



Kanton St.Gallen

Wegleitung

Punktuelle Gefahrenabklärung



**Naturgefahrenkommission
Kanton St.Gallen**

Erstellt **2003**

Nachführungen

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Zielsetzung	3
	2.1 Das Hauptziel der Punktuellen Gefahrenabklärung	3
	2.2 Nebenziele der Punktuellen Gefahrenabklärung	3
3	Vorgehen und Hilfsmittel	4
	3.1 Generalisiertes Vorgehen	4
	3.2 Formulare als Hilfsmittel und Checkliste.....	4
	3.3 Abzugebende Dokumente	4
4	Gefahrenbeurteilung Hochwasser	5
	4.1 Gefahrenarten	5
	4.2 Ereignischronik	5
	4.3 Feldbeurteilung	5
	4.4 Berechnungen.....	6
5	Gefahrenbeurteilung Murgang	7
	5.1 Gefahrenarten	7
	5.2 Ereignischronik	7
	5.3 Feldbeurteilung	7
	5.4 Berechnungen.....	7
6	Gefahrenbeurteilung Rutschung	8
	6.1 Gefahrenarten	8
	6.2 Ereignischronik	8
	6.3 Feldbeurteilung	8
	6.4 Berechnungen.....	8
7	Gefahrenbeurteilung Sturz	9
	7.1 Gefahrenarten	9
	7.2 Ereignischronik	9
	7.3 Feldbeurteilung	9
	7.4 Berechnungen.....	9
8	Gefahrenbeurteilung Lawine	10
	8.1 Gefahrenarten	10
	8.2 Ereignischronik	10
	8.3 Feldbeurteilung	10
	8.4 Berechnungen.....	11
9	Fallbeispiele	12
	9.1 Einleitung und Zweck.....	12
	9.2 Fallbeispiel: Punktuelle Gefahrenbeurteilung Hochwasser	13
	9.3 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Murgang.....	17
	9.4 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Rutschung.....	21
	9.5 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Sturz.....	25
	9.6 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Lawine.....	29
10	Formulare und Hilfstabellen	33
	10.1 Formulare.....	33
	10.2 Hilfstabellen	34
11	Literatur	40
	11.1 Allgemeine Literatur	40
	11.2 Literatur zu Hochwasser	40
	11.3 Literatur zu Murgang.....	40
	11.4 Literatur zu Rutschung.....	40
	11.5 Literatur zu Sturz.....	40
	11.6 Literatur zu Lawine.....	41

Impressum

© 2003

Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen
c/o Tiefbauamt des Kantons St. Gallen
Lämmli brunnenstrasse 54
9001 St. Gallen

Autor:

Dr. Thomas Egli
Egli Engineering
Lerchenfeldstrasse 5
9014 St. Gallen
www.naturgefahr.ch

Hilfsgrafiken Überschwemmung:

Ingenieure Bart AG
Waisenhausstr. 15
9000 St. Gallen
www.bart.ch

Mitglieder des Reviews:

Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen
Hubert Meusburger (Vorsitz), Tiefbauamt, Lämmli brunnenstr. 54, 9001 St. Gallen
Theo Dietschi, Kantonsforstamt, Davidstr. 35, 9001 St. Gallen
Urs Gunzenreiner, Tiefbauamt, Lämmli brunnenstr. 54, 9001 St. Gallen
Ruedi Loesch, Gebäudeversicherungsanstalt, Davidstr. 37, 9001 St. Gallen
Marius Menz, Vermessungsamt, Davidstr. 35, 9001 St. Gallen
Bruno Thürlemann, Amt für Raumentwicklung, Lämmli brunnenstr. 54, 9001 St. Gallen

Review Lawinen

Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung
Stefan Margreth
Davos

Review Steinschlag

Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft
Werner Gerber
Birmensdorf

1 Einleitung

Die vorliegende Wegleitung stellt dar, wie eine „Punktuelle Gefahrenbeurteilung“ im Kanton St. Gallen vorgenommen werden soll. Behandelt werden die gravitativen Naturgefahren: Hochwasser, Murgang, Rutschung, Steinschlag/Felssturz und Lawine/Schneerutsch.

Im Gegensatz dazu stellt die „Wegleitung Naturgefahrenanalyse im Kanton St. Gallen“ die Methodik der flächenhaften Gefahrenanalyse dar. Im Zentrum steht dabei eine Gefahrenquelle, welche in grosser Bearbeitungstiefe detailliert untersucht wird.

Bei der Punktuellen Gefahrenbeurteilung steht nicht die Gefahrenquelle, sondern ein örtlich begrenzter Standort im Zentrum der Untersuchungen. Mit möglichst geringem Aufwand soll für diesen Standort die Gefährdung als provisorische Einstufung ermittelt werden.

Der Zweck dieser Untersuchung liegt in der Beurteilung von Bauten ausserhalb der Bauzone. Hierfür weist die Punktuelle Gefahrenbeurteilung eine abschliessende Einstufung der Gefährdung aus. In Gebieten mit ausstehender flächenhafter Gefahrenkartierung weist die Punktuelle Gefahrenbeurteilung eine provisorische Einstufung der Gefährdung aus.

Die Einstufung der Gefahr richtet sich nach den Empfehlungen des Bundes und den Festlegungen der Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen.

2 Zielsetzung

2.1 Das Hauptziel der Punktuellen Gefahrenabklärung

Die Punktuelle Gefahrenabklärung verfolgt mehrere Ziele.

Das Hauptziel der Punktuellen Gefahrenabklärung ist die provisorische Einstufung des Gefahrengrades durch einen Fachmann für einen örtlich begrenzten Standort. Die Hauptfrage lautet: Besteht eine mittlere oder hohe Gefährdung an diesem Standort?

Kann diese zentrale Frage aufgrund der Beurteilung verneint werden, sind weitere Planungsschritte an diesem Standort grundsätzlich zu befürworten (wie zum Beispiel die Einzonung oder die Erteilung einer Baubewilligung evtl. mit Auflagen). Kann die mittlere oder hohe Gefahrenstufe (blauer und roter Gefahrenbereich) nicht ausgeschlossen werden, so sollte eine detaillierte Gefahrenabklärung durchgeführt werden, bevor weitere planungsrechtliche Entscheide gefällt werden.

Aufgrund der Bedeutung dieser Einstufung ist das Gutachten durch einen auf dem Gebiet erfahrenen Fachmann durchzuführen.

2.2 Nebenziele der Punktuellen Gefahrenabklärung

Ein wichtiges Nebenziel der Untersuchung ist, dass eine **Feldbegehung** stattfindet. Allein aufgrund der im Feld ersichtlichen topographischen Verhältnisse und der Morphologie des Standortes kann der Fachmann wichtige erste Erkenntnisse sammeln. Neben der Feldanalyse ist ein Blick in die **Ereignischronik** unumgänglich. Insbesondere bei Lawinen, Hochwassern und Murgängen zeigt die Chronik den Charakter und insbesondere die Häufigkeit der Ereignisse einer Gefahrenquelle. Um die Intensität einstufen zu können sind **Berechnungen** notwendig. Es handelt sich hierbei um vereinfachte Berechnungen zum Bewegungsablauf (Geschwindigkeit, Auslauflänge, Translationsenergie u.a.m.), so dass eine Einstufung gemäss den Bundesempfehlungen möglich wird.

Von untergeordneter Bedeutung sind die Formulierung einer raumplanerischen Empfehlung und die Formulierung von Massnahmen des Objektschutzes. Diese Aspekte müssen gesondert von der Einschätzung des Fachmanns eigenständig und abschliessend durch die Behörde beurteilt werden.

Die Durchführung der Punktuellen Gefahrenbeurteilung soll sich auf einen zeitlichen Aufwand von **1 bis 3 Tagen** beschränken. Mit den gezielt gewählten Untersuchungsmethoden kann die gewünschte provisorische Einstufung erreicht werden. Diese Aufwandbeschränkung soll als Abgrenzung zu den detaillierten Abklärungen gemäss „Wegleitung Naturgefahrenanalyse im Kanton St. Gallen“ dienen.

3 Vorgehen und Hilfsmittel

3.1 Generalisiertes Vorgehen

Das Vorgehen kann folgendermassen in generalisierter Weise empfohlen werden:

- Beschaffung von Unterlagen bezüglich Historischer Ereignisse, Topographie, Klimadaten
- Ereignischronik auswerten
- Feldbegehung: Morphologie, Topographie, Bauwerke, Gebäude
- Durchführung der vereinfachten Berechnungen
- Erstellung der provisorischen Intensitätsbeurteilung
- Erstellung der provisorischen Gefahrenbeurteilung
- Ausfüllen der Formularbogen Blatt 1 bis 4 (vgl. Anhang und Diskette)

Die Beurteilung soll auf der sicheren Seite liegen. Aus diesem Grund sind konservative Verfahren einzusetzen mit entsprechend vorsichtig gewählten Eingangsparametern.

Je nach Art der Gefahr und Grösse der Gefahrenquelle wird dieser Vorgehensablauf leicht anders aussehen.

3.2 Formulare als Hilfsmittel und Checkliste

Der vorliegenden Wegleitung liegen **Formulare** zur Darstellung der Untersuchungsergebnisse bei. Diese können in digitaler Form (Word-Format) direkt ausgefüllt werden. Als Variante besteht auch die Möglichkeit mit Papiausdrucken zu arbeiten.

Die Ergebnisse sind in dieser Form für die Behörde schnell einsehbar und vergleichbar über den ganzen Kanton. Zudem dient das Formular dem Gutachter als Checkliste, der zu untersuchenden Fragestellungen.

3.3 Abzugebende Dokumente

Pflichtdokumente

Vom Gutachter ist pro wirkende Gefahrenart ein Formularsatz (Blatt 1 bis 4) für einen Untersuchungsstandort auszufüllen.

Ergänzende Dokumente

Der Gutachter kann ergänzende Dokumente, welche seine Gefahreinstufung nachvollziehbar belegen, den Pflichtdokumenten beilegen.

Solche ergänzenden Dokumente sind etwa:

- Planausschnitte 1 : 5000 mit den Intensitäts- und Gefahreinstufungen
- Planunterlagen mit Eintragungen zur Morphologie, zu Bauwerken oder mit Ergebnissen von Berechnungen.
- Fotos von Gefahrenstellen, von Ausbruchstellen, von Bauwerken oder von stummen Zeugen
- Auszüge aus Ereignischroniken
- Protokolle der Berechnungen

4 Gefahrenbeurteilung Hochwasser

4.1 Gefahrenarten

Bei der Gefährdung durch Hochwasser werden die zwei Gefahrenarten Überschwemmung und Ufererosion unterschieden. Die Einstufung nach ihrer Intensität (gelb, hellgrün, dunkelgrün) und nach ihrer Gefährdung (weiss, gelb, blau, rot) erfolgt nach den Empfehlungen des Bundes (BWW 1997).

Überschwemmung

Intensität			Gefährdung		
Sprachlich	Farbe	Kriterium	1 – 30 Jahre W	30 – 100 Jahre W	100 – 300 Jahre W
			häufig	selten	sehr selten
stark	dunkelgrün	$h > 2 \text{ m}$ oder $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$	rot	rot	rot
mittel	hellgrün	$0.5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$ oder $0.5 < v \cdot h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	blau	blau	gelb
schwach	gelb	$h < 0.5 \text{ m}$ oder $v \cdot h < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	blau	gelb	gelb

Tabelle 1: Einstufung von Intensität und Gefährdung von Überschwemmungen
W:= Wiederkehrperiode, h:= Fliesstiefe, v:= Fliessgeschwindigkeit

Ufererosion

Intensität			Gefährdung		
Sprachlich	Farbe	Kriterium	1 – 30 Jahre W	30 – 100 Jahre W	100 – 300 Jahre W
			häufig	selten	sehr selten
stark	dunkelgrün	$d > 2$	rot	rot	rot
mittel	hellgrün	$0.5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$	blau	blau	gelb
schwach	gelb	$d < 0.5 \text{ m}$	blau	gelb	gelb

Tabelle 2: Einstufung von Intensität und Gefährdung von Ufererosionen
W:= Wiederkehrperiode, d:= Mächtigkeit der Abtragung

4.2 Ereignischronik

Die Ereignischronik kann Auskunft über die Häufigkeit von Überschwemmungen und Ufererosionen geben. Im Weiteren sind oftmals die Schwachstellen erwähnt, welche zu einem Ereignis führten. Es sind dies zum Beispiel Brücken, Durchlässe, Eindolungen, Engstellen, Abflachung der Sohle u.a.m. Angaben zu historischen Ereignissen finden sich im Ereigniskataster Kanton St. Gallen. Weitere Hinweise sind in der Regel in den Technischen Berichten von Wasserbauprojekten enthalten (vgl. Archiv des Tiefbauamtes, Sektion Wasserbau). Die Gemeindebehörde ist generell nach Quellen von historischen Ereignissen zu befragen.

4.3 Feldbeurteilung

Die Feldbeurteilung gliedert sich in zwei Teile:

- 1. Teil: Erkennen der Schwachstellen entlang des Gerinnes
- 2. Teil: Ermittlung der Ausbreitung von Überschwemmung oder Ufererosion

Die Schwachstellen der Abflusskapazität des Gerinnes ergeben sich im Vergleich mit dem zu erwartenden Spitzenabflusses von der Hydrologie sowie allfälligen Verklausungen mit Treibholz und Geschiebeablagerungen. Die Schwachstellen der Ufererosion sind aufgrund der geschätzten zulässigen Schleppspannung zu ermitteln.

Die Ausbreitung der Überschwemmung kann mit den in Kapitel 10.2 enthaltenen Hilfsdiagrammen abgeschätzt werden. Es resultieren direkte Einstufungen der Intensität gemäss den geltenden Intensitätsstufen.

4.4 Berechnungen

Die Berechnung der Spitzenabflussmengen für die drei Wahrscheinlichkeitsklassen erfolgt mit Vorteil vor den Feldbeurteilungen. Aktuelle Methoden zur Bestimmung dieser Werte finden sich in BWG 2003.

Die Berechnung der Gerinnekapazität (Normalabfluss) und der wirkenden Schleppspannung erfolgen am rationellsten direkt im Feld, so dass die Bestimmung der Ausbreitung mit den Hilfsdiagrammen im Kapitel 10.2 nahtlos daran anschliesst.

Als geeigneter Arbeitsablauf kann daher empfohlen werden:

1. Ereignischronik auswerten
2. Hydrologische Berechnungen im Büro ausführen
3. Feldanalyse erster Teil: Schachstellenanalyse des Gerinnes in Bezug auf Ausbruchstellen und auf Stellen mit Ufererosion
4. Feldanalyse zweiter Teil: Ermittlung der Ausbreitung der Überschwemmung mit den Hilfsdiagrammen.

5 Gefahrenbeurteilung Murgang

5.1 Gefahrenarten

Bei der Gefährdung durch Murgang werden die zwei Gefahrenarten Übermuring aus Gerinnen (Murgang) und Hangmuren unterschieden. Die Einstufung nach ihrer Intensität (gelb, hellgrün, dunkelgrün) und nach ihrem Gefahrengrad (weiss, gelb, blau, rot) erfolgt nach den Empfehlungen des Bundes (BWW 1997) und den Anpassungen der Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen (NGK 2003):

Murgänge und Hangmuren

Intensität			Gefährdung		
Sprachlich	Farbe	Kriterium	1 – 30 Jahre W	30 – 100 Jahre W	100 – 300 Jahre W
			häufig	selten	sehr selten
stark	dunkelgrün	$h > 2 \text{ m}$ oder $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$	rot	rot	rot
mittel	hellgrün	$0.5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$ oder $0.5 < v \cdot h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	rot	blau	blau
schwach	gelb	$h < 0.5 \text{ m}$ oder $v \cdot h < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	blau	blau	gelb

Tabelle 3: Einstufung von Intensität und Gefährdung von Murgängen und Hangmuren
W:= Wiederkehrperiode, h:= Mächtigkeit der Ablagerung, v:= Fließgeschwindigkeit

5.2 Ereignischronik

Die Ereignischronik ist bei Murgängen von Bedeutung in Bezug auf das Frachtvolumen, auf mögliche Ausbruchstellen aus dem Gerinne und in Bezug auf die Reichweite auf dem Kegel. Bei Hangmuren interessiert vor allem der Ort des Auftretens historischer Ereignisse.

5.3 Feldbeurteilung

Die Feldbeurteilung gliedert sich in drei Teile:

- 1. Teil: Gegenhangbetrachtung von Einzugsgebiet und Kegel
- 2. Teil: Punktuelle Begehung zur Beurteilung der möglichen Geschiebefracht
- 3. Teil: Begehung des Kegels zur Beurteilung der Ausbreitung und Reichweite

Bei grösseren Einzugsgebieten kann der Aufwand für die Feldbegehung reduziert werden, indem eine ergänzende Luftbildinterpretation durchgeführt wird.

Die Schätzung des Frachtvolumens und die Ausbreitung auf dem Kegel sind die massgeblichen Fragen, welche durch die Feldbeurteilung beantwortet werden sollen. Bei der Begehung des Kegels kommt der Interpretation der morphologischen Spuren die höchste Bedeutung zu.

5.4 Berechnungen

Berechnungen nach empirischen Schätzformeln ermöglichen einen Vergleich zu den Resultaten der Feldbeurteilung. Für die Beurteilung von Murgängen besteht hierzu eine praxistaugliche Zusammenstellung von Formeln durch Rickenmann (1995).

6 Gefahrenbeurteilung Rutschung

6.1 Gefahrenarten

Bei den Rutschgefahren wird in der Beurteilung unterschieden zwischen Spontanrutschungen und permanenten Rutschungen, Sackungen und Absenkungen. Die Einstufung nach ihrer Intensität (gelb, hellgrün, dunkelgrün) und nach ihrem Gefahrengrad (weiss, gelb, blau, rot) erfolgt nach den Empfehlungen des Bundes (BUWAL 1997) und den Anpassungen der Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen (NGK 2003):

Spontanrutschung

Intensität			Gefährdung		
Sprachlich	Farbe	Kriterium	1 – 30 Jahre W	30 – 100 Jahre W	100 – 300 Jahre W
			häufig	selten	sehr selten
stark	dunkelgrün	$d > 2 \text{ m}$	rot	rot	rot
mittel	hellgrün	$0.5 < d < 2 \text{ m}$	blau	blau	gelb
schwach	gelb	$d < 0.5 \text{ m}$	blau	gelb	gelb

Tabelle 4: Einstufung von Intensität und Gefährdung von Spontanrutschungen
W:= Wiederkehrperiode, *d*:= Mächtigkeit

Permanente Rutschung / Sackung / Absenkung

Intensität			Gefährdung
Sprachlich	Farbe	Kriterium	Permanent
stark	dunkelgrün	$v > 1 \text{ dm / Jahr}$ oder starke differentielle Bewegungen	rot
mittel	hellgrün	$2 \text{ cm/Jahr} < v < 1 \text{ dm/Jahr}$ oder $v < 2 \text{ cm/Jahr}$ und $d > 2 \text{ m}$	blau
schwach	gelb	$v < \text{ca. } 2 \text{ cm/Jahr}$ und $d < 2 \text{ m}$	gelb

Tabelle 5: Einstufung von Intensität und Gefährdung von permanenten Rutschungen, Sackungen und Absenkungen
W:= Wiederkehrperiode, *v*:= Geschwindigkeit, *d*:= Mächtigkeit

6.2 Ereignischronik

Die Ereignischronik gibt Auskunft über den Ort und die hydrologischen Verhältnisse, welche zu historischen Rutschereignissen führten. Bei Spontanrutschungen kann auf dieser Grundlage mit Analogieschlüssen gearbeitet werden. Bei permanenten Massenbewegungen stellen Dokumente zur Bewegungsgeschwindigkeit das Grundgerüst für die Gefahrenbeurteilung dar.

6.3 Feldbeurteilung

Die Feldbeurteilung beschränkt sich bei Rutschungen auf eine Begehung der betroffenen Parzelle(n) und ihrer angrenzenden Bereiche. Aufgrund der Morphologie und allfälligen Aufschlüssen in der näheren Umgebung kann eine erste Einschätzung getroffen werden.

Als Basisdokumente zur Unterstützung der Feldanalyse dienen die Karte der Geologie und die Karte der Hydrogeologie. Sehr wertvoll sind zudem Dokumente zu Baugrunduntersuchungen in der näheren Umgebung.

6.4 Berechnungen

Berechnungen sind bei permanenten Rutschungen sinnvoll, wenn Dokumente zu Fixpunktverschiebungen vorliegen. Berechnungen mit Hilfe von Prozessmodellen sind sinnvoll, wenn sie die Feldbeurteilung ergänzen und ihr Aufwand einen Tag nicht überschreitet.

7 Gefahrenbeurteilung Sturz

7.1 Gefahrenarten

Bei den Sturzgefahren wird in der Beurteilung unterschieden zwischen Steinschlag, Blockschlag, Felssturz und Eissturz. Die Einstufung nach ihrer Intensität (gelb, hellgrün, dunkelgrün) und nach ihrem Gefahrengrad (weiss, gelb, blau, rot) erfolgt nach den Empfehlungen des Bundes (BUWAL 1997)

Sturz

Intensität			Gefährdung		
Sprachlich	Farbe	Kriterium	1 – 30 Jahre W	30 – 100 Jahre W	100 – 300 Jahre W
			häufig	selten	sehr selten
Stark	dunkelgrün	$E > 300 \text{ kJ}$	rot	rot	rot
mittel	hellgrün	$30 \text{ kJ} < E < 300 \text{ kJ}$	rot	blau	blau
schwach	gelb	$E < 30 \text{ kJ}$	blau	blau	gelb

Tabelle 6: Einstufung von Intensität und Gefährdung von Sturzereignissen
W:= Wiederkehrperiode, *E*:= Translations- und Rotationsenergie

7.2 Ereignischronik

Die Ereignischronik liefert den wichtigen Hinweis bezüglich der Häufigkeit und der Grösse der zu erwartenden Sturzkomponenten. Aus der Wirkung von Zerstörungen (z.B. Durchschlagen einer Mauer) kann die aufgetretene Energie der Sturzkomponente abgeschätzt werden. Neben dem Ereigniskataster des Kantons St. Gallen sind auch die Aufzeichnungen der Kreisforstämter zu berücksichtigen.

7.3 Feldbeurteilung

Die Feldbeurteilung gliedert sich in zwei Teile:

- 1. Teil: Besichtigung des Ausbruchbereiches der Sturzkomponenten
- 2. Teil: Begehung der Transit- und Ablagerungsbereiche

Bei der Beurteilung des Ausbruchbereiches interessieren v.a. die Höhenlage und das Ausbruchvolumen der möglichen Sturzereignisse. Im Transitbereich sind der Widerstand der Vegetation (Baumholz, Stangenholz, Büsche) und die Dämpfung des Bodens zu beurteilen. Gleichzeitig sind hier die gestoppten Sturzkomponenten hinsichtlich ihrer Grösse und ihrer Form zu beurteilen. Im Ablagerungsbereich interessieren wiederum der Widerstand der Vegetation sowie die maximale Reichweite von stummen Zeugen.

7.4 Berechnungen

Die Berechnung der Sturzenergie stellt eine wichtige Ergänzung zu den Feldaufnahmen dar und ermöglicht die Abschätzung der wirkenden Intensität. Die Pauschalgefällemethode nach Gerber (1994) stellt einen praxistauglichen Ansatz dar für die vorliegende Problemstellung. Ermittelt werden hierbei die maximale Geschwindigkeit, die Translations- und Rotationsenergie sowie die maximale Reichweite.

Alternativ kann die Berechnung auch mit einem Steinschlagsimulationsmodell durchgeführt werden.

8 Gefahrenbeurteilung Lawine

8.1 Gefahrenarten

Bei den Lawinen werden als Gefahrenarten unterschieden die Fliesslawine, die Staublawine und das Schneegleiten. Die Einstufung nach ihrer Intensität (gelb, hellgrün, dunkelgrün) und nach ihrem Gefahrengrad (weiss, gelb, blau, rot) erfolgt nach den Empfehlungen des Bundes (SLF 1984) und den Ergänzungen der Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen (NGK 2003):

Fliesslawinen und Staublawinen

Intensität			Gefährdung		
Sprachlich	Farbe	Kriterium	1 – 30 Jahre W	30 – 100 Jahre W	100 – 300 Jahre W
			häufig	selten	sehr selten
stark	dunkelgrün	$P > 30 \text{ kN/m}^2$	rot	rot	rot
mittel	hellgrün	$3 < P < 30 \text{ kN/m}^2$	rot	blau	blau
schwach	gelb	$P < 3 \text{ kN/m}^2$	blau	blau	gelb

Tabelle 7: Einstufung von Intensität und Gefährdung von Fliess- und Staublawinen
W:= Wiederkehrperiode, P:= Druck

Schneegleiten

Intensität			Gefährdung		
Sprachlich	Farbe	Kriterium	1 – 30 Jahre W	30 – 100 Jahre W	100 – 300 Jahre W
			häufig	selten	sehr selten
stark	dunkelgrün	kommt nicht vor	rot	rot	rot
mittel	hellgrün	$3 < P < 30 \text{ kN/m}^2$	blau	blau	gelb
schwach	gelb	$P < 3 \text{ kN/m}^2$	blau	gelb	gelb

Tabelle 8: Einstufung von Intensität und Gefährdung von Schneegleiten
W:= Wiederkehrperiode, P:= Druck

8.2 Ereignischronik

Die Ereignischronik stellt ein wesentliches Grundgerüst der Lawinenbeurteilung dar. Im Kanton St. Gallen werden die Lawinenereignisse seit rund 50 Jahren vom Forstdienst dokumentiert. Die entsprechenden Aufzeichnungen sind in den Kreisforstämter einsehbar sofern die Ereignisse noch nicht in den kantonalen Ereigniskataster übertragen wurden.

Von den historischen Ereignissen interessieren ihre Häufigkeit, ihre Reichweite und ihre Ausbreitung und Lage auf dem Kegel.

8.3 Feldbeurteilung

Die Feldbeurteilung gliedert sich in folgende zwei Teile:

- 1. Teil: Gegenhangbetrachtung von Einzugsgebiet und Sturzbahn
- 2. Teil: Begehung des Kegelbereiches

Die Gegenhangbetrachtung gibt Aufschluss über den Verlauf der Sturzbahn und mögliche Verzweigungs- oder Ausbruchstellen. Im weiteren dient die Gegenhangbetrachtung zur Beurteilung der möglichen Lawinenart (FlieSS, Staub). Bei der Begehung des Kegelbereiches interessiert die Art der Vegetation (Mischwald, Lärchenwald, Jungwald, Erlengebüsch, Wiese), die Feintopographie und allfällige Spuren von früheren Ereignissen.

8.4 Berechnungen

Die Grundlage für Lawinenberechnungen liefern folgende Erhebungen:

- Ausscheiden potentieller Anrissflächen ($> 30^\circ$) anhand der Karte
- Form, Neigung, Rauigkeit, Fliessbreiten und -richtungen im Transit- und Ablagebereich anhand der Karte
- Festlegung des massgebenden Anrissgebietes und des Geländeprofiles
- Bestimmung der Schneehöhen und des Schneedeckenzuwachses in Funktion der Wiederkehrdauer und der Höhenlage
- Beurteilung der lokalen Verhältnisse (Geländeform, Neigung, Exposition)
- Beurteilung der Schneeverfrachtungsproblematik
- Festlegung der Anrissmächtigkeit und der Fliessbreiten für die Berechnungen

Die Berechnung der Lawinenauslauflänge stellt eine wichtige Ergänzung zur Ereignischronik und den Feldaufnahmen dar und ermöglicht die Abschätzung der wirkenden Intensität. Die Zweiparametermethode nach Salm et al. (1990) stellt einen praxistauglichen Ansatz dar für die vorliegende Problemstellung. Ermittelt werden hierbei die Geschwindigkeit und die Fliesshöhe in der Sturzbahn und am Kegelhals (resp. bei Punkt P) sowie die Auslaufstrecke auf dem Kegel.

Alternativ kann die Berechnung auch mit dem entsprechenden Simulationsmodell durchgeführt werden (z.B. AVAL - 1D, SLF 1999).

9 Fallbeispiele

9.1 Einleitung und Zweck

In diesem Kapitel werden zu allen 5 Gefahrenarten Fallbeispiele präsentiert. Es handelt sich um Standorte mit effektiven Konflikten zwischen Naturgefahren und bestehenden oder beabsichtigten Nutzungen (Einzonung/ Nichteinzonung, Baubewilligung/Bauverweigerung, Baubewilligung mit Auflagen, u.a.m.).

Die Beispiele wurden durchgeführt, um den Nachweis der Praxistauglichkeit der entwickelten Formulare und der empfohlenen Beurteilungsschritte zu testen. Es zeigt sich, dass ein erfahrener Gefahrenspezialist die gestellte Aufgabe im Rahmen von max. 3 Tagen lösen kann.

Fallbeispiel Hochwasser

Das Fallbeispiel Hochwasser behandelt den Edlischwilerbach in der Gemeinde Waldkirch. Dieses Kleingewässer ist heute teilweise eingedolt. Bei Starkniederschlag ist eine Überschwemmung möglich aufgrund der Überlastung des Kanals. Die Gefährdung wird für zwei Parzellen in unmittelbarer Nähe der Bacheindolung beurteilt.

Fallbeispiel Murgang

Das Fallbeispiel Murgang behandelt die Valiniruns in Sargans. Dieses Steilgerinne beginnt in einem aktiven Steinschlaggebiet und endet auf einem ausgeprägten Murgangkegel am Bergfuss. Aufgrund der Feldbeurteilung sind Murgänge möglich, welche die Kapazität des Gerinnes übersteigen. Die Gefährdung wird für einen teilweise besiedelten Bereich am Kegelfuss beurteilt.

Fallbeispiel Rutschung

Das Fallbeispiel Rutschung behandelt zwei Parzellen in der Stadt St. Gallen. Aufgrund der Feldbeurteilung zeigt sich eine minimale Kriechbewegung in einem Teilbereich. Die Gefährdung wird aufgrund dieser Feldanalyse beurteilt.

Fallbeispiel Sturz

Das Fallbeispiel Sturz behandelt einen Teilbereich des Steinschlaggebietes Passati in Sargans. Die Feldbeurteilung zeigt eine hohe Aktivität von Sturzereignissen aufgrund der frischen Spuren im Ablagerungsbereich. Die Gefährdung wird für einen teilweise besiedelten Bereich beurteilt.

Fallbeispiel Lawine

Das Fallbeispiel Lawine behandelt die St. Leonhardslauri in Vättis. Diese Lawine erreicht den Kegelhals gemäss der Ereignischronik jährlich. Die Gefährdung wird für einen teilweise besiedelten Bereich beurteilt.

9.2 Fallbeispiel: Punktuelle Gefahrenbeurteilung Hochwasser

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Waldkirch	1118	30.04.2003	1 / 4

Einwirkungen

Gefahrenquelle	Edlischwilerbach, Einzugsgebiet = 0.31 km ²
-----------------------	--

Methodik	Hochwasserabschätzung gemäss BWG 2003. Feldbeurteilung von Gerinne bezüglich Ausbruchstellen und Ufererosion durch Vergleich mit Normalabfluss und Schleppspannung. Abschätzung von Überschwemmungsausbreitung und der auftretenden Intensitäten bei Hochwasser mit Hilfstabellen.
-----------------	--

Grundlagen	Bericht: Hochwassergutachten Edlischwil des Ingenieurbüros Kuster + Hager AG vom 31.10.2001.
-------------------	--

Systemzustand	Der aktuelle Zustand von Gerinne und angeschlossener Fläche wird für die Gefahrenbeurteilung berücksichtigt. Der Ernetschwilerbach ist eingedolt. Die Kapazität der Eindolung beträgt rund 2.0 m ³ /s.
----------------------	---

Hochwasser	Wiederkehrperiode [Jahre]	(5)	30	100	300
	Hochwasserspitzenabfluss [m ³ /s]			3.8	4.6

Gefährdung

Provisorische Einstufung	Die Parzelle 1118 ist aufgrund der Überschwemmung des Ernetschwilerbaches gering gefährdet. Die wirkende Intensität ist schwach bei seltenen und sehr seltenen Ereignissen.
---------------------------------	---

Massnahmen

Variante(n)	Beschreibung
Objektschutz	Im gefährdeten Teil der Parzelle sind die Gebäudeöffnungen so zu wählen, dass kein Wasser eindringen kann.
Offenlegung	Mittels einer Bachöffnung wird genügend Kapazität für den Hochwasserabfluss geschaffen. Auf Objektschutzmassnahmen an den Gebäuden kann verzichtet werden.

Raumplanung

Empfehlung	Eine Neubaute auf der Parzelle 1118 kann nach der Beurteilung der Hochwassergefahr zugelassen werden. Die Neubaute darf den Hochwasserabfluss nicht behindern. Die Baute ist so zu gestalten, dass kein Wasser in das Gebäudeinnere eintritt (erhöhte Lichtschächte, geschützte Türen u.a.m.).
-------------------	--

Beurteilung

Gutachter / Dokument	Angabe Name und Adresse des Gutachters inkl. der abgegebenen Dokumente.
-----------------------------	---

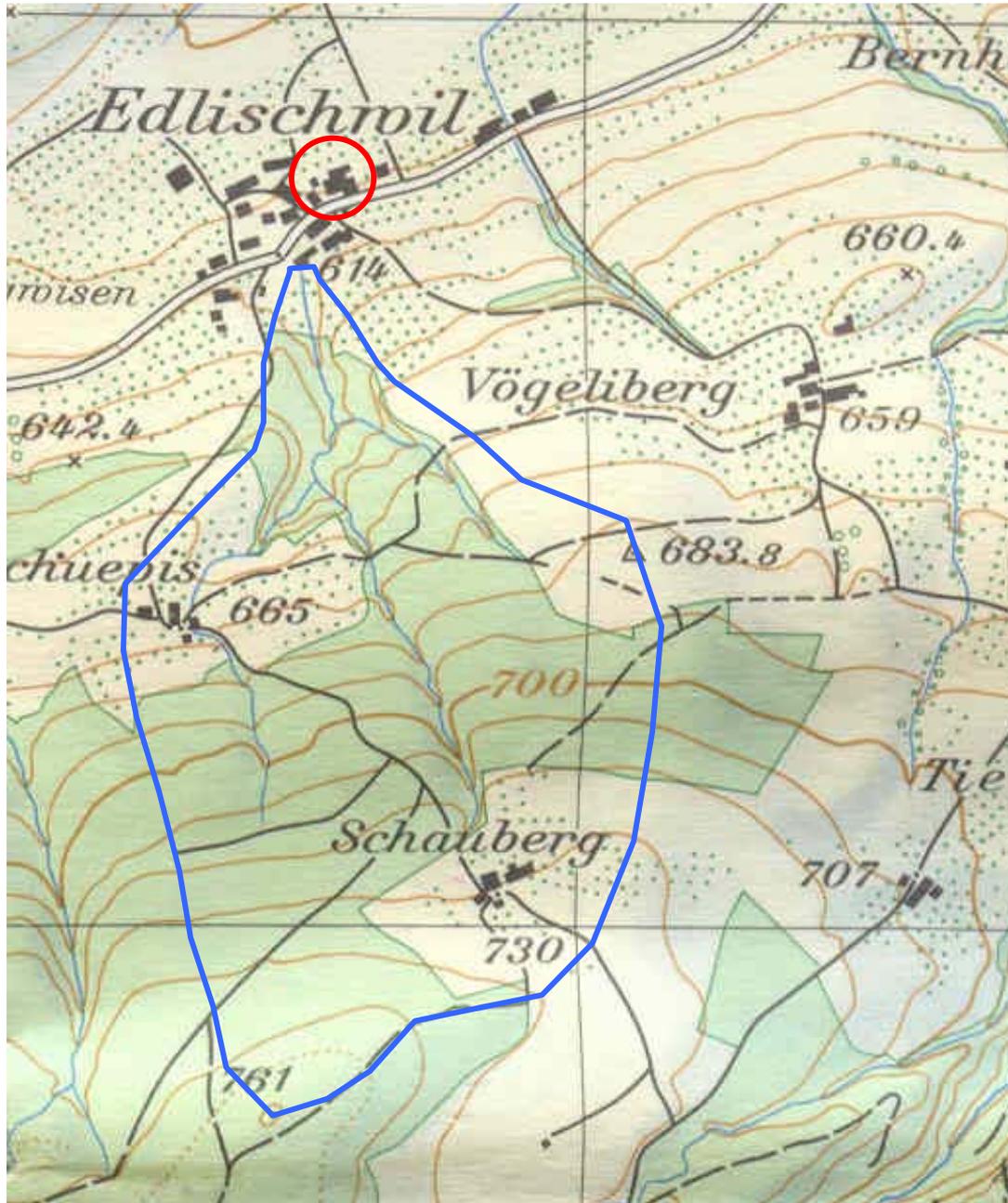
Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Hochwasser

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Waldkirch	1118	30.04.2003	2 / 4

Übersicht der Gefahrenquelle(n) und Parzelle(n)

 Betroffene Parzelle

 Einzugsgebiet



Fallbeispiel: Punktuelle Gefahrenbeurteilung Hochwasser

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Waldkirch	1118	30.04.2003	3 / 4

Intensitätsstufen

Farbe	Intensitätsstufe	Physikalische Bedeutung	
		Überschwemmung	Ufererosion
	Schwache Intensität	Überschwemmungstiefe < 0.5 m oder Fliesstiefe x Fließgeschwindigkeit < 0.5 m ² /s	d < 0.5 m Mächtigkeit
	Mittlere Intensität	0.5 m < Überschwemmungstiefe < 2.0 m oder 0.5 m ² /s < Fliesstiefe x Fließgeschwindigkeit < 2.0 m ² /s	0.5 m < d < 2.0 m Mächtigkeit
	Starke Intensität	Überschwemmungstiefe > 2.0 m oder Fliesstiefe x Fließgeschwindigkeit > 2.0 m ² /s	d > 2.0 m Mächtigkeit

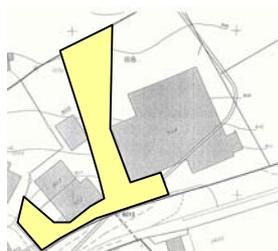
Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 30 Jahre

Beurteilung
Im Bereich der Eindolung fließen 2 m ³ /s ab. Der Weiler wird mit 1.8 m ³ /s überschwemmt. Die Parzelle 1118 ist von dieser Überschwemmung nicht betroffen.



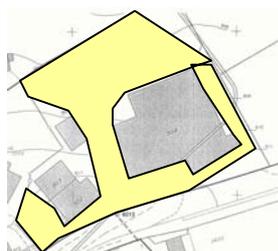
Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 100 Jahre

Beurteilung
Es muss mit einer Verklausung der Eindolung gerechnet werden. Der Weiler wird mit 4.6 m ³ /s überschwemmt. Die Parzelle 1118 ist davon betroffen. Die Intensität der Überschwemmung ist schwach.



Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 300 Jahre

Beurteilung
Es muss mit einer Verklausung der Eindolung gerechnet werden. Der Weiler wird mit 6 m ³ /s überschwemmt. Die Parzelle 1118 ist davon betroffen. Die Intensität der Überschwemmung ist schwach.



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Hochwasser

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Waldkirch	1118	30.04.2003	4 / 4

Gefahrenstufen

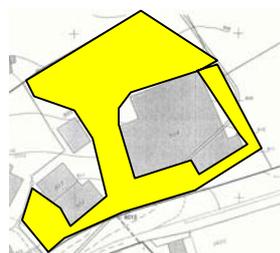
Grundsatz:

In den Naturgefahrengebieten haben Bauten und Anlagen besonderen Anforderungen an den Personen- und Sachwertschutz zu genügen. Massgebend ist die Richtlinie „Objektschutz gegen Naturgefahren“ der Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St.Gallen. Objektschutzmassnahmen haben sich nach dieser Richtlinie zu orientieren.

Farbe	Gefährdungsstufe	Raumplanerische/Bautechnische Bedeutung
	Keine Gefährdung	Gefahrengebiet weiss: nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung
	Geringe Gefährdung	Gefahrengebiet gelb: Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten und Neubauten sind zulässig. Für öffentliche Bauten und Anlagen sowie besondere Bauvorhaben wie Bauten für grosse Menschenansammlungen, mit hohen Sachwerten oder hohem Folgeschadenpotential sind die Objektschutzmassnahmen verbindlich einzuhalten. Für die übrigen Bauten und Anlagen gelten die Objektschutzmassnahmen als Empfehlung.
	Mittlere Gefährdung	Gefahrengebiet blau: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Bauliche Veränderungen, die darüber hinausgehen (Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten, Neubauten) sind nur zulässig, wenn für das Bauvorhaben die notwendigen Objektschutzmassnahmen getroffen werden.
	Hohe Gefährdung	Gefahrengebiet rot: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Weitergehende Massnahmen wie z.B. die Pflicht zur Ausführung von Objektschutzmassnahmen bleiben vorbehalten. Die Erstellung von neuen Bauten und Anlagen ist untersagt.

Die Zuteilung zu den Gefährdungsstufen erfolgt gemäss der Empfehlung „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ des Bundesamtes für Wasserwirtschaft von 1997.

Provisorische Gefahrenkarte



9.3 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Murgang

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	1 / 4

Einwirkungen

Gefahrenquelle	Valiniruns, Einzugsgebietsgrösse 0.19 km ²
-----------------------	---

Methodik	Feldbeurteilung des vorhandenen Geschiebepotentials und der morphologischen Spuren früherer Ereignisse. Begehung von Kegel, Transportbereich und Einzugsgebiet. Rechnerische Abschätzung der Murgangreichweite und der Murgangintensität auf dem Kegel nach Rickenmann (1995).
-----------------	--

Grundlagen	Bericht: Gefahrenkarte Sargans Passati, Geotest AG, Zollikofen, 2000
-------------------	--

Systemzustand	Der aktuelle Zustand von Einzugsgebiet, Gerinne und Kegel wird für die Gefahrenbeurteilung berücksichtigt.
----------------------	--

Murgang	Wiederkehrperiode [Jahre]	(5)	30	100	300
	Frachtvolumen [m ³]	100	1000	3000	5000

Gefährdung

Provisorische Einstufung	Mittlere Gefährdung aufgrund der Ereignisse einer Wiederkehrperiode von 100 und 300 Jahren mit mittlerer Intensität.
---------------------------------	--

Massnahmen

Variante(n)	Beschreibung
Objektschutz	Eine Neubaute soll der dynamischen Wirkung der Murgänge standhalten (Bemessung: 1 m Übermurgungstiefe, 3 m/s Fliessgeschwindigkeit). Die Gebäudedichtigkeit soll bis 0.5 m über OK Terrain gewährleistet sein. Bergseitig oder seitlich angeordnete Türen sind vor dem Geschiebeanprall zu schützen.

Raumplanung

Empfehlung	Im Rahmen der Zonenplanrevision ist die Gefährdung detailliert zu ermitteln und als überlagerte Zone auszuscheiden.
-------------------	---

Beurteilung

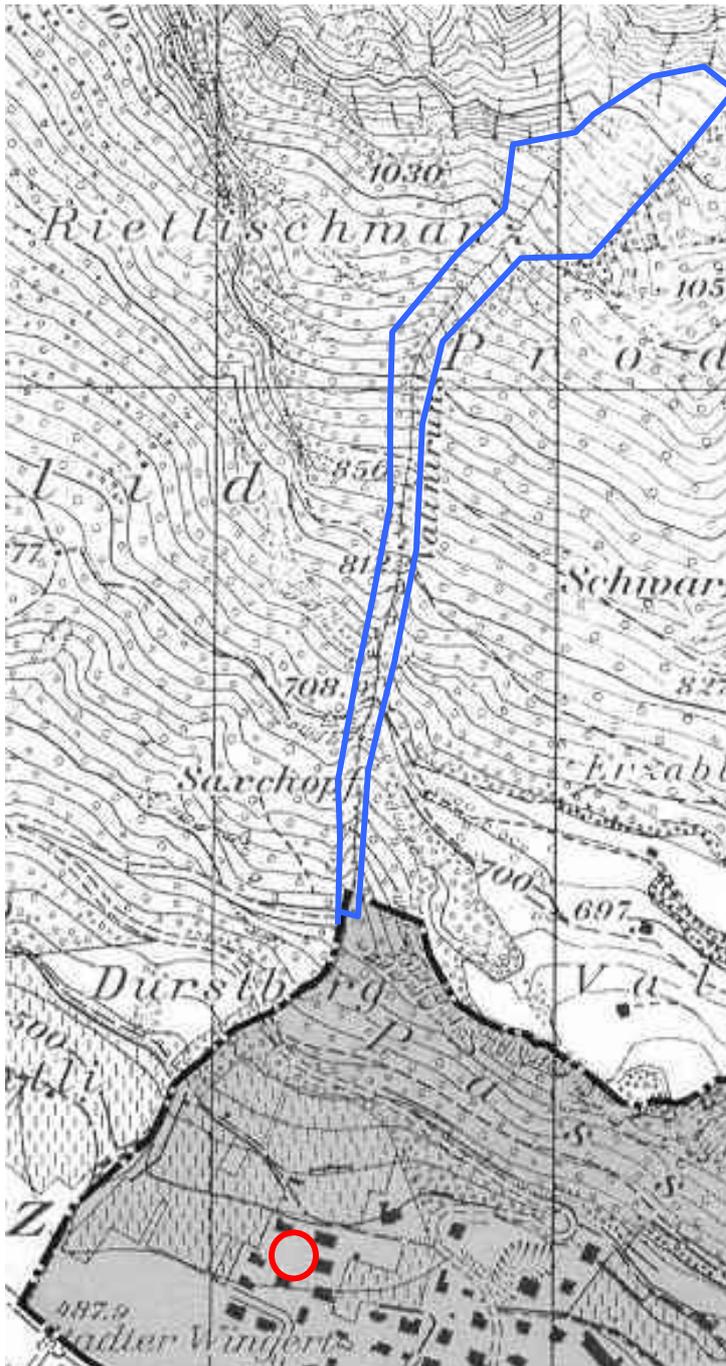
Gutachter / Dokument	Angabe Name und Adresse des Gutachters inkl. der abgegebenen Dokumente.
-----------------------------	---

Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Murgang

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	2 / 4

Übersicht der Gefahrenquelle(n) und Parzelle(n)

-  Betroffene Parzelle
-  Einzugsgebiet



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Murgang

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	3 / 4

Intensitätsstufen

Farbe	Intensitätsstufe	Physikalische Bedeutung
	Schwache Intensität	Übermurgungstiefe < 0.5 m oder Fliesstiefe x Fliessgeschwindigkeit < 0.5 m ² /s
	Mittlere Intensität	0.5 m < Übermurgungstiefe < 2.0 m oder 0.5 m ² /s < Fliesstiefe x Fliessgeschwindigkeit < 2.0 m ² /s
	Starke Intensität	Übermurgungstiefe > 2.0 m oder Fliesstiefe x Fliessgeschwindigkeit > 2.0 m ² /s

Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 30 Jahre

Beurteilung	Der Murgang mit der Fracht von ca. 1000 m ³ erreicht das betroffene Grundstück nicht. Nachfliessendes Wasser führt zu einer Überschwemmung schwacher Intensität.
--------------------	---



Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 100 Jahre

Beurteilung	Der Murgang mit der Fracht von ca. 3000 m ³ erreicht das betroffene Grundstück. Die Übermurgung weist eine Fliesstiefe von ca. 0.5 m und eine Fliessgeschwindigkeit von ca. 2 m/s auf. Somit resultiert eine mittlere Intensität.
--------------------	--



Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 300 Jahre

Beurteilung	Der Murgang mit der Fracht von ca. 5000 m ³ erreicht das betroffene Grundstück. Die Übermurgung weist eine Fliesstiefe von ca. 0.7 m und eine Fliessgeschwindigkeit von ca. 2 m/s auf. Somit resultiert eine mittlere Intensität.
--------------------	--



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Murgang

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	4 / 4

Gefahrenstufen

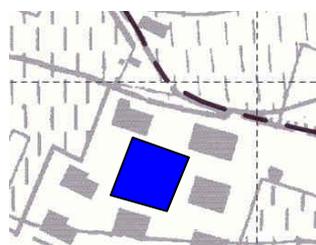
Grundsatz:

In den Naturgefahrengebieten haben Bauten und Anlagen besonderen Anforderungen an den Personen- und Sachwertschutz zu genügen. Massgebend ist die Richtlinie „Objektschutz gegen Naturgefahren“ der Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St.Gallen. Objektschutzmassnahmen haben sich nach dieser Richtlinie zu orientieren.

Farbe	Gefährdungsstufe	Raumplanerische/Bautechnische Bedeutung
	Keine Gefährdung	Gefahrengebiet weiss: nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung
	Geringe Gefährdung	Gefahrengebiet gelb: Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten und Neubauten sind zulässig. Für öffentliche Bauten und Anlagen sowie besondere Bauvorhaben wie Bauten für grosse Menschenansammlungen, mit hohen Sachwerten oder hohem Folgeschadenpotential sind die Objektschutzmassnahmen verbindlich einzuhalten. Für die übrigen Bauten und Anlagen gelten die Objektschutzmassnahmen als Empfehlung.
	Mittlere Gefährdung	Gefahrengebiet blau: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Bauliche Veränderungen, die darüber hinausgehen (Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten, Neubauten) sind nur zulässig, wenn für das Bauvorhaben die notwendigen Objektschutzmassnahmen getroffen werden.
	Hohe Gefährdung	Gefahrengebiet rot: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Weitergehende Massnahmen wie z.B. die Pflicht zur Ausführung von Objektschutzmassnahmen bleiben vorbehalten. Die Erstellung von neuen Bauten und Anlagen ist untersagt.

Die Zuteilung zu den Gefährdungsstufen erfolgt gemäss der Empfehlung „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ des Bundesamtes für Wasserwirtschaft von 1997. Die Diagonalfelder werden gemäss der Weisung der NGK St. Gallen interpretiert.

Provisorische Gefahrenkarte



9.4 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Rutschung

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Stadt St.Gallen	W3357 / W3359	30.04.2003	1 / 4

Einwirkungen

Gefahrenquelle	Gebiet Hölzli
Methodik	Feldbeurteilung der auftretenden Intensitäten aufgrund der Morphologie und von stummen Zeugen. Die „Wegleitung Naturgefahrenanalyse im Kanton St.Gallen“ bildet die fachlich-methodische Grundlage.
Grundlagen	Es standen für diese Abklärung keine Grundlagen resp. Bodensondierungen zur Verfügung.
Systemzustand	Der aktuelle Zustand wird berücksichtigt.
Geologie	Die Parzellen befinden sich im Bereich der Moränenablagerungen der Würmeiszeit des Schlieren-Stadiums. Unterlagert sind diese Ablagerungen des Quartärs von der Molasse.

Gefährdung

Provisorische Einstufung	Geringe Gefährdung des nördlichen Randes der Parzelle Nr. 3359 infolge einer permanenten Rutsch- resp. Kriechbewegung geringer Intensität.
---------------------------------	--

Bauliche Massnahmen

Variante(n)	Beschreibung
Objektschutz	Im gefährdeten Teil der Parzelle sind Bauten so zu fundieren, dass eine Lastabtragung unter die Gleitfläche erfolgt. Meteorwasser sollte nicht in diesen Bereich zur Versickerung gelangen.
Stabilisierung	Wird die Rutschung stabilisiert, so erübrigen sich die Objektschutzmassnahmen

Raumplanung

Empfehlung	Eine Einzonung der Parzellen Nr. 3357 und 3359 kann nach der Beurteilung der Rutschgefahr zugelassen werden. Im Rahmen der Zonenplanrevision ist die Gefährdung als überlagerte Zone auszuweisen.
-------------------	---

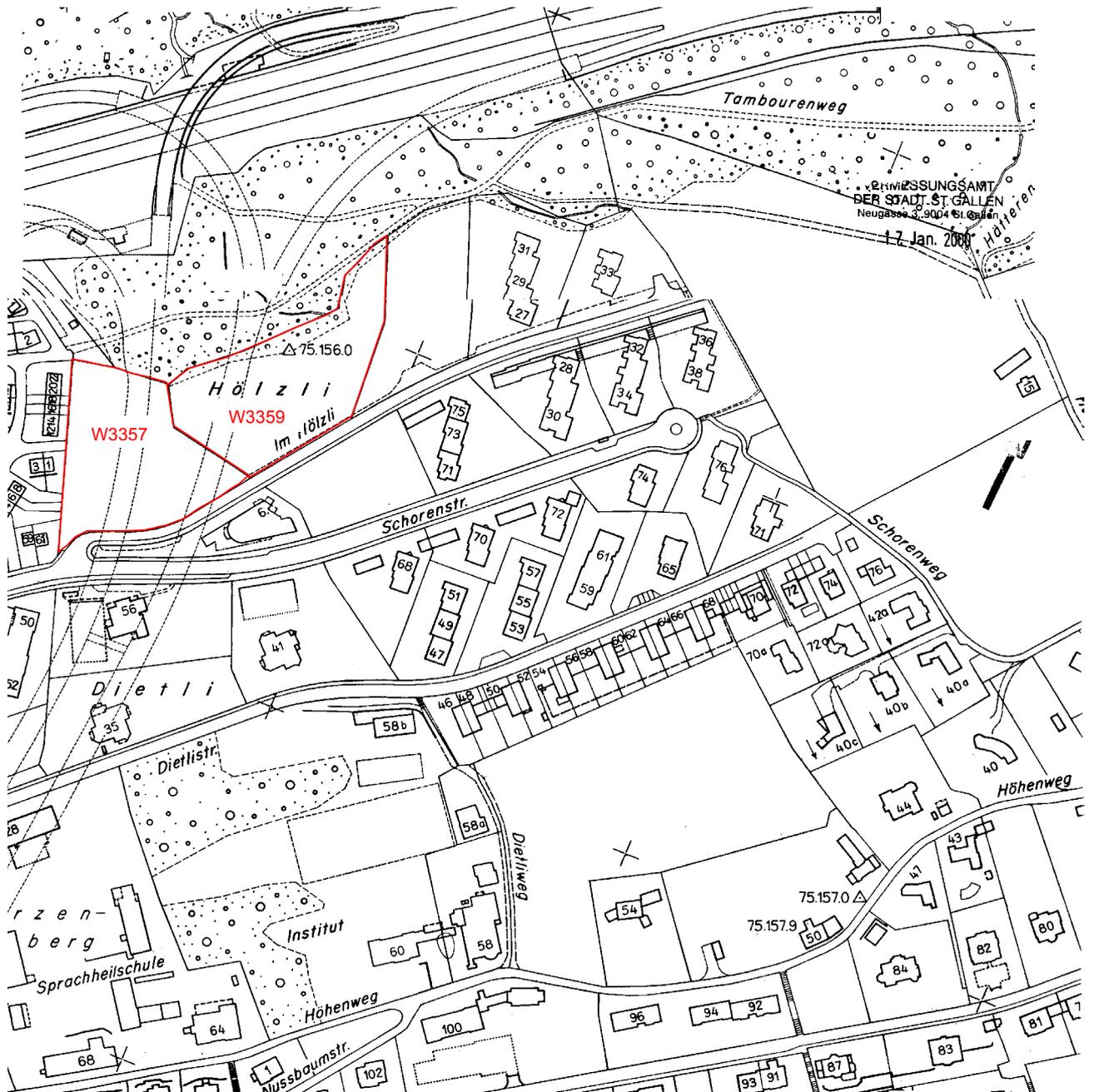
Beurteilung

Gutachter / Dokument	Angabe Name und Adresse des Gutachters inkl. der abgegebenen Dokumente.
-----------------------------	---

Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Rutschungen

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Stadt St. Gallen	W3357 / W3359	30.04.2003	2 / 4

Übersicht der Parzelle(n)



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Rutschungen

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Stadt St. Gallen	W3357 / W3359	30.04.2003	3 / 4

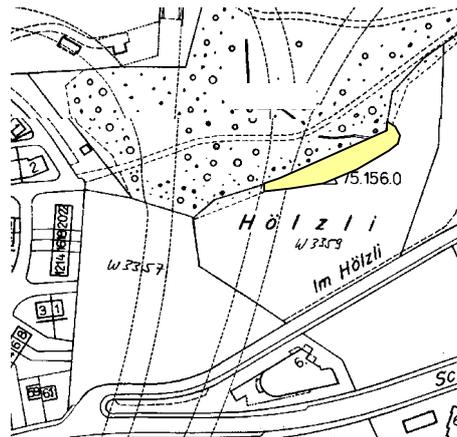
Intensitätsstufen

Farbe	Intensitätsstufe	Physikalische Bedeutung	
		Permanente Rutschungen	Spontanrutschungen
■	Schwache Intensität	Geschwindigkeit $v < 2$ cm / Jahr	Mächtigkeit $d < 0.5$ m
■	Mittlere Intensität	2 cm / Jahr $< v < 10$ cm / Jahr	0.5 m $< d < 2$ m
■	Starke Intensität	$v > 10$ cm / Jahr oder starke differentielle Bewegungen	$d > 2$ m

Provisorische Intensitätskarte permanente Rutschungen

Beurteilung

Aufgrund von Morphologie und den stummen Zeugen (Säbelwuchs der Bäume) kann auf eine permanente Rutschbewegung geringer Intensität geschlossen werden.



Provisorische Intensitätskarte Spontanrutschungen

Beurteilung

Es wird mit keinen Spontanrutschungen gerechnet.

Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Rutschungen

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Stadt St.Gallen	W3357 / W3359	30.04.2003	4 / 4

Gefahrenstufen

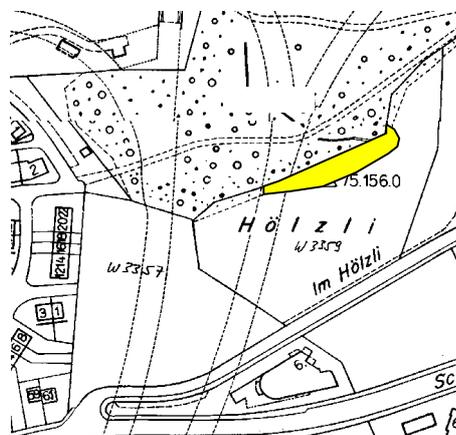
Grundsatz:

In den Naturgefahrengebieten haben Bauten und Anlagen besonderen Anforderungen an den Personen- und Sachwertschutz zu genügen. Massgebend ist die Richtlinie „Objektschutz gegen Naturgefahren“ der Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St.Gallen. Objektschutzmassnahmen haben sich nach dieser Richtlinie zu orientieren.

Farbe	Gefährdungsstufe	Raumplanerische / bautechnische Bedeutung
	Keine Gefährdung	Gefahrengebiet weiss: nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung
	Geringe Gefährdung	Gefahrengebiet gelb: Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten und Neubauten sind zulässig. Für öffentliche Bauten und Anlagen sowie besondere Bauvorhaben wie Bauten für grosse Menschenansammlungen, mit hohen Sachwerten oder hohem Folgeschadenpotential sind die Objektschutzmassnahmen verbindlich einzuhalten. Für die übrigen Bauten und Anlagen gelten die Objektschutzmassnahmen als Empfehlung.
	Mittlere Gefährdung	Gefahrengebiet blau: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Bauliche Veränderungen, die darüber hinausgehen (Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten, Neubauten) sind nur zulässig, wenn für das Bauvorhaben die notwendigen Objektschutzmassnahmen getroffen werden.
	Hohe Gefährdung	Gefahrengebiet rot: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Weitergehende Massnahmen wie z.B. die Pflicht zur Ausführung von Objektschutzmassnahmen bleiben vorbehalten. Die Erstellung von neuen Bauten und Anlagen ist untersagt.

Die Zuteilung zu den Gefährdungsstufen erfolgt gemäss der Empfehlung „Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft von 1997.

Provisorische Gefahrenkarte



9.5 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Sturz

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	1 / 4

Einwirkungen

Gefahrenquelle	Felswand Passati
-----------------------	------------------

Methodik	Feldbeurteilung der Aktivität der Sturzquelle sowie der Form und Grösse der Sturzkomponenten und ihrer Sprunghöhe und Reichweite. Berechnung von Geschwindigkeit und Energie der Sturzkomponenten mit Hilfe der Pauschalgefällemethode (Gerber 1994).
-----------------	---

Grundlagen	Bericht: Gefahrenkarte Sargans Passati, Geotest AG, Zollikofen, 2000
-------------------	--

Systemzustand	Der aktuelle Zustand von Sturzquelle, Transit- und Ablagerungsgebiet wird für die Gefahrenbeurteilung berücksichtigt.
----------------------	---

Steinschlag	Wiederkehrperiode [Jahre]	(5)	30	100	300
	Masse der Sturzkomponente [t]	0.08	2.5	5	10

Gefährdung

Provisorische Einstufung	Erhebliche Gefährdung aufgrund der starken Intensität bei sehr seltenen Ereignissen.
---------------------------------	--

Massnahmen

Variante(n)	Beschreibung
Steinschlagnetz	Ein Steinschlagnetz soll die rollenden und springenden Blöcke im Bereich des Waldrandes stoppen. Hierfür ist mind. eine Netzhöhe von 3 m und ein Energieaufnahmevermögen von rund 1500 kJ erforderlich.

Raumplanung

Empfehlung	Eine Baubewilligung kann aufgrund der ermittelten Steinschlaggefahr auf der untersuchten Parzelle nicht erteilt werden. Eine Reduktion der ermittelten Gefahrenstufe soll erst nach Bau und erfolgreicher Bewährung von Schutzmassnahmen (bei einer minimalen Beobachtungsperiode von 5 Jahren) erfolgen.
-------------------	---

Beurteilung

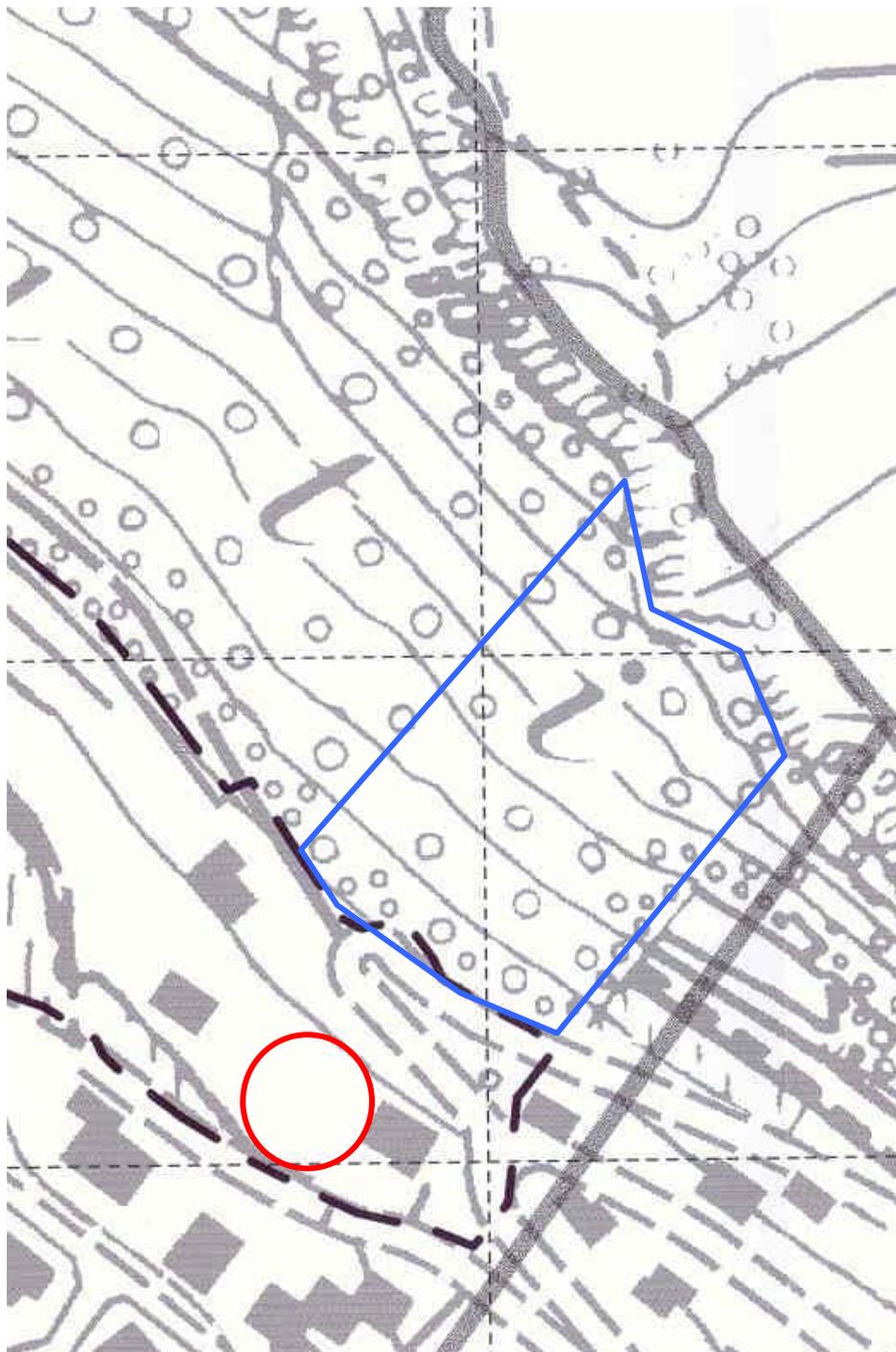
Gutachter / Dokument	Angabe Name und Adresse des Gutachters inkl. der abgegebenen Dokumente.
-----------------------------	---

Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Sturz

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	2 / 4

Übersicht der Gefahrenquelle(n) und Parzelle(n)

-  Betroffene Parzelle
-  Sturzquelle



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Sturz

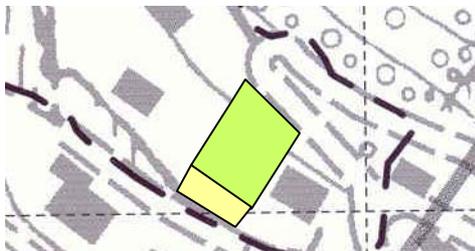
Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	3 / 4

Intensitätsstufen

Farbe	Intensitätsstufe	Physikalische Bedeutung
	Schwache Intensität	Kinetische Energie < 30 kJ
	Mittlere Intensität	300 kJ > Kinetische Energie > 30 kJ
	Starke Intensität	Kinetische Energie > 300 kJ

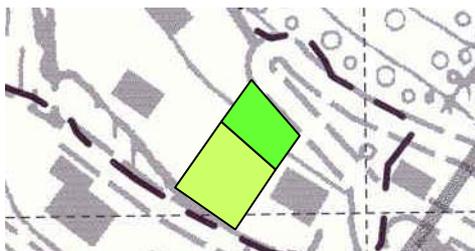
Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 30 Jahre

Beurteilung	Es wird ein Pauschalgefälle von 70 % angenommen. Hieraus ergeben sich für Blöcke mit der Masse von 2.5 t im oberen Parzellenbereich eine mittlere Intensität und im unteren Parzellenbereich eine schwache Intensität.
--------------------	--



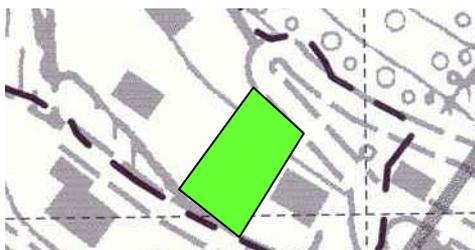
Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 100 Jahre

Beurteilung	Es wird ein Pauschalgefälle von 70 % angenommen. Hieraus ergeben sich für Blöcke mit der Masse von 5 t im oberen Parzellenbereich eine starke Intensität und im unteren Parzellenbereich eine mittlere Intensität.
--------------------	--



Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 300 Jahre

Beurteilung	Es wird ein Pauschalgefälle von 65 % angenommen. Hieraus ergibt sich für Blöcke mit der Masse von 10 t im gesamten Parzellenbereich eine starke Intensität.
--------------------	---



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Sturz

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Sargans	---	30.04.2003	4 / 4

Gefahrenstufen

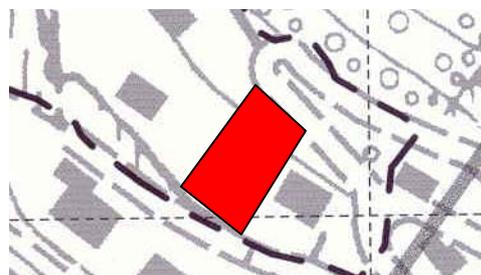
Grundsatz:

In den Naturgefahrengebieten haben Bauten und Anlagen besonderen Anforderungen an den Personen- und Sachwertschutz zu genügen. Massgebend ist die Richtlinie „Objektschutz gegen Naturgefahren“ der Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St.Gallen. Objektschutzmassnahmen haben sich nach dieser Richtlinie zu orientieren.

Farbe	Gefährdungsstufe	Raumplanerische/Bautechnische Bedeutung
	Keine Gefährdung	Gefahrengebiet weiss: nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung
	Geringe Gefährdung	Gefahrengebiet gelb: Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten und Neubauten sind zulässig. Für öffentliche Bauten und Anlagen sowie besondere Bauvorhaben wie Bauten für grosse Menschenansammlungen, mit hohen Sachwerten oder hohem Folgeschadenpotential sind die Objektschutzmassnahmen verbindlich einzuhalten. Für die übrigen Bauten und Anlagen gelten die Objektschutzmassnahmen als Empfehlung.
	Mittlere Gefährdung	Gefahrengebiet blau: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Bauliche Veränderungen, die darüber hinausgehen (Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten, Neubauten) sind nur zulässig, wenn für das Bauvorhaben die notwendigen Objektschutzmassnahmen getroffen werden.
	Hohe Gefährdung	Gefahrengebiet rot: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Weitergehende Massnahmen wie z.B. die Pflicht zur Ausführung von Objektschutzmassnahmen bleiben vorbehalten. Die Erstellung von neuen Bauten und Anlagen ist untersagt.

Die Zuteilung zu den Gefährdungsstufen erfolgt gemäss der Empfehlung „Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft von 1997.

Provisorische Gefahrenkarte



9.6 Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Lawine

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Vättis	---	30.04.2003	1 / 4

Einwirkungen

Gefahrenquelle	St. Leonhardslai, Höchster Punkt im Einzugsgebiet: 2120 m ü. M.
-----------------------	---

Methodik	Sichtung des Lawinenkatasters von Kreisforstamt III. Feldbeurteilung von Sturzbahn und Kegelbereich (Topographie, Bewaldung, morphologische Spuren). Berechnung der Lawinenauslaufstrecke nach Salm et al. (1990).
-----------------	--

Grundlagen	Bericht: Lawinen-Gefahrenkarte Gemeinde Pfäfers, Ingenieurbüro B. Teufen, Davos, 2000
-------------------	---

Systemzustand	Der aktuelle Zustand von Transport- und Ablagerungsbereich wird für die Gefahrenbeurteilung berücksichtigt.
----------------------	---

Lawine	Wiederkehrperiode [Jahre]	(5)	30	100	300
	Anrissmächtigkeit [m]		0.8	0.9	1.0

Gefährdung

Provisorische Einstufung	Geringe Gefährdung aufgrund der Luftdruckbelastung bei sehr seltenen Ereignissen.
---------------------------------	---

Massnahmen

Variante(n)	Beschreibung
Objektschutz	Schutzmassnahmen am Gebäude gegen die Luftdruckbelastung durch die Lawine.

Raumplanung

Empfehlung	Die St. Leonhardslai stellt für die untersuchte Parzelle nur eine geringe Gefährdung dar. Die Gefährdung durch den Görbsbach und durch die Lättloui muss separat geprüft werden.
-------------------	--

Beurteilung

Gutachter / Dokument	Angabe Name und Adresse des Gutachters inkl. der abgegebenen Dokumente.
-----------------------------	---

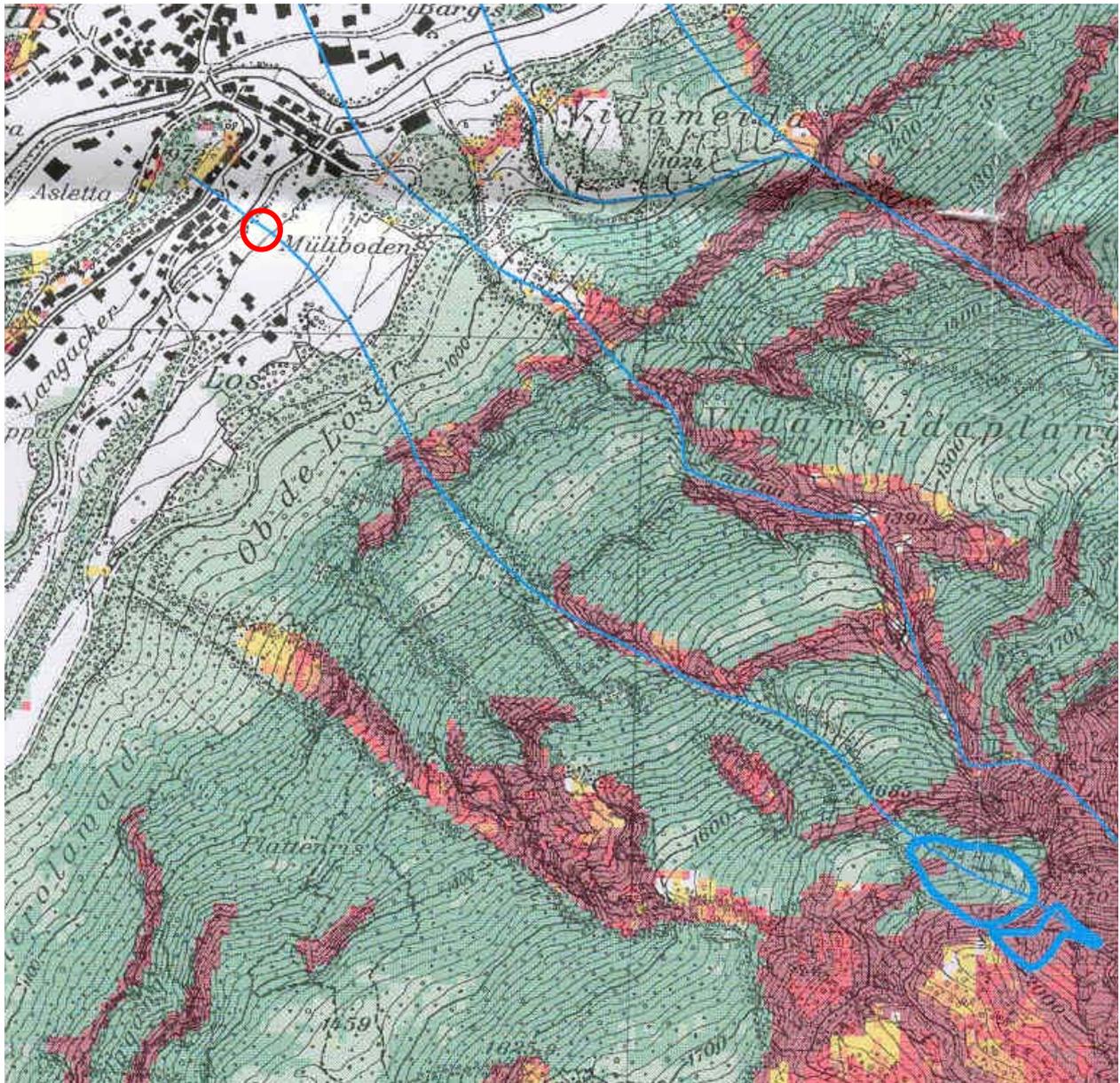
Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Lawine

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Vättis	---	30.04.2003	2 / 4

Übersicht der Gefahrenquelle(n) und Parzelle(n)

 Betroffene Parzelle

 Einzugsgebiet



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Lawine

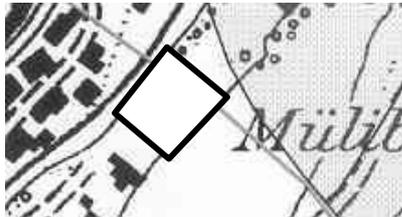
Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Vättis		30.04.2003	3 / 4

Intensitätsstufen

Farbe	Intensitätsstufe	Physikalische Bedeutung
	Schwache Intensität	Lawinendruck $p < 3 \text{ kN/m}^2$
	Mittlere Intensität	$30 \text{ kN/m}^2 > \text{Lawinendruck } p > 3 \text{ kN/m}^2$
	Starke Intensität	Lawinendruck $p > 30 \text{ kN/m}^2$

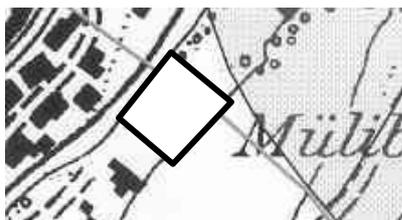
Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 30 Jahre

Beurteilung
Die Fliesslawine erreicht die Kote 967 m ü. M. Die zu untersuchende Parzelle wird nicht betroffen.



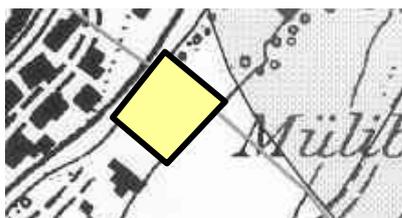
Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 100 Jahre

Beurteilung
Die Fliesslawine erreicht die Kote 965 m ü. M. Die zu untersuchende Parzelle wird nicht betroffen.



Provisorische Intensitätskarte Wiederkehrperiode 300 Jahre

Beurteilung
Die Fliesslawine erreicht die Kote 962 m ü. M. Die zu untersuchende Parzelle wird nicht betroffen. Es ist mit einer Luftdruckbelastung durch den Staublawinenanteil zu rechnen.



Fallbeispiel Punktuelle Gefahrenbeurteilung Lawine

Projekt Nr.	Ort	Parzelle(n) Nr.	Datum	Blatt
Vorgezogene, punktuelle Gefahrenabklärung	Vättis	---	30.04.2003	4 / 4

Gefahrenstufen

Grundsatz:

In den Naturgefahrengebieten haben Bauten und Anlagen besonderen Anforderungen an den Personen- und Sachwertschutz zu genügen. Massgebend ist die Richtlinie „Objektschutz gegen Naturgefahren“ der Gebäudeversicherungsanstalt des Kantons St.Gallen. Objektschutzmassnahmen haben sich nach dieser Richtlinie zu orientieren.

Farbe	Gefährdungsstufe	Raumplanerische/Bautechnische Bedeutung
	Keine Gefährdung	Gefahrengebiet weiss: nach dem derzeitigen Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung
	Geringe Gefährdung	Gefahrengebiet gelb: Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten und Neubauten sind zulässig. Für öffentliche Bauten und Anlagen sowie besondere Bauvorhaben wie Bauten für grosse Menschenansammlungen, mit hohen Sachwerten oder hohem Folgeschadenpotential sind die Objektschutzmassnahmen verbindlich einzuhalten. Für die übrigen Bauten und Anlagen gelten die Objektschutzmassnahmen als Empfehlung.
	Mittlere Gefährdung	Gefahrengebiet blau: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Bauliche Veränderungen, die darüber hinausgehen (Umbauten, Erweiterungen, Ersatzbauten, Neubauten) sind nur zulässig, wenn für das Bauvorhaben die notwendigen Objektschutzmassnahmen getroffen werden.
	Hohe Gefährdung	Gefahrengebiet rot: Bestehende Bauten und Anlagen dürfen unterhalten und zeitgemäss erneuert werden. Weitergehende Massnahmen wie z.B. die Pflicht zur Ausführung von Objektschutzmassnahmen bleiben vorbehalten. Die Erstellung von neuen Bauten und Anlagen ist untersagt.

Die Zuteilung zu den Gefährdungsstufen erfolgt gemäss der Empfehlung „Berücksichtigung der Lawinengefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung und des Bundesamtes für Forstwesen von 1984.

Provisorische Gefahrenkarte



10 Formulare und Hilfstabellen

10.1 Formulare

Die folgenden leeren Formulare dienen als Vorlage. Sie sollen kopiert werden für die Arbeit im Feld und dienen in ihrer digitalen Form als Word-Datei zur Bearbeitung im Büro.

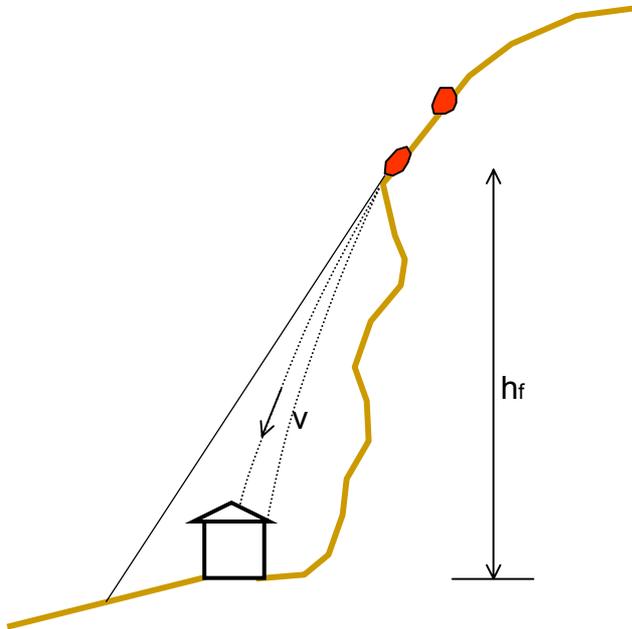
Beilage: Diskette mit Word-Dateien zur Punktuellen Gefahrenabklärung

- PGA_Hochwasser.doc
- PGA_Rutschung.doc
- PGA_Murgang.doc
- PGA_Sturz.doc
- PGA_Lawine.doc

10.2 Hilfstabellen

Einstufung der Translationsenergie von Sturzkomponenten

Die folgenden zwei Tabellen veranschaulichen die Translationsenergie von kugelförmigen Sturzkomponenten:



h_f = freie Fallhöhe, v = Translationsgeschwindigkeit

Masse m [t]	Radius r [m]	Freie Fallhöhe h_f [m]									
		0.3	1	5	12	20	32	46	62	82	
		Translationsgeschwindigkeit v [m/s]									
		2.5	5	10	15	20	25	30	35	40	
0.001	0.04	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	
0.01	0.10	0.0	0.1	0.5	1	2	3	5	6	8	
0.05	0.16	0.2	0.6	3	6	10	16	23	31	40	
0.10	0.21	0.3	1	5	11	20	31	45	61	80	
0.17	0.25	0.5	2	9	19	34	53	77	104	136	
0.25	0.28	0.8	3	13	28	50	78	113	153	200	
0.50	0.35	2	6	25	56	100	156	225	306	400	
1.00	0.45	3	13	50	113	200	313	450	613	800	
1.40	0.50	4	18	70	158	280	438	630	858	1120	
2.00	0.56	6	25	100	225	400	625	900	1225	1600	
3.00	0.65	9	38	150	338	600	938	1350	1838	2400	
4.00	0.71	13	50	200	450	800	1250	1800	2450	3200	
5.00	0.76	16	63	250	563	1000	1563	2250	3063	4000	
6.00	0.81	19	75	300	675	1200	1875	2700	3675	4800	
7.00	0.86	22	88	350	788	1400	2188	3150	4288	5600	
11.00	1.00	34	138	550	1238	2200	3438	4950	6738	8800	
22.00	1.25	69	275	1100	2475	4400	6875	9900	13475	17600	
38.00	1.50	119	475	1900	4275	7600	11875	17100	23275	30400	

Tabelle 9: Translationsenergie von kugelförmigen Sturzkomponenten mit Radius r und Masse m

Translationsenergie E_{trans}	Zerstörungspotential	Energieaufnahmevermögen von Fangkonstruktionen
0 bis 10 kJ	Zerstörung von Holzschichtwänden	Stahlstützen mit Fichtenrundholz
10 bis 30 kJ	Zerstörung von Fichtenrundholzwänden	Stahlstützen mit Eichenholz Drahtgeflechte mit einfacher Torsion
30 bis 100 kJ	Zerstörung von Stahlbetonwänden der Dicke von 0.2 bis 0.3 m	Einfache Drahtseilnetzverbauungen
100 bis 300 kJ	Zerstörung von Stahlbetonwänden der Dicke von 0.4 bis 0.5 m	Verbesserte Drahtseilnetzverbauungen
300 bis 1000 kJ		Drahtseilringnetze mit Bremsselementen
1000 bis 2000 kJ		Spezielle Drahtseilringnetzkonstruktionen
über 2000 kJ		Erddämme

Tabelle 10: Zerstörungspotential von Sturzkomponenten und Energieaufnahmevermögen von Fangkonstruktionen

Überschwemmungsausbreitung nach der Feldmethode

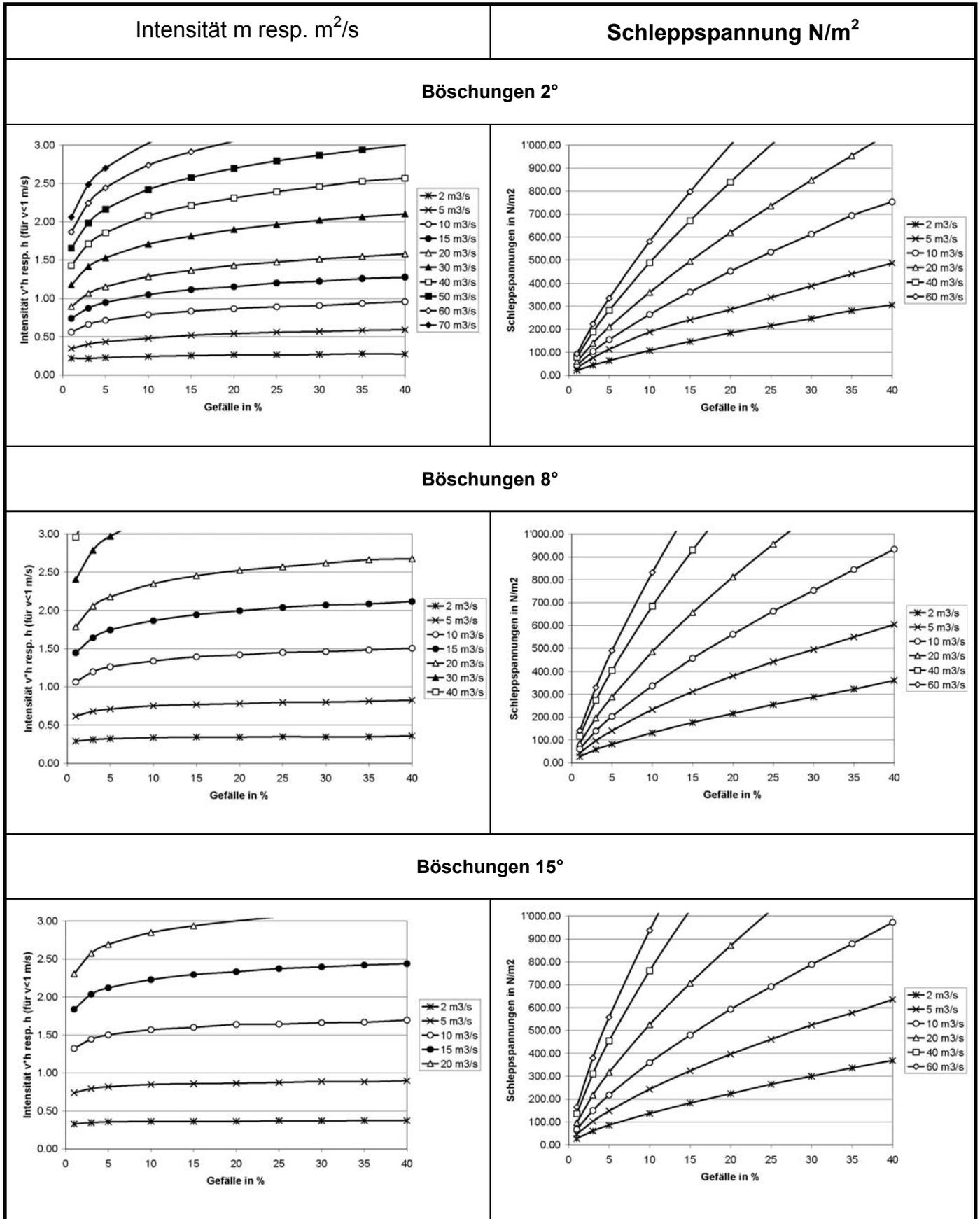
Die folgenden Hilfstabellen dienen der Einstufung der Intensität von Überschwemmungen im Feld. Diese Arbeitsunterlagen wurden anlässlich des Ausbildungskurses „Gefahrenkarten“ im Jahre 1997 vom Bundesamt für Wasser und Geologie den Kursteilnehmern abgegeben.

Diese Hilfstabellen wurden von der Ingenieure Bart AG erstellt und für die Wegleitung ergänzt. Neu hinzu kommen Grafiken, welche die Schleppspannungen an der Sohle für dieselben Profile und Abflüsse angeben, wie sie für die Intensitätsdiagramme verwendet werden.

Die Berechnungen der Intensitäten erfolgen nach der Formel von Manning-Strickler, wobei der hydraulische Radius wie folgt berücksichtigt wurde:

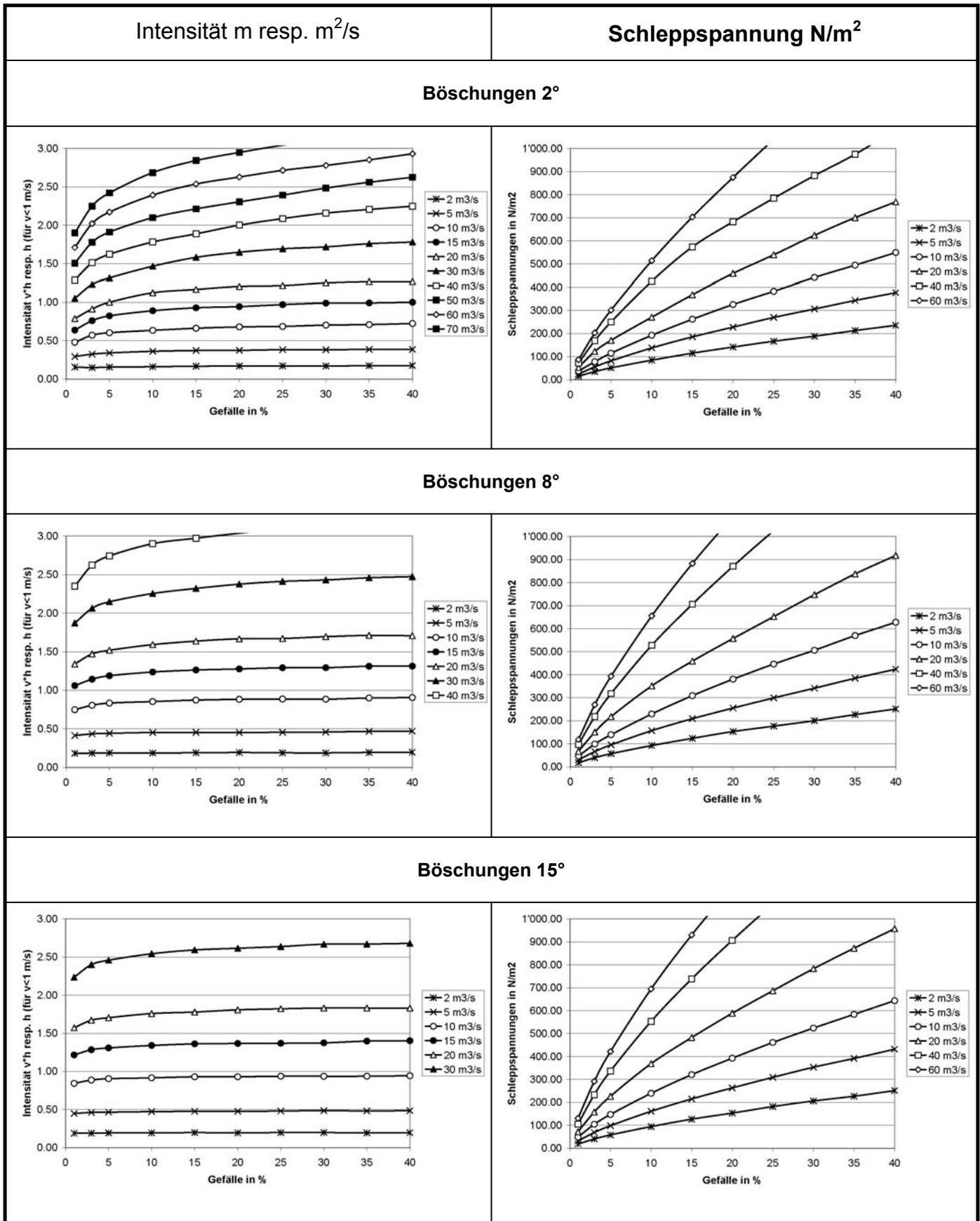
- Bei Verhältnissen zwischen Sohlenbreite und Abflusstiefe kleiner als 25 wurde der hydraulische Radius auf konventionelle Weise gerechnet, durch Division der benetzten Querschnittsfläche mit dem benetzten Umfang.
- Bei Verhältnissen zwischen Sohlenbreite und Fliesstiefe von über 35 wurde als hydraulischer Radius die Fliesstiefe eingesetzt.
- Zwischen diesen beiden Anwendungsarten wurde eine Mischrechnung durchgeführt, welche die Distanz zwischen den oben erwähnten Grenzen proportional berücksichtigt. Dadurch konnten fließende Übergänge gewährleistet werden.

Rinne mit 5 m Sohlenbreite



Stricklerbeiwert immer 30

Rinne mit 10 m Sohlenbreite



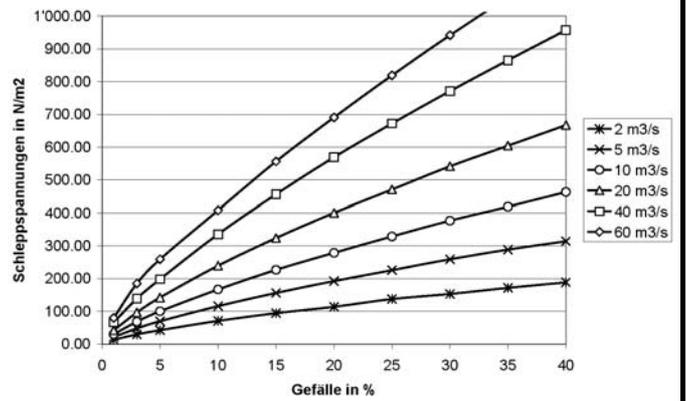
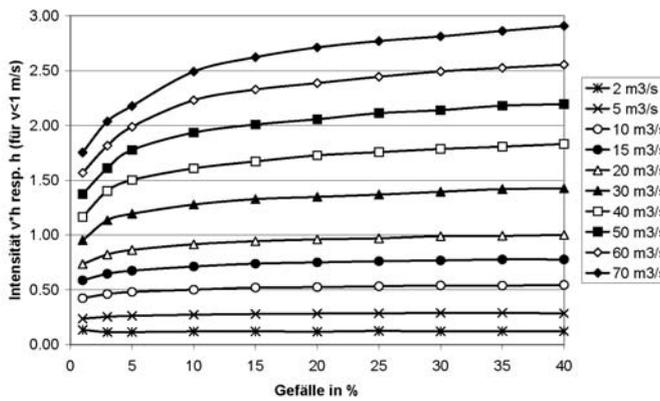
Stricklerbeiwert immer 30

Rinne mit 15 m Sohlenbreite

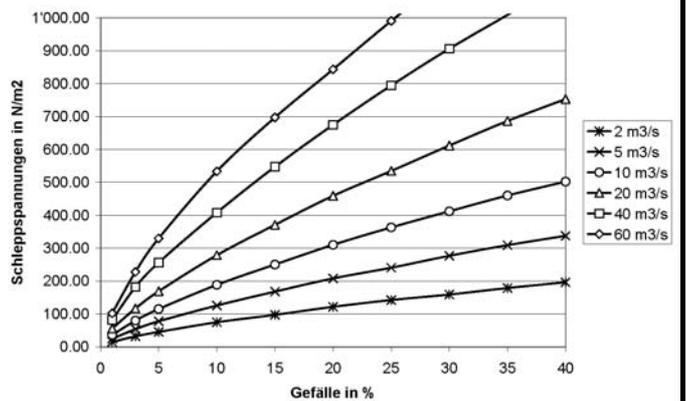
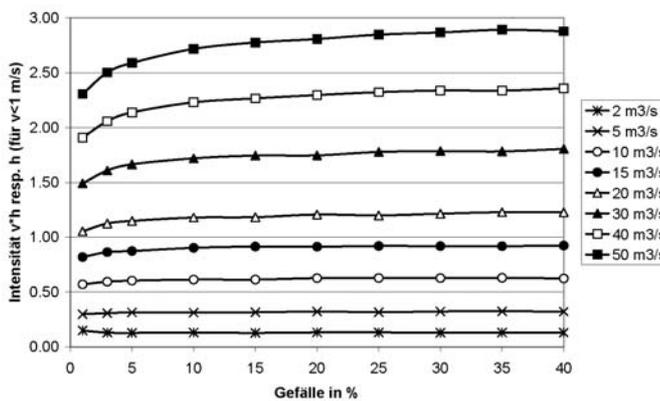
Intensität m resp. m^2/s

Schleppspannung N/m^2

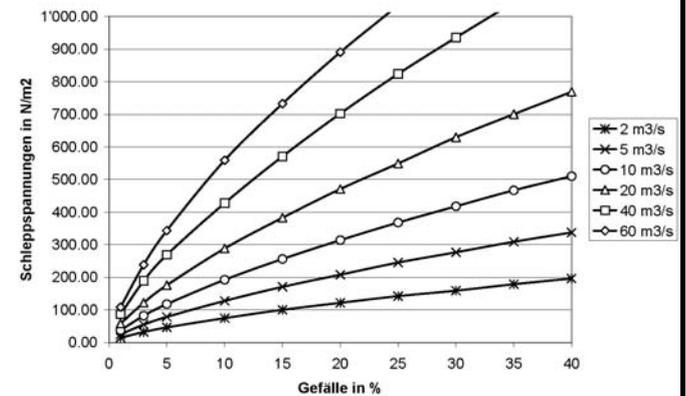
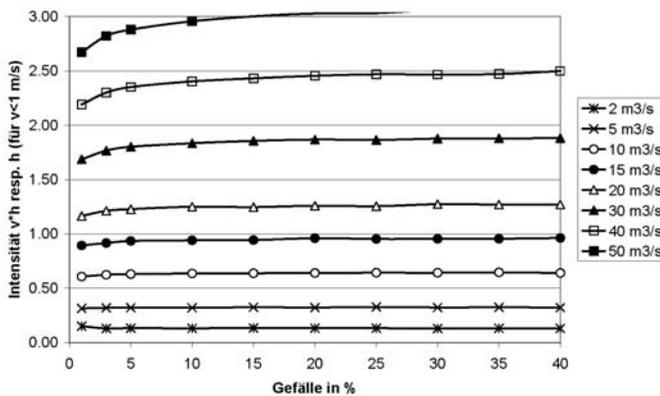
Böschungen 2°



Böschungen 8°



Böschungen 15°



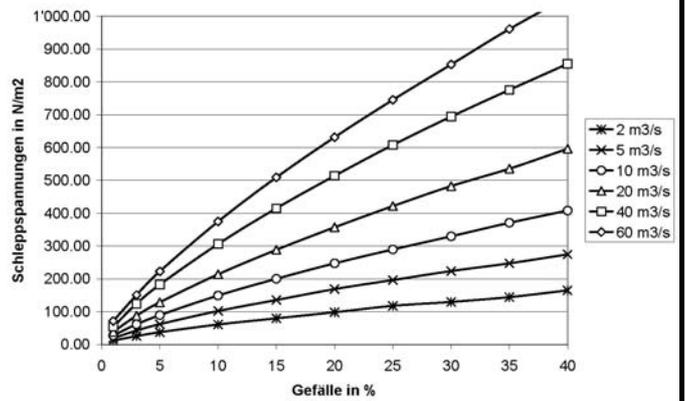
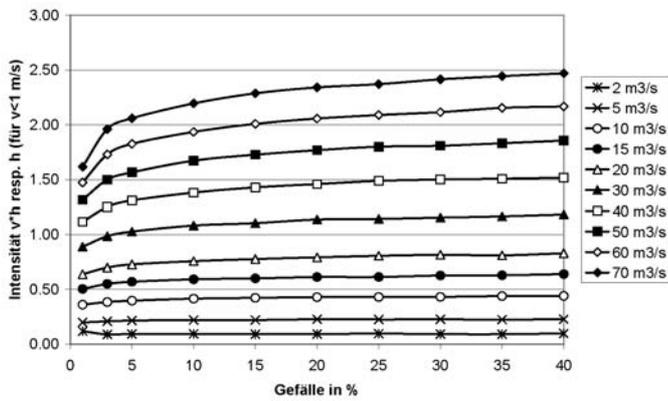
Stricklerbeiwert immer 30

Rinne mit 20 m Sohlenbreite

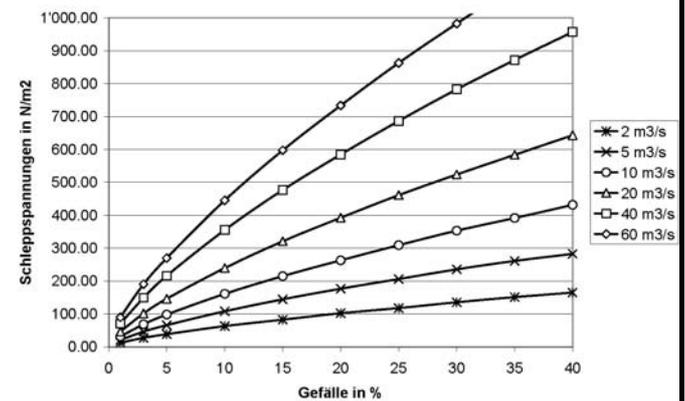
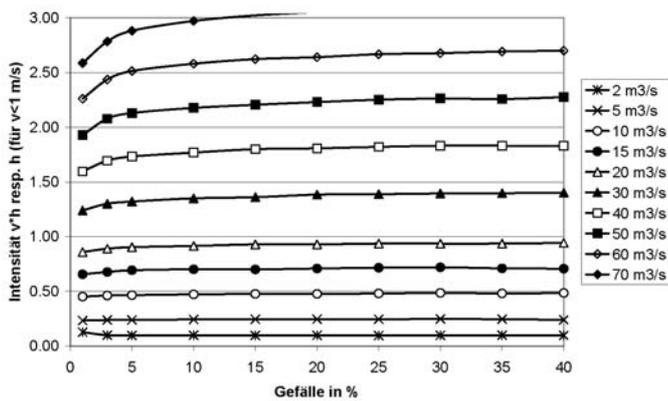
Intensität m resp. m^2/s

Schleppspannung N/m^2

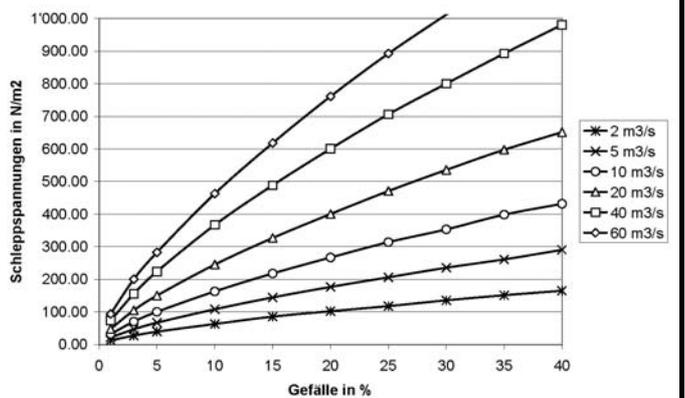
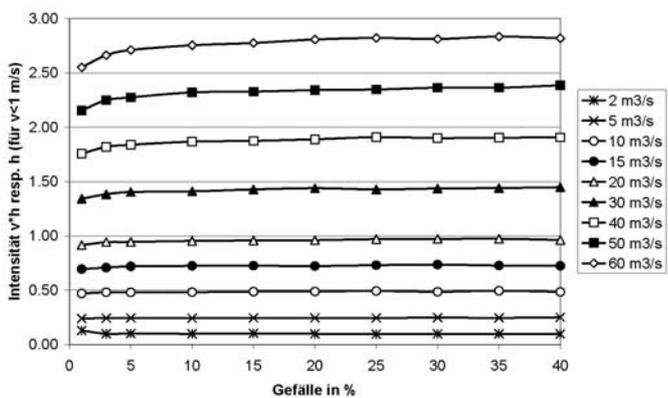
Böschungen 2°



Böschungen 8°



Böschungen 15°



Stricklerbeiwert immer 30

11 Literatur

11.1 Allgemeine Literatur

BWW 1997: Empfehlungen zur Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Raumplanung

BUWAL 1997: Empfehlungen zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bundesamt für Raumplanung.

NGK 2003: Wegleitung Naturgefahrenanalyse im Kanton St. Gallen. Naturgefahrenkommission des Kantons St. Gallen, Baudepartement, Tiefbauamt, St. Gallen

SLF 1984: Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Forstwesen / Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Davos

11.2 Literatur zu Hochwasser

BWW 1997: Ausbildungskurs Gefahrenkarten, Kursunterlagen zum Ausbildungskurs in Dallenwil, Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bern

BWG 2003: Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten. Praxishilfe. Bericht des Bundesamtes für Wasser und Geologie Nr. 4, Bern

11.3 Literatur zu Murgang

Rickenmann D., 1995: Beurteilung von Murgängen. Schweizer Ingenieur und Architekt Nr. 48, S. 4 – 8, Zürich

Zimmermann M. et al., 1997: Murganggefahr und Klimaänderung – ein GIS-basierter Ansatz. 161 S., vdf Verlag der Fachvereine, ETH Zürich

11.4 Literatur zu Rutschung

LHG 1999: Massenbewegungen und Gefahrenkarten. Kurs der Landeshydrologie und –geologie, Bern

Dikau et al. 1996: Landslide Recognition – Identification, Movement and Causes. John Wiley and Sons, New York

11.5 Literatur zu Sturz

Gerber W., 1994: Beurteilung des Prozesses Steinschlag. Kursunterlagen der Forstlichen Arbeitsgruppe Naturgefahren (Poschiavo), Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft, Birmensdorf

Meissl G., 1998: Modellierung der Reichweite von Felsstürzen. Innsbrucker Geographische Studien, Band 28, Selbstverlag des Instituts für Geographie der Universität Innsbruck, Innsbruck

11.6 Literatur zu Lawine

Salm B. et al. 1990: Berechnung von Fliesslawinen – Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitteilungen des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, Nr. 47, Davos