



Univ.-Prof. Johann Stötter präsentiert mit einem Autorenteam einen ihm wichtigen alpinen Arbeitsschwerpunkt. Ein weiteres vorrangiges Forschungsgebiet liegt in Island. Er stammt aus München, ist Jahrgang 1956 und seit Februar 1998 Professor in Innsbruck.

Konzeptvorschlag zum Umgang mit Naturgefahren in der Gefahrenzonenplanung

Herausforderung an Praxis und Wissenschaft zur interdisziplinären Zusammenarbeit

von Johann Stötter, Klaus Belitz, Ursula Frisch, Thomas Geist, Monika Maier, Markus Maukisch

Vorbemerkung

Die Überlegungen dieses Konzeptvorschlags zum Umgang mit Naturgefahren in der Gefahrenzonenplanung beruhen auf umfangreichen Recherchen in allen Alpenländern, die von den Autoren im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft bzw. des Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 1996-1997 durchgeführt wurden (Belitz et al. 1997).

1 Einleitung

In einem geologisch jungen Hochgebirge wie den Alpen gehören periodische und episodische Massenbewegungen aufgrund der großen Relieffenergie zum natürlichen Prozeßgeschehen.

Bedingt durch eine zunehmende Inwertsetzung der Alpen als Siedlungs-, Wirtschafts- und Erholungsraum kommt es verstärkt zur Konfrontation zwischen anthropogenen Interessen und diesen natürlichen Massenverlagerungsprozessen, die damit als Gefährdung empfunden werden. Die Ursache für zunehmend steigende Schadenssummen, vor allem bei Hochwasser- und Murereignissen, liegt dabei weniger in der absoluten Zunahme der Ereignisse, sondern in der intensivierten Nutzung und Werterhöhung der Sachgüter begründet, die einer Gefährdung ausgesetzt sind. Im Verhältnis zu dieser Zunahme des Schadenspotentials sind die diskutierten klimatischen Veränderungen - zumindest bis heute - von nachgeordneter Bedeutung für das Gefährdungspotential im Alpenraum.

Aufgrund teilweise nachlassender Schutzfunktion alpiner Ökosysteme, vor allem des Bergwaldes, ist allerdings mit einer Intensivierung der Lawindynamik sowie Veränderungen im Abfluß- und Abtragsgeschehen zu rechnen (Bunza et al. 1988, Bunza 1989, Danz 1990, Rosemann 1988, Zenke 1989). Aufgrund von Waldschäden, Überalterung und Entmischung ist vor allem der Zustand von Schutzwäldern zum Teil be-

sorgniserregend. Der Erfolg der Bemühungen zur Erhaltung und Sanierung des Berg- und Schutzwalds hängt dabei mittelfristig vor allem von der Dichte der Wildbestände ab (Ammer 1989, Zenke & Konetschny 1988).

Unabhängig von der alpinen Gefährdungssituation ist das gesteigerte Sicherheitsbedürfnis sowie eine im wesentlichen durch die Medien angeregte Sensibilisierung der Wahrnehmung von Naturgefahren in der Bevölkerung ein Grund für den verstärkten Ruf nach präventiven Maßnahmen (Petraschek 1996). Solche vorbeugenden Sicherheitsmaßnahmen sollen bei einem potentiellen Schadensereignis aktiv (z.B. durch Verbauungen) und/oder passiv (durch Meidung der Gefahrenbereiche) Schäden verhindern oder zumindest reduzieren. Entscheidungen bezüglich passiver Maßnahmen wurden lange Zeit von einzelnen betroffenen Personen aufgrund von Erfahrung oder Wissen um die Gefahr getroffen. Die verstärkte Integration von Naturgefahren in die Raumplanung (= Gefahrenzonenplanung) in mehreren Staaten des Alpenraums zeigt jedoch die steigende Bedeutung der Institutionalisierung passiver Maßnahmen an.

Im Hinblick auf eine zunehmende Bedeutung der Gefahrenzonenplanung im Alpenraum ist es die Prämisse des vorgeschlagenen Konzepts, die einzelnen Teilaspekte dieses präventiven Verfahrens nach (natur)wissenschaftlichen Kriterien zu bewerten. Das Konzept stellt damit eine fachliche Diskussionsgrundlage für zuständige Gremien der Gesetzgebung und Verwaltung dar, die über juristische Fragenkomplexe sowie die Umsetzung in die Planungspraxis zu entscheiden haben.

2 Zum Stand der Forschung bzw. Konzepte in den Alpenländern

In der Schweiz und Liechtenstein, in Österreich sowie in Frankreich wird heute die Berücksichtigung von Naturgefahren in der Planung im Rahmen einschlägiger Gesetzesbestimmungen in rechtlich bindender Weise verlangt. Infolge verschiedener Lawinen- und Wildbachkatastrophen begann sich bereits in den 1950er und 1960er Jahren die Erkenntnis durchzusetzen, daß aktive Maßnahmen zum Schutz vor Naturgefahren auf Dauer nicht mehr ausreichen bzw. auch nicht mehr bezahlbar sind, und daß „*das Schutzbedürfnis ungleich stärker ansteigt, als es durch die Herstellung von Schutzbauten befriedigt werden kann*“ (Bergthaler 1975:161). Deshalb suchte man nach einem planerischen Instrument zur Prävention von Naturgefahren bzw. auch zur gezielteren Planung von aktiven Schutzmaßnahmen. Der neue Ansatz lag in der Integration der Naturgefahren in die Raumplanung, und zwar nicht mehr in Form punktueller Gutachten, sondern in Form einer flächenhaften Feststellung des Gefährdungsgrads im Rahmen einer Gefahrenzonenplanung.

Schweiz

Infolge der Katastrophenwinters 1951/52 wurde 1954 in der Schweiz für die Gemeinde Gadmen im Berner Oberland der erste Lawinenzonenplan erlassen (Frutiger 1980). Um von diesem ersten Ansatz zu einer umfangreichen Gefahrenzonenplanung zu kommen, bedurfte es einer Reihe von gesetzlichen Veränderungen. Einen ersten, noch sehr eingeschränkten Rahmen bildete die Vollziehungsverordnung zum Forst-

polizeigesetz im Jahre 1965, derzufolge die Kantone dafür zu sorgen hatten, daß „in lawinengefährdeten Gebieten keine Gebäude errichtet wurden. Zu diesem Zweck sollten Lawinenzonenpläne aufgestellt werden. Wurde bei der Wahl der Bauplätze keine Rücksicht auf den Zonenplan, den Lawinenkataster oder Warnungen vor Bauvorhaben genommen, so leistete der Bund keine Beiträge an den Schutz solcher Bauten“ (Baumann & Buri 1994:29).

Durch das Raumplanungsgesetz vom 22. Juni 1979 fanden die übrigen Naturgefahren Eingang in die Planung. Die planenden Behörden wurden dadurch verpflichtet, generell bei raumwirksamen Tätigkeiten Naturgefahren zu berücksichtigen. Aber erst durch die neue Gesetzgebung in den 1990er Jahren wurden Rahmenbedingungen für eine moderne Gefahrenzonenplanung geschaffen. Das Bundesgesetz über den Wasserbau (WBG) vom 21. Juni 1991 und das Bundesgesetz über den Wald (WaG) vom 4. Oktober 1991 mit den zugehörigen Verordnungen verpflichten die Kantone zur Erarbeitung der Grundlagen wie Gefahrenkataster und Gefahrenkarten sowie die Fachstellen des Bundes zur Durchführung grundlegender Arbeiten und Aufstellung technischer Richtlinien.

Aufgrund der föderalistischen Struktur der Schweizer Eidgenossenschaft entwickel(te)n sich in den einzelnen Kantonen individuelle Ansätze zu der durch diese Rahmengesetzgebung des Bundes vorgeschriebenen Gefahrenzonenplanung. Neben sehr unterschiedlichen Konzepten und Ansätzen in den einzelnen Kantonen, z.B. Graubünden (Nold 1994, Teufen 1996, Werder 1994), Obwalden (OFA 1995a, 1995b), Freiburg (Loup 1996, Meyer 1996) oder Wallis (Baroni 1992, Marro & Rouiller 1996, Meyer 1996) gibt es eine Vielzahl von Initiativen auf Bundesebene, die Grundlagen für die Erfassung von Gefahrenprozessen und die Ausweisung von Gefahrenzonen bieten. Als hervorragende Beispiele sind zu nennen:

- Projekt: Gefahrenkataster - Ereigniskataster (Heinimann 1996, Krummenacher et al. 1996)
- Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene (BWW & BUWAL 1995)
- Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten (BFF & EISLF 1984)
- Empfehlungen - Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BWW & BUWAL 1996)
- Empfehlungen - Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BUWAL, BWW & BRP in Vorb.)
- Richtlinie für den Hochwasserschutz des Kanton Uri (Kanton Uri 1992)

Liechtenstein

In Liechtenstein orientiert man sich stark an den Schweizer Entwicklungen, hat aber wie ein Kanton eine eigene Umsetzung gefunden (siehe Rickli & Banzer 1996).

Frankreich

In Frankreich wurde in den 1960er Jahren die Entwicklung des Wintertourismus in Hochgebirgsgebieten, die potentiell von Naturgefahren betroffen werden, massiv

vorangetrieben, so daß sich die Regierung verstärkt mit dem Problem der öffentlichen Sicherheit in den Bergregionen konfrontiert sah. Ein folgenschweres Lawineneinglück in Val d'Isère im Frühjahr 1970 war schließlich der Auslöser für Aktivitäten zur Vorbeugung und zum Schutz vor Naturgefahren, die zur Ausarbeitung einer Gefahrenzonenplanung für den französischen Alpenraum führten (Antoine 1991). In einem ersten Schritt wurde die *carte des risques naturels* oder *carte R 111-3* (nach dem Artikel R 111-3 des *code de l'urbanisme*) erstellt, die im Hinblick auf zukünftige Planungen rechtswirksam war. Parallel wurde begonnen, die *carte ZERMOS* (*zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol*) zur Erfassung von Hangbewegungen (Antoine 1978, Flageollet 1989, Humbert 1977a, 1977b) und die *carte de localisation probable des avalanches* (CPLA) als Grundlage der Planung im Hinblick auf Lawinengefahr zu erarbeiten (Pietri 1993). Ab Mitte der 1980er Jahre wurde ein neues Konzept zur Gefahrenzonenplanung eingeführt. Die neuen *plans d'exposition aux risques prévisibles* (*PER*) hatten eine wesentlich weiter gefaßte Rechtsgültigkeit als die *carte R 111-3* (Antoine 1990, Besson 1985, Noverraz 1990). Eine weitere Steigerung der rechtlichen Stellung bis hin zu strafrechtlicher Verfolgung bei Nicht-Einhaltung von Auflagen ist durch die seit 1995 gesetzlich verankerten *plans de prévention des risques* (*PPR*) gegeben, die jetzt in die Planungspraxis einfließen (Choquets 1995).

Österreich

In Österreich ergaben Bedarfsschätzungen in den 1960er Jahren, daß die Geldmittel für aktive Verbaumaßnahmen auf längere Sicht nicht ausreichten. Die Mur- und Lawineneignisse 1965/66 zeigten schließlich die Notwendigkeit auf, neben aktiven auch verstärkt passive Schutzmaßnahmen zu betreiben. Seit Beginn der 1970er Jahre wurden als Vorläufer der gegenwärtigen Gefahrenzonenpläne Flächengutachten angefertigt, die einen geringeren Arbeitsaufwand als Einzelgutachten bedeuteten und diesen auch qualitativ überlegen waren (BMLF 1989). Mit dem Forstgesetz vom 3. Juli 1975 („Bundesgesetz, mit dem das Forstwesen geregelt wird“) wurde die gesetzliche Grundlage für die Gefahrenzonenplanung geschaffen, deren Ausführung in der Gefahrenzonenplanverordnung 1976 („Verordnung über Gefahrenzonenpläne vom 30. Juli 1976“) erläutert wird.

Zielsetzung jeder verbindlichen Zonenplanung in den genannten Ländern ist:

- die Identifikation gefährlicher Prozesse und gefährdeter Bereiche,
- die Verhinderung des Entstehens von Bauten bzw. der Ausweisung von Bauland in erheblich gefährdeten Gebieten und
- die zweckmäßige, für den jeweiligen Prozeß wirkungsmindernde Gestaltung von Siedlungs- und Verkehrsbauten in den Bereichen geringerer Gefährdung.

In den anderen Alpenländern findet derzeit zumindest eine Diskussion statt, wie man von staatlicher Seite aus mit Naturgefahren umgehen soll.

Daß der Umgang mit Naturgefahren in der Planung nicht nur ein nationales Problem darstellt sondern von überregionaler Bedeutung ist, zeigen Bestrebungen im Rahmen der Alpenkonvention, die für den gesamten Alpenraum die Wichtigkeit einer sachgerechten, nachhaltigen Umwelt- und Raumplanung betonen.

So beinhaltet das Leitbild der CIPRA (Internationale Alpenschutz-Kommission) im Rahmen der Alpenkonvention wiederholt in verschiedenen Protokollen, z.B. im Protokoll für die Raumplanung, die Forderung „(...) *in allen Alpengemeinden sind Gefahrenzonenpläne als Grundlage der örtlichen Raumplanung aufzustellen*“ (Danz 1990). Diese wurde 1992 wie folgt erweitert: „*Für den gesamten Alpenraum sind Gefahrenzonenpläne auszuarbeiten, in denen diejenigen Gebiete rechtsverbindlich darzustellen sind, die durch Hochwasser, Muren, Steinschlag, Hangrutschungen und Lawinen bedroht sind. In diesen Gefahrenzonen sind neue technische Erschließungen und Bebauungen aus Sicherheitsgründen generell zu vermeiden (...)*“ (Danz & Ortner 1993:39). Die endgültige deutschsprachige Fassung des zugehörigen Protokolls Raumplanung wurde am 21.10.1992 in Innsbruck verabschiedet. Demnach sollen Raumordnungspläne u.a. zum „*Schutz von Natur und Landschaft*“ die „*Ausweisung von Zonen, in denen aufgrund von Naturgefahren Bauten und Anlagen soweit wie möglich ausgeschlossen sind,*“ enthalten (in Danz & Ortner 1993:131).

Im Entwurf des Protokolls „*Bodenschutz*“ vom 12.7.1996 ist neben der fast wortgleichen Forderung nach der Ausweisung von Gefahrenzonen ausdrücklich auch die Vereinbarung enthalten, gefährdete Gebiete „*zu kartieren und in Kataster aufzunehmen*“ (Art. 10, Entwurf des Protokolls zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Bodenschutz).

Auch die Vereinten Nationen haben für die zur *International Decade for Natural Disaster Reduction* (IDNDR) erklärten 1990er Jahre eine „*landesweite Abschätzung der Gefährdung durch die verschiedenen Arten natürlicher Extremereignisse...*“ als allgemeines Ziel formuliert. Die Erstellung von Gefahrenzonenplänen stellt bei der geplanten Erreichung dieses Zieles bis zum Jahr 2000 eine der Stufen der notwendigen Detailprogramme dar (Plate et al. 1993:3) - eine idealisierte Zielvorgabe, die aber nicht realisiert werden konnte.

Diese Vereinbarungen zwischen den Vertragsparteien in der Alpenkonvention sowie das globale Ziel des Schutzes vor Naturgefahren sind als Hintergrundaspekt im Rahmen der hier dargestellten Überlegungen zur Gefahrenzonenplanung zu sehen.

3 Anforderungsprofil

3.1 Rechtliches Umfeld

Die in den genannten Alpenländern existierenden Konzepte zur Gefahrenzonenplanung, weisen entsprechend spezifischer nationaler Anforderungen eine unterschiedliche Entwicklungsgeschichte sowie Ausprägung auf. Seit einiger Zeit gibt es auch in Deutschland, d.h. im Freistaat Bayern, sowie in einigen Provinzen bzw. Regionen Italiens (z.B. Autonome Provinz Bozen-Südtirol) umfangreiche Grundsatzdiskussionen über den möglichen Charakter (Ziel und Erwartungen) einer Gefahrenzonenplanung auf Gemeindeebene. Im Hinblick auf eine einheitliche Verfahrensweise mit Naturgefahren auf Gemeindeebene können dabei zwei grundlegend unterschiedliche Ansätze in Betracht gezogen werden, nämlich die Erstellung:

1. einer Gefahrenhinweiskarte, die Hinweiskarakter im Sinne eines Fachplans hat, oder
2. eines rechtlich bindenden Gefahrenzonenplans im Sinne eines Flächennutzungsplans.

Bei bereits realisierten Kartierkonzepten im Alpenraum werden generell als erste Stufe in Verfahrensablauf Gefahrenhinweiskarten erstellt. Diesem Verfahrensschritt entsprechen beispielsweise in Österreich die Gefahrenkarten (BMLF 1989), in Frankreich die Carte ZERMOS (Antoine 1978) sowie in einzelnen Kantonen der Schweiz die Karte der Phänomene (BWW & BUWAL 1995) Diese Gefahrenhinweiskarten weisen folgende gemeinsame Eigenschaften auf:

- Sie haben Übersichtscharakter, d.h. sie werden in Maßstäben zwischen 1 : 10 000 und 1 : 50 000 erstellt, so daß parzellengenaue Aussagen bzw. Abgrenzungen auf dieser Grundlage nicht möglich sind.
- Sie haben keine rechtliche Verbindlichkeit auf Gemeindeebene und stellen statt dessen Instrumente der regionalen Raumplanung dar (z.B. in der Schweiz).
- Sie sind vorwiegend beschreibend, d.h. Naturgefahren werden erfaßt und dokumentiert, aber nicht hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials bewertet, da keine fundierte Informationen über Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit der betrachteten Prozesse vorliegen.

Derartige Gefahrenhinweiskarten dienen in den Ländern mit verbindlicher Gefahrenzonenplanung folglich nur als Vorläufer oder als Grundlage für mittelbar oder unmittelbar rechtsverbindliche Gefahrenzonenpläne.

Die Grundsatzentscheidung, ob für Gemeinden eine Regelung mit einem rechtsverbindlichen Gefahrenzonenplan oder einer Gefahrenhinweiskarte im Sinne eines Fachplans angestrebt wird, hat weitreichende Auswirkungen.

Die Einführung einer Gefahrenhinweiskarte im Sinne eines weiteren Fachplans erscheint dabei eine verhältnismäßig einfach zu realisierende Variante. Vor allem bei Verwendung eines relativ kleinen Maßstabs (z.B. 1 : 25 000) bedeutet dies aber eine relativ unpräzise Abgrenzung von Gefahrenbereichen. Dem damit verbundenen relativ hohen Aufwand steht jedoch kein entsprechend hoher Nutzen gegenüber.

Wenn bisher kein rechtlicher Rahmen für die Durchführung einer Gefahrenzonenplanung gegeben ist, wie z.B. in Italien und in Deutschland, ist die Einführung eines rechtsverbindlichen Gefahrenzonenplans nur im Zuge von erheblichen Gesetzesänderungen auf verschiedenen Ebenen möglich. Die Diskussion dieser juristischen Belange kann jedoch nicht von naturwissenschaftlicher Seite erfolgen und wird daher hier nicht behandelt.

Im Vergleich zu einer Gefahrenhinweiskarte stellt ein Gefahrenzonenplan mit einer eindeutigen rechtlichen Stellung ein starkes und - bei Einhaltung der nötigen Qualitätsansprüche - wertvolles Planungsinstrument dar. Die grundsätzlich positive Wirkung eines derartigen Instruments zeigen die Erfahrungen sowie die breite Akzeptanz

in Österreich sowie in Teilen der Schweiz. Wo dagegen die rechtliche Verbindlichkeit nicht gewährleistet bzw. nicht eindeutig definiert ist, treten durchaus große Schwierigkeiten auf, wie zwei Beispiele aus dem Alpenraum belegen:

Die Folgen mangelnder Rechtsverbindlichkeit zeigen sich am Beispiel der Gefahrenzonenplanung im Kanton Wallis (Belitz et al. 1997), wo jeder Bürger die Änderung von Gefahrenzonen beantragen kann. Als Folge sind einzelne Ausweisungen von Gefahrenzonen in der Praxis nicht durchsetzbar, so daß das eigentliche Ziel des Gefahrenzonenplans, die Verbesserung des passiven Schutzes, verwässert bzw. nicht erreicht wird.

Einen weiteren Problemfall stellt die Lawinengefahrenkarte 1 : 25 000 der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol dar. Diese Karte mit sehr verschieden aussagekräftigen Angaben zur Gefährdung wurde flächig für fast alle Gemeinden erstellt, ohne ihre rechtliche Stellung in irgendeiner Weise klar zu definieren (Belitz et al. 1997). Allein durch die Existenz dieser Karte werden jedoch sowohl die Gemeinden, die über die Planungshoheit verfügen und für die Sicherheit verantwortlich sind, als auch die Landesämter und Bürger verunsichert (Pollinger mdl. Mitt. 1996).

Die Einführung einer verbindlichen Gefahrenzonenplanung hat sowohl auf die Interessensphäre der kommunalen Ebene als auch von Privatpersonen Auswirkungen, die je nach Blickwinkel als eher positiv oder negativ empfunden werden. Aus diesen im Vorfeld der Erstellung von Gefahrenzonenplänen auftretenden Bedenken bzw. Befürchtungen ergibt sich ein intensiver Diskussionsbedarf. Folgende wesentliche Aspekte sind dabei zu bedenken:

- Auswirkungen auf kommunaler Ebene
 - Vergrößerung der Planungssicherheit,
 - Verringerung des Planungsspielraums.
- Auswirkungen auf private Interessen
 - Erhöhung der Sicherheit (Leben und Sachwerte),
 - Einschränkungen in der Nutzung und evtl. Minderung des Wertes von Immobilien.

3.2 Qualitätskriterien

Aus diesen nachhaltigen Auswirkungen ergeben sich unverzichtbare Ansprüche an die Qualität eines Gefahrenzonenplans bzw. des vorangehenden Entstehungsprozesses:

- **Hohe räumliche Auflösung**

Da ein Gefahrenzonenplan einschneidende Ge- und Verbote hinsichtlich verschiedener Nutzungen zur Folge hat, muß die räumliche Auflösung von Gefährdungsbewertungen unbedingt parzellengenau vorliegen. Die Umsetzung von ausgewiesenen Gefahrenzonen in die Flächennutzungsplanung bzw. den Bebauungsplan muß direkt möglich sein, ohne daß etwa aufgrund eines zu kleinen Maßstabs die räumliche Zuordnung zur Interpretationssache wird.

• **Differenzierte Darstellung des Bewertungsverfahrens und der Bewertungsqualität**

Es muß erkennbar sein, ob die Gefahrenbewertung auf belegten, berechneten, modellierten oder geschätzten Ereignissen beruht. Vor allem, wenn Zonen ausgewiesen werden, die Verbote zur Folge haben, muß in den Erläuterungen zum Gefahrenzonenplan das Bewertungsverfahren und damit die Qualität der Beurteilung dokumentiert sein.

• **Nachvollziehbarkeit**

Angesichts der Tragweite von Zonenabgrenzungen muß das gesamte Bewertungsverfahren von den Grunddaten bis zur Zonierung so gestaltet sein, daß Betroffene (Gemeinden und Bürger) die Entscheidungsfindung nachvollziehen können. Hierbei sind verschiedene Modalitäten denkbar, wie z.B. die Zusammenfassung des Entscheidungsprozesses in den Erläuterungen zum Gefahrenzonenplan oder die Möglichkeit zur Einsichtnahme in alle Daten auf Antrag.

• **Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit**

Es muß gewährleistet sein, daß in unterschiedlichen Gemeinden bei gleichen Sachverhalten möglichst gleichartige Entscheidungen der Gefahrenbewertung und Zonenausweisung getroffen werden. Dieses Ziel kann in der Praxis durch zentrale Strukturen (Ausbildung der Bearbeiter, übergeordnete Bewertungskommission) weitgehend erreicht werden, wie es z.B. in Österreich der Fall ist.

• **Aktualität**

Ein Gefahrenzonenplan muß in regelmäßigen Abständen fortgeführt bzw. nach Änderungen der Rahmenbedingungen von gefährlichen Prozessen (z.B. Verbauungsmaßnahmen, Schutzwaldsanierung) oder bei neuen Erkenntnissen zur Methodik der Gefahrenbeurteilung aktualisiert werden.

• **Lesbarkeit**

Hohe kartographische Genauigkeit und graphische Qualität sowie eindeutige und vollständige Darstellung ist Voraussetzung für die allgemeine Verständlichkeit eines derartig komplexen Planungsinstruments.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, muß bei allen Arbeitsschritten (Erfassung der Grunddaten, Gefahrenbewertung und Ausweisung von Gefahrenzonen) mit möglichst gleichbleibend hoher Qualität gearbeitet werden. Wesentliche Voraussetzung hierfür ist eine homogene Datenqualität über das gesamte Gebiet eines Gefahrenzonenverfahrens sowie ein homogenes Bearbeiterteam. Nur wenn die Erfassung der Grunddaten klar definierten Richtlinien folgt, ist eine homogene Datenbewertung nach streng wissenschaftlichen Gesichtspunkten möglich. Gute Basisdaten können durch moderne digitale Techniken allenfalls graphisch verschleiert, jedoch keinesfalls ersetzt werden (siehe Kap. 4.6.1). Um die komplexe Problematik der unterschiedlichen Naturgefahren entsprechend dem aktuellen Stand der Forschung bearbeiten zu können, ist die Interdisziplinarität der angewandten Arbeitsmethoden und damit auch der Bearbeiter von äußerster Wichtigkeit (siehe Kap. 4.6.2). Nur so ist eine differenzierte Interpretation der verschiedenen Aspekte der Gefahrenbeurteilung sowie eine bestmögliche Absicherung der Aussagen möglich.

Insgesamt erfordert ein Gefahrenzonenplan mit einer klar definierten Rechtswirkung einen verhältnismäßig hohen Aufwand, der jedoch durch die Bereitstellung einer hochwertigen Planungsgrundlage gerechtfertigt wird.

4 Ablauf einer Gefahrenzonenplanung

4.1 Grundstruktur

In allen Alpenländern, in denen es eine rechtsgültige Gefahrenzonenplanung gibt, wird im Prinzip eine ähnliche Abfolge von Arbeitsschritten durchgeführt bzw. angestrebt (siehe Belitz et al. 1997) (siehe auch Abb.1):

1. Erfassung der Datengrundlagen und Einzelgefahrenbewertung (Gefahrengrundlagen)
2. Synthetische Gefahrenbewertung,
3. Umsetzung in der Bauleitplanung (Gefahrenzonenplan).

Gefahrengrundlagen

Die Ebene der Gefahrengrundlagen umfaßt grundsätzlich alle für die nachfolgende synthetische Gefahrenbewertung benötigten Informationen:

- Flächenhafte Landschaftsdaten sowohl des Naturraums (z.B. zur Geologie, Geomorphologie, Vegetation) als auch des Kulturrums (z.B. zur Flächennutzung, Infrastruktur);
- Datenbanken mit Ereigniskatastern, Schutzbauteninventar;
- Daten zur Topographie (Digitales Geländemodell und daraus folgende Ableitungen) als Grundlage für Modellierungen;
- Modellierungen zum Ablauf und zur Ausdehnung einzelner Gefahrenprozesse (Muren, Lawinen, Steinschlag usw.).

Alle genannten Datengrundlagen lassen sich aufgrund ihres räumlichen Bezugs als Datenebenen in einem Geographischen Informationssystem (siehe Kap. 4.6.4) digital erfassen, speichern, auswerten und bearbeiten. Auch die Ausgabe einzelner Informationsebenen bzw. spezieller Kombinationen in Form separater Karten (z.B. Gefahrengrundlagenpläne) ist möglich.

Neben der Datenerfassung und -bereitstellung ist es das Ziel dieses Arbeitsschrittes, die Gefahrenbewertung von einzelnen Prozessen durchzuführen (Einzelgefahrenbewertung). Soweit als möglich sollte dies durch Modellansätze erfolgen (siehe Kap. 4.6.3).

Synthetische Gefahrenbewertung

Um eine eindeutige Grundlage für die Planung zu schaffen, muß die Gefahrenbewertung synthetisch, d.h. gemeinsam für alle Gefahrenarten auf einer Flächeneinheit, erfolgen. Dies erfolgt durch Verschneidung/Verknüpfung und Bewertung aller Gefahrengrundlagen (siehe Kap. 4.6.3). Erst daraus entsteht das Endprodukt des Gefahrenzonenplans, entsprechend den Gefahrenzonenplänen in Schweizer Kantonen, der *Zonage PER* in Frankreich oder dem Gefahrenzonenplan in Österreich (siehe Kap. 2).

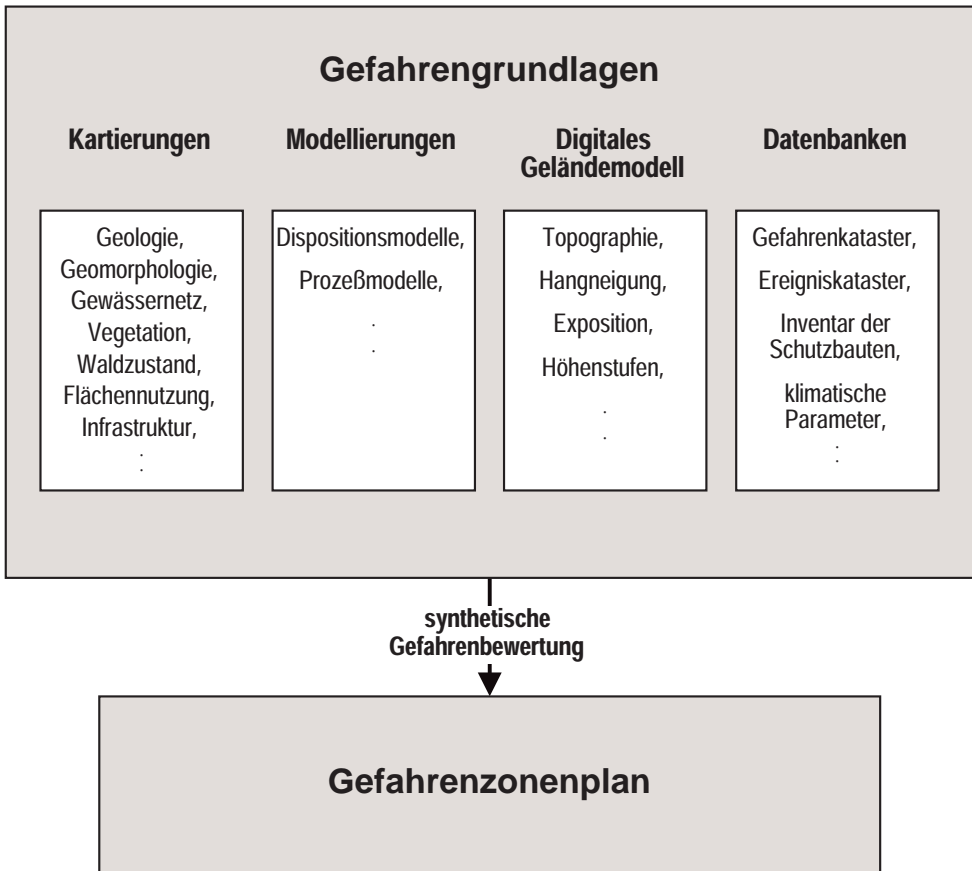


Abb. 1: Datengrundlagen der Gefahrenzonenplanung

Gefahrenzonenplan

Das Endprodukt, der Gefahrenzonenplan, enthält entsprechend Anzahl und Definition rechtlich verbindlicher Zonen differenzierte Aussagen zum Gefährdungspotential im Plangebiet der jeweiligen Gemeinde. Er ist eine rechtsverbindliche Planungsgrundlage, deren Inhalte durch Berücksichtigung in den Bauleitplänen allgemeinverbindlich werden. Er besteht aus dem eigentlichen Gefahrenzonenplan (= Karte) sowie den zugehörigen Erläuterungen.

4.2 Maßstab

Als Instrument der Bauleitplanung (siehe 4.1) müssen Gefahrenzonenpläne parzellenscharfe Aussagen zum Gefährdungspotential ermöglichen. Konsequenterweise ist daher im Gefahrenzonenplan ein dem Flächennutzungsplan entsprechender

Maßstab (meist 1 : 5 000) erforderlich. Dies entspricht dem Vorgehen in allen Alpenländern, in denen der Gefahrenzonenplan Rechtswirksamkeit besitzt (siehe Belitz et al. 1997). Ein noch größerer Maßstab, wie er z.B. im Kanton Graubünden im Pilotprojekt Poschiavo mit 1 : 2 500 für den Hauptsiedlungsbereich angestrebt wurde (Teufen 1994), wird als unnötig erachtet, da er eine nur unwesentlich höhere Auflösung, aber einen erheblichen Mehraufwand mit sich bringt.

Die Frage, in welchem Maßstab Datengrundlagen zu Naturgefahren erhoben werden, muß differenziert beantwortet werden. Generell gilt, daß die Qualität der schwächsten Eingabeebene die Qualität des Endprodukts bestimmt und damit auch limitiert! Nur entsprechend detaillierte Eingangsdaten lassen folglich die angestrebte räumlich differenzierte Aussage zum Gefährdungspotential zu. Entsprechend ist grundsätzlich, trotz des hohen Aufwands, die Erfassung der Datengrundlagen im Maßstab des Gefahrenzonenplans zu fordern. Dies bedeutet jedoch einen kaum vermeidbaren immensen Aufwand, wie beispielsweise das Entwicklungsvorhaben „Integrales Wildbachschutzkonzept“ am Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft gezeigt hat (Bunza 1992, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 1990, 1996).

Dieser Forderung wird in der bisherigen Gefahrenzonenplanung im Alpenraum nicht entsprochen, in der Schweiz wird dies aber ernsthaft diskutiert. In der Regel werden die Gefahrengrundlagen in einem deutlich kleineren Maßstab (zwischen 1 : 10 000 und 1 : 25 000) erhoben und als Gefahrenhinweiskarte dargestellt. Teilweise, wie z.B. in Österreich, gibt es bei den Datengrundlagen nicht einmal eine klare Festlegung des Maßstabs (1 : 25 000 oder 1 : 50 000). Der Maßstabssprung zwischen den Basisdaten und der Gefahrenbewertung mit Zonenausweisung erfolgt dort und auch in anderen Alpenländern durch freie, zum Teil objektiv nicht nachvollziehbare Interpretation des Planverfassers. Dieses Verfahren, bei dem die Qualität der Aussagen zur Gefährdung rein von der Erfahrung und Qualifikation des Bearbeiters abhängt, ist vor allem im Hinblick auf Einsprüche durch Betroffene als sehr problematisch zu bezeichnen.

Da bei optimalen Bedingungen die Darstellungs- bzw. Lesegenauigkeit beim Maßstab von 1 : 25 000 zwischen 5-10 m liegt, muß deshalb in Frage gestellt werden, wie aus einer relativ ungenauen Gefahren- bzw. Gefahrenhinweiskarte eine differenzierte parzellenscharfe Ausweisung von Gefahrenzonen (Dimension der räumlichen Auflösung 1 m) erfolgen kann. Die Folgerung hieraus kann nur sein: Für eine rechtsverbindliche Gefahrenzonenausweisung müssen die Daten- und Bewertungsgrundlagen einen dem Endplan äquivalenten Maßstab aufweisen.

4.3 Plangebiet

Sowohl die Abgrenzung des Bereichs, für den ein Gefahrenzonenplan erstellt werden soll (= Plangebiet), als auch der Flächen, für die alle benötigten Gefahrengrundlagen erhoben werden müssen, ist aus fachlichen Gründen und vor allem im Hinblick auf die Kosten des Verfahrens eine zentrale Frage.

Gefahrenzonenplan

Das Plangebiet eines Gefahrenzonenplans muß diejenigen Flächen umfassen, in denen gegenwärtig und in überschaubarer Zukunft aufgrund hoher Präsenzwahrscheinlichkeit von Menschen bzw. hoher Konzentration an Sach- oder Kulturwerten ein hohes Schadenspotential besteht. Dieser klar definierte Teilraum innerhalb der Verwaltungsgrenzen einer Gemeinde wird im Kanton Graubünden als „*schadensrelevante Fläche*“ (Teufen 1996) oder in Österreich als „*raumrelevanter Bereich*“ (BMLF 1989: III, 1) bezeichnet. Das Plangebiet eines Gefahrenzonenplans muß also mindestens alle Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiete sowie sonstige intensiv genutzten Flächen (hohe Präsenzwahrscheinlichkeit) umfassen.

Die aufwendige Bearbeitung des gesamten Gebiets einer Gemeinde mit gleich hoher Bearbeitungsintensität ist dabei nicht nötig und außerdem, speziell bei großflächigen Gemeinden, auch kaum machbar. Dies läßt sich am Beispiel der Gefahrenzonenplanung in Frankreich sehr gut aufzeigen, wo infolge der Abdeckung des gesamten Gemeindegebiets bei der *carte des risques naturels* die Fertigstellung finaler Gefahrenzonenpläne sehr lange dauert (Besson 1985). Für extensiv genutzte Bereiche eines Gemeindegebiets (außerhalb des oben definierten Teilgebiets) kann eine weniger differenzierte Gefahrenbewertung allenfalls in einem kleineren Maßstab erfolgen, wie dies beispielsweise in Liechtenstein (Banzer 1994), Obwalden (OFA 1995b) oder im Rahmen des Pilotprojekts Jaun im Kanton Freiburg (Loup mdl. Mitt. 1996) durchgeführt wird. Als eine weitere Option ist hier auch an eine modellierte Gefahrenhinweiskarte zu denken, wie sie im Kanton Bern (FAN 1996) erstellt wird.

Einen Sonderfall stellen Parzellen bzw. Gemeindeteile dar, die sich außerhalb des Flächennutzungsplans befinden, aber trotzdem hinsichtlich Wert und Präsenzwahrscheinlichkeit für die Gefahrenbeurteilung relevant sind. Inwiefern derartige Flächen Gegenstand eines Gefahrenzonenplans sein können oder sollen, muß im Einzelfall entschieden werden.

Verkehrswege sind nicht automatisch Bestandteil des Plangebiets des Gefahrenzonenplans, da die Präsenzwahrscheinlichkeit von Menschen auf Verkehrswegen je nach Verkehrsdichte deutlich geringer als bei Dauersiedlungen ist (Kienholz 1993). Hinzu kommt, daß die Kompetenz für die Planung überregionaler (und damit in der Regel häufiger frequentierter) Verkehrswege nicht bei den Gemeinden liegt und somit diese auch nicht Gegenstand eines Gefahrenzonenplans auf Gemeindeebene sein können.

Das Plangebiet eines Gefahrenzonenplans ist nicht zwangsweise dauerhaft festgesetzt. Bei Aktualisierung eines Flächennutzungsplans kann auch das Plangebiet des Gefahrenzonenplans an die Änderungen angepaßt werden.

Gefahregrundlagen

Die Wirkungsbereiche potentiell gefährlicher Prozesse lassen sich im allgemeinen in Start- (Anrißgebiet), Transit- (Bewegungsbahn) und Zielbereiche (Ablagerungsgebiet) unterteilen. In allen drei Teilbereichen kann prinzipiell eine Gefährdung auftreten; am

häufigsten befinden sich gefährdete Personen und/oder Objekte jedoch im Zielbereich (z.B. auf einem Murkegel).

Datengrundlagen müssen daher für den gesamten Prozeßraum vom Entstehungs- bis zum Zielgebiet erhoben werden. Damit sind auch das Anrißgebiet und die Bewegungsbahn potentiell gefährlicher Prozesse in die Analyse und Bewertung mit einzubeziehen. Die notwendigen Geländeerhebungen sollen dabei grundsätzlich in der Ablauffrichtung des zu beurteilenden Prozesses durchgeführt werden.

Grundsätzlich sind Daten für folgende, im Kanton Graubünden als „*prozeßrelevante Flächen*“ (Teufen 1996) zusammengefaßte, Bereiche zu erfassen:

- Das Plangebiet des Gefahrenzonenplans,
- die Hänge oberhalb des Plangebiets bis zur Kammumrahmung sowie
- die hydrologischen Einzugsgebiete von (murfähigen) Wildbächen, wenn die Gefährdung vorrangig von der potentiellen Geschiebeführung ausgeht. Handelt es sich rein um Hochwassergefährdung, die auf der Grundlage von Pegel­daten statistisch abgeleitet werden kann (z.B. HQ100), dann ist eine flächige Bearbeitung dieser Einzugsgebiete für den Gefahrenzonenplan unter Umständen vermeidbar (die Entscheidung muß im Einzelfall getroffen werden).

4.4 Gefahrenprozesse

Die zentrale Rolle innerhalb eines Konzepts zur Gefahrenzonenplanung spielen die berücksichtigten Gefahrenprozesse.

Entsprechend der Zielsetzung, Menschenleben sowie Sach- und Kulturwerte zu schützen, müssen dabei prinzipiell alle Prozesse berücksichtigt werden, von denen eine entsprechende Gefährdung ausgehen kann. Das sind im Sinne von Kienholz (1996) sowohl *brutale* als auch *graduelle* Prozesse.

Bei den sog. brutalen Prozessen, wie Lawinen, Steinschlag oder Felssturz, bleibt die Zerstörungskraft bis kurz vor dem Stillstand des Massenbewegungsvorgangs sehr hoch. Charakteristisch für derartige Gefahrenarten sind kurze Vornwarnzeiten, so daß die Gefährdung von Menschen und Tieren bei diesen meist überraschend auftretenden Ereignissen besonders hoch ist. Dagegen treten graduelle Prozesse, wie z. B. permanente Rutschungen, in der Regel nicht überraschend auf. Sie sind somit für Menschen direkt kaum gefährlich, können aber zu bedeutenden Sachschäden führen.

Eine generelle Schwierigkeit hinsichtlich der geforderten Qualitätskriterien ist die Tatsache, daß sich verschiedene Gefahrenarten wissenschaftlich nicht mit gleicher Genauigkeit erfassen bzw. hinsichtlich ihrer Intensität, Eintretenswahrscheinlichkeit und räumlichen Ausdehnung bewerten lassen (siehe Kap. 4.6.3). Hier besteht folglich dringender Forschungsbedarf.

Dieser Aspekt ist insofern von Bedeutung, als raumplanerische Maßnahmen nur bei räumlich abgrenzbaren Gefahren greifen können (Egli 1996). Zudem müssen die Kriterien der Ausweisung der Gefahrenzonen erkennbar sein.

Die Auswahl der im Rahmen einer Gefahrenzonenplanung erfaßten Gefahrenprozesse muß sich nach den jeweils vorkommenden Prozessen und deren Bedeutung richten. Generell müssen folgende Prozeßgruppen in Betracht gezogen werden:

Lawinen

Da Lawinen hinsichtlich ihrer Prozeßcharakteristik (schnell, plötzlich, hohe Energie) typische brutale Prozesse sind, werden sie in allen Gefahrenzonenkonzepten im Alpenraum berücksichtigt. Ein spezielles Problem, das die Lawinensituation durchaus einschneidend verändern kann, stellt der Zustand des Bergwaldes im Alpenraum dar (siehe z.B. Suda 1989), dessen relativ kurzfristigen Änderungen zu großen Schwankungen hinsichtlich Verbreitung und Reichweite der Lawinen führen können. Gerade deshalb gilt: *„Kenntnisse über die Gebiete, wo Lawinengefahr herrscht, sowie über die Möglichkeiten, diese Gefahr angemessen zu berücksichtigen, sind bei der Erfüllung planerischer Aufgaben unerlässlich“* (BWW & EISLF 1984:III).

Wildbäche und Murgänge in Gerinnen

Wildbäche sind charakteristische Phänomene des alpinen Gewässernetzes, von denen immer wieder Gefahren ausgehen. Die Bedeutung der Wildbäche wird durch unterschiedliche Projekte zur Erfassung („Wildbachverzeichnis und Bewertung der Wildbäche“) und zum Wirkungsgefüge („Integrales Wildbachkonzept“) unterstrichen, die am Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft durchgeführt wurden (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 1996).

Hochwasser

Da ein Großteil der Siedlungsbereiche im Alpenraum in Talbereichen liegt, die von Flüssen durchflossen werden, ist Hochwasser ebenfalls als wichtiger potentieller Gefährdungsprozeß zu sehen. Während die Gefährdung von Personen durch Hochwasser dabei als relativ gering angenommen werden kann, ist das Schadenspotential an Sachwerten aufgrund der dichten und hochwertigen Bebauung extrem hoch. Gerade bei Extremereignissen mit einer statistisch geringen Wiederkehrdauer werden große Areale unter Wasser gesetzt, wobei neben den reinen Wasserschäden durch die Überflutung auch mechanische Schäden infolge der Fließgeschwindigkeit und durch Geschiebeführung oder durch Erosionswirkung auftreten können.

Muren an Hängen

Murartige Prozesse an Hängen (Hangmuren) können aufgrund ihrer Charakteristik (schnell, kurze Vorwarnzeit, hohe Energie) eine beträchtliche Gefahr für Menschenleben und Sachwerte darstellen und müssen deshalb in der Gefahrenzonenplanung berücksichtigt werden.

Aufgrund der Schwierigkeiten bei ihrer Bewertung wird jedoch bisher in allen Gefahrenzonenkonzepten im Alpenraum auf die Ausweisung von Hangmuren verzichtet. Daher ist bei Berücksichtigung dieser Prozesse Grundlagenarbeit zur Bewertung dieser Massenbewegungen nötig, die sich an im Augenblick in der Schweiz laufenden Forschungen hierzu orientieren kann (BUWAL, BWW & BRP in Vorb.).

Sturzprozesse (Steinschlag, Felssturz, Bergsturz)

Entsprechend der sehr variablen Intensität und Wiederkehrdauer unterschiedlicher Sturzprozesse ist deren Bedeutung für die Gefahrenzonenplanung sehr differenziert zu sehen.

Zwar lassen sich die Wirkungsräume von Steinschlag- und Felssturzprozessen relativ gut abgrenzen (siehe z.B. Meißl 1997), doch ist die Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Felsstürzen ein praktisch ungelöstes Problem, so daß die Ausweisung von Gefahrenzonen entsprechend schwierig ist. Noch verstärkt wird dieses Problem bei Bergstürzen, die aufgrund ihres meist nur einmaligen Auftretens (Jahrtausendereignis) praktisch nicht längerfristig vorhersagbar sind. Da andererseits aber die große Prozeßintensität eigentlich jede Art der Nutzung verbieten würde und gleichzeitig aktive technische Schutzmaßnahmen kaum möglich sind, stellen Bergstürze einen kaum lösbaren Problemfall kommunaler Gefahrenzonenplanung dar.

Sowohl in Frankreich als auch in der Schweiz ist prinzipiell die Integration von Bergstürzen in die Gefahrenzonenplanung vorgesehen. Bisher gibt es jedoch nur in den französischen Alpen (La Séchilienne) einen Präzedenzfall, bei dem in einem Gefahrenzonenplan das Bergsturzsrisiko berücksichtigt wurde (Antoine et al. 1987). Die planerische Konsequenz bestand in diesem Fall in der Umsiedlung eines ganzen Ortsteils.

Steinschlag- und Felssturzprozesse werden mit Ausnahme der Gefahrenzonenplanung in Österreich in allen Gefahrenzonenkonzepten berücksichtigt.

Rutsch- und Kriechprozesse (Rutschung, Erd-/Schuttstrom, Talzus Schub)

Langsame Massenbewegungsprozesse sind im Alpenraum weit verbreitete Erscheinungen, von denen eine erhebliche Objektgefährdung ausgehen kann. Rutsch- und Kriechprozesse können zwei verschiedene Auswirkungen auf Objekte haben (Kienholz 1996):

- Entweder befindet sich das Objekt (z.B. ein Haus) auf einem Rutsch-/Kriechkörper und wird durch differentielle Bewegungen in Scherbereichen innerhalb oder am Rand der bewegten Masse beschädigt oder zerstört,
- oder das Objekt befindet sich in der Bewegungsbahn einer abgleitenden Masse.

Das mögliche Ausmaß der Schäden durch Rutsch- und Kriechprozesse reicht von geringfügigen Beeinträchtigungen bis hin zum Einsturz von Gebäuden. Die Wahrscheinlichkeit der Beschleunigung einer permanenten Rutschung ist um so höher, je größer die mittlere Bewegungsgeschwindigkeit ist. Aufgrund von langen Vorwarnzeiten bei Rutschungen kann eine Gefährdung von Personen jedoch fast immer ausgeschlossen werden.

Rutschungen werden in Österreich nur als Hinweisbereiche in den Gefahrenzonenkarten berücksichtigt. In der Schweiz, in Frankreich und in Liechtenstein wird ihnen dagegen in vollem Umfang Rechnung getragen, d.h. sie werden bei der Ausweisung von Gefahrenzonen berücksichtigt.

4.5 Zonierung

Für die Umsetzung in der Planung ist die Unterteilung des breiten Spektrums möglicher Intensitäten und Eintretenswahrscheinlichkeiten der Gefahrenprozesse in wenige Klassen erforderlich. Dabei entsprechen die Klassengrenzen Grenzwerten für Ge- und Verbote, die durch gesetzliche Vorschriften klar geregelt sein müssen. Grundsätzlich besteht dabei die Möglichkeit,

- Planungsvorhaben (z.B. Bautätigkeit) in extrem gefährdeten Bereichen zu verbieten oder stark einzuschränken,
- sie in weniger gefährdeten Bereichen nur unter Sicherheitsauflagen (z.B. stärkere Mauern, Schutzraum) zuzulassen oder
- in Bereichen geringer Gefährdungen auf diese hinzuweisen.

Hieraus ergibt sich eine Differenzierung und Ausweisung von drei Zonen unterschiedlicher Gefährdung, wie dies in verschiedenen Konzepten im Alpenraum üblich ist (vgl. Belitz et al. 1997). Daneben wird eine vierte Zone ausgewiesen, die Flächen umfaßt, bei denen die Analyse im Rahmen der Erstellung des Gefahrenzonenplans keine Anzeichen von gefährdenden Prozessen ergab. Ein im alpinen Gelände immer vorhandenes Restrisiko bleibt jedoch auch hier bestehen (BFF & EISLF 1984). Solche Flächen müssen sich jedoch von nicht bearbeiteten Flächen, die weiß bleiben, klar unterscheiden lassen. Diese vier Zonen können folgendermaßen charakterisiert werden:

- Verbotzone mit starken Einschränkungen
- Gebotszone mit Auflagen
- Hinweiszone ohne Auflagen
- Zone ohne nachweisbare Gefahr

Verbotzone (rot)
Gebotszone (orange)
Hinweiszone (gelb)
Keine Gefährdung nachgewiesen (grün)

Aus farbologischen Gründen *Abb. 2: Vorgeschlagenes 4-Zonen-Konzept* eignet sich für diese vier Zonen,

wie dies z.B. bei der *Carte ZERMOS* praktiziert wurde, die Verwendung von Rot-, Gelb- und Grüntönen (siehe Abb. 2), die den allgemeinen Farbassoziationen menschlichen Sicherheitsempfindens (siehe Ampel) entsprechen. Die Verwendung der Farbe Blau, mit der beispielsweise beim französischen PER-Konzept und unterschiedlichen Konzepten in Schweizer Kantonen Zonen ausgewiesen werden, erscheint dabei weniger sinnvoll. Es erscheint ebenfalls unsinnig, einen untersuchten und als ungefährdet bewerteten Bereich weiß zu kennzeichnen, wie dies in vielen Konzepten der Fall ist. Durch die grüne Einfärbung von Flächen wird klar zum Ausdruck gebracht, daß es sich im Gegensatz zu den weißen, nicht bearbeiteten Bereichen um untersuchte Areale handelt.

Die Abgrenzung der Gefahrenzonen muß so weit als möglich nach objektiven, d.h. nachvollziehbaren, Kriterien erfolgen. Dazu sind Intensitäts- und Häufigkeitsgrenzwerte notwendig, die eine Vergleichbarkeit der Bewertung unterschiedlicher Gefahrenprozesse untereinander gewährleisten (siehe Kap. 4.6.3).

4.6 Erstellungsverfahren

4.6.1 Datenebenen und -erfassung

Folgende Datenebenen bilden die Grundlagen für die Erstellung eines Gefahrenzonenplans (siehe Abb. 1):

- Flächenhafte thematische Grundlagenkartierungen,
- Datenbanken,
- topographische Daten sowie
- Modellierungen (siehe Kap. 4.6.3)

Angesichts der Tragweite, die sich aus der Abgrenzung von Gefahrenzonen ergibt, ist bei allen Datenerfassungen eine systematische, methodisch fundierte und richtlinien-gestützte Vorgehensweise notwendig, um den Qualitätsanforderungen an ein derartiges Planungsinstrument gerecht zu werden (siehe Kap. 3.2).

Bei der Diskussion von Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten muß Klarheit über die Tatsache herrschen, daß die Qualität der Eingangsdaten die Qualität der Gefahrenbewertung und daraus folgend auch die Akzeptanz eines Gefahrenzonenplans bestimmt. Dies gilt vor allem im Hinblick auf die Aussagekraft von Berechnungen oder Modellierungen, deren Richtigkeit nicht nur durch die zugrundegelegten Algorithmen sondern im wesentlichen Maße durch geeignete, präzise Eingangsdaten bestimmt wird.

Thematische Grundlagenkartierung

Zur Charakterisierung von Herkunfts-, Transit- und Ablagerungsbereichen bekannter sowie potentieller Gefahrenereignisse sind umfangreiche Informationen zur Naturraum- und Kulturräumausstattung flächendeckend zu erheben. Folgende Kartierungen sind als Grundlage für eine Gefahrenbewertung und Gefahrenzonenausweisung erforderlich:

- geologisch-geotechnische Kartierung (Verbreitung der Gesteine, tektonische Strukturen etc.) zur Festlegung der Fest- und Lockergesteinseigenschaften;
- geomorphologische Kartierung (Formenschatz, aktuelle Geomorphodynamik, stumme Zeugen) zur Lokalisierung von relevanten Lockermaterialkörpern und als Grundlage für die Dimensionierung früherer Ereignisse;
- Kartierung des Gewässernetzes (Gerinne, Vernässungen, Quellen etc.) als Grundlage für die hydrologische Beurteilung;
- Vegetationskartierung incl. Erfassung des Waldzustands zur Beurteilung der Schutzfunktion;
- Flächennutzungskartierung (z.B. Siedlungen, Infrastruktur) als Grundlage für die Beurteilung des Schadenspotentials;

- Kartierung und Bewertung der Schutzbauten (zur Beurteilung prozeßhemmender Faktoren).

Da in der Regel in Bereichen, in denen in der Vergangenheit verstärkt Gefahrenprozesse aufgetreten sind, auch in Zukunft mit ähnlichen Prozessen gerechnet werden muß, ist die Erfassung und Bewertung „*stummer Zeugen*“ im Sinne von Aulitzky (1973) von zentraler Bedeutung. Eindeutig rekonstruierbare Naturereignisse haben bei der Gefahrenbewertung einen höheren Evidenzgrad als modellierte Prozesse. Aus der Naturraumausstattung bekannter Gefahrenflächen, die z.B. durch ein Dispositionsmodell ermittelt wird, können zudem wichtige Schlüsse für die Identifikation weiterer kritischer Bereiche gezogen werden.

Die Anwendung landschaftsgeschichtlicher Arbeitsmethoden (z.B. Auswertung historischer Quellen, Dendrochronologie) ermöglicht eine zeitliche Einordnung von Ereignissen der Vergangenheit, wodurch die Abschätzung der Wiederkehrdauer/Eintretenswahrscheinlichkeit erleichtert bzw. erst ermöglicht wird. Gerade auch im Hinblick für die Erstellung von Ereigniskatastern (siehe unten: Datenbanken) ist dies von Bedeutung.

Vorarbeiten

Bei der Erarbeitung von Grundlagenkartierungen sind zunächst alle bereits vorhandenen Datengrundlagen zu erheben, zu systematisieren und dahingehend zu sichten, inwieweit sie zur Erfassung und Bewertung der Gefahrensituation beitragen können. Wichtig ist hier vor allem die Auswertung bisheriger Gefahrenereignisse anhand von historischen Quellen und Katastern. Vor den Kartierungen im Luftbild und im Gelände können auf diese Weise bekannte Gefahrenflächen lokalisiert werden, die dann bei weiteren Erhebungen besonders intensiv bearbeitet werden.

Durchführung der Kartierungen

Als Grundlage für jede Felderhebung sollen Vorkartierungen aus Luftbildern erfolgen, wobei sich - als Idealforderung - die parallele Interpretation von panchromatischen SW-Bildern und Farbinfrarot-Bildern empfiehlt. Zur Minimierung möglicher Ungenauigkeiten bei der Kartierung hat sich dabei die Umwandlung der analogen Bilder in digitale Orthophotos bewährt. Voraussetzung hierfür ist ein hochauflösender Scan sowie ein qualitativ hochwertiges Digitales Geländemodell (siehe unten).

Durch diese Art der Vorkartierung sowie durch Geländeüberprüfung mit direkter Ortsaufzeichnung durch ein hochwertiges *global positioning system* (GPS) entfällt die Schwierigkeit der Positionsbestimmung in der Grundkarte, die vor allem im Bergwaldbereich sowie bei oftmals nicht sehr reliefgetreuem Höhenlinienverlauf der Kartengrundlage auftritt. Trotz dieser neuen Möglichkeiten ist ein möglichst detailgenauer Höhenlinienplan die unverzichtbare Grundlage für alle Kartierungen.

Aufbereitung von Kartierungen

Die logische und zeitgemäße Weiterverarbeitung einer derartigen Datenerfassung erfolgt mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (siehe Kap. 4.6.4).

Datenbanken

In Datenbanken werden Sachinformationen, die punktuell gemessen werden, bzw. deskriptive Informationen erfaßt und gespeichert. Dies sind beispielsweise Klima- und Abflußdaten sowie Ereigniskataster, die über Gefahrenprozesse in der Vergangenheit berichten.

Ereigniskataster beinhalten in systematischer Form gezielte qualitative und quantitative Informationen zu einzelnen Ereignissen bestimmter Gefahrenprozesse, die gerade im Hinblick auf die Ermittlung von Eintretenswahrscheinlichkeiten von Bedeutung sind. Diese Kataster sind einerseits rückwirkend aufzustellen sowie nach entsprechenden Ereignissen fortzuführen (siehe z.B. Krummenacher et al. 1996). Bei der Bewertung von Hinweisen über frühere Ereignisse von Gefahrenprozessen sind seither erfolgte natürliche oder/und künstliche Veränderungen von Rahmenbedingungen (z.B. Waldsukzession, Schutzbauten) zu beachten.

Bei den historischen Ereignissen sind möglichst folgende von Heinimann (1996) geforderten Minimalinhalte zu erfassen:

- Prozeßtypen, d.h. Untergliederung in die Prozeßgruppen Lawinen, Hochwasser/Murgänge, Rutschungen und Sturzprozesse,
- Prozeßhäufigkeit,
- Prozeßwirkung (Wirkungslinie im Auslaufgebiet) sowie
- Schadenswirkung (Differenzierung nach Personen-, Sach- und Naturschäden).

Topographische Information

Das Relief spielt bei allen Naturgefahrenprozessen eine wesentliche Rolle für Auslösung, Ablauf und Intensität. Eine möglichst genaue Kenntnis der Topographie ist im Rahmen der Bewertung des Gefährdungspotentials daher von grundlegender Bedeutung:

- In Form eines großmaßstäbigen Höhenlinienplans mit geringer Äquidistanz bietet sie eine Kartiergrundlage, die für alle Geländeaufnahmen unbedingt erforderlich ist (siehe oben). Nur auf einer entsprechend detaillierten Kartiergrundlage, in der kleinräumige Reliefelemente enthalten sind, können Aufnahmen in entsprechender Genauigkeit erfolgen.
- Als digitales Geländemodell (DGM) ist sie wesentliche Grundlage sowohl von Dispositionsmodellen, bei denen nur bei entsprechend genauer Information über topographische Parameter (Ableitung von Neigung, Exposition, Höhenlage) in Verknüpfung mit anderen Datengrundlagen richtige Parameterkombinationen abgeleitet werden können. Auch bei Prozeßmodellen, bei denen der Ablauf und die Richtung des untersuchten Prozesses eben von diesen topographischen Ableitungen, hier vor allem der Neigung gesteuert wird, ist die exakte Geländeaufnahme unerläßliche Grundlage (siehe Kap. 4.6.3).

In den Alpenländern gibt es derzeit weder eine für den angestrebten Kartiermaßstab von 1 : 5 000 ausreichend genaue topographische Kartiergrundlagen noch ein entspre-

chend hochgenaues, hochauflösendes DGM. In bestehenden Karten sind vor allem in den ausgedehnten Bergwaldbereichen die für die Gefahrenerfassung- und -bewertung relevanten Reliefelemente, wie kleine Stufen oder Geländekanten, Gerippe- oder Gerinnelinien, häufig nicht erfaßt. Da vorhandene digitalen Geländemodelle in der Regel auf diesem wenig exakten Kartenmaterial beruhen, sind damit für eine Prozeßmodellierung nicht akzeptable Ungenauigkeiten verbunden. Die größten Abweichungen von der tatsächlichen Reliefsituation mit Höhenfehlern bis zu einer Größenordnung von 10 m treten dabei im steilen Bergwaldbereich auf (Maukisch et al. 1996).

Als unbedingte Voraussetzung für die Erstellung von Gefahrenzonenplänen muß deshalb die Aufnahme eines hochauflösenden, hochgenauen digitalen Geländemodells gesehen werden, das auch die Grundlage für eine großmaßstäbige, detaillierte Grundkarte darstellt.

In den letzten Jahren wurde die Erstellung von digitalen Geländemodellen durch die Entwicklung neuer Technologien, wie dem Laser-Scan-Verfahren und der Radarinterferometrie entscheidend weiterentwickelt. Dadurch wurde sowohl die Dichte der Höhenmeßpunkte um ein Vielfaches erhöht als auch deren absolute Lagegenauigkeit maßgeblich verbessert, wobei gleichzeitig die Erstellungskosten deutlich verringert wurden.

Dabei hat sich insbesondere das Laser-Scan-Verfahren auch im alpinen Bereich bereits bewährt. Diese Technik ermöglicht die Durchdringung von Vegetationsschichten und damit auch die topographische Aufnahme der realen Geländeoberfläche in Waldgebieten. Im Rahmen des Entwicklungsvorhabens „Integrales Lawinenschutzkonzept“ wurde im bayerischen Alpenraum die Genauigkeit und Leistungsfähigkeit des Laser-Scan-Verfahrens aufgezeigt (Belitz et al. 1996).

4.6.2 Beteiligte Fachdisziplinen

Die Entscheidung, welche Fachdisziplinen am Verfahren der Gefahrenzonenplanung beteiligt werden sollen, ist von zentraler Bedeutung. Sie steht einerseits in direktem Zusammenhang mit der Verschiedenheit der zu berücksichtigenden Gefahrenprozesse (siehe Kap. 4.4), andererseits ist die Komplexität der zu beurteilenden Landschaftssysteme zu sehen.

In den Alpenländern, die schon seit längerer Zeit eine Gefahrenzonenplanung durchführen (Österreich, Frankreich), sind auch in der Gegenwart zum einen die ursprünglich verantwortlichen Fachbereiche/Behörden (Ingenieur- bzw. Forstwissenschaft, Geologie) und zum anderen entsprechend traditionelle Arbeitsmethoden bestimmend. In Österreich erfolgt die Gefahrenbeurteilung aufgrund der traditionellen Beschränkung auf „forstliche Naturgefahren“ in der Gefahrenzonenplanung sowie der speziellen Ausbildungssituation der Planverfasser im wesentlichen durch einen einzelnen Spezialisten. Da dabei Modellierungen nur in Einzelfällen zum Einsatz kommen, beruht die Gefahrenbeurteilung, die durch die Ermittlung des Bemessungsereignisses bestimmt wird, auf der fachlichen Kompetenz des einzelnen Planverfassers, die in starkem Maße

von dessen individueller Erfahrung und subjektiver Einschätzung abhängt. Nachvollziehbarkeit und damit Qualitätskontrolle dieser Entscheidungsprozesse sind daher nur eingeschränkt möglich.

Der Überblick über unterschiedliche Gefahrenzonenkonzepte in den Alpenländern (Belitz et al. 1996) zeigt folgendes: Je länger Konzepte schon Bestand haben (Österreich und aufgrund der aufbauenden Entwicklung durchaus auch Frankreich), um so stärker wird das Verfahren von einer Fachdisziplin dominiert. In jüngeren Konzeptionen wird dagegen dem generell interdisziplinären Charakter der Gefahrenprozesse und der Gefahrenzonenplanung Rechnung getragen.

Neuere Konzepte zur Gefahrenzonenplanung, wie in der Schweiz (siehe Kap. 2), bauen auf diesen Erfahrungen auf und haben das Spektrum der Gefahrenprozesse ausgedehnt. Dabei werden entsprechend erweiterte, zeitgemäße analoge und in zunehmendem Maße digitale Erfassungs- und Bewertungsmethoden eingesetzt (z.B. Bollinger & Krummenacher 1996, Hegg 1996, Krummenacher 1996, Mani 1996). Durch steigende Ansprüche wird vermehrt interdisziplinäres Wissen von erfahrenen Spezialisten benötigt. Vor allem in der Schweiz gewährleistet die Zusammenarbeit von Fachleuten unterschiedlicher Ausbildungsrichtung in Behörden, an Universitäten sowie in spezialisierten Privatbüros eine Optimierung hinsichtlich fachlichem und methodischem Wissen. Durch die Beteiligung von Universitätsinstituten ist ein Input des aktuellen Forschungsstandes (z.B. Modellieransätze, Möglichkeiten zur DGM-Erstellung, GIS-Technologie) gesichert, der von erfahrenen Praktikern dann in das Gefahrenzonenverfahren einfließen kann.

Hierbei ist jedoch auch zu bedenken, daß gerade bei ungenügender Datenlage eine verantwortungsvolle Entscheidung nach Erfahrung und „Fingerspitzengefühl“ eines Spezialisten vielleicht nicht vollständig nachvollziehbar aber doch qualitativ besser sein kann als die Anwendung von nachvollziehbaren Berechnungen und Modellen, denen die entscheidende Grundlage, nämlich hochwertige Eingangsdaten, fehlen. Es muß deshalb angestrebt werden, eine ausgewogene Kompromißlösung zu finden, bei der zum einen Bewertungen von einem interdisziplinären Fachgremium nachvollziehbar und nach modernsten Methoden getroffen werden, zum anderen aber genügend Raum gewährt wird für den Einsatz nicht meßbarer, aber unersetzlicher persönlicher Erfahrung und Gefühl für Prozesse in der Natur, die sich in letzter Instanz nicht berechnen und vorhersagen lassen.

Im Rahmen einer möglichst umfangreichen Gefahrenbeurteilung und -erfassung, die alle in Frage kommenden Gefahrenprozesse berücksichtigt (siehe 4.4), wird deshalb die Zusammenstellung einer interdisziplinären Fachgruppe unter Einbeziehung folgender Fachrichtungen gefordert:

- Bauingenieurwesen
- Forstwissenschaften
- Geophysik
- Gewässerkunde und Hydraulik
- Vegetationskunde
- Bodenkunde
- Geomorphologie
- Geotechnik
- Lawinenkunde

Die fachlichen Anforderungen können nur durch das Zusammenwirken eines entsprechenden interdisziplinären Teams abgedeckt werden, das sich aus den Berufsgruppen Bauingenieur, Forstingenieur, Geograph sowie Geologe zusammensetzt. Bei Bedarf müssen für spezielle Fragestellungen zusätzlich weitere Spezialisten hinzugezogen werden.

4.6.3 Gefahrenbewertung

Die Gefahrenbewertung setzt sich zusammen aus der Einzelgefahrenbewertung, der synthetischen Gefahrenbewertung und der daraus resultierenden Zonenabgrenzung, die schließlich Grundlage für die planerische Umsetzung ist.

Allgemein anerkannte Grundlage der Gefahrenbewertung sind Intensitäts-Wahrscheinlichkeits-Diagramme, die bei der Gefahrenzonenplanung in verschiedenen Alpenländern in unterschiedlichen Versionen Anwendung finden (siehe z.B. Rickli 1994, Kienholz 1996). Die eigentliche Gefahrenbewertung bestimmt den Grad der Gefährdung als Funktion von Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit potentiell gefährlicher Prozesse und damit auch rechtsverbindliche Ge- und Verbotszonen.

Das Schadensausmaß eines einzelnen Ereignisses wird dabei vom Schadenspotential und der Intensität des gefährlichen Prozesses bestimmt.

Für die Gefahrenzonenplanung in der Schweiz wurden von der interdisziplinären Arbeitsgruppe Naturgefahren (vgl. Kienholz 1996) für verschiedene Gefahrenarten

Gefahrenart	Maß der möglichen Wirkung	starke Intensität	mittlere Intensität	schwache Intensität
Lawinen	Lawinendruck	$P > 30 \text{ kN/m}^2$	$30 \geq P \geq 3 \text{ kN/m}^2$	$p < 3 \text{ kN/m}^2$
Steinschlag	kinetische Energie	$E > 300 \text{ KJ}$	$100 \text{ KJ} \geq E \geq 10 \text{ KJ}$	$E < 10 \text{ KJ}$
Felssturz, Bergsturz	kinetische Energie, Masse und Volumen	$E > 300 \text{ KJ}$ immer erfüllt	-	-
Hochwasser	Überschwemmungshöhe (h), Fließgeschwindigkeit (v)	$h > 2 \text{ m}$ oder $v > 2 \text{ m/s}$	$2 \text{ m} \geq h \geq 0,5 \text{ m}$ oder $2 \text{ m/s} \geq v \geq 0,5 \text{ m/s}$	$h < 0,5 \text{ m}$ oder $v < 0,5 \text{ m/s}$
Übermürung	Geschwindigkeit (v) und Mächtigkeit (h) der fließenden Massen	$v > 1 \text{ m/s}$ und $h > 1 \text{ m}$	$v \leq 1 \text{ m/s}$ oder $h \leq 1 \text{ m}$	-
Rutsch- und Kriechprozesse	Anhaltspunkte: Geschwindigkeit (v) und Volumen (V) der Rutschmasse	Scherbereiche spontan, schnell $V > 1000 \text{ m}^3$	permanent: $v = \text{dm/Jahr}$; spontan, schnell $1000 \text{ m}^3 \geq V \geq 100 \text{ m}^3$	permanent: $v = \text{cm/Jahr}$ $V < 100 \text{ m}^3$
Zone		rot	orange	gelb

Tab. 1: Vorgeschlagene Intensitätsgrenzwerte für die Abgrenzung von Gefahrenzonen (verändert nach Kienholz 1996:54)

Intensitätsgrenzwerte festgelegt, die sich zum Teil bereits bewährt haben, zum Teil (insbesondere im Bereich Rutschung) jedoch noch in Diskussion sind. Auch wenn alle Grenzwerte nur als grobe Richtwerte für die Größenordnung der einzelnen Gefahrenarten zu sehen sind, spiegelt dieses Abgrenzungsschema den aktuellen Forschungsstand im Alpenraum am besten wider und ist am weitesten ausgereift. Es wird deshalb als Diskussions- und Arbeitsgrundlage für die Abgrenzung von Gefahrenzonen im Alpenraum vorgeschlagen (siehe Tab. 1).

Als zusätzliches Maß für die Beurteilung wird die Eintretenswahrscheinlichkeit eines Prozesses bzw. dessen Wiederkehrdauer verwendet.

Angesichts der Lebenserwartung vieler Sachwerte und Gebäude (üblicherweise etwa 100 Jahre) werden im Rahmen der Gefahrenzonenplanung üblicherweise potentiell gefährliche Prozesse mit einer Wiederkehrdauer von weniger als 300 Jahren berücksichtigt (z.B. BWW & BUWAL 1996). Zur Abgrenzung der verschiedenen Gefahrenzonen bieten sich damit Grenzwerte von etwa 10 und 100 Jahren an. Ereignisse mit einer Wiederkehrdauer von mehr als 100 Jahren sind aufgrund ungenügend weit zurückreichender Ereigniskataster jedoch schwer zu ermitteln und müssen daher meist geschätzt werden.

Einzelgefahrenbewertung

Um die Nachvollziehbarkeit und sachliche Richtigkeit der Gefahrenbewertung einzelner Prozesse gewährleisten zu können, muß diese in reproduzierbarer Weise erfolgen. Entsprechend dieser Forderung ist die Reichweite und Intensität gefährlicher Prozesse mit Hilfe von Modellierungen oder empirischen Berechnungsverfahren zu ermitteln.

Für die Einzelbewertung von Gefahrenprozessen kommen konzeptionelle und mathematische Modelle im Sinne von Hugget (1985) in Frage. Bei den ersten handelt es sich speziell um Dispositionsmodelle, bei denen durch Parameterkombinationen (Verschneidung im GIS), die charakteristisch für potentiell gefährliche Prozesse sind, gefährdete Bereiche durch Extrapolation ausgewiesen werden können. Als Beispiel für mathematische Modelle sind Prozeßmodellierungen zu nennen, bei denen der Ablauf eines geomorphodynamischen Prozesses durch Gleichungen beschrieben wird.

Das Spektrum der vorliegenden Berechnungsverfahren und Modellvorstellungen ist bei den einzelnen Gefahrenarten unterschiedlich groß:

Aufgrund der langjährigen intensiven Grundlagenforschung in Bereich der Lawinen liegt heute eine Vielzahl von Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Lawinenreichweite und -druck vor (siehe z.B. Bachler et al. 1991, Bakkehøi et al. 1982, Buser & Frutiger 1980, Föhn & Meister 1981, Laatsch et al. 1981, Lied et al. 1995, Salm et al. 1990, Schaffhauser 1996, Zenke & Hildebrandt 1983).

Auch im Bereich der Modellierung von Überflutungsflächen durch Hochwasser sowie der Geschiebeführung von Hochwasser gibt es viele Ansätze (z.B. Aulitzky 1975, Bathurst et al. 1987, Jäggi 1984, Kölla 1987, Lehmann 1993, Naef & Faeh 1992, Rickenmann 1990, Wundt 1965).

Zur Berechnung der Reichweite von Steinschlag- und Felssturzprozessen gibt es seit kurzem mehrere Modellansätze (z.B. Gerber 1994, Krummenacher 1996, Meißl 1997). Die von Sturzprozessen bedrohten Bereiche werden dabei grundsätzlich mit statischen (z.B. Pauschalgefälle) oder dynamischen Modellen (Trajektorienmodelle) bestimmt.

Die Schwierigkeiten bei den Modellen zum Ablauf und zur Ablagerung von Murgängen (z.B. Hegg 1996, MacArthur et al. 1986, Mani 1996, Rickenmann 1991) liegen vor allem in der wechselnden Zusammensetzung der Feststoffkomponenten in Murgängen (Korngrößen, Totholzanteil), wodurch das Fließverhalten sehr unterschiedlich und oft zufallsbestimmt ist.

Bisher wird in keinem der Alpenländer die Wahl eines bestimmten Berechnungsverfahrens festgeschrieben. Die Gefahrenbewertung hat aber „nach den Regeln der Kunst“, d.h. nach dem aktuellen Stand der wissenschaftlichen Forschung, zu erfolgen, wobei der Erfahrung und Ortskenntnis der Bearbeiter ein hoher Stellenwert zukommt.

Synthetische Gefahrenbewertung

Die synthetische Gefahrenbewertung bildet die Zusammenschau und Umsetzung aller Gefahrentypen und Einzelbewertungen sowie aller sonstiger Informationen über eine räumliche Einheit, die durch die Gefahrengrundlagen gegeben sind. Dieser Schritt wird nachvollziehbar, wenn im Gefahrenzonenplan kenntlich gemacht wird, welche Gefahrenart oder welche Kombination von Naturgefahren zur Ausweisung der jeweiligen Gefahrenzone geführt hat.

Im Rahmen bisheriger Gefahrenzonenkonzepte im Alpenraum erfolgt eine Summenbewertung der verschiedenen Gefahrenarten, wenn überhaupt, nur in Form einer synoptischen Darstellung; das heißt, die Kombinationswirkung der verschiedenen Gefahrenarten wird nicht berücksichtigt. Weist z.B. eine Fläche, was oft der Fall ist, eine Disposition für zwei oder mehr gefährliche Prozesse auf, so müssen diese alle bei der Festlegung der Gefahrenzone miteinfließen. Ein GIS stellt für die Bearbeitung dieser multiplen Gefährdung ein ideales Werkzeug dar.

Eine synthetische Gefahrenbewertung, also zum Beispiel die Verknüpfung von Hochwasser- und Murgefahren an einem Schwemmkegel bringt eine gewisse Subjektivität bei der Abwägung des Stellenwerts verschiedener Gefahrenarten mit sich. Daher ist es wichtig, daß die Bewertung von einem interdisziplinären Team erarbeitet wird. Generell ist die synthetische Gefahrenbewertung für alle Gefahrenzonenpläne zu fordern, weil die Gefährdung von Flächen oft erst durch die kombinierte Wirkung verschiedener Prozesse bedeutsam wird und daraus auch Nutzungseinschränkungen entstehen können.

Da eine wirkliche Summenbewertung der Kombinationswirkung verschiedener gefährlicher Prozesse im Alpenraum bisher nicht erfolgt, existieren auch keine objektiven, d.h. nachvollziehbaren, Kriterien oder Arbeitsmethoden für diese synthetische Bewertung. Aus dieser Situation resultiert intensiver Forschungsbedarf.

4.6.4 Geographisches Informationssystem (GIS)

Geographische Informationssysteme haben inzwischen weite Verbreitung in verschiedensten Anwendungsgebieten gefunden und sind in Zukunft als unersetzlicher Standard sowohl als Analyse- als auch als Präsentationsmethode für raumbezogene Daten zu sehen. Zunehmende Anwenderfreundlichkeit der Software, genereller Preisrückgang bei Hard- und Softwareprodukten sowie rasante Entwicklungen im Bereich der Kommunikationstechnologie werden in Zukunft dafür sorgen, daß geographische Informationssysteme in verstärktem Maße die Arbeitsweisen und -techniken einer modernen, bürgerfreundlichen Verwaltung bestimmen.

Im Rahmen einer effizienten Gefahrenanalyse bietet GIS vielfältige Vorteile (z.B. Egli 1996, Mani & Gerber 1992):

- Strukturierte Datenerfassung und Datenhaltung,
- Zusammenführung kohärenter Daten aus unterschiedlichen Quellen,
- Möglichkeit schneller, selektiver Zugriffe auf Daten,
- einfache Nachführung und Aktualisierung von Datenbeständen,
- Verknüpfung verschiedener Analysemethoden (z.B. Prozeßmodellierungen, statistische Auswertungen),
- Ableitung von Lageparametern wie Hangneigung, Exposition oder Höhenstufen als Bezugsbasis für weitergehende Analysen,
- hochwertige kartographische Präsentationsmöglichkeiten sowie
- einfache und kostengünstige Vervielfältigung von Karten.

Bezugssystem für den Aufbau einer raumbezogenen Datenbank ist im Rahmen der Gefahrenzonenplanung eine kommunale Einheit, wie z.B. das Gebiet einer Gemeinde.

In dieser Datenbank werden geocodierte (ortsbezogene) Raum- und Sachdaten in unterschiedlichen Informationsebenen (*coverages*) abgespeichert (siehe Abb. 3).

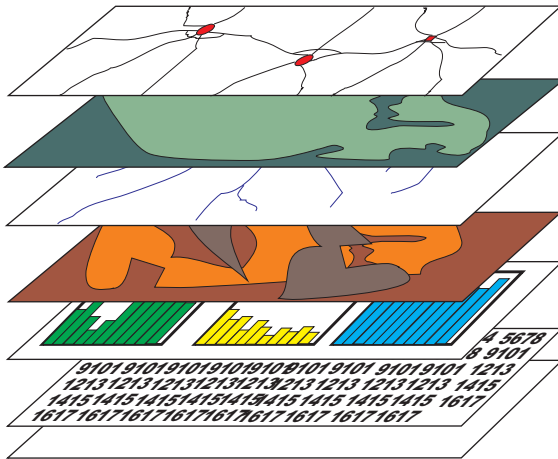


Abb. 3: Verknüpfung unterschiedlicher Grundlagendaten im GIS

Für die Darstellung von Zwischenschritten und Ergebnissen (z.B. der Einzelgefahrenbewertung) im Rahmen einer Gefahrenzonenplanung bietet ein GIS die Möglichkeit, Karten, Statistiken oder Tabellen anzufertigen oder digitale Ausgabeformen (z.B. Diskette, Magnetband, Internet) zu wählen. In verschiedener Art und Weise eröffnen sich dadurch zahl-

reiche Möglichkeiten des Informationss austausches. Liegen z.B. Flächennutzungspläne oder andere im Rahmen von Planungen relevante Daten ebenfalls digital vor, so lassen sich diese für Analyseprozesse sachlich sowie visuell schnell und in einfacher Weise verknüpfen. Dadurch ergeben sich umfangreiche Möglichkeiten der Zusammenarbeit sowie Verbesserungen von Planungsabläufen.

Hinsichtlich der in Kap. 4.2 aufgezeigten Anforderungen an einen Gefahrenzonenplan eröffnen sich mit Hilfe der GIS-Technologie hervorragende Umsetzungsmöglichkeiten:

Hohe räumliche Auflösung

Sind sämtliche Grundlagendaten in entsprechender Genauigkeit in einem GIS gespeichert, können z.B. im Rahmen des Bewertungsprozesses von Naturgefahren einzelne Bereiche visuell am Bildschirm oder auch als Ausdruck stufenlos vergrößert (gezoomt) werden.

Differenzierte Darstellung der Bewertungsqualität

Durch einfache Standardfunktionen können in einem GIS Flächeneinheiten mit beliebig vielen Sachinformationen aus unterschiedlichen Datenbanken verknüpft werden. Zudem kann durch zunehmend benutzerfreundliche Bildschirmoberflächen z.B. ein einfacher Zugriff auf diese Informationen ermöglicht werden.

Einheitlichkeit und Nachvollziehbarkeit

Komplexe Bewertungs- und Analyseprozesse, die sonst oft rein individuell von Planverfassern getroffen werden (siehe z.B. Gefahrenzonenplanung in Österreich), erfolgen digital, werden gespeichert und sind damit reproduzierbar. Individuelle und subjektive Einflüsse von einzelnen Bearbeitern werden dadurch reduziert oder zumindest aufgedeckt.

Aktualität

Mit geringem Aufwand können Gefahrenzonenpläne nachgeführt werden. Auch die Integration neuer Entwicklungen hinsichtlich Bewertungsmethoden, die in Zukunft zu erwarten sind (z.B. verbesserte Modellierungen), sowie Ergänzungen von Katasterdaten sind mit vertretbarem Aufwand nur bei digitaler Arbeitsweise machbar.

Lesbarkeit

Durch die ausgezeichneten Präsentationsmöglichkeiten moderner GIS-Systeme können hochwertige und damit gut verständliche Ausgabeprodukte (Karten, Diagramme) erstellt werden.

4.7 Organisationsstruktur

Um die Zielvorgabe der Einheitlichkeit sowohl bezüglich Inhalt, Verfahren und Darstellung erreichen zu können, muß eine zentrale Behörde auf Landesebene die Erstellung von Gefahrenzonenplänen koordinieren, die aus einem interdisziplinären Team verschiedener Fachspezialisten (siehe Kap. 4.6.2) gebildet wird. Neben der Zu-

sammenführung aller Grundlagendaten ist vor allem die Bewertung bis hin zur Erstellung des endgültigen Gefahrenzonenplans Aufgabe einer derartigen Kommission.

Die Erfassung der Grundlagendaten (siehe Kap. 4.6.1) kann dabei durchaus auch von Privatbüros durchgeführt werden. Die Vergabe einzelner Teilaspekte (Arbeitsschritte) an Privatbüros setzt jedoch klar und eindeutig definierte Vorgaben voraus, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten.

Die Umsetzung der Vorgaben eines Gefahrenzonenplans in der Bauleitplanung ist dann Angelegenheit der jeweiligen Gemeinde.

5 *Schlußbemerkung*

Die im Rahmen dieser konzeptionellen Überlegungen geäußerten Forderungen an Art und Weise der Gefahrenzonenplanung sind sicherlich als Idealvorstellungen zu verstehen. Aber die Forderungen hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit, Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit, Aktualität des Verfahrens, der hohen Qualität des Produkts werden als unverzichtbar gesehen und sind nur durch einen interdisziplinären Ansatz verwirklichtbar.

6 *Literatur*

- Ammer, U. (1989): Der Wald im Bayerischen Alpenraum. - Informationsbericht 4/89 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft: 11-28. München.
- Antoine, P. (1978): Glissements de terrains et aménagement de la montagne. - Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles, 74, 353: 1-14, Lausanne.
- Antoine, P. (1990): Cartographie du Risque Mouvement de Terrains. - Université européenne d'été sur les risques naturels - Session 1990: Mouvements de Terrain, Sion, 2.-15.9.1990. Sion.
- Antoine, P. (1991): Cartographie du risque mouvement de versant l'expérience française. - Unveröffentlichtes Manuskript.
- Antoine, P., Camporota, P., Giraud, A., Rochet, L. (1997): La menace d'éroulement aux Ruines de Séchilienne. - Bulletin liaison des laboratoires des ponts et chaussées, 150/151: 55-64. Paris.
- Aulitzky, H. (1973): Berücksichtigung der Wildbach- und Lawinengefahrgebiete als Grundlage der Raumordnung von Gebirgländern. - 100 Jahre Hochschule f. Bodenkultur, IV/2: 81-113. Ver. z. Förd. d. forstl. Forschung in Österreich. Wien.
- Aulitzky, H. (1975): Beurteilung und Ausscheidung der Gefahrenzonen in den Alpen einschließlich der Tallagen. - Int. Symposium INTERPRAEVENT 1975 - Innsbruck, I: 159-187. Klagenfurt.
- Bachler, G., Brandstätter, W., Emmemoser, A., Emmemoser, C., Mayer, R., Pachler, K., Stefan, H., Wieser, K.. (1991): FIRE Instruction Manual, Version 3.3. Graz.
- Bakkehoi, S., Domaas, U., Lied, K. (1982): Berechnung der Auslaufängen von Lawinen. - Wildbach- und Lawinenverbau, 49. Jg. H. 101, Nov. 1985: 119-144..
- Banzer, E.. (1994): Gefahrenkartierung Fürstentum Liechtenstein. - unveröffentlichtes Arbeitspapier. Birmensdorf.
- Baroni, D. (1992): Aperçu sur les politiques cantonales de prévention et de lutte contre les catastrophes naturelles de quelques cantons alpins (Grison, Tessin, Uri, Valais, Vaude). - Bern.
- Bathurst, J.C., Graf, W.H., Cao, H.H. (1987): Bed load discharge equations for steep mountain rivers. - In: Thorne, C.R., Bathurst, J.C., Hey, R.D. (Hrsg.): Sediment Transport in Gravel-Bed Rivers. 453-491. Chichester.

- Baumann, R., Buri, H. (1994): Erfahrungen mit den Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr. - Informationshefte Raumplanung, 1: 29-30. Bern.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1990): Schneebewegungen und Lawinentätigkeit in zerfallenden Bergwäldern. Fallstudie für den Landkreis Oberallgäu. - Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft 3/90. München.
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (1996): Abfluß- und Abtragsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten. Grundlagen zum integralen Wildbachschutz. - Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 27. München.
- Belitz, K., Frisch, U., Maukisch, M., Stötter, J., Baume, O. (1997): Entwicklung eines Konzepts für einen Gefahrenzonenplan für Gemeinden des bayerischen Alpenraums - Recherche zu Konzepten im österreichischen, schweizerischen, französischen, italienischen und bayerischen Alpenraum und Konzeptvorschlag. - Studie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Institut für Geographie der Ludwig-Maximilians-Universität München.
- Bergthaler, J. (1975): Grundsätze bei der Erarbeitung von Gefahrenzonenplänen in Wildbächen der Nördlichen Kalkalpen und der Grauwackenzone. Österr. Wasserwirtschaft 27, 7/8: 160-168, Wien.
- Besson, L. (1985): Les risques naturels. - Révue de la Géographie Alpine, 73, 3: 321-333. Grenoble.
- Bollinger, D., Krummenacher, B. (1996): Rutschungen, Bodenabsenkungen. - Kursunterlagen FAN-Kurs. Lenk.
- Bundesamt für Forstwesen (BFF), Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung (EISLF) (1984): Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Davos, Bern.
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Raumplanung (1997): Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen. - Bern.
- Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (1995): Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene. - Bern.
- Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (1996): Berücksichtigung der Hochwassergefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Empfehlungen. - Bern.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft (1989): Richtlinien für die Gefahrenzonenplanung. - Wien.
- Bunza, G. (1989): Abtrag in Wildbachgebieten. - Informationsberichte Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, 4/89. Schutz vor Wildbächen und Lawinen. Auswirkungen der Waldschäden: 81-89. München.
- Bunza, G. (1992): Die Erfassung des aktuellen Abtragsgeschehens mit Hilfe geomorphologischer Kartierungen zur Beurteilung von potentiellen Gefahrenräumen. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1992 - Bern, 6: 213-235, Klagenfurt.
- Bunza, G., Karl, J., Kraus, O. (1988): Veränderungen der Wildbachgefährdungen und deren Klassifizierung bei größeren Waldverlusten. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1988 - Graz, Tagungspubl. 1: 15-49. Graz.
- Buser, O., Frutiger, H. (1980): Über maximale Auslaufstrecken von Lawinen und die Bestimmung der Reibungswerte m und z . - Internationales Symposium INTERPRAEVENT, Band 3: 125-134. Klagenfurt.
- Choquet, A. (1995): Recherche d'une Méthodologie adaptée à l'Elaboration de Cartes Multirisques. - unveröffentlichte Diplomarbeit, CEMAGREF, Division Nivologie. Grenoble.
- Danz, Walter (1990): Vorstellung des CIPRA-Leitbildes für eine Alpenkonvention. - Nationalparke: Ihre Funktionen in vernetzten Systemen - Anspruch und Wirklichkeit. CIPRA Schriften 1990/7. Wien.
- Danz, W., Ortner, S. (1993): Die Alpenkonvention - eine Zwischenbilanz. Ergebnisse der Jahressachkonferenz 01.-03.10.1992 in Schwangau. Vaduz.
- Egli, T. (1996): Hochwasserschutz und Raumplanung. Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung - dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen. - ORL-Bericht 100/1996. Zürich.
- Föhn, P., Meister, R. (1981): Determination of avalanche magnitude and frequency by direct observation and/or with aid of snowcover data. - IUFRO/FAO collegium on research on small torrential watersheds (incl. avalanches). - Grenoble.

- Forstliche Arbeitsgruppe Naturgefahren (FAN) (1994): Unterlagen zum Kurs „ganzheitliche Gefahrenbeurteilung“ der Forstlichen Arbeitsgruppe Naturgefahren, Oktober 1994. - Poschiavo.
- Forstliche Arbeitsgruppe Naturgefahren (FAN) (1996): Ausschnitt aus der Gefahrenhinweiskarte Kanton Bern 1 : 25000 a) Sturz und Rutsch b) Murgang und Lawinen.- FAN-Herbstkurs 1996. Lenk.
- Frutiger, H. (1980): Schweizerische Lawinengefahrenkarten. - Tagungsband Interpraevent 1980, 3: 135-143. Klagenfurt.
- Gerber, W. (1994): Beurteilung des Prozesses Steinschlag. - Kursunterlagen FAN-Kurs 1994. Poschiavo.
- Hegg, C. (1996): Zur Erfassung und Modellierung von gefährlichen Prozessen in steilen Wildbacheinzugsgebieten. - Geographica Bernensia, G 51. Bern.
- Heinmann, H.-R. (1995): Gefahrenkataster - Ereigniskataster. - Kursunterlagen Fan-Herbstkurs 1996. Lenk.
- Hugget, R.J. (1985): Earth Surface Systems. - Berlin.
- Humbert, M. (1977a): La Cartographie en France des Zones Exposées à des risques liés aux Mouvements du Sol-Cartes ZERMOS. - Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, 16: 80-82, Krefeld.
- Humbert, M. (1977b): La cartographie ZERMOS. Modalités d'établissement des cartes des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol. - Bulletin du B.R.G.M. (deuxième série) Section 3, 1/2: 5-8. Paris.
- Jäggi, M. (1984): Bestimmung der Feststofftransportkapazität in Steilgerinnen. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT, Bd. 1: 113-121. Villach.
- Kanton Uri (1992): Richtlinie für den Hochwasserschutz. - Altdorf.
- Kienholz, H. (1993): Naturgefahren - Naturrisiken im Gebirge - Naturgefahren. Forum für Wissen, 1993: 7-21, Birmensdorf. Davos.
- Kienholz, H. (1996): Gefahrenkarten: Massgebliche Parameter und Kriterien zur Festlegung von Intensitätsstufen. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 - Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, 3:47-58. Klagenfurt.
- Kölla, E. (1987): Abschätzung von Spitzenabflüssen in kleinen natürlichen Einzugsgebieten in der Schweiz. - Schweizer Ingenieur und Architekt, 33/34: 965-971.
- Krummenacher, B. (1996): Erhebung Schadenpotential. - Kursunterlagen FAN-Kurs 1996. Lenk.
- Krummenacher, B., Pfeifer, R., Zahn, M. (1996): Informatikgestützter Ereigniskataster. - Schlußbericht und Projektphasen 1 und 2, unveröffentlichtes Arbeitspapier. Bern.
- Laatsch, W., Zenke, B., Dankerl, J. (1981): Verfahren zur Reichweiten- und Stoßdruckberechnung von Fließlawinen. - Forstliche Forschungsberichte, Bd. 47. München.
- Lehmann, C. (1993): Zur Abschätzung der Feststoffracht in Wildbächen - Grundlagen und Anleitung. - Geographica Bernensia, G 42. Bern.
- Lied, K., Weiler, C., Bakkehoi, S., Hopf, J. (1995): Calculation Methods for Avalanche Run-Out Distance for the Austrian Alps. - Unveröffentlichter Abschlußbericht der Wildbach- und Lawinerverbauung, Sektion Tirol. Innsbruck.
- Loup, B. (1996): Instabilités de terrain: reconnaissance et modes de représentation d'un phénomène naturel. - GEOLEX II, Cours de troisième cycle romand en sciences de la terre. Fribourg.
- MacArthur, R.C., Scamber, D.R., Hamilton, D.L., West, M.H. (1986): Generalized methodology for simulating mudflows. - In: Karamouz et al. (Hrsg.): World Water Issues in Evolution, Vol. 1:227-234.
- Mani, P. (1996): Wildbachprozesse, Murgang. - Kursunterlagen, FAN-Kurs. Lenk.
- Mani, P., Gerber, B. (1992): Geographische Informationssysteme in der Analyse von Naturgefahren. Int. Symp. INTERPRAEVENT 1992, 3: 97-108, Bern.
- Marro, C., Rouiller, J.D. (1996): Elaboration d'une carte de danger „Matterrock“. - GEOLEX II, Cours de troisième cycle romand en sciences de la terre. Fribourg.
- Maukisch, M., Belitz, K., Frisch, U., Stötter, J., Wilhelm, F. (1996): Vergleich digitaler Geländemodelle als Grundlage für Naturraumanalysen. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 - Garmisch-Partenkirchen, Bd. 4:15-25. Klagenfurt.

- Meißl, G. (1997): Modell zur Berechnung der Reichweite von Felsstürzen. - Dissertation. Innsbruck
- Meyer, C. (1996): Dangers Naturels et Instruments de l'Amenagement du Territoire. - GEOLEX II, Cours de troisieme cycle romand en sciences de la terre. Fribourg.
- Naef, F., Faeh, A.O. (1992):Hochwasser. - Nationales Forschungsprogramm 31: „Klimaänderungen und Naturkatastrophen“, Vorstudie, Bd. 11. Bern.
- Nold, H. P. (1994): Ausscheidung von Gefahrenzonen und Gefahrenkommissionen im Kanton Graubünden. - Informationshefte Raumplanung, 1: 31-34. Bern.
- Noverraz, F. (1990): Les techniques de cartographie de risque - Université européenne d'été sur les risques naturels - Session 1990: Mouvements de Terrain, Sion, 2.-15.9.1990. Sion.
- Oberforstamt Obwalden (OFA) (Hrsg.) (1995a): Bestehende und künftige Strukturen zur Umsetzung der Naturgefahrenaspekte in der Raumplanung am Beispiel des Kantons Obwalden. - Sarnen.
- Oberforstamt Obwalden (OFA) (Hrsg.) (1995b): Naturgefahren: Konzept über die Erstellung und Nachführung von Gefahregrundlagen im Kanton Obwalden. - Sarnen.
- Petrascheck, A. (1996): Klimaänderungen und Naturkatastrophen. - NFP-NR 31 info, 8: 2-4. Bern.
- Pietri, C. (1993): Rénovation de la carte de localisation probable des avalanches. - *Révue de Géographie Alpine*, 81, 1: 85-98. Grenoble.
- Plate, E. et al. (Hrsg.) (1993): Naturkatastrophen und Katastrophenvorbeugung. Bericht des Wissenschaftlichen Beirats der DFG für das Deutsche Komitee für die „International Decade für Natural Disaster Reduction“ (IDNDR). Weinheim.
- Rickenmann, D. (1990): Bedload transport capacity of slurry flows at steep slopes. - Mitteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, 103. Zürich.
- Rickenmann, D. (1991): Modellierung von Murgängen. - Modelle in der Geomorphologie, Fachtagung der Schweizerischen Geomorphologischen Gesellschaft: 33-45. Freiburg.
- Rickli, C. (1994): Grundlagen für die Erarbeitung von Gefahrenkarten. - Kursunterlagen FAN-Kurs. Poschiavo.
- Rickli, Ch., Banzer, E. (1996): Gefahrenkartierung im Fürstentum Liechtenstein. Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 - Garmisch-Partenkirchen, Tagungspubl. 3: 183-192. Garmisch-Partenkirchen.
- Salm, B., Burkard, A., Gubler, H.U. (1990): Berechnung von Fließlawinen - Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. - Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 47. Davos.
- Schaffhauser, H. (1996): Ein gasdynamisches Lawinensimulationsmodell - derzeitige Handhabung und Weiterentwicklung. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1988 - Garmisch-Partenkirchen, Bd. 2, Klagenfurt.
- Suda, M. (1989): Auswirkungen des Waldsterbens. - Forschungsberichte des deutschen Alpenvereins, Bd. 4. München.
- Teufen, B. (1994): Praxis der Gefahrenkartierung in Graubünden. - Kursunterlagen FAN-Kurs. Poschiavo.
- Teufen, B. (1996): Kurzanleitung Gefahrenkataster. - unveröffentlichtes Manuskript. Davos.
- Werder, S. (1994): Umsetzung der Gefahrenkarten in die Raumplanung in Graubünden - Planerische Aspekte. - Kursunterlagen FAN-Kurs. Poschiavo.
- Wundt, W. (1965): Grenzwerte der Hochwasserspense und der mittleren Abflussspense in der Abhängigkeit von der Fläche. - *Wasserwirtschaft*, 55. Jg., H.1:1-4.
- Zenke, B. (1989): Die Lawinensituation im Bayerischen Alpenraum. - Informationsbericht 4/89 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft: 163-182. München.
- Zenke, B., Hildebrandt, M. (1983): Vorschlag eines statistisch graphischen Verfahrens zur Lawinenreichweitenbestimmung auf unstenen Strichen. - *Wildbach- und Lawinenverbau*, 47. Jg., H. 2: 59-78.
- Zenke, B., Konetschny, H. (1988): Lawinentätigkeit in zerfallenden Bergwäldern. - Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1988 - Graz, Tagungspubl.5: 213-227. Graz.