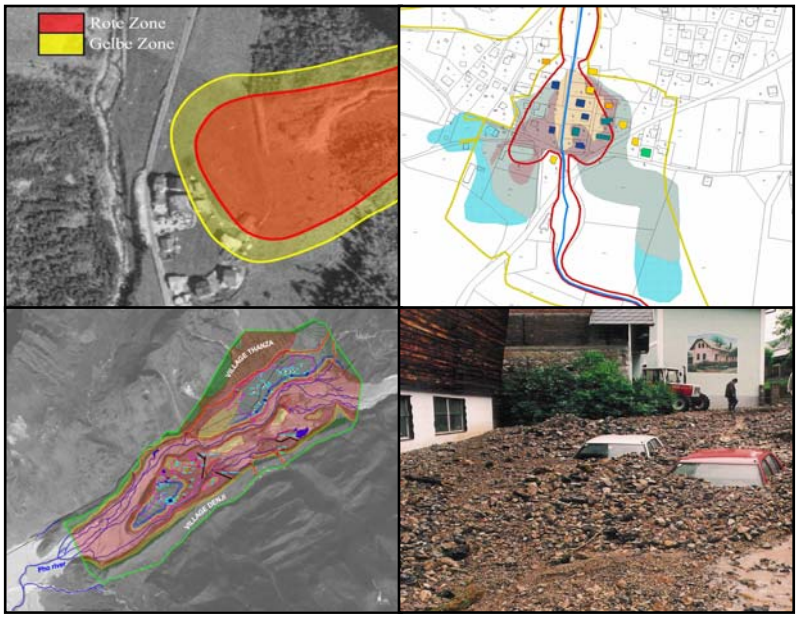
Universität für Bodenkultur Wien
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren (IAN)

Peter Jordan Str. 82 Tel.: #43-1-47654-4350
A-1190 WIEN Fax: #43-1-47654-4390

IAN REPORT 90

Optimierung der Gefahrenzonenplanung: Weiterentwicklung der Methoden der Gefahrenzonenplanung



Im Auftrag:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft Abt. IV/5

Wien, März 2007

Report 90: Optimierung der Gefahrenzonenplanung:

Weiterentwicklung der Methoden der Gefahrenzonenplanung

Im Auftrag von: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung IV/5

GZ: 45.240/14-IV5/2003

Projektleitung: Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Hübl Johannes

Mitarbeiter: Dipl.-Ing. Agner Peter

Dipl.-Geogr. Dr. Fuchs Sven

Unter Mitarbeit von: Müller Diane (Geoexpert GmbH)

Universität für Bodenkultur
Department Bautechnik und Naturgefahren
Institut für Alpine Naturgefahren

Peter Jordan Str. 82
A – 1190 Wien

Tel.: #43-1-47654-4350
Fax: #43-1-47654-4390

Report Nr. 90

Referenz (Literaturzitat): HÜBL, J., FUCHS, S., AGNER, P. (2007): Optimierung der Gefahrenzonenplanung: Weiterentwicklung der Methoden der Gefahrenzonenplanung; IAN Report 90; Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien (unveröffentlicht)

Wien, im März 2007

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG 2

2 ZIELSETZUNG 2

3 ZUSAMMENFASSUNG 3

3.1 Vergleich der Gefahrenzonenplanung im Alpenraum 3

3.2 Problembereiche in der Gefahrenzonenplanung 4

3.3 Empfehlungen 4

4 METHODEN DER GEFAHRENZONENAUSWEISUNG IM ALPENRAUM 5

4.1 Österreich 5

4.1.1 Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV) 6

4.1.2 Bundeswasserbauverwaltung (BWV) 11

4.2 Schweiz 16

4.2.1 Definition der Gefahrenzonen 17

4.2.2 Abgrenzung der Gefahrenzonen 18

4.2.3 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit 20

4.3 Italien (Südtirol) 20

4.3.1 Gesetzliche Grundlage 21

4.3.2 Definition der Gefahrenzonen 23

4.3.3 Abgrenzung der Gefahrenzonen 24

4.3.4 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit 27

4.3.5 Aktualisierung 28

4.4 Deutschland (Bayern) 28

4.5 Frankreich 29

4.5.1 Gesetzliche Grundlage 29

4.5.2 Der Plan zur Vorbeugung vorhersehbarer Naturgefahren (PPR) 31

4.5.3 Definition der Gefahrenzonen 32

4.5.4 Abgrenzung der Gefahrenzonen 32

4.5.5 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit 33

4.6 Slowenien 33

4.6.2 Definition der Gefahrenzonen 34

4.6.3 Abgrenzung der Gefahrenzonen 35

4.7 Liechtenstein 36

5 VERGLEICH DER METHODEN UND KRITERIEN ZUR GEFAHRENZONENAUSWEISUNG 37

5.1 Bedeutung der Gefahrenzonen 37
5.2 Frequenz der Ereignisse 37
5.3 Gefährliche Prozesse 38
5.4 Kriterien zur Zonenabgrenzung 38
5.5 Aktualisierung der Gefahrenzonenpläne 40

6 METHODEN BEI DER ERSTELLUNG VON GEFAHRENZONENPLÄNEN 42

6.1 Historische Methode 43
6.2 Empirisch-Statistische Methode 45
6.2.1 Niederschlag 45
6.2.2 Abfluss 54
6.2.3 Feststofftransport 55
6.2.4 Aufbau, Prozess- und Szenarienüberblick 60
6.3 Morphologische Methode 72
6.4 Numerisch-mathematische Methode 72
6.4.1 Prozessmodellierung 72
6.4.2 Modellkalibrierung 73
6.5 Physikalische Methode 74

7 EMPFEHLUNGEN 75

7.1 Prinzipien in der Gefahrenzonenplanung 75
7.1.1 Nachvollziehbarkeit und Transparenz 75
7.1.2 Vergleichbarkeit 76
7.2 Einbezug des Schadenpotentials 76
7.2.1 Ermittlung des Schadenpotentials 76
7.2.2 Einbezug der Schadenempfindlichkeit 81
7.3 Qualität der Erhebung 83
7.3.1 Standards der Grundlagenerhebung 83
7.3.2 Datengrundlage 83
7.3.3 Gefahrenkarte 85
7.3.4 Szenarienauswahl 85
7.4 Bewertung der Prozesse 86
7.4.1 Bemessungsereignis 86
7.4.2 Bemessungsgröße 88

7.4.3 Zonenabgrenzung für weitere Naturgefahren 88
7.5 Kommunikation 90
7.5.1 Zwischen beteiligten Dienststellen 92
7.5.2 Mit Betroffenen 92
7.6 Angabe der Unschärfen 93
8 EXKURS: RISIKOKONZEPT 94
8.1 Risikoanalyse 95
8.2 Risikobewertung 97
8.3 Risikomanagement 99
9 ABKÜRZUNGEN 102
10 LITERATUR 104

1 Einleitung

Die Gefahrenzonenplanung als Planungsinstrument zeigt Konfliktbereiche zwischen den Interessen der Menschen und der Gefahr durch natürliche Prozesse auf. Eine sorgfältige Handhabung dieses Instrumentes ist daher im besonderen Maße geeignet, das Gefahrenbewusstsein in der Bevölkerung zu steigern, und somit auch zu einem besseren Verständnis für sich aus natürlichen Prozessen ergebenden Risiken beizutragen.

In den letzten Jahren wird im Umgang mit Naturgefahren ein integrales Risikomanagement angestrebt.[1] Im Lichte dieser Entwicklung gilt es zu klären, ob und in welcher Form das Instrument "Gefahrenzonenplanung" aus heutiger Sicht von Nutzen sein kann bzw. wie die Methodik der Gefahrenzonenplanung als Grundlage eines integralen Risikomanagements geänderten Anforderungen angepasst oder entsprechend erweitert werden könnte.

Die Gefahrenzonenplanung stellt in diesem Zusammenhang eine objektivierte Bewertung der für ein Plangebiet relevanten Naturgefahren dar. Um die Erreichung dieses Zieles auch in Zukunft zu gewährleisten, sollten sowohl die Kriterien als auch die nötige Datengrundlagen und die Methodik der Gefahrenbewertung kritisch evaluiert werden.

2 Zielsetzung

Die steigende Inwertsetzung des Alpenraumes durch den Menschen und die damit einhergehenden Ansprüche führen in verstärktem Maße zu Nutzungskonflikten in potentiell durch Naturprozesse beeinträchtigten Gebieten. Zudem ist eine erhöhte Sensibilisierung der Bevölkerung in Bezug auf Naturgefahren festzustellen, was auf die Schadenereignisse in der jüngsten Vergangenheit zurückzuführen ist. In diesem Zusammenhang stellt die Gefahrenzonenplanung ein Konzept dar, gefährdete Bereiche kenntlich zu machen, und mit raumplanerischen Mitteln zu einer Reduktion von Schäden beizutragen. Dies führt unmittelbar zu einer Minimierung der Kosten, die im Zuge der Nutzung des Alpenraumes für einen Schutz vor Naturgefahren aufgewendet werden müssen.

Das Werkzeug der Gefahrenzonenplanung ist in einigen Ländern der EU bereits in Gesetzen verankert, beispielsweise in Österreich, der Schweiz, Lichtenstein, Italien

[1] vgl. zum Begriff des integralen Risikomanagements z.B. AMMANN (2001) oder KIENHOLZ (2005).

und Frankreich. In anderen Ländern wird an einer rechtlichen Umsetzung gearbeitet.[2]

Im vorliegenden Bericht werden verschiedene Ansätze zur Gefahrenzonenplanung in den Alpenländern untersucht mit dem Ziel, Problembereiche in der Praxis der Gefahrenzonenausweisung und Gefahrenbewertung sowie in der Umsetzung der Gefahrenzonenpläne in Österreich aufzuzeigen und Lösungsansätze vorzuschlagen. Darüber hinaus stellt der Bericht eine Grundlage für die Diskussion österreichweit einheitlicher Standards für die Gefahrenzonenplanung dar.

Die präsentierten Vorschläge sollen die Gefahrenbewertung v.a. auch für die betroffene Bevölkerung transparent und nachvollziehbar machen. Dies soll die Akzeptanz von Bestimmungen und (Nutzungs-) Einschränkungen im Zusammenhang mit dem Schutz vor Naturgefahren steigern. In diesem Sinne ist ein Kapitel des vorliegenden Berichtes der Präsentation möglicher neuer Wege in der Kommunikation von Ergebnissen der Gefahrenzonenplanung gewidmet.

3 Zusammenfassung

3.1 Vergleich der Gefahrenzonenplanung im Alpenraum

Der Vergleich der unterschiedlichen, im Alpenraum angewandten Ansätze zum Umgang mit Naturgefahren im raumrelevanten Bereich zeigt eine grundsätzliche Übereinstimmung bzw. Stoßrichtung der in den untersuchten Ländern verwendeten Systeme. Generell kann festgestellt werden, dass die betrachteten Naturgefahren in allen Systemen nach Frequenz und Intensität der auftretenden Prozesse bewertet werden. Mit Ausnahme von Frankreich entspricht der Gefahrenzonenplan/die Gefahrenkarte einem flächigen Gutachten hinsichtlich der Gefährdung durch natürliche Prozesse.

In Frankreich hingegen liegt die Gefahrenbewertung nicht als eigenes Produkt vor, sondern ist Teil eines Raumplanes. Vereinfacht ausgedrückt wird die Gefahrenakzeptanz mitberücksichtigt. Das französische System ist daher bereits in den Fachbereich Risikobeurteilung einzuordnen. Ein für das gesamte Staatsgebiet geltendes System der Risikobeurteilung existiert auch für Italien. Als Vorstufe für die Risikobewertung ist eine Gefahrenbeurteilung nach Schweizer Vorbild (zweistufiges Verfahren) in der Gesetzgebungsphase.

[2] Vgl. auch FUCHS, S., KHAKZADEH, L. & WEBER, K. (2006): Recht im Naturgefahrenmanagement. Innsbruck

Im Detail zeigen sich deutliche Unterschiede in den untersuchten Ländern bei der Vorgangsweise der Ausweisung von Gefahrenzonen:

3.2 Problembereiche in der Gefahrenzonenplanung

Die Unsicherheiten bei der Gefahrenzonenplanung können vereinfacht in zwei Problembereiche zusammengefasst werden, Unzulänglichkeiten der Datengrundlage und unterschiedliche Methoden der Auswertung.

Zum Problembereich der Datengrundlage gehören unter anderem:

- unzureichend lange Zeitreihen von Aufzeichnungen,
- Lücken im Niederschlagsmessnetz,
- ungenügende Erfassung von Niederschlagsereignissen und zugehöriger Abflussspenden,
- fehlende quantitative Aufzeichnungen in Chroniken und Archiven.

Die Nachvollziehbarkeit der erarbeiteten Ergebnisse ist auf Grund unterschiedlicher Herangehensweisen der einzelnen Bearbeiter nicht immer gewährleistet. Trotz aller Definitionen und der Festlegung von Grenzwerten spielt die persönliche Erfahrung und Arbeitsweise, sowie die zur Verfügung stehenden Mittel eine nicht unwesentliche Rolle in der Beurteilung von Naturgefahren. Aus diesem Grund kann in diesem Zusammenhang durchaus von einer Subjektivierung des als grundsätzlich objektiv ausgelegten Instruments "Gefahrenzonenplanung" gesprochen werden.

3.3 Empfehlungen

Ein zentraler Punkt der Empfehlungen zur Optimierung der Gefahrenzonenplanung ist die Festlegung von Mindeststandards für die Erhebung und Auswertung von Daten.

Im Rahmen der Erhebung spannt sich dabei der Bogen von der empfohlenen Festlegung von einer Mindestanzahl von auszuwertenden Niederschlagsstationen und in Abhängigkeit der jeweiligen Aufzeichnungsdauer über eine standardisierte Geschiebeprobennahme bis hin zur Einrichtung und laufenden Betreuung von Mustereinzugsgebieten. Weiters wird eine Aufwertung der Gefahrenkarte durch Verwendung der Symbolik des abstrahierten Gerinnesystems und der (gutachterlichen) Festlegung von Restrisikogebieten empfohlen.

Die Auswertung der Daten ist ebenfalls zu standardisieren. Anzuwendende Verfahren (z.B. LORENZ & SKODA, 2000) sind den Bedürfnissen der Dienststellen bereits

im Vorfeld anzupassen. Für die Bestimmung von Geschiebeparametern sind für Österreich einheitlich Prüfverfahren (Trommel- und Förderbandanalyse sowie Sieb- und Schwemmanalyse) vorzuschreiben. Derartige umfassende Prüfverfahren können durch zertifizierte Prüfstellen durchgeführt werden.

Im Sinne der Entwicklung des Umganges mit Naturgefahren hin zu einem integralen Risikomanagement sind die Kommunikation der Gefahren und Risiken, sowie der Umgang mit denselben zu verbessern. Ein Übergang von der Holschuld der Bevölkerung zur Bringpflicht der zuständigen Körperschaften ist zu diskutieren. Dabei ist insbesondere auf die Verwendung zeitgemäßer Informationswege, wie Internet und Email, Wert zu legen.

Grundsätzlich wäre eine Diskussion anzustreben, inwieweit das betroffene Schadenpotential bereits bei der Erstellung von Gefahrenzonenplänen berücksichtigt werden kann. Vor allem in Hinblick auf den ganzheitlichen Umgang mit Naturgefahren nach einheitlichen, transparenten und nachvollziehbaren Methoden – Stichwort integrales Risikomanagement – wären von einem solchen Schritt Verbesserungen im (raumplanerischen wie gesellschaftlichen) Umgang mit dem gesamten Problemkomplex zu erwarten.

4 Methoden der Gefahrenzonenausweisung im Alpenraum

4.1 Österreich

In Österreich haben sich zwei Arten der Gefahrenzonenpläne (GZP[3]) entwickelt, der GZP nach dem ForstG[4] 1975 und der GZP nach dem WRG[5] 1959. Innerhalb des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) sind zwei Sektionen mit der Erstellung der GZP befasst: die Sektion IV - Forstwesen mit der nachgeordneten Dienststelle „Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung“ (WLV) und die Sektion VII - Wasser mit der nachgeordneten Dienststelle „Bundeswasserbauverwaltung“ (BWV). In beiden Fällen gründet sich die Erstellung und Bearbeitung von GZP auf Bundesrecht.

Historisch gesehen begann die Entwicklung der Gefahrenzonenplanung für beide Dienststellen mit dem „Gesetz betreffend der Vorkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern“ RGBl 1884/117 (kurz: Wildbachverbauungsgesetz 1884).

[3] GZP: Gefahrenzoneplan/-pläne
[4] ForstG: Forstgesetz
[5] WRG: Wasserrechtsgesetz

Dieses Gesetz bezog sich nur auf „Gebirgswässer“, die Lawinenverbauung hatte anfangs nur eine untergeordnete Bedeutung (LÄNGER, 2003).

Erst mit der Wasserrechtsnovelle 1959 wurden zusätzlich die Lawinenstriche eingebunden. Ab 1970 begannen einzelne Dienststellen der WLV gefährdete Bereiche in „Flächengutachten“ festzulegen (GZP-LF[6]). So stellte die Bearbeitung der Gefährdungen für die Ortschaft Tux im Jahre 1971 einen der ersten Schritte in Richtung einer Gefahrenzonenplanung nach heutigen Maßstäben dar. Das Wort „Gefahrenzonenplan“ selbst wird erstmals im ForstG 1975 verwendet.

Die ersten eigenständigen Schritte des Flussbaus in Richtung Gefahrenzonenplanung begannen mit dem WRG 1934, welches den jeweiligen Landeshauptmann ermächtigte, die Grenzen des Hochwasserabflussgebietes festzulegen. Mit dem WRG 1959 wurde es zur Pflicht des Landeshauptmannes, die Grenzen für Hochwasserabflussgebiete für 20-30 jährliche Hochwässer beim Vermessungsamt ersichtlich zu machen. Im WRG 1959 selbst kommt das Wort „Gefahrenzonenplan“ nicht vor, im Flussbau eingeführt wird der Begriff erst mit dem WBFG[7] 1979.

Die Zuständigkeit wird zwischen den Dienststellen vereinbart und ist vom Landeshauptmann per Verordnung festzuschreiben.

4.1.1 Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV)

Der GZP nach dem ForstG 1975 § 11 ist ein forstlicher Raumplan und stellt ein flächiges Gutachten über Wildbach- und Lawinengefährdungen dar (GZP-LF Abschn. III).[8] Der GZP erstreckt sich über das Plangebiet und die das Plangebiet betreffenden Einzugsgebiete (GZP-VO[9] § 3). Das Plangebiet umfasst üblicherweise das Gemeindegebiet (GZP-VO). Die Einzugsgebiete sind gemäß ForstG 1975 § 99 Abs. 3 die von Wildbächen und deren Zuflüssen entwässerten Niederschlagsgebiete sowie die Ablagerungsbereiche der Wildbäche. Einzugsgebiet von Lawinen sind deren Nähr-, Abbruch- und Ablagerungsbereiche sowie die Lawinenbahnen. Die Gefahrenzonen werden im raumrelevanten Bereich des Plangebietes ausgewiesen. Der raumrelevante Bereich umfasst jene Flächen, die derzeitigem oder künftig möglichem Bauland mit den unmittelbar dazugehörigen Verkehrsflächen vor-

[6] GZP-LF: Leitfaden der Gefahrenzonenplanung
[7] WBFG: Wasserbautenförderungsgesetz von 1979
[8] Rechtlich betracht ist der GZP keine Rechtsverordnung, d.h. kein mit Außenwirkung ausgestatteter normativer Akt, vielmehr wird er in der Judikatur als eine Art Gutachten mit Prognosecharakter angesehen (VwGH 27.03.1995, 91/10/0090).
[9] GZP-VO: Verordnung über die Gefahrenzonenpläne von 1976, i.d.F. 1984

behalten sind. Dazu zählen auch Grünflächen mit besonderer Nutzung und, falls erforderlich, noch weitere Flächen mit besonderer Raumnutzung (GZP-LF Abschn. III, 1989).

Die Erstellung der Gefahrenzonenpläne durch den Forsttechnischen Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung erfolgt in dessen Kompetenzbereich basierend auf dem ForstG 1975 §§ 11 und 102, der GZP-VO (1976) und den GZP-RL[10] (2001).

Der Gefahrenzonenplan besteht aus einem kartographischen und einem textlichen Teil (ForstG 1975 § 8). Der kartographische Teil beinhaltet:

- eine Gefahrenkarte (Plangebiet, Einzugsgebiete von Wildbächen und Lawinen, besondere Gefahrenursachen) im Maßstab 1:50.000 bis 1:20.000 und
- eine Gefahrenzonenkarte (ermittelte Wirkungen des Bemessungsereignisses im Einzugsgebiet, Vorbehalts- und Hinweisbereiche) im Maßstab 1:5.000 bis 1:1.000

Der textliche Teil umfasst:

- eine Beschreibung der Grundlagen,
- die Beschreibung und Begründung der Bewertung und der sich daraus ergebenden Darstellung der Gefahrenzonen und der Vorbehaltsbereiche, sowie
- Hinweise für Planungen auf den Gebieten der Raumplanung, des Bauwesens und des Sicherheitswesens.

4.1.1.1 Definition der Gefahrenzonen

Für die WLV sind gemäß GZP-VO § 6 folgende Definitionen maßgebend:

[10] GZP-RL: Richtlinien für die Gefahrenzonenabgrenzung (Stand März 2001)

Zone	Beschreibung
Rote Zone	Die ständige Benützung der Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke ist wegen der voraussichtlichen Schadenswirkungen des Bemessungsereignisses für Wildbäche und Lawinen oder wegen der Häufigkeit der Gefährdung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich.
Gelbe Zone	Alle übrigen durch Wildbäche und Lawinen gefährdete Flächen, deren ständige Benützung für Siedlungs- oder Verkehrszwecke infolge dieser Gefährdung beeinträchtigt ist.
Vorbehaltsbereich	Bereiche, die für die Durchführung und Aufrechterhaltung von technischen oder forstlich-biologischen Maßnahmen benötigt werden, sowie Bereiche, die zur Sicherstellung einer Schutzfunktion oder eines Verbauungserfolges einer besonderen Art der Bewirtschaftung bedürfen.
Hinweisbereich	Bereiche, deren Schutzfunktion von der Erhaltung der Beschaffenheit des Bodens oder des Geländes abhängt.
Hinweisbereich	Jene Bereiche, die vermutlich anderen als von Wildbächen und Lawinen hervorgerufenen Naturgefahren (Steinschlag oder Rutschung, die nicht im Zusammenhang mit Wildbächen und Lawinen stehen) ausgesetzt sind.

Tabelle 1: Maßgebliche Definitionen der Gefahrenzonen in der Anwendung durch die WLV (GZP VO § 6)

Zu beachten ist, dass die rote Zone auf Grund eines unverhältnismäßig hohen Aufwandes für eine mögliche Schutzmaßnahme abgegrenzt wird, die gelbe Zone jedoch über das Ausmaß der Gefährdung definiert ist. Ein unverhältnismäßig hoher Aufwand liegt vor, wenn vom Bauwerber Maßnahmen bzw. Vorerhebungen zu erbringen sind, die über die für die gelbe Zone festgelegten Maßnahmen hinausgehen (GZP-RL Abs. 1.2).

4.1.1.2 Abgrenzung der Gefahrenzonen

Als Bemessungsgrundlage wird ein Ereignis mit einem Wiederkehrintervall von ca. 150 Jahren herangezogen (GZP-VO § 6). Zusätzlich werden Ereignisse mit einer Jährlichkeit von 1 bis 10 Jahren bewertet (GZP-RL Abs. 1.3). Die Gefahrenzonen stellen die Summenlinie aller möglichen Beeinträchtiungen im Falle eines Bemessungsereignisses dar (GZP-O).

Zusätzlich zu den Gefahrenzonen im engeren Sinn (rote, gelbe und braune Zone) werden Bereiche ausgewiesen, die eine bereits erfolgte technische oder forstlich-biologische Maßnahmen absichern. Die Kriterien zur Abgrenzung der Gefahrenzonen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Gefahrenzone	Rot		Gelb		Braun
Wiederkehr-intervall	150 Jahre	1-10 Jahre	150 Jahre	1-10 Jahre	
Stehendes Wasser	h ≥ 1,5 m	h ≥ 0,2-0,5 m	h < 1,5 m	h < 0,2-0,5 m	-
Fließendes Wasser	h_E ≥ 1,5 m	h_E ≥ 0,25 m	h_E < 1,5 m	h_E < 0,25 m	-
Erosionsrinnen	h ≥ 1,5 m	Erosionsrinne möglich	h < 1,5 m	Keine Erosions-rinnen	-
Geschiebe-ablagerung	h ≥ 0,7 m	Geschiebe-ablagerung möglich	h < 0,7 m	Keine Geschie-beablagerung	-
Nachböschung infolge Tiefen-/ Seitenschurf	Oberkante der Nachbö-schungs-bereiche	-	Sicherheits-streifen	-	-
Mur- & Erd-ströme	Rand der aus-geprägten Mur-ablagerung	-	-	-	-
Rück-schreitende Erosion	Mögliches Aus-maß	Analog zu Ero-sionsrinnen und Nachböschung			
Lawine	p > 10 $^{kN}/_{m^2}$ h > 1,5 m		p = 1-10 $^{kN}/_{m^2}$ h = 0,2-1,5 m		-
Steinschlag	-	-	-	-	Betroffener Bereich
Rutschung	-	-	-	-	Betroffener Bereich

Tabelle 2: Abgrenzungskriterien für Gefahrenzonen der WLV entsprechend GZP-RL Abs. 2 (2001)

4.1.1.3 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit

Die Erstellung der Gefahrenzonenpläne erfolgt in der Zuständigkeit des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft unter Heranziehung der Dienststellen gemäß ForstG 1975 § 102.

4.1.1.3.1 Schematischer Ablauf der Gefahrenzonenplanung (GZP-LF Abschn. II)

- Anordnung der Planverfassung durch den Sektionsleiter an den zuständigen Gebietsbauleiter
- Erstellung eines Planentwurfes durch den Planverfasser (Mitarbeitende der WLV, eines Ziviltechnikers oder eines technisches Büros)

- Begehung aller EZG im raumrelevanten Bereich durch den Gebietsbauleiter und den Planverfasser
- Koordinierung des GZP durch den GZP-Referenten und den Planverfasser auf Anordnung des Sektionsleiters
- Vorprüfung durch das BMLFUW bzw. den Sektionsleiter, gemeinsam mit dem Planverfasser und dem GZP-Referenten und soweit möglich dem Sektionsleiter und dem Gebietsbauleiter, auf Antrag des Sektionsleiters
- Korrektur und Abänderung durch den Gebietsbauleiter bzw. Planverfasser
- Auflage zur allgemeinen Einsicht bei der Gemeinde (ForstG 1975 § 11 Abs. 3)
- Vorlage des GZP bei der Sektion
- Kommissionelle Prüfung unter Teilnahme von BMLFUW, Sektionsleiter, Planverfasser, Vertretern des Landes und der Gemeinde, sowie optional GZP-Referent und Gebietsbauleiter (ForstG 1975 § 11 Abs. 5 und 6) auf Anordnung des Sektionsleiters
- Korrektur und Abänderung durch den Gebietsbauleiter bzw. Planverfasser
- Vorlage beim BMLFUW durch den Sektionsleiter
- Genehmigung durch den Bundesminister (ForstG 1975 § 11 Abs. 7)
- Übermittlung des GZP an das Land durch den Sektionsleiter sowie an die Bezirkshauptmannschaft und die Gemeinde durch den Gebietsbauleiter (ForstG 1975 § 11 Abs. 8).

Der Gefahrenzonenplan stellt eine aus vier subjektiven Fachmeinungen erstellte, durch Vorprüfungen und eine kommissionelle Prüfung objektivierte Bewertung der relevanten Naturgefahren dar. Der unter Umständen lange Weg bis zum endgültigen Gefahrenzonenplan spiegelt den Versuch des Gesetzgebers wider, einen einheitlichen qualitativen Standard zu gewährleisten.

4.1.1.3.2 Rechtsverbindlichkeit

Dem Gefahrenzonenplan kommt keine unmittelbare rechtsverbindliche Wirkung zu.[11] Er ist weder Gesetz, Verordnung noch Bescheid. Vielmehr ist der Gefahrenzonenplan eine „sachverständig und unter Einhaltung bestimmter Publizitätserfordernisse erarbeitete Art von Gutachten mit Prognosecharakter“ (HOMMA, 2001). Der GZP stellt außerhalb des Waldes nur eine Empfehlung an die örtliche Raumordnung dar. Ge- und Verbote sowie Erlaubnisse für Bürger lassen sich nicht direkt ableiten. Ver-

[11] Vgl. FN 8.

bindlich ist der GZP lediglich intern für die im Bundesbereich tätige WLV. Eine mittelbare Bindungswirkung entsteht durch die in der örtlichen und überörtlichen Raumordnung erforderliche Berücksichtigung (Landesgesetzgebung). Weiters ergibt sich eine mehr oder weniger bindende Wirkung durch die Einschränkung der Vergabe von Bundesmittel über das Instrument der Hinderungsgründe.

4.1.1.4 Aktualisierung

Die GZP sind im Falle einer Änderung der Grundlagen oder ihrer Bewertung den geänderten Verhältnissen anzupassen (ForstG 1975 § 11 Abs. 9). Eine periodische Überprüfung ist nicht explizit vorgesehen. Auf die Möglichkeit einer Rücknahme von Gefahrenzonen nach der Fertigstellung von Verbauungs- und Schutzmaßnahmen wird in GZP-LF Abschn. IV Beilage 6 hingewiesen.

4.1.2 Bundeswasserbauverwaltung (BWV)

4.1.2.1.1 RIWA-T/8[12]

Die Erstellung von Gefahrenzonenplänen durch die Bundeswasserbauverwaltung (BWV) gemäß WBFG (1985) erfolgt im Rahmen von Grundsatzkonzepten oder als eigenständige Planung. Die GZP der BWV sind fachliche Unterlagen über die durch Überflutungen, Vermurungen und Rutschungen gefährdete Gebiete.

Der Gefahrenzonenplan der BWV besteht – wie derjenige der WLV – ebenfalls aus einem Text- und einem Planteil. Der Textteil beinhaltet

- eine Gebietsbeschreibung,
- die Beschreibung des Gewässerzustandes, der Abflussverhältnisse und der Flächennutzungen,
- die Beschreibung des Abflussgeschehens, insbesondere für das HQ_{100},
- eine Erläuterung der hydraulischen Beanspruchung der Abflussgebiete sowie Art und Ausmaß der daraus resultierenden Gefahren, sowie
- eine Begründung der Zonenabgrenzung.

An Kartenmaterial sind eine Übersichtskarte und Katasterpläne bzw. gleichwertige Luftbilder zu erstellen. Neben den Gefahrenzonen sind auch hydraulische Beanspruchungen (Überstauung, Abtrag, Strömungsrichtung), besondere Gefahrenmomente (Brücken, Wehranlagen, usw.) sowie Einrichtungen, die im Falle eines HW einer besonderen Bedienung oder Überwachung bedürfen, einzutragen.

[12] RIWA-T/8: Technische Richtlinien für den Aufgabenbereich Schutzwasserwirtschaft

4.1.2.1.2 Geplante Erweiterung[13]

Die Gefahrenzonenpläne dienen als Grundlage für Alarmpläne. Demzufolge ist auch das Restrisiko bei Versagen der Anlagen darzustellen. Die Gefahrenzonenpläne haben Art und Ausmaß der Gefahren bei Hochwasserabflüssen einer 100-jährlichen Eintrittswahrscheinlichkeit unter Berücksichtigung der Geschiebeführung darzustellen. Hochwassergefährdungen aus Flussverwerfungen, Ufer- und Dammanbrüchen, Geschiebeeinstößen, Rutschungen, Verklausungen, usw. sind auch dann auszuweisen, wenn sie nicht aus HQ_{100}-Abflüssen entstehen, aber vergleichbare oder größere Auswirkungen haben.

Die Erstellung der Gefahrenzonenpläne und die Beurteilung der Zonenabgrenzung haben für bauliche Anlagen den Nachweis des Standes der Technik zur Voraussetzung.

4.1.2.2 Definition der Gefahrenzonen

4.1.2.2.1 RIWA-T/8

Die Definitionen der Gefahrenzonen im Kompetenzbereich der BWV sind in Tabelle 3 dargestellt.

Zone	Beschreibung
Rote Zone	Jene Flächen, die zur ständigen Benutzung für Siedlungs- & Verkehrszwecke nicht geeignet sind. Abflussbereiche und Uferzonen, in denen Zerstörung oder schwere Beschädigung von Bauobjekten, Verkehrsanlagen sowie von beweglichen & unbeweglichen Gütern möglich sind und v. a. das Leben von Personen bedroht ist. Flächen, die für den HW-Abfluss notwendig sind oder auf Grund der zu erwartenden Auswirkungen bei abflussbeeinträchtigenden Maßnahmen eine wesentliche Funktion für den HW-Rückhalt aufweisen.
Gelbe Zone	Verbleibende Abflussbereiche von Gewässern, in denen unterschiedliche Gefahren geringeren Ausmaßes auftreten können. Beschädigungen von Bauobjekten & Verkehrsanlagen sowie die Behinderung des Verkehrs sind möglich.

Tabelle 3: Definition der Gefahrenzonen der BWV (RIWA-T/8)

[13] Aus HABERSACK et al (2004).

4.1.2.2.2 Geplante Erweiterung[14]

Die Gefahrenzonen im Kompetenzbereich der BWV werden um drei Zonen erweitert (vgl. Tabelle 4).

Zone	Beschreibung
Rote Zone	Jene Flächen, die zur ständigen Benutzung für Siedlungs- & Verkehrszwecke nicht geeignet sind. Das sind Abflussbereiche und Uferzonen, in denen Zerstörung oder schwere Beschädigung von Bauobjekten, Verkehrsanlagen sowie von beweglichen& unbeweglichen Gütern möglich sind und v. a. das Leben von Personen bedroht ist.
Rot-Gelbe Zone	Jene Flächen, die für den HW-Abfluss notwendig sind oder auf Grund der zu erwartenden Auswirkungen auf das Gefahrenpotential und das Abflussverhalten des Gewässers bei abflussbeeinträchtigenden Maßnahmen eine wesentliche Funktion für den HW-Rückhalt aufweisen.
Gelbe Zone	Verbleibende Abflussbereiche von Gewässern, in denen unterschiedliche Gefahren geringeren Ausmaßes auftreten können. Beschädigungen von Bauobjekten & Verkehrsanlagen sowie die Behinderung des Verkehrs sind möglich.
Blaue Zone	Als Blaue Zone werden Flächen ausgewiesen, die für wasserwirtschaftliche Maßnahmen oder für die Aufrechterhaltung von deren Funktion benötigt werden und deshalb einer besonderen Art der Bewirtschaftung bedürfen.
Restrisiko-gebiete	Das beim Bemessungsereignis eines HQ_{100} gegebene Restrisiko für den Fall des Versagens bestehender Schutz- und Regulierungsbauten ist im fiktiven Abflussraum des HQ_{100} rot schraffiert auszuweisen. Auf das verbleibende Restrisiko bei Überschreiten des HQ_{100} ist verbal hinzuweisen.

Tabelle 4: Definition der Gefahrenzonen der BWV im Rahmen des FloodRisk-Projektes (2004)

4.1.2.3 Abgrenzung der Gefahrenzonen

4.1.2.3.1 RIWA-T/8

Zur Bemessung wird ein Ereignis mit einem Wiederkehrintervall von 100 Jahren herangezogen. Die Anschlaglinie des HQ_{30} ist auszuweisen. Dabei werden u.a. folgenden Prozesse berücksichtigt: Flussverwerfungen, Ufer- und Dammbrüche, Geschiebeeinstöße, Rutschungen, Verklausungen und Wasserstauen, Grundeis- und Eisstoßbildungen.

Die Detailkriterien zur Abgrenzung der Zonen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

[14] Aus HABERSACK et al(2004).

Gefahrenzone	Rot	Gelb
Gewässer- und Überflutungsbereich	Gewässerbett & Bereiche mögl. Uferanbrüche & Verwerfungen einschl. dadurch ausgelöster Rutschungen	Bereich zwischen der Abgrenzung der Roten Zone und dem HQ_{100}.
Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit	$t \geq 1{,}5 - 0{,}5 \times v$ oder $v \leq 3{,}0 - 2{,}0 \times t$ für $0 \leq v \leq 2{,}0$	-
Fließgeschwindigkeit und Schleppspannung	Überschreitung der für die jeweiligen Boden- & Geländeverhältnisse zulässigen Grenzwerte	-
Hochwasserabfluss	Bereiche möglicher & wesentlicher Beeinträchtigungen	-
Hochwasserrückhalt	Bereiche überörtlich abflusswirksamer Retensionsräume	-

Tabelle 5: Abgrenzungskriterien für Gefahrenzonen der BWV (RIWA-T/8)

4.1.2.3.2 Geplante Erweiterung[15]

Gefahrenzone	Rot	Rot-Gelb	Gelb
Gewässer- und Überflutungsbereich	w.o.	-	w.o.
Wassertiefe und Fließgeschwindigkeit	w.o.	-	-
Fließgeschwindigkeit und Schleppspannung	w.o.	-	-
Hochwasserabfluss	-	Bereiche möglicher & wesentlicher Beeinträchtigungen	-
Hochwasserrückhalt	-	Bereiche überörtlich abflusswirksamer Retensionsräume	-

Tabelle 6: Abgrenzungskriterien für Gefahrenzonen der BWV entsprechend dem Vorschlag im Rahmen des FloodRisk-Projektes (2004)

4.1.2.4 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit

4.1.2.4.1 RIWA-T/8

Die erforderlichen Schritte zur Implementierung sind:

- Veranlassen der Erstellung durch die BWV (RIWA-T Kap. 8.1).
- Erstellen der Gefahrenzonen durch Fachleute in Zusammenarbeit mit den Dienststellen der Raumplanung, dem Hydrographischen Dienst und den Dienststellen der WLV, wenn Berührungsstellen bestehen (RIWA-T Kap. 8.1).

[15] Aus HABERSACK et al(2004).

- Nach positiver Vorprüfung wird der GZP in den betroffenen Gemeinden und beim Amt der Landesregierung für mindestens zwei Wochen aufgelegt. Die Auflage ist im Amtsblatt der Landesregierung zu verlautbaren (RI-WA-T Kap. 8.5).
- Nach Ablauf der Auflage erfolgt die örtliche Prüfung des GZP durch eine Kommission bestehend aus: zwei Vertretern der BWV, Vertretern der Raumplanungsabteilung der betroffenen Körperschaften (Land und Gemeinde), dem Planverfasser und mit beratender Wirkung Vertreter der WLV, wenn das untersuchte Gebiet direkt an den Tätigkeitsbereich der WLV angrenzt (RI-WA-T Kap. 8.5).
- Der GZP wird durch die BWV genehmigt und inklusive der Niederschrift der örtlichen Prüfung an die betroffenen Dienststellen und Gemeinden weitergeleitet (RIWA-T Kap. 8.6).

4.1.2.4.2 Änderungen im Rahmen des Projektes FloodRisk (2004)

- Der GZP wird in den betroffenen Gemeinden und beim Amt der Landesregierung für mindestens zwei Wochen aufgelegt. Von der Auflage werden die wasserwirtschaftliche Planung, die Raumordnungsstellen und in Berührungsbereichen die Dienststellen der WLV mit der Einladung zur Stellungnahme verständigt.
- Die örtliche Prüfung des GZP erfolgt durch eine Kommission bestehend aus: zwei Vertretern der BWV (Prüfung auf fachliche Richtigkeit), Vertretern der Gemeinde (Planungsbetroffene), dem Planverfasser (Erläuterung des GZP) und Vertretern der Wildbachverbauung in Berührungsbereichen (beratende Wirkung).

Analog zu den GZP der WLV kommt den GZP des Flussbaus nur mittelbare Bindungswirkung zu (Details s.o.).

4.1.2.5 Aktualisierung

Die Gefahrenzonenpläne sind im Falle der Änderung der Bearbeitungsgrundlagen oder ihrer Bewertung an die geänderten Verhältnisse anzupassen. Die Revision ist von der BWV zu veranlassen. Eine periodische Überprüfung ist nicht vorgesehen.

4.2 Schweiz

Die folgende Zusammenstellung basiert auf BUWAL, BRP & BWW (1997), andere Quellen werden explizit angegeben. Die Zusammenstellung stellt Empfehlungen auf Bundesebene dar, bedingt durch die föderalistische Struktur des Schweizerischen Regierungssystems unterscheiden sich die Umsetzungen auf kantonaler Ebene teilweise erheblich und sind im Allgemeinen lediglich den Bundesempfehlungen angelehnt.

Die Bundesgesetze betreffend Naturgefahren stellen Rahmengesetze dar, die in den Kantonen durch Anschlussgesetzgebungen unter Berücksichtigung der jeweiligen lokalen Verhältnisse konkretisiert werden. Diese Organisationsweise stellt die legislative Eigenständigkeit der Kantone sicher. Naturgefahren finden Eingang in der Raumplanungs- und Baugesetzgebung, den Wasserbaugesetzen, den Waldgesetzen sowie der Gesetzgebung im Bereich der Gebäude- und Sachversicherung. Nicht alle Kantone haben Gesetze in allen genannten Bereichen, darüber hinaus sind bislang Naturgefahren nicht immer in diesen Gesetzen auch berücksichtigt worden.

Das „Bundesgesetz betreffend die eidgenössische Oberaufsicht über die Forstpolizei“ (FPolG) vom 11. Oktober 1902 und die zugehörige Vollziehungsverordnung zum Bundesgesetz (FPolV) vom 01. Oktober 1965 bildeten lange Zeit den alleinigen vom Bund gesetzten gesetzlichen Rahmen für die Gefahrenzonenplanung in der Schweiz.

Aktuell sind in der Schweiz folgende bundesgesetzliche Richtlinien für den Umgang mit Naturgefahren maßgebend:

- Bundesgesetz über den Wald[16] (WAG),
- Bundesgesetz über den Wasserbau[17],
- Bundesgesetz über die Raumplanung[18] (RPG), und
- Verordnung über den Wald[19] (WaV).

In der Schweiz werden zwei verschiedene Typen naturgefahrenbezogener Karten unterschieden, die Gefahrenhinweiskarte (1:10.000 bis 1:50.000) und die Gefahrenkarte (1:2.000 bis 1:10.000).

Die Gefahrenhinweiskarte dient als Grundlage für die Richtplanung zur groben Erkennung der Interessenskonflikte. Sie bietet eine grobe Übersicht über die Gefähr-

[16] http://www.admin.ch/ch/d/sr/9/921.0.de.pdf
[17] http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/721.100.de.pdf
[18] http://www.admin.ch/ch/d/sr/7/700.de.pdf
[19] http://www.admin.ch/ch/d/sr/9/921.01.de.pdf

dungssituation, die Art der Gefährdung (ohne nähere Quantifizierung) für Regionen oder ganze Kantone.

Die Gefahrenkarte ist die Grundlage für Richt- und Nutzungsplanungen sowie für die Projektierung von Schutzmaßnahmen. Sie beinhaltet genaue Angaben zur Gefahrenart, der räumlichen Ausdehnung und dem Grad der Gefährdung (3 Stufen) für besiedelte, erschlossene oder zukünftig zu erschließende Gebiete sowie auf Verkehrswegen. Eine parzellenscharfe Abgrenzung muss möglich sein.

Die Erstellung und Implementierung von Gefahrenzonenkarten ist Aufgabe der Kantone und Gemeinden.

4.2.1 Definition der Gefahrenzonen

Das Schweizer System unterscheidet vier Gefahrenzonen (vgl. Tabelle 7).

Zone	Beschreibung
Verbots-bereich	Personen sind sowohl innerhalb als auch außerhalb von Gebäuden gefährdet. Mit der plötzlichen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen. Häufige Ereignisse treten in schwächerem Ausmaß auf. Personen sind dabei v.a. außerhalb von Gebäuden gefährdet.
Gebots-bereich	Personen sind innerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, jedoch außerhalb davon. Mit der Beschädigung von Gebäuden ist zu rechnen, die Zerstörung ist unter Beachtung bestimmter Bauauflagen nicht zu erwarten
Hinweis-bereich	Personen sind kaum gefährdet. Mit geringen Schäden an Gebäuden bzw. mit Behinderungen ist zu rechnen. Innerhalb der Gebäude können erhebliche Sachschäden auftreten.
Hinweis-bereich	Auftreten konkreter Gefährdungen mit hohem Schadpotential (sehr geringe Eintretenswahrscheinlichkeit, hohe Intensität) oder mit zu erwartenden deutlichen Erhöhung der Eintretenswahrscheinlichkeit im Vergleich zu heute.

Tabelle 7: Definition der Gefahrenzonen in der Schweiz (BUWAL, BRP & BWW, 1997)

Der Grad der Gefährdung wird über die Intensität und Wahrscheinlichkeit (Häufigkeit, Wiederkehrdauer) eines Prozesses bestimmt. Die beiden Parameter werden mit Hilfe der in Tabelle 8 dargestellten Matrix zu Gefahrenstufen zusammengefasst.

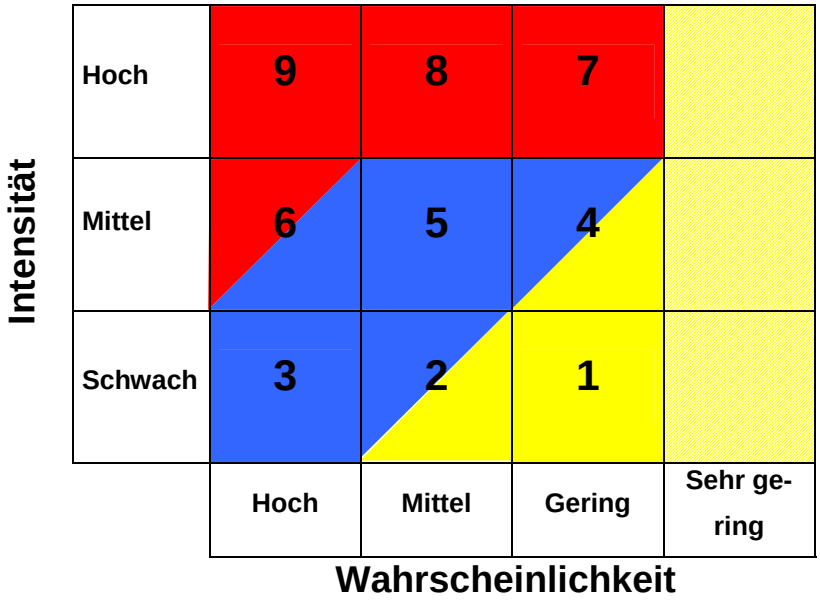


Tabelle 8: Ableitung der Gefahrenzonen aus Wahrscheinlichkeit und Intensität des Gefahrenprozesses (BUWAL, BRP & BWW, 1997)

4.2.2 Abgrenzung der Gefahrenzonen

Die Grenzbedingungen zur Unterscheidung der Intensitätsstufen wurden so gewählt, dass vergleichbare Prozesse (Lawine, Überschwemmung und Murgang) in der jeweiligen Zone zu vergleichbaren Belastungen und Gefährdungen führen (RICKENMANN, 2001). Die Intensität eines möglichen Schadprozesses wird in drei Klassen eingeteilt (vgl. Tabelle 9).

Intensität	Beschreibung
Hoch	Menschen und Tiere sind auch innerhalb von Gebäuden gefährdet; Mit erheblichen Schäden an Gebäuden bis hin zur plötzlichen Zerstörung ist zu rechnen.
Mittel	Menschen und Tiere sind außerhalb von Gebäuden stark, innerhalb jedoch kaum gefährdet; Mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen.
Schwach	Menschen und Tiere sind innerhalb und außerhalb von Gebäuden kaum gefährdet; Mit Sachschäden in Gebäuden muss gerechnet werden.

Tabelle 9: Intensitätsklassen für Gefährdungsprozesse (BUWAL, BRP & BWW, 1997)

Die Grenzwerte wurden für das Siedlungsgebiet abgeleitet (vgl. Tabelle 10), Grenzwerte für andere Nutzungsformen können analog bestimmt werden.

	Kriterium	Hohe Intensität	Mittlere Intensität	Schwache Intensität
Überschwemmung	Abflusstiefe Abflussintensität	h > 2 m $v \cdot h > 2\ ^{m^2}/_s$	h = 0,5-2 m $v \cdot h = 0{,}5\text{-}2\ ^{m^2}/_s$	h < 0,5 m $v \cdot h < 0{,}5\ ^{m^2}/_s$
Ufererosion	Mittlere Abtragungshöhe	d > 2 m	d = 0,5-2 m	d < 0,5 m
Murgang	Ablagerungstiefe Fließgeschwindigkeit	h > 1 m $v > 1\ ^m/_s$	h < 1 m $v < 1\ ^m/_s$	
Hangmure	Ablagerungstiefe Abflusstiefe	M > 2 m h > 1 m	M < 2 m h < 1 m	M < 0.5 m
Murgang & Hangmure (RICKENMANN, 2001)	Abflusstiefe Fließgeschwindigkeit	h > 1.5 m $v > 1.5\ ^m/_s$	h < 1.5 m $v < 1.5\ ^m/_s$	h < 0.5 m $v < 0.5\ ^m/_s$
Steinschlag	Kinetische Energie	$E_{kin} > 300$ kJ	$E_{kin} < 300$ kJ	$E_{kin} < 30$ kJ
Lawine	Lawinendruck	$p > 30\ ^{kN}/_{m^2}$	$p < 30\ ^{kN}/_{m^2}$	$p < 3\ ^{kN}/_{m^2}$
Rutschung	Geschwindigkeit der Hangbewegung	$^m/_d$	$^{dm}/_a$	$^{cm}/_a$

Tabelle 10: Prozessintensitätskriterien für Siedlungsgebiete (BUWAL, BRP & BWW, 1997)

Die semi-quantitativ ausgedrückte Wahrscheinlichkeit wird nach unterschiedlichen Wiederkehrperioden in drei Klassen eingeteilt (Tabelle 11).

Wahrscheinlichkeit	Hoch	Mittel	Gering	Sehr gering
Wiederkehrperiode	1-30 Jahre	30-100 Jahre	100-300 Jahre	> 300 Jahre
Eintretenswahrscheinlichkeit innerhalb von 50 Jahren	100-82 %	82-40 %	40-15 %	< 15%

Tabelle 11: Definition der Wahrscheinlichkeitsklassen (BUWAL, BRP & BWW, 1997)

Unter Angabe eines bestimmten Zeitraumes (Nutzungsperiode, Lebensdauer) kann die Eintretenswahrscheinlichkeit mit Hilfe folgender Formel berechnet werden:

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

p = Wahrscheinlichkeit
T = Jährlichkeit, Wiederkehrintervall
n = Betrachtungszeitraum (z.B. Lebensdauer technischer Maßnahmen)

4.2.3 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit

In der Schweiz stehen als Raumplanungsinstrumente der Richtplan und davon abgeleitet der Nutzungsplan zur Verfügung.

Nach dem Bundesgesetz über die Raumplanung (RPG 1979 Art 6) haben die Kantone in ihren Richtplänen u.a. festzuhalten, welche Gebiete durch Naturgefahren oder schädliche Einwirkungen erheblich beeinträchtigt sind. Der Richtplan fällt in die Zuständigkeit des Kantons und ist behördenverbindlich. Nach RPG 1979 Art. 14 werden in der Nutzungsplanung vorab nur Bau-, Landwirtschafts- und Schutzzonen angeführt und näher bestimmt. Gemäß RPG 1979 Art. 18 können auf Kantonsrechtebene noch weitere Nutzungszonen ausgeschieden werden. Die Gefahrenzonen überlagern dann die anderen Zonen (positive Planung). Eine andere Möglichkeit ist die Ausscheidung der Nutzungszonen entsprechend der Gefahrenzonen (negative Planung). Die Einbindung und der Grad der Verbindlichkeit der Gefahren(hinweis-)karte werden also auf Kantonsebene festgelegt.

Es werden keine für das gesamte Bundesgebiet einheitlichen Grenzwerte vorgeschrieben. Alle entsprechenden Veröffentlichungen haben daher den Rang einer Empfehlung.

Auf der Ebene der Nutzungsplanung sind Konkretisierungsgrad und Rechtsverbindlichkeit so festzulegen, dass eine angemessene Berücksichtigung der Naturgefahren ermöglicht und sichergestellt wird. Der Nutzungsplan ist allgemeinverbindlich. Es ist grundsätzlich eine Interessensabwägung vorzunehmen. Es ist in der Praxis jedoch nicht anzunehmen, dass andere Interessen schwerer wiegen als sachlich gerechtfertigte Gefahrenzonen. Die Ausscheidung von Gefahrenzonen muss auf der Gefahrenkarte basieren.

4.3 Italien (Südtirol)

In Italien wurde nach den Unwetterereignissen in Kampanien im Jahr 1998 ein Gesetzesdekret für die Abgrenzung von Risikozonen verabschiedet, um weitere schwere Folgen durch Naturereignisse zu vermeiden. Nach diesem Gesetz werden Naturgefahren durch diese Risikozonen berücksichtigt, die sich aus der Überlagerung von vier Gefährdungsklassen (H1-H4) und vier Vulnerabilitätsklassen (V1-V4) ergeben. Die Erstellung dieser Risikozonenpläne obliegt den Wassereinzugsgebietsbehörden (Autorità di Bacino), den Regionen und Autonomen Provinzen. Für die Autonomen Regionen und Provinzen mit Gesetzgebungsbefugnissen im Bereich Raumordnung

und Zivilschutz gilt das oben genannte in Gesetz umgewandelte Dekret als Rahmen für die Einbindung in das regional gültige Gesetz.

Im Falle der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol erfolgt die Einbindung dieses Gesetzes im Rahmen einer Änderung des Landesraumordnungsgesetzes. Nach dem seit Februar 2004 vorliegenden Entwurf zu den „Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos (GZP/RZP)“ werden in Südtirol nicht die Risikozonen raumordnerisch wirksam, sondern Gefahrenzonen im Sinne der „Schweizer Methode“, veröffentlicht von HEINIMANN et al (1998). Die vom italienischen Gesetz geforderten Gefahrenklassen wurden mittels der Kriterien von HEINIMANN et al (1998) definiert. Die Vulnerabilitätsklassen wurden basierend auf den Legendenelementen des Bauleitplanes nach der Präsenzwahrscheinlichkeit von Personen definiert. Die Überlagerung der Klassen ergibt die von Rom geforderten Risikozonen.

4.3.1 Gesetzliche Grundlage

Für die Erstellung der Gefahrenzonenpläne (GZP) und die Klassifizierung des spezifischen Risikos (KSR) wurden folgende Landes- und Staatsgesetze bzw. Dekrete berücksichtigt; die Richtlinien wurden diesen Vorgaben entsprechend erarbeitet:

- Legge 18 maggio 1989, n. 183: Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 Marzo 1990: Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all’art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- D.L. 11 giugno 1998, n. 180: Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania.
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 settembre 1998: Atto di indirizzo e coordinamento per l‘individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all’art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11 giugno 1998, n. 180.
- Legge 3 agosto 1998, n. 267: Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania (pubblicata nella GU n. 183 del 7 agosto 1998).
- Legge 11 dicembre 2000, n. 365: Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree e rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000.

- Landesgesetz, Autonome Provinz Bozen-Südtirol, vom 11. August 1997, Nr. 13, und nachfolgende Abänderungen: Landesraumordnungsgesetz.
- Dekret des Landeshauptmanns, Autonome Provinz Bozen-Südtirol, vom 23. Februar 1998, Nr. 5: Durchführungsverordnung zum Landesraumordnungsgesetz.

Im Gegensatz zu den für ganz Italien geltenden Gesetzestexten, in denen nur zwischen Massenbewegung (inkl. Lawinen) und Überschwemmungen (inkl. Gewässerphänomenen) unterschieden wird, verwenden die Südtiroler Richtlinien vier Prozessgruppen:

- Massenbewegungen (Rutschung, Sturz, Einbruch, Hangmure)
- Überschwemmung (< 15% Neigung, < 30% Feststoffanteil, < 40 km/h)
- Gewässerphänomene:
  Wildbach, Murgang (> 15 % Neigung, 30 %-70 % Feststoffanteil, 40-> 60 km/h), Erosion
- Lawinen (Fließ-, Staublawine)

Die „Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos (GZP/RZP)“ sehen folgende Vorgehensweise vor:

- Phase I: Erkennung, Bestimmung und Dokumentation der Flächen, welche einem hydrogeologischen Risiko ausgesetzt sind
- Phase II: Abgrenzung und Beurteilung der Gefahrenstufen
- Phase III: Bewertung des spezifischen Risikos und Maßnahmenplanung

Die Gemeinden sind zuständig für die Erstellung der Gefahrenzonenpläne. Sie vergeben einen Auftrag an eine Arbeitsgemeinschaft aus Freiberuflern verschiedener Disziplinen. Der GZP ist für das gesamte Gemeindegebiet zu erstellen. Der dadurch entstehende Arbeitsaufwand wird reduziert, indem in Abhängigkeit von bestehenden und geplanten Siedlungen und Nutzungen, eine unterschiedliche Bearbeitungstiefe (gemäß GZP/RZP) zugrunde gelegt wird. Dazu wird die Gemeindefläche basierend auf den Elementen des Bauleitplanes in drei Kategorien eingeteilt, vgl. Tabelle 12.

- Kategorie 3: Flächen mit starker Urbanisierung und solche, die zu urbanisieren sind. Das sind alle Baugebiete sowie die Grünflächen, Erholungseinrichtungen und Aufstiegsanlagen, soweit sie nicht in die Kategorie 2 fallen.
- Kategorie 2: Flächen, die nicht bebaut sind, jedoch Infrastrukturen von öffentlichem Interesse beinhalten. Das sind die Verkehrsflächen außerhalb der Siedlungsgebiete sowie Erholungseinrichtungen, die auch im landwirtschaftlichen Grün errichtet werden können, wie Golf- und Reitplätze, Skipisten, Langlaufloipen und Rodelbahnen.
- Kategorie 1: Flächen und Einrichtungen, die hinsichtlich der Gefahrenzonenplanung nicht von urbanistischem Interesse sind. Das sind die unbebaute natürliche Landschaft sowie im Allgemeinen die Leitungsinfrastrukturen und die Flächen für

Infrastrukturen von untergeordneter Bedeutung. Auf Grund von Informationen bezüglich der Anzahl und der Anwesenheitsdauer von Personen, sowie der Bedeutung der Infrastrukturen, wird die Zuordnung zur Kategorie 2 oder 1 entschieden.

Die Bearbeitungstiefe wird auf Grund der Überlagerung der potenziellen Prozessflächen mit diesen Schadenpotenzialkategorien nach Tabelle 12 festgelegt. Zur Zeit wird an der Erstellung von Gefahrenhinweiskarten für Sturzprozesse, Murgang und Übersarung nach der Methode HEINIMANN et al. (1998) und Überschwemmungen nach einer an der Abteilung Wasserschutzbauten entwickelten Methode gearbeitet. Für Lawinen gibt es Gefahrenhinweiskarten seit den 1980er Jahren. Diese Gefahrenhinweiskarten werden in Kombination mit den Schadenpotenzialkategorien als Grundlage für die Abgrenzung der Flächen mit unterschiedlicher Bearbeitungstiefe bei der Erstellung der GZP verwendet.

	Bearbeitungstiefe	Vorgeschriebener Maßstab	Verwendete Techniken
Kategorie 3	Hoch	1:5.000	Modellierung/Simulation im geeigneten Maßstab
Kategorie 2	Gering	1:10.000	Ohne detaillierte Modellierung
Kategorie 1	Untersuchung nicht erforderlich bzw. nur auf Wunsch der Gemeinde		

Tabelle 12: Verschiedene Bearbeitungstiefen und die erforderliche Genauigkeit und Bearbeitungstechnik

4.3.2 Definition der Gefahrenzonen

Das für die Autonome Provinz Bozen-Südtirol vorgesehene System unterscheidet vier Gefahrenzonen, von denen drei in der Gefahrenzonenkarte dargestellt werden.

H4 - sehr hohe Gefahr (Verbotsbereich)

Eine sehr hohe Gefahr ergibt sich aus einem Phänomen, dessen Intensität und/oder Eintrittswahrscheinlichkeit so groß ist, dass die Möglichkeit von Verlust von Menschenleben, von Schäden an Gebäuden usw. besteht. Personen sind sowohl innerhalb als auch außerhalb von Gebäuden gefährdet. Mit der plötzlichen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen. Diese Zonen sind Bauverbotszonen.

H3 - hohe Gefahr (Gebotsbereich)

Eine hohe Gefahr ergibt sich aus einem Phänomen, dessen Intensität und/oder Eintrittswahrscheinlichkeit so groß ist, dass schwere Verletzungen von Personen, funktionelle Schäden von Gebäuden und Infrastrukturen mit daraus folgender Unzugänglichkeit derselben, sowie Unterbrechung von sozialen und wirtschaftlichen Tätigkeiten zu erwarten sind und beträchtliche Schäden an der Umwelt entstehen.
Personen sind innerhalb von Gebäuden nicht gefährdet, jedoch außerhalb davon. Mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen, jedoch sind plötzliche Gebäudezerstörungen in diesem Gebiet bei entsprechender Bauweise nicht zu erwarten. Die Bautätigkeit ist stark eingeschränkt. Schwere Schäden können durch geeignete Vorsorgemaßnahmen und Auflagen vermieden werden.

H2 - Mittlere Gefahr (Hinweisbereich)

Eine mittlere Gefahr ergibt sich aus einem Phänomen, dessen Intensität und/oder Eintrittswahrscheinlichkeit so groß ist, dass geringe Schäden an Gebäuden, Infrastrukturen und der Umwelt entstehen, welche jedoch nicht die Gesundheit von Personen, die Zugänglichkeit von Gebäuden und das Funktionieren der sozialen und wirtschaftlichen Tätigkeiten beeinträchtigen. Personen im Freien sind kaum gefährdet. Mit geringen Schäden an Gebäuden bzw. mit Behinderungen ist zu rechnen.

H1 - Restgefährdungsbereich

Sehr seltene Ereignisse und Phänomene, auch mit „unendlich hoher“ Intensität, fallen unter die Restgefährdung H1 und werden in der Gefahrenzonenkarte nicht dargestellt. Diese Phänomene werden sehr wohl auf der Karte der Phänomene dargestellt und im Begleitbericht ausführlich beschrieben.

Ohne Gefahr

Gebiete, die zum Zeitpunkt der Untersuchung keine Gefahr aufweisen (im Unterschied zu nicht untersuchten Gebieten – farblos)

4.3.3 Abgrenzung der Gefahrenzonen

Die von einem Prozess ausgehende Gefahr ergibt sich aus der Kombination von Intensität und Eintrittswahrscheinlichkeit des Phänomens.

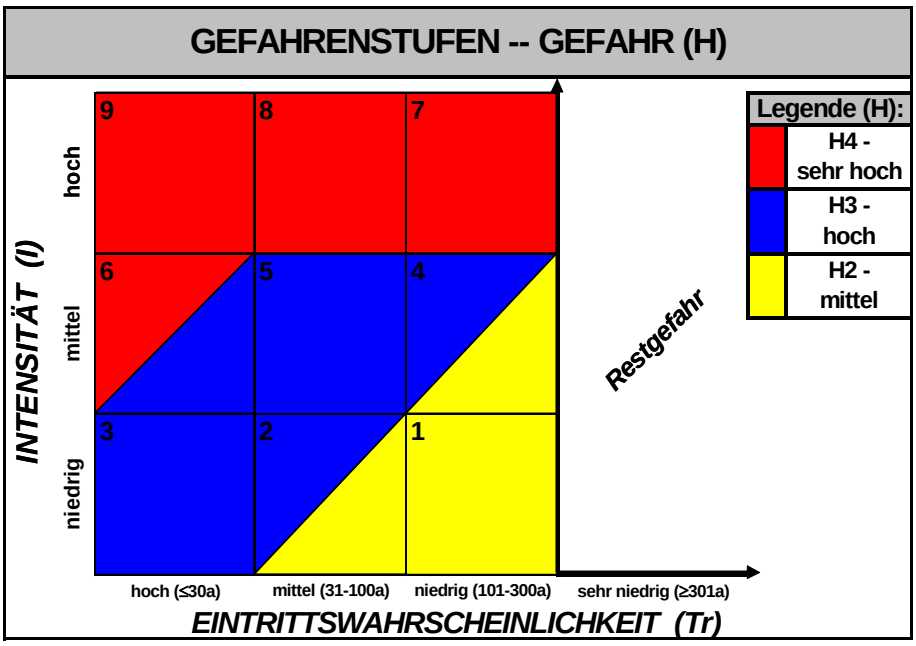


Abbildung 1: Ableitung der Gefahrenzone aus der Intensität und der Eintretenswahrscheinlichkeit eines Ereignisses (GZP/RZP, 2004)

Die Eintrittswahrscheinlichkeit wird für alle Phänomene gleich in die Intervalle 1-30 Jahre, 30-100 Jahre, 100-300 Jahre und > 300 Jahre eingeteilt.

Die Grenzwerte für die Intensität werden für jedes Phänomen in Abhängigkeit von dessen Verhalten (Geschwindigkeit, Volumen,…) und Auswirkung (Lawinendruck,…) festgelegt.

4.3.3.1 Massenbewegungen

In einem ersten Schritt wird die geometrische Intensität (Volumen, Masse, Schichtmächtigkeit,…) und die Geschwindigkeit getrennt nach einer dreistufigen Skala – 1 (niedrig) bis 3 (hoch) – bewertet. Die Gesamtintensität ergibt sich aus der Multiplikation der beiden Klassenwerte, vgl. Tabelle 13.

	Hohe Intensität	Mittlere Intensität	Schwache Intensität
Gesamtintensität	$6 < SG \cdot VEL < 9$	$3 < SG \cdot VEL < 4$	$1 < SG \cdot VEL < 2$

Tabelle 13: Bestimmung der Prozessintensität für Massenbewegungen (GZP/RZP, 2004)

Für Steinschlag ist zudem eine Analyse der maximalen Reichweite vorzunehmen. Für Flächen der Kategorie 3 ist eine Modellierung/Simulation vorgeschrieben.

4.3.3.2 Überschwemmungen und Gewässerphänomene

		Hohe Intensität	Mittlere Intensität	Schwache Intensität
Überschwemmung		$h > 2$ m $v \cdot h > 2$ $^{m^2}/_s$	$0{,}5 \leq h \leq 2$ m 0, $5 \leq v \cdot h \leq 2$ $^{m^2}/_s$	$h < 0{,}5$ m $v \cdot h < 0{,}5$ $^{m^2}/_s$
Gewässerphänomene	Erosion	$d > 2$ m	$d = 0{,}5\text{-}2$ m	$d < 0{,}5$ m
	Wildbach, Murgang	$M > 1$ m $v > 1$ $^m/_s$ $h > 2$ m	$M \leq 1$ m $v \leq 1$ $^m/_s$ $0{,}5 \leq h \leq 2$ m	-

Tabelle 14: Bestimmung der Prozessintensität für Überschwemmungen und Gewässerphänomene (GZP/RZP, 2004)

Für Überschwemmungen ist die Verwendung mathematischer Modelle zur Niederschlags-Abfluss-Transformation zwingend vorgeschrieben, für Murgänge sind die allgemeinen empirischen Formeln ausreichend. Für Gewässerphänomene sind die Bestimmung der Grenzschleppspannung und die Bewertung der Hangstabilität vorgeschrieben.

4.3.3.3 Lawinen

In der Bewertung der Lawinengefahr wird zwischen zwei Frequenzbereichen unterschieden, dem häufigen Ereignis (1-30 Jahre) und dem Bemessungsereignis (bis 300 Jahre), vgl. Tabelle 15.

Zone	Bemessungsereignis (30 – 300 jährig)	Häufiges Ereignis (1 – 30 jährig)
H4	$p \geq 30$ $^{kN}/_{m^2}$ $h \geq 1{,}5$ m	$p \geq 3$ $^{kN}/_{m^2}$ $h \geq 0{,}5$ m
H3	$p < 30$ $^{kN}/_{m^2}$ $h < 1{,}5$ m	$p < 3$ $^{kN}/_{m^2}$ $h < 0{,}5$ m
H2	$p \leq 3$ $^{kN}/_{m^2}$ Lawinenereignisse mit $T > 30$ Jahre	
Restgefährdung	extrem seltene Lawinenereignisse ($T \geq 301$ Jahre)	

Tabelle 15: Bestimmung des Gefährdungsgrades für Lawinen (GZP/RZP, 2004)

Die Grenzen sind als Richtwerte zu verstehen, da die Übergänge fließend und vom Typ der Lawine abhängig sind. Der Übergang ist in Abbildung 2 dargestellt.

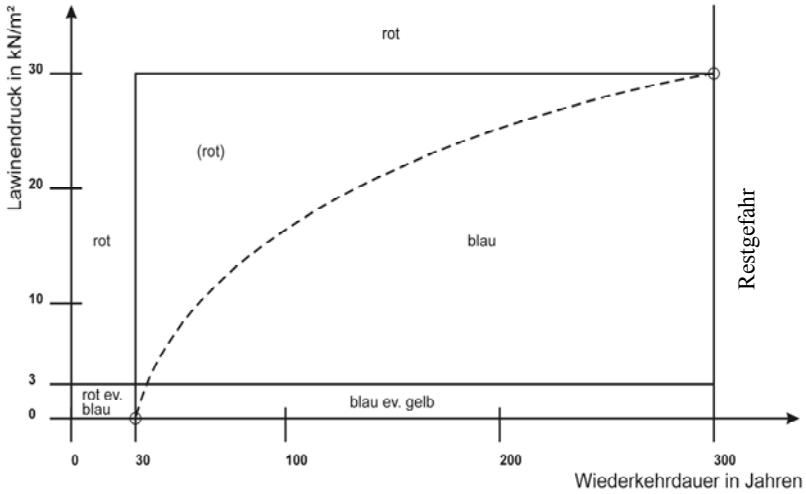


Abbildung 2: Graphische Darstellung der Abgrenzungskriterien für Lawinen in der Zonenplanung

Für Flächen der Kategorie 3 sind ausführliche Untersuchungen und Modellierungen/Simulationen zwingend vorgeschrieben.

4.3.4 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit

- Die Erstellung von GZP und RZP sind von den Gemeinden zu veranlassen. Falls die Gemeinde untätig bleibt, kann die Landesregierung die Erstellung auf Kosten der Gemeinde veranlassen. Mehrere Gemeinden können einen gemeinsamen GZP erarbeiten. Zwischengemeindliche können auf Verlangen der Gemeinden oder durch die Landesregierung durchgeführt werden.
- Die Durchführung erfolgt durch befugte Fachleute aus den Bereichen Geologie, Geotechnik, Wasserbau und Agrar- und Forstwirtschaft, welche im Berufsverzeichnis eingetragen sind.
- Die Genehmigung erfolgt durch die Landesregierung. Ab dem Zeitpunkt der Genehmigung ist der GZP Bestandteil des Bauleitplanes der Gemeinde.
- Der Gefahrenzonenplan hat als Fachplan eine dem Bauleitplan übergeordnete Bedeutung, d.h. der Bauleitplan muss an die Ergebnisse des GZP angepasst werden. Die Rechtsverbindlichkeit für Grundeigentümer ergibt sich aber durch den Bauleitplan.

4.3.5 Aktualisierung

4.3.5.1 Gefahrenzonenpläne

Entsprechend der GZP/RZP verringern Schutzbauten die Intensität und damit die Gefahr eines Ereignisses für die betroffenen Objekte. Der Verbauungszustand hat daher unmittelbare Auswirkungen auf die gefährdeten Gebiete. Um der primären Funktion als Planungsinstrument zu entsprechen, müssen die GZP daher periodisch aktualisiert werden. Schwierigkeiten ergeben sich dabei v.a. in der Bewertung der Funktionserfüllung und des Zustandes der Bausubstanz von Bauwerken. Der GZP soll bei der periodischen Überarbeitung des Bauleitplanes aktualisiert und nachgeführt werden.

4.3.5.2 Risikozonenpläne

Die Risikozonenpläne werden seitens der Landesverwaltung erstellt. Da die Risikokarte stark von den betroffenen Objekten abhängt, gibt sie nur den Status quo wieder. Sie ist daher ständig neuen Gegebenheiten anzupassen. Die Risikokarte ist ein Indikator für Sofortmaßnahmen bzw. deren Priorität, keinesfalls jedoch ein Planungsinstrument (im Gegensatz zum GZP).

4.4 Deutschland (Bayern)

Die folgende Zusammenstellung basiert auf Gesprächen und Emails mit Anton LOIPERSBERGER (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft) und Informationen aus dem Internet ausgehend vom Informationsdienst Alpine Naturgefahren des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft (http://www.bayern.de/LFW/ian/welcome.htm).

Das Instrument der Gefahrenzonenplanung existiert in Bayern derzeit nicht. Dafür müssten erst die rechtlichen und organisatorischen Voraussetzungen geschaffen werden.

Für Überschwemmungsgebiete wird eine Bauverbotszone innerhalb der Anschlagslinie des HQ_{100} ausgewiesen. Die Abgrenzung ist parzellenscharf im Maßstab 1:5.000 (z.T. auch 1:1.000).

Des Weiteren werden vom örtlichen Wasserwirtschaftsamt (WWA) Einzelgutachten bezüglich der Naturgefahren erstellt. Auch hier ist das 100-jährliche Ereignis die Bewertungsgrundlage. In den Einzelgutachten wird nur angegeben, ob ein Objekt sicher

ist oder nicht. Eine graduierte Abstufung (sicher mit Auflagen,…) erfolgt nicht. Die Entscheidung Modellierungen/Simulationen zur Bestimmung der Gefährdung heranzuziehen obliegt dem Bearbeiter, es existieren keine diesbezüglichen Vorschriften.
Zusätzlich werden in bestimmten Fällen andere Dienststellen von der Genehmigungsbehörde (Gemeinde bzw. Landratsamt) hinzugezogen (Lawinenwarnzentrale, Geologisches Landesamt). In schwierigen Fällen werden die örtlichen WWA vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft unterstützt (z. B. Murfähigkeit,…).
Zur Information der Bevölkerung im Bayerischen Alpenraum wurde eine Internet-GIS-Plattform eingerichtet (http://www.bayern.de/LFW/ian/welcome.htm). Dieses Projekt ist eine Kooperation zwischen Bayerischem Landesamt für Wasserwirtschaft, Bayerischem Geologischen Landesamt und der bayerischen Staatsforstverwaltung. Die dargestellten Prozesse umfassen Lawinen, Hochwasser, Muren, Schuttströme, Rutschungen und Felsstürze. Die ermittelten bzw. festgesetzten Überschwemmungsgebiete des HQ_{100} werden für ganz Bayern im „Informationsdienst Überschwemmungsgebiete“ ebenfalls im Internet parzellenscharf dargestellt.

4.5 Frankreich

Die Zusammenfassung der Gefahrenzonenplanung für Frankreich basiert auf BESSON (1996) und MATE (2000).

4.5.1 Gesetzliche Grundlage

4.5.1.1.1 Gesetz n°82-600 vom 13. Juli 1982 betreffend die Entschädigung der Opfer von Naturkatastrophen

Dieses Gesetz stellt den ersten Versuch dar Rahmenbedingungen für den Umgang mit Naturgefahren zu schaffen. Es führte die Karte der Gefahrenexposition (PER[20]) mit dem Ziel ein, die Verwundbarkeit der Gebiete und die finanzielle Belastung für den Staat (Entschädigungszahlungen) durch Naturgefahren zu reduzieren. Als Versicherungsgesetz ist es v.a. auf eine Entschädigung eines entstandenen Schadens ausgerichtet.

[20] PER: Le Plan d’Exposition aux Risques Naturels

4.5.1.1.2 Gesetz n°87-565 vom 22. Juli 1987 betreffend Zivilschutz, Schutz vor Waldbränden und Vorbeugung der Hauptrisiken[21]

Die französischen Bürger haben auf Grund dieses Gesetzes das Recht über die technologischen und natürlichen Risiken sowie über die Schutzmaßnahmen informiert zu werden, wenn sie sich in gefährdeten Zonen befinden. Das Gesetz schafft somit eine Bringschuld von Präfekt, Bürgermeister und Industrieunternehmen.

4.5.1.1.3 Gesetz n°95-101 vom 2. Februar 1995 betreffend die Verstärkung des Umweltschutzes („Loi Barnier") und Verordnung n°95-1089 vom 5. October 1995 betreffend den Plan zur Vorbeugung vorhersehbarer Naturgefahren.[22]

Bis 1995 wurden folgende Pläne zur Beurteilung der Naturgefahren verwendet:

- Risikokarten (cartes des aléas)
- Lawinengefahrenzonenpläne (Plans de Zones Exposées aux avalanches: PZEA, http://www.anena.org/jurisque/thesaurus/texte/PZEA.htm)
- Gefahrenzonenpläne (Plans de zones exposées aux risques naturels: PZERN)
- Karte der Gefahrenexposition (Plans d'exposition aux risques naturels: PER)
- Hochwasserpläne (plan de surfaces submersibles)
- Gefahrenumkreispläne (périmètre de risques)
- Waldbrandgefahrenzonenpläne (plan de zones sensibles aux incendies de forêt)

Mit dem Gesetz Nr. 95-101 und der nachfolgenden Verordnung wurden alle Kartenwerke mit Bezug zu Naturgefahren in einem einzigen Plan zusammengefasst, dem Plan zur Vorbeugung vorhersehbarer Naturgefahren (PPR[23]). Während der PER auf ein Versicherungsgesetz zurückgeht, ist der PPR ein Zivilschutzgesetz.

[21] Loi n° 87-565 du 22. juillet 1987 (http://www.alpesgeoconseil.com/risques/Loi.html) relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'Incendie et à la prévention des risques majeurs

[22] Loi n 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement. (loi BARNIER) et décret n°95-1089 du 5 octobre 1995 (http://www.alpesgeoconseil.com/risques/Loi2.html), relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles

[23] PPR: Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles

4.5.1.1.4 Gesetz n°2003-699 vom 30. Juli 2003 bezüglich Vorbeugung und Schadensersatz bei technologischen und natürlichen Risiken[24]

Das Gesetz verbessert die zwingende Berücksichtigung aller Gefahren (technologischer und natürlicher) sowie die Information der betroffenen Bevölkerung. Durch dieses Gesetz erhält der Bürger das Recht, abgegrenzte Risikozonen zu verlassen und der Staat wird verpflichtet das Eigentum zu erwerben.

Im zweiten Teil, der sich auf Naturgefahren bezieht, wird die Möglichkeit einer präventiven Retentionsplanung geschaffen. Notwendige Enteignungen werden über den Entschädigungsfonds („Fonds Barnier“) abgewickelt. Der Fonds wird aus Zuschlägen zu Versicherungsprämien dotiert. In Zukunft ist vorgesehen, aus diesem Fonds auch Maßnahmen zur Reduktion der Verletzbarkeit und den Wiederaufbau außerhalb der Gefahrenzonen abzudecken.

4.5.2 Der Plan zur Vorbeugung vorhersehbarer Naturgefahren (PPR)

Der PPR ist als Vereinfachung aller vorhandenen Gesetze und Verordnungen gedacht. Er soll alle Möglichkeit der bestehenden Regelungen bieten und die Intervention schneller und flexibler machen. Der PPR umfasst drei Teile:

- Einen Textteil, der das betrachtete Gebiet, die betrachteten Gefahren, die Informationsquellen und die durchgeführten Studien beschreibt
- Einen kartographischen Teil, der verpflichtend die Darstellung der ausgeschiedenen Zonen im Maßstab 1:10.000 oder 1:5.000 enthält. Üblicherweise werden zum besseren Verständnis noch die Karte der Phänomene und die Karte der Gefahren hinzugefügt.
- Die Verordnung mit den in den verschiedenen Zonen anzuwendenden Regelungen.

Dem PPR fehlt eine grundsätzliche Ausrichtung auf Katastergenauigkeit. Daraus ergeben sich Schwierigkeiten in der Umsetzung im Zuge der Raumplanung sowie die Möglichkeit lokale Interessen bei der Umsetzung in Bebauungsplänen einfließen zu lassen. Bis 2005 sollen 5000 Gemeinden einen PPR besitzen.

[24] Loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003 (http://www.legifrance.gouv.fr/WAspad), relative à la prévention des risques technologiques et naturels et à la réparation des dommages

4.5.3 Definition der Gefahrenzonen

Es werden drei Zonen unterschieden: weiß (Zone ohne identifizierte Gefahr), blau (mittlere Gefahr, Gebotszone) und rot (hohe Gefahr, Bauverbotszone). Zusätzlich werden Bereiche, in denen Bautätigkeit zur Verschlechterung der Gesamtsituation führen würde, ausgewiesen.

4.5.4 Abgrenzung der Gefahrenzonen

Zur Abgrenzung des Wirkungsbereiches der gefährlichen Prozesse können unterschiedliche Informationsquellen herangezogen werden. Die wichtigsten davon sind:

- Datenbanken über Schadereignisse, CATNAT-Akten, Datenbank der Naturgefahren des RTM[25], Daten der EPA (Enquête Permanente sur les Avalanches, laufende Erhebung der Lawinentätigkeit von rund 650 wichtigen Lawinen)
- Carte de Localisation Probable des Avalanches (CLPA[26]):Die CLPA umfasst etwa 600.000 ha im Maßstab 1:25.000. Sie wird jährlich aktualisiert.
- Carte des Zones Exposées aux Risques de Mouvement du Sol (ZERMOS, Karte der Geländebewegungen, Maßstab 1:20.000 bis 1:25.000)
- Plan des Surfaces Submersibles (PSS, Pläne der überschwemmbaren Flächen): Die PSS dienen der Vorbeugung von Schadhochwässern indem Bereiche ausgewiesen sind, die für den Abfluss freizuhalten sind.
- Carte des phénomènes naturels de l'analyse „enjeux risques" (AER, Karte die der Organisation des Arbeitsprogramms im Bereich Naturgefahren dient)
- Historische Übersichtskarte über natürliche Phänomene (Maßstab 1:25.000): Die Übersichtskarte ist eine nicht erschöpfende Darstellung historischer und aktuell aktiver Phänomene.

Für die Hauptphänomene wird eine Zeitreihenanalyse durchgeführt. Anhand dieser Informationen wird die Gefahrenkarte (Carte des Aléas) erstellt. Diese ist vergleichbar mit GZP in Österreich.

Zur qualitativen Beurteilung der Bodennutzung (Lebensraum, Wirtschaftstätigkeiten, öffentliche Einrichtungen, Raumplanungspläne) im Planungsgebiet wird eine Karte der menschlichen Nutzungen und Entwicklungszielsetzungen (Carte des Enjeux) erstellt. Die Überlagerung der Karte der Risiken und der Karte der Nutzungen und Ent-

[25] RTM: Restauration des Terrains en Montagne, entweder staatlicher Dienst oder von Gemeinden selbst organisiert
[26] CLPA: Karte möglicher Lawinen

wicklungszielsetzungen führt nach einer Abstimmung mit den verschiedenen lokalen Partnern letztendlich zum PPR.

Im Vergleich zu den anderen besprochenen Methoden der Gefahrenzonenplanung wird in Frankreich die Raumplanung schon bei der Gefahrenzonenplanung eingebunden. Das fertige Werk zur Berücksichtigung der Naturgefahren entspricht einem Raumordnungsplan unter Berücksichtigung der Naturgefahren.

4.5.5 Implementierung und Rechtsverbindlichkeit

Die Ausarbeitung des PPR wird von staatlichen Stellen durchgeführt. Er wird nach einer zwingenden Konsultationsphase (Gemeinderäte und öffentliche Untersuchung) durch den Präfekten des Departements genehmigt. Der PPR kann auf eine oder mehrere Arten von Risiko beschränken. Das Plangebiet kann eine oder mehrere Gemeinden umfassen.

Die Festlegungen des PPR sind für alle Beteiligten - Privatpersonen, Unternehmen, Gemeinden sowie den Staat verpflichtend – insbesondere bei der Ausstellung der Baugenehmigung. Die Pläne, die die örtliche und überörtliche Raumordnung regeln (Plan Local d'Urbanisme - PLU, Schéma de Cohérence Territoriale - SCOT) müssen die natürlichen Risiken entsprechend dem PPR berücksichtigen.

Im PPR können allgemeine Vorbeugungs- und Schutzmaßnahmen definiert und vorgeschrieben werden. Der PPR erlaubt die Setzung von Fristen, üblicherweise 5 Jahre, bei Bedarf auch kürzer. Der Staat hat durch den PPR die Möglichkeit betroffene Güter präventiv zu enteignen. Die Verteilung der Mittel des „Fonds Barnier" baut auf dem PPR und dem Gesetz vom 30. Juli 2003 auf.

4.6 Slowenien

Der Umgang mit Naturgefahren in Slowenien basiert auf zwei Kartenwerken, dem Water Management General Plan (WMGP[27]) und den Torrent Control Plans (TCP[28]). Im WMGP werden alle von Gebiete dargestellt, die durch Lawinen, Wildbachprozesse, Rutschungen und Steinschlag gefährdet sind.

Zuständig für Naturgefahren ist das Torrent and Erosion Control Service (TECS[29]). Nach dem Water Law bedarf jede Änderung der Landnutzung oder der Bebauung in gefährdeten Gebieten sowie andere Eingriffe, die den Zustand dieser Gebiete än-

[27] WMGP: Water Management General Plan
[28] TCP: Torrent Control Plans
[29] TECS: Torrent and Erosion Control Service

dern, der Zustimmung des TECS. In der Praxis wird die Bestimmung nur auf den Abflussbereich der Wildbäche angewendet. Nutzungsbeschränkungen im weiteren Umfeld bzw. im Einzugsgebiet sind nicht üblich.

Die gefährdeten Zonen werden mit zwei unterschiedlichen Auflösungen dargestellt:

Grossmaßstäblich in Erosion Threat Warning Plans (ETWP[30])

Kleinmaßstäblich in Maps of Areas Endangered by Erosion (MAEE[31])

4.6.1.1.1 Erosion Threat Warning Plans

ETWP geben einen schnellen Überblick über die im Untersuchungsgebiet auftretenden Gefahren. Die Abgrenzung erfolgt auf Grund vergleichender Studien der örtlichen Gegebenheiten. Die ETWP werden unterteilt in einen General Erosion Threat Warning Plan und einen Detailed Erosion Threat Warning Plan.

Die G-ETWP[32] zeigen nur die gefährdeten Bereiche sowie die Art der Gefährdung, nicht aber den Gefährdungsgrad. Sie dienen in erster Linie der Darstellung von Bereichen, in denen Eingriffe nur nach Zustimmung des TECS möglich sind.

Der D-ETWP[33] wird im Maßstab 1:25.000 bis 1.10.000 erstellt. Der D-ETWP basiert auf einer genaueren Analyse meteorologischer und hydrologischer Daten. Darüber hinaus fließen geologische, topographische und bodenkundliche Karten sowie Raumordnungspläne ein. Bei der Erstellung werden vier Gefahrengruppen unterschieden: Wildbach-, Rutschungs-, Sturz- und Schneeprozesse. Für jede Gefahrengruppe wird ein eigener D-ETWP erstellt.

4.6.1.1.2 Maps of Areas Endangered by Erosion

Die eigentlichen Gefahrenzonenpläne sind die „Maps of endangered Areas“. In diesen wird eine Zonierung der bebauten Gebiete nach der Intensität der Prozesse vorgenommen.

4.6.2 Definition der Gefahrenzonen

In den MAEE werden zwei Zonen ausgeschieden, eine Zone hoher Intensität (rot) und eine Zone (gelb), in der Bereiche mittlerer und schwacher Intensität zusammengefasst werden, vgl. Tabelle 16.

---

[30] ETWP: Erosion Threat Warning Plan
[31] MAEE: Maps of Areas Endangered by Erosion
[32] G-ETWP: General Erosion Threat Warning Plan
[33] D-ETWP: Detailed Erosion Threat Warning Plan

Zone	Beschreibung
Rote Zone	Die Intensität der Prozesse reicht aus um Gebäude zu zerreißen, zu zerstören oder zu beschädigen, Menschen können innerhalb der Gebäude getötet werden. Daher ist die Rote Zone eine Bauverbotszone.
Gelbe Zone	Gebäude können infolge der Intensität der Prozesse beschädigt werden, für Menschen besteht innerhalb der Gebäude nur geringe Gefahr, Vorsicht ist jedoch geboten. In der Gelben Zone sind Neubauten mit entsprechenden Auflagen möglich, besonders sensible Bauten sollen vermieden werden.
Weiße Zone	In diesen Bereichen ist zum Zeitpunkt der Planerstellung keine Gefährdung bekannt.

Tabelle 16: Definition der Gefahrenzonen in Slowenien

4.6.3 Abgrenzung der Gefahrenzonen

Die Abgrenzung der Gefahrenzonen erfolgt ähnlich wie in Österreich in zwei Kategorien, vgl. Tabelle 17.

Prozessgruppe	Prozess	Rot	Gelb
Lawine		p > 30 kPa	3 < p < 30 kPa
Wildbachprozesse	Überflutung	h > 1,5 m v · h > 1,5 m²/s	h < 1,5 m v · h < 1,5 m²/s
	Seitenerosion	d > 1,5 m	0,5 < d < 1,5 m
	Geschiebeführendes Hochwasser	h > 1 m v > 1m/s	h < 1 m v < 1 m/s
	Hyper-concentrated flow	p > 30 kPa	3 < p < 30 kPa
	Murgang	gesamter Abfluss- & Ablagerungsbereich	-
Rutschungen & Steinschlag	Rutschungen	v > 0,1 m/d kontinuierlicher Bewegung oder l > 1,0 m je Ereignis	v ~ dm/a
	Steinschlag	E > 100 kJ	10 < E < 100 kJ
	Fels- u. Bergsturz	E > 100 kJ	-

Tabelle 17: Kriterien für die Abgrenzung der Gefahrenzonen in Slowenien

4.7 Liechtenstein

Im Fürstentum Liechtenstein wird das Schweizer System angewendet. Die Ausarbeitung erfolgte bisher in Zusammenarbeit bzw. durch Schweizer Stellen. Es sei daher an dieser Stelle auf Kapitel 4.2 verwiesen.

5 Vergleich der Methoden und Kriterien zur Gefahrenzonenausweisung

Der GZP ist in allen Ländern mit Ausnahme von Frankreich ein fachliches Gutachten. Eine Bindungswirkung entsteht erst durch Gesetze und Verordnungen, die andere (Verwaltungs-) Bereiche betreffen (Raumordnung, Bauwesen, Sicherheitswesen, Versicherungswesen). Abgesehen von Frankreich ist das Ergebnis der Gefahrenzonenplanung eine Karte der Gefährdungen, die in den Planungen der Länder und Gemeinden zu berücksichtigen sind. Das trifft auch auf die Gefahrenzonenplanung im engeren Sinne im vorgestellten Südtiroler System zu. Die Klassifizierung des spezifischen Risikos baut, wie z.B. die Raumplanung, auf der Gefahrenzonenplanung auf. Im Vergleich dazu wird in Frankreich die Raumplanung schon bei der Gefahrenzonenplanung eingebunden. Das fertige Werk ist ein Raumordnungsplan unter Berücksichtigung der Naturgefahren.

5.1 Bedeutung der Gefahrenzonen

Im Tätigkeitsbereich der WLV werden die Gefahrenzonen aus dem Blickwinkel der möglichen Verwendung einer Fläche für Siedlungs- und Verkehrszwecke definiert.
Das System der WLV berücksichtigt den Aufwand zur Nutzbarmachung der Fläche für das Bemessungsereignis zur Definition der Roten Zone (GZP VO § 6: „…ständige Benutzung … voraussichtlichen Schadenswirkungen…“). Die Ausweisung der roten Zone erfolgt jedoch wie in allen anderen Systemen mit Hilfe einer zulässigen Einwirkungsgröße.
Die Gelbe Zone wird für jene Flächen ausgewiesen, für die eine Beeinträchtigung der dauerhaften Verwendung für Siedlungs- und Verkehrszwecke besteht.
Im Gegensatz dazu ist in den anderen Systemen (Schweiz, Italien) die Zerstörung oder Beschädigung von Gebäuden durch das Bemessungsereignis Ausgangspunkt für die Zonenfestlegung. Für häufige Ereignisse wird die Gefährdung von Personen herangezogen. Die BWV verwendet beide Ansätze.

5.2 Frequenz der Ereignisse

Große Unterschiede zwischen den anzuwendenden Kriterien bestehen in Bezug auf die zugrunde gelegte Jährlichkeit, vgl.Tabelle 18.

Frequenz	WLV	BWV	CH, I	Bayern
Häufig	1-10 Jahre	30 Jahre (*)	1-30 Jahre	-
Mittel	-	-	30-100 Jahre	-
Selten	150 Jahre	100 Jahre	100-300 Jahre	100 Jahre
Sehr selten	-	-	≥ 300 Jahre	-

Tabelle 18: Verwendete Jährlichkeiten zur Abgrenzung der Gefahrenzonen

5.3 Gefährliche Prozesse

Die ausführlichste Bewertung von Gefährdungen bezogen auf die betrachteten Prozesse wird in der Schweiz, Südtirol und Slowenien vollzogen. Für alle zu bewertenden Gefahrenprozesse sind Grenzwerte bzw. Richtwerte (für Rutschungen) vorgeschlagen. Dem am nächsten kommt das System der WLV. Hier wird für Gefährdungen durch Rutschungen oder Steinschlag nur die betroffene Fläche ausgewiesen. Eine nähere Definition bzw. Grenzwerte für akzeptierte Ausmaße solcher Ereignisse sind nicht festgelegt. Die BWV beschränkt die Abgrenzung von Gefahrenzonen auf Prozesse im Zusammenhang mit Wasser (Überschwemmung, Geschiebetransport, Erosion, Rutschungen sofern sie durch HW-Prozesse ausgelöst werden oder diese beeinflussen).

Im Zuge der in Bayern verwendeten Einzelgutachten werden alle Prozesse berücksichtigt, die das untersuchte Objekt gefährden.

5.4 Kriterien zur Zonenabgrenzung

Allen Bewertungsansätzen ist gemeinsam, dass das Zusammenwirken von Abflusshöhe und Fließgeschwindigkeit berücksichtigt wird.

(*) In den Richtlinien der BWV ist ein „häufiges Ereignis“ als solches nicht festgelegt. Jedoch werden öfter wiederkehrende Ereignisse durch das Ausweisen der Anschlaglinie des HQ_{30} berücksichtigt.

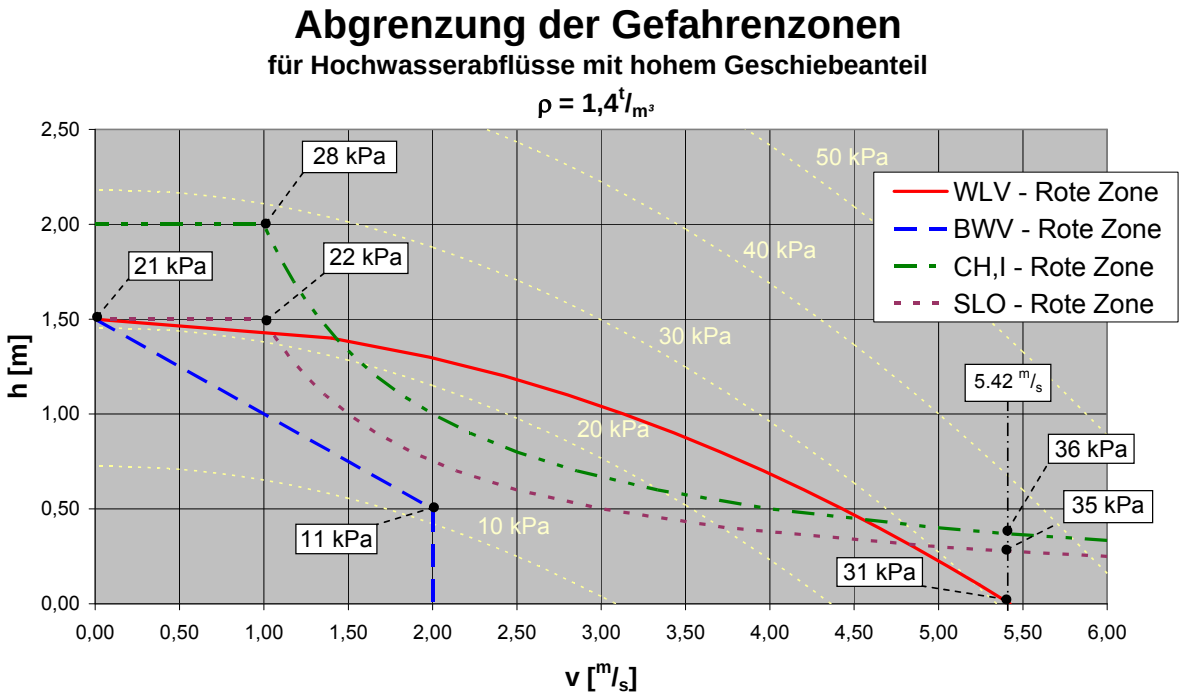


Abbildung 3: Abgrenzungskriterien der WLV, der BWV und in der Schweiz

$$h = h_E - \frac{v^2}{2g} \tag{2}$$

zulässige Fließhöhe in Abhängigkeit der Geschwindigkeit für h_E = 1,5 m (konstant)

$$p_{stat} = \rho \cdot g \cdot h \tag{3}$$

Hydrostatischer Druck

$$p_{dyn} = c_d \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \tag{4}$$

Hydrodynamischer Druck

$$\rho = 1{,}4 \; t/m^3 \tag{5}$$

für Hochwasserabfluss mit hohem Feststoffanteil (EGLI, 1999), $c_d = 1{,}5$

Der Schweizer Ansatz verwendet die Intensität v x h. Die sich daraus ergebende Hyperbel wird durch eine maximal zulässige Fließtiefe begrenzt, eine maximal zulässige Fließgeschwindigkeit ist nicht definiert. Für geschiebeführende Hochwässer ergibt

sich bei geringen Geschwindigkeiten (bis 1 $^{m}/_{s}$, v x h = 2) ein Druck von knapp 30 kPa. Bei einer Geschwindigkeit von v = 2,2 $^{m}/_{s}$ erreicht der Druck seinen niedrigsten Wert von p_{min} = 18 kPa und steigt danach infolge des dynamischen Anteils wieder an. Bei einer Geschwindigkeit von v = 5,42 $^{m}/_{s}$ und einer Fließtiefe knapp unter 40 cm herrscht ein Druck von p = 36 kPa.

Bei dem System der WLV nimmt die Fließhöhe mit steigender Fließgeschwindigkeit kontinuierlich bis h = 0 m ab. Die zugehörige Maximalgeschwindigkeit beträgt v = 5,42 $^{m}/_{s}$. Der Druck steigt entlang der Kurve konstant mit 0,7 kPa je 10 cm Abflusstiefenänderung von etwa p_{min} = 21 kPa auf p_{max} = 31 kPa an. Der kontinuierliche Druckanstieg mit steigender Geschwindigkeit spiegelt somit die Änderung der subjektiv empfundenen Gewalt des Wassers wieder.

Die BWV unterstellt einen linearen Zusammenhang zwischen Abflusstiefe und Fließgeschwindigkeit. Der BWV-Ansatz enthält als einziges System eine Begrenzung der Fliessgeschwindigkeit mit v = 2 $^{m}/_{s}$. Im Unterschied zu den anderen beiden Systemen ergibt sich der Maximaldruck p_{max} = 21 kPa aus dem statischen Druck bei stehendem Wasser. Der theoretische minimale Druck ergibt sich bei h = 0 m und v = 2 m mit p_{min} = 4 kPa.

Das Schweizer System folgt dem Grundsatz, dass ähnliche Prozesse zu vergleichbaren Belastungen bzw. Gefährdungen führen (RICKENMANN, 2001). Ein Vergleich der unterschiedlichen Systeme hinsichtlich dieser Forderung zeigt, dass dies nur für Länder gegeben ist, in denen die Gefahren nach dem Schweizer System beurteilt werden. Nach der GZP-VO für die WLV liegt der Grenzwert für Lawinendrücke deutlich unter dem Wert für Hochwasser.

	HW	Murgang	Lawine
CH, I	18-36 kPa	~ 30 kPa	30 kPa
A-WLV	21-31 kPa	k.A.	10 kPa
A-BWV	5-21 kPa	k.A.	k.A.
SLO	21-35 kPa	30 kPa	30 kPa

Tabelle 19: Vergleich der maximalen Belastungen für Massenbewegungen

5.5 Aktualisierung der Gefahrenzonenpläne

Allen Methoden gemeinsam ist die Vorschrift zur Überprüfung der GZP bei einer Änderung der Grundlagen oder ihrer Bewertung.

Realisierte Schutzmaßnahmen sind nach den Kriterien der WLV sowie im Schweizer und Südtiroler System ebenfalls Anlass zur Aktualisierung der Abgrenzungen. Eine Rücknahme von bereits ausgewiesenen Gefahrenzonen wird derzeit noch sehr kontrovers diskutiert. Als vorrangiges Problem kristallisiert sich dabei die Bewertung von Funktionserfüllung und Zustand der Bausubstanz der Bauwerke heraus.

In der Schweiz ist zusätzlich eine periodische Überprüfung der GZP nach 10-15 Jahren vorgesehen.

6 Methoden bei der Erstellung von Gefahrenzonenplänen

Als Indikatoren der Gefahrenzonenabgrenzung werden geomorphologische Kleinformen (Ablagerungen) und physikalische Parameter (Druck, Geschwindigkeit, Abflusstiefe) herangezogen. Diese müssen einer bestimmten Eintrittswahrscheinlichkeit mit einer dazu korrespondierenden Intensität zugewiesen werden. Zumeist wird zwischen einem häufigen Ereignis (WLV: 1-10 jährlichen) und einem Bemessungsereignis (WLV: etwa 150 Jahre) unterschieden.

Die Bestimmung der Indikatoren kann mit unterschiedlichen methodischen Ansätze erfolgen, wobei deren Kombination am zielführendsten erscheint. Grundsätzlich unterscheidet man rückwärtsgerichtete und vorwärtsgerichtete Indikation (HEINIMANN et al 1998).

Da sich die Wirkung früherer Ereignisse zumeist an Spuren im Gelände (morphologischer Formenschatz, Vegetation) erkennen läßt, wird bei der **rückwärtsgerichteten Indikation** in Analogie geschlossen, dass sich solche Ereignisse wiederholen können. Da aber die den Ereignissen zugrundeliegende Disposition üblicherweise nicht mehr eruiert werden kann, ist mit einer Interpretation solcher „stummer Zeugen“ sehr sorgfältig umzugehen. Die **vorwärtsgerichtete Indikation** versucht hingegen, basierend auf der Analyse von Ursachenfaktoren, kritische Dispositionen zu bestimmen und mögliche Wirkungen abzuschätzen.

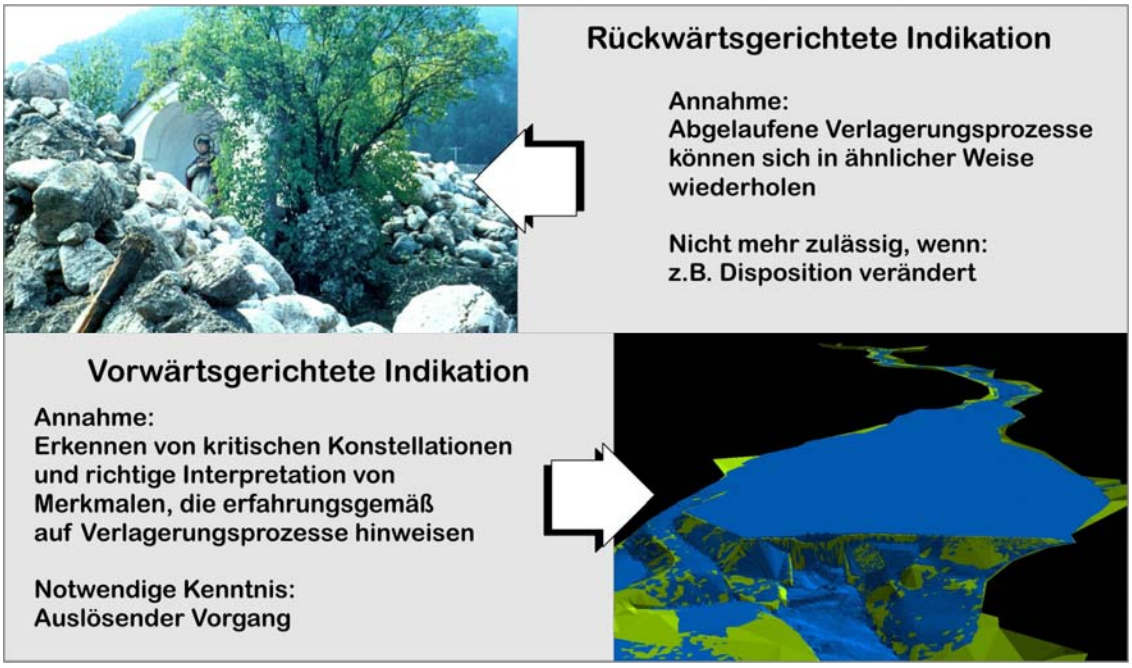


Abbildung 4: Indikationsrichtungen (HEINIMANN et al, 1998, verändert)

Die genannten Indikationen können auf verschiedene methodische Ansätze zurückgreifen.

Rückwärtsgerichtete Indikation:

- Historische Methode
- Empirisch-Statistische Methode
- Morphologische Methode

Vorwärtsgerichtete Indikation:

- Numerisch-mathematische Methode
- Physikalische Methode

6.1 Historische Methode

Der historisch-statistische Ansatz stützt sich auf die Auswertung von Berichten und Chroniken.

Als Ergebnis dieser Methode lassen sich zumindest Rückschlüsse auf die Frequenz ziehen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass Aufzeichnungen über Ereignisse in der Regel nicht alle stattgefundenen Ereignisse, sondern zumeist nur größere (mit Schaden verbundene) Ereignisse, beinhalten.

Bestenfalls ergeben sich auch Hinweise auf die Auslösungsursache, den Verlauf, die Intensität, die Ausbreitung und den Schaden.

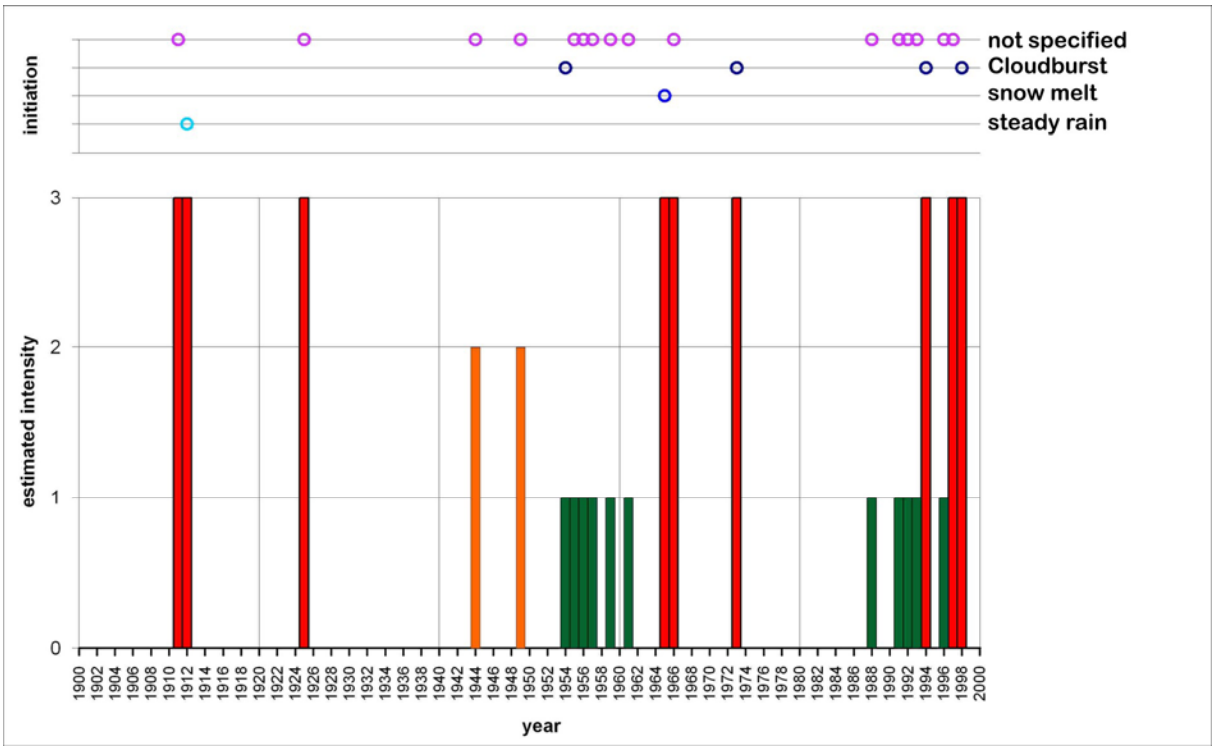


Abbildung 5: Frequenz und Intensität der Schadereignisse am Lattenbach, ermittelt durch Auswertung verschiedener Chroniken (HÜBL et al., 2006)

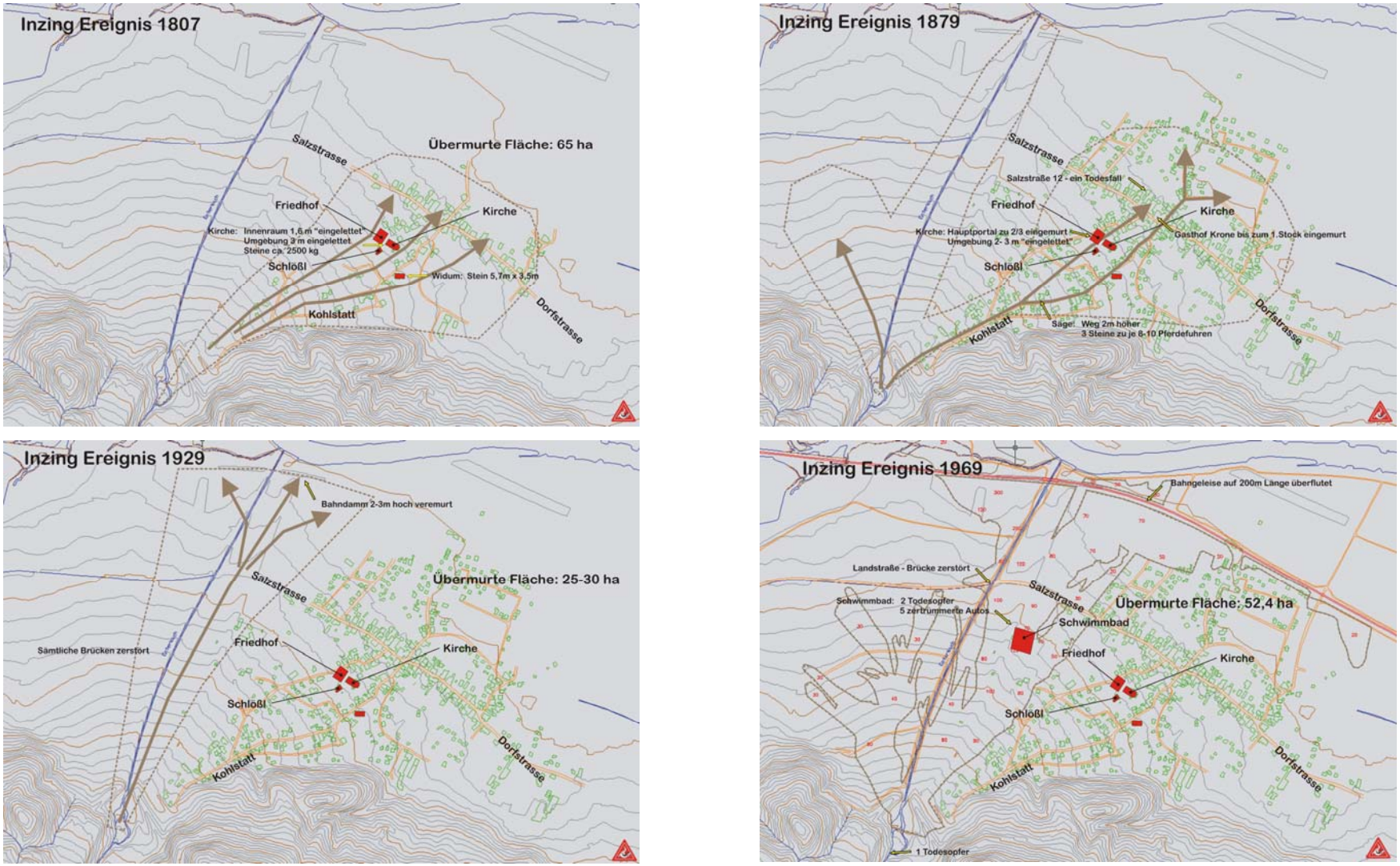


Abbildung 6: Rekonstruktion der Ablagerungen von Ereignissen des Enterbaches anhand von Literaturhinweisen (HÜBL et al. 2007)

6.2 Empirisch-Statistische Methode

Die empirisch-statistische Methode basiert auf Daten, die direkt aus Messungen aber auch indirekt durch Auswertung von „stummen Zeugen“ erfolgen können. Werden gemessene Daten für statistische Auswertungen verwendet, ist auf ein dementsprechend großes Kollektiv zu achten, wobei Trends in den Daten ausgeschlossen werden sollten.

Durch die Anwendung dieser Methode erhält man Hinweise zur Intensität des Prozesses, bestenfalls sogar im Bezug auf die Eintretenswahrscheinlichkeit.

6.2.1 Niederschlag

Fundierte Messdaten für Wildbäche und Lawinen existieren praktisch nur für den Niederschlag. Schadereignisse in Wildbächen werden überwiegend von Niederschlagsereignissen kurzer Dauer und hoher Intensität ausgelöst. Daher ist dieser nach wie vor ein wichtiger bzw. sogar der wichtigste Eingangsparameter zur Bestimmung der Frequenz und Intensität eines Ereignisses.

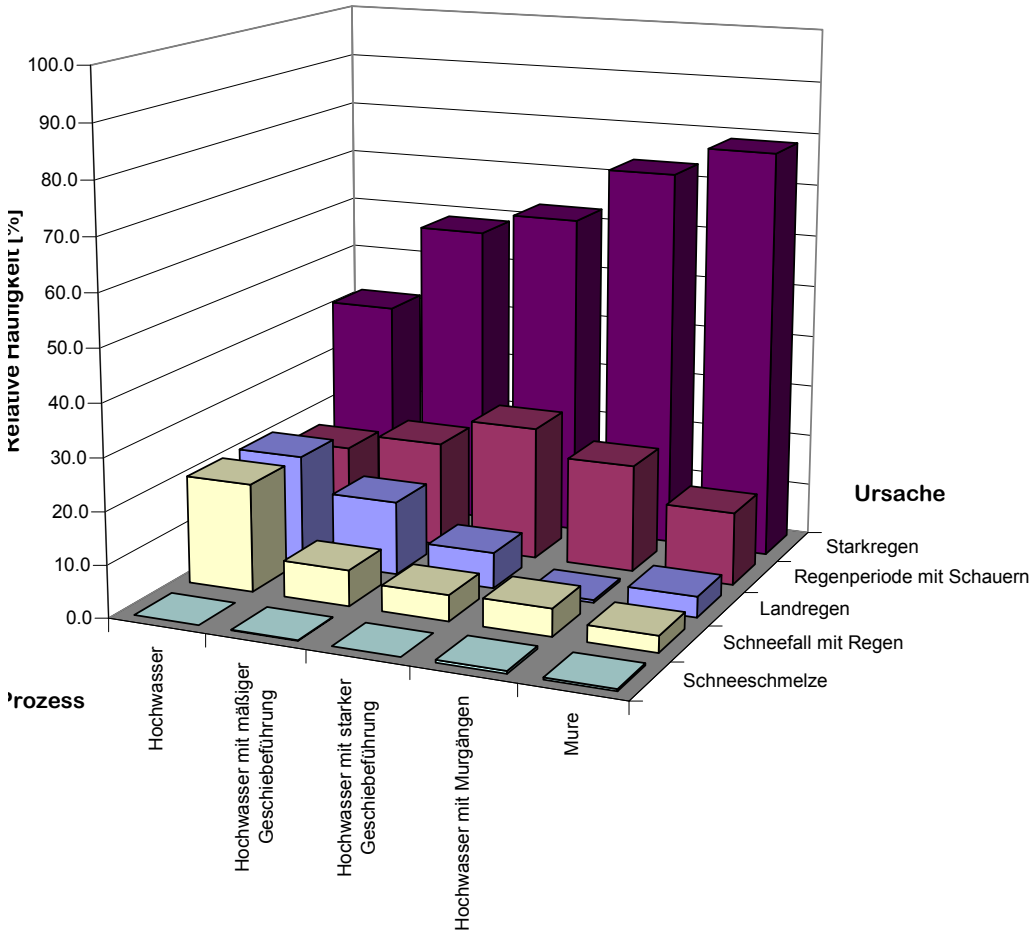


Abbildung 7: Bedeutung der Art des Niederschlagsereignisses für die Auslösung unterschiedlicher Hochwasserprozesse (Daten: BFW)

Deshalb wird im Folgenden auf mögliche Interpretationsfehler aufmerksam gemacht.

6.2.1.1 Mess –und Beobachtungsfehler

Bei der Messung von Niederschlägen treten, selbst bei technisch einwandfreien und korrekt installierten Geräten, Messfehler auf. Die Messwerte können den tatsächlichen Niederschlag um bis zu 20 % unterschätzten. Eine detaillierte Aufschlüsselung und ein Vergleich mit Literaturangaben finden sich in BERNHARD (2001) sowie HÜBL et al. (2001). Die Untersuchungen von BERNHARD wurden im Flachland durchgeführt, wo BERNHARD im Zuge seiner Untersuchungen bei Kippwaagen eine Abhängigkeit der Messergebnisse von der Niederschlagsintensität beobachtete. Demnach gehen die zufälligen Fehler bei der Bestimmung von Niederschlagshöhen exponentiell mit der Niederschlagshöhe zurück.

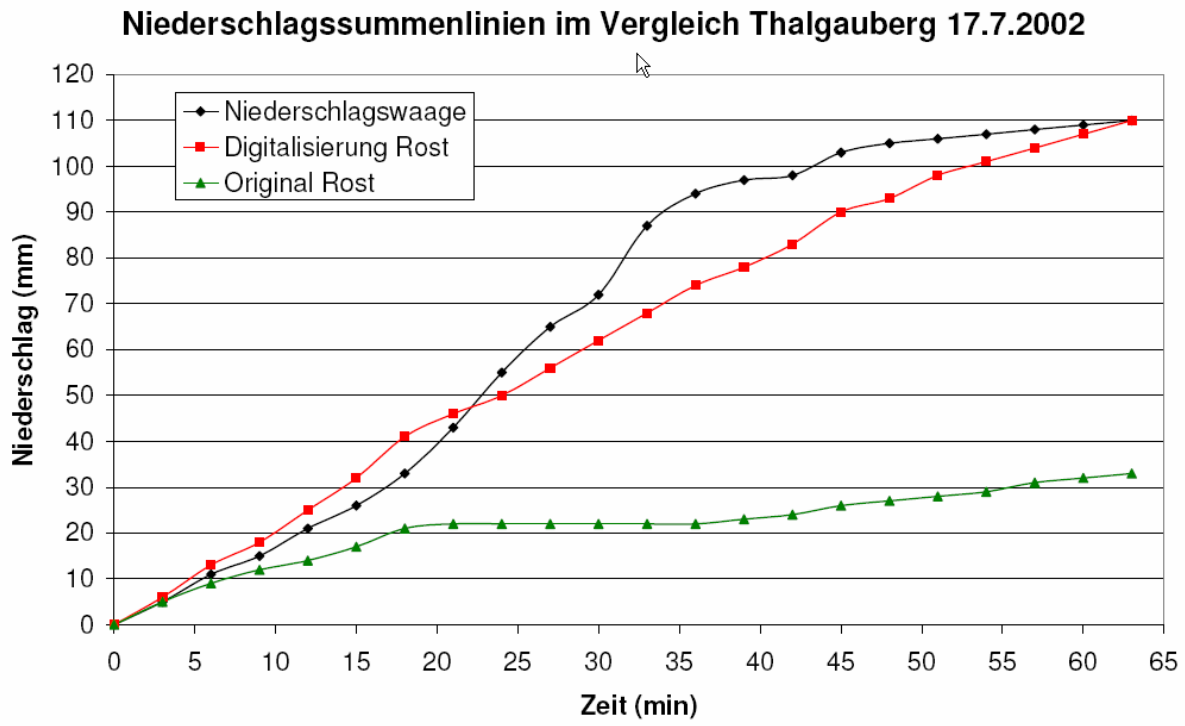
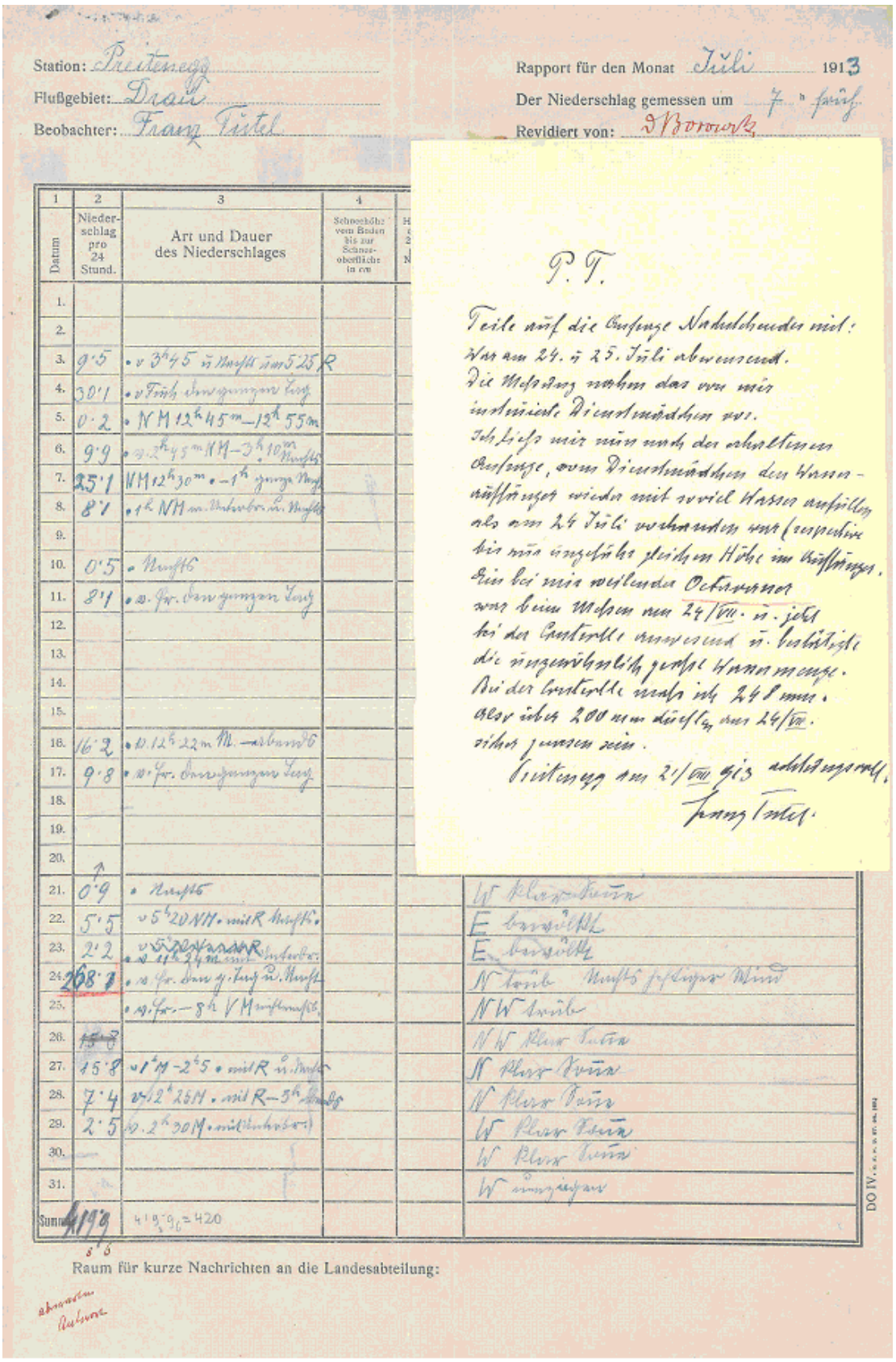


Abbildung 8: Vergleich der Auswertungen von einem Ombrometer (Wägeprinzip) mit der Auswertung eines Ombrometers (Heberprinzip) (GATTERMAYR 2006)

In Berggebieten ist davon auszugehen, dass sich auf Grund extremer Ausprägung der Wettererscheinungen manche Einflussfaktoren noch bedeutend stärker auswirken, v.a. der Windeinfluss und die Abhängigkeit der Messung von der Art des Niederschlages tragen zu unsicheren Ergebnissen bei.

Beobachtungen von extremen Niederschlägen sind stets kritisch auf ihre Plausibilität zu hinterfragen. Einmal publizierte Messwerte werden in der Regel nicht mehr ange-

zweifelt, obwohl die „Entstehungsgeschichte“ dieser Messwerte Aufschluss über die Qualität dieser Daten liefern könnte.



Station: Preitenegg
Flußgebiet: Drau
Beobachter: Franz Pistel

Rapport für den Monat Juli 1913
Der Niederschlag gemessen um 7 h früh
Revidiert von: J. Borovnik

1 Datum	2 Niederschlag pro 24 Stund.	3 Art und Dauer des Niederschlages	4 Schneehöhe vom Boden bis zur Schneeoberfläche in cm	
1.				
2.				
3.	9·5	• v 3h45 n Nmfl. um 5 25 R		
4.	30·1	• v Früh den ganzen Tag		
5.	0·2	• NM 12h45m–12h55m		
6.	9·9	• v 2h45m NM–3h10m Nmfl.		
7.	25·1	NM 12h30m • –1h ganze Nmfl.		
8.	8·1	• 1h NM m. Unterbr. n. Nmfl.		
9.				
10.	0·5	• Nmfl.		
11.	8·1	• v. Fr. den ganzen Tag		
12.				
13.				
14.				
15.				
16.	16·2	• v. 12h 22m M. – abend 6		
17.	9·8	• v. Fr. den ganzen Tag		
18.				
19.				
20.				
21.	0·9	• Nmfl.		W Kleinregen
22.	5·5	v 5h20 NM • mit R Nmfl.		E bewölkt
23.	2·2	v 5h20 NM R Unterbr. • v 11h 24m mit		E bewölkt
24.	268·7	• v. Fr. den g. Tag u. Nmfl.		N trüb Nmfl. gestiegen Wind
25.		• v. Fr. – 8h VM Nmfl.		NW trüb
26.	~~15·8~~			NW klar Tau
27.	15·8	• 1h N – 2h 5 • mit R u. Nmfl.		N klar Tau
28.	7·4	v 12h 25 M • mit R – 3h Nmfl.		N klar Tau
29.	2·5	v. 2h 30 M • mit Unterbr.		W klar Tau
30.				W klar Tau
31.				W ungeschaut
Summe	419	419·9 = 420		

Raum für kurze Nachrichten an die Landesabteilung:

abwarten Autwort

P. T.

Teile auf die Anfrage Nachstehendes mit:
War am 24. u. 25. Juli abwesend.
Die Messung nahm das von mir instruierte Dienstmädchen vor.
Ich liefe mir nun nach der erhaltenen Anfrage, vom Dienstmädchen den Wassermesser wieder mit soviel Wasser anfüllen als am 24 Juli vorhanden war (respektive bis zur ungefähr gleichen Höhe im Messgefäß.
Ein bei mir weilender Oberlehrer war beim Messen am 24/VII. u. jetzt bei der Anfertigung anwesend u. bestätigte die ungewöhnlich große Wassermenge.
Bei der Anfertigung mehr als 248 mm.
Aber über 200 mm dürfte am 24/VII. sicher gewesen sein.
Preitenegg am 21/VIII 913 ehrlichst.
Franz Pistel.

Abbildung 9: Originalaufzeichnung des Niederschlagsereignisses Preitenegg vom 24.07.1913 (Quelle: HD-Kärnten)

In der Literatur zählt der Niederschlag vom 24.7.1913 an der Station Preitenegg mit 268.1 mm zu den höchsten jemals in Österreich gemessenen Niederschlägen. Aus den Originalaufzeichnungen des Amtes der Kärntner Landesregierung/Abt. 18-Wasserwirtschaft/Unterabteilung Hydrographie (HD Kärnten) zu diesem Ereignis erkennt man, dass der verantwortliche Beobachter diesen Wert nicht gemessen hat, sondern das instruierte Dienstmädchen mit einem Oktavianer. Durch eine Kontrollemessung am nächsten Tag kann aber der Messwert größenordnungsmäßig bestätigt werden. Dass es tatsächlich zu hohen Niederschlägen gekommen ist, wird indirekt durch die „Unterkärntner Nachrichten" vom 02.08.1913 bestätigt, da diese Lokalzeitung von einem Hochwasser der Lavant berichtet, das einen Tag nach dem intensiven Niederschlag vom 24.07.1913 von Wolfsberg flussabwärts zu Überschwemmungen und Vermurungen führte.

6.2.1.2 Flächige Variabilität

Messfehler im weiteren Sinne ergeben sich aus der flächigen Variabilität der Niederschläge, da die gemessenen Niederschlagsmengen lediglich punktuelle Messungen darstellen. Das Niederschlagsfeld in seiner gesamten flächigen Ausdehnung und mit seiner Intensitätsvariabilität wird daher nicht exakt erfasst. Eine große Unsicherheit liegt in der Einordnung des aufgezeichneten Wertes in die punktuell möglichen Niederschlagsmengen innerhalb eines Niederschlagsfeldes (vgl. hierzu LATERNSER, 2002).

Es ist zwischen flächiger Variabilität der Niederschläge durch orographische Einflüsse und flächiger Variabilität durch konvektiv geprägte Niederschläge zu unterscheiden. Letztere sind zeitlich und räumlich eng begrenzt. So schätzt ANIOL (1975) die minimale Flächenausdehnung für Starkregen auf 1 km^2 (Radius $\cong$ 500 m). Radarbeobachtungen des DWD (1981) zeigen, dass Niederschlagsabschnitte mit hohen Intensitäten eine Flächenausdehnung von 0,5 km^2 (Radius $\cong$ 400 m) häufig unterschreiten. Mit den in Österreich (83.858 km^2) betriebenen 1.500 Messstellen des Hydrographischen Dienstes, die einer mittleren Distanz von 56 km entsprechen, wobei die kürzeste Entfernungen zwischen benachbarten Messstationen rund 1,5 km (Gemeinde Trattenbach/NÖ) beträgt, ist es also nicht gerade wahrscheinlich, einen Starkniederschlag geringer Wiederkehrswahrscheinlichkeit aufzuzeichnen.

Die Auswertung von Wetterradarbildern zur Analyse von Kurzzeitniederschlägen ist derzeit für den operativen Einsatz noch nicht geeignet (HÜBL et al., 2001).

Um das Manko einer nur punktuellen Auswertung zu umgehen, sollten für Niederschlagsstatistiken zumindest die 6 bis 10 naheliegendsten Stationen mit einem Aufzeichnungszeitraum von mindestens 50 Jahren herangezogen werden.

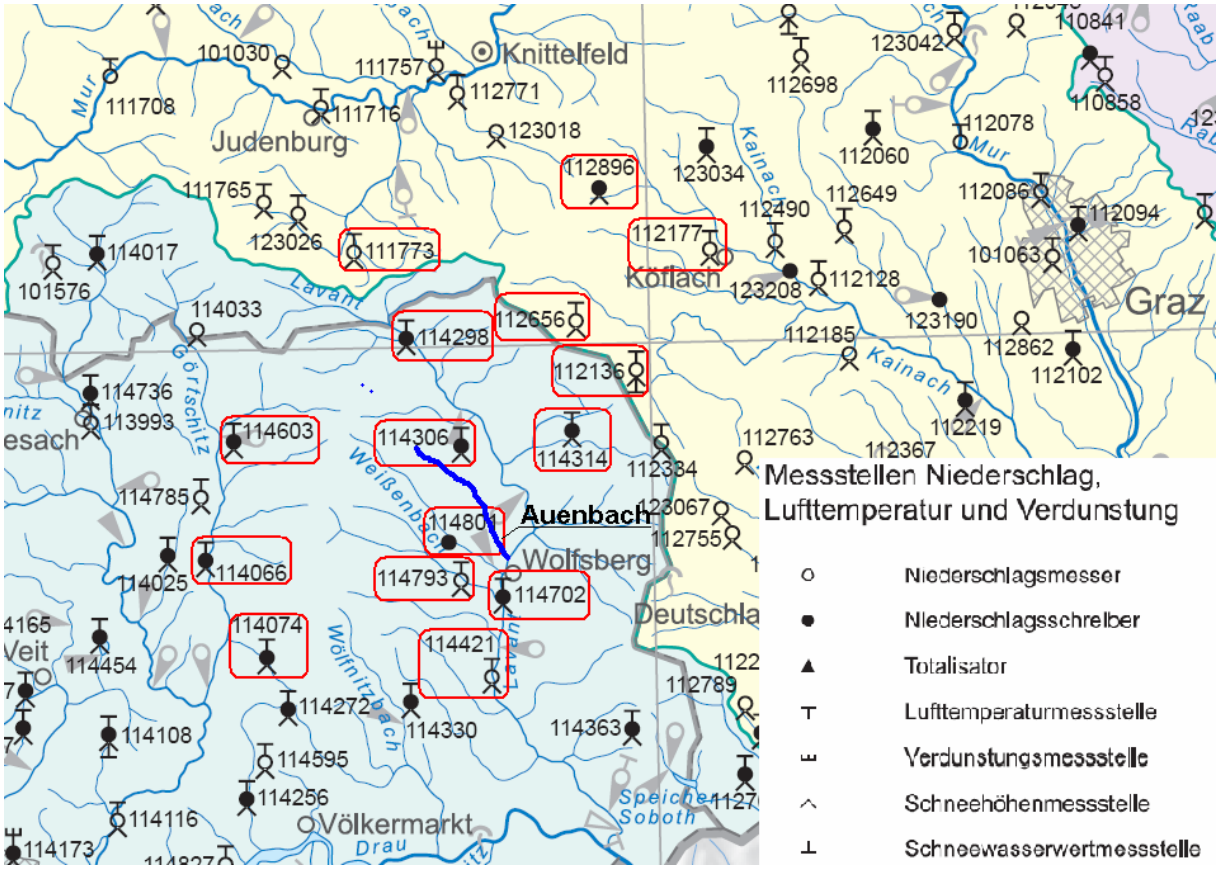


Abbildung 10: Beispiel Auenbach/Wolfsberg: Lage der Messstationen des Hydrografischen Dienstes (Quelle: Hydrografisches Jahrbuch von Österreich, 2002)

6.2.1.3 Seehöhenabhängigkeit

Auf Grund der großen Variabilität in der Geländehöhe im Alpenraum ergeben sich zusätzlich Unsicherheiten in der Bestimmung der tatsächlichen Niederschlagsintensität. Die Messstationen liegen üblicherweise in den Tallagen, wohingegen die stärksten Niederschlagsintensitäten in den Höhenlagen auftreten. Die gemessene Niederschlaghöhe unterschätzt daher im Allgemeinen die tatsächliche. Zusätzlich steigt mit der Seehöhe auch der Einfluss des Windes. Darüber hinaus treten gerade in Gewitterzellen, die an sich schon vergleichsweise hohe Intensitäten produzieren können, die Intensitätsspitzen bevorzugt in Kammbereichen auf. Auch hier führt die Lokalisation der Messstellen im Tal zu einem Unterschätzen der Niederschlagsmenge.

Ein weiterer Faktor ist die Bestimmung der Art des Niederschlages. Während in Tallagen der Niederschlag als Regen niedergeht und aufgezeichnet wird, kann zur sel-

ben Zeit der Hauptteil des Niederschlages in Kamm- und Gipfellagen als Hagel oder Schnee fallen.

6.2.1.4 Datenaufbereitung und Datenbearbeitung

Fehler bei der Datenbearbeitung entstehen bei der Auswertung von Beobachtungsdiagrammen (z.B. Ombrogramme,…) und der Umformung dieser Werte unter Verwendung bestimmter Bezugszeitintervalle. Die Größe dieser Fehler ist aber relativ leicht durch sorgfältige Auswertung und die Wahl des Bezugsintervalls klein zu halten (GUTKNECHT, 1978).

Ein weiterer Fehler begründet sich in der statistischen Bearbeitung bzw. Bereinigung von Messdaten. Es ist nicht möglich, eindeutige Kriterien festzulegen, nach denen ein extremer Messwert (statistischer Ausreißer) entweder ein falscher Wert oder ein seltenes, aber tatsächlich so stattgefundenes Ereignis ist. Die Beurteilung hängt stark von der Erfahrung des Bearbeiters ab, insbesondere wenn dem Extremwert eine fiktive, kürzere Beobachtungsperiode zugewiesen wird. Während im Zuge der statistischen Auswertung scheinbare Extremwerte tendenziell eher als Fehler interpretiert und in weiterer Folge ausgeschieden werden, sind tatsächliche Extremereignisse in der Bewertung des Gefahrenpotentials die wichtigen und entscheidenden Eingangswerte. Für die Berechnung eines 150-jährlichen Extremwertes ist eine Messreihe von zumindest 50 Jahren der Auswertung zugrunde zu legen.

Das folgende Beispiel verdeutlicht die starke Abhängigkeit der statistischen Auswertung von Extremwerten:

Beim Hochwasserereignis in Thalgau vom 17. Juli 2002 wurde für den 60-minütigen Regen eine Niederschlagsmenge von 90,6 mm gemessen. Die Aufzeichnungen der betreffenden Messstelle reichen 30 Jahre zurück. Der maximale Niederschlag lag bis zu dem Ereignis 2002 bei 51,5 mm. Die Extremwertstatistische Auswertung wurde einmal für den verminderten Datensatz (bis 2001) und einmal für den vollen Datensatz (bis 2002) durchgeführt. Die Berücksichtigung des Extremwertes führt zu einer deutlichen Verflachung der Verteilungskurven. Dies bedeutet, dass der gemessene Niederschlag für das Datenkollektiv bis 2001 der Jährlichkeit 200 entspricht, ab dem Jahr 2002 diese Niederschlagshöhe aber nur mehr mit einer Jährlichkeit von 40 zu berücksichtigen ist. Dementsprechend steigt auch der 100-jährliche Tagesniederschlag von rund 70 mm auf 90 mm an.

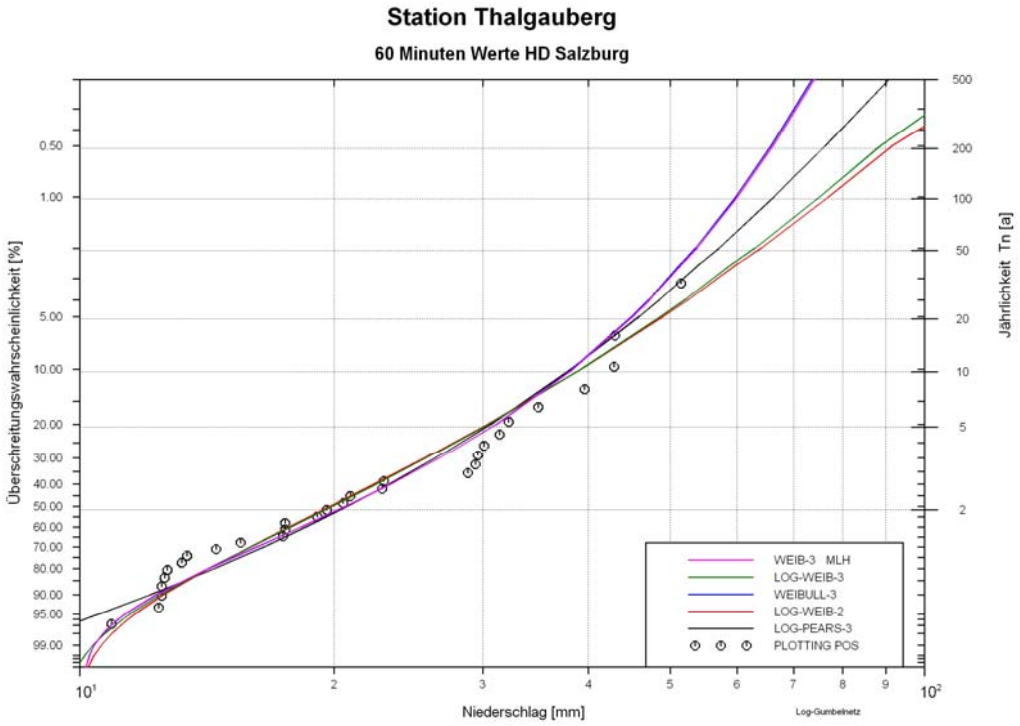


Abbildung 11: Extremwertstatistische Auswertung des maximalen 60-Minuten-Niederschlages für die Station Thalgauberg ohne den Katastrophenniederschlag vom 17. Juli 2002

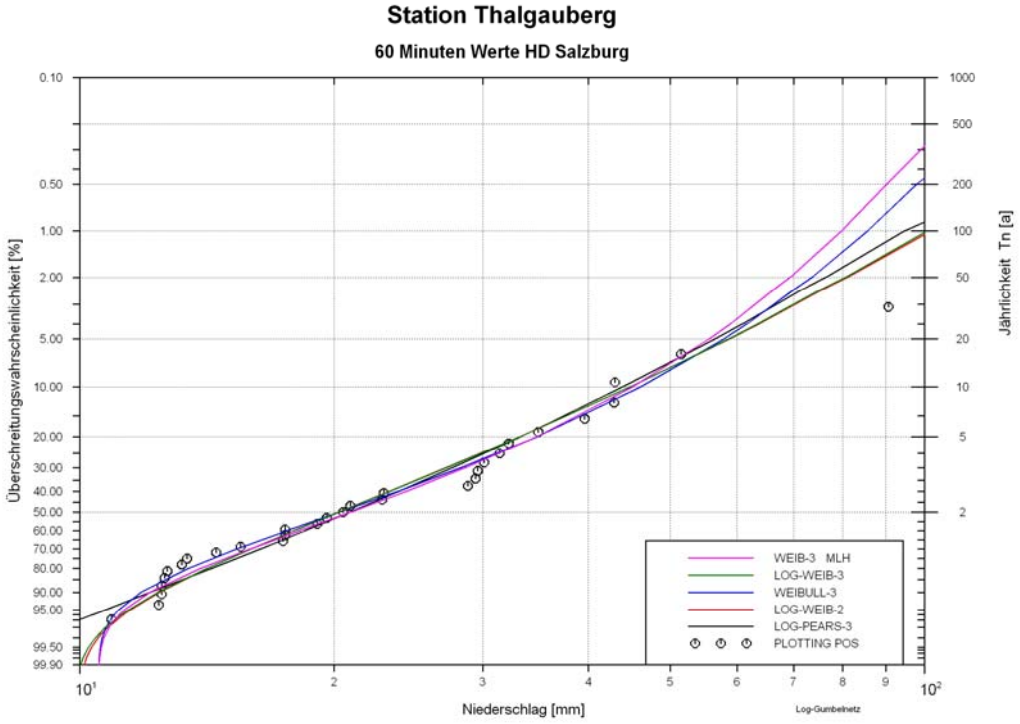


Abbildung 12: Extremwertstatistische Auswertung des maximalen 60-Minuten-Niederschlages für die Station Thalgauberg unter Berücksichtigung des Katastrophenniederschlages 2002

Weitere Fehler entstehen, wenn aufgezeichnete und aufbereitete Daten nicht direkt in die Berechnung einbezogen werden, sondern erst mit Hilfe eigens dafür entwickelter Modellvorstellungen umgewandelt werden müssen (Berechnung von Gebietsniederschlägen aus Punktwerten, etc., vgl. GUTKNECHT, 1978).

6.2.1.5 Niederschläge kurzer Dauerstufen mit inadäquaten Daten

Für die Ermittlung von konvektiven Niederschlägen kurzer Dauerstufen wurde von LORENZ und SKODA (2000) ein einfach zu handhabendes Verfahren entwickelt, das nachfolgend kurz skizziert wird.

Dieses räumlich meteorologische Modell ermöglicht die Ermittlung von Bemessungsniederschlägen kurzer Dauerstufen für das gesamte Bundesgebiet Österreichs. Besonders für Gebiete ohne langjährige Niederschlagsaufzeichnungen wie das Gebirge scheint dieses Modell von Bedeutung. Die Gültigkeit dieses Modells beschränkt sich auf die, vor allem im Sommerhalbjahr relevanten Dauerstufen (D ≤ 12 Stunden) und Wiederkehrsintervalle (T ≤ 100 Jahre).

Im diesem Modell zur Berechnung von Bemessungsniederschlägern kurzer Dauerstufen wird auf synthetische Niederschläge zurückgegriffen, die vereinfacht wie folgt generiert werden:

Anhand der vier Anpassungskonstanten a_u, b_u, a_w und b_w wird die Niederschlagshöhe (h_N) als Funktion der Dauerstufe D und der Wiederkehrzeit T berechnet:

$$h_N(D,T) = u(D) + w(D)\ln T$$

wobei

$$u(D) = a_u D^{b_u}$$

und

$$w(D) = a_w + b_w D^{b_w} \text{ bzw. } w(D) = a_w D^{b_w}$$

Die Anpassungskonstanten a_u, b_u, a_w und b_w werden anhand eines meteorologischen Modells bestimmt, das im Wesentlichen von den physikalischen Parametern Temperatur, Feuchte und Seehöhe, die dem jeweiligen Rasterelement eines Gitters von 1,5 x 1,5 km zugeordnet werden, bestimmt wird. Unter der zu Hilfenahme von Niederschlagsmessungen erfolgt eine Kalibrierung des physikalischen Modells.

Nach einer räumlich übergreifenden Glättung erhält man in einem gröberen Gitter von ungefähr 5 x 5 km für jedes Rasterelement je nach Dauerstufe (D) und Wieder-

kehrsintervall (T) einen Niederschlagswert, der punktuell mindestens einmal in diesem Gebiet auftritt.

Niederschläge einer Wiederkehrszeit > 150 Jahren können mit

$$hN(D,T>100)=\frac{hN(D,T=100)}{4.6}\ln T$$

berechnet werden, wobei darauf zu achten ist, dass das Ergebnis innerhalb der einhüllenden Rekordkurve zu liegen kommt.

$$hN(D,T>100)\leq 50.54D^{0.5}$$

Je nach Dauerstufe *D* wird der Mittelwert der Niederschlagshöhen für die relevanten Rasterelemente gebildet.

Flächenreduktionsfaktoren des Niederschlages hängen von der Niederschlagsdauer (D), der Wiederkehrszeit (T), der betrachteten Fläche und von einem räumlichen Korrelationsabstand ab. Der mittlere Niederschlag (P_{red}) eines Starkniederschlages in Abhängigkeit von der Niederschlagsfläche (A) bezogen auf ein Niederschlagsmaximum (P_{max}) am Gitterpunkt berechnet sich für kleine Einzugsgebiete mit

$$\overline{P}_{red}=\overline{P}_{\max}\cdot r_a$$

wobei

$$r_a=e^{-k\cdot A_E{}^n}$$

und den Parametern für eine „sanfte Reduktion“

$$k=0{,}19\cdot D^{-0{,}56}\ \text{und}\ n=0{,}5$$

Modellpunkt Nr.		5577	5578	5579	5685	5686	5687	Mittel	Mittel red.	Intensität
D [min]	t_d [h]	P_{max} [mm]	P_{max} [mm]	P_{max} [mm]	P_{max} [mm]	P_{max} [mm]	P_{max} [mm]	P_{max} [mm]	P_{red} [mm]	i_{Pred} [mm/h]
10	0.167	60.1	57.4	58.0	61.3	56.6	59.6	**58.8**	**46.56**	**279.34**
15	0.25	70.6	67.3	68.0	72.1	66.3	70.0	**69.1**	**57.30**	**229.21**
20	0.33	78.0	74.3	75.1	79.7	73.2	77.4	**76.3**	**65.09**	**195.26**
30	0.5	90.6	86.2	87.1	92.6	84.9	89.9	**88.6**	**78.03**	**156.06**
45	0.75	104.9	99.6	100.7	107.3	98.1	104.0	**102.4**	**92.61**	**123.48**
60	1	116.3	110.4	111.6	119.1	108.6	115.3	**113.6**	**104.21**	**104.21**
120	2	149.3	141.4	143.1	153.0	139.0	148.0	**145.6**	**137.40**	**68.70**
180	3	172.8	163.4	165.4	177.2	160.6	171.2	**168.4**	**160.80**	**53.60**
360	6	221.8	209.3	211.9	227.7	205.6	219.7	**216.0**	**209.31**	**34.89**
540	9	256.7	241.9	245.0	263.7	237.6	254.2	**249.9**	**243.66**	**27.07**
720	12	284.8	268.0	271.6	292.6	263.2	281.9	**277.0**	**271.17**	**22.60**

Tabelle 20: Beispiel Einzugsgebiet Auenbach/Wolfsberg: mittlerer Punktniederschlag und reduzierter mittlerer Punktniederschlagfür eine Wiederkehrszeit von 100 Jahren

Dieses Verfahren liefert zumeist sehr hohe Niederschläge, die über den Ergebnissen bisher gebräuchlicher Verfahren liegen, jedoch durch Messdaten bestätigt werden.

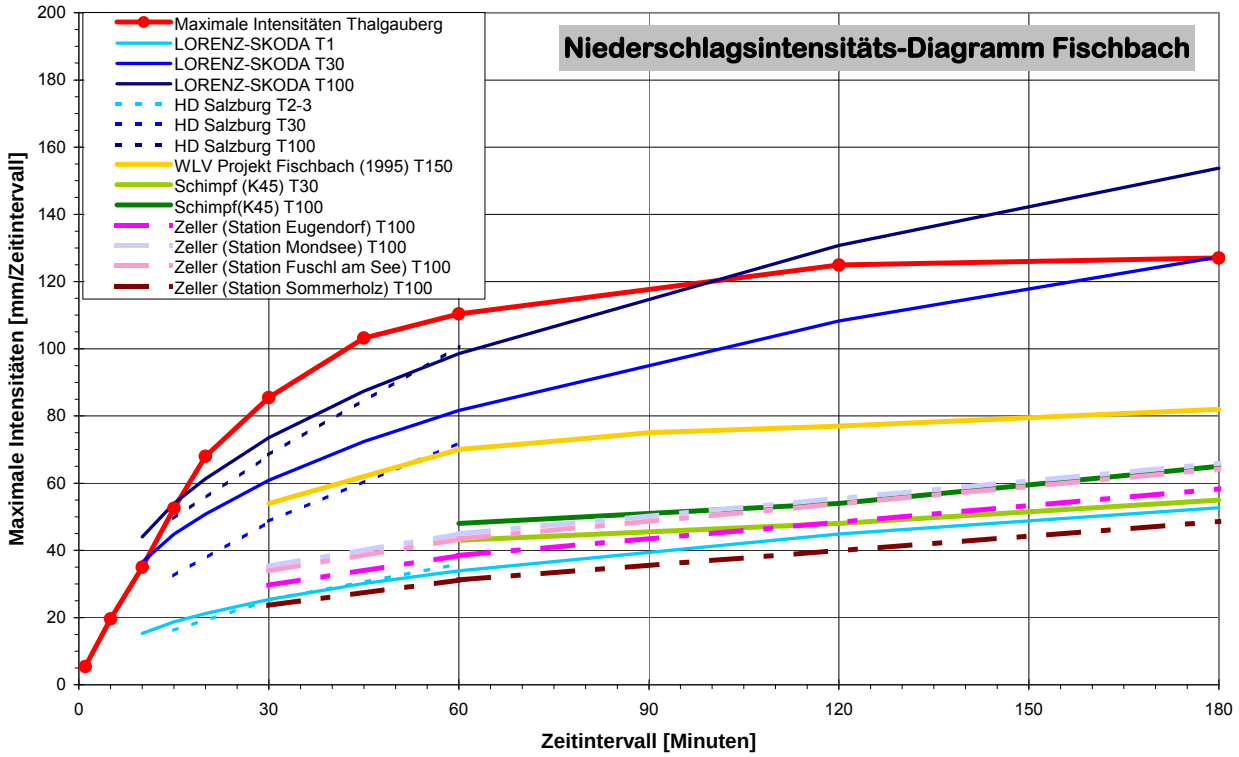


Abbildung 13: Vergleich der Niederschlagsintensitäten aus verschiedenen Berechnungsmethoden für das Einzugsgebiet Fischbach/Thalgau (HÜBL et al. 2002)

6.2.2 Abfluss

Im Gegensatz zu den langjährigen Aufzeichnungen von Wasserständen und Abflüssen im Flussbau kann im Arbeitsbereich der WLV das Abflussgeschehen in Siedlungsbereichen nur anhand von Chroniken und vermarkten Wasserständen nachvollzogen werden. Diese Daten sind als partielle Zeitreihen mit einem relativ hohen Schwellenwert anzusehen. Sie liefern wichtige Informationen, welche Ereignisausmaße möglich sind, jedoch fehlt zumeist die Information über die auslösenden Niederschläge. Ein weiteres Defizit von Chroniken ist die ungenaue Ansprache des Abflusstyps (z.B.: Hochwasser, fluviatiler bzw. murartiger Feststofftransport, Murgang).
In der Praxis haben sich daher gebietsspezifische Schätzformeln als eine erste Form der Näherung durchgesetzt. Die Intensität der Abflüsse ist ohnedies nur selten nachzuvollziehen.
Ein weiterer, nicht zu vernachlässigbarer Faktor für den Abfluss in Wildbächen ist der Feststofftransport. Die Konzentration von Feststoffen im Abfluss kann für jedes Ereignis und während eines Ereignisses stark schwanken. Diese Konzentration beeinflusst aber entscheidend das Abflussverhalten während des Ereignisses. Das Spektrum reicht von nahezu Reinwasserabfluss über schwach und stark geschiebeführen-

de Hochwässer bis hin zu Murgängen. Sowohl die nachträgliche Bestimmung als auch die Vorhersage des tatsächlichen Abflussverhaltens ist mit großen Unsicherheiten verbunden, vor allem unter der Berücksichtigung, dass innerhalb eines Ereignisses unterschiedliche Abflusstypen nacheinander bzw. lokal auftreten können. Die Bestimmung des tatsächlichen Abflusstyps ist in weiterer Folge ein wichtiger Eingangsparameter für die Berechnung einer tatsächlichen Abflussmenge aus einer mehr oder weniger bekannten Abflusstiefe.

6.2.2.1 Anwendung von Schätzformeln für den Hochwasserabfluss

Im Laufe der Zeit wurden für verschiedene Gebiete in Österreich Schätzformeln zur Bestimmung von Abflüssen entwickelt. Diese sind üblicherweise nur in dem Gebiet gültig, für das sie entwickelt wurden.

Eine Aufstellung der zurzeit verwendeten Formeln für den Hochwasserabfluss sowie eine Gegenüberstellung der Entwicklungsgebiete und der Bereiche, in denen diese Formeln tatsächlich angewendet werden, ist derzeit in Druck (HAGEN et al. 2007).

6.2.3 Feststofftransport

Das Phänomen der Feststoffverlagerung in Wildbacheinzugsgebieten ist seit Jahrzehnten ein Forschungsgebiet unterschiedlicher Disziplinen. Wildbachverbauer, Bauingenieure und Hydrauliker versuchen durch die Einarbeitung von Erfahrungswerten und durch numerisch-mathematische Simulation die Ver- und Ablagerungsprozesse qualitativ zu beschreiben und zu quantifizieren (RICKENMANN et al. 2003).

Vor allem in den letzten Jahrzehnten wurden Formeln und Lösungsalgorithmen zur möglichst realitätsnahen Berechnung der Feststoffverlagerungsprozesse (Erosion, Transport und Ablagerung) entwickelt. Neben der richtigen Ansprache des Prozesses und der Wahl des Simulationsmodells, ist die Bestimmung der dafür erforderlichen Eingangsparameter wesentlich. Die Qualität dieser Werte bestimmt die Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Zu berücksichtigen ist dabei, dass mit zunehmendem Detaillierungsgrad der Zeitaufwand für die Berechnungen enorm steigt. Übersteigt dieser einen der Aufgabenstellung angemessenen Rahmen, so ist es gerechtfertigt, auf einfachere Ansätze aus Erfahrung und Empirie zurückzugreifen. Die Ergebnisse der Berechnungen sind durch ergänzende Ansätze (Auswertung von Chroniken, Stumme Zeugen, etc.) auf ihre Plausibilität hin zu überprüfen.

Der Feststofftransport in einem Wildbacheinzugsgebiet ist kein linearer Prozess, sondern weist ein äußerst komplexes Verhalten auf. Die Verlagerungsprozesse kön-

nen sich bei einem Ereignis entlang des Gerinnelaufes je nach den auftretenden Randbedingungen ändern. Um den an einem Betrachtungspunkt auftretenden Verlagerungsprozess zu bestimmen, ist es notwendig, die gerinneaufwärts auftretenden Prozesstypen zu bestimmen und diese dann entlang dem Gerinne zu routen.

Dieser Vorgang kann als **Prozess-Routing** bezeichnet werden.

Für die Umsetzung dieses Prozess-Routings in Wildbacheinzugsgebieten ist daher ein Konzept notwendig, das eine prozessorientierte, transparente und nachvollziehbare Betrachtung der Feststoffverlagerungsvorgänge unter Berücksichtigung von wahrscheinlichen Szenarien in verschiedenen Skalierungsmaßstäben ermöglicht. Die Darstellung der Verlagerungsprozesse und prozessändernden Faktoren soll durch geeignete Signaturen erfolgen und eine überblicksmäßige Darstellung zulassen. Weiters sollte die Möglichkeit zu einem Variantenstudium von geschiebebewirtschaftenden Maßnahmen gegeben sein.

6.2.3.1 Abstrahiertes Gerinnesystem (AGS)

Die Darstellung des abstrahierten Gerinnesystems für ein Einzugsgebiet ist die Basis für die Bewertung und Analyse der auftretenden Prozesse und dient letztlich der Abschätzung der damit verbundenen Gefährdung. Das Gerinnesystem wird bewusst abstrakt gehalten und orientiert sich an einer groben geographischen Struktur. Das natürliche Gerinnesystem in einem Einzugsgebiet wird dazu vorerst in quasi-homogene Gerinneabschnitte, die ähnliches Verhalten im Hinblick auf den hydraulisch ausschlaggebenden Transport und/oder Ablagerungsprozess aufweisen, untergliedert. Die festgelegten Bereiche sind ein Ergebnis des Geschiebepotentialbandes (ETAlp 2003).

Die ausgewiesenen Abschnitte werden als Gerinnesystemelemente (GSE) zu einer stark abstrahierten Darstellung des Gesamtsystems (AGS) zusammengefügt. Jedes GSE beginnt und endet mit einem Knoten. Die anzuwendenden Gerinnesystemelemente sind entlang der Gerinneabschnitte frei kombinierbar. Insgesamt stehen 8 Elemente zur Auswahl. Die Steckverbindungen deuten an, dass die Prozesse in einem offenen System stattfinden und die untere und obere Schnittstelle vom Bearbeiter definiert wird.

Die Gerinnesystemelemente können folgendermaßen charakterisiert werden:

- Nullstrecke (keine Veränderung des Transportprozesses)

- Zufluss (aus einem seitlichen Zubringer wird entweder Hochwasser, fluviatiler Feststofftransport, murartiger Feststofftransport oder Murgang unterstellt)
- Feststoffeintrag (punktueller Feststoffeintrag durch Seiten- oder Sohlenerosion)
- Verklausung (temporäres oder permanentes Hindernis im Abflussquerschnitt)
- Gerinneerosion (Gerinnestrecke mit vorwiegender Sohlen und/oder Seitenerosion)
- Gerinneablagerung (Gerinnestrecke mit vorwiegender Geschiebedeposition)
- Feststoffeintrag durch Hangprozesse (Geschiebeherde, die nicht mit dem Gerinnesystem in Verbindung stehen)
- Ablagerungsbereich (Depositionsbereich der Verlagerungsprozesse)

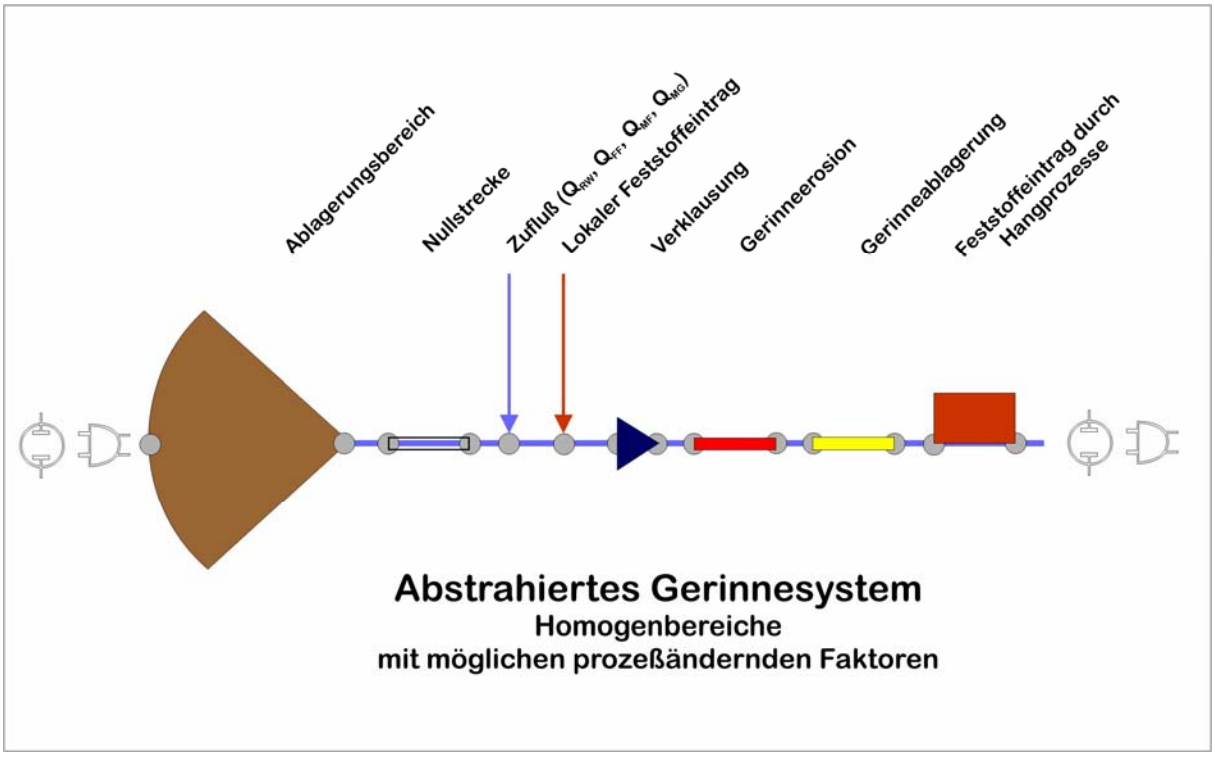


Abbildung 14: Übersicht AGS-Gerinneelemente

Liegt ein gestrecktes Gerinne vor, werden Endknoten des aufwärtigen und Anfangsknoten des unterliegenden Gerinnes als ein Knoten abgebildet.

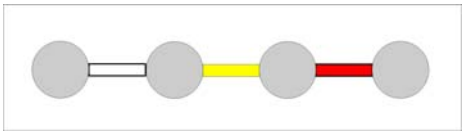


Abbildung 15: Darstellung gestrecktes Gerinne

An Stellen, wo 2 Endknoten mit einem Anfangsknoten zusammenfallen (z.B. bei Mündungen von Zubringern), muss die Darstellung wie in Abbildung 16 erfolgen.

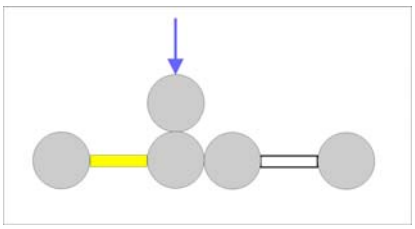


Abbildung 16: Darstellung Mündungsbereiche (Fließrichtung nach links)

Je nach Aufgabenstellung variiert der Genauigkeitsanspruch. Im Rahmen des AGS kann darauf Rücksicht genommen werden, da ja die Größe eines Gerinnesystemelements von der Fragestellung her definiert wird. Als Entscheidungsgrundlage dient die Prozesskarte. So lassen sich Zubringer entweder als Zufluss oder als eine Kette von Systemelementen darstellen. Dementsprechend wird dann entweder nur ein Prozesstyp ausgewählt, oder der maßgebliche Prozesstyp an der Mündung ist ein Resultat eines Prozess-Routings.

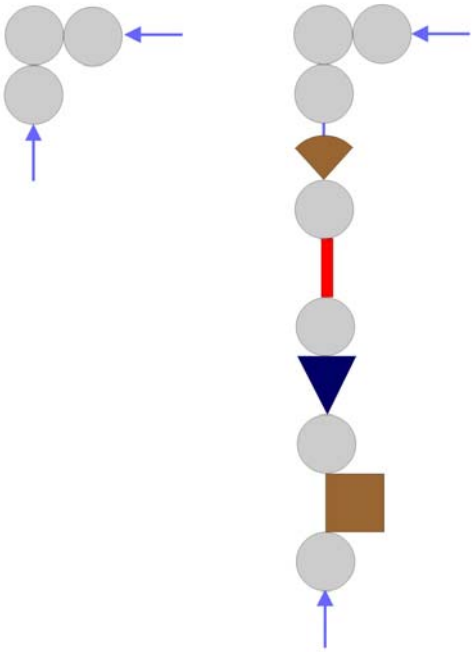


Abbildung 17: Wahl des Skalierungsmaßstabes

6.2.3.2 Prozess-Routing

Jedem Gerinnesystemelement wird an seinem Anfangsknoten ein Transportprozesstyp unterstellt. Zur Auswahl stehen:

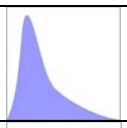
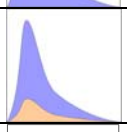
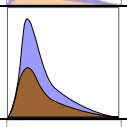
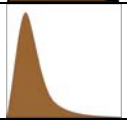
Hochwasser	
Fluviatiler Feststofftransport	
Murartiger Feststofftransport	
Murgang	

Tabelle 21: Berücksichtigte Verlagerungsprozesse

Innerhalb des GSE kann es zu einer Transportprozessveränderung kommen, das Ergebnis wird dann am Endknoten des Elements, der wiederum den Anfangsknoten des unterliegenden Elements darstellt, abgebildet. Die Auswahl des am Endknoten zu erwartenden Prozesstyps muss der Bearbeiter selbst treffen. Als Hilfestellung dabei können die Prozesstransformationsszenarien und das Geschiebefrachtdiagramm (GFD) dienen. Die Abschätzungen erfolgen durch einfache Bilanzierung und Gegenüberstellung bzw. unter Verwendung von Entscheidungsbäumen. Somit können die maßgeblichen Verlagerungsprozesse durch das Gerinnesystem geroutet werden. Je nach Fragestellung kann der Detailgrad vom Bearbeiter gewählt werden.

Die aufgezeigten Szenarien können auf Grund neuerer Erkenntnisse stets dem Wissensstand angepasst werden. Da eine Kriterienliste (z.B. Gefälle, volumetrische Konzentration, zeitliche Abfolge, Verhältnis Hauptgerinne/Seitengerinne, Geometrie) noch nicht existiert, können Geschiebefracht-Diagramme zur Entscheidungsfindung herangezogen werden.

Jedenfalls ist eine dementsprechende Begründung zur Auswahl des Szenarios anzuführen.

Eine weitere Entwicklung könnte die Belegung einzelner Szenarien mit Wahrscheinlichkeiten sein, sodass im zu betrachtenden Gerinneabschnitt der "wahrscheinlichste Verlagerungsprozess" ermittelt werden kann und weiterführende Berechnungen durchgeführt werden können.

6.2.4 Aufbau, Prozess- und Szenarienüberblick

Beginnend vom gerinneobersten Knoten werden die Prozesse definiert. Zur Abschätzung der möglichen Prozessveränderung in einem GSE dienen die Prozesstransformationsszenarien, die dem Schema aus Tabelle 22 entsprechen.

Systemeingang	Szenarien Verlagerungsprozess Systemausgang entsprechend den prozessverändernden Faktoren			
Hochwasser (1)	Szenario 1.1	Szenario 1.2	Szenario 1.3	Szenario 1.4
Fluviatiler Feststofftransport (2)	Szenario 2.1	Szenario 2.2	Szenario 2.3	Szenario 2.4
Murartiger Feststofftransport (3)	Szenario 3.1	Szenario 3.2	Szenario 3.3	Szenario 3.4
Murgang (4)	Szenario 4.1	Szenario 4.2	Szenario 4.3	Szenario 4.4

Tabelle 22: Struktur Abbildungen Prozess-Szenarienbildung

6.2.4.1 Geschiebefrachtdiagramm

Im Rahmen der Geschiebepotentialerhebungen werden über die gesamte Länge des Gerinnes die Kubaturen der Uferanbrüche, der erodierten Sohle und Bänke, aber auch die Kubaturen der potentiell abgelagerten Feststoffe angeschätzt. Aus der Gegenüberstellung von erodierten und abgelagerten Geschiebevolumen kann für ein Ereignis eine Geschiebebilanz aufgestellt und damit die im jeweiligen Abschnitt transportierte Geschiebefracht bestimmt werden. Trägt man die Geschiebefracht über die Lauflänge des Baches auf, erhält man ein sogenanntes Geschiebefrachtdiagramm (Abbildung 18).

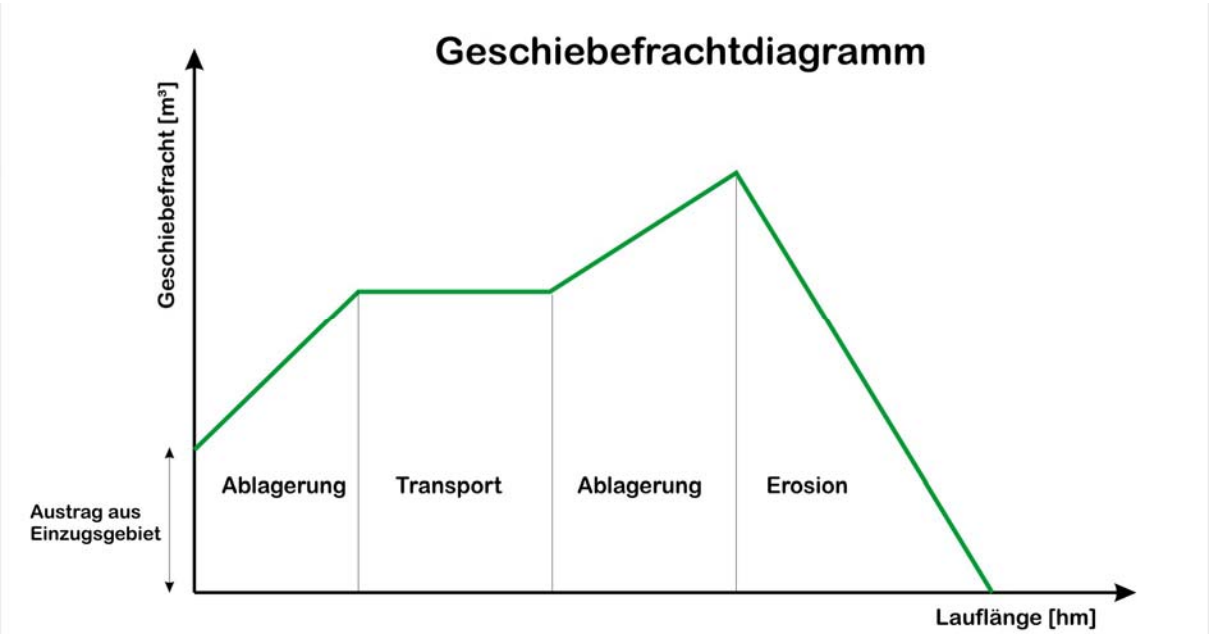


Abbildung 18: Geschiebefrachtdiagramm

In einem solchen Diagramm zeigt eine ansteigende Kurve Bereiche mit überwiegender Erosion, eine abfallende solche mit Geschiebeablagerung an. Verläuft die Kurve waagrecht, handelt es sich um Transportstrecken oder Strecken latenter Erosion. Ein Geschiebefrachtdiagramm liefert somit einen guten Überblick über die Entwicklung der Feststoffracht entlang des Gerinnes sowie die Wirkung von geschiebebindenden Maßnahmen.

6.2.4.2 Abschätzung von Spitzenabflüssen (Wasser und Feststoffe) in Wildbächen

Die Berechnung von Spitzenabflüssen in feststoffführenden Wildbächen stellt auch heute noch ein weitgehend ungelöstes Problem dar. Dies ist einerseits auf den Mangel an verfügbaren Messdaten auf Grund der äußerst schwierigen Datenerfassung, andererseits im äußerst unterschiedlichen Verhalten der Einzugsgebiete zu suchen, da je nach Disposition sogar bei gleicher Belastung unterschiedliche Verlagerungsprozesse auftreten. Analogieschlüsse sind deshalb von einem Einzugsgebiet auf ein anderes nur sehr beschränkt zulässig.

Das Kennzeichen von Wildbächen ist das bei höheren Niederschlägen mobilisierte und anschließend abtransportierte Geschiebe. Zahlreiche Abhandlungen beschäftigen sich deshalb mit einer möglichst eindeutigen Klassifizierung von Wildbächen, wobei die „Produktion“ des Geschiebes das wesentlichste Kriterium darstellt. Bis heute in Verwendung in die Einteilung der Wildwässer nach STINY (1931).

- Jungschuttwildwässer
- Altschuttwildwässer
- Gemischte Wildwässer
- Besondere Wildwässer

Der aus der Geschiebeherdmobilisierung resultierende Verlagerungsprozess wird wesentlich vom zur Verfügung stehenden Feststoffvolumen, aber auch durch die Zeit, in der das Geschiebe mobilisiert werden kann (Mobilisierungsintensität) beeinflusst. In AULITZKY (1984) wird durch die Einführung eines Entwicklungsfähigkeitsindex, der Werte von 1 bis 5 annehmen kann, darauf Bezug genommen. Die für die Mobilisierungsintensität des Geschiebes notwendige Information kann aus den geomorphologischen Indikatoren, wie der Anbruchsform, und den für das „Versagen“ verantwortlichen Versagensmechanismus abgeleitet werden. Bleibt man bei den von STINY (1910) geprägten Begriffen der Geschiebeherde, so kann ein Muschel- und Dammanbruch sehr große Feststoffmengen in kürzester Zeit bereitstellen. Der resul-

tierende Verlagerungsprozess verläuft sodann weitgehend unabhängig von der dem Ereignis zugrunde liegenden Hochwasser-Ganglinie. Linienhafte Anbrüche im Gerinne, wie Feilen-, Keil- und Uferanbrüche können ebenfalls große Geschiebevolumina freisetzen, die Mobilisierungszeit dauert aber generell länger. Eine Sonderform eines Anbruches kann durch die Verflüssigung eines Bodenkörpers eintreten, wenn dieser Körper durch eine Zusatzlast plötzlich beaufschlagt wird.

Aus der Kombination von mobilisierbarem Volumen und Mobilisierungszeit lässt sich die Intensität der Feststoffbereitstellung (Abbildung 19) ableiten.

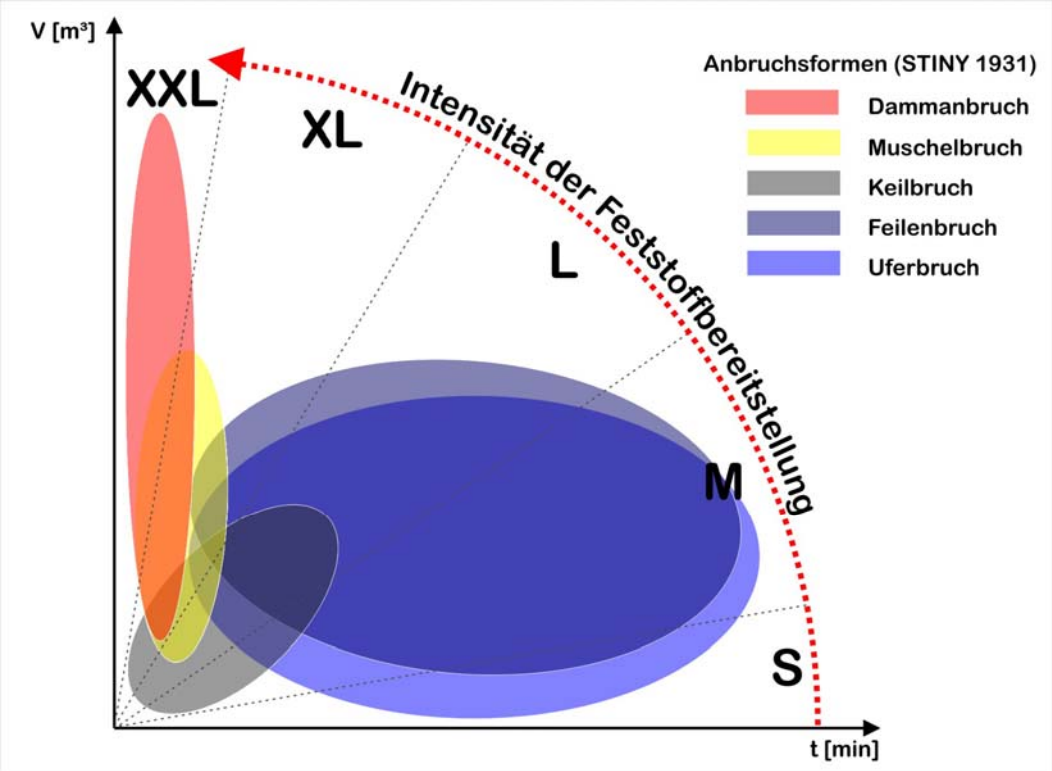


Abbildung 19: Schema zur Intensitätsklassifizierung verschiedener Anbruchsformen

Anbruchsform	Mobilisierbares Volumen	Mobilisierungszeit	Intensität	
Uferanbruch	Klein bis mittel	Mittel bis langfristig	S - XL	
Feilenanbruch	Groß bis sehr groß	kurzfristig	S - XL	
Keilanbruch	Mittel bis groß	Mittel-langfristig	S - XL	
Muschelanbruch	Groß bis sehr groß	kurzfristig	L - XXL	
Dammanbruch	Klein bis groß	kurzfristig	XL - XXL	

Tabelle 23: Mobilisierungsintensität von Anbruchsformen in Wildbächen

Die Intensität der Feststoffbereitstellung ist das Kriterium für die weitere Entwicklung des Verlagerungsprozesses im Gerinne. Bei hoher Intensität (L, XL, XXL) werden

sich Muren (Murgang und murartiger Feststofftransport), bei geringer bis mittlerer Intensität (S, M) hingegen Hochwasser (Fluviatiler Feststofftransport) entwickeln. Durch die Mobilisierungsintensität wird auch die Form der Ganglinie des Verlagerunugsprozesses maßgeblich verändert (Abbildung 20). Sie kann einen kurzen, aber sehr hohen Spitzenwert aufweisen, aber auch, bedingt durch kontinuierlichen Feststofftransport, über die gesamte Abflussdauer des Verlagerungsprozesses erhöht über der Reinwasserganglinie verlaufen.

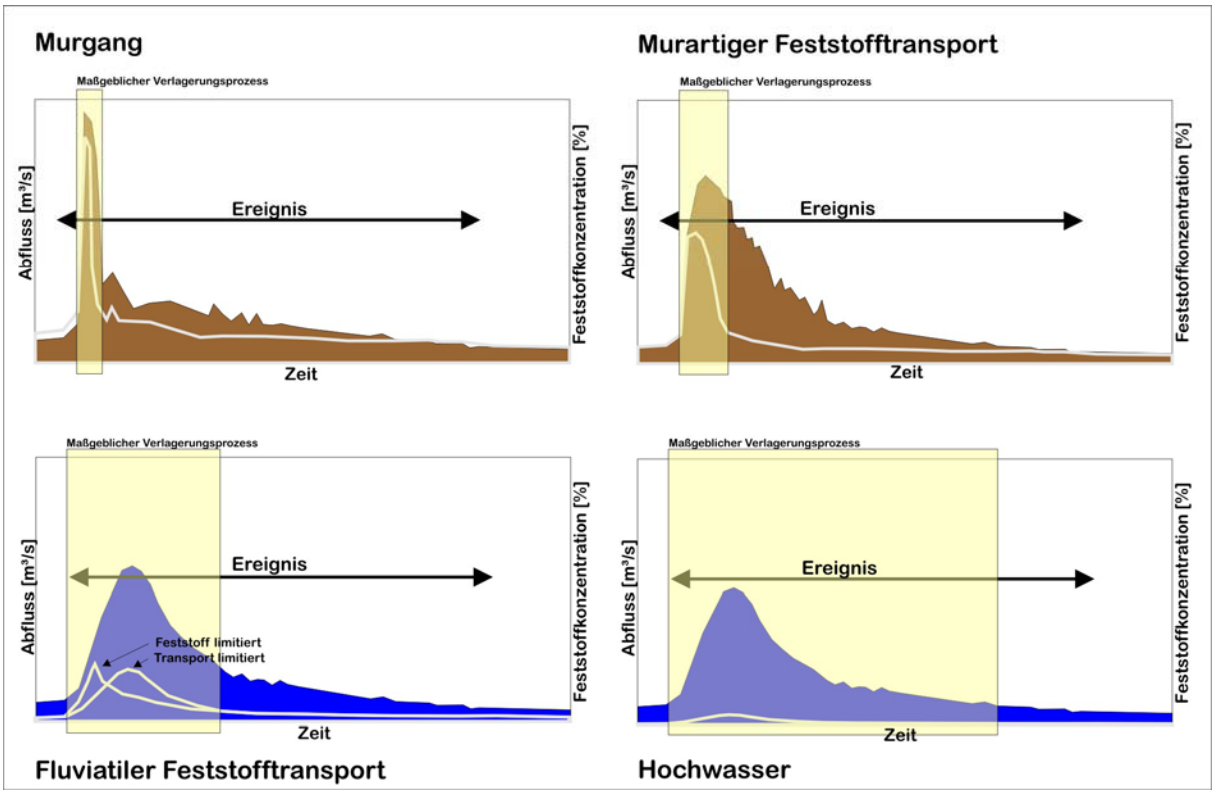


Abbildung 20: Gerinnegebundene Verlagerungsprozesse in Wildbacheinzugsgebieten

Für die Transformation des in einem Einzugsgebiet gefallenen Niederschlages in den dazu korrespondierenden Abfluss gibt es zahlreiche hydrologische Berechnungsmodelle, die für den Prozesstyp „Hochwasser“ Gültigkeit besitzen. In der Praxis stehen zur Abschätzung der Abflussspitze bzw. der Abflussfracht von Einzugsgebieten zumeist Abflussganglinien, basierend auf unterschiedlicher Niederschlagsdauer und Eintrittswahrscheinlichkeit zur Verfügung.

Zur Darstellung von Spitzenabflüssen aus feststoffführenden Verlagerungsprozessen ist jedoch die Feststoffmobilisierung (Fracht, Intensität) zu berücksichtigen. Die Quantifizierung der bei einem Ereignis auftretenden Feststoffverlagerung beruht in der Praxis vor allem auf Expertenwissen, da Feststofftransportmodelle, die auf Laborversuchen beruhen, nur die abschnittsweise Berechnung von eher schwachem

(fluviatilen) Feststofftransport in nicht allzu steilen Gerinnen erlauben (Abbildung 21). Der vor Ort im Einzugsgebiet zu erhebende potentielle Feststoffeintrag beruht auf der Abschätzung des lokal mobilisierbaren Geschiebepotentials und wird sich auch in Zukunft einer numerischen Simulation entziehen. Diese mobilisierbaren Geschiebefrachten werden üblicherweise unter Berücksichtigung möglicher Ablagerungsräume aufsummiert und vergrößern somit die dem Ereignis zu unterstellende Fracht aus Wasser und Feststoffen.

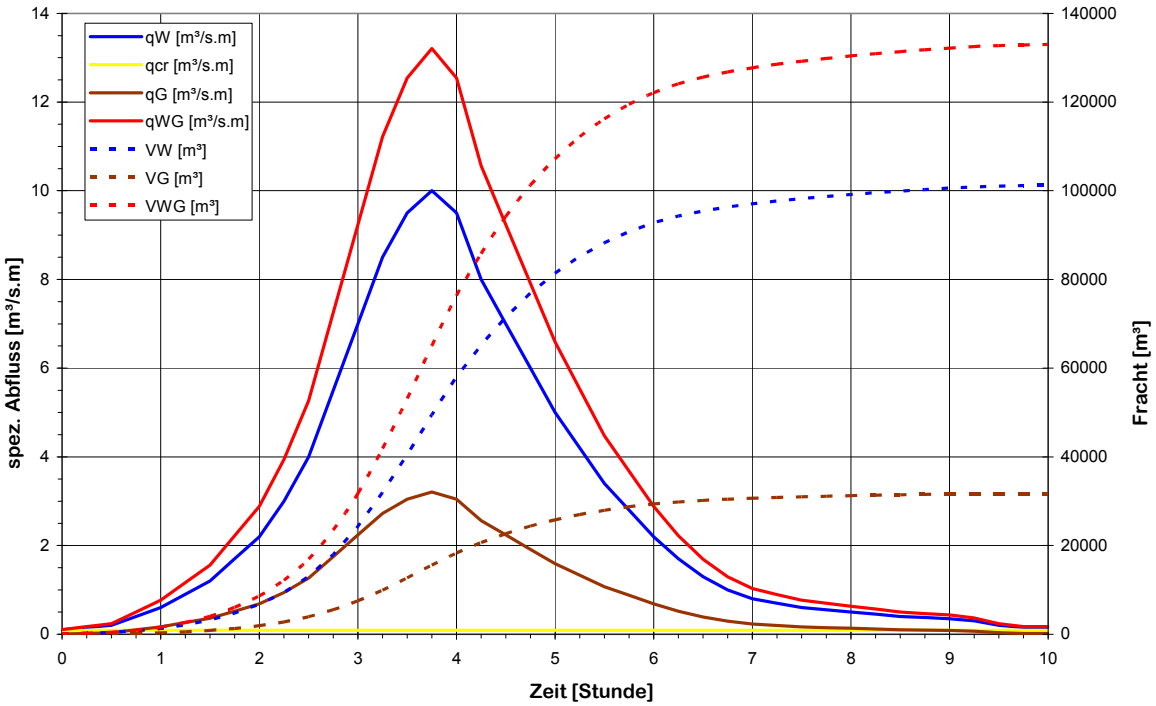


Abbildung 21: Erhöhung des Spitzenabflusses durch Geschiebe bei einer volumetrischen Feststoffkonzentration von 0.24

Die Abschätzung des Spitzenabflusses aus Wasser und Feststoffen muss zusätzlich die Mobilisierungsintensität der Feststoffe berücksichtigen. Es ist bekannt, dass murartige Verlagerungsprozesse, vor allem aber Murgänge, zumeist nur eine sehr kurze, ausgeprägte Abflussspitze aufweisen. Dieses Verhalten kann durch eine zeitliche Anpassung der Ganglinie nachgebildet werden.

Eine dementsprechende Adaptierung des Spitzenabflusses kann durch die Einführung von zwei dimensionslosen Anpassungsfaktoren erreicht werden, die auf die in der Praxis verfügbaren Daten aufbauen.

Erhöhung der Abflussfracht

Die Abflussfrachten in feststoffführenden Wildbächen setzen sich aus der *Wasserfracht* (V_W) und der *Feststofffracht* (V_G) zusammen. Um die *Gesamtfracht* (V_{WG}) ei-

nes Ereignisses zu bestimmen, kann die Wasserfracht mit einem dimensionslosen *Mengenfaktor (BF)* multipliziert werden.

$$V_{WG} = V_w \cdot BF \qquad \text{Formel 1}$$

$$BF = \frac{V_W + V_G}{V_W} = 1 + \frac{V_G}{V_W} \qquad \text{Formel 2}$$

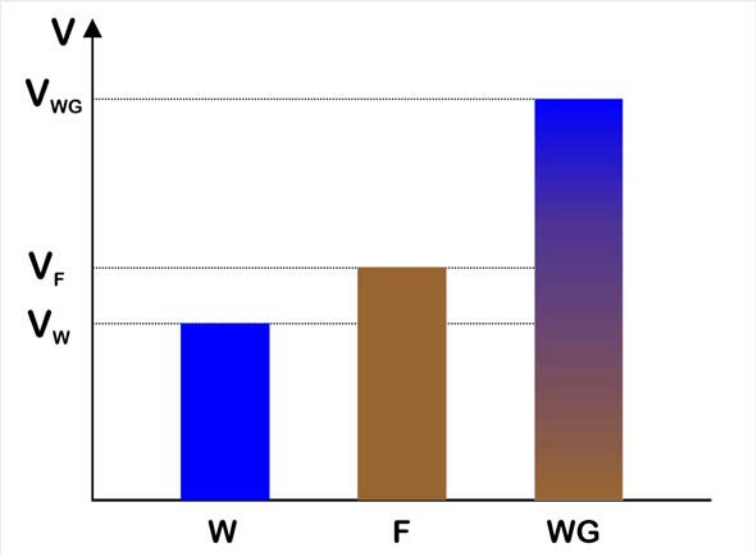


Abbildung 22: Modellvorstellung Proportionsfaktor

Das Verhältnis der Feststofffracht zur Gesamtfracht kann auch durch die *volumetrischen Feststoffkonzentration (c_v)* ausgedrückt werden. Diese lässt sich aus Ablagerungen von Murgängen mithilfe einfacher Laboruntersuchungen ermitteln. Dabei wird jedoch unterstellt, dass die Konzentration während eines Ereignisses unverändert bleibt. Dies stellt natürlich eine starke Vereinfachung des realen Geschehens dar.
Da das physikalische Verhalten von Verlagerungsprozessen in Gerinnen stark von der Feststoffkonzentration bestimmt wird, ist dieser Wert auch ein wichtiges Unterscheidungskriterium für die auftretenden Prozesse.

$$c_v = \frac{V_G}{V_W + V_G} \qquad \text{Formel 3}$$

$$c_v \cdot V_W + c_v \cdot V_G = V_G \qquad \text{Formel 4}$$

$$c_v \cdot V_W = V_G \cdot (1 - c_v) \qquad \text{Formel 5}$$

$$c_v = \frac{V_G}{V_W} \cdot (1 - c_v) \qquad \text{Formel 6}$$

$$\frac{V_G}{V_W} = \frac{c_v}{(1 - c_v)} \qquad \text{Formel 7}$$

Somit lässt sich der *Mengenfaktor (BF)* durch die volumetrische Konzentration des Abflusses ausdrücken.

$$BF = 1 + \frac{c_v}{(1 - c_v)} \qquad \text{Formel 8}$$

Je nach Feststoffkonzentration ergeben sich somit unterschiedliche Abflussfrachten, die ihr theoretisches Maximum bei einer volumetrischen Feststoffkonzentration zwischen 0.8 und 0.9 erreichen.

Da sich der Spitzenabfluss aus Wasser und Feststoffen, bei gleichbleibender Ereignisdauer, propotional zur Erhöhung der Fracht verhält, kann Q_{WG} durch Multiplikation von Q_W mit dem Mengenfaktor abgeschätzt werden.

$$Q_{WG} = Q_W \cdot BF \qquad \text{Formel 9}$$

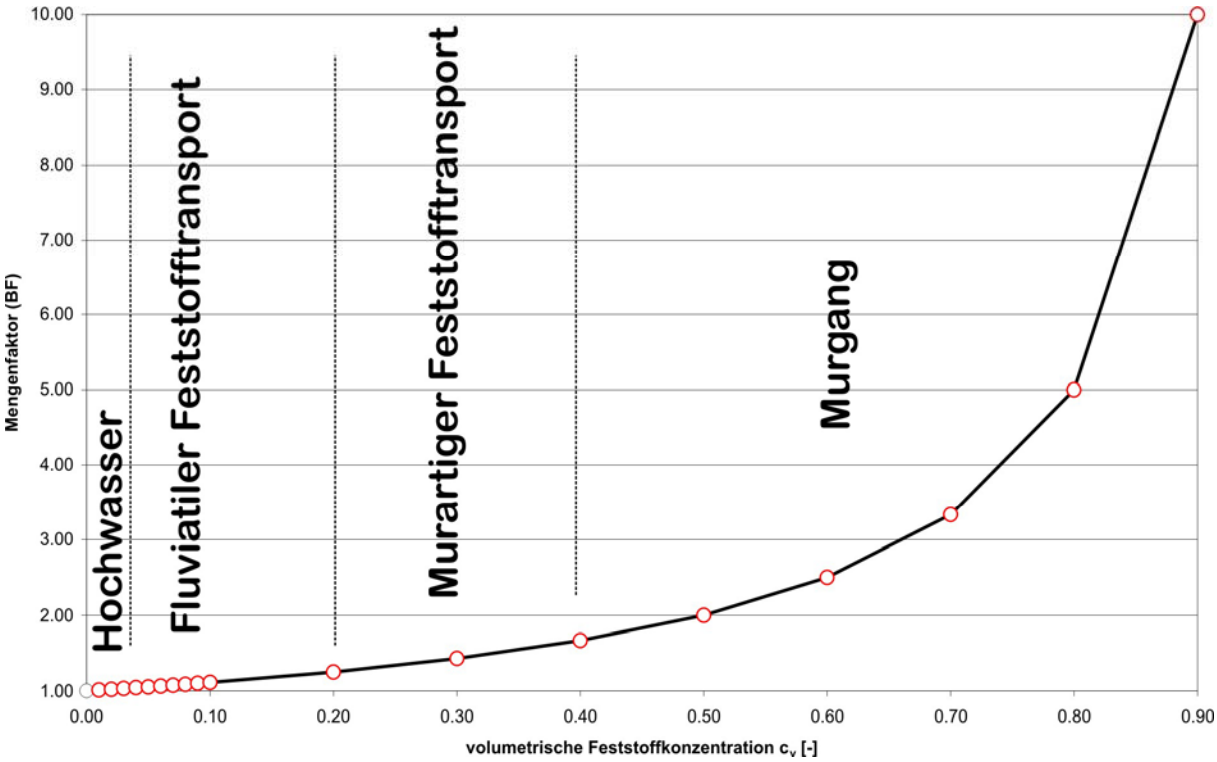


Abbildung 23: Erhöhung der Abflussfracht bzw. des Spitzenabflusses bei steigender Feststoffkonzentration

Verringerung der Ereignisdauer

Feststoffreiche Abflüsse in Wildbächen folgen nicht dem zeitlichen Verlauf einer typischen Hochwasserganglinie mit der Dauer *(t_W)*, vielmehr ist ein sehr rascher Anstieg mit einem ebensolchen Abfall zu verzeichnen. Das bedeutet, dass die Gesamtfracht aus Wasser und Feststoffen in kürzerer Zeit *(t_{WG})* den potentiellen Schadraum erreicht. Der für die Umrechnung erforderliche *Skalierungsfaktor (SF)* stellt den Quo-

tienten aus der berechneten Prozessdauer eines feststofffreien Ereignisses (z.B. Hochwasser) zur anzunehmenden kürzeren Prozessdauer eines höher feststoffbelasteten Ereignisses (z.B. Murgang) dar.

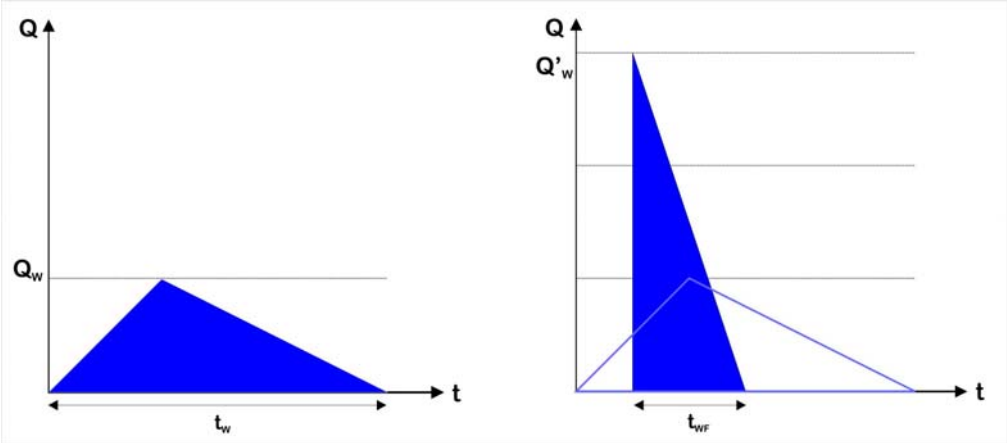


Abbildung 24: Modellvorstellung Skalierungsfaktor

$$t_{WG} = t_W \cdot \frac{1}{SF}$$ Formel 10

$$SF = \frac{t_W}{t_{WF}}$$ Formel 11

Der Spitzenabfluss (Wasser) des verkürzten Ereignisses *(Q'_W)* bei dreiecksförmiger Ganglinie erhöht sich dadurch auf:

$$Q'_W = Q_W \cdot SF$$ Formel 12

$$Q'_W = SF \cdot \frac{2 \cdot V_W}{t_W}$$ Formel 13

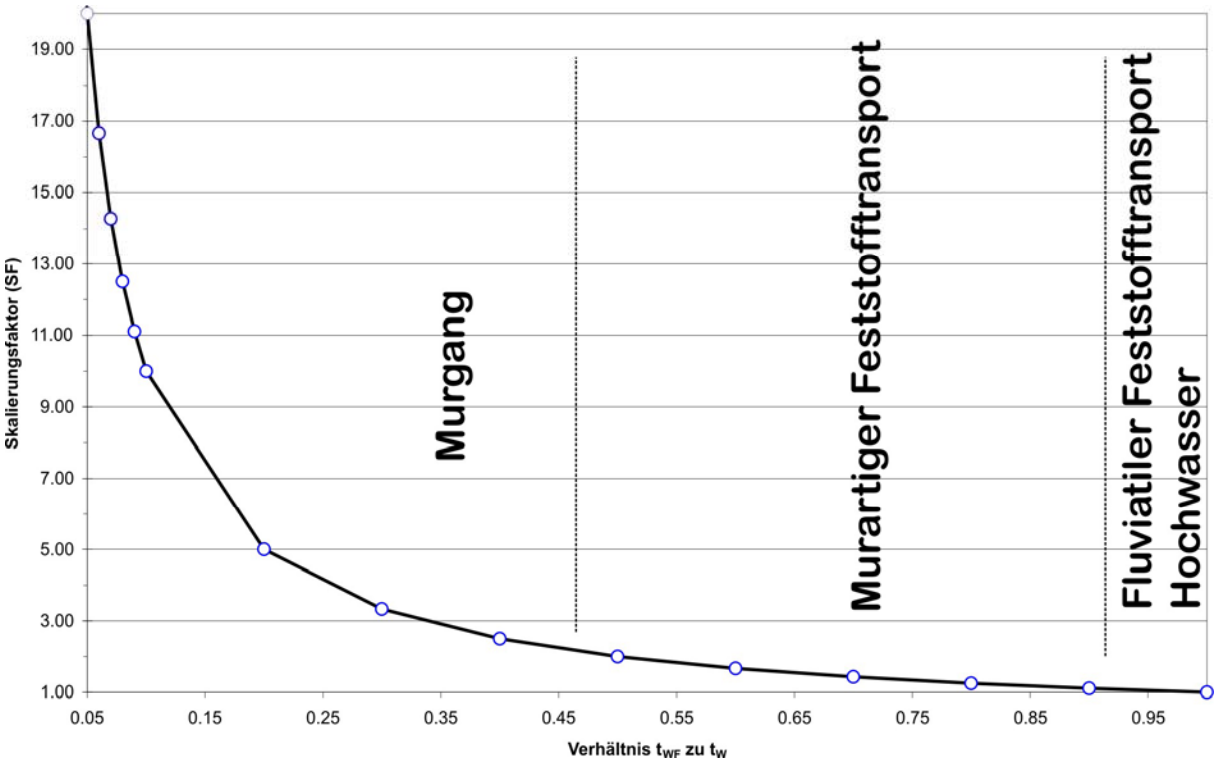


Abbildung 25: Erhöhung des Spitzenabflusses bei verkürzter Prozessdauer

Das bedeutet, dass einem hydrologischen Ereignis mit der Dauer von einer Stunde, dem aber eine „Wirkungszeit“ von nur rund 15 Minuten unterstellt werden, der vierfache Spitzenabfluss zu unterstellen ist.

Berechnung des Spitzenabflusses

Kombiniert man nun beide Annahmen (Berücksichtigung der Feststofffracht und zusätzlich kürzere Ereignisdauer), erhöht sich der maximale Gesamtabfluss (Q_{WG}) gegenüber dem Spitzenabfluss Q_W bei reinem Hochwasser unter den bereits oben getroffenen Annahmen um den *Intensitätsfaktor (IF)*:

$$IF = BF \cdot SF \qquad \text{Formel 14}$$

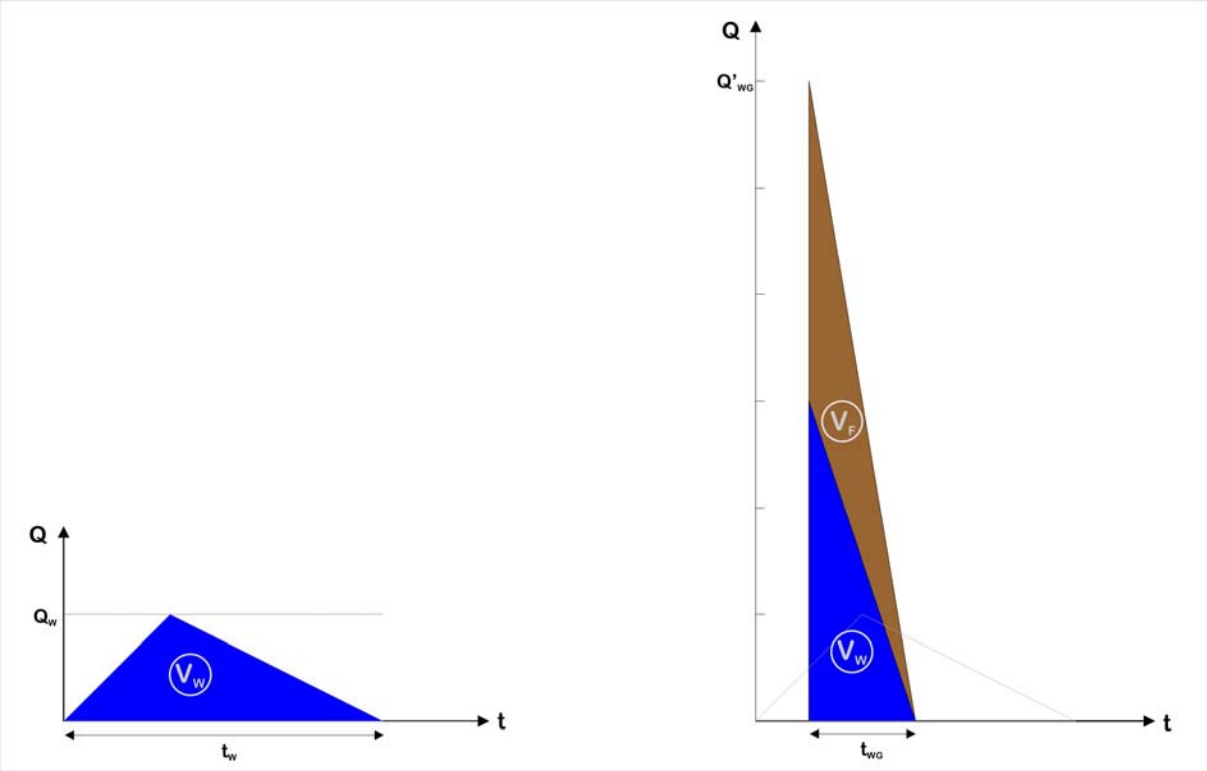


Abbildung 26: Modellvorstellung zur Kombination aus Mengen- und Skalierungsfaktor

Der Spitzenabfluss des Wasser-Feststoffgemisches, wenn man der Ganglinie einfachheitshalber einen dreiecksförmigen Verlauf unterstellt, lässt sich mit der folgenden Beziehung abschätzen:

$$Q'_{WG} = Q_W \cdot IF \qquad \text{Formel 15}$$

$$Q'_{WG} = \frac{2 \cdot V_W}{t_W} \cdot IF \qquad \text{Formel 16}$$

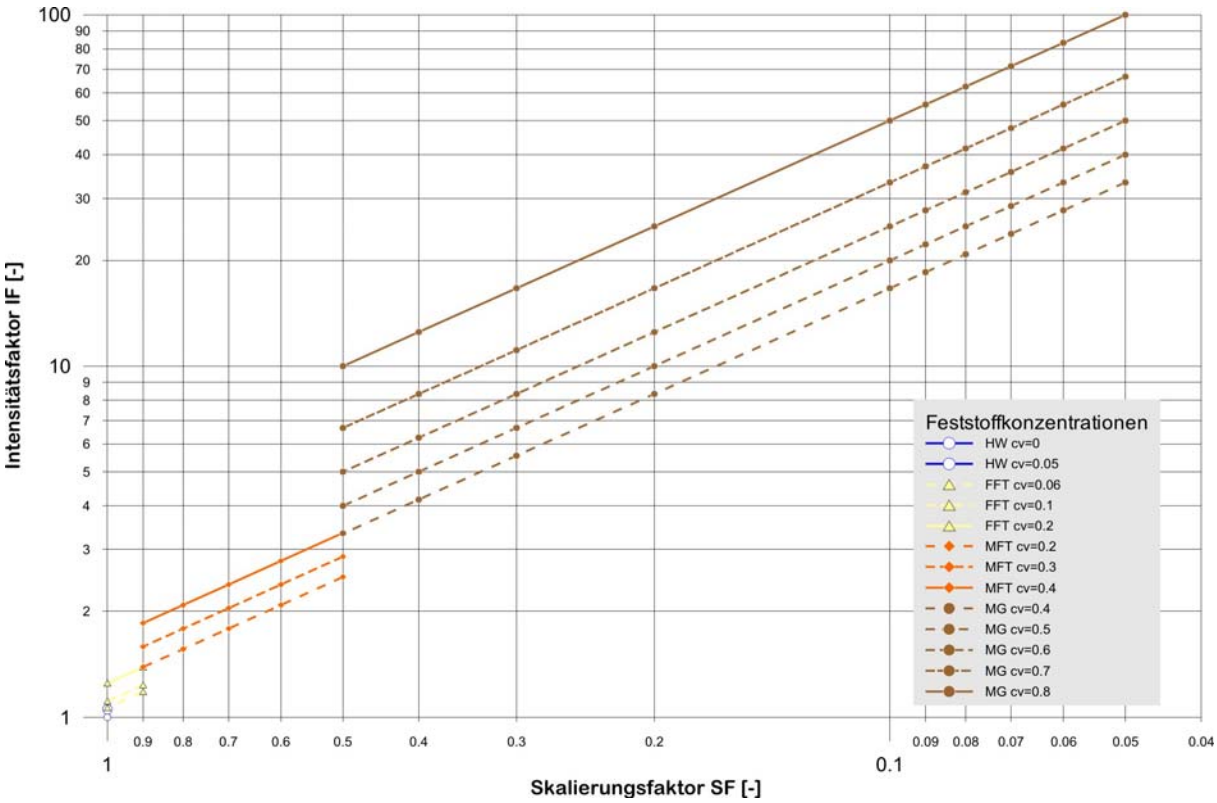


Abbildung 27: Intensitätsfaktor für den Spitzenabflusses eines Wasser-Feststoffgemisches unter Berücksichtigung einer verkürzten Ereignisdauer sowie veränderlicher volumetrischer Feststoffkonzentration

Berücksichtigt man weiters, dass die in Wildbächen auftretenden Verlagerungsprozesse anhand ihrer volumetrischen Feststoffkonzentration unterschieden werden können, lassen sich die Mischabflüsse in grober Näherung aus den Abflüssen einer „Reinwasserganglinie“ mit unterstellter Geschiebefracht, ausgedrückt durch die volumetrische Feststoffkonzentration, abschätzen.

Die Bandbreite der möglichen Spitzenabflüsse bei den unterschiedlichen Verlagerungsprozessen vereinfacht die Entscheidung des Planers nicht, sie spiegelt aber die Variabilität der Reaktion von Wildbacheinzugsgebiete wider. Bei Vorliegen weiterer Messdaten und Analyse aufgetretener Ereignisse lässt sich die Bandbreite der hier vorgestellten Ergebnisse sicher einschränken.

Prozess	c_v [-]	t_{WG}/t_W [-]	IF [-]
Hochwasser	0.00-0.05	1.00	1.00-1.05
Fluviatiler Feststofftransport	0.06-0.10	0.90-1.00	1.05-1.40
Murartiger Feststofftransport	0.20-0.40	0.50-0.90	1.40-3.50
Murgang	0.50-0.80	0.05-0.50	3.50-100.00

Tabelle 24: Erhöhungsfaktoren des Spitzenabflusses bei den Verlagerungsprozessen in Wildbächen

Beispiel

Mithilfe der Aufnahmen des Ereignisses am Wartschenbach (HÜBL et al. 1998, 2002) vom 16. August 1997 kann der von diesem Murgang eingenommene durchflossene Querschnitt an der Schwemmkegelspitze mit rund 30 m² festgelegt werden. Bei einer angenommenen Abflussgeschwindigkeit von 3.5 m/s errechnet sich ein maximaler Abfluss von etwa 105 m³/s, wobei rund 50000 m³ Wasser und Feststoffe am Schwemmkegel abgelagert wurden.

Hydrologische Studien (HÜBL et al. 1998) ergaben, dass der theoretische Spitzenabfluss (Wasser) maximal rund 13 m³/s, die Abflussfracht (Wasser) 27000 m³ und die Dauer des Ereignisses rund 70 Minuten betragen hätte. Die volumetrische Feststoffkonzentration für das Gesamtereignis lässt sich somit zu rund 0.46 bestimmen. Dies würde zu einer theoretischen Erhöhung des Maximalabflusses um den Faktor 1.85 auf 24 m³/s führen. Dieser Abfluss erklärt aber nicht die vom Murgang in Anspruch genommene Durchflussfläche von 30 m², da dann die Geschwindigkeit des Murganges nur 0.8 m/s betragen hätte. Augenzeugen berichten aber von einem Ereignis mit großer Geschwindigkeit und einer Dauer von wenigen Minuten.

Dividiert man den Gesamtabfluss durch den theoretischen Wasserabfluss so erhält man einen Intensitätsfaktor von 8.1. Dies würde unter Berücksichtigung eines Mengenfaktors von 1.85 einer Verkürzung der Ereignisdauer auf etwa 15 Minuten entsprechen und liegt somit im plausiblen Bereich.

Der Skalierungsfaktor wäre laut Formel 11 mit rund 4.67, der Mengenfaktor mit 1.85 anzunehmen und unter Anwendung der Formel 16 errechnet sich der Spitzenabfluss des Murganges zu rund 110 m^3/s.

Ausblick

Dieser Abfluss stimmt mit den aus der Ereignisdokumentation gewonnenen Daten überraschend gut überein. Dies mag ein Hinweis sein, dass die vorgeschlagene Methode nicht unrealistische Abflussschätzungen liefern kann. Es wird nötig sein, das Konzept mit einer Reihe von gut dokumentierten Ereignissen zu evaluieren. Grundsätzlich ist anzumerken, dass, wenn sich da Konzept bewährt, es einen raschen und einfach anwendbaren Gesamtblick auf wahrscheinliche Bemessungsgrößen für alle Feststoffverlagerungsprozesse in Wildbachgerinnen ermöglicht.

6.3 Morphologische Methode

Die Morphologie bzw. „stumme Zeugen“ geben Aufschluss über den Prozesstyp und die Prozessabgrenzung (HÜBL et al., 2003). Für die Ableitung eines quantitativen Zusammenhanges von Intensität und Häufigkeit sind jedoch weitere Studien erforderlich.

Ein weiteres Werkzeug zur morphologischen Analyse wurde von AULITZKY (1972) entwickelt. Der sogenannte Schwemmkegelindex sollte dem Praktiker helfen, mit Hilfe einer vorgegebenen Indikatorliste die Gefährlichkeit eines Wildbaches zu beurteilen. Bei der Anwendung ist jedoch große Sorgfalt notwendig, eine fundierte zeitliche Zuordnung von Indikatoren zu Prozessen ist erforderlich.

6.4 Numerisch-mathematische Methode

6.4.1 Prozessmodellierung

Der gefährliche Prozess soll mit dieser Methode auf Basis eines numerischen Modells abgebildet werden. Dieses Verfahren stellt sehr hohe Ansprüche an den Anwender, da bei dieser Methode zumeist eine große Anzahl an Parametern, die die Rahmenbedingungen des Modells darstellen, quantifiziert werden müssen. Ohne Verifizierung eines numerischen Modells mit realen Daten ist von der Anwendung solcher Methoden eher abzuraten.

Bei dem Versuch, den Prozessablauf in einem Modell „exakt“ darzustellen, sind nach GUTKNECHT (1978) die dabei auftretenden Probleme in erster Linie auf folgende Punkte zurückzuführen:

- Die Vielfalt der wirkenden Faktoren und deren Wechselbeziehungen.
- Die Schwierigkeit, diese Beziehungen mathematisch zu formulieren und quantitativ zu erfassen.
- Die Unmöglichkeit, die einzelnen Teilvorgänge voneinander getrennt und ohne Störeinfluss von anderen Faktoren zu beobachten und ihre maßgebenden Größen zu messen.
- Der Grad der Abstraktion der wirklichen Vorgänge bei der Modellbildung: Durch zu starke Abstraktion werden eventuell Teilvorgänge, die den Wert der Ausgangsgröße mitbeeinflussen, nicht entsprechend berücksichtigt.
- Die Vereinfachung des Grundkonzepts, die eine analytische oder numerische Behandlung überhaupt erst möglich machen: So werden vielfach partielle Dif-

ferentialgleichungen (z. B. die Saint Venant´schen Gleichungen für den Wellenablauf in Fließstrecken) durch Reduktion zu gewöhnlichen Differentialgleichungen erst berechenbar gemacht.

Ein Modell entsteht durch Abstraktion, wodurch die Wirkungsweise des Originalsystems nicht in allen, sondern nur in den wichtigsten Punkten wiedergegeben werden kann. Positiv, also fehlermindernd, wirkt sich dabei aus, dass ein Modell üblicherweise für eine bestimmte Aufgabe entwickelt wird. Es muss daher nicht über die gesamte Bandbreite der natürlich vorkommenden Merkmalsausprägungen exakte Aussagen liefern. So ist es beispielsweise ausreichend, für die Modellierung von Überflutungen bei Extremereignissen nur extreme Niederschläge als Eingangsgrößen für die Modellkalibrierung zu verwenden. Ein Modell ist daher als brauchbar anzusehen, wenn es die interessierende Größe im relevanten Ausprägungsbereich mit hinreichender Genauigkeit abbildet.

6.4.2 Modellkalibrierung

Ein Wildbachereignis entsteht aus dem Zusammenwirken unterschiedlichster Einflussfaktoren: Niederschlag, Einzugsgebietszustand, geomorphologische Faktoren, etc.. Diese führen zu Reaktionen des Gewässers, die in unterschiedlicher Reihenfolge während eines einzelnen Ereignisses auftreten können. Wildbachereignisse sind daher als Ergebnisse eines multivariaten Prozesses anzusehen (ETAlp, 2003). Die Umsetzung eines Ereignisniederschlages bestimmter Jährlichkeit vom Ort des Niederschlages bis zum Ausgang des Einzugsgebietes ist daher schwer vorhersagbar. Das Zustandekommen eines extremen Abflussereignisses hängt mitunter vom Eintreten zusätzlicher Gefahrenmomente, wie z.B. Vorbefeuchtung, Feststoffmobilisierung oder Verklausung ab. Ein 150-jährliches Niederschlagsereignis bedingt daher nicht zwingend ein 150-jährliches Abflussereignis.

Im Gegensatz zum Flussbau existieren im Zuständigkeitsbereich der WLV, bis auf ausgewiesene Mustereinzugsgebiete, kaum Abflussmessreihen über einen längeren Zeitraum. Eine Kalibrierung von Niederschlags-Abfluss-Modellen ist daher nur mit Einschränkungen möglich.

6.5 Physikalische Methode

Eine sehr aufwendige Methode stellen Modellversuche dar. Sie sind aufgrund der Modellgesetze nur für spezielle Gerinneabschnitte oder zur Bestimmung des Verhaltens von Schutzbauwerken (Überlastfall, Dammbruch) im Rahmen der Gefahrenzonenplanung einsetzbar.

7 Empfehlungen

Der Gefahrenzonenplan stellt ein wichtiges Steuerungsinstrument für die Planung von Schutzmaßnahmen dar. Vorschläge für Optimierung der Einbindung der Gefahrenzonenpläne in die örtliche und überörtliche Raumplanung in Österreich wurden kürzlich im Rahmen der ÖROK ausführlich diskutiert (vgl. ÖROK, 2005). Im Folgenden geht es deshalb vor allem um technische Empfehlungen, wie der Umgang mit Naturgefahren, und im Besonderen die Erstellung der Gefahrenzonenpläne, optimiert werden könnten.

7.1 Prinzipien in der Gefahrenzonenplanung

Die Gefahrenzonenplanung dient als Grundlage der Planungen der WLV, der Raumplanung, des Bauwesens, der Sicherheitsbehörden und anderer (GZP-VO § 1). Um eine Kontinuität der Planungsgrundlage zu gewährleisten ist es daher notwendig, Prinzipien und einheitliche Mindeststandards für die Datengrundlage und -bewertung aufzustellen.

Durch die Einhaltung der Prinzipien wird in weiterer Folge eine einheitliche Erstellung der GZP sichergestellt, unabhängig davon, ob die eigentliche Planung von der WLV, einem Ziviltechniker oder einem technischen Büro durchgeführt wird. Darüber hinaus können die folgenden Prinzipien zu einer verbesserten Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung beitragen.

7.1.1 Nachvollziehbarkeit und Transparenz

Jede Gefahrenbeurteilung muss sachlich richtig erfolgen. Unabhängig vom Bearbeiter bzw. von der zuständigen Dienststelle müssen Auswertungen, die auf derselben Datengrundlage basieren, zu gleichen Ergebnissen führen. Der Gefahrenbeurteilung sollte deshalb eine klare Methodenwahl und -dokumentation zugrunde liegen. Unsicherheiten infolge unzureichend vorhandener Daten oder getroffener Annahmen sollten dargelegt und diskutiert werden. Sämtliche Abläufe während der Erstellung eines GZP sind festzuhalten, Annahmen und entwickelte Szenarien sind zu begründen (vgl. GZP-VO § 5). Um eine Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse und Zonengrenzen zu gewährleisten, ist für ähnliche Prozesse die gleiche Wirkung als Grundlage für die Definition von Kriterien heranzuziehen (z.B. max. 30 kN/m^2 für geschiebeführendes Hochwasser und Murgang).

7.1.2 Vergleichbarkeit

Um die Vergleichbarkeit von Gefahrenzonenplänen zu gewährleisten, ist bei der Datenerhebung auf eine einheitliche Vorgehensweise zu achten. Bei der Ausarbeitung sollten deshalb einheitliche Symbole, Darstellungen und Methoden verwendet werden. Das gesamte Beurteilungsverfahren – von den Datengrundlagen über die Modellierung bis zum fertigen Plan – muss so gestaltet sein, dass alle Akteure die Entscheidungsfindung nachvollziehen können. Hohe kartographische Genauigkeit und eine eindeutige und vollständige Darstellung des Sachverhalts sind Voraussetzung für eine Vergleichbarkeit von Gefahrenzonenplänen. Die derzeitigen Bemühungen um eine einheitliche Ereignisdokumentation stellen hierzu einen ersten Schritt dar. BOLLINGER et al. (1992), HEINIMANN et al. (1998), KIENHOLZ (1995) sowie STÖTTER et al. (1999) befassen sich beispielsweise mit der Frage nach einer Vereinheitlichung von Erfassung, Beurteilung und Visualisierung gefährlicher Naturprozesse, um Resultate verschiedener Untersuchungsgebiete auf gleich bleibend hohem Standard nachvollziehbar vergleichen zu können. Diese Ansätze könnten auch in der österreichischen Praxis vermehrt Eingang finden.

7.2 Einbezug des Schadenpotentials

7.2.1 Ermittlung des Schadenpotentials

Natürliche Prozesse werden in der Überschneidung mit anthropogenen Interessensphären zur Gefahr. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, Schadenpotentialbetrachtungen in die Überlegungen zur Gefahrenzonenplanung mit einzubeziehen. Diese Vorgehensweise führt direkt zum Risikokonzept[34].

Mit der zunehmenden Anzahl wissenschaftlicher Publikationen im Bereich alpiner Naturgefahren ist ganz allgemein eine verstärkte Ausrichtung der Forschung auf Fragen des Schadenpotentials zu beobachten, die auch seitens der Praxis ihren Niederschlag finden sollte. Parallel dazu finden sich in den Richtlinien für die Wirt-

[34] Das Risikokonzept bildet die theoretische Basis eines modernen und nachhaltigen Umgangs mit Naturgefahren in Gebirgsräumen. Hierbei muss beachtet werden, dass es sich bei dem Konzept aus Sicht der Risikowissenschaft lediglich um eine Möglichkeit der Risikodefinition handelt, der Begriff Risiko ist in unterschiedlichen Disziplinen mit verschiedenen Bedeutungen besetzt. Als Risikokonzept wird hierbei ein methodischer, allgemeingültiger Ansatz verstanden, der basierend auf einem systematischen, zusammenhängenden und transparenten Modell, Abläufe bei der Beurteilung von Sicherheitsproblemen strukturiert. Hierzu ausführlicher Abschnitt 8.

schaftlichkeitsuntersuchung bei der Implementierung technischer Schutzmaßnahmen Vorgaben für eine Berücksichtigung des Schadenpotentials (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT 2005).

Die traditionell prozessorientierte Gefahrenbeurteilung wurde – vor allem in der Schweiz – während der vergangenen Dekade im Rahmen eines Paradigmenwechsels[35] zunehmend um die (standardisierte) Ermittlung des betroffenen Schadenpotentials erweitert (z.B. EGLI 1996; 1999; HEINIMANN 1995; 1998; HEINIMANN et al. 1998). HOLLENSTEIN (1997) zeigt das methodische Vorgehen für eine derartige im Rahmen der Risikobetrachtung auf, sowie bestehende Lücken bei der Realisierung des Konzepts. Die Arbeit von BORTER (1999) behandelt ein universell anwendbares, standardisiertes Vorgehen im Hinblick auf die Methodik der Risikoanalyse, wobei die Bearbeitung der notwendigen Grundlagen je nach Maßstabsebene relativ zeitaufwendig ist (FUCHS et al. 2001; GÄCHTER and BART 2002). Das Konzept nimmt dabei Bezug auf unterschiedliche Maßstabsebenen in Abhängigkeit von Bearbeitungstiefe und Fragestellung. Auf Grund der relativen Ausdifferenzierung der Methodik würde sich eine Adaptierung der Vorgehensweise an die österreichischen Verhältnisse hier besonders anbieten. Ein weiterer, pauschalierter Ansatz wird von BÄHLER et al. (2001) beschrieben, wobei die Wahl der Methodik naturgemäß immer auf die Fragestellung und die verfügbaren Finanzmittel ankommt. Das Risikokonzept dient dabei vor allem dazu, die komplexen Zusammenhänge bei der Planung von Schutzmaßnahmen qualitativ und soweit möglich auch quantitativ transparent zu machen. Darauf basierend lässt es Aussagen über die Sicherheit bzw. über vorhandene Risiken zu. Es erlaubt zudem Aussagen zur Zweckmäßigkeit und Zuverlässigkeit sowie zur Effektivität und Effizienz von Sicherheitskonzepten. Es dient aber auch als Instrument für die transparente Kommunikation innerhalb des komplexen Netzwerkes von beteiligten Fachleuten, Institutionen und Betroffenen. Ausgaben für Sicherheit im Rahmen knapper werdender Mittel lassen sich damit gegenüber Politik und Öffentlichkeit nachvollziehbar begründen und rechtfertigen (vgl. HOLLENSTEIN et al. 2004). Eine ausführliche Darstellung des Risikokonzepts findet sich in Abschnitt 8 dieses Berichts.

[35] www.planat.ch: „Von der Gefahrenabwehr zur Risikokultur“.

Grundsätzlich besteht auch im Rahmen der Gefahrenzonenplanung der WLV die Möglichkeit, basierend auf dem Risikokonzept das betroffene Schadenpotential in die Schutzstrategie mit einzubeziehen.

- Eine konzeptionelle Methodik hierzu wird beispielsweise in KEILER et al. (2006) aufgezeigt. In dem Beitrag werden verschiedene Ansätze zur Erhebung des Schadenpotentials für den regionalen Maßstab vorgestellt, die beispielsweise in Hinblick auf zu definierende Schutzziele GIS-basiert und flächendeckend angewandt werden könnten. Die Erhebung konzentriert sich auf die Kategorien Personenanzahl und Gebäudewerte. Die hierfür benötigten Daten werden hinsichtlich ihrer Qualität und Verfügbarkeit bewertet, die Studie stützt sich dabei auf Arbeiten in Untersuchungsgebieten Tirols (A), Südtirols (I) und Graubündens (CH). Die in den verschiedenen Ländern verwendeten Monetarisierungsansätze und die aufgezeigten Arbeitsschritte können für eine Erhebung des Schadenpotentials in anderen Regionen der Fragestellung und der Verfügbarkeit von Datengrundlagen entsprechend angepasst und miteinander kombiniert werden.

  Daten für die Schadenpotentialanalyse können von den für Raumordnung zuständigen Behörden digital im Vektorformat zur Verfügung gestellt werden. Diese Daten liegen als Abgrenzungslinien und Punktinformation mit einer Erfassungsgrundlage großmassstäbig vor. Die flächendeckende Adressenverortung und zusätzliche Informationen ermöglichen für die Schadenpotentialanalyse einerseits die Zuordnung der Gebäude in Funktionsklassen und anderseits durch die Angaben der Haushalte bzw. Wohnungen je Gebäude die Erhebung der Personenzahlen. Die Daten werden für die jeweiligen Gemeinden erhoben und digital aufbereitet. Die Adresspunkte werden mit den Gebäudeflächen überlagert, um eine räumliche Verschneidung zu ermöglichen.

  Anhand der Auswertung von Zusatzinformationen, wie z.B. Beherbergungsstatistik und Objektbezeichnung in der Adressenverortung, können Daten zur Gebäudefunktion abgeleitet werden (z.B. Wohngebäude, Hotel, Pensionen, öffentliche Gebäude, Wirtschaftsgebäude). Basierend auf den gewonnen Daten und der berechneten Gebäudefläche lässt sich das Volumen ermitteln. Die dafür notwendige Gebäudehöhe berechnet sich aus Geschoßhöhe und Geschoßanzahl. Grundlage für die Gebäudebewertung bilden durchschnittliche Versicherungsrichtwerte für Neuwertpreise je Funktionsklasse. Als Mittelwert

kann der berechnete Durchschnittspreis jeder Funktionsklasse verwendet werden (KEILER 2004). Gebäude mit Sonderfunktionen wie Kirchen, Tankstellen, Liftgebäude oder Kläranlagen werden auf Grund fehlender bzw. nicht eindeutiger Bewertungskriterien nicht in der Bewertung aufgenommen. Hierfür sind Detailanalysen jedes einzelnen Gebäudes notwendig.

Für die Erhebung der Personenanzahl in den potentiell gefährdeten Gebieten kann zwischen permanenter und temporärer Bevölkerung (Touristen) unterschieden werden. In Wintertourismusgebieten ergibt sich die Anzahl der Einwohner aus den statistischen Angaben der Haushalte und der durchschnittlichen Anzahl der Einwohner der jeweiligen Gemeinde. Alternativ kann die mittlere Haushaltsgröße der jeweiligen Gemeinde verwendet werden. Entsprechend der Anzahl der Wohnungen je Gebäude in der Adressenverortung können in den Attributtabellen die Einwohneranzahl nach der mittleren Haushaltsgröße berechnet werden. Die potentielle Anzahl der Touristen in den betroffenen Gebäuden ergibt sich aus der Bettenanzahl und der Auslastung entsprechend der lokalen Tourismusinformation.

- Ein zweiter möglicher Ansatz zur Ermittlung des Schadenpotentials wird in direktem Zusammenhang mit den Richtlinien zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWRTSCHAFT 2005) beschrieben, wobei sich die Methodik an der Liegenschaftsbewertung nach KRANEWITTER (2002) orientiert. Bei dieser Methodik bildet die Bewertungsgrundlage die potentiell betroffene Prozessfläche, und somit der Gefahrenzonenplan mit Hinblick auf das Bemessungsereignis. Die Grundlage für die Bewertung bildet für Gebäude der Wiederherstellungswert, was im Gegensatz zu der in der österreichischen Versicherungswirtschaft derzeit üblichen Praxis ein Novum darstellt[36].

  Hierbei werden – getrennt nach definierten Gebäudekategorien, und basierend auf dem Bruttorauminhalt bzw. der Bruttogrundrissfläche – die jeweiligen Wiederbeschaffungswerte ermittelt. Diese Vorgangsweise hat den Vorteil, dass die äußeren Begrenzungslinien der Bauwerke entweder direkt aus dem

[36] vgl. hierzu die Diskussion in FUCHS and MCALPIN (2005), sowie den Überblick in AULITZKY (2006).

Flächennutzungsplan übernommen werden, oder aber auf Grund von Luftbildanalysen digitalisiert werden können. Im Weiteren werden bei der Ermittlung des Schadenpotentials in Abhängigkeit der Ausstattung Zu- oder Abschläge berücksichtigt. Basiert die Ermittlung des Schadenpotentials auf Zeitwerten, kann die Alterswertminderung näherungsweise durch einen Abschlag zum Herstellungswert berücksichtigt werden. Andere Kategorien des Schadenpotentials werden analog analysiert und bewertet.

Als problematisch könnte sich bei der Bewertung des Schadenpotentials die mehrfache Berechnung von Zu- bzw. Abschlägen auswirken, die naturgemäß in Durchschnittswerten mündet, und die Situation in der Realität möglicherweise nur verzerrt wiedergibt. Detaillierte Studien hierzu fehlen jedoch bislang, und somit dürfte die Methode – zumindest für größere zusammenhängende Flächen – einen guten Näherungswert für die Ermittlung des Schadenpotentials darstellen. Zukünftig wäre es allerdings wünschenswert, vertiefende Sensitivitätsstudien durchzuführen, um die Größe des methodischen Fehlers eingrenzen zu können.

Das Schadenpotential variiert in lang- und kurzfristigem Zeitraum. Durch die Einbettung der Schadenpotentialanalyse im GIS lassen sich diese zeitlichen Veränderungen modellieren. Ansätze für derartige Modellierungen bezüglich des Siedlungsraumes finden sich in FUCHS et al. (2005), FUCHS & KEILER (2006) und KEILER et al. (2005), und zeigen anschaulich die Problematik der Berücksichtigung der zeitlichen Dynamik im Umgang mit Naturgefahren auf.

Durch die Einbindung des Schadenpotentials in einem frühzeitigen Stadium der Planung, insbesondere in Zusammenhang mit der Gefahrenzonenplanung, würde die Ereignisdokumentation im Schadensfall erheblich vereinfacht werden, und somit zu einer Verbesserung beim raumplanerischen Umgang mit potentiell gefährlichen Prozessen beitragen. Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, dass sich die Ermittelung möglicher Schäden vor allem auf direkt quantifizierbare Schäden beschränkt (tangibles), und die Analyse indirekter Auswirkungen von Gefahrenprozessen (intangibles) bislang noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet ist (NÖTHIGER et al. 2005; NÖTHIGER et al. 2002; WILHELM et al. 1993, WILHELM 1997). Darüber hinaus hat eine Analyse der zwischen 2000 und 2002 durchgeführten Verbauungsprojekte in Schweizer Kantonen gezeigt, dass die Grundlagen für die Ermittlung des

Schadenpotentials trotz Richtlinien von erheblicher Subjektivität der Bearbeiter gekennzeichnet sind, und somit die Ergebnisse stark variieren (WINKLER 2003); 70 % der Projekte wiesen in diesem Zusammenhang kein definiertes Schutzziel auf.

7.2.2 Einbezug der Schadenempfindlichkeit

Eine Schlüsselstellung bei der Ermittlung des Schadenausmaßes kommt der Schadenempfindlichkeit oder Verletzlichkeit von Strukturen und Objekten zu. Sie beschreibt den Zusammenhang zwischen den Schäden und den Einflussgrößen des untersuchten natürlichen Prozesses und ist somit neben den Objekteigenschaften und der Prozessart vor allem von der Intensität des Prozesses abhängig. Verletzlichkeit wird somit definiert als Erwartungswert eines Schadens an einem Objekt als Ergebnis eines bestimmten Ereignisses (VARNES 1984), und nimmt dabei üblicherweise einen Wert zwischen 0 (kein Schaden) und 1 (vollständige Zerstörung) an. Derartige numerische Werte geben somit den funktionalen Zusammenhang zwischen einwirkenden Kräften eines Prozesses und der Widerstandskraft betroffener Objekte wieder. Ausgehend von einem (monetären) Substanzwert eines betroffenen Raumelements kann mittels objekt- und prozessspezifischer Faktoren – bezogen auf die jeweilige Prozessintensität – das potentielle Schadenausmaß abgeleitet werden.

Bislang existieren hierzu vor allem empirisch abgeschätzte Parameter, die die Schadenempfindlichkeit über einen Prozentwert des Schadenpotentials definieren. Naturgemäß handelt es sich dabei um Durchschnittswerte (BORTER 1999; BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT 2005; HÜBL & KRAUS 2003; ROMANG 2004), die die realen Schäden im Einzelfall erheblich unter- oder überschätzen. Auf ein größeres Gebiet bezogen (z.B. eine Talschaft) repräsentieren sie, bezogen auf ein Bemessungsereignis, den jeweiligen im Durchschnitt zu erwartenden Schaden. Die Ableitung von Schadenfunktionen für den Einzelfall ist jedoch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet (vgl. hierzu auch die Ausführungen in BARBOLINI et al. 2004).

Im Rahmen der Richtlinien für die Wirtschaftlichkeitsprüfung werden die in Tabelle 25 wiedergegebenen Parameter für die Verletzlichkeit vorgeschlagen (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT 2005:19). Diese Daten basieren auf der statistischen Auswertung von in Österreich aufgetretenen Ereignissen, in der internationalen Literatur sind teilweise andere Werte zu finden. Zusammenfassend ist die insgesamt eher hohe Schwankungsbreite diesbezüglicher Angaben auffallend, was auch mit der unter-

schiedlichen Prozessdefinition und -abgrenzung in den einzelnen Ländern zusammenhängt. Darüber hinaus ist dies auf die Berechnung des Schadenausmaßes über einen relativen Anteil am Gesamtwert des Raumelements zurückzuführen, da beispielsweise Baumaterialien und -techniken in unterschiedlichen Ländern unterschiedliche Standards aufweisen (vgl. die diesbezüglichen Diskussionen in GLADE 2003; OBERNDORFER et al. 2007). Hier ist noch weitergehender zukünftiger Forschungsbedarf gegeben (FUCHS and HEISS in prep.).

Schadensempfindlichkeit Gebäude						
Prozesse	Hochwasser		Geschiebe/Mure		Lawine	
Gefahrenzone	Gelb	Rot	Gelb	Rot	Gelb	Rot
Gebäudestruktur						
Wohngebäude, Nebengebäude	0,05	0,20	0,10	0,30	0,20	0,50
öffentliche Bauten, Gewerbe, Industrie, Fremdenverkehr	0,10	0,30	0,20	0,50	0,20	0,50

Schadensempfindlichkeit sonstige Schutzgüter						
Prozesse	Hochwasser		Geschiebe/Mure		Lawine	
Gefahrenzonen	Gelb	Rot	Gelb	Rot	Gelb	Rot
Verkehrswege						
Autobahn, Straßen, sonstige Wege	0,20	0,70	0,50	1,00	0,00	0,10
Eisenbahn	0,30	0,70	0,50	1,00	0,50	1,00
Brücken	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
PKW abgestellt	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	1,00
Versorgungseinrichtungen						
Freileitung inkl. Masten	0,20	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00
Leitung unter Terrain	0,10	0,20	0,10	0,20	0,00	0,00
Land- und Forstwirtschaft						
Ackerland	0,50	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00
Grünland	0,10	0,50	0,50	1,00	0,00	0,00
Sonderkulturen	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Wald	0,00	0,20	0,10	0,50	1,00	1,00

Tabelle 25: Schadensempfindlichkeit für Gebäude und sonstige Schutzgüter (aus BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT 2005:19)

7.3 Qualität der Erhebung

7.3.1 Standards der Grundlagenerhebung

Entsprechend den unter Kapitel 7.1 postulierten Prinzipien sollten, zusätzlich zu bzw. aufbauend auf den in der GZP-VO und den GZP-RL angeführten Bestimmungen, österreichweit einheitliche Standards in der Erhebung und Bewertung der Grundlagendaten eingeführt werden. Insbesondere für die Ermittlung des maßgeblichen Niederschlages ist ein österreichweit einheitliches Schema zur Auswertung der Daten wünschenswert. In diesem Zusammenhang ist eine Festlegung einer Mindestanzahl von zu berücksichtigenden Niederschlagsstationen mit vorgegebener Mindestaufzeichnungsdauer notwendig, i.A. mindestens acht Stationen, von denen wenigstens fünf eine Aufzeichnungsdauer von mehr als 60 Jahren aufweisen.

Zur Ermittlung von Ereignisniederschlägen sind mindestens zehn benachbarte Station, die von denselben Wetterlagen betroffen sind, hinsichtlich der aufgezeichneten Kurzniederschlagsereignisse auszuwerten.

Die sich daraus ergebenden Vorteile sind:

- Bundesweit einheitliche Qualität der Gefahrenzonenpläne,
- Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse,
- Verbesserte Vergleichbarkeit der Gefahrenzonenpläne,
- Schaffung einer Grundlage für bundesweit einheitliche Vergabekriterien.

Für wildbachbezogene Prozesse bietet sich z.B. die im Rahmen von ETAlp (2003) entwickelte Vorgehensweise (mittlere Ebene und Detailebene) an.

In weiterer Folge sind diese Standards auch auf die bestehenden Gefahrenzonenpläne im Zuge von deren Aktualisierung anzuwenden.

7.3.2 Datengrundlage

7.3.2.1 Mustereinzugsgebiete

Ein mittel- bis langfristiger Ansatz zur Erhöhung der Datengrundlage ist die Errichtung und laufende Betreuung von Mustereinzugsgebieten. Dies führt zu einer besseren Datenbasis und bietet die Möglichkeit, Modelle und Bewertungsansätze zu testen und zu vergleichen. Dieser Schritt entspricht somit dem Prinzip der Nachvollziehbarkeit und der Transparenz.

7.3.2.2 Abflussbestimmung

Basierend auf den im ForstG 2002 § 102 Abs. 5 angeführten Bestimmungen zur Aktualisierung der Gefahrenzonenpläne wird die Installation von permanenten Abflussmessungen in repräsentativen Einzugsgebieten im Zuge der Gefahrenzonenplanung angeregt. Mit den daraus gewonnenen Daten können die für bestehende Gefahrenzonenpläne getroffenen Annahmen überprüft werden. Zusätzlich erhöht sich der Erfahrungsschatz für künftige Arbeiten in anderen vergleichbaren Gebieten.

7.3.2.3 Eingangsparameter für Simulationen

Das Geschiebe stellt einen entscheidenden Faktor in der Gefahrenzonenplanung dar. Geschiebeanalysen durch Siebung und die Bestimmung der rheologischen Parameter mittels geeigneter Messinstrumente (Förderbandrheometer, Trommelrheometer) sind daher aus heutiger Sicht als Standard festzuschreiben. Im Idealfall sind die Parameter aus verschiedenen Untersuchungsmethoden und -anlagen einander gegenüber zu stellen.

Eine weitere Verbesserung der Datengrundlage, insbesondere für computergestützte Simulationen ist in der Durchführung von Modellversuchen zu sehen. Das Nachbilden vergangener Ereignisse dient dabei der Überprüfung von Grundlagen aus der Kartierung. Die Gewässerreaktion auf unterschiedliche Szenarien kann direkt aus der Modellierung besser abgeschätzt werden. Die Wirksamkeit geplanter Verbauungsmaßnahmen, v.a. im Hinblick auf die Geschiebeproblematik, kann besser beurteilt werden.

Die Erstellung eines Anforderungskatalogs sowohl für die Probennahme als auch für die Analyse wird empfohlen. Die Schaffung eines Zertifikates für Wildbach- und/oder Lawinenlabors bzw. eines Pools anerkannter Labors für Geschiebeanalysen und Modellversuche garantiert in diesem Zusammenhang einheitliche und vergleichbare Daten unabhängig von der durchführenden Stelle.

7.3.2.4 Ereignisdokumentation

Durch den Aufbau einer einheitlichen Ereignisdokumentation, die auf die Bedürfnisse der Gefahrenzonenplanung zugeschnitten ist, kann die Datengrundlage ebenfalls entscheidend verbessert werden. In diesem Zusammenhang sei auf die Projekte DOMODIS (HÜBL et al., 2002) und DIS-ALP (dzt. in Bearbeitung) verwiesen, vor

allem in der Schweiz existieren derartige Ansätze schon und werden operationell angewandt (z.B. online verfügbare StorMe-Datenbank[37]).

7.3.3 Gefahrenkarte

Es wird angeregt, die Gefahrenkarte im Sinne einer Prozessanalysekarte aufzuwerten. Eine Übernahme der Symbole des „abstrahierten Gerinnesystem“ (ETAlp, 2003) wird empfohlen.

Die Darstellung von Restrisikoflächen in der Gefahrenkarte stellt eine weitere Aufwertung der Gefahrenkarte dar[38]. Hierbei muss allerdings Einigkeit darüber bestehen, ob unter dem Begriff Restrisiko der Überlastfall, oder der Versagensfall verstanden wird. Insbesondere kann durch eine solche Maßnahme, bei einem gleichzeitig erleichterten Zugang der Betroffenen zur Gefahrenkarte (Kapitel 7.5.2), das Risikobewusstsein in der Bevölkerung erhöht werden. Unter die im Sinne des Restrisikos potentiell gefährdeten Flächen fallen etwa die Ausschüttungsbereiche von Wildbächen bzw. die Ablagerungsbereiche von Lawinen entsprechend ForstG 1975 § 99 Abs. 3 und 4. Auch eine Ausweisung der Überschwemmungsbereiche für das $h_{N,\ Rekord}$ (LORENZ & SKODA, 2001) als Restrisikofläche ist denkbar. Diese Art der Ausweisung von Restrisikoflächen führt naturgemäß zu sehr großzügigen Gefährdungsbereichen. Eine Reduktion ist in jenen Fällen denkbar, wo zwingende Gründe gegen eine mögliche Gefährdung vorliegen (Abschottung durch Bahn- oder Straßendämme, tief eingeschnittene Gerinne am Schwemmkegel, etc.). Der Ausschluss solcher auch für den fachlich nicht versierten Betrachter ungefährdeten Bereiche kann wiederum die Akzeptanz in der betroffenen Bevölkerung erhöhen.

7.3.4 Szenarienauswahl

Entsprechend dem Prinzip der Nachvollziehbarkeit und Transparenz wird empfohlen, auch angedachte Szenarien, die nicht in die Bewertung einfließen, zu dokumentieren. Eine Schätzung der Eintretenswahrscheinlichkeit sowie eine Begründung für das Außerachtlassen sind festzuhalten.

Als Hilfsmittel bietet sich eine Szenarienkarte an. Für jedes Szenario ist die Gefahrenquelle bzw. das Gefahrenmoment (z.B. Verklausung) sowie der vermutete Beein-

---

[37] Vgl. http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/wald/vollzug_waldgesetz/naturgefahren /erhebungen/index.html

[38] Hierzu benötigt es per Definition Informationen zum Schadenpotential, vgl. Punkt 7.2 sowie Abschnitt 8 (Risikokonzept)

flussungsbereich (z.B. geschätzter Überschwemmungsbereich bei Ausbruch) auf Basis einer Schätzung abzugrenzen. Die Karte bezieht sich auf den raumrelevanten Bereich. Gefahrenmomente, die außerhalb liegen, werden im Textteil näher beschrieben bzw. in Stichworten am Kartenblatt vermerkt. Da die angegebenen Bereiche Schätzungen darstellen, ist ein Maßstab von etwa 1:10.000 ausreichend. Eine Darstellung in der Gefahrenkarte ist als Alternative denkbar, jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht immer sinnvoll.

Um die Darstellung übersichtlich zu gestalten wird empfohlen, für jedes Szenario eine Farbsignatur zu verwenden. Die Unterscheidung zwischen in der Bewertung verwendeten und den angedachten Szenarien wird zweckmäßigerweise über die Linienart erfolgen (durchgezogen bzw. gerissen).

7.4 Bewertung der Prozesse

7.4.1 Bemessungsereignis

Für die WLV ist das Bemessungsereignis laut GZP-VO mit etwa 150 Jahren anzusetzen. Für den im raumrelevanten Bereich wirksamen Prozess (Abfluss) ist auf Grund der Datenlage keine Frequenzanalyse möglich (siehe Kapitel 6.2.2). Eine Bestimmung der Jährlichkeit ist derzeit nur für den Niederschlag möglich (vgl. Kapitel 6.2.1). Das 150-jährliche Niederschlagsereignis wird daher auch in Zukunft die Grundlage für die Gefahrenzonenplanung, bezogen auf Wildbachprozesse, darstellen. Die Herleitung basiert auf dem historisch-statistischen Ansatz. Die diesem Wert anhaftenden Fehler und Unsicherheiten sind in Kapitel 6.1 beschrieben. Dem Prinzip der Nachvollziehbarkeit und der Transparenz folgend sollte eine fundierte Begründung dieses Wertes daher auch Angaben über die Variabilität bzw. die Unsicherheit des Bemessungsereignisses enthalten. Ein Lösungsansatz ist in diesem Zusammenhang in der Berücksichtigung der Niederschlagsdaten benachbarter Einzugsgebiete zu suchen. Dies gilt insbesondere für in angrenzenden Gebieten aufgezeichnete Starkregenereignisse.

Wie eingangs beschrieben, werden extreme und daher gefahrenzonenrelevante Abflussereignisse in erster Linie durch Niederschläge kurzer Dauer ausgelöst, andererseits existieren für die statistische Auswertung benötigte, ausreichend lange Zeitreihen nur für Tagesmaxima. Für das zukünftige Vorgehen zur Ableitung von Bemessungsereignissen sind zwei Ansätze denkbar:

1. Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit die Auswertung für eine Jährlichkeit von 100 Jahren wie sie LORENZ & SKODA (2001) durchgeführt haben, auch für 150 Jahre durchzuführen (LORENZ mündl., 2004).
2. Die Umrechnung der Werte von LORENZ & SKODA (2001) und Entwicklung von Anpassungsfaktoren zur Berücksichtigung von Einzugsgebietsfaktoren.

Die Berechnung mittels Anpassungsfaktoren kann beispielsweise wie folgt durchgeführt werden:

$$h_{N,150} = h_N(D, T = 100) \cdot SF \tag{5}$$

Bemessungsniederschlag für T = 150 Jahre

$$SF = SF_{150} + SF_G + SF_N$$

Sicherheitsfaktor für T = 150 Jahre

Der Sicherheitsfaktor SF setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

- SF_{150}: Umrechnungsfaktor von 100-jährigen Niederschlag auf den 150-jährigen Niederschlag (nach LORENZ & SKODA, 2001)

$$SF_{150} = \frac{\ln 150}{4{,}6} \tag{7}$$

Umrechnungsfaktor für T = 150 Jahre nach SKODA et al.(2003)

- SF_G: Berücksichtigt zusätzliche Gefahrenmomente (Verklausung, seitl. Geschiebeeintrag mit temporären Aufstau, Murfähigkeit, etc.)
- SF_N: Berücksichtigt höhere/verminderte Genauigkeit der Auswertung in Abhängigkeit der ausgewerteten Messstellen im bzw. um das EZG
- SF_{ZR}: Berücksichtigt die Unsicherheit bei der Modellierung der Werte nach LORENZ & SKODA (2001). Als Basis kann in einer ersten Näherung das Verhältnis einer für die relevanten Messstationen abgeleiteten, durchschnittlichen Zeitreihenlänge zum Modellzeitraum (100 Jahre) verwendet werden.

Falls erforderlich können weiter Sicherheitsteilfaktoren entwickelt werden.

Grundsätzlich ist bei beiden vorgestellten Methoden zu beachten, dass die Haupteingangsgrößen die Werte nach LORENZ & SKODA (2001) sind. Diese sind an sich

bereits abgeleitete und daher fehlerbehaftete Größen nach GUTKNECHT (1978). Das Prinzip der Nachvollziehbarkeit legt Untersuchungen zur Bestimmung der Unschärfe sowohl des Verfahrens nach LORENZ & SKODA (2001) als auch der vorgeschlagenen Erweiterungen nahe.

Die Anpassungsfaktoren der zweiten Methode basieren zudem mangels entsprechend langer Zeitreihen für Kurzniederschläge auf den Zeitreihen für Tagesmaxima. Dabei wird unterstellt, dass der Quotient aus Tagesmaxima unterschiedlicher Jährlichkeit gleich ist dem Quotient der Kurzniederschläge derselben Jährlichkeit. Es ist daher zu untersuchen, inwieweit eine Kombination aus Sicherheitsfaktoren basierend auf unterschiedlichen Datensätzen zulässig ist.

7.4.2 Bemessungsgröße

Die Ableitung der Bemessungsgröße aus dem Bemessungsereignis basiert in Anlehnung an ETAlp (2003) auf der numerisch-physikalischen Methode. Die Bestimmung des Prozesstyps erfolgt unter Anwendung des morphologischen Ansatzes, mit dessen Hilfe auch die Plausibilität der Ergebnisse abgeschätzt werden kann.

Als Ansatzpunkt für die Lösung der im Kapitel 6.4 beschriebenen Probleme infolge der Eigenschaften des Systems „Wildbach“ bietet sich die Entwicklung und Bewertung von Szenarien an. Dabei werden unterschiedliche Reaktionen des Gewässers (Geschiebetransport und -ablagerung, Mure, Verklausungen, einseitige Ausbrüche, etc.) einzeln und in denkbaren Kombinationen berücksichtigt. Diese müssen, dem Prinzip der Nachvollziehbarkeit folgend, ausreichend begründet werden.

Im Gefahrenzonenplan wird gemäß GZP-VO die Summenlinie der Szenarien als letztlich gültige Gefahrenzone abgegrenzt.

7.4.3 Zonenabgrenzung für weitere Naturgefahren

7.4.3.1 Massenbewegungen

Um die Nachvollziehbarkeit der Gefahrenzonenausweisung für unterschiedliche Arten von Massenbewegungen zu gewährleisten, sollten die maximal zulässigen Beanspruchungen im Falle des Bemessungsereignisses diskutiert werden.

Die potentiell gefährliche Wirkung von Massenbewegungen auf Gebäude ist die Druckwirkung. Vom Standpunkt der Bestandessicherheit wäre daher eine Angleichung der zulässigen Beanspruchung für alle Massenbewegungen vorzunehmen. Dementsprechend wäre der aktuell zulässige Lawinendruck von $p = 10\ kN/m^2$ bzw. $p = 1\ kN/m^2$ auf $p = 30\ kN/m^2$ bzw. $p = 3\ kN/m^2$ zu erhöhen (vgl. Abbildung 3).

Untersuchungen von HÜBL & KRAUS (2003) zeigen, dass der Großteil der Schadsummen in Folge von Wildbachereignissen durch eine Unzahl kleiner und häufiger Ereignisse entsteht. Die Schäden treten in erster Linie innerhalb von Gebäuden auf. Die Bausubstanz selbst dürfte gegenüber Hochwasser eher stabil sein, da selbst bei großen (~ 100-jährlichen) Ereignissen in der roten Zone kaum Zerstörungen auftreten. Die größten Schadenssummen in Folge von Lawinenereignissen treten im Gegensatz dazu bei seltenen Lawinen auf. Dabei führt die Zerstörung von Gebäuden zu den angesprochenen hohen Schadsummen. Die Wirkung häufiger Ereignisse tritt v.a. außerhalb von Gebäuden auf. Diese Untersuchungen führen zu der Annahme, dass die Bestandessicherheit bei gleichen Schadensausmaß im materiellen Sinne je nach Art der Massenbewegung unterschiedlich ist. Eine mögliche Ursache wird in der unterschiedlichen Wirkhöhe des rechnerischen Druckes vermutet. Weitere Untersuchungen über die tatsächliche Belastbarkeit von Gebäuden werden empfohlen (Anmerkung: eine Telefonumfrage bei Abbruchunternehmen führte diesbezüglich zu keinen neuen Ergebnissen, da üblicherweise keine Berechnungen der erforderlichen Kräfte durchgeführt wird).

Ausgehend von der Gefährdung des Menschen können bereits Drücke unter 30 kN/m^2 zur Ausweisung einer roten Zone führen. Die eine Lawine begleitende Druckwelle kann unter Umständen den Innendruck eines Gebäudes im Wirkungsbereich der Lawine in einem für den Menschen gefährlichen Ausmaß erhöhen. Eine Zerstörung des betroffenen Gebäudes muss dabei nicht zwingend stattfinden.

7.4.3.2 Steinschlag

Gespräche im Zuge des ROCKFOR-Projektes haben ergeben, dass der Aufwand für die Beurteilung von Steinschlägen im Rahmen der Tätigkeit der WLV in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Es ist aber zurzeit noch keine Aussage darüber möglich, ob der Prozess real öfter auftritt oder die Sensibilität der Bevölkerung gestiegen ist. In jedem Fall sollte für diesen Prozess im Rahmen der Gefahrenzonenplanung der nächste Schritt gemacht werden: die Bewertung der betroffenen Bereiche im Gefahrenzonenplan als rote und gelbe Zone statt, wie bisher, als Hinweisbereich.

7.5 Kommunikation

Kommunikation stellt im Rahmen der Tätigkeiten der WLV einen entscheidenden Faktor dar, da die Mitarbeitenden in den Dienststellen – auch im Zuge der GZP-Erstellung – mit unterschiedlichen Akteuren anderer Verwaltungseinheiten von Bund und Ländern sowie Betroffenen Kontakt haben.

Im Bereich der (Risiko-)Kommunikation weicht naturgemäß die Innensicht von Organisationen deutlich von der Außensicht ab. Die Innensicht von im Natugrgefahrenbereich tätigen Organisationen ist typischerweise geprägt von einer bereits umgesetzten aktiven Kommunikation mit Betroffenen (Bürgern und Gemeinden) sowie der Öffentlichkeit und den Medien. In der Außensicht wird die Organisation dagegen in ihren Kommunikationsstrategien als eher passiv beurteilt[39]. Dies scheint sich vor allem auf eine unterschiedliche Definitionen der primären Zielgruppe der Tätigkeiten zurückführen zu lassen. Im Falle der WLV sind die primären Kunden die Gemeinden, aus der Außensicht wären die primären Kunden jedoch die Betroffenen (Bürger *und* Gemeinden). In direktem Zusammenhang damit steht die Definition der Dienstleistung der WLV. Auf der Ebene einer präventiven Arbeit wird die Hauptaufgabe der WLV in der (fachlichen) Beratung anderer Behörden und Verwaltungseinheiten des Bundes und der Länder gesehen.

Risikokommunikation unterscheidet sich in zentralen Punkten von Öffentlichkeitsarbeit, obwohl eine gute Öffentlichkeitsarbeit Grundlage professioneller Risikokommunikation sein kann. Hier sollte innerhalb der WLV ein definitorischer Abstimmungsprozess in Gang gesetzt werden, um die Begrifflichkeiten nicht zu vermischen.

Risikokommunikation ist mehr als nur Information (der Betroffenen). Risikokommunikation umfasst alle Kommunikation, die der Identifikation, Abschätzung, Bewertung und dem Management von Risiken dient.

Ein wichtiger Punkt der Risikokommunikation ist die Wahl einer geeigneten Sprache, um Inhalte zielgerichtet zu transportieren. Risikokommunikation hat zum Ziel, allen betroffenen Akteuren ein transparentes Bild der Risiken zu vermitteln, sie in die Risikobewertung einzubeziehen und ihre Auffassungen beim Risikomanagement mit zu berücksichtigen. Kommunikation ist letztlich der Einbezug Anderer bei der Entscheidungsfindung.

[39] Vgl. unveröffentlichter Abschlußbericht „Workshop Risikokommunikation“, Zukunftswerkstatt die.wildbach, 25./26. November 2004, Alpinarium Galtür

Aus fachlicher Sicht kommt dabei der WLV die Rolle des Experten zu, der Nicht-Experten objektiv und umfassend über mögliche Handlungsalternativen beraten sollte. Dabei soll das fachliche Wissen der WLV allerdings nicht in Frage gestellt werden. Zukünftig wäre allerdings zu überlegen, inwieweit es (auch) für die Außenwirkung der WLV sinnvoll wäre, gemeinsam mit anderen Akteuren des Naturgefahrenbereiches aufzutreten. Dies hängt zusammen mit einer genauen und zeitgemäßen Definition der Kernkompetenz der WLV, die möglicherweise vom (inneren) bisherigen Selbstbild der WLV abweicht.

Professionelle Kommunikation setzt auf der Seite des Empfängers eine gewisse Bereitschaft voraus, sich mit Informationen, Informations- und Kommunikationsangeboten der WLV auseinanderzusetzen. Hierbei sollte allerdings nicht davon ausgegangen werden, dass die Betroffenen unmündig sind. Oftmals ist mangelnde Akzeptanz für (unpopuläre) Maßnahmen lediglich das Ergebnis mangelnder Kommunikation. Entscheidungsträger, Fachleute und alle anderen interessierten/betroffenen Parteien sind gleichermaßen als Empfänger und Erzeuger an der Risikokommunikation beteiligt.

Risikokommunikation ist aus sachlicher Sicht immer dann besonders schwierig, wenn die Beteiligten von unterschiedlichen Risikokonzepten und -perspektiven ausgehen. Die WLV sollte beachten, dass Experten und Laien Informationen unterschiedlich auffassen. Wissenschaftliche Risikoeinschätzungen basieren im Wesentlichen auf dem zu erwartenden Schaden, d.h. auf einer mehr oder weniger ausdifferenzierten Version des aus der Versicherungsmathematik entlehnten Risikokonzepts (Risiko = Schaden x Wahrscheinlichkeit). Laien nutzen demgegenüber einen zugleich einfacheren und umfangreicheren Risikobegriff, bei dem die beiden Aspekte „Schaden“ und „Eintretenswahrscheinlichkeit“ zwar auch eine Rolle spielen, aber noch weitere Beurteilungsmerkmale hinzukommen, wie zum Beispiel das Wissen über den Schadenverursacher oder die Freiwilligkeit des Risikos.

Aus organisatorischer Sicht sind Mängel in der Risikokommunikation in Ressourcenmängeln (Zeit, Finanzen, Personal) begründet, sowie aus mangelnden Absprachen zwischen Behörden sowie zwischen Experten verschiedener Disziplinen. Hier sollte WLV-intern versucht werden, über eine veränderte Organisationskultur Ressourcen freizusetzen. So wäre es beispielsweise denkbar, bestimme Handlungsabläufe derart zu verändern, dass diese bei gleicher Qualität der Ergebnisse weniger

Zeit in Anspruch nehmen, und somit diese Zeit für den Themenbereich der Risikokommunikation zur Verfügung steht.

Differenzen über Risiken sind in einer modernen Gesellschaft unvermeidbar. Ein gesellschaftlicher Konsens ist zwar anzustreben, kann aber nicht immer erreicht werden. Die Vorstellung, dass alle Risikobewertungen in einen Konsens münden, ist ebenso unrealistisch wie die Idee des Null-Risikos. Ob die Differenzen über Risikobewertungen zu (öffentlichen) Kontroversen führen, hängt wesentlich von der Art und Weise der Kommunikation ab. Aus diesem Grund kommt der Risikokommunikation eine Schlüsselstellung im gesamten integralen Risikomanagement zu.

Allgemein formuliert, sollten folgende Abläufe bei der Diskussion einer veränderten Risikokommunikations-Kultur der WLV abgearbeitet werden: (1) Die Definition der Kernkompetenz der WLV, (2) die Festlegung der strategischen Ziele für einen definierten Zeitraum, (3) die Planung der hierfür notwendigen Maßnahmen, (4) die Klärung der Verantwortlichkeiten für diese Maßnahmen, (5) die Setzung von Anreizen für die Umsetzung dieser Maßnahmen, und (6) die Schaffung von Evaluationsphasen und Berücksichtigung von Lernperspektiven unter dem Stichwort der Nachhaltigkeit.

7.5.1 Zwischen beteiligten Dienststellen

Konkret wird eine Informationspflicht der Baubehörde gegenüber den mit der Gefahrenzonenplanung befassten Dienststellen angeregt.

In diesem Zusammenhang ist auch die Möglichkeit in Betracht zu ziehen, im Falle von geplanten Objektschutzmaßnahmen eine Stellungnahme der entsprechenden Dienststelle vorzuschreiben. Diese sollte die geplante Maßnahme sowohl hinsichtlich des zu schützenden Objektes bewerten als auch die Auswirkungen auf die Unterlieger untersuchen.

7.5.2 Mit Betroffenen

Derzeit besteht für die WLV die Pflicht, genehmigte GZP in den Dienstellen aufzulegen und an betroffene Gebietskörperschaften und Bezirksbehörden weiterzuleiten (ForstG 1975 § 11 Abs. 8). Für die BWV findet sich eine vergleichbare Bestimmung in RIWA-T Kap. 8.6. Eine Erhöhung des Risikobewusstseins und der Akzeptanz in der betroffenen Bevölkerung kann durch die Umsetzung folgender Aktivitäten erreicht werden:

- Veröffentlichung im Gemeindeblatt bzw.
- Anschlag am schwarzen Brett, danach das

- Abhalten einer Informationsveranstaltung unter Teilnahme aller betroffenen Behörden und Dienststellen, sowie der
- Aufbau einer Internetplattform über die potentielle Gefährdung zumindest auf Basis der Gefahrenkarte

Der zusätzliche Aufwand bei den ersten beiden Punkten ist eher gering und über die Festlegung des Inhaltes der Veröffentlichungen gut steuerbar.

Bei Abhaltung einer öffentlichen Veranstaltung entsteht für alle befassten Behörden ein z.T. erheblicher Mehraufwand (Informationsaufbereitung, Personalbereitstellung, etc.). Im Zuge einer solchen Veranstaltung würde die Bringschuld der Behörden in eine Holschuld der Betroffenen übergehen.

Die Einrichtung einer Internetplattform andererseits würde den Behörden bzw. der für die Plattform zuständige Organisation eine dauerhafte Bringschuld auferlegen. Im Zusammenspiel mit einer professionellen und pro-aktiven Öffentlichkeits- und Medienarbeit kann somit ein entsprechendes Vertrauensverhältnis geschaffen werden, welches aus der Außensicht als Erfüllung dieser Bringschuld angesehen würde. Der Großteil des anfallenden Aufwandes ist dabei in der Einbindung bestehender und neuer Gefahrenzonenpläne zu erwarten. Der laufende Betreuungsaufwand wäre aufGrund der Art der dargebotenen Daten eher gering.

7.6 Angabe der Unschärfen

Obwohl die mit raumplanerischen Aktivitäten befassten Verwaltungseinheiten für die Abgrenzung von Gefahrenzonen eine Linieninformation benötigen, sollte diskutiert werden, inwieweit Unschärfen in die Darstellung mit einbezogen werden könnten. Konzeptionelle Studien von FUCHS et al. (2004, 2005) lassen darauf schließen, dass bei seltenen Ereignissen mit einer Jährlichkeit > 100 die möglichen auftretenden Schwankungen der Auslaufgebiete gravitativer Prozesse erheblich sind, und das davon betroffene Schadenpotential um den Faktor 2 schwankt. Auf Grund der Variabilität natürlicher Prozesse und der damit verbundenen oben dargelegten Probleme bei der statistischen Ableitung von Bemessungsereignissen, könnte im Anschluss an eine gelbe Zone ein Hinweisbereich eingeführt werden. Dieser Hinweisbereich soll die Verantwortlichen in den Gemeinden, aber auch die Raumplanung klar kommunizieren, dass es eine absolute Sicherheit vor Naturgefahren nicht geben kann, und aus diesem Grund gewisse Nutzungsempfehlungen ausgesprochen werden.

8 Exkurs: Risikokonzept

Zeitgemäßes Naturgefahrenmanagement beinhaltet den Einbezug von Elementen des Naturraums und des Kulturraums. Potentiell gefährliche Prozesse dürfen nicht isoliert betrachtet werden sondern unter Berücksichtigung des exponierten Schadenpotentials. Diese Erweiterung des Ansatzes zum Umgang mit Naturgefahren führt direkt zum Risikokonzept. Risiko, mathematisch definiert als Funktion von Eintretenswahrscheinlichkeit eines Prozesses und dem korrespondierenden Schadenausmaß, stellt damit die Quantifizierung der Gefahr dar, vgl. Formel (8) und FUCHS et al. (2004). Ist Gefahr quantifizierbar, können verschiedene Gefahren miteinander verglichen werden, und es werden die Voraussetzungen für weiter gehende Betrachtungen beispielsweise ökonomischer oder auch juridischer Natur geschaffen. Die Grundidee des Risikokonzeptes liegt in der vorausschauenden Perspektive, die es erlaubt, *ex ante* Auswirkungen potentiell natürlicher Prozesse abzuschätzen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

$$R_{i,j} = f\left(p_{Si}, A_{Oj}, p_{Oj,Si}, v_{Oj,Si}\right)$$

$R_{i,j}$	=	Risiko in Abhängigkeit von Szenario i und Objekt j
p_{Si}	=	Eintretenswahrscheinlichkeit von Szenario i
A_{Oj}	=	Wert von Objekt j
$p_{Oj,Si}$	=	Präsenzwahrscheinlichkeit von Objekt j ggüb. Szenario i
$v_{Oj,Si}$	=	Verletzlichkeit von Objekt j in Abhängigkeit von Szenario i

Eine moderne integrative Risikobetrachtung verläuft im Wesentlichen in drei Arbeitsschritten. Sie umfasst die Analyse, die Bewertung und das Management eines möglichen Schadens (vgl. Abbildung 8). „Inhaltlich sind Risikoanalysen naturwissenschaftlich-technische Abklärungen. Sie geben (...) Auskunft über die Größe der von einer bestimmten Ursache zu erwartenden Beeinträchtigung, sagen aber nichts über deren praktischen Relevanz aus. Die Beurteilung der soziopolitischen Bedeutung von Risiken ist die Aufgabe der Risikobewertung. Den Umgang mit einer bestehenden Risikosituation regelt das Risikomanagement“ (HEINIMANN et al. 1998:10).

Diese Dreiteilung erfordert die Zusammenarbeit mehrerer Fachrichtungen, da sie einerseits naturwissenschaftliche, technische und wirtschaftliche, anderseits psychologische, soziologische, ethische sowie rechtliche Aspekte einschließt. Charakteristisch für die moderne Sicherheitswissenschaft sind interdisziplinäre Problemstellun-

gen, die sowohl einen engen Bezug zu den Grundlagenwissenschaften als auch die fachübergreifende Ausrichtung auf angewandte Fragestellungen vereinen.

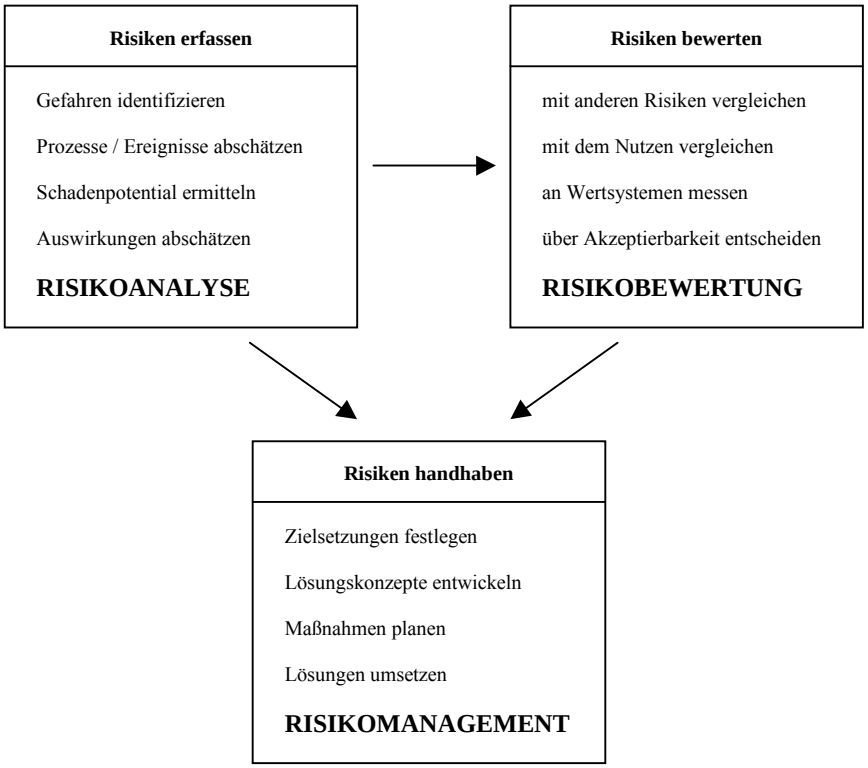


Abbildung 28: Übersicht über das Schema einer Risikobetrachtung für Naturgefahren. Quelle: HEINIMANN 1998:11, verändert

Sich aus Naturgefahren ergebende Risiken können auf verschiedenen Ebenen untersucht werden. Der Begriff des Objektrisikos bezeichnet die Größe eines Risikos für ein definiertes Objekt. Das Objekt ist unter diesem Aspekt die kleinste untersuchte Einheit einer Risikobetrachtung (beispielsweise ein Gebäude oder ein gefährdeter Abschnitt einer Verkehrsachse). Das Individualrisiko wird vom Objektrisiko und der Anzahl der sich in diesem Objekt aufhaltenden Personen abgeleitet. Das Kollektivrisiko beschreibt die zu erwartenden Gesamtschäden eines Risikos für die Gesellschaft oder Teile der Gesellschaft mit Hilfe der Summe aller Objektrisiken innerhalb einer kollektiven Einheit.

8.1 Risikoanalyse

Gefährliche Prozesse können physikalisch, chemisch oder biologisch auf Wertobjekte einwirken. Die daraus resultierenden Beanspruchungen führen bei genügender Verletzlichkeit der Wertobjekte zu Schäden. Zu erwartende Schäden werden mit Hilfe

der Risikoanalyse bestimmt. Die Risikoanalyse identifiziert mit wissenschaftlichen Methoden möglichst realitätsgetreu die Eintretenswahrscheinlichkeiten konkreter Schadenfälle oder die Wahrscheinlichkeitsfunktionen von Schadenausmaßen auf der Basis von Beobachtung, Modellierung oder Szenarienbildung qualitativ und soweit möglich quantitativ. Sie beantwortet die Frage „Was kann passieren?“.

Risikoanalysen sind durch folgende Eigenschaften charakterisierbar (nach HOLLENSTEIN 1997):

- Sie beschreiben Systeme und deren Verhalten, wobei anstelle von einfachen Kausalitäten Ursachen und Wirkungen in Hinblick auf ein Untersuchungsobjekt betrachtet werden.
- Es wird mit naturwissenschaftlichen und mathematischen Methoden gearbeitet. Darin können subjektive Einschätzungen (beispielsweise für einen Parameterwert), nicht aber subjektive Wertungen (beispielsweise bezüglich der Zulässigkeit eines Zustands) enthalten sein.
- Das Ergebnis einer Risikoanalyse sind Aussagen über Wahrscheinlichkeit oder Häufigkeit sowie Ausmaß oder Intensität eines potentiell gefährlichen Prozesses. Die Verknüpfung von Wahrscheinlichkeit und Ausmaß lässt Aussagen über die Bedeutung einzelner Risiken unabhängig von Einzelereignissen zu.

Zentraler Aspekt von Risikoanalysen im Kontext mit einem sicherheitswissenschaftlichen Konzept sind Angaben zu Häufigkeit und Intensität. „Ein Ereignis ist umso kritischer, je häufiger es eintritt und je größer die damit verbundenen negativen Konsequenzen sind“ (HEINIMANN et al. 1998:12). Die Verknüpfung beider Faktoren stellt das Risiko dar.

Bei der Risikoanalyse von Naturgefahren ist zu berücksichtigen, dass es sich um natürliche Prozesse handelt, die erst in der Überschneidung mit anthropogenen Interessenssphären zur Gefahr werden, sie stellen demnach äußere Rahmenbedingungen für die Umwelt des Menschen dar. Nach HOLLENSTEIN (1997) unterscheiden sie sich deshalb in folgenden Punkten von technischen Gefahren:

- Naturgefahren sind kontinuierlich vorhandene Prozesse, bei denen nur Intensität oder Ausmaß außergewöhnlich sind. Aus diesem Grund ist es oft schwierig, sie einzugrenzen.
- Die gefährlichen Prozesse sind fast ausnahmslos das Produkt einer zeitlichen und räumlichen Entwicklung. Oft ist es zwar möglich, die Entwicklung an be-

stimmten Stellen zu überwachen (beispielsweise in Form von Abflussmessungen), eine direkte Kontrolle der Ursachen *in situ* und damit eventuell eine Steuerung der Prozesse ist jedoch selten realisierbar.

- In technischen Anlagen können Gefahren lokalisiert und mit Hilfe der Emissionssichtweise beschrieben werden. Naturgefahrenprozesse sind in der Regel auf von außen wirkende flächige Phänomene (beispielsweise lokale Starkregenereignisse) zurückzuführen. Die erforderliche Methodik benötigt die Immissionssichtweise, da untersucht wird, welche Einwirkungen von außen auf ein bestimmtes Raumelement wirken.
- Die primär mechanische Einwirkung natürlicher Prozesse scheint zwar vordergründig einfach erklärbar, die Folgen langfristiger oder dynamischer Belastungen sind aber für die meisten Wertobjekte bisher nur ungenügend untersucht.
- Da jedes Raumelement einzigartig ist, ist die Ähnlichkeit als Grundlage für die Anwendung von Analogieschlüssen bei Untersuchungsobjekten von Risikoanalysen im Naturgefahrenbereich nur beschränkt gegeben.

Diese Besonderheiten haben dazu beigetragen, dass Naturgefahren nur selten Gegenstand sicherheitswissenschaftlicher Betrachtungen waren. Durch die zunehmende Inwertsetzung der Hochgebirgsräume durch den Menschen und die immer knapper werdenden Mittel der öffentlichen Hand für Schutzmaßnahmen werden Risikoanalysen für Naturgefahrenprozesse vermehrt notwendig, um auch aus volkswirtschaftlicher Sicht einen optimierten Weg einzuschlagen.

8.2 Risikobewertung

Die Risikobewertung beurteilt die Bedeutung wahrgenommener Risiken anhand von Werten und Wertpräferenzen. Dabei wird die Frage „Was darf passieren?“ beantwortet. Für die Bewertung ist es nicht relevant, ob es sich um reale oder fiktive Risiken handelt.

Abweichend von der wissenschaftlichen Definition wird die Bewertung des Risikos im Rahmen des kulturspezifischen Risikoverständnisses unterschiedlich ausfallen, da sie in hohem Maße an die verfügbare Information und die jeweilige Risikowahrnehmung der Bevölkerung gekoppelt ist.

Risikowahrnehmung kann allgemein definiert werden als „zielgerichtet strukturierter und methodisch orientierter, (...) bewußt organisierter und reflektierter (...) Prozeß

des Erkennens und Begreifens von Risiken, (...) [einschließlich dem Erfassen] von möglichen Schadens- und Gefahrendimensionen, von Ursache-Wirkungs- bzw. Ursache-Folgen-Beziehungen (...) [und von] Gefährdungspotential“ (BANSE & BECHMANN 1998:11). Nach MILETI (1975) schließt die Wahrnehmung Vorstellungen über Eintrittswahrscheinlichkeit, Reichweite, Dauer, Intensität eines Prozesses, ursächliche Mechanismen und Vorhersagbarkeit eines Ereignisses sowie Informationen über mögliche dazugehörende Gegenmaßnahmen ein. Qualität und Inhalt dieser Informationen ändern die individuelle Wahrnehmung, da die Adressaten verschiedene Aussagen unterschiedlich filtern und verarbeiten. Risikowahrnehmung beruht somit auf persönlichen Erfahrungen, vermittelten Informationen (beispielsweise durch die Medien) und intuitiven Einschätzungen, die sich im Verlaufe der biologischen und kulturellen Evolution herausgebildet haben.

Vor allem die empirische Forschung zeigt, dass die Bereitschaft, sich auf Risiken einzulassen, davon abhängt, wie sehr das Individuum damit rechnet, kritische Situationen noch kontrollieren bzw. im Schadensfall durch externe Hilfen, wie Versicherungen und dergleichen, decken zu können. Dabei wird in der Regel die eigene Kompetenz überschätzt und die anderer unterschätzt, was zu einem Maß der Risikobereitschaft führt, das anderen Individuen gefährlich erscheint. Der Entscheidungsträger hat dabei die Möglichkeit, sich auf seine Sachkenntnis bzw. die Kenntnis von Experten zu verlassen, während der Betroffene sich auf den Glauben stützt, dass andere die Situation beherrschen werden. Danach veränderte sich die Risikowahrnehmung der Bevölkerung im Alpenraum innerhalb von ein bis zwei Generationen markant. Wachsende Gestaltungsmöglichkeiten der eigenen Lebensvoraussetzungen, eine innovationsbedingt abnehmende Vorhersagbarkeit der Zukunft, ein zunehmender Verlust von eigenem Erfahrungswissen oder wachsende Information über Ereignisse, die immer weniger beeinflusst werden können, sind Hauptgründe für den gesellschaftlichen Wandel im Umgang mit dem Risiko.

Werden Fragen zur Bewertung von Risiken über einen politischen Prozess definiert, tritt an Stelle der individuellen Risikoakzeptanz die Risikoakzeptabilität. Hierbei wird die Sicherheit vor Naturrisiken als gesellschaftliche Aufgabe gesehen und mittels Umverteilung von Ressourcen kollektiv realisiert.

Folgende konzeptionelle Fragen stehen nach HOLLENSTEIN (1997) bei der Risikobewertung im Vordergrund:

- Wie wird das Risiko eines Zustands oder Vorgangs wahrgenommen und im Vergleich zum Nutzen bewertet?
- Lassen sich normative Sicherheitsziele aus der Akzeptanz bestimmter Risiken ableiten?
- Wie stark ist die Risikobewertung beeinflussbar und welche Mittel sind dazu geeignet? Diese Frage leitet über zum dritten Teil einer umfassenden Risikobetrachtung, dem Risikomanagement.

8.3 Risikomanagement

Das Risikomanagement verbindet die Resultate der Risikoanalyse mit den Vorgaben der Risikobewertung. Durch das Risikomanagement werden Zielsetzungen, Handlungsbedarf und Maßnahmen zur Risikoreduktion und -regulierung gesteuert.
Beim Vergleich bestehender Risiken mit akzeptierten oder akzeptablen sind teilweise Sicherheitsdefizite zu erwarten. Traditioneller Lösungsansatz zur Deckung dieser Defizite ist die Entwicklung eines Projekts mit baulichen Maßnahmen, dessen Auswirkung auf die Risikosituation jedoch nicht optimiert wird. An diesem Punkt setzt das Risikomanagement an. Der gesamte theoretisch mögliche Handlungsspielraum mit allen Alternativen wird bei der Lösungssuche berücksichtigt.

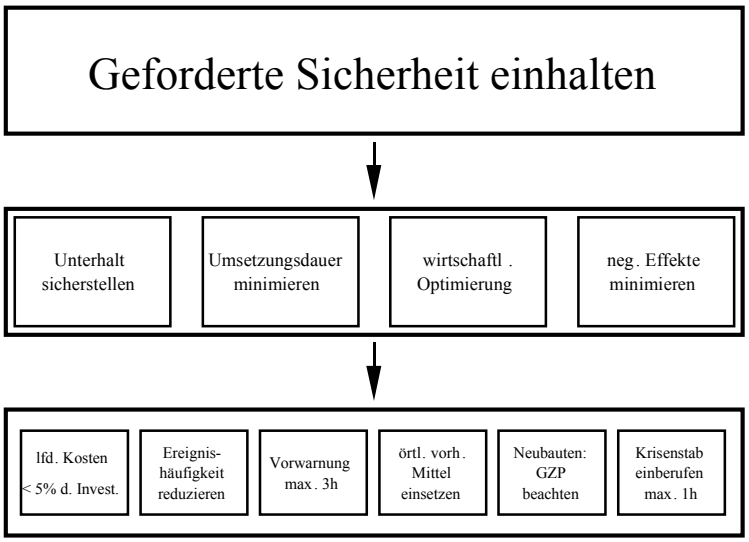


Abbildung 29: Beispiel für ein Zielsystem. Quelle: HOLLENSTEIN 1997:139, verändert

Bei der Problemlösung wird nicht ein einzelner Aspekt singulär betrachtet (beispielsweise das Errichten einer Geschiebesperre zur Abwendung von Überschwemmungsrisiken), sondern das gesamte System aus gefährlichen Prozessen und Wertobjekten wird in die Entscheidungsfindung einbezogen (HEINIMANN et al., 1998; HOLLEN-

STEIN, 1997). Im Gegensatz zu einer traditionellen, rein umsetzungsorientierten Maßnahme sind dabei alle Phasen und Wirkungen von Eingriffen zu untersuchen sowie eine Lösung zu entwerfen, die alle Aspekte optimiert. Explizit wird dabei im Sinne der Risikokommunikation auf eine frühzeitige Einbeziehung der betroffenen Bevölkerung bei der Lösungssuche hingewiesen (KELLER-LENGEN et al. 1998).

Eine erhebliche Verbesserung gegenüber der reinen Maßnahmenplanung kann dabei bereits durch das Definieren von Zielsystemen erreicht werden (vgl. Abbildung 3). Hierbei wird zwischen drei Ebenen des Managements von Naturrisiken unterschieden (HOLLENSTEIN 1997):

- Oberziele (oberer Bereich in Abbildung 9) umschreiben den Gesamtprozeß des Risikomanagements und definieren Sicherheitsvorgaben, die erreicht werden sollen.
- Strategische Ziele (mittlerer Bereich) geben Richtlinien im Sinne von Präferenzen oder Handlungsgrundsätzen für die Umsetzung vor, legen aber keine materiellen Maßnahmen fest.
- Operationelle Ziele (unterer Bereich) enthalten meßbare Vorgaben, wie Kosten, Zeit-, Flächen- oder Ressourcenverbrauch und liefern detaillierte Informationen über geplante Maßnahmen.

Bei der Durchführung des Zielsetzungsprozesses werden die verschiedenen Intentionen aufeinander abgestimmt und bereinigt. Das Ergebnis legt Prioritäten für das geplante Projekt fest.

Entsprechend der konkreten Problemstellung werden unterschiedliche strategische Ansätze angewandt, deren Leistungsfähigkeit mittels Überprüfung von Realisierbarkeit, Effizienz und Effektivität erfolgt (HOLLENSTEIN 1995).

Die Analyse des Lawinenwinters 1999 (SLF 2000) zeigt auf, dass sich der ganzheitliche Schutz vor Naturgefahren durch eine Kombination verschiedener Maßnahmen bewährt hat. Eine Verbesserung wird in der flächendeckenden Organisationsform für präventives und reaktives Naturgefahrenmanagement gefordert. In den Sicherheitswissenschaften hat sich dabei eine zentrale Organisationsform als sinnvoll erwiesen, die den Aufbau von Fachkompetenz und die Koordination zwischen den Behörden erleichtert (HOLLENSTEIN 1997). Dies ist auch beim präventiven Management von Naturgefahren anzustreben, wobei das bestehende Fachwissen optimal genutzt werden sollte. Hierzu wird das Management einer Stabsstelle (beispielsweise einem Kompetenzzentrum) zugewiesen, die ihrerseits die Koordination sektorieller Aktivitä-

ten steuert und die Exekutive berät. Im Rahmen des reaktiven Risikomanagements hat sich die Erstellung von Sicherheits- oder Katastrophenplänen, in denen die Aufgaben und Befugnisse für den Schadenfall klar geregelt werden, durchgesetzt. Nach KELLER-LENGEN et al. (1998) ist darauf zu achten, dass dem Risikomanagement bei Naturgefahren ein politisch neutraler Stellenwert zugeschrieben wird, da mögliche Konsequenzen aus Schadenereignissen von der Allgemeinheit zu tragen sind.

Werden Schutzziele von der Legislative definiert, muss abgeklärt werden, ob diese Ziele mit den Sicherheitsbedürfnissen der betroffenen Bevölkerung übereinstimmen. Durch eine sorgfältig durchdachte, transparente Risikokommunikation verfügen Politik und Behörden über ein wirkungsvolles Mittel zur Beeinflussung der Risikoakzeptanz in der Bevölkerung. Dadurch können bereits im Vorfeld geplanter Maßnahmen Konfliktsituationen erkannt und entschärft werden. Durch einen interaktiven Informationsaustausch lässt sich das Management von Risiken nachhaltig verbessern (KELLER-LENGEN et al. 1998), so dass die Risikobewertung auf einer rationaleren Ebene stattfinden kann. Dies führt auch zu einem größeren Verständnis der betroffenen Bevölkerung für unpopuläre Entscheidungen.

Unter dem Begriff „integrales Risikomanagement“ wird darüber hinaus der ganzheitliche Umgang mit Naturgefahren verstanden. Die einzelnen Bearbeitungsschritte sind dabei kreis- oder sprialförmig angeordnet, sodass sich ein kontinuierlich erhöhendes Sicherheitsniveau herausbilden kann. Er gliedert sich in Prävention, Intervention und Wiederinstandsetzung (vgl. Abbildung 10).

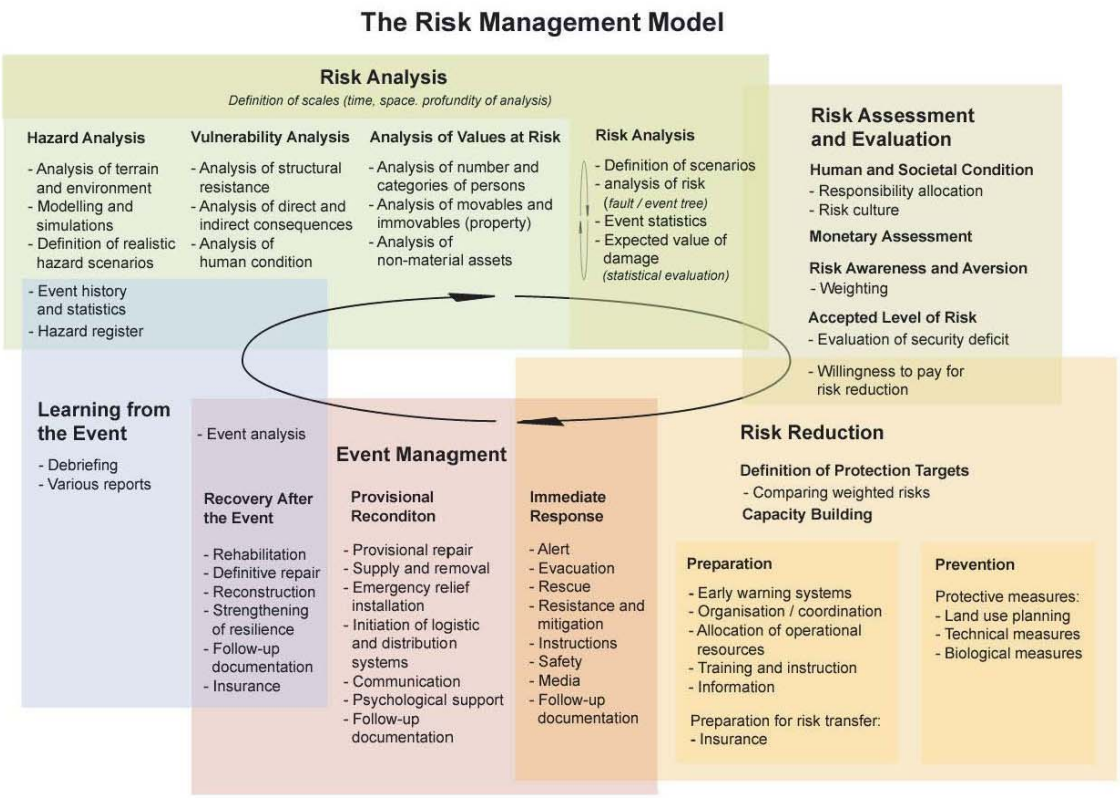


Abbildung 30: Risikokreislauf. Quelle: www.nahris.ch

Der Umgang mit Naturgefahren in der Schweiz orientiert sich an den Elementen des Risikokreislaufes. Sollte sich im Zuge eines geänderten Gesamtkonzeptes eine derartige Vorgangsweise auch in Österreich durchsetzen, würde dies im Sinne der in Abschnitt 7 abgegebenen Empfehlungen auch eine Stärkung der Gefahrenzonenplanung mit sich bringen. Eine Entscheidung hierüber müsste jedoch im Austausch aller mit der Naturgefahrenproblematik befassten Dienststellen geschehen.

9 Abkürzungen

BMLFUW	Lebensministerium (Österreich)
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Schweiz)
BWV	Bundeswasserbauverwaltung (Österreich)
BWW	Bundesamt für Wasserwirtschaft (Schweiz)
d	Erosionstiefe
D-ETWP	Detailed Erosion Threat Warning Plan
ETAlp	Projektgruppe „Erosion, Transport in Alpinen Systemen“
ETWP	Erosion Threat Warning Plan

ForstG	Forstgesetz 1975 (Österreich)
G-ETWP	General Erosion Threat Warning Plan
GZP	Gefahrenzoneplan/-pläne
GZP/RZP	Inoffizielle Richtlinie zur Erstellung von Gefahrenzonenplänen und Risikoplänen für die Autonome Provinz Bozen-Südtirol
GZP-LF	Leitfaden zur Gefahrenzonenplanung
GZP-RL	Richtlinien für die Gefahrenzonenabgrenzung 2001
GZP-VO	Gefahrenzonenplanverordnung 1976
h	Fließtiefe
M	Mächtigkeit der Ablagerung
MAEE	Maps of Areas Endangered by Erosion
MSRDP	measures for sediment-related disaster prevention
p	Druck
PER	Le Plan d'Exposition aux Risques Naturels
PPR	Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles
RA	restricted areas
RIWA-T/8	Technische Richtlinien für den Aufgabenbereich Schutzwasser-wirtschaft
RPG	Bundesgesetz über die Raumplanung (Schweiz)
SRA	special restricted areas
SRD	sediment-related disasters
T	Jährlichkeit
TCP	Torrent Control Plans
TECS	Torrent and Erosion Control Service
v	Fließgeschwindigkeit
WBFG	Bundesgesetz über die Föredrung des Wasserbaues aus Bun-desmitteln BGBl 1979/565 (Österreich)
WLV	Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung bzw. die Wildbachverbauung (Österreich)
WMGP	Water Management General Plan
WRG	Wasserechtsgesetz (Österreich)

10Literatur

AMMANN, W. (2001): Integrales Risikomanagement – der gemeinsame Weg in die Zukunft, Bündnerwald 5, S. 14-17

ANIOL, R. (1975): Flächenausdehnung kurzer Starkregen in einem dichten Regenschreiber-Sondernetz, Tagungspublikation Internationales Symposion Interpraevent – Innsbruck, Band 1, S. 149-158

AULITZKY, H. (1972):Vorläufige Wildbach-Gefährlichkeits-Klassifikation für Schwemmkegel (Wildbach-Index zur Erstellung von Wildbach-Zonenplänen innerhalb der Flächenwidmungspläne), Österreichische Wasserwirtschaft, Jg.24, Heft 5/6, Beilage S. 1-3

AULITZKY, H. & STRITZL, G. (1984):100 Jahre Wildbachverbauung in Österreich. BMLFUW Wien.

AULITZKY, H. (2006): Bericht aus dem Workshop „Versicherungsrechtliche Aspekte des Naturgefahrenmanagements“. In: Fuchs, S., Khakzadeh, L. and Weber, K.: Recht im Naturgefahrenmanagement. Innsbruck: StudienVerlag, S. 221-227.

BÄHLER, F., WEGMANN, M. & MERZ, H. (2001): Pragmatischer Ansatz zur Risikobeurteilung von Naturgefahren, Wasser, Energie, Luft 93, S. 93-196

BANSE, G. & BECHMANN, G. (1998): Interdisziplinäre Risikoforschung, Opladen

BARBOLINI, M., CAPPABIANCA, F. & SAILER, R. (2004): Empirical estimate of vulnerability relations for use in snow avalanche risk assessment. In: Brebbia, C. (ed.): Risk Analysis IV, Southampton: WIT-Press, S. 533-542.

BERNAHRD, J. (2001): Ausmaß und Ursachen kleinräumiger Niederschlagsvariabilität und Konsequenzen für die Abflussbildung, Dissertation, Lehrstuhl für Bodenkunde, Technische Universität München, München

BESSON, L. (1996): Les Risques Naturels en Montagne, Traitement, Prévention, Surveillance, 1996, artès-publialp

BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2005): Hydrographisches Jahrbuch von Österreich 2002. Abt. VII3-Wasserhaushalt (HZB) im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

BOLLINGER, D., NOVERRAZ, F. & TRIPET, J.-P. (1992): Die kartographische Darstellung der Bodenbewegungsgefahren als Planungsgrundlage: Ein Beitrag zur Vereinheitlichung der Gefahrenaufnahmen in der Schweiz, Tagungspublikation Internationales Symposion Interpraevent – Bern, Band 3, S. 191-200

BORTER, P. (1999): Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, Bern, BUWAL Umwelt-Materialien 107/I, II

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT (2005): Richtlinien für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Maßnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung gemäß § 3 Abs. 2 Z 3 Wasserbautenförderungsgesetz, Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

BUWAL, BRP & BWW (1997): Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten, Bundesamt für Wasserwirtschaft (BWW), Bundesamt für Raumplanung (BRP) & Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Biel, Schweiz

DWD (1981): Jahresbericht des Deutschen Wetterdienstes 1980, Offenbach am Main

EGLI, T. (1996): Hochwasserschutz und Raumplanung: Schutz vor Naturgefahren mit Instrumenten der Raumplanung – dargestellt am Beispiel von Hochwasser und Murgängen, Zürich, ORL-Bericht 100

EGLI, T. (1999): Richtlinie Objektschutz gegen Naturgefahren, Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St. Gallen, Schweiz

ETAlp (2003): Erosion, Transport in Alpinen Systemen, Gesamtheitliche Erfassung und Bewertung von Erosions- und Transportvorgängen in Wildbacheinzugsgebieten, BMLFUW, Sektion IV, Wien

FUCHS, S., KEILER, M. & ZISCHG, A. (2001): Risikoanalyse Oberes Suldental, Innsbrucker Geographische Studien 31, Innsbruck

FUCHS, S., BRÜNDL, M. & STÖTTER, J. (2004): Development of avalanche risk between 1950 and 2000 in the municipality of Davos, Switzerland, Natural Hazards and Earth System Sciences 4 (2), S. 263-275

FUCHS, S., KEILER, M., ZISCHG, A. & BRÜNDL, M. (2005): The long-term development of avalanche risk in settlements considering the temporal variability of damage potential, Natural Hazards and Earth System Sciences 5 (6), S. 893-901

FUCHS, S. & MCALPIN, M.C. (2005). The net benefit of public expenditures on avalanche defence structures in the municipality of Davos, Switzerland. Natural Hazards and Earth System Sciences 5 (3), S. 319-330

FUCHS, S. & KEILER, M. (2006): Natural hazard risk depending on the variability of damage potential, In: Popov, V. & Brebbia, C. (eds.): Risk Analysis V, Southampton: WIT-Press, S. 13-22

FUCHS, S., KHAKZADEH, L. & WEBER, K. (2006): Recht im Naturgefahrenmanagement. Innsbruck: StudienVerlag

FUCHS, S. & HEISS, K. (in prep.): Application of the vulnerability concept to torrent events in Austria. Natural Hazards and Earth System Sciences

GÄCHTER, M. & BART, R. (2001): Risikoanalyse und Kostenwirksamkeit bei der Massnahmenplanung - Beispiel Diesbach, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 153, S. 268-273

GLADE, T. (2003). Vulnerability assessment in landslide risk analysis. Die Erde 134 (2), S. 123-146

GUTKNECHT, D. (1978): Methoden der hydrologischen Kurzfristvorhersage, Wiener Mitteilungen, Band 26

GZP/RZP (2004): **VORLÄUFIGE UND DERZEIT NOCH INOFFIZIELLE** Richtlinien zur Erstellung der Gefahrenzonenpläne (GZP) und zur Klassifizierung des spezifischen Risikos (KSR), in Begutachtung, Abteilung Wasserschutzbauten, Hydrographisches Amt, Amt für Geologie und Baustoffprüfung, Abteilung Forstwirtschaft, Abteilung Raumplanung, Autonome Provinz Bozen, Südtirol,

HABERSACK, H., BÜRGEL, J., PETRASCHEK, A. (2004): Analyse der Hochwasserereignisse vom August 2002 - FloodRisk. Synthesebericht. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien.

HEINIMANN H. (1995): Naturgefahren aus forstlicher Sicht – Vergangenheit, Gegenwart, Zukunft, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 9, S. 675-686

HEINIMANN, H., HOLLENSTEIN, K., KIENHOLZ, H., KRUMMENACHER, B. & MANI, P. (1998): Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren, Bern, BUWAL Umwelt-Materialien 85

HEINIMANN, H. (1998): Der Umgang mit Naturgefahren aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 9, S. 691-705

HOLLENSTEIN, K. (1997): Analyse, Bewertung und Management von Naturrisiken, Zürich

HOLLENSTEIN, K., MERZ, H. & BÄHLER, F. (2004): Methoden des risikobasierten Planens und Handelns bei der Naturgefahrenabwehr, Zürich.

HOMMA, G. (2001): Der Einfluss der Gefahrenzoneplanung auf die Raumplanung und die Fachplanung von Bund und Ländern, Dissertation, Universität Innsbruck

HÜBL, J., SCHNETZER, I., GEIWITSCH, R., HOLZINGER, G., BRAUNER, M. (1998): Hydrologische Studie Wartschenbach: Niederschlag-Abflußsimulation zur Dimensionierung der Rückhaltebecken am Zettersfeld.. WLS Report 19, im Auftrag der WLV Gbltg. Osttirol.

HÜBL, J., KONECNY, F., GRUBER, H., HOCHLEITNER, G.(2001): WLS-Report 48: Auswertung von Wetterradarmesswerten mit Ombrographenmesswerten für Kurzzeitniederschläge, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien, im Auftrag des BMLFUW, Abteilung VC 7

HÜBL, J., KIENHOLZ, H. & LOIPERSBERGER, A. (eds.)(2002): DOMODIS – Documentation of Mountain Disasters, State of Discussion in the European Mountain Areas, Interpraevent, Schriftenreihe 1, Handbuch 1, Klagenfurt, http://www.baunat.boku.ac.at/fileadmin/_/H871-alpine/Downloads/060110-1A__DOMODIS_Inhalt_.pdf

HÜBL, J., BRAUNER, M., GRUBER, H., HOLZINGER, G., KRAUS, D., MOSER, M., PICHLER, A. (2003): Hydraulische Simulation des Hochwasserereignisses vom 17. Juli 02 am Fischbach, WLS Report 87 Band 3, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien. Im Auftrag der WLV Sektion Salzburg (unveröffentlicht).

HÜBL, J., BUNZA, G., HAFNER, K., KLAUS, W. (2003): Stummer Zeugen Katalog. In: Projektteam ETAlp (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft), Kompendium zu ETAlp-Erosion, Transport in alpinen Systemen, 48; Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

HÜBL, J. & KRAUS, D (2003): WLS-Report 94 Band 1: Trendanalysen in der Kosten-Nutzen-Untersuchung des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien, im Auftrag des BMLFUW, Abteilung IV/5

HÜBL, J., MOSER, M. (2006): Risk Management in Lattenbach: a case study from Austria. In: Lorenzini, G., Brebbia, C.A, Emmanouloudis, D.E.(Eds.), Monitor-

ing, Simulation, Prevention and Remediation of Dense and Debris Flows , 333 - 342; WIT Press, Southampton; ISBN 1-84564-169-8.

HÜBL, J., HABERSACK, H., KIENHOLZ, H., SCHNETZER, I., AGNER, P., GANAHL, E., MOSER, M., SCHEIDL, Ch., KERSCHBAUMSTEINER, W., SCHMID, F. (2006): Disaster Information System of Alpine Regions (DIS-ALP): Methodik Teil 1, IAN Report 101, Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur-Wien (unveröffentlicht)

HÜBL, J., BRABEC, S., HEISS, K.. (2007): Grundlagen zur Risikoanalyse am Enterbach und Pfonerbach, Tirol, IAN Report 104 Band 1; Institut für Alpine Naturgefahren, Universität für Bodenkultur, Wien (unveröffentlicht).

KEILER, M. (2004): Development of the damage potential resulting from avalanche risk in the period 1950-2000, case study Galtür, Natural Hazards and Earth System Sciences 4 (2), S. 249-256

KEILER, M., ZISCHG, A., FUCHS, S., HAMA, M. & STÖTTER, J. (2005): Avalanche related damage potential – changes of persons and mobile values since the mid-twentieth century, case study Galtür, Natural Hazards and Earth System Sciences 5 (1), S. 49-58

KEILER, M., ZISCHG, A. & FUCHS, S. (2006): Methoden zur GIS-basierten Erhebung des Schadenpotenzials für naturgefahreninduzierte Risiken, In: Strobl, J. & Roth, C. (eds.): GIS und Sicherheitsmanagement, Heidelberg: Wichmann, S. 118-128

KELLER-LENGEN, C., KELLER, F. & LEDERGERBER, R. (1998): Die Gesellschaft im Umgang mit Lawinengefahren. Zürich

KIENHOLZ H. (1995): Gefahrenbeurteilung und -bewertung – auf dem Weg zu einem Gesamtkonzept, Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 9. S. 701-725

KIENHOLZ H. (2005): Gefahrenzonenplanung im Alpenraum – Ansprüche und Grenzen, Wildbach- und Lawinenverbau 152, S. 135-151

KRANEWITTER, H. (2002): Liegenschaftbewertung. Wien:Gesco

LÄNGER, E. (2003): Der forsttechnische Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich und seine Tätigkeit seit der Gründung im Jahre 1884, Dissertation, Institut für Sozioökonomik der Forst- und Holzwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien

LATERNSER, M. (2004): Snow and avalanche climatology in Switzerland, Diss. ETH No. 14493. Zürich

LORENZ, P. & SKODA, G. (2000): Bemessungsniederschläge kurzer Dauerstufen (D ≤ 12 Stunden) mit inadäquaten Daten, Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich, Nr. 80, Wien

Lorenz, P., Skoda, G. (2001): Bemessungsniederschläge auf der Fläche für kurze Dauerstufen (D ≤ 12 Stunden) mit inadäquaten Daten. ÖWAV-Seminar-2000. Wiener Mitteilungen; Wasser-Abwasser-Gewässer". technische Universität Wien.

MATE (2000): La Politique Française de Prévention des Inondations. Sous direction de la Protection et de la Gestion des Eaux, Direction de l'Eau, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, http://www.riob.org/ag2000/JLR-462u.htm

MILETI, D. (1975): Human systems in extreme environments, Boulder

NÖTHIGER, C., BÜRKI, R. & ELSASSER, H. (2005): Naturgefahren und Schäden für den Tourismus in den Alpen. Geographica Helvetica 1/2005, S. 26-34.

NÖTHIGER, C., ELSASSER, H., BRÜNDL, M. & AMMANN, W. (2002): Indirekte Auswirkungen von Naturgefahren auf den Tourismus - Das Beispiel des Lawinenwinters 1999 in der Schweiz. Geographica Helvetica 2/2002, S. 91-108

OBERNDORFER, S., FUCHS, S., RICKENMANN, D. & ANDRECS, P. (2007): Vulnerabilitätsanalyse und monetäre Schadensbewertung von Wildbachereignissen in Österreich. Wien, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BfW).

ÖROK (1986): Raumordnung und Naturgefahren. Schriftenreihe der Österreichische Raumordnungskonferenz, Nr. 50, Wien

ÖROK (2005): Empfehlung zum präventiven Umgang mit Naturgefahren in der Raumordnung. Schriftenreihe der Österreichische Raumordnungskonferenz, Empfehlungen Nr. 52, Wien

ROMANG, H. (2004): Wirksamkeit und Kosten von Wildbach-Schutzmassnahmen. Geographica Bernensia G73. Bern, Verlag des Geographischen Instituts der Universität Bern.

RICKENMANN, D. (2001): Methoden der Gefahrenbeurteilung von Murgängen. Beitrag für CADANAV

RICKENMANN, D., BRAUNER, M. (2003): Ansätze zur Abschätzung des Geschiebetransportes in Wildbächen und Gebirgsflüssen, ETAlp Kompendien, BLFUW-Wien.

RIWA-T (1994): Technische Richtlinien gemäß § 3 Abs. 2 WBFG für den Aufgabenbereich Schutzwasserwirtschaft im Zuständigkeitsbereich des BMLFUW, BMLFUW, Sektion VII, Wien

SLF (2000): Der Lawinenwinter 1999. Davos

STINY, J. (1910): Die Muren - Versuch einer Monographie mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in den Tiroler Alpen. Verlag Wagner, Innsbruck.

STINY, J. (1931): Die geologischen Grundlagen der Verbauung der Geschiebeherde in Gewässern. Springer Verlag, Wien.

STÖTTER, J., BELITZ, K., FRISCH, U., GEIST, T., MAIER, M. & MAUKISCH, M. (1999): Konzeptvorschlag zum Umgang mit Naturgefahren in der Gefahrenzonenplanung, Mitteilungen IGG 1997/98, Innsbruck, S. 30-59

VARNES, D. (1984). Landslide hazard zonation: A review of principles and practice. Paris, UNESCO

WILHELM, C. (1997): Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz. Davos, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung

WILHELM, C., SCHMITHÜSEN, F. & SALM, B. (1993): Kosten-Nutzen Modell zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ausgewählter Lawinenschutzprojekte des Berner Oberlandes. Zürich, ETH Zürich

WINKLER, C. (2003): Analyse Vorstudien 431 (2000-2002). Brig-Glis, Glenz, Walther & Winkler AG. Unveröffentlichter Bericht im Auftrag des BUWAL