



**Kanton St.Gallen**

# **Wegleitung zur Naturgefahrenanalyse**

## **Kapitel 8 Gefahrenkarte**



**Naturgefahrenkommission  
Kanton St.Gallen**

**Erstellt**

**1999**

**Nachführungen**

**2003**

**2006**

**2008**

**2015**

<b>Erstellt</b>		<b>1999</b>
<b>Nachführungen</b>		
<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2008</b>
<b>2015</b>		

## **Erläuterungen zur Version 2015 der Wegleitung**

Überarbeitung nach Abschluss der Ersterfassung der Gefahrenkarten im Kanton St.Gallen.

### Für Überarbeitung verwendete, neu verfügbare Grundlagen

- Minimales Geobasisdatenmodell Gefahrenkartierung, BAFU, Version 1.0 von 1. Mai 2013

In den neuen Grundlagen des Bundes wird auf die separate Ausscheidung der Prozesse Uferrutschung, Eissturz und Sackung verzichtet.

### Wesentliche Änderungen

- Verzicht in Datenmodell auf explizite Angabe von Matrixfeld für Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle
- Verwendung von Prozessarten gemäss Minimalem Geobasisdatenmodell des Bundes:
  - o Erfasste Uferrutschungen werden den Spontanrutschungen zugewiesen.
  - o Eissturz und Sackung wurden bisher nicht verwendet und werden gestrichen.
- Präzisierungen zu Dokumentation von hydrologischen Abklärungen und Szenarien.
- Zusätzliche Angaben zur Herstellung von Derivaten und Generalisierung.

## 8. Gefahrenkarte

8.1 Allgemeines.....	4
8.1.1 Einleitung.....	4
8.1.2 Hauptprozesse und Prozessarten.....	5
8.1.3 Gefahrenquellen.....	5
8.1.4 Intensitäten .....	6
8.1.5 Wahrscheinlichkeitsklassen.....	7
8.1.6 Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit.....	9
8.2 Ereignisanalyse nach Hauptprozessen .....	10
8.2.1 Bekannte Ereignisse .....	10
8.2.2 Wassergefahren.....	10
8.2.2.1 Fließgewässer .....	10
8.2.2.2 Stehende Gewässer .....	11
8.2.3 Rutschungsgefahren .....	11
8.2.3.1 Permanente Rutschungen / Hangkriechen .....	12
8.2.3.2 Spontanrutschungen und Hangmuren .....	12
8.2.3.3 Einsturz und Absenkung .....	13
8.2.4 Sturzprozesse .....	13
8.2.4.1 Stein- und Blockschlag.....	14
8.2.4.2 Felssturz.....	14
8.2.4.3 Eisschlag .....	15
8.2.4.4 Bergsturz.....	15
8.2.5 Lawinengefahren.....	15
8.2.5.1 Fließ- und Staublawinen .....	15
8.2.5.2 Schneegleiten.....	15
8.3 Schutzmassnahmen .....	16
8.3.1 Allgemeines .....	16
8.3.2 Aufnahmen und Beurteilung .....	16
8.4 Szenarien.....	17
8.4.1 Quantitativer Ereignisbaum .....	17
8.4.1 Dokumentation von Szenarien.....	18
8.6 Wirkungsanalyse .....	19
8.5 Erstellung und Aufbau der Gefahrenkarte .....	19
8.5.1 Einleitung.....	19
8.5.2 Inhalte und Darstellung der Gefahrenkarte .....	19
Gültigkeit der Diagramme nach Prozessen.....	20
8.5.3 Aufbau von Gefahrenkarten.....	21
8.6 Übersicht über die Produkte zur Gefahrenkartierung.....	22
8.6.1 Intensitätskarte nach Bundesstufen .....	22
8.6.2 Skalierte Intensitätskarte .....	22
8.6.3 Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle .....	23
8.6.4 Gefahrenkarte .....	23

## 8.1 Allgemeines

### 8.1.1 Einleitung

Grundlage für die nachfolgenden Ausführungen sind die Richtlinie zur Berücksichtigung der Lawinengefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BFF und EISLF, 1984) und die Bundesempfehlungen Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BWW, BRP und BUWAL, 1997) und Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BWW, BRP und BUWAL, 1997).

Die Gefahrenkarte besteht aus einem Kartenteil und einem erläuternden Bericht. Die Karte bezeichnet unterschiedliche Gefährdungsgrade durch gravitative Naturgefahren. Die Abstufung der verschiedenen Gefährdungsgrade zielt vorrangig auf die Nutzung durch Gebäude. Der Textteil liefert die notwendigen Erläuterungen und Begründungen. Die Gefahrenkarte dient hauptsächlich zwei Verwendungen:

**Raumplanung:** Sie ist die Grundlage insbesondere für die Nutzungsplanung, aber auch für die übrigen raumwirksamen Tätigkeiten. Hauptziel ist die Vermeidung von Konflikten zwischen Nutzungen und Gefährdungen durch Naturgefahren mit raumplanerischen Massnahmen.

**Massnahmenplanung:** Die Ausführung von Schutzmassnahmen erfordert den Nachweis, dass die Gefährdungslage Schutzmassnahmen rechtfertigt. Mit der Gefahrenkarte kann auch die Wirkung von Schutzmassnahmen aufgezeigt werden.

Aus den Hauptverwendungszwecken lässt sich auch ableiten, wann Gefahrenkarten zu erstellen sind:

- Die Gefahrenkarte wird im Kanton St.Gallen standardmässig nur bei erheblichem Schadenpotential erstellt (Menschen und Sachwerte). Wo der Kanton diese Grenze zieht, geht aus der Einteilung der Objektkategorien hervor. Gefährdungen der Objektkategorien 3.x sind demzufolge auf der Abklärungstiefe "Gefahrenkarte" abzuklären.
- Falls Schutzmassnahmen geplant werden und noch keine Gefahrenkarte vorliegt, ist diese zu erstellen. Aus der Gefahrenkarte geht hervor, ob grundsätzlich der Bedarf für Schutzmassnahmen ausgewiesen ist.

Bei der Erstellung von Gefahrenkarten gelten folgende wichtigen Grundsätze:

- Als raumplanerische Grundlage behandelt die Gefahrenabklärung geschlossene Planungsräume.
- Speziell für die Verwendung in der Raumplanung muss die Gefahrenabklärung alle Prozessarten erfassen.
- Die Gefahrenabklärungen müssen für die verschiedenen Prozessarten ähnliche Genauigkeiten erreichen.
- Geplante Schutzmassnahmen werden nicht berücksichtigt. Wie weit in Ausführung befindliche Schutzmassnahmen in der Gefahrenkarte berücksichtigt werden, muss von Fall zu Fall festgelegt und dokumentiert werden. Andere bauliche Veränderungen in Ausführung, die das Resultat der Gefahrenkarte beeinflussen können, werden berücksichtigt, wenn ihr Einfluss nach Vollendung ausreichend gut abgeschätzt werden kann.
- Vorhandene Schutzbauten werden bei allen Prozessarten nach Massgabe ihrer Wirkung berücksichtigt. Zur Beurteilung der Wirkung ist sowohl die Dimensionierung, als auch der tatsächliche Zustand massgebend. Solange keine standardisierten Kriterien für die massgebenden Lastfälle vorliegen, sind die verwendeten Lastfälle zu nennen.

Obwohl die Gefahrenkarten und die daraus abgeleiteten Produkte vom Wesen her eine Prognose darstellen, existieren klare Rahmenbedingungen für die Abklärungen und die Aussagekraft der Produkte:

- Für die Gefahrenbeurteilung gelten die zum Zeitpunkt der Untersuchung bestehenden Verhältnisse. Dies gilt für den natürlichen Zustand der Gefahrenquellen, das Klima, die Schutzmassnahmen, die Raumnutzung, die Kenntnisse zu den Prozessarten und die verfügbaren Methoden.
- Es werden Ereignisse in die Betrachtungen einbezogen, welche bezüglich des Wahrnehmungsvermögens als wenig wahrscheinlich empfunden werden. Die Betrachtung von Ereignissen die rund ein Mal in 300 Jahren vorkommen, bedeutet nicht, dass versucht würde, entsprechend weit in die Zukunft zu blicken, sondern es wird anhand vergangener Ereignisse und aktuellen Untersuchungen lediglich die Wahrscheinlichkeit eines entsprechend grossen und seltenen Ereignisses für den heutigen Zustand berücksichtigt.

- Es werden keine Gefährdungen erfasst, die durch künftige anthropogene Veränderungen begünstigt oder ausgelöst werden.
- Natürliche Veränderungen an Gefahrenquellen werden nur sehr beschränkt berücksichtigt und nur soweit als sie für die Beurteilung des aktuellen Zustandes von unmittelbarer Bedeutung sind. (Beispiel: Ein Unwetter kurz vor der Gefahrenabklärung hat Gerinne bis auf den Fels ausgeräumt. Es ist jedoch bekannt und abschätzbar, dass in relativ kurzer Zeit wieder mobilisierbare Feststoffen in der Sohle liegen werden, weshalb von diesem Zustand auszugehen ist.)

## 8.1.2 Hauptprozesse und Prozessarten

Gemäss den Bundesempfehlungen werden insgesamt vier Hauptprozesse unterschieden, die sich ihrerseits wieder in Prozessarten unterteilen. Im Kanton St. Gallen werden den vier Hauptprozessen die nachstehend aufgeführten Prozessarten zugewiesen. Für die Gefahrenkartenperimeter werden die Gefährdungen durch sämtliche der aufgezählten Prozessarten abgeklärt.

Hauptprozesse	Zugeordnete Prozessarten
Wassergefahren	Überschwemmung, Ufererosion, Murgang
Lawinengefahren	Fliesslawine, Staublawine, Schneegleiten
Rutschungen	Permanente Rutschung, Spontanrutschung, Hangmure, Absenkung, Einsturz
Sturzprozesse	Stein- und Blockschlag, Felssturz, Eisschlag

Die Überschwemmung gilt sowohl für stehende Gewässer (statische Überflutung) als auch für Fliessgewässer (dynamische Überflutung). Stein- und Blockschlag wird als eine Prozessart behandelt. Bergsturz ist nicht enthalten, weil im Kanton St. Gallen keine routinemässigen Gefahrenkarten für diese Prozessart erstellt werden.

## 8.1.3 Gefahrenquellen

Die Ergebnisse der Gefahrenabklärungen werden einerseits bestimmten Prozessarten und andererseits genau bezeichneten Gefahrenquellen zugewiesen. Die genauen Anforderungen an die Erfassung der Gefahrenquellen sind in der Datenbeschreibung zu finden. An dieser Stelle werden nur die generellen Anforderungen an die Definition von Gefahrenquellen formuliert.

Generell gilt für alle definierten Gefahrenquellen:

- Einheitlichkeit der Prozessart. Dies bedeutet, dass bei mehreren auftretenden Prozessarten auch mehrere Gefahrenquellen, eventuell mit gleicher räumlicher Lage, erfasst werden. Beispielsweise kann ein Gerinneabschnitt drei Gefahrenquellen für die Prozesse Überflutung, Murgang und Ufererosion bilden.
- Räumliche Geschlossenheit
- Absprache der Namensgebung mit der Naturgefahrenkommission
- Über die Gefahrenquellen muss datenbanktechnisch eine eindeutige Zuweisung auf alle ihr und nur ihr zugehörigen Daten sichergestellt sein (Intensitätskarten skaliert, Intensitätskarten, Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle, Risiko und Schutzdefizit pro Gefahrenquelle), vgl. dazu auch das Datenmodell, Kapitel 14 der Wegleitung. Jede Gefahrenquelle erhält daher eine kantonsweit eindeutige Nummer. Diese wird zusammen mit der Naturgefahrenkommission vor der Gefahrenabklärung festgelegt.

Für die Festlegung der Gefahrenquellen bei den Gewässern ist das digitale Gewässernetz GN10 des Kantons zu verwenden. Bei den Wassergefahren werden die Gefahrenquellen grundsätzlich als Linien, in allen übrigen Fällen als Flächen beschrieben. Gefahrenquellen statischer Überflutungen (Seen) werden ebenfalls als Flächen erfasst.

Die beurteilten Gefahrenquellen werden gemäss Datenbeschreibung in Kapitel 14 der Wegleitung in digitaler Form erfasst und dokumentiert.

## 8.1.4 Intensitäten

Die nachstehend aufgeführten Intensitäten sind den Richtlinien „Berücksichtigung der Lawinengefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ (BFF / EISLF 1984), den Empfehlungen „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ (BWW / BUWAL / BRP 1997) sowie den Empfehlungen „Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ (BUWAL / BWW / BRP 1997) entnommen und teilweise angepasst worden.

Prozessart	schwache Intensität	mittlere Intensität	starke Intensität
Fliesslawinen	$P < 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 < P < 30 \text{ kN/m}^2$	$P > 30 \text{ kN/m}^2$
Staublawinen	$1 < P < 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 < P < 30 \text{ kN/m}^2$	$P > 30 \text{ kN/m}^2$
<b>Schneegleiten</b>	$P < 3 \text{ kN/m}^2$	$3 \text{ kN/m}^2 < P < 30 \text{ kN/m}^2$	kommt nicht vor
<b>Überschwemmungen inkl. Übersarung / Murgänge und Hangmuren</b>	$h < 0.5$ oder $v \cdot h < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$	$0.5 \text{ m} < h < 2 \text{ m}$ oder $0.5 < v \cdot h < 2 \text{ m}^2/\text{s}$	$h > 2 \text{ m}$ oder $v \cdot h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$
Ufererosionen	$d < 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$	$d > 2 \text{ m}$
Stein- und Blockschlag	$E < 30 \text{ kJ}$	$30 \text{ kJ} < E < 300 \text{ kJ}$	$E > 300 \text{ kJ}$
Felsstürze	kommt nicht vor	kommt nicht vor	$E > 300 \text{ kJ}$
<b>permanente Rutschung Absenkung</b>	$v < \text{ca. } 2 \text{ cm/Jahr}$ und $d < 2 \text{ m}$	$2 \text{ cm/Jahr} < v < 1 \text{ dm/Jahr}$ oder $v < 2 \text{ cm/Jahr}$ und $d > 2 \text{ m}$	$v > 1 \text{ dm/Jahr}$ oder starke differentielle Bewegungen
Rutschungen spontan	$d < 0.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < d < 2 \text{ m}$	$d > 2 \text{ m}$
<b>Einsturz</b>	Kommt nicht vor	$d < 0.5 \text{ m}$ und $F < 1 \text{ Are}$	$d > 0.5 \text{ m}$ oder $F > 1 \text{ Are}$

- d: Mächtigkeit der Schicht oder Einsturztiefe  
 E: Translations- und Rotationsenergie  
 F: Fläche von Einsturztrichtern  
 h: Fliess- resp. Ablagerungshöhe  
 L: Länge eines Schneerutsches vom oberen Anrissrand bis zur unteren Ablagerungsgrenze  
 P: Druck  
 v: Geschwindigkeit  
**rot** Abweichend von Bundesempfehlung

Die Naturgefahrenkommission hat folgende Änderungen gegenüber den Bundesempfehlungen vorgenommen:

- Die Intensitäten der Hangmuren sind gleich zu beurteilen wie jene der Murgänge aus Gerinnen.
- Die Intensitäten für Spontanrutschungen werden mit der Gründigkeit definiert.
- Zu den spontanen Rutschungen gehören auch die in der Empfehlung Hochwassergefahren erwähnten Uferrutschungen.
- Bergstürze werden in routinemässigen Gefahrenabklärungen nicht behandelt. Untersuchungen sind dann vorzunehmen, wenn Anzeichen einer diesbezüglichen Gefährdung vorhanden sind. Die Zielsetzung einer solchen Untersuchung ist von Fall zu Fall festzulegen.
- Felsstürze sind dann in die Gefahrenkarte einzubeziehen, wenn deren Auftreten entweder in der Chronik der Ereignisse erwiesen ist (Ereigniskataster) oder klare Anzeichen einer solchen Gefährdung vorliegen.
- Schneegleiten wird aufgrund der dabei auftretenden Drücke der schwachen oder mittleren Intensität zugeordnet.

## 8.1.5 Wahrscheinlichkeitsklassen

Die nachstehend aufgeführten Wahrscheinlichkeitsklassen sind den Richtlinien „Berücksichtigung der Lawinengefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ (BFF / EISLF 1984), den Empfehlungen „Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ (BWW / BUWAL / BRP 1997) sowie den Empfehlungen „Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten“ (BUWAL / BWW / BRP 1997) entnommen.

In der Regel gelten folgende Wahrscheinlichkeitsklassen, bezeichnet nach Jährlichkeit resp. Wiederkehrdauer oder der Eintretenswahrscheinlichkeit:

Wahrscheinlichkeitsklasse	Jährlichkeit / Wiederkehrdauer	Eintretenswahrscheinlichkeit (E)
häufige Ereignisse	1 bis 30 Jahre	$1 \geq E \geq 0.03$
seltene Ereignisse	30 bis 100 Jahre	$0.03 > E \geq 0.01$
sehr seltene Ereignisse	100 bis 300 Jahre	$0.01 > E \geq 0.003$
extrem seltene Ereignisse	> 300 Jahre	$0.003 > E$

Die extrem seltenen Ereignisse werden nur bei der Prozessart Überschwemmung betrachtet. Die Wahrscheinlichkeit 1 als Sonderfall der häufigen Ereignisse tritt sicher bei den permanenten Rutschungen auf. Bei den Lawinen wird aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den übrigen Prozessen die „übliche“ Wahrscheinlichkeitsklasse 30 bis 300 in die Wahrscheinlichkeitsklassen 30 bis 100 und 100 bis 300 Jahre unterteilt.

Bei den Hochwassergefahren ist der Begriff der Jährlichkeit geläufig, nur wenig umstritten und auch einigermaßen gut zu ermitteln. Als Ereignisgrösse wird der Spitzenabfluss an einem bestimmten Profil verwendet. Mit der statistischen Häufigkeit des Abflusses wird dann auch die Jährlichkeit des Ereignisses gemeint. Diese Einschätzung ist eine starke Vereinfachung, da neben der Abflussspitze auch andere, von der Abflussspitze nur teilweise abhängige Grössen einen erheblichen Einfluss auf die Folgen eines Ereignisses aufweisen. Beispielhaft seien genannt:

- Wasserfracht
- Geschiebetransport und –fracht
- Schwemmholzanfall

Bei den Massenbewegungsgefahren sind die Verhältnisse noch wesentlich unklarer. Die oben erwähnten Bundesempfehlungen bieten keine Hilfe, da sie keine Vorgaben liefern. Die Ereignisaufzeichnungen sind zu kurz und zu lückenhaft, um als Grundlage dienen zu können. An einem hypothetischen Beispiel soll die Schwierigkeit zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsklasse aufgezeigt werden:

*Zwei geologisch identische Felswände sind hinsichtlich Sturzprozessen zu beurteilen. Beide Felswände sind 100 m hoch, die eine 100 m und die zweite 500 m lang. Die beiden Felswände werden je als eine Gefahrenquelle behandelt. Werden nun die Häufigkeiten von Sturzereignissen in beiden Fällen auf die gesamten Felswände bezogen, so sind an sich identische Ereignisse (Auslöseprozess und Blockgrösse) bei der längeren Felswand 5 Mal häufiger. Da zur Feststellung der Gefahrenstufe bis zur mittleren Intensität die Wahrscheinlichkeitsklasse einen erheblichen Einfluss aufweist, dürfen willkürliche Beurteilungen der Wahrscheinlichkeitsklassen nicht toleriert werden.*

Bei den Spontanrutschungen, Hangmuren, und Eisschlag ist dies grundsätzlich sehr ähnlich. Hinzu kommt, dass meteorologische Bedingungen oder Abfluss, die ebenfalls eine Jährlichkeit aufweisen, eine wesentliche Rolle spielen. Statt komplizierte Verknüpfungen von Niederschlagshäufigkeit und Ausmassen dieser Prozesse zur Einteilung in Wahrscheinlichkeitsklassen zu benutzen, wird hier die Korrelation mit dem Auftreten von Extremniederschlägen vorgeschlagen. Dies führt zu den nachstehend zusammengestellten, einfachen Vorgaben:

### **Lawinen generell:**

Statistisch nach dem dreitägigen extremen Schneedeckenzuwachs.

### **Schneegleiten:**

Statistisch nach der extremen Schneedecke.

### **Hochwasser und Murgang:**

Statistisch nach der Abflussspitze.

### **Überschwemmung durch stehende Gewässer:**

Statistisch nach der Seespiegelhöhe.

### **Ufererosion:**

Direkt korreliert mit der Jährlichkeit des Abflusses oder der Seespiegelhöhe.

Uferrutschungen werden den Spontanrutschungen zugeordnet.

### **Spontanrutschungen und Hangmuren:**

Statistisch nach der Anzahl Einzelereignisse bezogen auf eine Referenzfläche von 100 Aren.

### **Sturzprozesse (Gestein und Eis):**

Statistisch nach den erwarteten Volumina ausgelöster Komponenten, bezogen auf eine Referenzfläche von 25 Aren.

### **Einsturz:**

Statistisch nach den erwarteten Einsturzflächen, bezogen auf eine Referenzfläche von 1 ha.

### **Permanente Rutschung, Absenkung:**

Keine Jährlichkeit, sondern permanent.

Die Bestimmung der Eintretenswahrscheinlichkeiten für Sturzprozesse und Einsturz fällt etwas aus dem Rahmen und wird näher erläutert:

Arbeitet man mit Referenzstreifen, so bestimmt bei geologisch identischen Verhältnissen sowohl die Streifenbreite wie auch die Streifenlänge (Höhe der Abbruchgebiete) die „Jährlichkeit“ eines bestimmten Ereignisses. Damit bei der Anwendung von flächenhaften Liefergebieten die Jährlichkeiten immer gleich beurteilt werden, muss eine **Referenzfläche** bestimmt werden, für welche die Jährlichkeit von Blockgrößen bestimmt wird. (Die Referenzfläche wird senkrecht zur Oberfläche des zu beurteilenden Liefergebietes bestimmt und nicht in der Projektion.):

Werden die Eintretenswahrscheinlichkeiten („Jährlichkeiten“) von Ereignissen eines bestimmten Ausmasses bezüglich einer Referenzfläche beurteilt, so ergeben sich folgende Regeln für die Festlegung der Häufigkeiten pro Periode der Eintretenswahrscheinlichkeit (Jährlichkeit):

<b>Jährlichkeit (Periode in Jahren)</b>	<b>Grösse des Ereignisses (Stein-, Blocks Schlag, Felssturz)</b>	<b>Wertebereiche für die Anzahl Ereignisse pro Jährlichkeit und pro Referenzfläche</b>
>=1 bis <= 30	Durchmesser / Volumen Ausbruch	0 bis mehrere (zig-)tausend
> 30 bis <= 100	Durchmesser / Volumen Ausbruch	0 oder 1 bis 3
> 100 bis <= 300	Durchmesser / Volumen Ausbruch	0 oder 1 bis 3

Damit zwischen der Anzahl der Ereignisse und den Jährlichkeiten keine Widersprüche entstehen, bezieht sich die Schätzung der Anzahl jeweils auf die obere Grenze der Jährlichkeitsperiode. Bei der Periode der häufigsten Ereignisse ist offensichtlich, dass eine sehr grosse Zahl von Ereignissen vorkommen kann. Bei den übrigen Perioden, soll der gewählte Vorschlag beispielhaft erläutert werden:

*Für die Jährlichkeitsperiode >30 bis <=100 Jahre wird geschätzt, dass innerhalb von 100 Jahren mit 3 Blockschlägen (Durchmesser 2 m) zu rechnen ist. Wird mit dieser Schätzung die langfristige statistische Häufigkeit (für den aktuellen Zustand) bezeichnet, so ereignet sich innerhalb der Referenzfläche durchschnittlich alle 33.3 Jahre ein Blockschlag mit einem Komponentendurchmesser von 2 m. Die Jährlichkeit 33.3 gehört definitionsgemäss in die Jährlichkeitsperiode >30 bis <= 100 Jahre.*

In aller Regel kann die Anzahl der Ereignisse bei einer Jährlichkeitsperiode nicht 0 sein, wenn bei selteneren Ereignissen eine Anzahl angegeben ist. Es müsste aus den geologischen Verhältnissen klar zu begründen sein, dass kleine und häufige Ereignisse nicht vorkommen können, sondern nur seltene (und grosse).



Für die Gefährdung durch Einsturz gelten die obigen Ausführungen sinngemäss. Die wesentlichen Unterschiede sind, dass die Einsturzfläche als „Ausmass“ gilt und die Referenzfläche mit 1 Hektare deutlich grösser gewählt ist. Die deutlich grössere Referenzfläche lässt sich mit der wesentlich grösseren Unsicherheit in der Beurteilung gut begründen.

### 8.1.6 Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit

Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit spielt erst in der Risikoanalyse eine Rolle, ist dort jedoch von grosser Bedeutung. Da die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit ein Aspekt der Gefährdung ist, wird sie bei den Intensitätskarten erfasst. Unterschiedliche räumliche Auftretenswahrscheinlichkeiten unterteilen Flächen gleicher Intensität einer Wahrscheinlichkeitsklasse.

Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit liegt in einem Wertebereich von wenig über 0 bis weit über 1. Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit soll nicht fallweise graduell bestimmt werden, sondern in Klassen angegeben werden. Betrachtet man ausgewählte Prozesse wird offensichtlich, dass die Auftretenswahrscheinlichkeiten prozestypisch sind und sehr grosse Unterschiede aufweisen. Es empfiehlt sich daher, die Klassen so zu bilden, dass die verschiedenen Prozesseigenheiten berücksichtigt werden können.

Insbesondere bei den Sturzprozessen und den häufigen Ereignissen kann es vorkommen, dass die Wahrscheinlichkeit weit über 1 liegt. Es handelt sich streng genommen auch nicht um eine Wahrscheinlichkeit, sondern eine Häufigkeit. Das nachstehende Beispiel soll den Spezialfall erläutern:

*An einer Sturzquelle wird festgestellt, dass im Referenzstreifen von 50 m Breite durchschnittlich 2 Steine pro Woche abstürzen. Sie weisen im Mittel einen Durchmesser von 0.15 m auf. Für einen Stein beträgt die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit 0.003. In 30 Jahren stürzen mutmasslich rund 3'120 Steine ab. Daraus ergibt sich eine Häufigkeit des räumlichen Auftretens (für eine beliebige Stelle im betrachteten Referenzstreifen) von rund 9.4*

Das Beispiel ist für die Sturzprozesse erwähnt, weil es dort am ehesten vorkommt, gilt jedoch generell für alle Prozessarten.

Klasse	Klassenwert	Untere Grenze	Obere Grenze	Beispielhafte Hinweise für die Anwendung der Klassenwerte
1	<b>0.005</b>	0	0.01	Sturzprozesse (weniger als 1 Stein pro 50 m Streifen <sup>1)</sup> )
2	<b>0.018</b>	0.01	0.025	Sturzprozesse (ca. 1 Stein pro 50 m Streifen <sup>1)</sup> )
3	<b>0.038</b>	0.025	0.05	Sturzprozesse (1 Kleinblock / ca. 3 Steine pro 50 m Streifen <sup>1)</sup> ) ; Hangmuren; Spontanrutschungen; Einsturz
4	<b>0.075</b>	0.05	0.1	Sturzprozesse (1 Grossblock / ca. 5 Steine pro 50 m Streifen <sup>1)</sup> ) ; Hangmuren; Spontanrutschungen; Einsturz
5	<b>0.175</b>	0.1	0.25	Sturzprozesse (wenige Grossblöcke / ca. 10 Steine pro 50 m Streifen <sup>1)</sup> ); Hangmuren; Spontanrutschungen; Einsturz, Schneegleiten
6	<b>0.375</b>	0.25	0.5	Lawinen; Murgang; Hangmuren; Spontanrutschungen; Felssturz, Einsturz, Absenkung, Schneegleiten
7	<b>0.625</b>	0.5	0.75	Lawinen; Murgang; Hangmuren; Spontanrutschungen; Felssturz, Einsturz, Absenkung, Schneegleiten
8	<b>0.875</b>	0.75	1	Hochwasser; Lawinen; Murgang; Felssturz, Einsturz, Absenkung, Schneegleiten
9	<b>1</b>	1	1	Hochwasser; Lawinen; Murgang; Felssturz, permanente Rutschungen, Schneegleiten

<sup>1)</sup> Bei Sturzprozessen (Einzelkomponenten) muss die Ereignishäufigkeit für einen 50 m breiten Streifen in Prozessrichtung oder für die Referenzfläche beurteilt werden.

## 8.2 Ereignisanalyse nach Hauptprozessen

### 8.2.1 Bekannte Ereignisse

Für die Gefahrenabklärungen steht der Ereigniskataster des Kantons St. Gallen in digitaler Form zur Verfügung. Er wird seit 1997 für alle gravitativen Naturgefahren systematisch geführt. Neben diesen leicht verfügbaren Ereignissen, sind die historischen Ereignisse im Zuge der Abklärungen zu erheben. Bekannte Ereignisse bilden für die Gefahrenbeurteilung bei allen Prozessarten eine wichtige Grundlage und sind auf jeden Fall zu berücksichtigen.

### 8.2.2 Wassergefahren

**Grundsätze:** Hochwassergefahren, die sich aus möglichen Brüchen von Talsperren ergeben können, werden in den Gefahrenkarten nicht erfasst. Sie werden auch dann nicht erfasst, wenn der Bruch einer Talsperre als direkte oder indirekte Folge einer anderen Naturgefahr erfolgt (Erdbeben, Sturzprozesse, Rutschungen).

Hochwassergefahren, die sich im Uferbereich eines stehenden Gewässers als Folge von Sturzprozessen oder Rutschungen ergeben können (Flutwellen), werden nach Beurteilung des konkreten Einzelfalles abgeklärt oder weggelassen (Szenarien). Es ist immer anzugeben, ob solche Ereignisse berücksichtigt werden oder nicht.

Hochwassergefahren als Folge von Seespiegelanstiegen werden grundsätzlich berücksichtigt.

#### 8.2.2.1 Fliessgewässer

##### Allgemeine Abklärungen

Die allgemeinen Abklärungen müssen Auskunft geben über:

- den aktuellen Zustand des Einzugsgebietes
- die wesentlichen Vorgänge, welche zum aktuellen Zustand führten
- die wahrscheinlichen Entwicklungen in der nahen Zukunft

Zu den wesentlichen, allgemeinen Einzelaspekten gehören:

- Analyse vergangener Ereignisse
- Abklärung der Murfähigkeit inkl. deren Bedeutung in den einzelnen Wahrscheinlichkeitsklassen.
- Merkmale, welche die Abflussbildung prägen
- Merkmale, welche die Geschiebeentstehung und -akkumulation bestimmen
- Grundvoraussetzungen für den Anfall von Wildholz
- Untersuchung des Zusammenwirkens verschiedener Prozessarten, die sich im Einzugsgebiet auf die Bildung und den Ablauf von Hochwassern resp. die Murgangereignisse auswirken können.

Eine wesentliche Grundlage für die allgemeinen Abklärungen ist die Karte der Phänomene, die im technischen Bericht entsprechend zu erläutern ist.

##### Hydrologie

###### Abflüsse

Zur Abschätzung der Abflüsse gehören:

- Grundlagen zu den relevanten Niederschlagsereignissen
- Analyse vorhandener Abflussmessungen und/oder Einordnung aufgezeichneter Ereignisse
- Rechnerische Abschätzung der Abflüsse und Ganglinien nach Jährlichkeit, wobei die gewählten Verfahren geeignet sein müssen, Abflüsse nach Jährlichkeiten zu liefern und die regionalen Unterschiede des Niederschlagsverhaltens zu berücksichtigen.
- Die verwendeten hydrologischen Grundlagen und Abflusswerte werden gemäss Datenbeschreibung in Kapitel 14 der Wegleitung in digitaler Form erfasst und dokumentiert.

### **Feststoffe / Wildholz:**

Zu den Grundlagen für die Abschätzung der Feststofffrachten gehören:

- Aktuell verfügbares Feststoffpotential als Grössenordnung
- Abschätzung des Wildholzpotentials und der Wildholzfracht pro Ereignis
- Rechnerische Abschätzung der Transportkapazitäten und -frachten von Feststoffen
- Rechnerische Abschätzung von Auflandungen und Erosionen

### **Ufererosion:**

Die Ufererosion ist als spezielle Prozessart zu behandeln. Die naturwissenschaftlichen Grundlagen zur verlässlichen Einstufung von Intensitäten und Wahrscheinlichkeiten sind spärlich. Der Auftragnehmer ist hierbei gefordert, eigene Ansätze anzuwenden. Die Ufererosion ist in all jenen Fällen unbedingt zu behandeln, wenn vergangene Ereignisse auf diese Prozessart hinweisen.

## **8.2.2 Stehende Gewässer**

Als wichtigste Grundlagen sind zu beschaffen:

- Möglichst langjährige Beobachtungen von Seespiegelständen
- Umsetzung der Daten in jährlichkeitsabhängige Seespiegelstände
- Gute topographische Grundlagen der Uferzone

Fehlen Angaben zu Seespiegelständen ganz oder teilweise, so sind vertiefte Abklärungen auf den Einzelfall auszurichten.

Indirekte Überflutungen durch den Anstieg des Grundwasserstandes im Falle von Seespiegelanstiegen sind in der Gefahrenkartierung immer zu berücksichtigen. Hingegen sind innere Überflutungen über Wasserleitungssysteme nur dann zu berücksichtigen, wenn dies ausdrücklich in der Ausschreibung verlangt ist.

Da die Gefährdung durch Seeausuferungen mit Höhenkoten sehr genau beschrieben werden können, sind im technischen Bericht die Seespiegelstände nach Jährlichkeiten immer anzugeben. Damit wird die Lesbarkeit der Gefahren- und Intensitätskarten gut unterstützt und die Umsetzung in der Praxis, insbesondere für Objektschutzmassnahmen, erleichtert.

## **8.2.3 Rutschungsgefahren**

Die Rutschungen i.w.S. umfassen permanente Rutschungen (inkl. Kriechen), Spontanrutschungen, Hangmuren, Absenkung und Einsturz. Uferrutschungen werden zu den spontanen Rutschungen gezählt.

### **Grundsätze:**

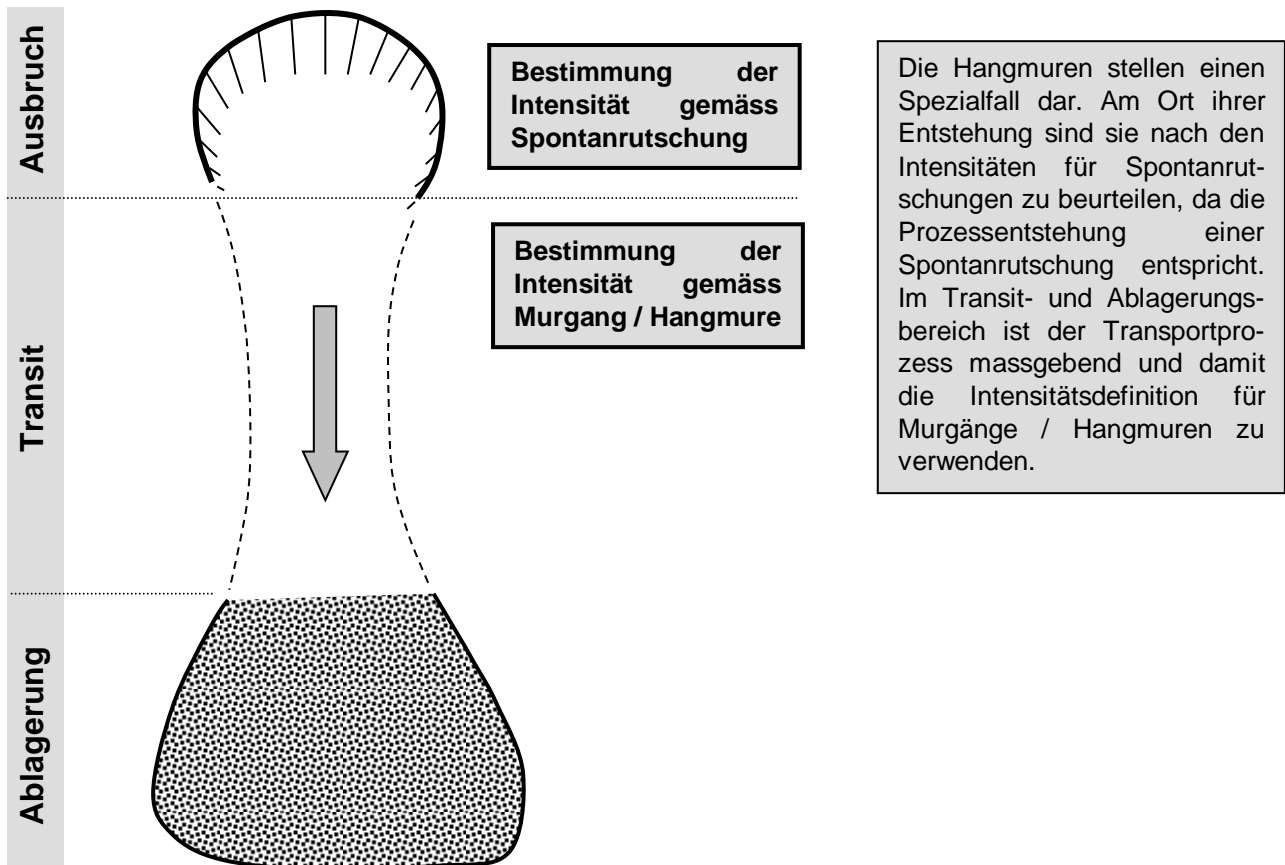
Sind zur Zeit der Erstellung der Gefahrenkarte Veränderungen an den natürlichen Gegebenheiten im Gange (Baugruben, Strassenbau etc.), so ist die Art deren Berücksichtigung in der Gefahrenkarte abgestimmt auf die örtlichen Verhältnisse mit dem Auftraggeber abzusprechen.

Erdbeben als mögliche Auslöseursache von Rutschungen sind nicht zu behandeln.

### **Hangmuren:**

Die im Kanton St. Gallen gültige Definition ist im Kapitel "Begriffe und Grundlagen" zu finden. Zur Beurteilung der Gefährdung durch Hangmuren kommen zwei unterschiedliche Ansätze zur Anwendung, je nachdem, ob der betrachtete Ort am Entstehungsort oder im Transit- resp. Ablagerungsbereich liegt.

Der Übergang von Spontanrutschung zu einer Hangmure ist fliessend. Im Zweifelsfalle ist jener Fall zu beurteilen, welcher die grössere Gefährdung ergibt.



### 8.2.3.1 Permanente Rutschungen / Hangkriechen

Zur Abklärung bei permanenten Rutschungsprozessen im weiteren Sinne ist gefordert:

- Detaillierte, lagegenaue Rutschungskartierung. Von spezieller Bedeutung ist die Feststellung aller Bereiche, an welchen starke differentielle Bewegungen auftreten oder auftreten könnten (starke Intensität).
- Wenn nicht eindeutig feststeht, ob die mittleren Bewegungsgeschwindigkeiten in eine bestimmte Intensitätsklasse fallen, sind die Bewegungsgeschwindigkeiten genauer abzuklären. Welches Vorgehen das best geeignete ist, muss für den Einzelfall entschieden werden. Mögliche Vorgehen sind (nicht abschliessende Aufzählung):
  - Beschaffung von Informationen über Verschiebungen von Fix- und Polygonpunkten.
  - Nachmessung von bestehenden Fix- oder Polygonpunkten.
  - Einrichtung von Kontrollpunkten und deren Vermessung.
  - Photogrammetrische Verschiebungsmessungen anhand zeitlich weit auseinander liegender Modelle oder Präzisionsphotogrammetrie (Einmessung signalisierter Punkte).

Aufwendigere Abklärungen wie Kernbohrungen, Rammsondierungen, Baggerschlitze und Inklinometermessungen lassen sich alleine für die Erstellung von Gefahrenkarten zur Abklärung von permanenten Rutschungen / Kriechbewegungen mit eindeutigen Spuren i. d. R. nicht rechtfertigen.

### 8.2.3.2 Spontanrutschungen und Hangmuren

Die Abklärung der geomorphologischen, geologischen, geotechnischen und hydrogeologischen Verhältnisse ist Grundlage für die Gefahrenbeurteilung. An Orten ohne Phänomene sind geeignete Vergleiche mit Gebieten notwendig, in welchen die Spuren dieser Prozessarten auftreten. Entsprechend den örtlichen Verhältnissen und weiteren Rahmenbedingungen werden sich für die einzelnen Abklärungen verschiedene Vorgehen und Kombinationen davon als besonders geeignet erweisen. Die nachfolgende Aufzählung ist im Sinne von Beispielen zu verstehen und nicht abschliessend.

### **Geomorphologie:**

- detaillierte Rutschungskartierung
- Hangprofile
- digitale Höhenmodelle
- Feinmorphologie

### **Geologie:**

- Analyse und evtl. Ergänzung vorhandener geologischer Kartengrundlagen und vorhandener Sondierungen (spez. Materialeigenschaften, Schichtaufbau und -verlauf, Lithologie, Tektonik, übrige Störungen).

### **Hydrologie und Hydrogeologie:**

- Niederschlagsmengen für langdauernde (einige Tage) und kurzdauernde (bis < 1 Stunde) Niederschläge sind zu berücksichtigen.
- Vorgänge in stehenden und fliessenden Gewässern, soweit Einflüsse auf Rutschungen anzunehmen sind (Intensität und Auftretenswahrscheinlichkeit). Besonders zu berücksichtigen sind Seiten- und Tiefenerosion, Gerinneausbrüche und Spiegelschwankungen bei stehenden Gewässern.
- Analyse und evtl. Ergänzung vorhandener hydrogeologischer Grundlagen sowie Ergänzung der Grundlagen durch Kartierung von Quellen, Vernässungen und erwiesenen oder vermuteten Infiltrationsgebiete.
- Beurteilung anthropogener Veränderungen (Quellfassungen, Leitungen, Drainagen, Strassenentwässerungen und Meteorwasserversickerungen).
- Die Möglichkeiten des Auftretens von oberflächlichen Hangabflüssen und Sickerströmungen in Bodenschichten ist aufgrund des Niederschlagsverhaltens, der Geomorphologie, des Bodenaufbaus und der Materialeigenschaften zu beurteilen.

## **8.2.3.3 Einsturz und Absenkung**

Das Vorgehen zur Abklärung ist gemäss der Beschreibung für Spontanrutschungen und Hangmuren sinngemäss anzuwenden und den jeweiligen Verhältnissen, insbesondere den möglichen Ursachen für das Auftreten der Prozessarten anzupassen.

Diese Prozessarten werden im Kanton St. Gallen bezüglich ihres räumlichen Auftretens von untergeordneter Bedeutung sein. Da die Prozessarten sehr unterschiedliche Ursachen haben können, müssen die geeigneten Abklärungsverfahren fallweise bestimmt werden.

## **8.2.4 Sturzprozesse**

Die normalen, routinemässigen Gefahrenabklärungen erfassen die Gefährdungen durch Stein- und Blockschlag. Für die Gefährdungen durch Fels- und Bergstürze werden unter speziellen Voraussetzungen Abklärungen vorgenommen.

**Grundsätze:** Sturzprozesse aus künstlichen Böschungen werden in der Gefahrenkarte, ohne dass dafür ein ausdrücklicher Auftrag besteht, nicht erfasst.

Sind zur Zeit der Erstellung der Gefahrenkarte Veränderungen an den natürlichen Gegebenheiten im Gange (Baugruben, Strassenbau, Materialabbau etc.), so ist die Art deren Berücksichtigung in der Gefahrenkarte abgestimmt auf die örtlichen Verhältnisse mit dem Auftraggeber abzusprechen und sauber abzugrenzen.

Erdbeben als mögliche Auslöseursache von Sturzprozessen sind nicht zu behandeln.

### 8.2.4.1 Stein- und Blockschlag

Die allgemeinen Abklärungen zur Gefährdung durch Stein- und Blockschlag umfassen nachfolgende Punkte:

#### **Abbruchzonen, Auslösegebiet**

Als Auslösegebiete sind nicht ausschliesslich anstehende Felsflächen zu betrachten, sondern grundsätzlich alle natürlichen Gegebenheiten, welche zur Entstehung und Gefährdung durch Sturzprozesse führen können.

Die Kenntnisse über die Abbruchzonen sind - abgestimmt auf die nach der Erarbeitung der allgemeinen Abklärungen bestehenden Lücken - entsprechend zu vertiefen. Die Abklärungen sollen beinhalten:

#### **Primärsturzfleichen:**

##### **Geologie:**

Analyse und evtl. Ergänzung vorhandener Kartengrundlagen und Spezialuntersuchungen. Insbesondere sind Kenntnisse notwendig über Schichtaufbau, -mächtigkeiten, -verlauf, Felsverwitterung, tektonische und atektonische Störungen, Trennflächengefüge und Durchtrennungsgrad.

##### **Hydrogeologie:**

Sickerströmungen im Felsgestein sind namentlich danach zu untersuchen, wie weit sie zu Frostsprengungen oder zur Schmierung vorhandener Gleit- und Bruchflächen beitragen können oder hydrostatische Wasserdrücke aufgebaut werden können.

#### **Sekundärsturzfleichen:**

Da hierbei mehrere sehr unterschiedliche Auslösemechanismen eine Rolle spielen können, sind die Abklärungen auf den jeweiligen Einzelfall abzustimmen.

#### **Transitzone**

Die Untersuchungen in der Transitzone liefern wichtige Hinweise zur Häufigkeit von Sturzereignissen und den auftretenden Geschwindigkeiten. Die Abklärungen sind insbesondere dort von Bedeutung, wo Eingriffe des Menschen in der Ablagerungszone die Spuren stark veränderten oder diese ganz eliminierten.

#### **Ablagerungszone**

- Die Ablagerungen sind danach zu beurteilen, ob sie anthropogen verändert wurden (weggeräumter Schutt, Sprengung von Grossblöcken  $\Rightarrow$  Verfälschung von Spuren, welche die scheinbare Reichweite und seitliche Ausdehnung belegen).
- Falls die vorhandenen Spuren oder bekannte Ereignisse sowohl die vorkommenden Komponentengrößen als auch deren Reichweite zuverlässig abbilden, sind in erster Linie die Spuren für die Festlegung der Gefahrenbereiche massgebend.
- Bestehen bezüglich der Verlässlichkeit der Spuren Zweifel, sind die Reichweiten mit Modellen abzuschätzen und mit geeigneten Quervergleichen zu plausibilisieren.
- Falls der Ereigniskataster zuverlässige Angaben zu den Auftretenswahrscheinlichkeiten liefert, sind hauptsächlich diese Angaben für die Beurteilung der Wahrscheinlichkeiten zu verwenden.

### 8.2.4.2 Felssturz

Die Gefährdung durch Felsstürze ist auf jeden Fall in der Gefahrenkarte aufzuzeigen, wenn

- der Ereigniskataster solche Gefährdungen ausweist oder
- aufgrund der geologischen Verhältnisse Felsstürze mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 0.003 anzunehmen sind.

Ist lediglich eine gewisse Grunddisposition für Felsstürze gegeben, jedoch die Eintretenswahrscheinlichkeit geringer als 0.003, so muss diese Gefährdung in der Gefahrenkarte nicht ausgewiesen, im technischen Bericht jedoch beurteilt werden. Vor detaillierten Abklärungen ist eine Rücksprache mit der Naturgefahrenkommission notwendig.

Die Reichweite von Felsstürzen muss mit geeigneten Modellen abgeschätzt werden.

### **8.2.4.3 Eisschlag**

Als Gefahrenquellen sind Gletscher und vereiste Felswände zu betrachten. Geeignete Grundlagen, um das Gefährdungspotential abzuschätzen, bilden:

- Ereigniskataster und
- Analogieschlüsse mit vergleichbaren Gebieten.

Die Reichweite ist mit geeigneten Modellen abzuschätzen.

### **8.2.4.4 Bergsturz**

Die Gefährdung durch Bergstürze wird in den routinemässig erstellten Gefahrenkarten, die hauptsächlich als Grundlage für die Raumplanung dienen, nicht erfasst. Abklärungen werden eingeleitet, wenn klare Anzeichen darauf hinweisen, dass eine akute Bergsturzgefahr besteht. Das Vorgehen zur Gefahrenabklärung ist auf den Einzelfall auszurichten und nur nach Rücksprache mit der Naturgefahrenkommission einzuleiten.

## **8.2.5 Lawinengefahren**

Die normalen, routinemässigen Gefahrenabklärungen erfassen die Gefährdungen durch Staub- und Fliesslawinen sowie das Schneegleiten.

Entgegen der bisherigen Praxis bei der Abklärung von Lawinengefahren werden nicht nur die Wirkungen der 30- und 300-jährlichen Lawinen untersucht, sondern zusätzlich auch jene der 100-jährlichen.

### **8.2.5.1 Fliess- und Staublawinen**

In der Abklärung der Lawinengefahren besteht eine wesentlich längere Tradition als bei den übrigen gravitativen Naturgefahren. Zudem bestehen Richtlinien, welche die Abklärungsverfahren detailliert umschreiben. Für die hier notwendigen Abklärungen kann daher auf die entsprechenden Richtlinien und die Fachliteratur verwiesen werden.

### **8.2.5.2 Schneegleiten**

Die Gefährdung durch Schneegleiten ist auf jeden Fall in der Gefahrenkarte aufzuzeigen, wenn

- der Ereigniskataster solche Gefährdungen ausweist oder
- aufgrund der topographisch-klimatischen Verhältnisse solche Ereignisse mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 0.003 anzunehmen sind.
- und das fragliche Gebiet nicht durch Lawinenprozesse überlagert wird.

Bezüglich der Prozessart Schneegleiten gelten grundsätzlich dieselben Empfehlungen, wie für die Lawinen. Die Fachgrundlagen sind für diese Prozessart jedoch weit spärlicher vorhanden, so dass geeignete Abklärungsverfahren von Fall zu Fall gewählt werden müssen.

Eine erste Eingrenzung des Auftretens dieser Gefährdung geschieht mittels den Kriterien Höhenlage, Hangneigung, Exposition, Vegetationsbedeckung und Feintopographie des Hanges. Da zu dieser Prozessart wenige Grundlagen vorliegen, welche direkt auf die Gefahrenbeurteilung ausgerichtet sind, sind die Fachexperten gehalten, die Wissenslücken selbst auszufüllen.

## 8.3 Schutzmassnahmen

### 8.3.1 Allgemeines

Alle Bauwerke, welche, beabsichtigt oder nicht, den Ablauf von Gefahrenprozessen beeinflussen, sind aufzunehmen und hinsichtlich ihrer Wirkungen zu beurteilen. Ziel ist es, alle Schutzmassnahmen nach Massgabe ihrer Wirkung in der Gefahrenbeurteilung zu berücksichtigen.

Nicht alle Schutzmassnahmen werden in der Gefahrenbeurteilung in gleicher Weise behandelt. Nachfolgende Zusammenstellung zeigt auf, wie im Kanton St.Gallen Schutzmassnahmen grundsätzlich zu berücksichtigen sind.

#### **Schutzbauten:**

Zu den Schutzbauten zählen alle baulichen Massnahmen, welche die Häufigkeit oder die Intensität von Gefahrenwirkungen auf eine Fläche beeinflussen. Durchlässe und geschlossene Gerinne werden unter die Schutzbauten subsumiert, da die Art der Beurteilung jener von Schutzbauten sehr ähnlich ist und sie bei den Hochwassergefahren eine entscheidende Rolle spielen.

#### **Notfallvorrichtungen:**

Unter Notfallvorrichtungen werden beispielsweise Hebebrücken verstanden, die bei einem Hochwasserereignis rechtzeitig das Durchflussprofil vergrössern oder Brückenverschaltungen, welche trotz voll ausgelastetem Durchflussprofil, Ausbrüche verhindern können. Solche Notfallvorrichtungen, die technisch darauf ausgelegt sind, im Ereignisfall ihre Wirkung zu erzielen, werden in Gefahrenbeurteilungen immer berücksichtigt.

#### **Objektschutzmassnahmen:**

Objektschutzmassnahmen werden in der Gefahrenkarte nur dann berücksichtigt, wenn sie die Ausdehnung einer Gefahrenwirkung beeinflussen können (z.B. ein Damm oder eine Geländeerhöhung zum Schutz einer Häusergruppe ⇒ flächenhafte Gefahrenausbreitung eingeschränkt). Objektschutzmassnahmen, die nur geeignet sind, die Schäden am einzelnen Objekt zu begrenzen oder zu verhindern, werden in der Gefahrenkarte nicht berücksichtigt (gesicherte Gebäudeöffnungen, Tankbefestigungen u. ä. ⇒ flächenhafte Gefahrenausbreitung nicht eingeschränkt, jedoch Risiko verringert).

#### **Notfallplanungen und Warnsysteme:**

Diese Art von Schutzmassnahmen ist darauf ausgerichtet, nach oder vor dem Eintreten der Gefährdung durch geplante Aktionen den Schaden zu begrenzen oder zu verhindern (Evakuationen, Sperrungen). Diese Art von Schutzmassnahmen wird in den Gefahrenkarten in der Regel nicht berücksichtigt. Im Rahmen eines Notfalleinsatzes vorgesehene Eingriffe an der Gefahrenquelle (wie beispielsweise die Verhinderung von Brückenverklausungen durch dauernde Räumung des Profils von Geschiebe und Treibholz während eines Hochwassers) sollen in der Gefahrenkarte in aller Regel nicht berücksichtigt werden. Ausnahmen sind im Rahmen der Szenarienbildung zu begründen und mit dem Auftraggeber abzusprechen.

### 8.3.2 Aufnahmen und Beurteilung

Alle Schutzmassnahmen, die bei der Gefahrenbeurteilung eine Rolle spielen, müssen dokumentiert werden. Bei Sperrungen oder Schutznetzen genügt es, Abschnitte oder Reihen von Netzen als Ganzes zu erfassen und zu beschreiben, sofern eine genügende Einheitlichkeit hinsichtlich der Wirkung gegeben ist. Neben der Lage und Art der Bauwerke müssen wichtige Kenngrössen dokumentiert werden, damit die zugewiesene Wirkung nachvollzogen werden kann. Beispiele:

- Sperrungen(-Treppe): Überfallhöhe, Abflussektion, Bauweise, Abstand, Grenzgefälle
- Geschiebesammler: Inhalt, Sicherheit gegen Umfliessen, Typ Auslaufbauwerk, Sicherung Auslaufbauwerk gegen Verstopfung, Wildholzfang
- Steinschlagschutznetze: Höhe, Energieaufnahme, Bautyp, allenfalls Netztyp (Zertifizierung)

In den konkreten Fällen können immer auch andere Details entscheidend werden. Wesentlich ist, dass die zugemessene Wirkung von Bauwerken aus den Aufnahmen nachvollziehbar ist.



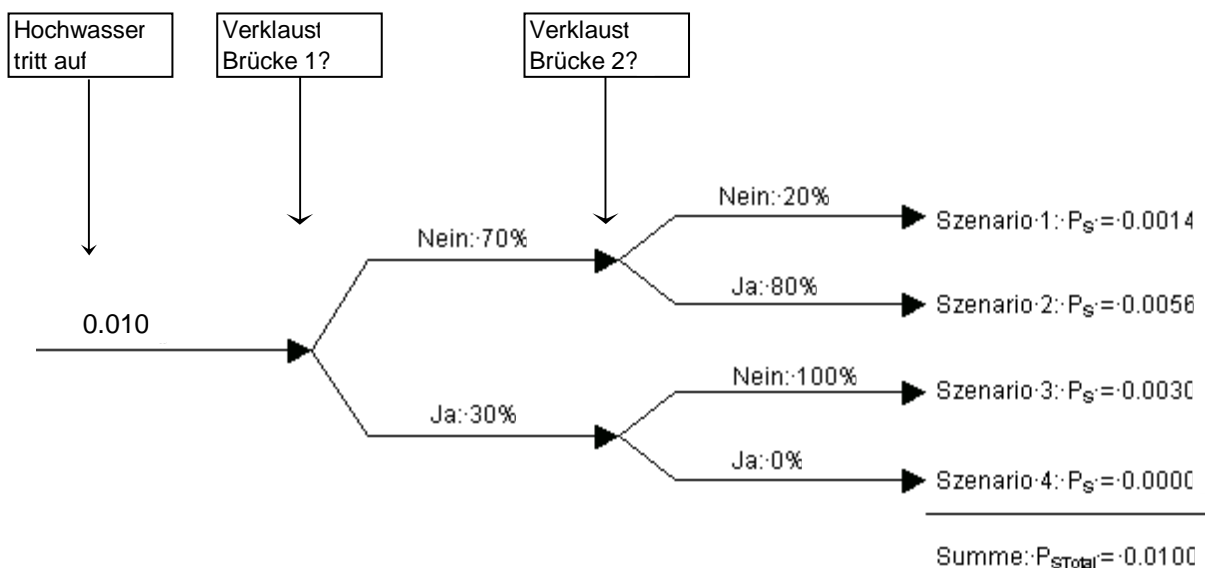
Für die Beurteilung der Wirkung sind der bautechnische Zustand und die Dimensionierung der Bauwerke massgebend. Im Rahmen der Gefahrenabklärung ist es nicht möglich, verborgene Teile der Bauwerke mit Sicherheit zu beurteilen. Sind Pläne, insbesondere Ausführungspläne, vorhanden, sollen die Angaben dort übernommen werden. Existieren keine verlässlichen Dokumente, so muss der Bearbeiter eine gutachtliche Beurteilung vornehmen.

## 8.4 Szenarien

Gestützt auf die ausführliche Ereignisanalyse und die Aufnahme und Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen werden Szenarien abgeleitet. Diese beschreiben die Annahmen, welche für die Wirkungsanalyse berücksichtigt werden. Grundsätzlich weisen Szenarien immer eine Wahrscheinlichkeit und ein Ausmass auf. Szenarien gelten für einen bestimmten Ort, beispielsweise eine verklausungsgefährdete Brücke oder einen Gerinneabschnitt der auflanden kann. Szenarien können sich auch auf eine Gefahrenquelle insgesamt beziehen. Typisches Beispiel dazu ist die Berücksichtigung von langen und kurzen Ganglinien bei Überflutungsmodellierungen. Szenarien können für alle Jährlichkeiten in gleicher Weise gelten oder sind je nach Jährlichkeit unterschiedlich. (Vgl. dazu auch Wegleitung, Kapitel 14, „Datenbeschreibung“.)

### 8.4.1 Quantitativer Ereignisbaum

Die Verkettung von Ereignissen muss nach dem quantitativen Ereignisbaum beurteilt werden. Ein Ereignis kann sich beispielsweise infolge des Eintretens eines Szenarios unterschiedlich weiterentwickeln. Da Zufälligkeiten einen wesentlichen Einfluss aufweisen, darf auch nicht erwartet werden, dass verschiedene Hochwasserereignisse derselben Grösse jedes Mal gleich ablaufen. Mit der Zuweisung von Wahrscheinlichkeiten und der Berücksichtigung aller sich daraus ergebenden Kombinationen wird den wahren Verhältnissen am besten entsprochen. Werden alle Kombinationen berücksichtigt, ergibt die Summe der Teilwahrscheinlichkeiten am Ende des Ereignisbaumes wiederum die Wahrscheinlichkeit des Hochwasserabflusses. Die folgende Abbildung stellt ein Beispiel eines solchen Ereignisbaumes dar:



Die Wahrscheinlichkeit des auftretenden Hochwassers beträgt 1/100. Als Sekundärereignisse sind zwei Brücken zu betrachten, welche zu Verklausungen führen können. Im Ereignisbaum sind die geschätzten Wahrscheinlichkeiten für das Verhalten der Brücken eingetragen. Es ergeben sich somit 4 Szenarien, deren Summe der Szenariowahrscheinlichkeiten wiederum die Wahrscheinlichkeit des Hauptereignisses (1/100) ergibt. Die massgebenden Szenarien sind für die vier bei der Überschwemmung zu betrachtenden Wahrscheinlichkeitsklassen zu bestimmen, woraus sich dann total 16 Szenarien ergeben. Wesentlich ist, dass immer die Wahrscheinlichkeit des Eintretens eines Szenarios (z.B. Brücke verklaut), jedoch auch die Gegenwahrscheinlichkeit (Brücke verklaut nicht) betrachtet wird.

Der abgebildete Ereignisbaum berücksichtigt die Annahme, dass die Verklausung an Brücke 1 die Wahrscheinlichkeit des Verklausens von Brücke 2 ausschliesst. Diese strikte Kausalität muss in der konkreten Anwendung hinterfragt werden. Da Zufälligkeiten bei Verklausungen eine grosse Rolle spielen, kann Brücke 2 verklausen bevor Brücke 1 verklaust, so dass beide Teilereignisse ohne Berücksichtigung einer gegenseitigen Beeinflussung eintreten (können).

Bei den Wassergefahren sind besonders zu beachten:

- Eine Brücke wird in aller Regel nicht vom Beginn bis zum Ende eines Ereignisses vollständig verklaust sein. Der Prozess muss stattfinden und über eine gewisse Zeit wirken, bis eine Brücke verklaust.
- Bei längeren Gerinneabschnitten können sehr viele Brücken vorkommen. Werden sämtliche denkbaren Szenarien durchgespielt, so werden auch jene Kombinationen vorkommen, in welchen die grosse Mehrheit bis zu allen Brücken gleichzeitig eine Verklausung aufweisen. Solch unwahrscheinliche Szenarien müssen ausgeschlossen werden.
- Insbesondere bei breiten Talgewässern und Brücken mit Zwischenpfeilern kann im Falle einer möglichen Verklausung kaum davon ausgegangen werden, dass diese in jedem Fall das gesamte Brückenprofil betrifft. Das gewählte methodische Vorgehen muss auch solchen Umständen Rechnung tragen.

Die Berücksichtigung des quantitativen Ereignisbaumes beeinflusst die Wahrscheinlichkeiten, jedoch nicht die Intensität. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Überschwemmungsfläche durch ein 100-jährliches Ereignis betroffen wird, entspricht höchstens der Wahrscheinlichkeit des Abflusses selbst. Kann diese Überschwemmungsfläche nur dann benetzt werden, wenn ein wahrscheinlichkeitsbehaftetes Ereignis (z. B. Brückenverklausung eintritt), so reduziert sich die Wahrscheinlichkeit der Benetzung der betrachteten Fläche entsprechend. Verklaust die Brücke beispielsweise mit einer geschätzten Wahrscheinlichkeit von 50%, so entspricht die Häufigkeit der Überschwemmung aus Sicht der betroffenen Fläche einem 200-jährlichen Ereignis.

Die grösste Bedeutung hat die Berücksichtigung des Ereignisbaumes bei den Wassergefahren, insbesondere der Überschwemmung und den Murgängen. Sinngemäss ist das Vorgehen bei allen Prozessarten anzuwenden.

Die Wahrscheinlichkeiten sollen nach relativ groben Klassen zugewiesen werden. Diese lassen sich gut begründen und täuschen keine Genauigkeiten vor, die ohnehin nicht erreichbar sind.

### **8.4.1 Dokumentation von Szenarien**

Für die Nachvollziehbarkeit der Gefahrenbeurteilung und die später folgende Abklärung zweckmässiger Schutzmassnahmen spielen die Szenarien eine tragende Rolle. Sie müssen daher vollständig und klar dokumentiert werden. Entsprechend der generell gewählten Datenstruktur, die durchgehend einen Bezug zu den Gefahrenquellen herstellt, ist dies auch bei der Dokumentation der Szenarien von Bedeutung.

Neben der Beschreibung der Einzelszenarien ist der Bearbeiter zudem gefordert, deren Verknüpfung zu Ereignisbäumen in einer übersichtlichen Form darzustellen.

In der Wegleitung, Kapitel 14, „Datenbeschreibung“ ist seit 2008 beschrieben, wie die Szenarien dokumentiert werden müssen. Das Datenmodell erfasst die für die Durchführung der Wirkungsanalyse relevanten Merkmale. Deren Herleitung muss in der übrigen Dokumentation, insbesondere dem Technischen Bericht erfolgen.

Für jedes Szenario ist ein Szenarienblatt gemäss Vorgaben der Naturgefahrenkommission zu erstellen. Dieses beinhaltet die beurteilten Wahrscheinlichkeiten und Ausmasse sowie eine Beschreibung des Szenarios inklusive Fotodokumentation.

## 8.6 Wirkungsanalyse

In der Wirkungsanalyse wird gestützt auf die Ereignisanalyse, die Abklärungen zu den Wirkungen der Schutzmassnahmen und die daraus abgeleiteten Szenarien die Ausbreitung der Gefährdung im Raum ermittelt. Dabei werden die Intensitäten nach Klassen und pro Eintretenswahrscheinlichkeit sowie die räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten pro Gefahrenquelle bestimmt. Unabhängig von der letztlich gewählten Methode und den verwendeten Modellen ist zu gewährleisten, dass die Ergebnisse der Ereignisanalyse und die erstellten Szenarien in der Art berücksichtigt werden, wie sie dokumentiert und vom Auftraggeber abgenommen wurden. Wegen der besonderen Bedeutung der Hochwassergefahren und den Erfordernissen in der raumplanerischen und baurechtlichen Umsetzung legt die Naturgefahrenkommission in der Ausschreibung fest, für welche Gewässer die Überflutung zwingend mit einem zweidimensionalen Rechenmodell abgeklärt werden muss.

Auch bei den übrigen Prozessarten ist der Einsatz geeigneter Modelle mindestens zur Erhärtung von gutachtlichen Feldbeurteilungen notwendig. Damit nachvollziehbar ist, wo Modellierungen vorgenommen wurden, welcher Art sie sind und welche Modelle zum Einsatz kommen, sind diese Angaben ebenfalls zu erfassen. Ausführliche Vorgaben dazu finden sich in der Wegleitung, Kapitel 14, Datenbeschreibung.

## 8.5 Erstellung und Aufbau der Gefahrenkarte

### 8.5.1 Einleitung

Die Abklärungsverfahren, welche vor allem die Abklärungstiefe beschreiben, genügen noch nicht, um den gesamten Vorgang der Erstellung von Gefahrenkarten soweit festzulegen, dass der Kanton Gewähr hat, dass die von verschiedenen Auftragnehmern erstellten Gefahrenkarten in einem engen Rahmen allen Anforderungen der Vergleichbarkeit genügen. Der Kanton will und muss die Gewähr haben, dass die Ergebnisse der Gefahrenkarten möglichst wenig vom beauftragten Fachgutachter abhängen. Als entscheidende Aspekte der Vergleichbarkeit werden die nachstehend aufgezählten Punkte betrachtet.

1. das Resultat selbst
2. die Nachvollziehbarkeit
3. die Darstellung der Resultate
4. die Möglichkeiten der Nachführung
5. die Bereitstellung der Daten für die Verwaltung und
6. die Verfügbarkeit von Teilresultaten

Die Punkte 2 bis 6 sind mit der Datenbeschreibung und den Anforderungen in der Ausschreibung gut sichergestellt. Der erste Punkt verlangt jedoch Präzisierungen, die teilweise in den vorhergehenden Kapiteln behandelt wurden und nachfolgend mit den Aspekten zur Erstellung und zum Aufbau der Gefahrenkarten erweitert werden. Alle Punkte, welche die Datenbeschreibung betreffen, sind dort behandelt. Nachfolgend geht es ausschliesslich um fachliche Aspekte.

### 8.5.2 Inhalte und Darstellung der Gefahrenkarte

Die Gefahrenkarte gibt mit den Farben rot, blau, gelb die raumplanerische Bedeutung wieder, wie sie in erster Linie für die Nutzung durch Gebäude gelten sollen:

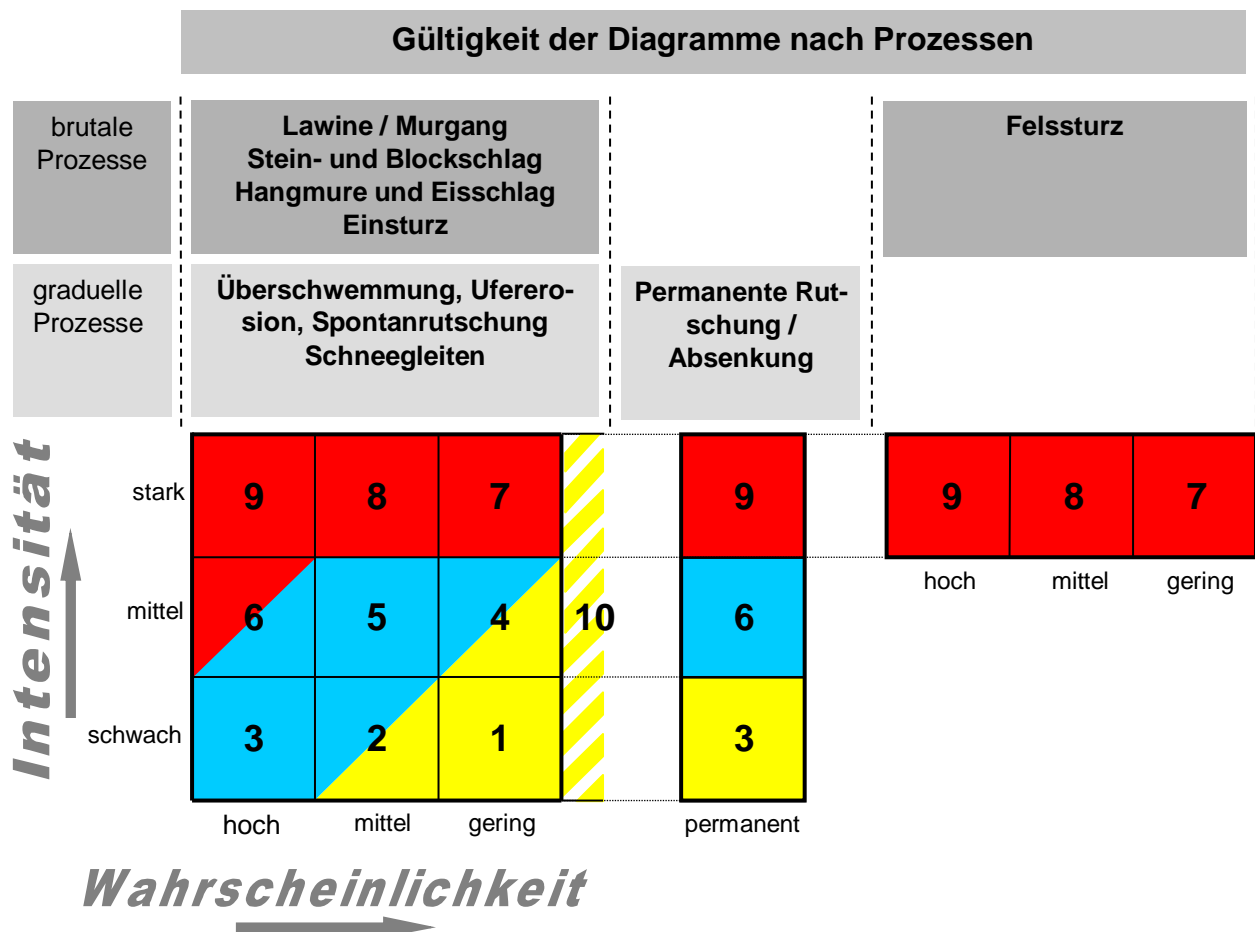
Gefahrenbereich	sachliche Bedeutung	raumplanerische Bedeutung
<b>rot</b>	erhebliche Gefährdung	Verbotsbereich
<b>blau</b>	mittlere Gefährdung	Gebotsbereich
<b>gelb</b>	geringe Gefährdung	Hinweisbereich
<b>gelb-weiss</b>	Restgefährdung (wird nur bei Überschwemmung ausgeschieden)	Hinweisbereich
<b>weiss</b>	nach derzeitigem Kenntnisstand keine oder vernachlässigbare Gefährdung	keine Einschränkungen

Da das einfache Schema, welches auf die wichtigste, raumwirksame Tätigkeit - das Nutzen von Gebäuden - ausgerichtet ist, nicht allen vorkommenden Nutzungen in gleicher Weise gerecht werden kann, sind zusätzlich Schutzziele definiert worden (vgl. Kap. Objektkategorien und Schutzziele).

Das Instrument Gefahrenkarte sollte möglichst einheitlich gestaltet sein. Dieses Ziel wurde mit den Definitionen der Gefährdungen und den entsprechenden Farben in den Bundesempfehlungen und der Lawinenrichtlinie für die wichtigsten Aussagen bereits erreicht und im Kanton St.Gallen auch voll übernommen. Es ist zweckmässig, auch die Darstellung der Zusatzinformation im Kanton zu vereinheitlichen. Nachfolgend werden die Inhalte und ihre Darstellung genauer beschrieben, wobei hier die generellen Inhalte behandelt werden.

#### Generell:

Die Farben nach Gefahrenbereich ergeben sich aus dem Zusammenhang von Intensität und Auftretenswahrscheinlichkeit. Um den teils sehr unterschiedlichen Prozessarten Rechnung zu tragen, gelten für die verschiedenen Prozessarten unterschiedliche Diagramme, aus welchen durch Verknüpfung von Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit die Farbe des Gefahrenbereiches resultiert. Nachstehende Diagramme basieren auf den Bundesempfehlungen.



Restgefährdung (Matrixfeld 10) wird im Kanton St. Gallen nur bei der Prozessart Überschwemmung aus-  
 geschieden.

In den Bundesempfehlungen ist nicht erläutert, wie die halbierten Matrixfelder bei der Erstellung der Gefah-  
 renkarten zu behandeln sind. Da das Gesamtergebnis sehr stark davon abhängt, was für eine Regel man für  
 den Umgang mit den halbierten Matrixfeldern wählt, wird für den Kanton St.Gallen festgelegt:

***In halbierten Matrixfeldern wird für die brutalen Prozessarten die höhere Gefahrenstufe  
 gewählt und für die graduellen Prozessarten die tiefere.***

**brutale Prozessarten:**

Fliess- und Staublawine, Murgang, Hangmure, Stein- und Blockschlag, Felssturz und Eisschlag, Einsturz

**graduelle Prozessarten:**

Überschwemmung, Ufererosion, Schneegleiten, permanente Rutschung, Spontanrutschungen, Absenkung

Aus den geltenden Regeln für die Umsetzung des Gefahrenstufendiagrammes mit den halbierten Matrixfel-  
 dern ergibt sich die in der folgenden Tabelle aufgezeigte Gültigkeit für die Zuweisung der Gefahrenstufen zu  
 den Matrixfeldnummern. Die Matrixfeldnummern sind von links nach rechts nach der absteigenden Rangfol-  
 ge aufgeführt.

Prozessarten	Nummern der Matrixfelder									
graduelle Prozessarten	9	8	7	6	5	3	4	2	1	10
brutale Prozessarten	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

Bei den permanenten Rutschungen fallen die Matrixfelder 1, 2, 4, 5, 7 und 8 weg, da die Wahr-  
 scheinlichkeitsklasse dahinfällt. Bei Felssturz fallen die Matrixfelder 1 bis 6 weg, da die schwache und mittlere Inten-  
 sität bei diesen Prozessen nicht vorkommt. Das Matrixfeld 10 (Restgefahr existiert nur bei den Prozessarten  
 Überschwemmung.

### 8.5.3 Aufbau von Gefahrenkarten

Die für die Beschreibung der Gefährdung notwendige Information wird in den Intensitätskarten beschrieben.  
 Die Intensitätskarten bilden die Primärprodukte, aus welchen sich die Gefahrenkarten direkt ableiten lassen.

Die detaillierten Anforderungen an die Intensitätskarten und die Gefahrenkarten sind in der Datenbeschrei-  
 bung vorgegeben.

**Primärprodukte (Intensitätskarten):**

Als Primärprodukte werden hier die Intensitätskarten verstanden. Sie können nicht aus anderen Karten oder  
 Daten abgeleitet werden, sondern müssen von Grund auf erstellt werden. Im Kanton St.Gallen werden sie in  
 digitaler Form pro Gefahrenquelle aufgebaut.

**Erstellung der Derivate (Gefahrenkarten):**

Als Derivate werden die verschiedenen Gefahrenkarten deshalb bezeichnet, weil sie aus den digitalen Inten-  
 sitätskarten nach klaren Gesetzmässigkeiten mit Mitteln der Geoinformatik abgeleitet werden.

**Nachführung von Primärdaten und Derivaten**

Grundsätzlich werden Primärdaten durch externe Spezialisten erhoben, während die automatisierte Weiter-  
 verarbeitung zu Derivaten durch den Kanton erfolgt.

Bei der Nachführung der Naturgefahrenanalyse werden die Intensitätskarten pro Gefahrenquelle, die Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle und die skalierten Intensitäten pro Gefahrenquelle durch den externen Auftragnehmer erstellt. Die Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle gehört streng genommen ebenfalls zu den Derivaten (aus Intensitäten abgeleitet), wird aber wegen ihrer Wichtigkeit in der Projektierungsphase ebenfalls extern erstellt.

Die weiteren Derivate, insbesondere aggregierte skalierte Intensitäten, Intensitäten pro Hauptprozessart, Gefahrenkarte pro Hauptprozessart und synoptische Gefahrenkarte werden durch den Kanton abgeleitet.

### **Generalisierung von Derivaten**

Die Derivate werden automatisiert aus den Primärdaten hergestellt. Dabei werden die Daten verschiedener, unabhängig voneinander beurteilter Gefahrenquellen und Jährlichkeiten miteinander kombiniert und verschnitten. Bei der Herstellung der Derivate können dadurch Kleinstflächen entstehen. Kleinstflächen unter 100m<sup>2</sup> werden durch eine anschliessende Generalisierung (Kleinstflächenbereinigung) systematisch und nach festgelegten Kriterien (siehe Kapitel 14 der Wegleitung) beseitigt. Dabei werden die Kleinstflächen geeigneten (möglichst ähnlichen) Nachbarflächen zugeschlagen. Dies resultiert in geringen, lokalen inhaltlichen Abweichungen zwischen Primärdaten und Derivaten. Diese liegen meist innerhalb der Beurteilungsgenauigkeit der Gefahrenabklärung. Es sind Abweichungen von meist wenigen m<sup>2</sup>, teils (bei Ansammlungen aneinandergrenzender Kleinstflächen) bis einigen 100m<sup>2</sup> möglich.

Bei inhaltlichen Abweichungen zwischen synoptischer Gefahrenkarte, Gefahrenkarte pro Hauptprozessart und Gefahrenkarten pro Gefahrenquelle sind im Zweifelsfall die Gefahrenkarten pro Gefahrenquelle ausschlaggebend und zu berücksichtigen. Dasselbe gilt sinngemäss für Intensitäten und skalierte Intensitäten.

## **8.6 Übersicht über die Produkte zur Gefahrenkartierung**

### **8.6.1 Intensitätskarte nach Bundesstufen**

Die Intensitätskarte nach Bundesstufen beschreibt flächenhaft die Einwirkung eines Gefahrenprozesses. Die Daten liefern folgende Angaben:

- Prozessart
- Gefahrenquelle
- Intensität in klassierter Form, als Flächenteilung bezogen auf eine Wahrscheinlichkeitsklasse
- Wahrscheinlichkeitsklasse
- Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit

Das Merkmal der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit wird im Kapitel "Risiko und Schutzdefizit" behandelt.

Die Intensitätskarten nach Bundesstufen sind das wichtigste Ausgangsprodukt für die Ableitung der Gefahrenkarten und der Risiko- / Schutzdefizitkarten.

Für die genauen Anforderungen an diese Daten gilt die Datenbeschreibung.

### **8.6.2 Skalierte Intensitätskarte**

Skalierte Intensitätskarten bilden die einwirkenden Intensitäten in höherer Auflösung ab. Sie werden nur für den Gefahrenprozess Überschwemmung erstellt und enthalten die für die Intensität massgebenden physikalischen Grössen Überschwemmungstiefe und Fliessgeschwindigkeit in klassierter Form. Die skalierten Intensitätskarten sind die Grundlage für die Dimensionierung von Objektschutzmassnahmen, welche bei der Umsetzung der Gefahrengrundlagen in Form von Auflagen notwendig werden.

Voraussetzung für die Erstellung von skalierten Intensitätskarten ist die zweidimensionale Modellierung des Gefahrenprozesses und die Verwendung einer entsprechend genauen topographischen Grundlage. In den

Ausschreibungen ist jeweils vorgegeben, wo Überflutungsmodellierungen zwingend notwendig sind. Dort wo Überflutungsmodellierungen durchgeführt werden, sind auch die skalierten Intensitätskarten zu erstellen.

Die skalierten Intensitätskarten bestehen aus zwei Datenebenen:

- Überschwemmungstiefe klassiert
- Fließgeschwindigkeit klassiert

Die Ausgangsform der skalierten Intensitätskarte wird getrennt pro Gefahrenquelle erstellt. Mit Mitteln der Geoinformatik werden aus den skalierten Intensitätskarten pro Gefahrenquelle dieselben Daten ohne Unterscheidung nach Gefahrenquellen erstellt. Im Falle von Überlagerungen durch Einwirkungen mehrerer Gefahrenquellen wird jeweils der in einer Fläche auftretende Maximalwert dargestellt.

Die Überschwemmungstiefen und die Fließgeschwindigkeiten werden je getrennt nach Klassen flächenhaft zusammengefasst und nach Minimalflächenkriterien bereinigt. Damit wichtige Informationen für die Planung von Objektschutzmassnahmen nicht verloren gehen, werden die maximalen Fliesstiefen innerhalb der einzelnen Flächen in Punktform erfasst. Dies jedoch nur dann, wenn die Abweichung der Spitzenwerte von der umgebenden Fläche erheblich ist.

Für die genauen Anforderungen an diese Daten gilt die Datenbeschreibung.

Im Minimalen Geobasisdatenmodell des Bundes werden die skalierten Intensitäten als "Kennwerte" bezeichnet.

### **8.6.3 Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle**

Die Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle stellt die Gefährdung in den Gefahrenstufen dar, wie diese weiter oben definiert wurden. Sie dient später insbesondere in der Planung baulicher Schutzmassnahmen als Grundlage.

Grundlage für die Erstellung der Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle sind die zugehörigen Intensitätskarten nach Bundesstufen. Die Gefahrenkarte pro Gefahrenquelle wird höchstens pro Hauptprozess zusammengefasst erstellt. Je nach konkreter Anwendung kann sich die Darstellung auf eine einzige Prozessart oder eine Auswahl von Prozessarten eines Hauptprozesses beschränken.

Für die genauen Anforderungen an diese Daten gilt die Datenbeschreibung.

### **8.6.4 Gefahrenkarte**

Die Gefahrenkarte berücksichtigt sämtliche Prozessarten. Die auch als synoptische Gefahrenkarte bezeichnete Karte stellt immer die höchste der auftretenden Gefahrenstufen dar. In gedruckten synoptischen Gefahrenkarten wird unabhängig davon, ob der Hauptprozess für die Gefahrenstufe massgebend ist oder nicht, das Wirkungsgebiet der Hauptprozesse zusätzlich mit unterschiedlichen Schraffuren bezeichnet.

Die synoptische Gefahrenkarte ist das Produkt, welches in erster Linie für die raumplanerische Umsetzung von Bedeutung ist.

Für die genauen Anforderungen an diese Daten gilt die Datenbeschreibung.