg, Graubünden, Obwalden) hat sich die Bildung einer Gefahrenkommission als äusserst nützlich erwiesen. Solche Kommissionen sind **interdisziplinäre Fachgremien**. Sie sind insbesondere verantwortlich für die Erstellung und Nachführung der Gefahrenkarten und sie unterstützen, als beratendes Organ, deren Umsetzung.

Dabei gilt: Gefahrenkommissionen beschränken sich in der Regel auf die Beratung und Antragstellung. Sie erlassen keinerlei Entscheide und Verfügungen.

In solchen Kommissionen sollten die durch die Erfassung und Umsetzung von Naturgefahren betroffenen Stellen vertreten sein: der Wasserbau, die Gebäudeversicherung, der Forstdienst, die Raumplanung, die Baubehörde und die zuständigen Gemeindevertreter.

Mögliche **Hauptaufgaben** einer solchen Gefahrenkommission sind:

- die Überwachung, Begutachtung und Koordination der Erstellung und



Frank

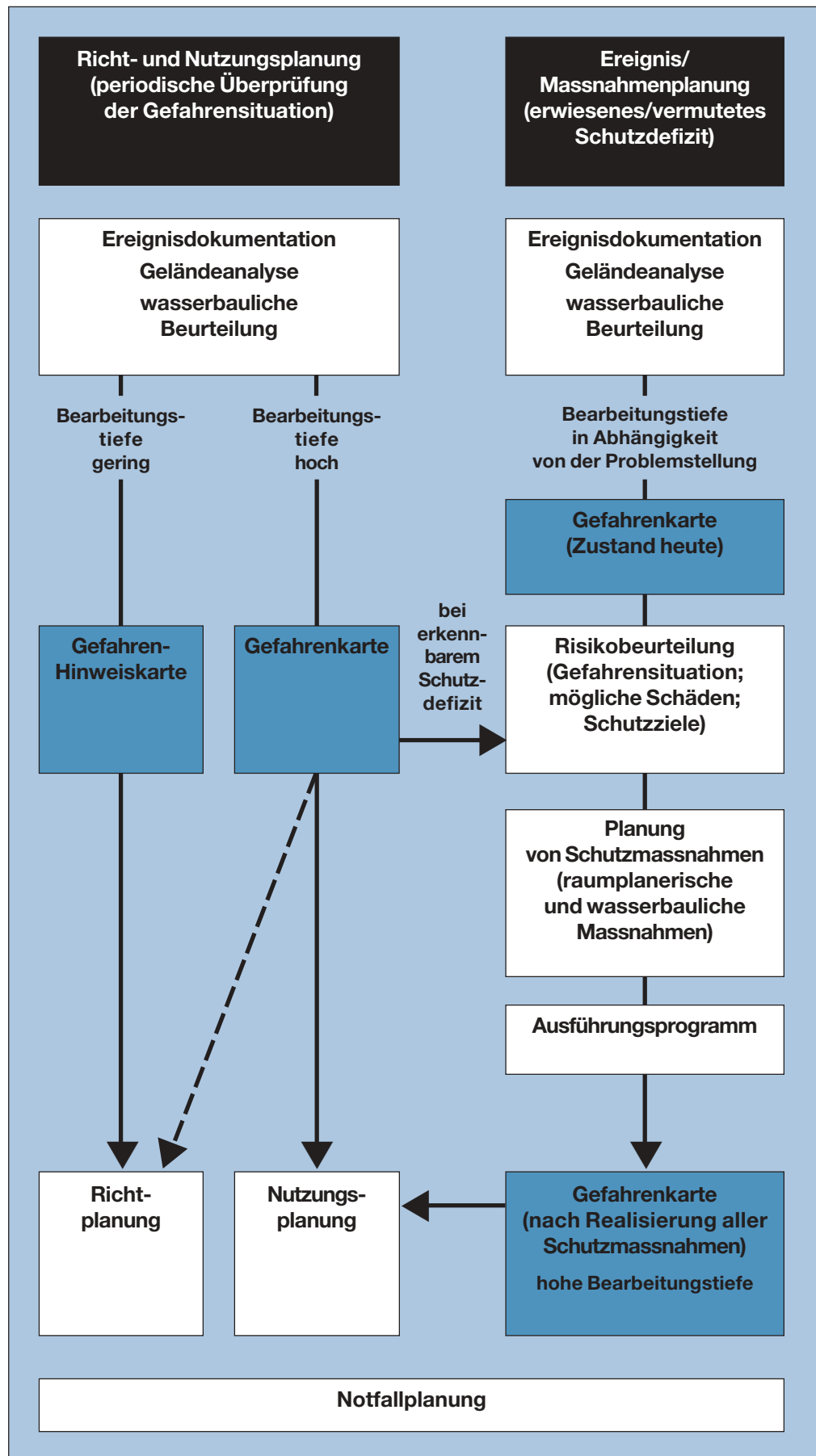
Nachführung von Gefahrenkarten (und allenfalls von Gefahrenkatastern);

- die Beratung bei der Umsetzung von Gefahrengrundlagen in die Richt- und Nutzungsplanung;
- die Beratung von Behörden und Amtsstellen sowie, wo vorhanden, der kantonalen Gebäudeversicherungen;
- die Prüfung von Gefahrenzonenplänen.

Daneben können Gefahrenkommissionen folgende Aufgaben übernehmen:

- die Beurteilung von Bauvorhaben in Gefahrenzonen;
- die Erarbeitung und Sicherstellung von Grundsätzen über den Einsatz von öffentlichen Mitteln zum Schutz vor Naturgefahren;
- die Unterstützung der zuständigen Behörden bei Naturkatastrophen;
- die Sicherstellung des verwaltungsinternen Informationsaustausches;
- die Öffentlichkeitsarbeit.

Vorgehen bei der Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten



Fallbeispiel «Engelberger Aa/Kanton Nidwalden» zur Anwendung der Gefahrenstufen

Zustand heute:



Auftraggeber: Kanton Nidwalden (Abteilung Wasserbau und Oberforstamt); Bearbeitung: Öko-B, Stans; Niederer & Pozzi, Zürich; CES Baingenieur AG, Hergiswil

**Zustand nach Realisierung
der Hochwasserschutzmassnahmen:**



Die Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten stützen sich auf eine Reihe von Bundesgesetzen und entsprechenden Verordnungen:

Bundesgesetz vom 22. Juni 1979 über die Raumplanung (RPG)

Art. 1 Ziele

¹ Sie [Bund, Kantone und Gemeinden] achten dabei [bei ihren raumwirksamen Tätigkeiten] auf die natürlichen Gegebenheiten sowie auf die Bedürfnisse von Bevölkerung und Wirtschaft.

Art. 6 Grundlagen

² Sie [die Kantone] stellen fest, welche Gebiete c. durch Naturgefahren oder schädliche Einwirkungen erheblich bedroht sind.

Art. 18 Weitere Zonen und Gebiete

¹ Das kantonale Recht kann weitere Nutzungszonen vorsehen.

Bundesgesetz vom 21. Juni 1991 über den Wasserbau (WBG)

Art. 3 Massnahmen

¹ Die Kantone gewährleisten den Hochwasserschutz in erster Linie durch den Unterhalt der Gewässer und durch raumplanerische Massnahmen.

² Reicht dies nicht aus, so müssen Massnahmen wie Verbauungen, Eindämmungen, Korrekturen, Geschiebe- und Hochwasserrückhalteanlagen sowie alle weiteren Vorkehrungen, die Bodenbewegungen verhindern, getroffen werden.

Art. 6 Abgeltung an wasserbaulichen Massnahmen

¹ Der Bund leistet [...] Abgeltungen für Massnahmen des Hochwasserschutzes, namentlich für: b. die Erstellung von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, [...]

Verordnung vom 2. November 1994 über den Wasserbau (WBV)

Art. 1 Voraussetzungen

² Für Massnahmen zum Schutz von Bauten und Anlagen, die in ausgedehnten Gefahrenzonen oder bekannten Gefahrengebieten erstellt werden, wird grundsätzlich keine Abgeltung gewährt.

Art. 20 Richtlinien

Das Bundesamt erlässt Richtlinien namentlich über:

b. die Erstellung der Gefahrenkataster und Gefahrenkarten.

Art. 21 Gefahrengebiete

Die Kantone bezeichnen die Gefahrengebiete und berücksichtigen sie bei ihrer Richt- und Nutzungsplanung sowie bei ihrer übrigen raumwirksamen Tätigkeit.

Art. 22 Überwachung

Die Kantone überprüfen periodisch die Gefahrensituation an den Gewässern und die Wirksamkeit der getroffenen Massnahmen des Hochwasserschutzes.

Art. 27 Grundlagenbeschaffung durch die Kantone

¹ Die Kantone:

b. führen Gefahrenkataster; c. erstellen Gefahrenkarten und führen sie periodisch nach; e. dokumentieren grössere Schadenereignisse.

Bundesgesetz vom 4. Oktober 1991 über den Wald (WaG)

Art. 19 Schutz vor Naturereignissen

Wo es der Schutz von Menschen oder erheblichen Sachwerten erfordert, sichern die Kantone die Anrissgebiete von Lawinen sowie Rutsch-, Erosions- und Steinschlaggebiete und sorgen für den forstlichen Bachverbau.

Art. 36 Schutz vor Naturereignissen

Der Bund leistet Abgeltungen [...] namentlich an die Kosten für: c. die Erstellung von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, [...]

Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald (WaV)

Art. 15 Grundlagen

¹ Die Kantone erarbeiten die Grundlagen für den Schutz vor Naturereignissen, insbesondere Gefahrenkataster und Gefahrenkarten.

² Bei der Erarbeitung der Grundlagen berücksichtigen sie die von den Fachstellen des Bundes durchgeführten Arbeiten und aufgestellten technischen Richtlinien.

³ Die Kantone berücksichtigen die Grundlagen bei allen raumwirksamen Tätigkeiten, insbesondere in der Richt- und Nutzungsplanung.

Art. 43 Gefahrenkarte, Messstellen, Frühwarndienste

¹ Die Erstellung von Gefahrenkatastern und Gefahrenkarten, [...] wird [...] abgegolten.

Gefahr: Zustand, Umstand oder Vorgang, aus dem ein Schaden für Umwelt, Mensch und/oder Sachgüter entstehen kann.

Gefährdung: Gefahr, die sich ganz konkret auf eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Objekt bezieht.

Gefahren-Hinweiskarte: nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien zu erstellende Übersichtskarte, mit Hinweisen auf Gefahren, die erkannt und lokalisiert, jedoch nicht im Detail analysiert und bewertet sind.

Gefahrenkarte: streng nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien zu erstellende Karte mit folgenden Aussagen: Gefährdung bzw. Nichtgefährdung der Stelle im Gelände, Gefahrenart an dieser Stelle und Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit der betreffenden Gefahrenarten.

Gefahrenpotential: Summe der gefährdenden oder schädigenden Faktoren im untersuchten Gebiet.

Gefahrenzonenplan: auf der Gefahrenkarte basierendes, grundeigentümergebundenes Planungsinstrument, das durch die zuständigen politischen Instanzen genehmigt wurde.

Hochwasser: Zustand in einem Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Abfluss einen bestimmten Schwellenwert erreicht oder überschritten hat.

aktive Massnahme: wirkt dem Naturereignis entgegen, um die Gefahr zu verringern oder um den Ablauf eines Ereignisses oder dessen Eintretenswahrscheinlichkeit wesentlich zu verändern (z.B. Sperrungen in Wildbächen, Hochwasserschutzdämme, Entwässerungen, Aufforstungen).

passive Massnahme: führt zu einer Reduktion des Schadens, ohne den Ablauf des Naturereignisses aktiv zu beeinflussen (z.B. raumplanerische Massnahme, Objektschutz, Notfallplanung).

Naturgefahren: sämtliche Vorgänge und Einflüsse der Natur, welche für den Menschen und/oder seine Güter schädlich sein können.

Objektschutz: Schutz eines Objekts (Gebäude oder Anlage) durch ein Bauwerk, das am oder um das Objekt erstellt wird.

Restrisiko: nach der Realisierung aller vorgesehenen Sicherheitsmassnahmen noch verbleibendes Risiko.

Risiko: Grösse und Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens.

Schadenpotential: Grösse des möglichen Schadens.

Schutzdefizit: ungenügende Sicherheit, wenn der Schutzgrad kleiner ist als das Schutzziel.

Schutzgrad: Mass der aktuellen Sicherheit.

Schutzziel: Mass der Sicherheit, die mit Hochwasserschutzmassnahmen erreicht werden soll.

Übermuring: Ablagerung von Murgangmaterial ausserhalb des Gerinnes (häufig im Kegelbereich eines Wildbaches).

Überschwemmung: Bedeckung einer Landfläche mit Wasser und Feststoffen, die aus dem Gewässerbett ausgetreten sind.

Ufererosion: Abgleiten von Uferböschungen infolge Tiefen- oder Seitenerosion.

Kanton Uri: Richtlinien für den Hochwasserschutz (1992)

Bundesamt für Forstwesen/Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten (1984)

Bundesamt für Wasserwirtschaft: Anforderungen an den Hochwasserschutz '95 (1995)

Bundesamt für Wasserwirtschaft/Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Naturgefahren: Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene (Empfehlungen, Mitteilung des Bundesamtes für Wasserwirtschaft 7/1995)

Thomas Egli: Hochwasserschutz und Raumplanung (ORL-Bericht 100/1996)

Bundesamt für Wasserwirtschaft/Bundesamt für Raumplanung/Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Naturgefahren: Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (Empfehlungen, 1997)