



**UMWELT-MATERIALIEN
NR. 107/II**

Naturgefahren

**Risikoanalyse
bei gravitativen
Naturgefahren**

Fallbeispiele und Daten



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

**UMWELT-MATERIALIEN
NR. 107/II**

Naturgefahren

**Risikoanalyse
bei gravitativen
Naturgefahren**

Fallbeispiele und Daten

With short review in English
Avec abrégé en français
Con compendio in italiano

**Herausgegeben vom Bundesamt
für Umwelt, Wald und Landschaft
BUWAL
Bern, 1999**

IMPRESSUM

Herausgeber	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
Auftraggeber	BUWAL / Eidgenössische Forstdirektion
Projektleitung	Prof. Dr. Hans Rudolf Heinimann Professur für forstliches Ingenieurwesen, ETH Zürich
Autoren	Patricio Borter Professur für forstliches Ingenieurwesen, ETH Zürich (Kurzfassung der Methode und Kapitel 1) Ingenieur- und Photogrammetriebüro R. Bart, St. Gallen (Kapitel 2)
Begleitung BUWAL	Dr. Peter Greminger Leiter Fachbereich Schutzwald und Naturgefahren, Eidg. Forstdirektion, BUWAL
Redaktionelle Beratung	Matthias Diener Büro für Information und Kommunikation, Luzern (Kurzfassung der Methode und Kapitel 1)
Bezugsquelle	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Dokumentation 3003 Bern Fax: +41 (0)31 324 02 16 E-Mail: docu@buwal.admin.ch Internet: http://www.buwalshop.ch
Bestellnummer	UM-107/II-D
Preis	Fr. 30.- (inkl. MWSt), mit Teil I
Hinweis	Zu dieser Publikation ist ein Teil I mit der Methode zur Risikoanalyse erhältlich (Umwelt-Materialien Nr. 1/I).

INHALT

VORWORT	5
STUFEN 1, 2 UND 3 DER RISIKOANALYSE (Kurzfassung)	7
STAGES 1, 2 AND 3 OF THE RISK ANALYSIS (short review)	11
DEGRÉS 1, 2 ET 3 DE L'ANALYSE DES RISQUES (abrégé)	15
LIVELLI 1, 2 E 3 DELL'ANALISI DEI RISCHI (compendio)	19
1. FALLBEISPIELE ZUR RISIKOANLYSE IN ST. NIKLAUS VS	23
1.1 Allgemeine Angaben	23
1.1.1 Die Gemeinde St. Niklaus	23
1.1.2 Gegenstand und Ziel der Untersuchungen	24
1.1.3 Datengrundlagen	25
1.1.4 Dank	26
1.2 Risikoanalyse Stufe 1	27
1.2.1 Vorbereitungsarbeiten	27
1.2.2 Gefahrenanalyse	28
1.2.3 Schutzdefizit-Bestimmung	29
<i>Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug': 1 Gefahrenquelle</i>	<i>29</i>
<i>Fallbeispiel Siedlung 'Zum Stäg': Überlagerung mehrerer Gefahrenquellen ...</i>	<i>35</i>
<i>Fallbeispiel Gemeinde St. Niklaus: alle untersuchten Gefahrenquellen.....</i>	<i>39</i>
1.3 Risikoanalyse Stufe 2	55
1.3.1 Vorbereitungsarbeiten	55
1.3.2 Gefahrenanalyse	57
1.3.3 Risikobestimmung	58
<i>Fallbeispiel Lawine 'Spisszug': Todesfallrisiko in Siedlungsflächen.....</i>	<i>58</i>
<i>Fallbeispiel Steinschlag 'Stock': Todesfallrisiko auf Strasse</i>	<i>63</i>
<i>Fallbeispiel Siedlung 'Zum Stäg': monetäres Risiko in Siedlungsflächen</i>	<i>68</i>
1.4 Risikoanalyse Stufe 3	75
1.4.1 Vorbereitungsarbeiten	75
1.4.2 Gefahrenanalyse	77
1.4.3 Risikobestimmung	78
<i>Fallbeispiel Sonderobjekt Gebäude mit grosser Menschenansammlung:</i>	
<i>Todesfallrisiko</i>	<i>78</i>
<i>Fallbeispiel Sonderobjekt Bahn: Todesfallrisiko.....</i>	<i>83</i>
<i>Fallbeispiel Sonderobjekt ARA: monetäres Risiko</i>	<i>88</i>

2. FALLBEISPIELE ZUR RISIKOANALYSE IN ENNENDA GL	93
2.1 Einleitung	93
2.2 Systemabgrenzung	94
2.2.1 Geographische Systemgrenzen.....	94
2.2.2 Inhaltliche Systemgrenzen.....	94
2.3 Gefahrenanalyse und Szenarienbildung	95
2.3.1 Intensitätskarten.....	95
2.3.2 Gefahrenkarten.....	95
2.4 Risikoanalyse Stufe 1	102
2.4.1 Objektkategorien und Schutzziele.....	102
2.4.2 Schutzdefizit-Ermittlung und Schutzdefizit-Bewertung.....	102
2.4.3 Objektkategorien- und Schutzdefizitkarte.....	102
2.5 Risikoanalyse Stufe 2	105
2.5.1 Gefahrenanalyse.....	105
2.5.2 Objektarten und Objektartenkarte.....	105
2.5.3 Personen- und Sachrisiken Stufe 2.....	108
2.5.4 Risikokarten.....	108
2.6 Nachvollziehbarkeit der Methode und der Resultate	111
2.6.1 Beurteilung aus der Sicht der Behörden.....	111
2.6.2 Ausblick.....	113
3. DATEN ZUR QUANTITATIVEN RISIKOANALYSE	115
3.1 Letalität (Stufe 3) und Spezifisches Schadenausmass für Personen (Stufe 2)	115
3.2 Spezifisches Schadenausmass für Sachwerte (Stufe 2)	118
3.3 Schadenfunktionen für Gebäude (Stufe 3)	124
4. GLOSSAR	126

VORWORT

Dieser Bericht enthält Fallbeispiele zur Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, um die Methoden im Teil I zu illustrieren.

Patricio Borter, Professur für forstliches Ingenieurwesen der ETH Zürich, hat die Risiken durch gravitative Naturgefahren auf dem Gemeindegebiet von St. Niklaus VS untersucht und erläutert an ausgewählten Beispielen die praktische Anwendung der Stufen 1, 2 und 3 der Risikoanalyse (Kapitel 1). Das Ingenieur- und Photogrammetriebüro R. Bart, St. Gallen, zeigt am Beispiel der Gemeinde Ennenda GL die praktische Anwendung der Stufen 1 und 2 der Risikoanalyse (Kapitel 2).

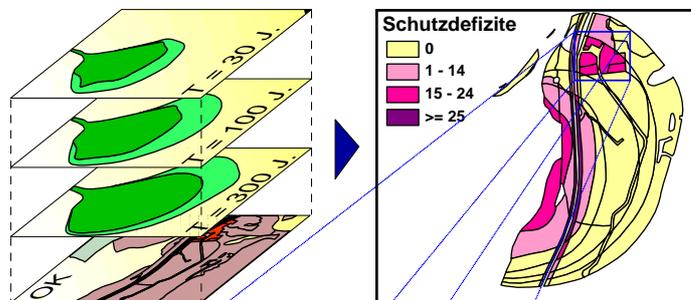
Im Weiteren enthält der Bericht eine Kurzfassung der Methode sowie Schätzwerte zum spezifischen Schadenausmass Stufe 2 und zur Schadenempfindlichkeit gefährdeter Objekte Stufe 3 (Kapitel 3). Ein Glossar definiert die wichtigsten Begriffe der Risikoanalyse und des Sicherheitskonzeptes (Kapitel 4).

STUFEN 1, 2 UND 3 DER RISIKOANALYSE (Kurzfassung)

Stufen 1, 2 und 3 sind eigenständige Methoden zur Analyse von Risiken bei gravitativen Naturgefahren. Die drei Stufen lassen sich einzeln anwenden, je nach gewünschter Bearbeitungstiefe (zunehmende Bearbeitungstiefe: S1→S2→S3). Zusammen bilden sie aber auch eine Einheit, eine eigene Methode. Sie lassen sich so kombinieren, dass man Sicherheitsprobleme zielgerichtet und effizient angehen kann.

Das Drei-Stufen-Modell

Risikoanalyse Stufe 1



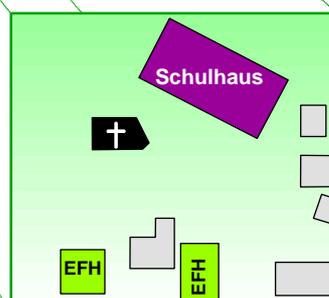
Stufe 1 gibt Aufschluss über halbquantitative Risiken in **Objektkategorien** (=Kategorien von Objekten mit ähnlichem Schutzbedarf). Mit Stufe 1 kann man rasch und ohne grossen Aufwand einen Überblick erhalten, um vor allem Gefahren- oder Untersuchungsbereichen Prioritäten zuzuweisen.

Risikoanalyse Stufe 2



Stufe 2 gibt Aufschluss über quantitative Risiken bei **Objektarten** (Objekte mit ähnlichem Wert bzw. ähnlicher Personenbelegung). Sie basiert auf Pauschalannahmen und ist ohne Felderhebungen durchführbar. Stufe 2 ist ein vereinfachtes Verfahren, um die Risiken zu kennen und hinsichtlich weiterer Massnahmen zu beurteilen.

Risikoanalyse Stufe 3



Stufe 3 gibt Aufschluss über quantitative Risiken bei **Einzelobjekten**. Sie basiert auf detaillierten Abklärungen am Untersuchungsobjekt. Stufe 3 ist ein Verfahren, um die Risiken zu kennen und hinsichtlich weiterer Massnahmen zu beurteilen.

**Vorbereitungs-
arbeiten und
Gefahrenanalyse**

Folgende methodischen **Arbeitsschritte** gehen den Risikoanalysen gemäss Stufen 1, 2 oder 3 voraus:

1. **Vorbereitungsarbeiten** (Teil I, Seiten 17-22)
 - **Sicherheitsproblem** definieren.
 - Das **System** geographisch und inhaltlich in Bezug auf die Schadenarten und Gefahrenprozesse eingrenzen.
 - Die natürlichen und anthropogenen **Bedingungen** definieren, die im System wirken.
 - **Ziele** der Risikoanalyse definieren.
 - **Daten** sammeln.
2. **Gefahrenanalyse** (Teil I, Seiten 23-25)
 - **Ereignisanalyse**: Gefahren identifizieren und lokalisieren.
 - **Wirkungsanalyse**: Art, Ausdehnung und Grad einer Gefährdung bestimmen, Szenarien bilden und in Intensitäts- oder Ereigniskarten darstellen (siehe Abbildung 4, Teil I, Seite 24).

**Die Risikoanalyse
Stufe 1**

Stufe 1 ist ein Modell zur Beurteilung von Naturrisiken anhand von Schutzdefiziten (=Schutzzielverletzungen).

Das Ziel: Überprüfen von definierten Schutzzielen in Objektkategorien (=Kategorien von Objekten mit ähnlichem Schutzbedarf), Ermitteln der Schutzdefizite und Kennen der Konfliktbereiche.

Die Resultate aus Stufe 1 eignen sich, um den Gefahrenbereichen Prioritäten zuzuweisen und sie in der Raum-, Notfall- und Massnahmenplanung zu berücksichtigen.

Die Methode (siehe Abbildung 7, Teil I, Seite 30):

- 1 Die **Intensitätskarten** der (Gefährdungs-)Szenarien mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) digitalisieren.
- 2 Objekte mit ähnlichem Schutzbedarf in **Objektkategorien** zusammenfassen. Den Objektkategorien **Schutzziele** zuordnen (in Funktion der maximal zulässigen Intensität des Gefahrenprozesses und dessen Wiederkehrperiode).
- 3 Die Objektkategorien digitalisieren und in einer **Objektkategorien-Karte** darstellen (GIS).
- 4 Die **Intensitätskarten** mit der **Objektkategorien-Karte** **verschneiden** (GIS).
- 5 Aus dem Verschnitt der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte die **Schutzdefizite** (=Schutzzielverletzungen) ermitteln, bezogen auf flächige, linienförmige und punkartige Raumelemente der neuen Karte. In einer Objektkategorie besteht ein Schutzdefizit, wenn die Intensität eines (Gefährdungs-)Szenarios grösser ist als die maximal zulässige Intensität in Bezug auf die entsprechende Wiederkehrperiode (=Schutzziel). Das Vorgehen:
 - Den Schutzdefiziten aufgrund einer festzulegenden Skala einen **Zahlenwert** zuweisen, abhängig von der Höhe der Schutzzielverletzung in der Objektkategorie und der Intensität und Wiederkehrperiode des Szenarios.
 - Wenn ein Ort durch mehrere Szenarien gefährdet ist, dann die szenarien-spezifischen Schutzdefizite zum **totalen Schutzdefizit** (aufgrund aller Gefährdungen) summieren.
 - Die Schutzdefizite in **Schutzdefizit-Klassen** (z.B. 'kleines', 'mittleres' und 'hohes' Schutzdefizit) einteilen und **gewichten**.
- 6 Die Schutzdefizite bzw. Schutzdefizit-Klassen in **Schutzdefizit-Karten, Tabellen** oder **Grafiken** darstellen.

Anmerkung

Spezifische Angaben zur Risikoanalyse Stufe 1 siehe Teil I, Seiten 29 bis 34.

Stufe 2 ist ein Modell zur quantitativen Analyse von Naturrisiken in flächigen-, linienförmigen oder punktartigen Raumelementen. Stufe 2 basiert auf Pauschalannahmen (für Objektwert, Personenbelegung, u.a.).

Das Ziel: Ermitteln von quantitativen Objekt- und Kollektivrisiken aufgrund von Daten zu Objektarten (=Objekte mit ähnlichem Wert bzw. ähnlicher Personenbelegung), bezogen auf Personen (Zahl der Todesopfer) und Sachwerte (Franken Sachschaden).

Die Resultate aus Stufe 2 eignen sich,

- um den Handlungsbedarf in Bezug auf Schutzmassnahmen (Forst- und Bauprojekte, Massnahmen der Raum- und Notfallplanung) festzulegen.
- um die Kosten-Wirksamkeit von Schutzmassnahmen zu beurteilen.

Bei **grossräumigen Risikoanalysen** eignen sich die Resultate zudem

- für das Versicherungswesen.
- für die Notfallplanung.
- für spezielle Zwecke wie die Festlegung der Nutzniesserbeteiligung an den Kosten für Schutzmassnahmen.

Die Methode:

- 0 Die Gefahrenanalyse ergänzen: Schätzen der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit des Gefahrenprozesses.
- 1 Die **Intensitätskarten** der (Gefährdungs-)Szenarien mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) digitalisieren.
- 2 Objekte mit ähnlichem Wert bzw. ähnlicher Personenbelegung in Gruppen von **Objektarten** zusammenfassen (siehe Abbildung 9, Teil I, Seite 36).
- 3 Die Objektarten in einer **Objektarten-Karte** darstellen und digitalisieren (GIS).
- 4 Die **Intensitätskarten** mit der **Objektarten-Karte verschnneiden** (GIS).
- 5 Für jedes (Gefährdungs-)Szenario SZ_j die quantitativen **Objektrisiken** r_{ij} bestimmen (= Risiken, bezogen auf die Untersuchungsobjekte O_i aufgrund des Szenarios SZ_j), getrennt nach Personen- und Sachrisiken (Untersuchungsobjekte sind hier flächige, linienförmige und punktartige Raumelemente, die aus dem Verschnitt der Karten gemäss Punkt 4 resultieren). Das Vorgehen:
 - Die **Schadenhäufigkeit** h_s ermitteln: Die Schadenhäufigkeit errechnet sich aus dem Produkt von **Eintretenshäufigkeit** und **räumlicher Auftretenswahrscheinlichkeit** des Gefahrenprozesses und **Präsenzwahrscheinlichkeit** des Objektes.
 - Das **Schadenausmass** S ermitteln: Das Schadenausmass errechnet sich aus dem Produkt von **Grösse der gefährdeten Fläche** (bzw. Länge des gefährdeten Linien- oder Streckenabschnittes oder Anzahl gefährdeter Punkte) und **spezifischem Schadenausmass** der gefährdeten Objektart. Das spezifische Schadenausmass ist ein geschätzter **Pauschalwert** (Zahl der Todesopfer bzw. Franken Sachschaden) für das objektart-spezifische Schadenausmass **pro Are** (bzw. pro Laufmeter oder pro Punkt). Die Pauschalwerte sind in Tabellen (Teil II, Kapitel 3.) aufgelistet, getrennt nach Gefahrenprozessen und Intensitätsklassen. Sie basieren auf Erfahrungszahlen bisheriger Ereignisse und auf Schätzungen.
 - Die **Objektrisiken** r_{ij} als Funktion von **Schadenhäufigkeit** h_s und **Schadenausmass** S bestimmen (Risiko pro Schadenereignis oder pro Jahr).
- 6 Die szenarienspezifischen **Objektrisiken** r_{ij} zum **Kollektivrisiko** R des Systems summieren.
- 7 Die **Objektrisiken** r_{ij} bzw. die **Kollektivrisiken** R in **Risiko-Karten, Tabellen** oder **Grafiken** darstellen.

Die Risikoanalyse Stufe 2

Anmerkung

Spezifische Angaben zur Risikoanalyse Stufe 2 siehe Teil I, Seiten 35 bis 53.

**Die Risikoanalyse
Stufe 3**

Stufe 3 ist ein Modell zur quantitativen Analyse von Naturrisiken beim Einzelobjekt und basiert auf objektspezifischen Abklärungen.

Das Ziel: Ermitteln von quantitativen Objektrisiken aufgrund von Daten zu Einzelobjekten, bezogen auf Personen (Zahl der Todesopfer) und Sachwerte (Franken Sachschaden); Ermitteln von individuellen Todesfallrisiken.

Die Resultate aus Stufe 3 eignen sich,

- um den Handlungsbedarf in Bezug auf objektspezifische Schutzmassnahmen (bauliche Massnahmen, Versicherung, Notfallplanung) festzulegen.
- um die Kosten-Wirksamkeit von objektspezifischen Schutzmassnahmen zu beurteilen.
- für das Versicherungswesen.
- für die Notfallplanung.
- für spezielle Zwecke wie die Festlegung der Nutzniesserbeteiligung an den Kosten für Schutzmassnahmen.
- um das Kollektivrisiko auf Stufe 2 als Grundlage für Kosten-Nutzen- und Kosten-Wirksamkeits-Analysen detaillierter zu ermitteln.

Die Methode:

0 Die Gefahrenanalyse ergänzen: Bestimmen der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit und des saisonalen Auftretens des Gefahrenprozesses, Schätzen der Vorwarnzeit.

1 Für jedes (Gefährdungs-)Szenario SZ_j , das quantitative **Objektrisiko** $r_{i,j}$ bestimmen (=Risiko, bezogen auf das Untersuchungsobjekt O_i aufgrund des Szenarios SZ_j), getrennt nach Personen-, Sach- und Folgerisiken (Untersuchungsobjekte sind hier vor allem Sonderobjekte gemäss Tabelle 4, Teil I, Seite 56). Das Vorgehen:

- Die **Schadenhäufigkeit** h_s ermitteln: Die Schadenhäufigkeit errechnet sich aus dem Produkt von **Eintretenshäufigkeit** und **räumlicher Auftretenswahrscheinlichkeit** des Gefahrenprozesses und **zeitlicher Koinzidenzwahrscheinlichkeit** (Wahrscheinlichkeit des zeitlichen Zusammentreffens) von Gefahrenprozess und Exposition des Objektes bzw. der Personen. Zudem berücksichtigt man die **Wahrscheinlichkeit einer Evakuierung** von Personen aus dem Gefahrenbereich.
- Das **Schadenausmass** S ermitteln: Das Schadenausmass errechnet sich aus dem Produkt von **Anzahl gefährdeter Personen** und **Letalität** bzw. Wert und **Schadempfindlichkeit** des gefährdeten Objektes. Für die Letalität und die Schadempfindlichkeit kann man aus Tabellen **Vergleichswerte bei Standardfällen** entnehmen (Teil II, Kapitel 3.). Die Vergleichswerte basieren auf Erfahrungszahlen bisheriger Ereignisse und auf Schätzungen.
- Das **Objektrisiko** $r_{i,j}$ als Funktion von **Schadenhäufigkeit** h_s und **Schadenausmass** S bestimmen (Risiko pro Schadenereignis oder pro Jahr).

2 Die szenarienspezifischen Objektrisiken $r_{i,j}$ zum **Objektrisiko** r_i summieren (Risiko, bezogen auf das Untersuchungsobjekt aufgrund aller Szenarien).

3 Weiter kann man

- aus dem Objektrisiko r_i und der Anzahl Personen im Objekt das **Individualrisiko** $r_{i,ind}$ (=individuelles Todesfallrisiko) herleiten.
- die Objektrisiken r_i verschiedener Objekte summieren, um so das **Kollektivrisiko** R bezogen auf eine Objektgruppe zu ermitteln.

Anmerkung

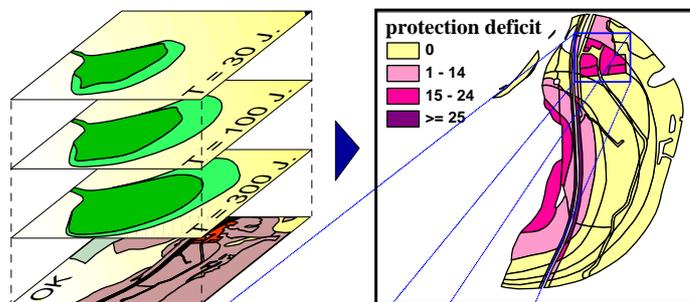
Spezifische Angaben zur Risikoanalyse Stufe 3 siehe Teil I, Seiten 55 bis 98.

STAGES 1, 2 AND 3 OF THE RISK ANALYSIS (short review)

Stages 1, 2 and 3 represent self-contained procedures of risk analysis for gravitational natural hazards. The three stages may be applied individually according to the analytical depth required (order of increasing depth: S1→S2→S3). Together, however, they form a unit, i.e. an independent method. They may be combined to allow problems of safety to be tackled in a purposeful and efficient way.

The three-stage procedure

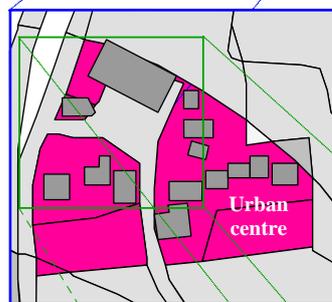
Risk analysis Stage 1



Stage 1 provides information on semi-quantitative risks in **object categories**

(= categories of objects with similar protection needs). Using stage 1, a general perspective may quickly be gained with a minimum of effort, enabling hazard or investigation areas to be assigned priorities.

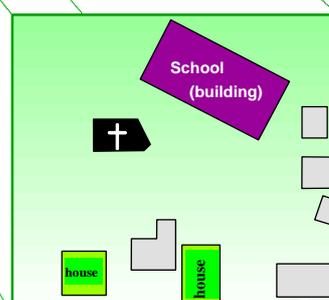
Risk analysis Stage 2



Stage 2 provides information on quantitative risks for **object types** (objects of similar value or similarly occupied). It is based on global assumptions and may be carried out without the need for field surveys.

Stage 2 is a simplified procedure for identifying the risks and evaluating them with a view to further measures.

Risk analysis Stage 3



Stage 3 provides information on quantitative risks for **individual objects**. It is based on detailed investigations of the object concerned. Stage 3 represents a procedure for identifying the risks and evaluating them with a view to further measures.

**Preparatory work and
hazard analysis**

The following methodological **working steps** precede the risk analysis in stages 1, 2 or 3:

1. **Preparatory work** (Part I, pages 17-22)
 - Define **safety relevant problem**.
 - Delineate the **system** geographically and quantitatively with respect to type of damage and hazard process.
 - Define the natural and anthropogenic **conditions** that apply in the system
 - Define the **objectives** of the risk analysis.
 - Collect **data**.
2. **Hazard analysis** (Part I, pages 23-25)
 - **Disaster analysis**: identify and localise hazards.
 - **Impact analysis**: determine type, extent and degree of danger, prepare scenarios and represent these in intensity or disaster maps (see Fig. 4, Part I, page 24).

**Risk analysis
stage 1**

Stage 1 is a procedure for the assessment of natural hazards based on protection deficit (= non-compliance with protection objectives).

The objective: Checking of defined protection objectives in object categories (= categories of objects with similar protection needs), determination of protection deficits and identification of conflict areas.

The results of stage 1 may be used to assign priorities to the hazard areas and enable them to be included in spatial and emergency planning, as well as in planning measures.

Method (see Fig. 7, Part I, page 30):

- 1 Digitalise the **intensity maps** of the (disaster) scenarios with the aid of a geographical information system (GIS).
- 2 Group objects with similar protection needs in **object categories**. Assign **protection objectives** to the object categories (as a function of the maximum permissible intensity of the hazard process and its recurrence interval).
- 3 Digitalise the object categories and represent these in an **object category map** (GIS).
- 4 **Superimpose the object category map** on the **intensity maps** (GIS).
- 5 On the basis of the superposition of the object category maps on the intensity maps, determine the **protection deficits** (= non-compliance with protection objectives) with regard to area, linear and point elements of the new map. A protection deficit exists in an object category whenever the intensity of a (disaster) scenario is greater than the maximum permissible intensity for the corresponding recurrence interval (= protection objective). The procedure:
 - Assign a **numerical value** to the protection deficits using a scale defined for this purpose depending on the magnitude of non-compliance with the protection objective in the object category and the intensity and recurrence interval of the scenario.
 - Whenever a location is at risk in several scenarios, the scenario-specific protection deficits to be summed to give a **total protection deficit** (i.e. based on all hazards).
 - Assign the protection deficits to **protection deficit classes** (e.g. 'small', 'medium' and 'high' protection deficit) and **weight** these.
- 6 Display the protection deficits or protection deficit classes in **protection deficit maps, tables** or **diagrams**.

Note:

For specific details on risk analysis stage 1, see Part I, pages 29 to 34.

Stage 2 is a procedure for the quantitative analysis of natural hazards in area, linear or point spatial elements. Stage 2 is based on general assumptions (for asset value, occupation, etc.).

Objective: Determination of quantitative object and collective risks based on data for object types (= objects having approximately the same asset value or occupied by the same number of persons), quoted in relation to persons (number of fatalities) and material assets (property damage in Swiss Francs).

The results of stage 2 may be applied

- to establish the need for action with regard to protection measures (forestry and building projects, measures for spatial and emergency planning).
- to assess the cost effectiveness of protection measures.

For **large-area risk analyses**, the results may also be applied

- for insurance purposes.
- for emergency planning.
- for special purposes, for example to calculate the beneficiaries' share of the costs of protection measures.

Method:

- 0 Expand the hazard analysis: estimate of spatial probability of occurrence of hazardous process.
- 1 Digitalise the **intensity maps** of the (disaster) scenarios with the aid of a geographical information system (GIS).
- 2 Group objects with similar value or similar occupation under **object types** (see Fig. 9, Part 1, page 36).
- 3 Display and digitalise the object types in an **object type map** (GIS).
- 4 **Superimpose the object type map on the intensity maps** (GIS).
- 5 For each (disaster) scenario SZ_j , determine the quantitative **object risks** r_{ij} (= risks relative to investigated objects O_i in scenario SZ_j), divided into risks to persons and material assets (in this case, the objects investigated are area, linear and point spatial elements resulting from superimposing the maps under Pos. 4). The procedure:
 - Determine **disaster frequency** h_S : the disaster frequency is calculated from the product of frequency of occurrence and spatial probability of occurrence of the hazardous process and probability of the object being present.
 - Determine **extent of damage S**: the extent of damage is calculated from the product of extent of the area at risk (or length of the linear or route section or number of points at risk) and specific extent of damage of the object type at risk. The specific extent of damage represents an estimated overall value (number of fatalities or property damage in Swiss Francs) for the extent of damage per are specific to the object type (or per metre run or per point). The overall values are listed in tables (Part II, Chapter 3), divided into hazard processes and intensity classes. The figures are based on experience of previous occurrences and on estimates.
 - Determine the **object risks** r_{ij} as a function of damage frequency h_S and extent of damage S (risk per disaster or per year).
- 6 Sum the object risks r_{ij} to give the **collective risk R**.
- 7 Display the object risks r_{ij} or the collective risks R in **risk maps, tables or diagrams**.

**Risk analysis
stage 2**

Note

For specific details on risk analysis stage 2, see Part I, pages 35 to 53.

**Risk analysis
stage 3**

Stage 3 represents a procedure for the quantitative analysis of natural hazards for individual objects and is based on investigations specific to the object.

Objective: Determination of quantitative object risks based on data for individual objects with reference to persons (number of fatalities) and material assets (property damage in Swiss Francs); determination of individual fatality risks.

The results of stage 3 may be used

- to assess the need for action with regard to object specific protection measures (building measures, insurance, emergency planning).
- to assess the cost effectiveness of object specific protection measures.
- for insurance purposes.
- for emergency planning.
- for special purposes, for example to calculate the beneficiaries' share of the costs for protection measures.
- to determine in more detail the collective risk in stage 2 as a basis for cost benefit and cost effectiveness analyses.

Method:

0 Expand hazard analysis: determination of spatial probability of occurrence and seasonal occurrence of the hazardous process; estimate advance warning time.

1 For each (hazard) scenario SZ_j , determine the quantitative **object risk** $r_{i,j}$ (= risk relative to the object investigated O_i for the scenario SZ_j) divided according to the risk to persons, material assets and consequent risks (in this case, the objects investigated are principally special objects as detailed in Tab. 4, Part I, page 56). The procedure:

- Determine the **disaster frequency** h_s : the disaster frequency is calculated from the product of **frequency of occurrence** and **spatial probability of occurrence** of the hazard process and the **time-dependent probability of coincidence** (probability that the events will coincide) of hazard process and exposure of the object or the persons. In addition, the **probability of evacuation** of persons from the danger area is taken into account.
- Determine the **extent of damage** S : the extent of damage is calculated from the product of **number of persons at risk** and **lethality or asset value and susceptibility to danger** of the object at risk. For lethality and susceptibility to danger, figures for **comparative values for standard cases** can be taken from tables (Part II, Chapter 3). The representative values shown are based on experience of previous occurrences and on estimates.
- Determine the **object risk** $r_{i,j}$ as a function of disaster frequency h_s and extent of damage S (risk per disaster or per year).

2 Sum the **object risks** $r_{i,j}$ to form the **object risk** r_i (risk with respect to the object investigated for all scenarios).

3 It is further possible

- to derive the **individual risk** $r_{i,ind}$ (= individual fatality risk) from the object risk r_i and the number of persons in the object.
- to determine the **collective risk** R with respect to an object group by summing the object risks r_i of various objects.

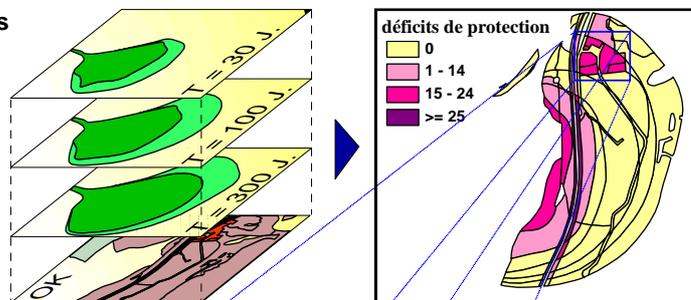
Note

For specific details on risk analysis stage 3, see Part I, pages 55-98.

DEGRÉS 1, 2 ET 3 DE L'ANALYSE DES RISQUES (abrégé)

Les degrés 1, 2 et 3 sont des méthodes indépendantes d'analyse des risques générés par les dangers naturels gravitaires. Chaque degré est applicable indépendamment, en fonction du niveau de précision souhaité dans le traitement (niveau de précision croissant: S1→S2→S3). Pris ensemble, ils représentent également une unité, une méthode en soi. Ils peuvent être combinés afin que l'on puisse aborder les problèmes de sécurité avec efficacité et dans une perspective bien définie.

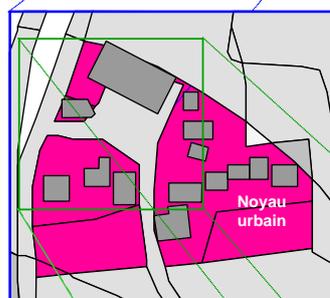
Analyse des risques Degré 1



Le modèle à trois degrés

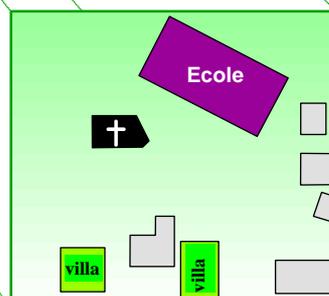
Le degré 1 fournit des informations semi-quantitatives à propos des risques affectant des **catégories d'objets** (=catégories d'objets requérant la même protection). Le degré 1 fournit une vue d'ensemble, rapidement et sans grand investissement, essentiellement afin d'attribuer des priorités aux zones de danger ou à étudier.

Analyse des risques Degré 2



Le degré 2 fournit des informations quantitatives à propos des risques affectant des **types d'objets** (objets de valeur ou d'occupation similaire). Il se base sur des données globales et peut être exécuté sans levé sur le terrain. Le degré 2 est un procédé simplifié dont l'objectif est d'identifier les risques et de les évaluer en vue de prendre des mesures ultérieures.

Analyse des risques Degré 3



Le degré 3 fournit des informations quantitatives à propos des risques affectant des **objets donnés**. Il se base sur des investigations détaillées relatives à l'objet étudié. Le degré 3 est un procédé dont l'objectif est d'identifier les risques et de les évaluer en vue de prendre des mesures ultérieures.

Travaux préparatoires et analyse du danger

Les **étapes** méthodologiques suivantes précèdent l'analyse des risques selon les degrés 1, 2 et 3:

1. Travaux préparatoires (1^{re} partie, pages 17-22)

- définir le **problème relatif à la sécurité**.
- délimiter le **système**, géographiquement et du point de vue du contenu, en tenant compte du type de dégâts et des phénomènes dangereux.
- définir les **conditions** naturelles et humaines exerçant une influence sur le système.
- fixer les **objectifs** de l'analyse des risques.
- rassembler les **données**.

2. Analyse des dangers (1^{re} partie, pages 23-25)

- **analyser les événements**: identifier et localiser les dangers.
- **analyser les effets**: déterminer le type, l'extension et le degré de chaque danger, bâtir des scénarios et les présenter au moyen de cartes d'intensités ou des événements (voir fig. 4, 1^{re} partie, page 24).

L'analyse des risques Degré 1

Le degré 1 est un modèle d'évaluation des risques naturels en considérant les déficits de protection (manquements aux objectifs de protection).

L'objectif: contrôler les objectifs de protection définis pour différentes catégories d'objets (=catégories d'objets requérant une protection semblable), déterminer les déficits de protection et identifier les secteurs de conflit.

Les résultats du degré 1 servent à attribuer des priorités aux zones de danger et à les prendre en compte dans l'aménagement du territoire et dans la planification des mesures, notamment des mesures d'urgence.

La méthode (voir fig. 7, 1^{re} partie, page 30):

- 1 Numériser les **cartes d'intensités** des scénarios (de danger) au moyen d'un système d'information géoréférencée (SIG).
- 2 Regrouper les objets requérant une protection semblable en **catégories d'objets**. Attribuer des **objectifs de protection** à ces catégories (en fonction de l'intensité limite admissible du phénomène dangereux et de sa période de retour).
- 3 Digitaliser ces catégories et les présenter sur une **carte des catégories d'objets** (SIG).
- 4 **Confronter** les **cartes d'intensités** et la **carte des catégories d'objets** (SIG).
- 5 A partir de la superposition des cartes des intensités et de la carte des catégories d'objets, déterminer les **déficits de protection** (=manquements aux objectifs de protection) affectant des éléments surfaciques, linéaires ou ponctuels de la nouvelle carte. Une catégorie d'objets est sujette à un déficit de protection lorsque l'intensité d'un scénario (de danger) dépasse l'intensité maximale admise pour la période de retour correspondante (=objectif de protection). Marche à suivre:
 - Au moyen d'une échelle qui reste à établir, attribuer aux déficits de protection une **valeur numérique** dépendant de l'importance du manquement à l'objectif de protection de la catégorie d'objets traitée, de l'intensité et de la période de retour du scénario considéré.
 - Lorsqu'un site est menacé par plusieurs scénarios, totaliser les déficits de protection propres aux différents scénarios afin d'obtenir un **déficit total de protection** (prenant en compte tous les dangers),
 - Répartir les déficits de protection en **classes de déficits de protection** (p. ex. déficit 'faible', 'moyen' ou 'élevé'), et les **pondérer**.
- 6 Représenter les déficits de protection et les classes de déficit de protection au moyen de **cartes, tableaux ou diagrammes de déficits de protection**.

Remarque

Informations particulières à l'analyse du risque, degré 1: voir 1^{re} partie, pages 29-34.

Le degré 2 est un modèle d'analyse quantitative des risques naturels affectant des éléments surfaciques, linéaires ou ponctuels. Le degré 2 se base sur des données globales (concernant entre autres la valeur et l'occupation des objets).

L'objectif: quantifier les risques collectifs et par objet en se fondant sur les données relatives aux types d'objets (=objets de valeur ou d'occupation similaire), en termes de personnes (nombre de victimes) et de biens matériels (montant des dégâts matériels).

Les résultats du degré 2 servent

- à déterminer la nécessité de prendre des mesures de protection (projets forestiers et de construction, mesures d'aménagement du territoire, planification des mesures d'urgence).
- à apprécier le rapport coût-efficacité des mesures de protection.

Lors d'analyse des risques à grande échelle, les résultats servent en outre

- au secteur des assurances.
- à la planification des mesures d'urgence.
- à certains buts particuliers comme la détermination de la participation des bénéficiaires aux coûts des mesures de protection.

La méthode:

- 0 Compléter l'analyse des dangers: estimer la probabilité géographique d'occurrence du phénomène dangereux.
- 1 Numériser les **cartes d'intensités** des scénarios (de danger) au moyen d'un système d'information géoréférencé (GIS).
- 2 Regrouper les objets de valeur ou d'occupation similaire en **types d'objets** (voir fig. 9, 1^{re} partie, page 36).
- 3 Digitaliser les types d'objets et les présenter sur une **carte des types d'objets** (SIG).
- 4 **Confronter** les **cartes d'intensités** et la **carte des types d'objets** (SIG).
- 5 Pour chaque scénario SZ_j (de danger), déterminer quantitativement **les risques par objet** $r_{i,j}$ (=risques encourus par les objets étudiés O_i selon les scénarios SZ_j), en distinguant les risques encourus par les personnes et par les biens matériels (les objets étudiés ici sont des surfaces, des lignes ou des points, résultant de la superposition des cartes selon le point 4). Marche à suivre:
 - Calculer la **fréquence des dégâts** h_s : elle est égale au produit de la **fréquence d'occurrence** et de la **probabilité géographique d'occurrence** du phénomène dangereux, ainsi que de la **probabilité de présence** de l'objet.
 - Calculer l'**ampleur des dégâts** S : elle est égale au produit des **dimensions de la surface menacée** (ou de la longueur du segment ou du tronçon menacé, ou encore du nombre de points menacés) et de l'**ampleur des dégâts spécifique** au type d'objet menacé. L'**ampleur spécifique des dégâts** est une **valeur globale** estimée (nombre de victimes ou montant des dégâts matériels) de l'**ampleur des dégâts encourus par un type d'objet particulier**, rapportée à une **surface en ares** (ou à une **ligne en mètres courants** ou encore à un **point**). Les valeurs globales sont énumérées dans des tableaux (2^e partie, chapitre 3) qui distinguent les phénomènes dangereux et les classes d'intensité. Elles se basent sur des chiffres issus d'événements passés et sur des estimations.
 - Déterminer les **risques par objet** $r_{i,j}$ en fonction de la **fréquence des dégâts** h_s et de l'**ampleur des dégâts** S (risque par événement destructeur ou par année).
- 6 Totaliser les **risques par objet** $r_{i,j}$, **spécifiques à chaque scénario**, afin d'obtenir le **risque collectif** R du système.
- 7 Représenter les **risques par objet** $r_{i,j}$ et les **risques collectifs** R au moyen de **cartes, tableaux** ou **diagrammes de risque**.

L'analyse des risques Degré 2

Remarque

Informations particulières à l'analyse du risque, degré 2: voir 1^{re} partie, pages 35-53.

**L'analyse des risques
Degré 3**

Le degré 3 est un modèle d'analyse quantitative des risques naturels encourus par des objets particuliers. Il se fonde sur des investigations propres à ces objets.

L'objectif: quantifier les risques par objet, en se fondant sur les données relatives aux objets particuliers, en termes de personnes (nombre de victimes) et de biens matériels (montant des dégâts matériels); déterminer les risques mortels individuels.

Les résultats du degré 3 servent

- à déterminer la nécessité de prendre des mesures de protection propres aux différents objets (mesures constructives, assurance, planification des mesures d'urgence).
- à apprécier le rapport coût-efficacité des mesures de protection propres aux différents objets.
- au secteur des assurances.
- à la planification des mesures d'urgence.
- à certains buts particuliers comme la détermination de la participation des bénéficiaires aux coûts des mesures de protection.
- à déterminer plus précisément le risque collectif évalué au degré 2, qui servira de base aux analyses coût-utilité et coût-efficacité.

La méthode:

0 Compléter l'analyse des dangers: déterminer la probabilité géographique et saisonnière d'occurrence du phénomène dangereux, estimer le temps de pré-alerte.

1 Pour chaque scénario SZ_i (de danger), déterminer quantitativement le **risque par objet** $r_{i,j}$ (=risque encouru par l'objet étudié O_i selon le scénario SZ_i), en distinguant les risques encourus par les personnes et par les biens matériels, ainsi que les risques subséquents (les objets étudiés ici sont surtout des objets particuliers, selon le tableau 4, 1^{re} partie, page 56). Marche à suivre:

- Calculer la **fréquence des dégâts** h_s : elle est égale au produit de la fréquence d'occurrence et de la probabilité géographique d'occurrence du phénomène dangereux, ainsi que de la probabilité temporelle de coïncidence (probabilité temporelle de rencontre) du phénomène dangereux et de l'exposition de l'objet ou des personnes. Est de plus prise en compte la probabilité d'évacuation de personnes hors de la zone de danger.
- Calculer l'**ampleur des dégâts** S : elle est égale au produit du nombre de personnes menacées et de la létalité de l'événement ou de la valeur et de vulnérabilité de l'objet menacé. On pourra utiliser pour la létalité et la vulnérabilité des valeurs comparatives issues de cas standards et présentées sous forme de tableaux (2^e partie, chapitre 3). Ces valeurs se basent sur des chiffres issus d'événements passés et sur des estimations.
- Déterminer le **risque par objet** $r_{i,j}$ en fonction de la fréquence des dégâts h_s et de l'ampleur des dégâts S (risque par événement destructeur ou par année).

2 Totaliser les risques par objet $r_{i,j}$, spécifiques à chaque scénario, afin d'obtenir le **risque par objet** r_i (risque encouru par l'objet étudié sur la base de tous les scénarios).

3 On peut en outre

- déduire le **risque individuel** $r_{i,ind}$ (=risque individuel de mort) à partir du risque par objet r_i et du nombre de personnes présentes dans l'objet.
- totaliser les risques par objet r_i des différents objets, afin de déterminer le **risque collectif** R , relatif à un groupe d'objets.

Remarque

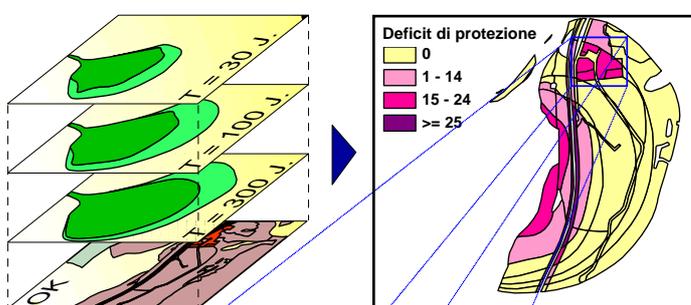
Informations particulières à l'analyse du risque, degré 3: voir 1^{re} partie, pages 55-98.

LIVELLI 1, 2 E 3 DELL'ANALISI DEI RISCHI (compendio)

I livelli 1, 2 e 3 rappresentano metodi indipendenti di analisi dei rischi in caso di pericoli naturali legati alla forza di gravità. Ogni livello è applicabile in modo autonomo e in funzione del grado di precisione desiderato (grado di precisione crescente: L1→L2→L3). Insieme, questi livelli formano un'unità, un metodo proprio. Sono combinabili in modo tale da permettere di affrontare i problemi di sicurezza in maniera mirata ed efficace.

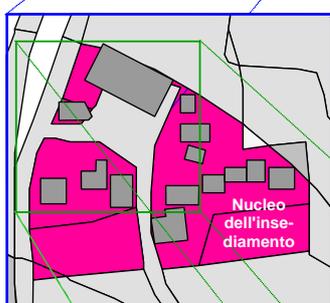
Il modello a tre livelli

Analisi dei rischi Livello 1



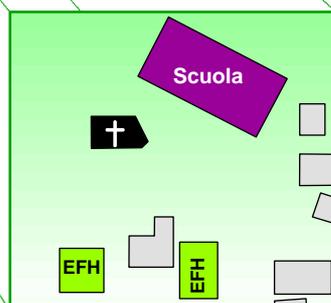
Il livello 1 fornisce informazioni semi-quantitative riguardo ai possibili rischi di **categorie di oggetti** (=categorie di oggetti che necessitano di una protezione simile). Mediante il livello 1 è possibile ottenere velocemente e senza troppo dispendio una visione globale, soprattutto al fine di attribuire delle priorità a zone di pericolo o a zone da esaminare.

Analisi dei rischi Livello 2



Il livello 2 fornisce informazioni quantitative riguardo ai possibili rischi di **tipi di oggetti** (oggetti con valore simile o con insediamento di persone simile). Esso si fonda su ipotesi globali e può essere eseguito senza rilevazioni effettuate sul terreno. Il livello 2 rappresenta una procedura semplificata per individuare i rischi e valutarli in vista degli ulteriori provvedimenti da adottare.

Analisi dei rischi Livello 3



Il livello 3 fornisce informazioni quantitative riguardo ai possibili rischi di **singoli oggetti**. Esso si basa su accertamenti dettagliati sull'oggetto in questione. Il livello 3 rappresenta una procedura finalizzata a individuare i rischi e a valutarli in vista degli ulteriori provvedimenti da adottare.

**Lavori preparatori e
analisi dei pericoli**

Le seguenti **fasi di lavoro** metodologiche precedono le analisi dei rischi secondo i livelli 1, 2 o 3:

1. Lavori preparatori (1^a parte, pagine 17-22)

- Definire i **problemi relativi alla sicurezza**.
- Delimitare il **sistema** dal punto di vista geografico e contenutistico, in relazione ai tipi di danno e ai processi di pericolo.
- Definire le **condizioni** naturali e antropiche che agiscono all'interno del sistema.
- Definire gli **obiettivi** dell'analisi dei rischi.
- Raccogliere i **dati**.

2. Analisi dei pericoli (1^a parte, pagine 23-25)

- **Analisi degli eventi:** identificare e localizzare i pericoli.
- **Analisi degli effetti:** determinare il tipo, l'estensione e il grado di pericolo, costruire scenari e rappresentarli su carte d'intensità o carte degli eventi (cfr. Fig. 4, 1^a parte, pagina 24).

**Analisi dei rischi
Livello 1**

Il livello 1 è un modello finalizzato a valutare i rischi naturali sulla base dei deficit di protezione (inadempienza dell'obiettivo di protezione).

L'obiettivo: verificare gli obiettivi di protezione definiti per le categorie di oggetti (=categorie di oggetti che necessitano di una protezione simile), determinare i deficit di protezione e identificare i settori di conflitto.

I risultati del livello 1 si prestano ad assegnare priorità alle zone di pericolo, considerandole in seguito nell'ambito della pianificazione del territorio, dell'intervento in caso di emergenza e delle misure da adottare.

Il metodo (cfr. Fig. 7, 1^a parte, pagina 30):

- 1 Digitalizzare le **carte d'intensità** degli scenari (di pericolo) con l'aiuto di un sistema di informazione geografica (SIG).
- 2 Raggruppare gli oggetti che necessitano di una protezione simile in **categorie di oggetti**. Attribuire alle categorie di oggetti degli **obiettivi di protezione** (in funzione dell'intensità massima ammessa del processo di pericolo e del suo periodo di ricorrenza).
- 3 Digitalizzare le categorie di oggetti e rappresentarli su una **carta delle categorie di oggetti** (SIG).
- 4 **Sovrapporre** le **carte d'intensità** alla **carta delle categorie di oggetti** (SIG).
- 5 Dalla sovrapposizione fra le carte d'intensità e la carta delle categorie di oggetti dedurre i **deficit di protezione** (=inadempienza dell'obiettivo di protezione) riferiti a elementi superficiali, lineari o puntuali della nuova carta. In una categoria di oggetti si ha un deficit di protezione quando l'intensità di uno scenario (di pericolo) è superiore all'intensità massima ammessa in riferimento ai corrispondenti periodi di ricorrenza (=obiettivo di protezione).
Come procedere:
 - Sulla base di una scala ancora da stabilire, attribuire ai deficit di protezione un **valore numerico** dipendente dalla portata dell'inadempienza dell'obiettivo di protezione nella rispettiva categoria di oggetti e dall'intensità e periodo di ricorrenza dello scenario.
 - Se un luogo è minacciato da più scenari, occorre sommare i deficit di protezione specifici degli scenari per ottenere un **deficit complessivo di protezione** (sulla base di tutti i pericoli).
 - Suddividere i deficit di protezione in **classi di deficit di protezione** (p. es. deficit di protezione 'basso', 'medio' e 'elevato') e **stabilire un ordine di priorità**.
- 6 Rappresentare i deficit di protezione o le classi di deficit di protezione in **carte dei deficit di protezione, tabelle, o grafici**.

Osservazione

Per dati specifici riguardanti il livello 1 dell'analisi dei rischi, si veda la 1^a parte, pagine 29 a 34.

Il livello 2 è un modello finalizzato ad analizzare quantitativamente i rischi naturali nei loro elementi superficiali, lineari e puntuali. Il livello 2 è basato su ipotesi globali (concernenti il valore degli oggetti, l'insediamento di persone, ecc.).

L'obiettivo: rilevare i rischi quantitativi per singoli oggetti e i rischi quantitativi collettivi sulla base di dati concernenti i tipi di oggetti (= oggetti con valore simile o con insediamento di persone simile), in riferimento alle persone (numero di morti) e ai beni materiali (franchi di danni materiali).

I risultati del livello 2 si prestano a:

- determinare la necessità di agire per quanto riguarda l'adozione di misure protettive (progetti forestali ed edilizi, misure inerenti alla pianificazione del territorio e dell'intervento in caso di emergenza).
- valutare l'intensità dei costi delle misure protettive.

Nel caso delle **analisi dei rischi su un ampio territorio**, i risultati sono inoltre adatti:

- ai fini del settore assicurativo.
- alla pianificazione dell'intervento in caso di emergenza.
- a scopi speciali come il calcolo della partecipazione degli usufruttuari ai costi delle misure protettive.

Il metodo:

- 0 Completare l'analisi dei rischi: stimare la probabilità di occorrenza spaziale del processo di pericolo.
- 1 Digitalizzare le **carte d'intensità** degli scenari (di pericolo) con l'ausilio di un sistema di informazione geografica (SIG).
- 2 Raggruppare gli oggetti con valore simile o insediamento di persone simile in gruppi di **tipi di oggetti** (si veda l'Illustrazione 9, 1^a parte, pagina 36).
- 3 Rappresentare e digitalizzare i tipi di oggetti su una **carta dei tipi di oggetti** (SIG).
- 4 Sovrapporre le **carte d'intensità** alla **carta dei tipi di oggetti** (SIG).
- 5 Determinare per ogni scenario (di pericolo) SZ_j i **rischi per oggetto** $r_{i,j}$ quantitativi (= rischi riferiti agli oggetti d'esame O_i sulla base dello scenario SZ_j), distinguendo tra rischi per le persone e rischi materiali (in questo caso, gli oggetti in esame sono costituiti da elementi spaziali superficiali, lineari e puntuali, i quali risultano dalla sovrapposizione delle carte conformemente al punto 4). Come procedere:
 - Determinare la **frequenza del danno** h_s : la frequenza del danno viene calcolata moltiplicando la **frequenza effettiva** e la **probabilità di occorrenza spaziale** del processo di pericolo con la **probabilità della presenza** dell'oggetto.
 - Determinare l'**estensione del danno** S : l'estensione del danno viene calcolata moltiplicando la **grandezza della superficie in pericolo** (rispettivamente la lunghezza del tratto in pericolo o il numero di punti in pericolo) con l'**estensione specifica del danno** del tipo di oggetto in pericolo. L'estensione specifica del danno è un **valore globale stimato** (numero di morti risp. franchi di danni materiali) per l'estensione del danno specifica del tipo di oggetto **per ara** (risp. per metro lineare o per punto). I valori globali sono riportati in forma tabellare (2^a parte, Capitolo 3.), suddivisi per processi di pericolo e classi d'intensità. Essi si basano su cifre empiriche derivate da eventi passati e su stime.
 - Determinare i **rischi per oggetto** $r_{i,j}$ quale funzione della **frequenza del danno** h_s e dell'**estensione del danno** S (rischio per evento dannoso o per anno).
- 6 Dalla somma dei rischi per oggetto $r_{i,j}$ specifici degli scenari risulta il **rischio collettivo** R del sistema.
- 7 Rappresentare i rischi per oggetto $r_{i,j}$ risp. i rischi collettivi R in **carte dei rischi, tabelle o grafici**.

**Analisi dei rischi
Livello 2**

Osservazione

Per dati specifici riguardanti il livello 2 dell'analisi dei rischi, si veda la 1^a parte, pagine 35 a 53.

**Analisi dei rischi
Livello 3**

Il livello 3 è un modello finalizzato ad analizzare quantitativamente i rischi naturali per il singolo oggetto ed è basato su accertamenti specifici dell'oggetto.

L'obiettivo: rilevare i rischi quantitativi per oggetto sulla base di dati concernenti i singoli oggetti, con riferimento alle persone (numero di morti) e ai beni materiali (franchi di danni materiali); rilevare i rischi individuali di morte.

I risultati del livello 3 si prestano a:

- determinare la necessità di agire per quanto riguarda l'adozione di misure protettive specifiche dei singoli oggetti (misure edilizie, assicurazione, pianificazione dell'intervento in caso di emergenza).
- valutare l'intensità dei costi delle misure protettive specifiche dei singoli oggetti.
- i fini del settore assicurativo.
- i fini della pianificazione dell'intervento in caso di emergenza.
- scopi speciali come il calcolo della partecipazione degli usufruttuari ai costi delle misure protettive.
- calcolare in modo più dettagliato il rischio collettivo al livello 2 quale base per le analisi costi-benefici e costi-efficacia.

Il metodo:

- 0 Completare l'analisi dei rischi: determinare la probabilità di occorrenza spaziale e l'occorrenza stagionale del processo di pericolo, stimare il tempo di preallarme.
- 1 Determinare per ogni scenario (di pericolo) SZ_j il **rischio per oggetto** $r_{i,j}$ quantitativo (= rischio riferito all'oggetto d'esame O_i sulla base dello scenario SZ_j), distinguendo tra rischi per le persone, rischi materiali e rischi conseguenti (in questo caso, gli oggetti in esame sono costituiti in primo luogo dagli oggetti speciali conformemente alla Tabella 4, 1^a parte, pagina 56). Come procedere:
 - Determinare la **frequenza del danno** h_s : la frequenza del danno viene calcolata moltiplicando la frequenza effettiva e la probabilità di occorrenza spaziale del processo di pericolo con la probabilità temporale di coincidenza (probabilità della concomitanza temporale) del processo di pericolo e dell'esposizione dell'oggetto o delle persone. Inoltre si tiene conto della probabilità di un'evacuazione delle persone dall'area in pericolo.
 - Determinare l'**estensione del danno** S : l'estensione del danno viene calcolata moltiplicando il numero delle persone in pericolo e la letalità risp. il valore e la sensibilità al danno dell'oggetto in pericolo. Per la letalità e la sensibilità al danno si possono evincere dalle tabelle valori comparativi in casi standard (2^a parte, Capitolo 3.). I valori comparativi sono basati su cifre empiriche derivate da eventi passati e su stime.
 - Determinare il **rischio per oggetto** $r_{i,j}$ quale funzione della frequenza del danno h_s e dell'estensione del danno S (rischio per evento dannoso o per anno).
- 2 Dalla somma dei rischi per oggetto $r_{i,j}$ specifici degli scenari risulta il **rischio per oggetto** r_i (rischio riferito all'oggetto d'esame sulla base di tutti gli scenari).
- 3 Inoltre è possibile
 - dedurre il **rischio individuale** $r_{i,ind}$ (= rischio di morte individuale) dal rischio per oggetto r_i e dal numero di persone che si trovano nell'oggetto;
 - sommare i rischi per oggetto r_i di diversi oggetti, allo scopo di determinare il **rischio collettivo** R in relazione a un gruppo di oggetti.

Osservazione

Per dati specifici riguardanti il livello 3 dell'analisi dei rischi, si veda la 1^a parte, pagine 55 a 98.

1. FALLBEISPIELE ZUR RISIKOANALYSE IN ST. NIKLAUS VS

1.1 Allgemeine Angaben

1.1.1 Die Gemeinde St. Niklaus

St. Niklaus liegt im Mattertal – auch Nikolaital genannt - einem von Süden nach Norden gerichteten Walliser Seitental. Die Gemeinde umfasst die Dorfschaften St. Niklaus-Dorf, Gasenried und Herbriggen sowie rund dreissig Weiler und ist nach Zermatt die flächenmässig grösste Gemeinde des Mattertals. Der tief eingeschnittene Talboden steigt im Osten gegen die Mischabelgruppe (höchster Punkt: Nadelhorn mit 4327 m ü.M.) und im Westen gegen die Weisshornkette an. Der tiefste Punkt der Gemeinde liegt auf 900 m ü.M.

Die "*Zanigläser*" – die rund 2'400 Einwohner der Burgergemeinde St. Niklaus - sind vertraut mit Naturgefahren: Es gibt kaum einen Winter, in dem die Gemeinde nicht während einiger Tage von der Aussenwelt abgeschnitten ist, und kaum ein Frühjahr ohne herunterstürzende Gesteinsmassen. Naturgefahren sind und waren immer Bestandteil des Lebens im Nikolaital. Evakuationen sind üblich; die Notfallorganisation der Gemeinde St. Niklaus ist mit den gefährlichen Situationen entsprechend vertraut und funktioniert ausserordentlich gut.

1.1.2 Gegenstand und Ziel der Untersuchungen

Gegenstand der Untersuchungen sind alle bekannten Quellen gravitativer Naturgefahren (Lawinen, Stein- und Blockschlag, Felssturz, Murgänge, Überschwemmungen), die auf dem Gemeindegebiet von St. Niklaus eine Gefährdung der Bauzonen darstellen. Die zu untersuchenden **Gefahrenquellen** wurden bestimmt aufgrund von:

- Geländebegehungen
- Gegenhangbetrachtungen
- Studium von Karten, Luftbildern, Ereigniskatastern, technischen Berichten, Zeitungsberichten
- Gesprächen mit orts- und geschichtskundigen Personen, Verantwortlichen der Notfallorganisation (Zivilschutz), Kreisförster, u.a.

→ Im Gemeindegebiet von St. Niklaus geht von insgesamt 42 bekannten Gefahrenquellen eine Gefährdung für Bauzonen aus: 10 Lawinenzüge, 31 Stein- und Blockschlag- bzw. Felssturz-Gefahrenquellen und ein Murgang mit Folgegefährdung (Stauung und Überschwemmung des Vorfluters).

Der **Schadenbegriff** umfasst grundsätzlich alle möglichen Personen-, Sach- und Folgeschäden, die aufgrund dieser Gefährdungen auf dem Gemeindegebiet von St. Niklaus entstehen können. Die eigentliche Eingrenzung der Schadenarten erfolgt fallspezifisch, abhängig von der jeweiligen Bearbeitungstiefe (Stufen 1, 2 oder 3; siehe Kapitel 1.2.1, 1.3.1, bzw. 1.4.1).

Bei den Untersuchungen in St. Niklaus kommt das Drei-Stufen-Modell der Risikoanalyse (siehe Seite 7 oder *Teil I, Seiten 27f*) zur Anwendung. Damit verfolgen wir diese **Ziele**:

Ziele	Methode
Im gesamten Gemeindegebiet von St. Niklaus:	
(1) Überprüfen von Schutzzielen in Objektkategorien; Ermitteln der Schutzdefizite.	} Risikoanalyse Stufe 1
(2) Kennen der Konfliktbereiche.	
(3) Zuweisen von Prioritäten zu Gefahren- oder Untersuchungsbereichen.	
In spezifischen Untersuchungsbereichen:	
(4) Kennen der quantitativen Kollektivrisiken in Gefahren- oder Untersuchungsbereichen gemäss (3).	} Risikoanalyse Stufe 2
Bei Sonderobjekten:	
(5) Kennen der quantitativen Objekt- und Individualrisiken bezogen auf Sonderobjekte (Sonderobjekte gemäss Tabelle 4, Teil I, Seite 56).	} Risikoanalyse Stufe 3

Drei-Stufen-Modell
der Risikoanalyse

1.1.3 Datengrundlagen

- [1] **ABW, 1989:** Ortsplanung St. Niklaus; Schlussbericht. Büro für Architektur und ORL-Planung Bloetzer Werner, Visp, 158 S. (in Vernehmlassung).
- [2] **BELLWALD, S., 1994:** Wirtschaftsplan über die Waldungen der Burgergemeinde St. Niklaus. Ingenieurbüro Bellwald Siegfried, Visp.
- [3] **Berchtold, S., 1991:** St. Niklaus - Sparru & Teli & Jungu; Beurteilung der Steinschlaggefahr. Ingenieurbüro Berchtold Stefan, Visp, 8 S.
- [4] **BFF/EISLF, 1984:** Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten. Bundesamt für Forstwesen / Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Bern, 21 S.
- [5] **Bumann, R., 1989:** Aufforstungs- und Verbauprojekt Sparruzug. Vorprojekt und 1. bis 3. Bauetappe 1983-1989, Ingenieurbüro Bumann Reinhold, Naters.
- [6] **Bumann, R., 1995:** Sanierungs- und Erweiterungsprojekt Spissenzug (Lawinenablenk- und Bremsverbau). Ingenieurbüro Bumann Reinhold, Naters, 4 S.
- [7] **Bumann, R., 1995:** Steinschlagverbauung Stockschleif; technischer Bericht. Ingenieurbüro Bumann Reinhold, Naters, 5 S.
- [8] **Burkard, A., 1996:** Neubau Schiessanlage Birch-Grossgufer; Beurteilung der Lawinengefährdung (Rosswang). Ingenieurbüro Burkard André, Brig, 9 S.
- [9] **Burkard, A., 1997:** Sparrenzug; Lawinentechnischer Bericht und Lawinengefahrenkarte. Ingenieurbüro Burkard André, Brig, 24 S.
- [10] **BUWAL/BWW/BRP, 1997:** Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (Empfehlungen). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft / Bundesamt für Wasserwirtschaft / Bundesamt für Raumplanung, Bern, 42 S.
- [11] **BVZ:** Lawinenkataster im Bereich des Sparruzugs. Brig-Visp-Zermatt-Bahn, BVZ, Brig. Aufzeichnungen ab 1944.
- [12] **BWW/BRP/BUWAL, 1997:** Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (Empfehlungen). Bundesamt für Wasserwirtschaft / Bundesamt für Raumplanung / Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 32 S.
- [13] **CRSFA, 1994:** Gemeinde St. Niklaus; Gefügeanalytische und geomechanische Studie. Centre de Recherches Scientifiques Fondamentales et Appliquées de Sion, 16 S (+40 S. Anhang mit Beschreibung der Sturzquellen).
- [14] **CRSFA, 1996:** Gemeinde St. Niklaus; Stockschleif - Sturzbahnanalyse und Gefahrenkarte. Centre de Recherches Scientifiques Fondamentales et Appliquées de Sion.
- [15] **Dienststelle für Wald und Landschaft des Katons Wallis, 1990:** Richtplanung, Grundlagen - Naturgefahren: Lawinen; Lawinenkarte 1:25'000. Sion.
- [16] **Geo7, 1995:** Murgangsanierung Ritigraben (Mattertal); Beurteilung aus der Sicht von NFP 31 Projekten. Geo7, Bern, 15 S.
- [17] **Imboden, A., 1979:** "Poscht us Zaniglas". (Gemeindeverwaltung St. Niklaus).
- [18] **Mani, P., 1994:** Ritigraben (Mattertal); Grundlagen-Zusammenstellung und erste Interpretation. Geo7, Bern, 14 S.
- [19] **Rovina + Partner AG, 1994:** Murgangsanierung Ritigraben; Vorstudie. Varen, 13 S.
- [20] **Rovina + Partner AG, 1995:** Bauprojekt Absetzstrecke Murgangschutz Ritigraben; Technischer Bericht. Varen, 5 S.
- [21] **Salm, B., Burkard, A., Gubler, H.U., 1990:** Berechnung von Fliesslawinen; Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. Mitteilung Nr. 47, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch, Davos, 40 S.
- [22] **Schild, M., Haefeli, R., 1945:** Die Lawinen des Zermattertals im Winter 1944/45. Interner Bericht Nr. 37, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch, Davos.
- [23] **SLF, 1951:** Winterbericht Nr. 15 (Winter 1950/51). Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- [24] **SLF, 1970:** Winterbericht Nr. 34 (Winter 1969/70). Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- [25] **SLF, 1997:** Ereigniskataster für Lawinen auf dem Gemeindegebiet von St. Niklaus, VS. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Aufzeichnungen von 1951-1997.
- [26] **SLF:** Extremwertstatistik der Schneefälle und der Verteilung der Schneefallperioden für die Stationen Zermatt, Grimentz und Oberwald. Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- [27] **Teyssseire & Candolfi AG, 1997a:** Murgangsanierung Ritigraben; Synthese-/ Ergänzungsbericht. Ingenieurbüro Teyssseire & Candolfi AG, Visp, 18 S.
- [28] **Teyssseire & Candolfi AG, 1997b:** Schutzkonzept Ritigraben - Technischer Bericht. Ingenieurbüro Teyssseire & Candolfi AG, Visp, 37 S.

1.1.4 Dank

Für die Unterstützung bei der Informationsbeschaffung in St. Niklaus danken wir

- Viktorine Biner, Orts- und Geschichtskundige, St. Niklaus
- Werner Bloetzer, ABW, Visp
- Reinhold Bumann, Ingenieurbüro, Naters
- André Burkard, Ingenieurbüro, Brig
- Heinz Favre, Brig-Visp-Zermatt-Bahn (BVZ), Brig
- Raffael Fux, Gemeindeverwaltung, St. Niklaus
- Willy Gitz, Ortskundiger, St. Niklaus
- Roger Imboden, Gemeindepräsident, St. Niklaus
- Roland Imboden, Zivilschutzstelle, St. Niklaus
- Christian Marro, CRSFA, Sion
- Bernhard Perren, Kreisforstamt III, Gampel
- Jean-Daniel Rouiller, Kantonsgeologe, Sion
- Hermann Rovina, Geologe, Varen
- Philippe Teyssere, Ingenieurbüro, Visp
- Charles Wuilloud, Kantonsforstamt VS, Sektion Naturgefahren, Sion

1.2 Risikoanalyse Stufe 1

Das **Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug'** (St. Niklaus-Dorf) zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 1 die semi-quantitativen Schutzdefizite für nur eine Gefahrenquelle ermittelt.

Das **Fallbeispiel Siedlung 'Zum Stäg'** zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 1 die Schutzdefizite ermittelt, wenn sich am selben Ort mehrere Gefährdungen überlagern.

Das **Fallbeispiel Gemeinde St. Niklaus** fasst die Resultate der Risikoanalyse Stufe 1 auf der gesamten Fläche der Gemeinde St. Niklaus zusammen (42 Gefahrenquellen).

1.2.1 Vorbereitungsarbeiten

Sicherheitsproblem

Fallbeispiel 'Sparruzug'	Fallbeispiel 'Zum Stäg'	Fallbeispiel 'St. Niklaus'
Die Lawine <ul style="list-style-type: none"> 'Sparruzug' gefährdet Dorf-, Wohn- und Gewerbebezonen die Brig-Visp-Zermatt-Bahn (BVZ) die Kantonsstrasse Visp-Zermatt in 'St. Niklaus-Dorf', Gemeinde St. Niklaus VS.	Die Gefahrenprozesse <ul style="list-style-type: none"> Lawine 'Jungbach' Murgang 'Ritigraben' Überschwemmung 'Mattervispa' (als Folgegefährdung des Murganges 'Ritigraben') gefährden <ul style="list-style-type: none"> Wohn- und Gewerbebezonen in 'Zum Stäg', Gemeinde St. Niklaus VS.	Insgesamt <ul style="list-style-type: none"> 10 Lawinenzüge 31 Steinschlag- bzw. Felssturz-Gefahrenquellen 1 Murgang mit Folgegefährdung Überschwemmung gefährden <ul style="list-style-type: none"> Wohn- und Gewerbebezonen, Bahn, Strasse, u.a. im Gemeindegebiet von St. Niklaus VS.

Systemgrenzen

Fallbeispiel 'Sparruzug'	Fallbeispiel 'Zum Stäg'	Fallbeispiel 'St. Niklaus'
Geographische Systemgrenzen		
Wirkungsgebiet der Lawine 'Sparruzug'	Wirkungsgebiet der Lawine 'Jungbach', des Murganges 'Ritigraben' und der Überschwemmung 'Mattervispa' in 'Zum Stäg'	Gemeindegebiet St. Niklaus
Inhaltliche Systemgrenzen		
<ul style="list-style-type: none"> Gefährdungen: Szenarien mit 30-, 100- und 300-jährlicher Wiederkehrdauer und mittlerer bis starker Intensität. (Gefahrenprozesse und -quellen siehe unter <i>Sicherheitsproblem</i>). Schadenarten: Schutzzielverletzungen in Objektkategorien (Objektkategorien und Schutzziele gemäss <i>Tabelle 2, Teil I, Seite 34</i>). 		

Systembeschreibung

<i>Fallbeispiel 'Sparruzug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>	<i>Fallbeispiel 'St. Niklaus'</i>
Natürliche Bedingungen		
gemäss den Datengrundlagen [2], [9], [26]	gemäss den Datengrundlagen [2], [16], [18], [19], [26]	gemäss den Datengrundlagen [2], [9], [13], [16], [18], [19], [26]
Anthropogene Bedingungen		
Daten zu Bodennutzung gemäss dem Nutzungsplan der Gemeinde St. Niklaus [1]		

Ziele der Risikoanalyse

<i>Fallbeispiel 'Sparruzug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>	<i>Fallbeispiel 'St. Niklaus'</i>
Überprüfen von Schutzziele in Objektkategorien, Ermitteln der Schutzdefizite und Kennen der Konfliktbereiche.		

Datengrundlagen

<i>Fallbeispiel 'Sparruzug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>	<i>Fallbeispiel 'St. Niklaus'</i>
Gefährdung		
<ul style="list-style-type: none"> • Lawinengefahrenkarte für T=300 J. aus [9] • Ereigniskataster aus [5], [9], [11], [22], [25] und Befragung ortskundiger Personen 	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zu den Gefährdungen in [16], [18], [19], [20], [27], [28] • Ereigniskataster aus [18], [19], [22], [23], [25], [28] und Befragung ortskundiger Personen 	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zu den Gefährdungen in [3], [5], [6], [7], [8], [9], [13], [14], [16], [18], [19], [20], [27], [28] • Ereigniskataster aus [5], [9], [11], [18], [19], [22], [23], [23], [25], [28] und Befragung ortskundiger Personen
Schadenpotential		
Nutzungsplan [1] und Wald-Wirtschaftsplan [2]		

1.2.2 Gefahrenanalyse

Ereignisanalyse (mögliche Gefahren identifizieren und lokalisieren)

<i>Fallbeispiel 'Sparruzug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>	<i>Fallbeispiel 'St. Niklaus'</i>
Die Gefahren sind bereits bekannt und lokalisiert (siehe Kapitel 1.2.1 - <i>Datengrundlagen</i>).		

Wirkungsanalyse (Art, Ausdehnung und Grad einer Gefährdung bestimmen)

<i>Fallbeispiel 'Sparruzug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>	<i>Fallbeispiel 'St. Niklaus'</i>
Methodische Grundlagen		
<ul style="list-style-type: none"> • Richtlinien des Bundes: [4] 	<ul style="list-style-type: none"> • Richtlinien und Empfehlungen des Bundes: [4], [12] 	<ul style="list-style-type: none"> • Richtlinien und Empfehlungen des Bundes: [4], [10], [12]
Vorgehen		
<ol style="list-style-type: none"> (1) Bestehende Daten auswerten: Suchen, Analysieren und Interpretieren von Dokumenten und Aussagen (siehe Kapitel 1.2.1 - <i>Datengrundlagen</i>). (2) Geländeanalyse durchführen: Erkennen und Interpretieren von "stummen Zeugen", Erkennen und Beurteilen von kritischen Konstellationen und Schlüsselstellen. (3) Mit Modellen rechnen (nur bei Lawinen: [21]) (4) Szenarien bilden mit 30-, 100- und 300-jährlicher Wiederkehrdauer und die Szenarien in Intensitätskarten darstellen. 		

1.2.3 Schutzdefizit-Bestimmung

Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug'

METHODISCHES VORGEHEN

(1) Digitalisieren der Intensitätskarten

Jede Intensitätskarte (eine Karte für jedes Szenario) mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) digitalisieren. Abbildung 1.1 fasst die Intensitätskarten der Lawine 'Sparruzug' in einer Gefahrenkarte zusammen. Die Gefahrenkarte zeigt die Wirkungsgebiete der drei Szenarien mit 30-, 100- und 300-jährlicher Wiederkehrperiode und differenziert diese nach mittlerer und starker Intensität.

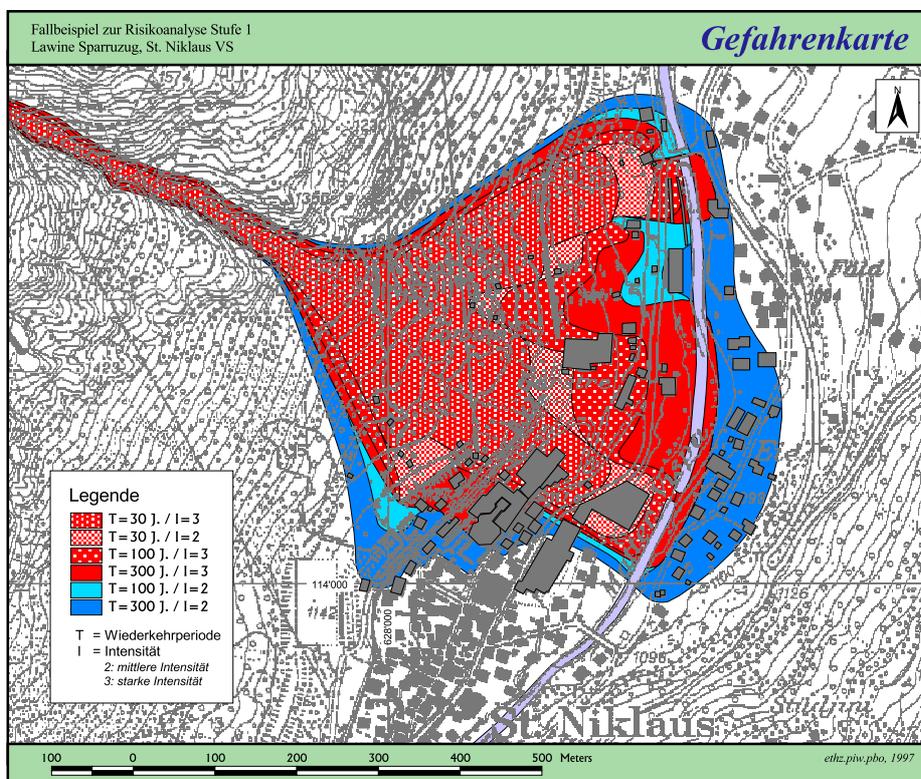


Abbildung 1.1:
Gefahrenkarte der Lawine
'Sparruzug',
St. Niklaus VS.

(2) Definieren von Objektkategorien und Schutzzielen

Tabelle 2 (Teil I, Seite 34) enthält die Objektkategorien mit den Schutzzielen, wie sie in diesem Fallbeispiel zur Anwendung kamen.

(3) Erstellen der Objektkategorien-Karte

- Digitalisieren des Nutzungsplanes (auf der Grundlage von [1]; Masstab 1:2'000) und des Wald-Wirtschaftsplanes (auf der Grundlage von [2]; Masstab 1:5'000) der Gemeinde St. Niklaus (siehe Abbildung 1.2).
- Zuordnen der Bodennutzungs-Kategorien (gemäss Nutzungsplan) zu den Objektkategorien (gemäss Tabelle 2, Teil I, Seite 34) und Darstellen der Objektkategorien in einer Objektkategorien-Karte (siehe Abbildung 1.3).

Abbildung 1.2: Ausschnitt aus dem Nutzungsplan der Gemeinde St. Niklaus im Wirkungsgebiet der Lawine 'Sparruzug' (gestrichelte Linie).

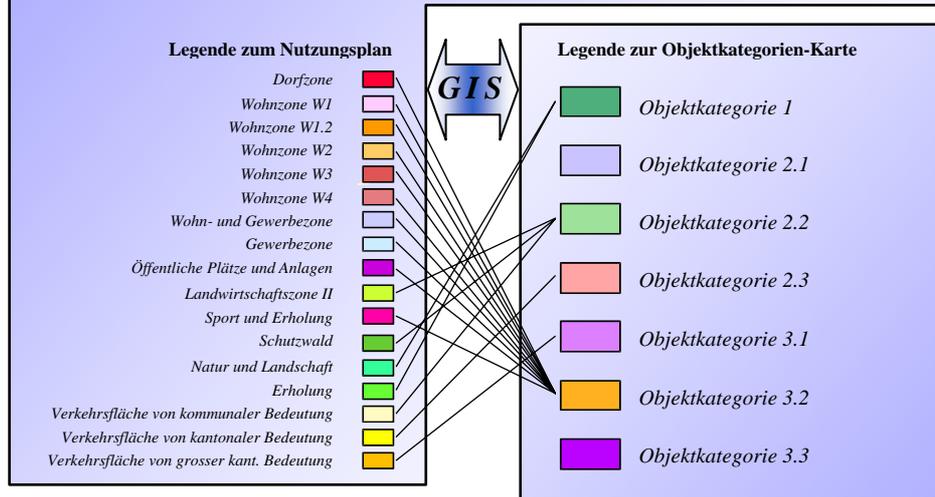
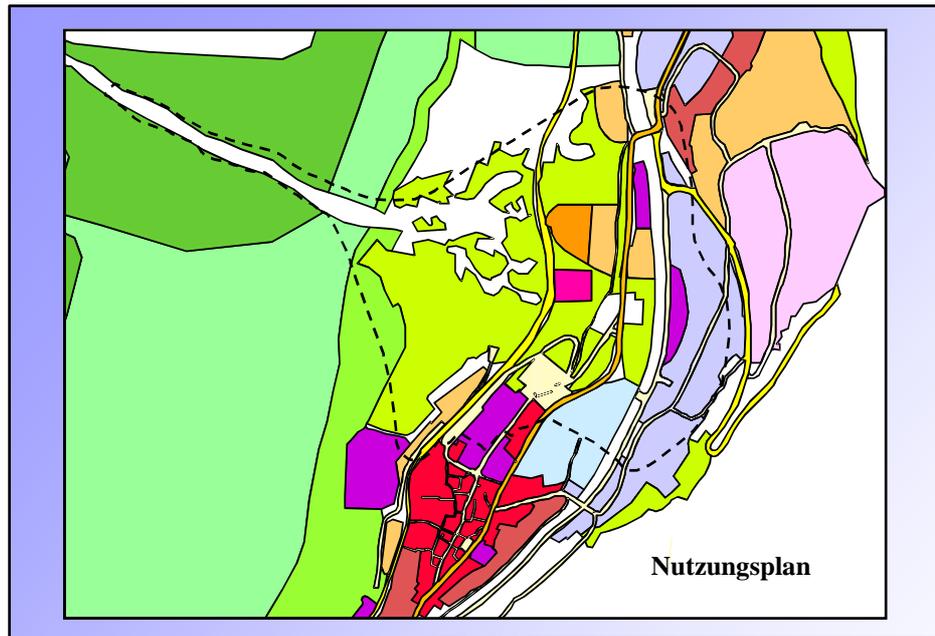
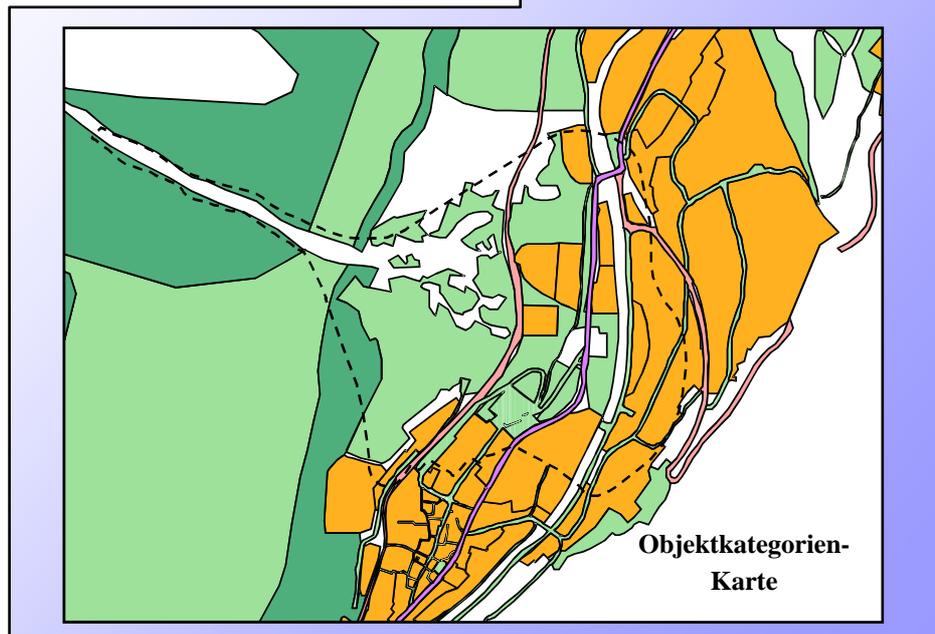


Abbildung 1.3: Ausschnitt aus der Objektkategorien-Karte im Wirkungsgebiet der Lawine 'Sparruzug' (gestrichelte Linie). Diese Karte erstellt man, indem man die Kategorien des Nutzungsplanes den Objektkategorien zuweist.



(4) Verschneiden der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte

Jede Intensitätskarte (eine Karte für jedes Szenario) mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) mit der Objektkategorien-Karte verschneiden, das heisst in einer Ebene vereinen. Abbildung 1.4 zeigt die Intensitätskarten der Lawine Sparruzug und die Objektkategorien-Karte im Bereich des Wirkungsgebietes der Lawine. Abbildung 1.5 enthält die Karten, die aus der Verschneidung der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte resultieren.

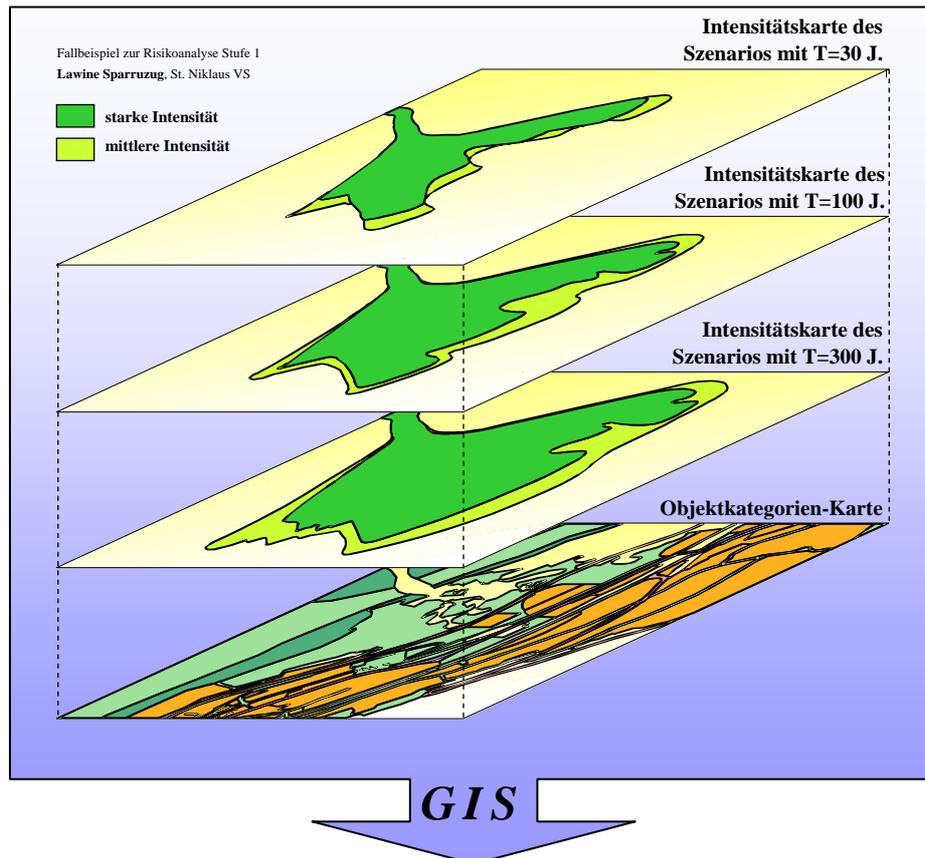


Abbildung 1.4: Verschneidung der Intensitätskarten der Lawine 'Sparruzug' mit der Objektkategorien-Karte.

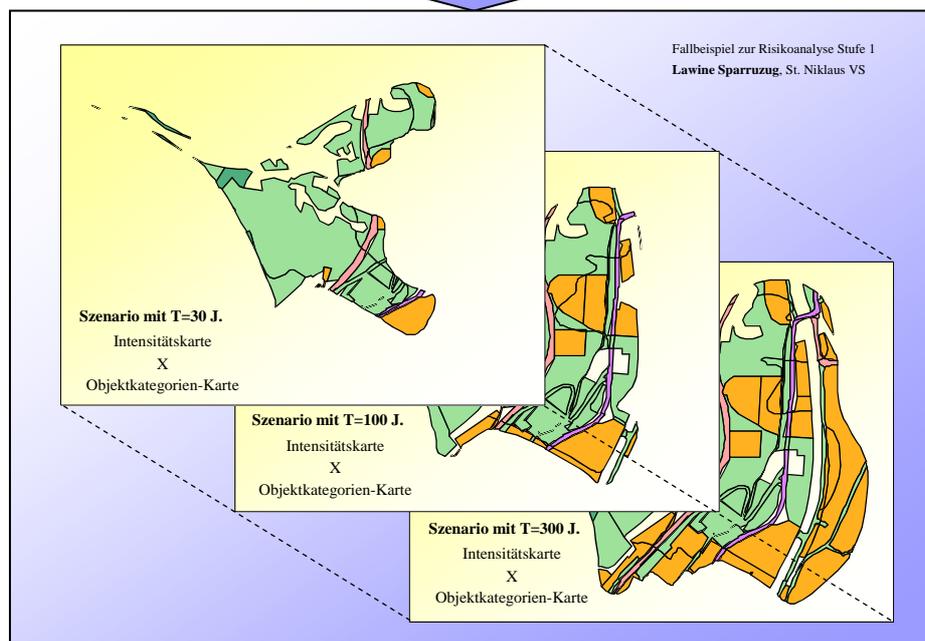


Abbildung 1.5: Resultate der Verschneidung der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte: Für jedes Szenario entsteht eine neue Karte, die sowohl die räumlichen Abgrenzungen der Intensitätskarte wie auch die gefährdeten Flächen der Objektkategorien enthält.

Die Karten aus Abbildung 1.5 miteinander verschneiden, das heisst in einer Ebene vereinen. Die neu entstandene Karte (Abbildung 1.6) enthält die räumlichen Abgrenzungen der Intensitätskarten und die gefährdeten Flächen der Objektkategorien. Tabelle 1.1 gibt einen Auszug aus der Attribut-Tabelle dieser neuen Karte.

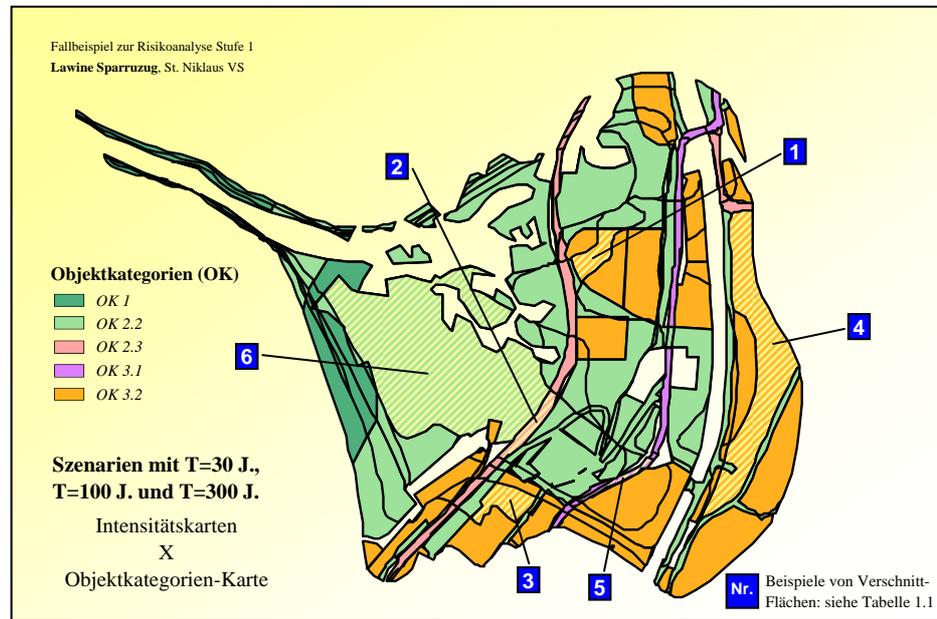


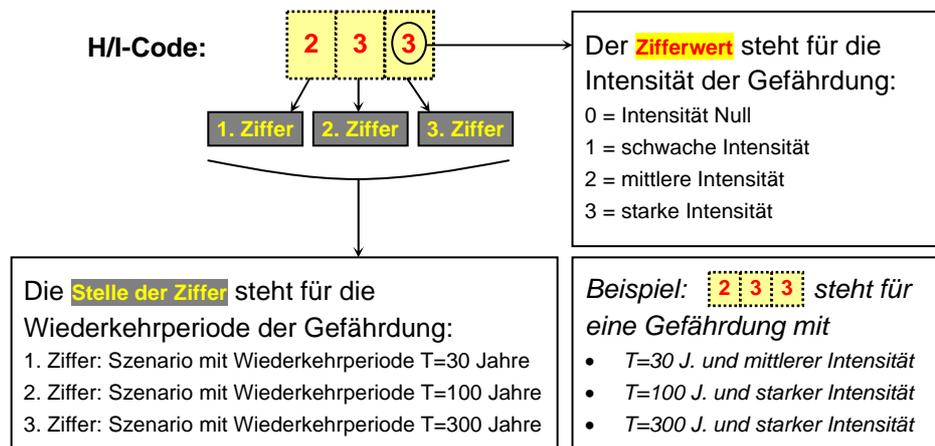
Abbildung 1.6: Resultat der Verschneidung aller Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte

Auszug aus der **Attribut-Tabelle** zur Karte in Abbildung 1.6:

Tabelle 1.1: Attributtabelle zur Karte Abbildung 1.6 (Auszug aus insgesamt 343 Verschnitt-Flächen). Die Informationen aus den Intensitätskarten (hier zusammengefasst unter 'Gefährdung') den Attributen der Objektkategorien-Karte angliedern.

Flächen Nr.	Lokalität	Bodennutzung gemäss Nutzungsplan	Fläche [a]	Objekt-kategorie	Schutz-ziel	Gefähr-dung
1	Gaerstre	Wohnzone W1.2	15	3.2	001	033
2	St. Niklaus-Dorf	Verkehrsfläche (BVZ)	12	2.3	112	333
3	St. Niklaus-Dorf	öffentliche Bauten und Anlagen	20	3.2	001	003
4	Eye	Wohn- und Gewerbezone WG3	123	3.2	001	002
5	St. Niklaus-Dorf	Verkehrsfläche (Kantonsstrasse)	6	3.1	012	233
6	St. Niklaus-Dorf	Landwirtschaftszone II	330	2.2	223	333
...

Das Schutzziel und die Gefährdung sind mit dem **'H/I-Code'** (dem 'Häufigkeits/Intensitäts-Code') eindeutig definiert:



(5) **Bestimmen und Gewichten der Schutzdefizite**

- i) In den Verschnitt-Flächen aus Abbildung 1.6 die Schutzziele mit den Gefährdungen vergleichen und mit der Bewertungs-Skala gemäss *Abbildung 8 im Teil I, Seite 33*, die Höhe der szenarienspezifischen Schutzdefizite bestimmen.
- ii) Die szenarienspezifischen Schutzdefizite zum totalen Schutzdefizit summieren.
- iii) Die totalen Schutzdefizite in Schutzdefizit-Klassen einteilen und mit 'kleines', 'mittleres' oder 'hohes Schutzdefizit' gewichten (siehe *Teil I, Seite 33*).

Tabelle 1.2 enthält die Schutzdefizite für die Beispiele von Verschnitt-Flächen aus Abbildung 1.6.

Flächen Nr.	...	Schutz- ziel	Gefähr- dung	szenarienspezifische Schutzdefizite			totales Schutzdefizit
				T=30 J.	T=100 J.	T=300 J.	
1	...	001	033	0	17	16	33
2	...	112	333	15	14	7	36
3	...	001	003	0	0	13	13
4	...	001	002	0	0	4	4
5	...	012	233	12	14	7	33
6	...	223	333	9	8	0	17
...

Tabelle 1.2: Auszug aus der Attribut-Tabelle zur Schutzdefizit-Karte der Lawine 'Sparruzug' (Abbildung 1.7).

(6) **Darstellen der totalen Schutzdefizite in einer Schutzdefizit-Karte**

Abbildung 1.7 zeigt die Schutzdefizit-Karte der Lawine 'Sparruzug'. Die Schutzdefizit-Karte gibt einen Überblick über die Grössenordnung der Schutzdefizite in den untersuchten Raumelementen (hier nur Flächen).

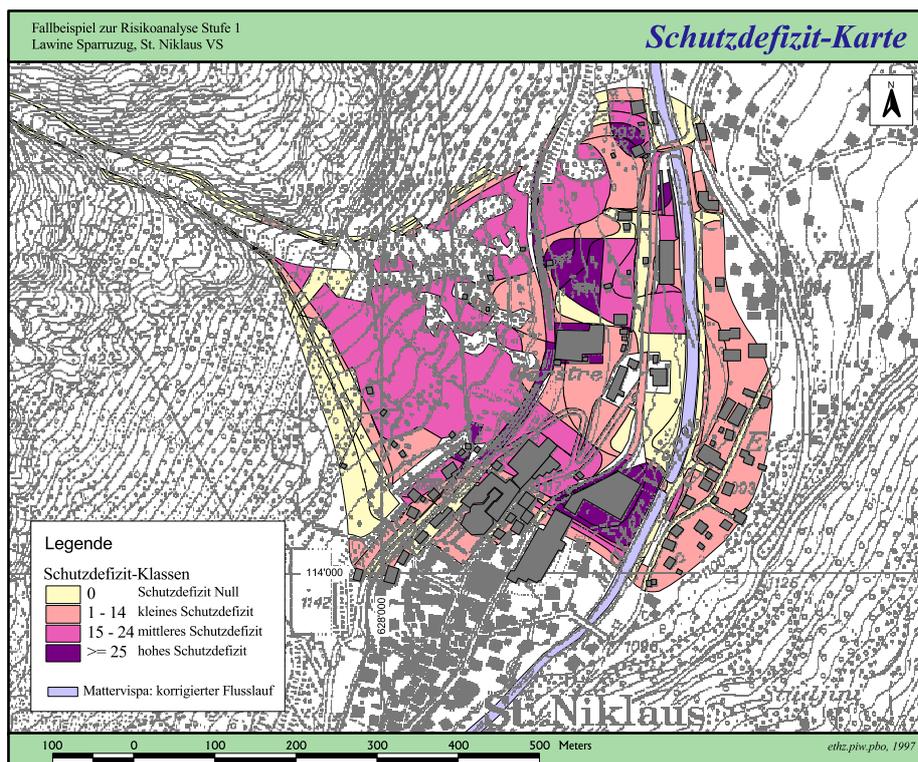


Abbildung 1.7: Schutzdefizit-Karte der Lawine 'Sparruzug', St. Niklaus VS.

INTERPRETATION DER RESULTATE

Abbildung 1.8 fasst die Resultate der Risikoanalyse Stufe 1 für die Lawine 'Sparruzug', St. Niklaus, zusammen.

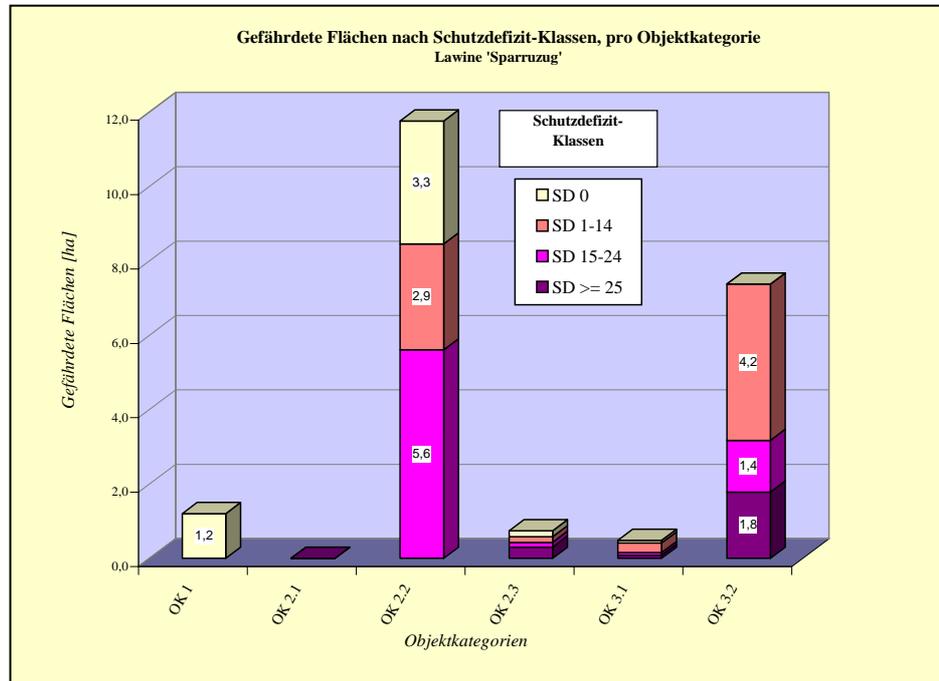
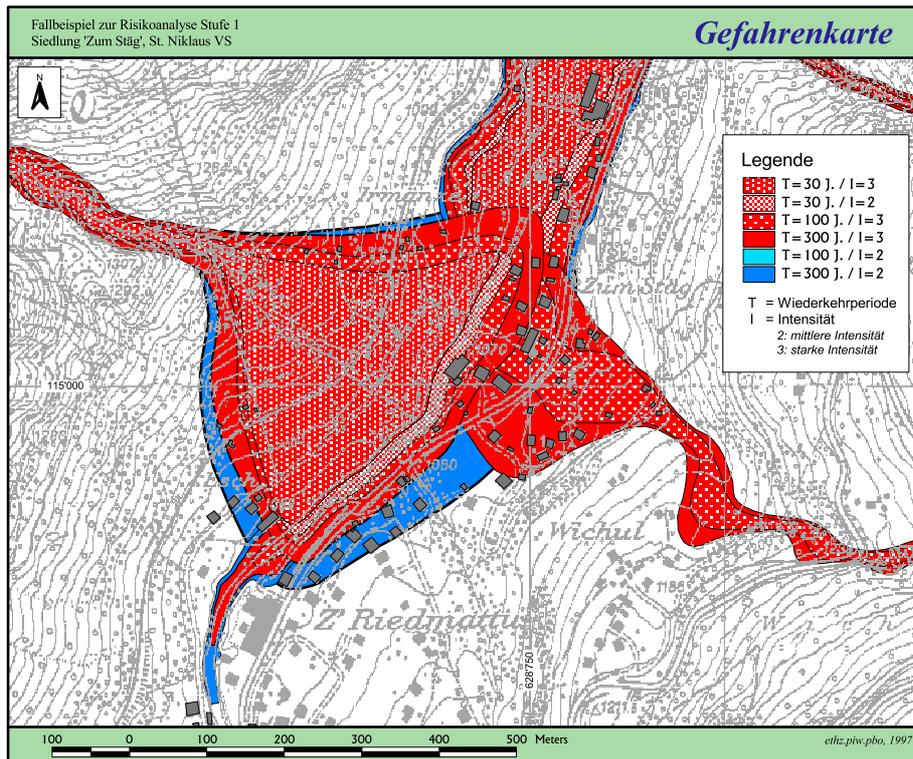


Abbildung 1.8: Lawine 'Sparruzug' - gefährdete Flächen pro Schutzdefizit-Klasse und Objektkategorie.

⇒ Das Wirkungsgebiet der Lawine 'Sparruzug' umfasst eine Fläche von 21,5 ha. In 16,8 ha davon ist das Schutzziel nicht erfüllt. Der grösste Teil der Flächen mit Schutzdefiziten (8,5 ha) fällt in die Objektkategorie 2.2 (vor allem Landwirtschaftsflächen). Ein hohes Schutzdefizit besteht in 1,8 ha der Objektkategorie 3.2 (Siedlung und Gewerbe) sowie in Streckenabschnitten der Brig-Visp-Zermatt-Bahn und der Kantonsstrasse (Visp-Zermatt). In diesen primären Konfliktbereichen können Schutzmassnahmen erforderlich sein (z.B. Massnahmen der Raum- und der Notfallplanung sowie Objektschutzmassnahmen). In Flächen mit kleinem oder mittlerem Schutzdefizit sind Schutzmassnahmen unter Umständen angebracht (→Interessenabwägung). Mit vertiefenden Untersuchungen (Risikoanalysen Stufen 2 oder 3) kann man das Risiko in diesen Flächen quantifizieren und so den Handlungsbedarf weiter eingrenzen.

Fallbeispiel Siedlung 'Zum Stäg'**METHODISCHES VORGEHEN****(1) Digitalisieren der Intensitätskarten**

Jede Intensitätskarte (eine Karte für jedes Szenario) mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) digitalisieren. Abbildung 1.9 fasst die Intensitätskarten der Lawine 'Jungbach', des Murganges 'Ritigraben' und der Überschwemmung 'Mattervispa' (**Anmerkung** in der Randspalte) in einer Gefahrenkarte zusammen.

**Anmerkung**

Die Überschwemmung 'Mattervispa' ist eine Folgegefährdung des Murganges 'Ritigraben': Die Murgang-Ablagerungen können die Mattervispa auf der Höhe der ARA St. Niklaus stauen und zu einer Überschwemmung des Flusses führen (so geschehen am 24.9.1993).

Abbildung 1.9: Gefahrenkarte der Lawine 'Jungbach', des Murganges 'Ritigraben' und der Überschwemmung 'Mattervispa' in 'Zum Stäg', St. Niklaus, Wallis.

(2) Definieren von Objektkategorien und Schutzziele

Tabelle 2 (Teil I, Seite 34) enthält die Objektkategorien mit den Schutzziele, wie sie in diesem Fallbeispiel zur Anwendung kamen.

(3) Erstellen der Objektkategorien-Karte

Analoges Vorgehen wie im Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug' (siehe Seite 30).

(4) Verschneiden der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte

Alle Intensitätskarten (eine Karte für jedes Szenario) mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) mit der Objektkategorien-Karte verschneiden, das heisst in einer Ebene vereinen. Abbildung 1.10 zeigt die Intensitätskarten der Lawine 'Jungbach', des Murganges 'Ritigraben' und der Überschwemmung 'Mattervispa' sowie die Objektkategorien-Karte im Bereich der Siedlung 'Zum Stäg'. Die Karte in Abbildung 1.11 ist das Resultat der Verschneidung der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte.

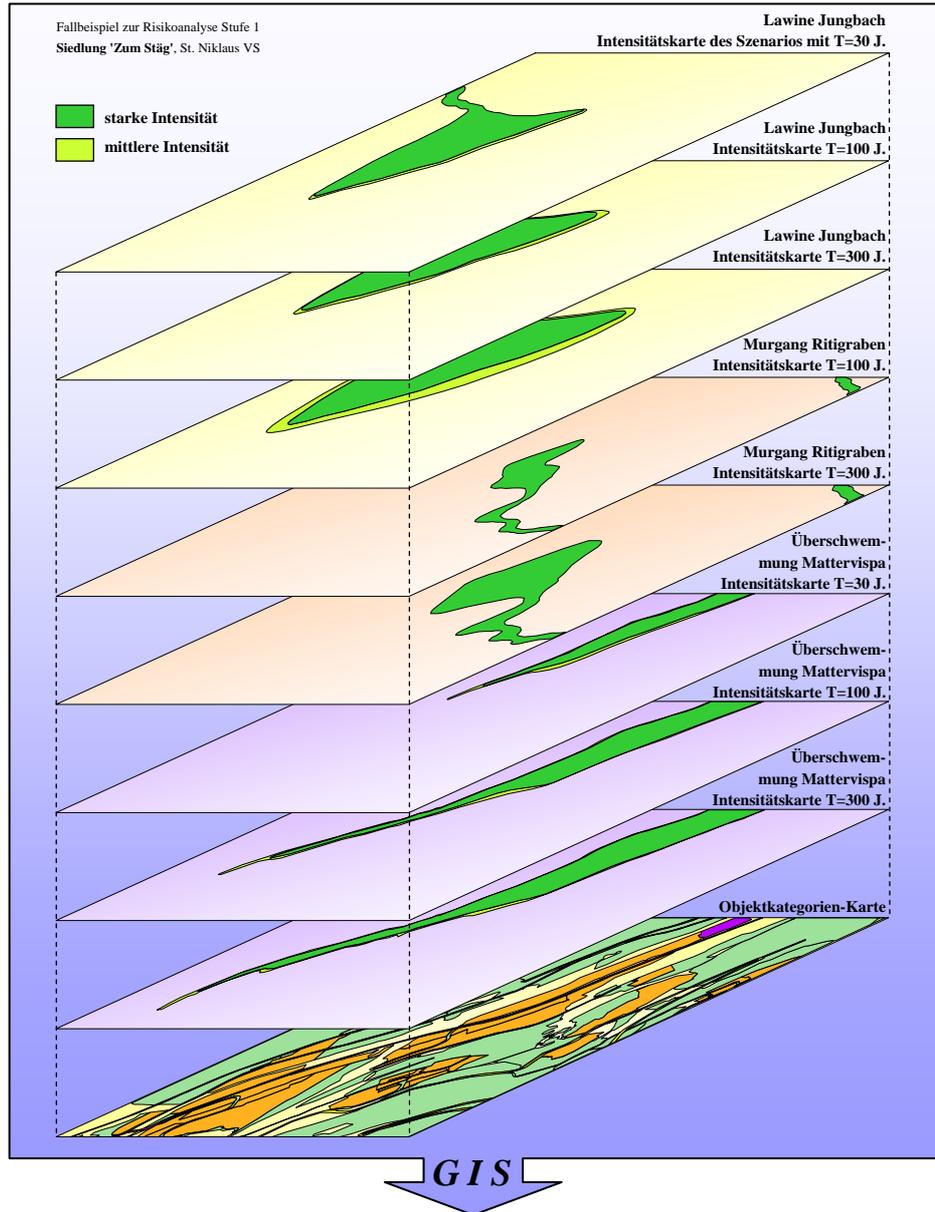


Abbildung 1.10:
Verschneidung der
Intensitätskarten der Lawine
'Jungbach', des Murganges
'Ritigraben' und der
Überschwemmung
'Mattervispa' mit der
Objektkategorien-Karte.

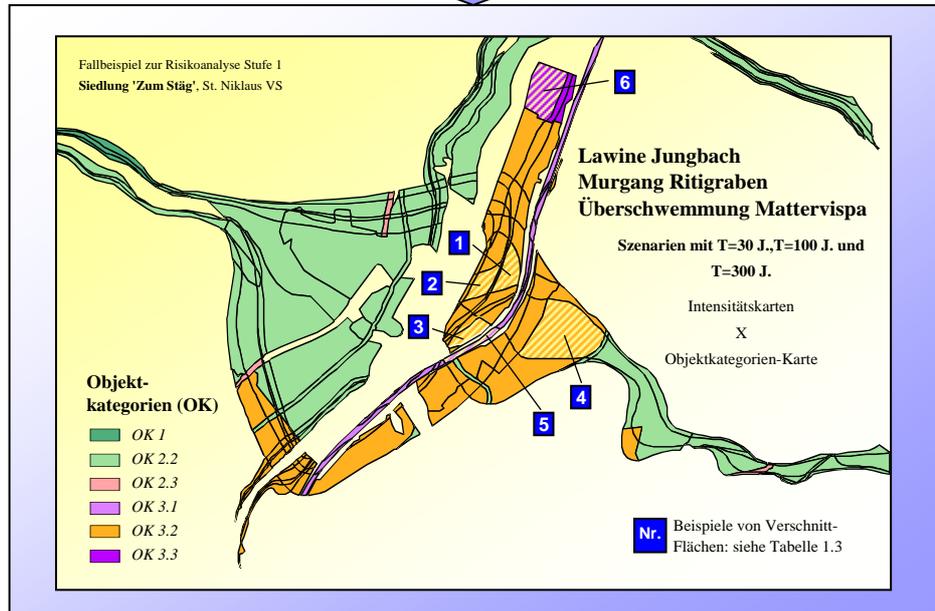


Abbildung 1.11: Resultat
der Verschneidung der
Intensitätskarten mit der
Objektkategorien-Karte.

Auszug aus der **Attribut-Tabelle** zur Karte in Abbildung 1.11.

Flächen Nr.	Bodennutzung gemäss Nutzungsplan	Fläche [a]	Objekt- kategorie	Schutz- ziel	Gefährdung		
					Lawine	Murgang	Überschw.g.
1	Wohn- und Gewerbezone WG3	19	3.2	001	002	033	033
2	Wohn- und Gewerbezone WG3	14	3.2	001	023	033	033
3	Wohn- und Gewerbezone WG3	13	3.2	001	002	003	002
4	Wohnzone W2.2	83	3.2	001	–	033	–
5	Verkehrsfläche (Kantonsstrasse)	8	3.1	012	002	003	–
6	ARA St. Niklaus (Sonderobjekt!)	38	3.3	000	–	–	333
...

Tabelle 1.3: Auszug aus der Attributtabelle zur Karte Abbildung 1.11. Die Informationen aus den Intensitätskarten (hier zusammengefasst unter 'Gefährdung') den Attributen der Objektkategorien-Karte angliedern.

Das Schutzziel und die Gefährdung sind mit dem 'H/I-Code' eindeutig definiert (siehe Seite 32).

(5) Bestimmen und Gewichten der Schutzdefizite

Analoges Vorgehen wie im Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug' (Seite 33). Tabelle 1.4 enthält die Schutzdefizite für die Beispiele von Verschnitt-Flächen aus Abbildung 1.11.

Flächen Nr.	...	Schutz- ziel	Gefährdung			szenarienspezifische Schutzdefizite									totales Schutz- defizit
						Lawine			Murgang			Überschwemmung			
			L	M	Ü	T= 30 J.	T= 100 J.	T= 300 J.	T= 30 J.	T= 100 J.	T= 300 J.	T= 30 J.	T= 100 J.	T= 300 J.	
1	...	001	002	033	033	0	0	4	0	17	13	0	17	13	64
2	...	001	023	033	033	0	11	13	0	17	13	0	17	13	84
3	...	001	002	003	002	0	0	4	0	0	13	0	0	4	21
4	...	001	–	033	–	0	0	0	0	17	13	0	0	0	30
5	...	012	002	003	–	0	0	0	0	0	7	0	0	0	7
6	...	000	–	–	333	0	0	0	0	0	0	18	17	16	51
...

Tabelle 1.4: Auszug aus der Attribut-Tabelle zur Schutzdefizit-Karte 'Zum Stäg' (Abbildung 1.12).

(6) Darstellen der totalen Schutzdefizite in einer Schutzdefizit-Karte

Abbildung 1.12 zeigt die Schutzdefizit-Karte der Siedlung 'Zum Stäg'. Die Schutzdefizit-Karte gibt einen Überblick über die Grössenordnung der Schutzdefizite in den untersuchten Raumelementen (hier nur Flächen).

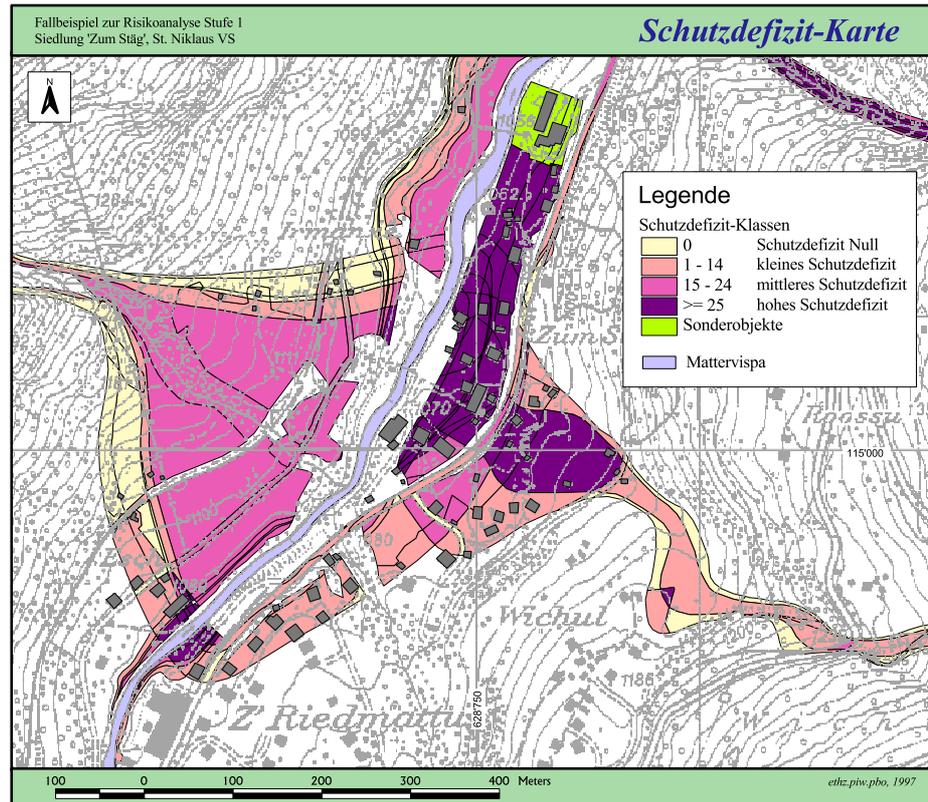


Abbildung 1.12:
Schutzdefizit-Karte der
Lawine 'Jungbach', des
Murganges 'Ritigraben' und
der Überschwemmung
'Mattervispa' in 'Zum Stäg',
St. Niklaus VS.

INTERPRETATION DER RESULTATE

Ein hohes Schutzdefizit besteht in 3,4 ha der Objektkategorie 3.2 (Wohn- und Gewerbezone). Durch die räumliche Überlagerung mehrerer (Gefährdungs-) Szenarien summieren sich die szenarienspezifischen Schutzdefizite. Die totalen Schutzdefizite erreichen deshalb in diesen Flächen sehr hohe Zahlenwerte (maximaler Wert: 108). Schutzmassnahmen können erforderlich sein (Massnahmen der Raum- und der Notfallplanung, Objektschutzmassnahmen).

Anmerkung: Die Überschwemmung 'Mattervispa' gefährdet ein Sonderobjekt (Objektkategorie 3.3: Abwasserreinigungs-Anlage St. Niklaus). Auf Stufe 1 ist auf dieses Problem hinzuweisen. Die Risikoanalyse bei Sonderobjekten erfolgt auf Stufe 3 (siehe *Fallbeispiel Sonderobjekt ARA*, Seiten 88ff).

Fallbeispiel Gemeinde St. Niklaus**METHODISCHES VORGEHEN****(1) Digitalisieren der Intensitätskarten**

Jede Intensitätskarte (eine Karte für jedes Szenario) mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) digitalisieren. Die Abbildungen 1.13, 1.14 und 1.15 (Seiten 41, 43 und 45) fassen die Intensitätskarten aller untersuchten Gefahrenquellen in Gefahrenkarten zusammen. Es sind dies alle bekannten Quellen gravitativer Naturgefahren (Lawinen, Murgänge, Überschwemmungen, Stein- und Blockschlag, Felssturz), von denen im Gebiet der Gemeinde St. Niklaus eine Gefährdung für Bauzonen ausgeht (insgesamt 42 Gefahrenquellen):

Lawinen:	Steinschlag- und Felssturz-Gebiete	Murgang und Überschwemmung
1. Bielziggi	1. Balmatte [8]	1. Murgang Ritigraben und Folgegefährdung durch Stauung und Überschwemmung der Mattervispa
2. Chalchofuzug	2. Birchmatte [1]	
3. Fallzug	3. Breitmatte [4]	
4. Geisstrift	4. Esch [12]	
5. Guggigrabu	5. Längi Matte [1]	
6. Jungbach	6. Mattsand [3]	
7. Rosswang	7. Mässtschugge [2]	
8. Sparruzug	([x]: Anzahl Gefahrenquellen)	
9. Spisszug		
10. Tummigbach		

(2) Definieren von Objektkategorien und Schutzzielen

Tabelle 2 (Teil I, Seite 34) enthält die Objektkategorien mit den Schutzzielen, wie sie in diesem Fallbeispiel zur Anwendung kamen.

(3) Erstellen der Objektkategorien-Karte

Analoges Vorgehen wie im *Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug'* (Seite 30).

(4) Verschneiden der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte

Analoges Vorgehen wie im *Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug'* (Seite 31).

(5) Bestimmen und Gewichten der Schutzdefizite

Analoges Vorgehen wie im *Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug'* (Seite 33).

(6) Darstellen der totalen Schutzdefizite in Schutzdefizit-Karten

Die Abbildungen 1.16, 1.17 und 1.18 (Seiten 47, 49 und 51) zeigen die Schutzdefizit-Karten der Gemeinde St. Niklaus. Die Schutzdefizit-Karten geben einen Überblick über die Grössenordnung der Schutzdefizite in den untersuchten Raumelementen (hier nur Flächen) und lassen auf die massgebenden Konfliktbereiche schliessen.

Gefahrenkarte St. Niklaus - Nord

Massstab: 1:10'000

Kartengrundlage:

Ausschnitte topographischer Karten im Massstab 1:5'000
(gescannt und georeferenziert)

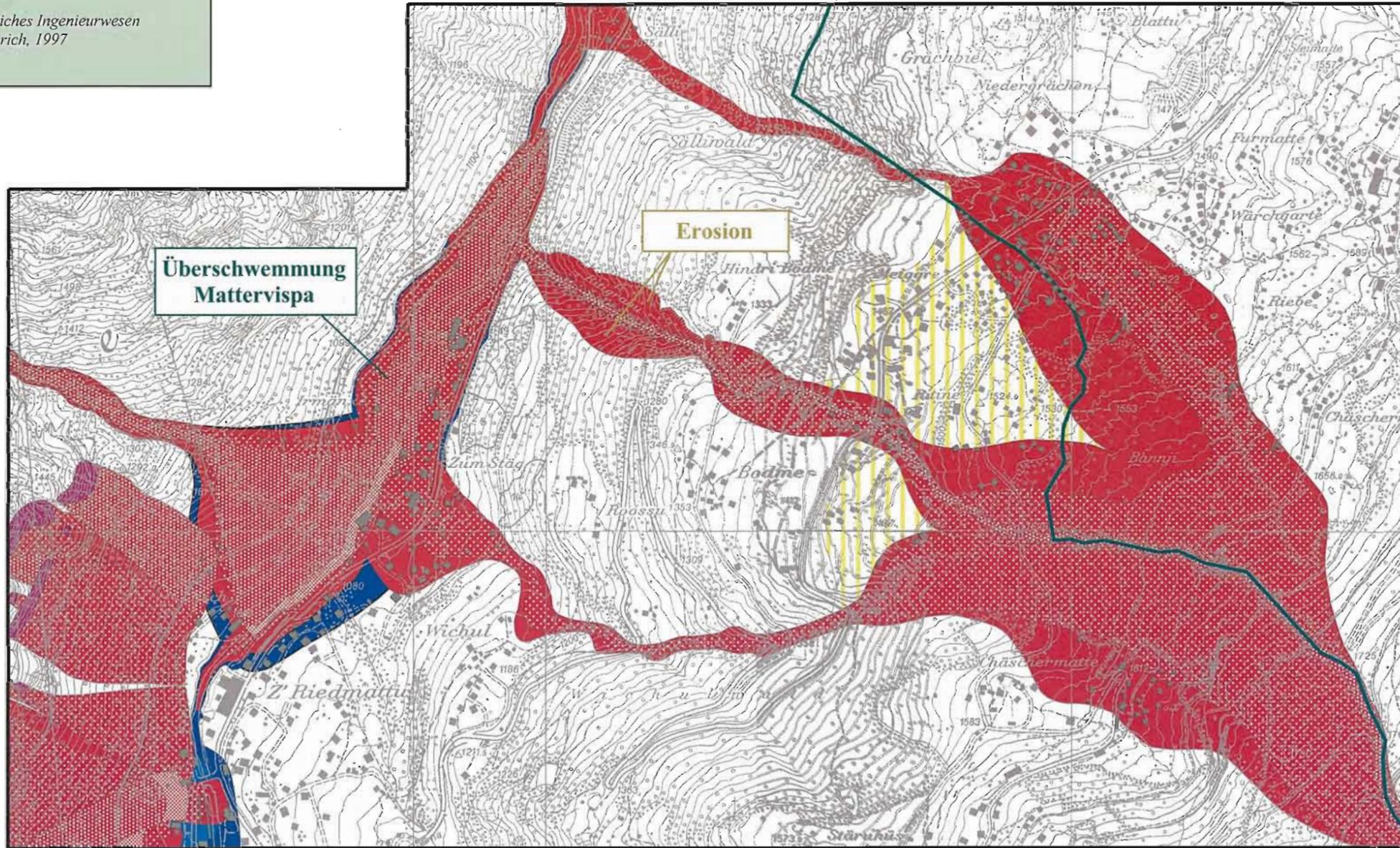
Abbildung 1.13:
Gefahrenkarte
St. Niklaus - Nord.

Gefährdungen

Lawine	Murgang	Überschwemmung	Steinschlag- und Felssturzgebiet
<ul style="list-style-type: none">• <i>Jungbach</i>• <i>Sparruzug</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Ritigraben</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Mattervispa</i> <p>(Folgegefährdung des Murganges <i>Ritigraben</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Esch</i>

Gefahrenkarte St. Niklaus - Nord

Professur für forstliches Ingenieurwesen
ETH Zürich, 1997



Lawine
Jungbach

Steinschlag/Felssturz
Esch

- Sturzquellen gemäss [13]:
- AS 17.2
 - AS 17.3
 - AS 17.4
 - AS 17.5
 - AS 18.1
 - AS 18.2
 - AS 18.3
 - AS 18.4
 - AS 18.5
 - AS 18.6
 - AS 18.7
 - AS 18.8

Lawine
Sparruzug

Murgang
Ritigraben

Legende

Gefährdung

	T=30 J. / I=3	T = Wiederkehrperiode
	T=30 J. / I=2	I = Intensität
	T=100 J. / I=3	2: mittlere Intensität
	T=300 J. / I=3	3: starke Intensität
	T=100 J. / I=2	
	T=300 J. / I=2	

Restrisiko Murgang Ritigraben

Sturzquellen

Gemeindegrenze St. Niklaus

Masstab 1:10'000
Hintergrund: gescannte Kartenausschnitte
(Masstab der Originalkarten 1:5'000)

628.000 629.000 630.000 115.000

Gefahrenkarte St. Niklaus - Dorf

Massstab: 1:10'000

Abbildung 1.14:
Gefahrenkarte
St. Niklaus - Dorf.

Kartengrundlage:

Ausschnitte topographischer Karten im Massstab 1:5'000
(gescannt und georeferenziert)

Gefährdungen

Lawinen

- *Sparruzug*
- *Chalchofuzug*
- *Spisszug*

Steinschlag- und Felssturzgebiete

- *Balmatte (8 Gefahrenquellen)*
 - *Birchmatte (1 Gefahrenquelle)*
 - *Esch (12 Gefahrenquellen)*
 - *Mässtschugge (2 Gefahrenquellen)*
-

**Steinschlag/Felssturz
Esch**

Sturzquellen gemäss [13]:
 AS 17.2
 AS 17.3
 AS 17.4
 AS 17.5
 AS 18.1
 AS 18.2
 AS 18.3
 AS 18.4
 AS 18.5
 AS 18.6
 AS 18.7
 AS 18.8

**Gefahrenkarte
St. Niklaus - Dorf**
 Professur für forstliches Ingenieurwesen
 ETH Zürich, 1997



**Lawine
Sparruzug**

**Steinschlag/Felssturz
Mässtschugge**

Sturzquellen gemäss [13]:
 AS 15.2
 AS 15.3

**Lawine
Chalchofuzug**

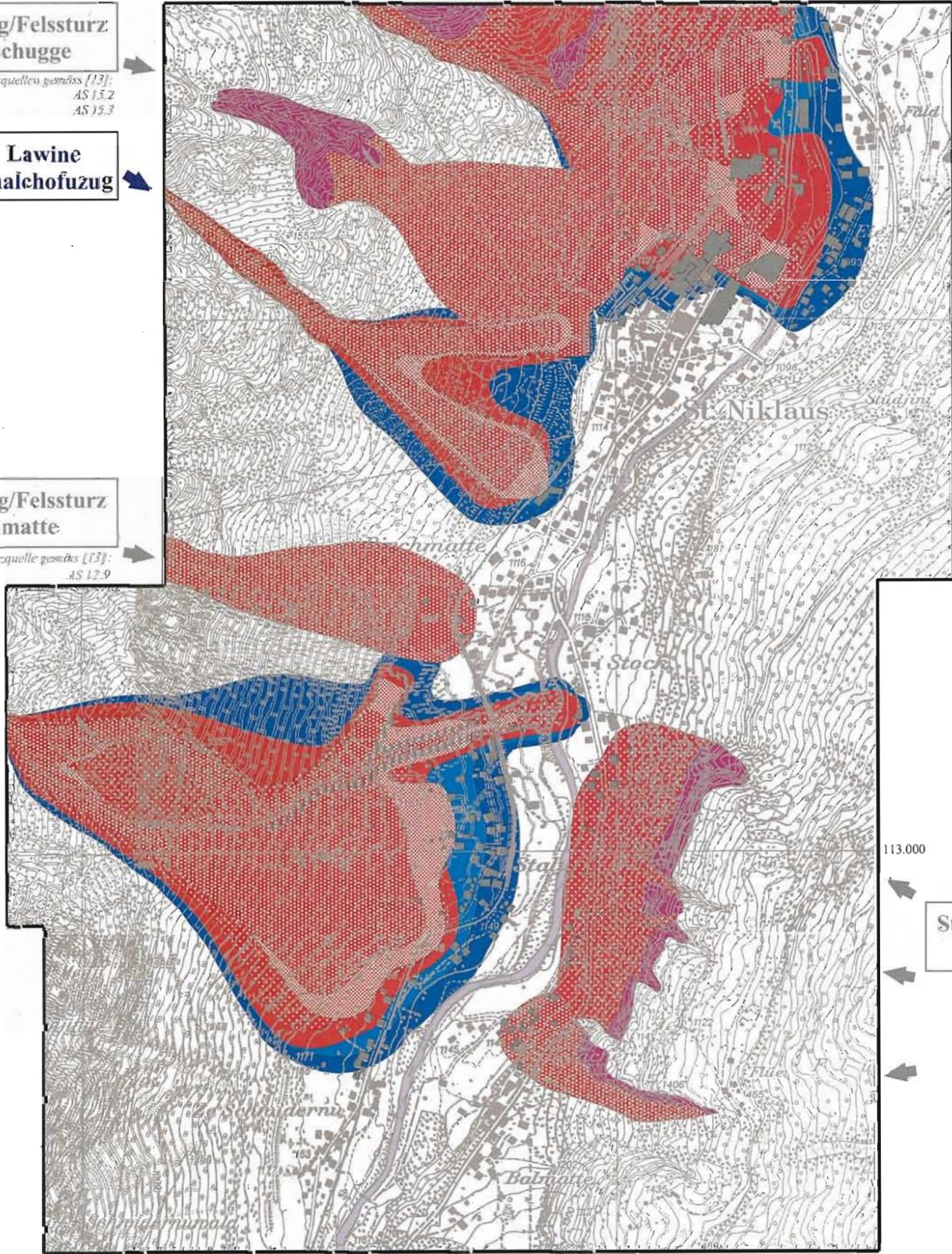
**Steinschlag/Felssturz
Birchmatte**

Sturzquelle gemäss [13]:
 AS 12.9

**Lawine
Spisszug**

**Steinschlag/Felssturz
Balmatte**

Sturzquellen gemäss [13]:
 AS 34.1
 AS 34.2
 AS 34.3
 AS 34.4
 AS 34.5
 AS 34.6
 AS 34.7
 AS 34.8



Legende

Gefährdung

	T=30 J. / I=3	T = Wiederkehrperiode
	T=30 J. / I=2	I = Intensität
	T=100 J. / I=3	2: mittlere Intensität
	T=300 J. / I=3	3: starke Intensität
	T=100 J. / I=2	
	T=300 J. / I=2	

Sturzquellen
 Mattervispa
 Damm: Lawinen-Ablenk- und Bremsverbau

Masstab 1:10'000

Hintergrund: gescannte Kartenausschnitte
 (Masstab der Originalkarten 1:5'000)

Gefahrenkarte St. Niklaus - Süd

Massstab: 1:10'000

Abbildung 1.15:
Gefahrenkarte
St. Niklaus - Süd.

Kartengrundlage:

Ausschnitte topographischer Karten im Massstab 1:5'000
(gescannt und georeferenziert)

Gefährdungen

Lawinen

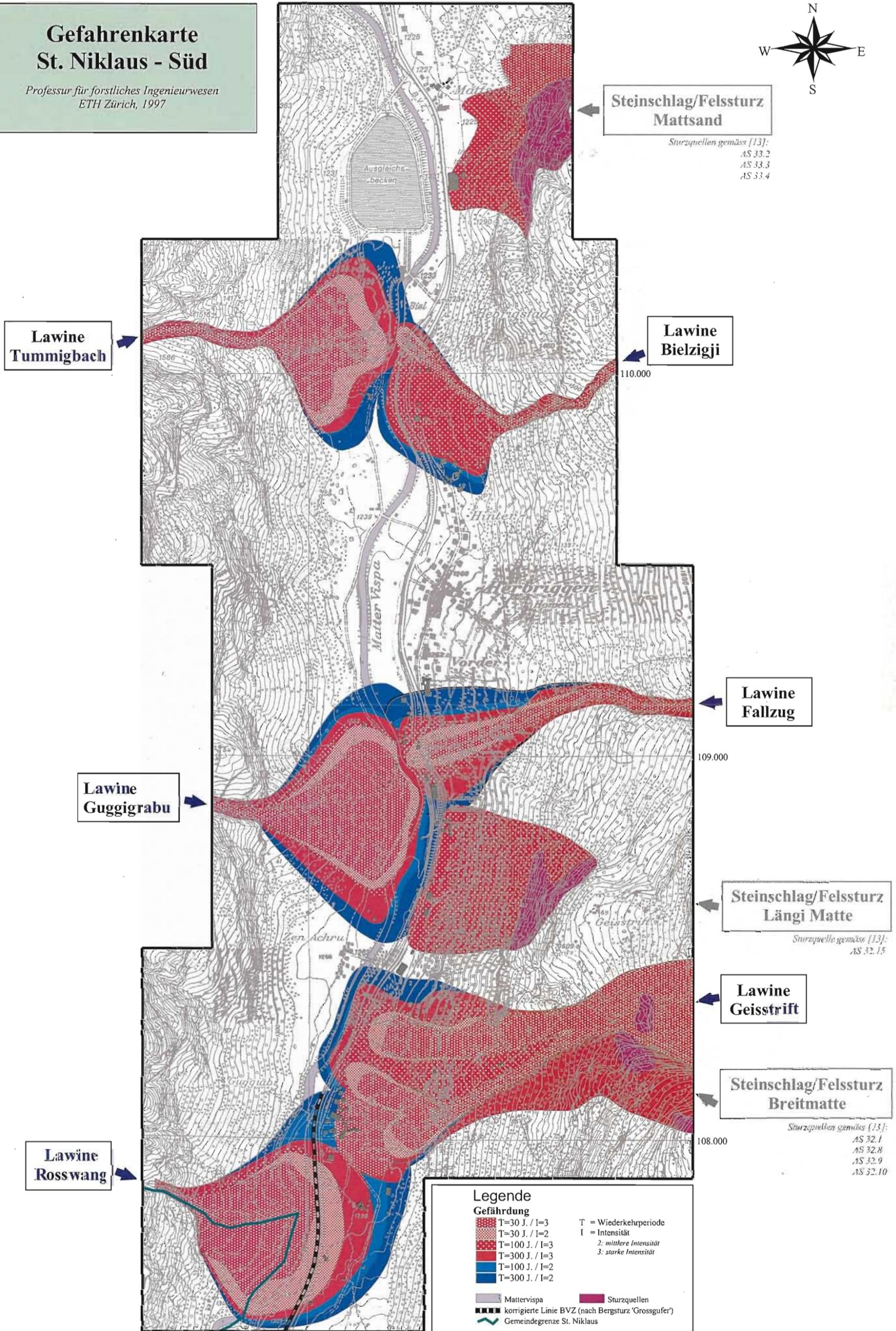
- *Bielzigji*
- *Fallzug*
- *Geisstrift*
- *Guggigrabu*
- *Rosswang*
- *Tummigbach*

Steinschlag- und Felssturzgebiete

- *Breitmatte (4 Gefahrenquellen)*
 - *Mattsand (3 Gefahrenquellen)*
 - *Längi Matte (1 Gefahrenquelle)*
-

Gefahrenkarte St. Niklaus - Süd

Professur für forstliches Ingenieurwesen
ETH Zürich, 1997



**Steinschlag/Felssturz
Mattsand**

Sturzquellen gemäss [13]:
AS 33.2
AS 33.3
AS 33.4

**Lawine
Tummigbach**

**Lawine
Bielziggi**

**Lawine
Fallzug**

**Lawine
Guggigrabu**

**Steinschlag/Felssturz
Längi Matte**

Sturzquelle gemäss [13]:
AS 32.15

**Lawine
Geisstrift**

**Steinschlag/Felssturz
Breitmatte**

Sturzquellen gemäss [13]:
AS 32.1
AS 32.8
AS 32.9
AS 32.10

**Lawine
Ross wang**

Legende

Gefährdung

	T=30 J. / I=3	T = Wiederkehrperiode
	T=30 J. / I=2	I = Intensität
	T=100 J. / I=3	2: mittlere Intensität
	T=300 J. / I=3	3: starke Intensität
	T=100 J. / I=2	
	T=300 J. / I=2	

Mattervispa Sturzquellen
 korrigierte Linie BVZ (nach Bergsturz 'Grossgufer')
 Gemeindegrenze St. Niklaus

Masstab 1:10'000

Hintergrund: gescannte Kartenausschnitte
(Masstab der Originalkarten 1:5'000)

Schutzdefizit-Karte St. Niklaus - Nord

Massstab: 1:10'000

Kartengrundlage:

Ausschnitte topographischer Karten im Massstab 1:5'000
(gescannt und georeferenziert)

Abbildung 1.16:
Schutzdefizit-Karte
St. Niklaus - Nord.

Gefährdungen

Lawine	Murgang	Überschwemmung	Steinschlag- und Felssturzgebiet
<ul style="list-style-type: none">• <i>Jungbach</i>• <i>Sparruzug</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Ritigraben</i>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Mattervispa</i> <p>(Folgegefährdung des Murganges <i>Ritigraben</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Esch</i>

Schutzdefizit-Karte St. Niklaus - Nord

Professur für forstliches Ingenieurwesen
ETH Zürich, 1997

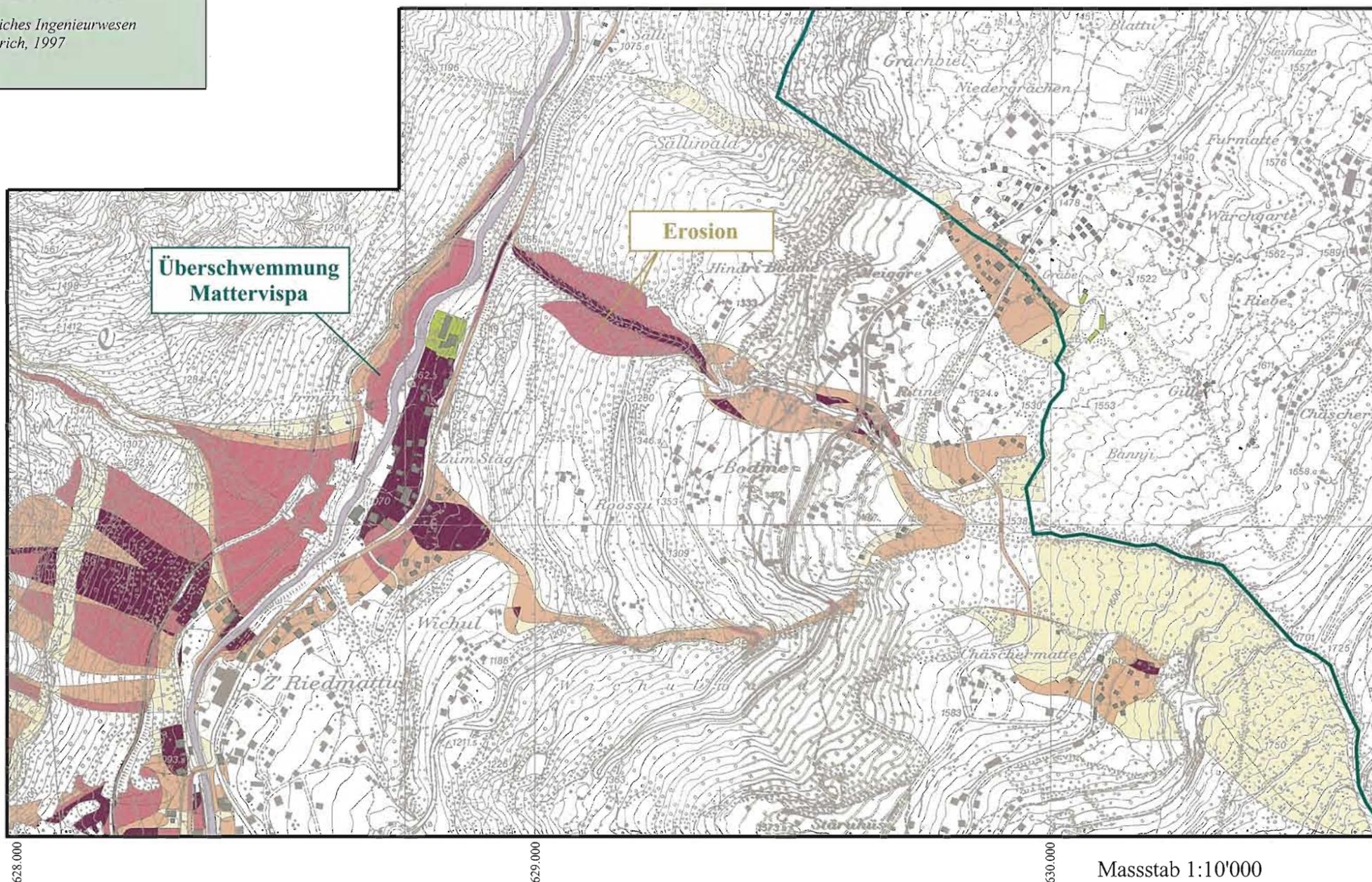


Legende

Schutzdefizit-Klassen	
0	Schutzdefizit Null
1 - 14	kleines Schutzdefizit
15 - 24	mittleres Schutzdefizit
>= 25	hohes Schutzdefizit
Green box	Sonderobjekte

- Matternvispa
- Gemeindegrenze St. Niklaus

(Anmerkung: Die Schutzdefizite auf dem Gemeindegebiet von Grächen haben wir nicht untersucht.)



Masstab 1:10'000

Hintergrund: gescannte Kartenausschnitte
(Masstab der Originalkarten 1:5'000)

Überschwemmung
Matternvispa

Erosion

Lawine
Jungbach

Steinschlag/Felssturz
Esch

Lawine
Sparruzug

- Sturzquellen gemäss [13]:
- AS 17.2
 - AS 17.3
 - AS 17.4
 - AS 17.5
 - AS 18.1
 - AS 18.2
 - AS 18.3
 - AS 18.4
 - AS 18.5
 - AS 18.6
 - AS 18.7
 - AS 18.8

Murgang
Ritigraben

Schutzdefizit-Karte St. Niklaus - Dorf

Massstab: 1:10'000

Abbildung 1.17:
Schutzdefizit-Karte
St. Niklaus - Dorf.

Kartengrundlage:

Ausschnitte topographischer Karten im Massstab 1:5'000
(gescannt und georeferenziert)

Gefährdungen

Lawinen

- Sparruzug
- Chalchofuzug
- Spisszug

Steinschlag- und Felssturzgebiete

- Balmatte (8 Gefahrenquellen)
 - Birchmatte (1 Gefahrenquelle)
 - Esch (12 Gefahrenquellen)
 - Mässtschugge (2 Gefahrenquellen)
-

**Steinschlag/Felssturz
Esch**

Sturzquellen gemäss [13]:
 AS 17.2
 AS 17.3
 AS 17.4
 AS 17.5
 AS 18.1
 AS 18.2
 AS 18.3
 AS 18.4
 AS 18.5
 AS 18.6
 AS 18.7
 AS 18.8

**Schutzdefizit-Karte
St. Niklaus - Dorf**

Professur für forstliches Ingenieurwesen
 ETH Zürich, 1997



**Lawine
Sparruzug**

**Steinschlag/Felssturz
Mässtschugge**

Sturzquellen gemäss [13]:
 AS 15.2
 AS 15.3

**Lawine
Chalhofuzug**

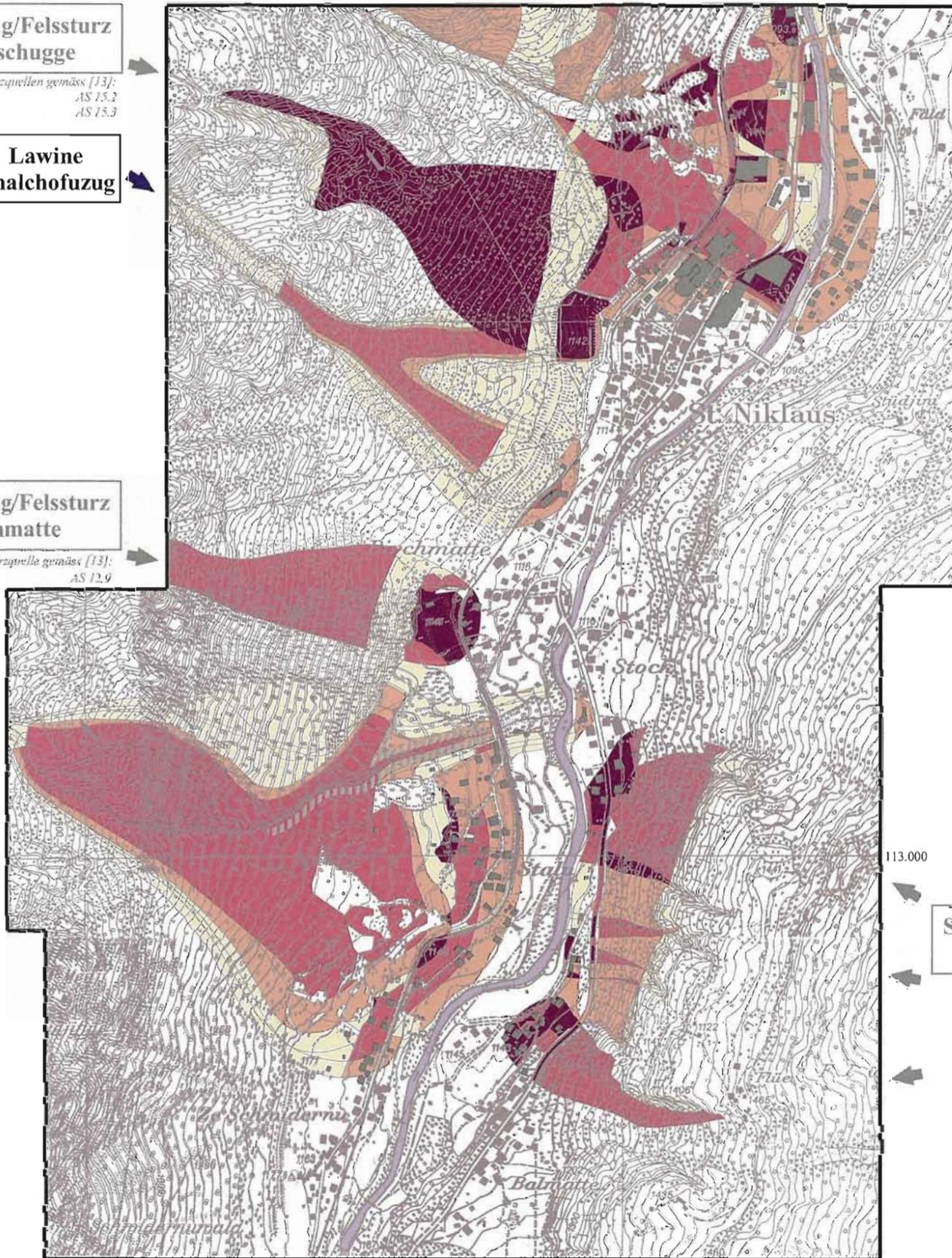
**Steinschlag/Felssturz
Birchmatte**

Sturzquelle gemäss [13]:
 AS 12.9

**Lawine
Spisszug**

**Steinschlag/Felssturz
Balmatte**

Sturzquellen gemäss [13]:
 AS 34.1
 AS 34.2
 AS 34.3
 AS 34.4
 AS 34.5
 AS 34.6
 AS 34.7
 AS 34.8



Legende

Schutzdefizit-Klassen

- 0 Schutzdefizit Null
- 1 - 14 kleines Schutzdefizit
- 15 - 24 mittleres Schutzdefizit
- >= 25 hohes Schutzdefizit

- Mattervispa
- Damm: Lawinen-Ablenk- und Bremsverbau

Massstab 1:10'000

Hintergrund: gescannte Kartenausschnitte
 (Massstab der Originalkarten 1:5'000)

Schutzdefizit-Karte St. Niklaus - Süd

Massstab: 1:10'000

Kartengrundlage:

Ausschnitte topographischer Karten im Massstab 1:5'000
(gescannt und georeferenziert)

Abbildung 1.18:
Schutzdefizit-Karte
St. Niklaus - Süd.

Gefährdungen

Lawinen

- *Bielzigji*
- *Fallzug*
- *Geisstrift*
- *Guggigrabu*
- *Rosswang*
- *Tummigbach*

Steinschlag- und Felssturzgebiete

- *Breitmatte (4 Gefahrenquellen)*
 - *Mattsand (3 Gefahrenquellen)*
 - *Längi Matte (1 Gefahrenquelle)*
-

**Schutzdefizit-Karte
St. Niklaus - Süd**
Professur für forstliches Ingenieurwesen
ETH Zürich, 1997



Lawine
Tummigbach

Steinschlag/Felssturz
Mattsand

Sturzquellen gemäss [13]:
AS 33.2
AS 33.3
AS 33.4

Lawine
Bielzigji

Lawine
Fallzug

Lawine
Guggigrabu

Steinschlag/Felssturz
Längi Matte

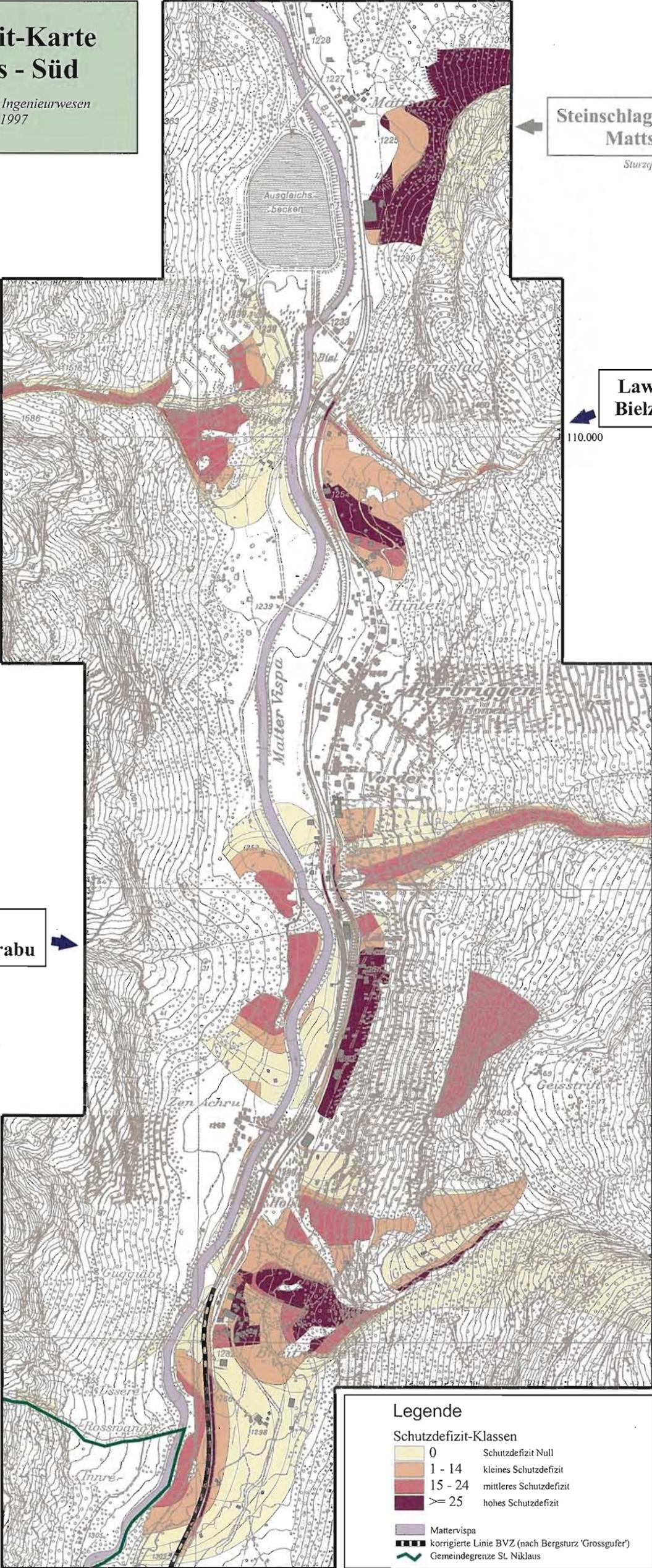
Sturzquelle gemäss [13]:
AS 32.15

Lawine
Geisstrift

Steinschlag/Felssturz
Breitmatte

Sturzquellen gemäss [13]:
AS 32.1
AS 32.8
AS 32.9
AS 32.10

Lawine
Rosswang



Legende

Schutzdefizit-Klassen

- 0 Schutzdefizit Null
- 1 - 14 kleines Schutzdefizit
- 15 - 24 mittleres Schutzdefizit
- >= 25 hohes Schutzdefizit

- Mattervispa
- korrigierte Linie BVZ (nach Bergsturz 'Grossgufer')
- Gemeindegrenze St. Niklaus

Masstab 1:10'000

Hintergrund: gescannte Kartenausschnitte
(Masstab der Originalkarten 1:5'000)

INTERPRETATION DER RESULTATE

Wer die Gefahrenkarten mit den Schutzdefizit-Karten vergleicht, erkennt den hauptsächlichsten Vorteil der Risikoanalyse Stufe 1: Mit Stufe 1 differenziert man die grossen Flächen erheblicher Gefährdung (rote Flächen in den Gefahrenkarten) und macht die primären Konfliktstellen sichtbar (violette Flächen in den Schutzdefizit-Karten).

Die Schutzdefizit-Karten (Abbildungen 1.16 bis 1.18) zeigen die massgebenden Konfliktstellen im Gebiet der Gemeinde St. Niklaus (**Anmerkung** in der Randspalte). Ein hohes Schutzdefizit deutet auf einen Handlungsbedarf zum Schutz der entsprechenden Flächen hin (z.B. Massnahmen der Raum- und der Notfallplanung, Objektschutzmassnahmen). In Bezug auf besiedelte Flächen (Objektkategorie 3.2) sind folgende Konfliktstellen von primärer Bedeutung (Flächen mit hohem Schutzdefizit):

Konfliktstelle (SD • 25)	Fläche [Aren]	Kategorie gemäss Nutzungsplan	Gefährdung
Zum Stäg	340	Wohn- und Gewerbezone	Lawine, Murgang, Überschwemmung
St. Niklaus-Dorf	255	Wohn- und Gewerbezone, öffentliche Anlagen	Lawine, Steinschlag
Längi Matte	200	Wohn- und Gewerbezone	Steinschlag
Birchmatte	130	Wohnzone, öffentliche Anlagen	Steinschlag
Biel	100	Wohnzone	Lawine
Balacher	85	Dorf-, Wohn- und Gewerbezone	Steinschlag, Felssturz
Stock	70	Wohnzone	Steinschlag, Felssturz
Breitmatte	60	Dorf- und Wohnzone	Lawine, Steinschlag, Felssturz
Mattsand	55	Wohn- und Gewerbezone	Steinschlag, Felssturz
Esch	35	Wohnzone	Lawine, Steinschlag
Stalu	30	Wohnzone	Lawine

Anmerkung
Auffallend sind die grossen Flächen mit hohen Schutzdefiziten in Steinschlag- bzw. Felssturz-Gebieten (bei diesen Flächen handelt es sich vorwiegend um Schutzwälder; Objektkategorie 2.2, Schutzziel: 223). Die betreffenden Gebiete sind durch mehrere Szenarien einer oder verschiedener Gefahrenquellen betroffen; zudem können von derselben Gefahrenquelle verschiedene Gefährdungen ausgehen, nämlich:

- oberflächennahe Felsrutschungen
- Kippungen
- tiefe Felsrutschungen

Die Szenarien dieser Gefährdungen überlagern sich räumlich und verursachen so die hohen Schutzdefizite.

Ein hohes Schutzdefizit besteht zudem

- auf 1550 Meter Streckenabschnitten der Brig-Visp-Zermatt-Bahn (von insgesamt 4660 Meter in Gefahrenbereichen).
- auf 1090 Meter Streckenabschnitten der Kantonsstrasse Visp-Zermatt (von insgesamt 4490 Meter in Gefahrenbereichen).

In Flächen mit mittlerem oder kleinem Schutzdefizit können Schutzmassnahmen angebracht sein (→Interessenabwägung). Mit vertiefenden Untersuchungen (Risikoanalysen Stufen 2 oder 3) kann man das Risiko in diesen Flächen quantifizieren und so den Handlungsbedarf weiter eingrenzen.

Insgesamt sind im Gemeindegebiet von St. Niklaus 282,2 Hektaren von den Gefährdungen aus den 42 untersuchten Gefahrenquellen betroffen. In Abbildung 1.19 sind die gefährdeten Flächen nach Objektkategorien differenziert: Der grösste Teil der gefährdeten Flächen (191 ha) fällt in die Objektkategorie 2.2 (Landwirtschaftsflächen und Schutzwälder). In der Objektkategorie 3.2 (Wohn- und Gewerbezone, öffentliche Bauten und

Anlagen) sind insgesamt 37,8 Hektaren gefährdet; davon weisen 14,7 Hektaren ein hohes und 5,3 Hektaren ein mittleres Schutzdefizit auf. Diese Tatsache ist bedenklich, Schutzmassnahmen für diese Flächen sind zu empfehlen.

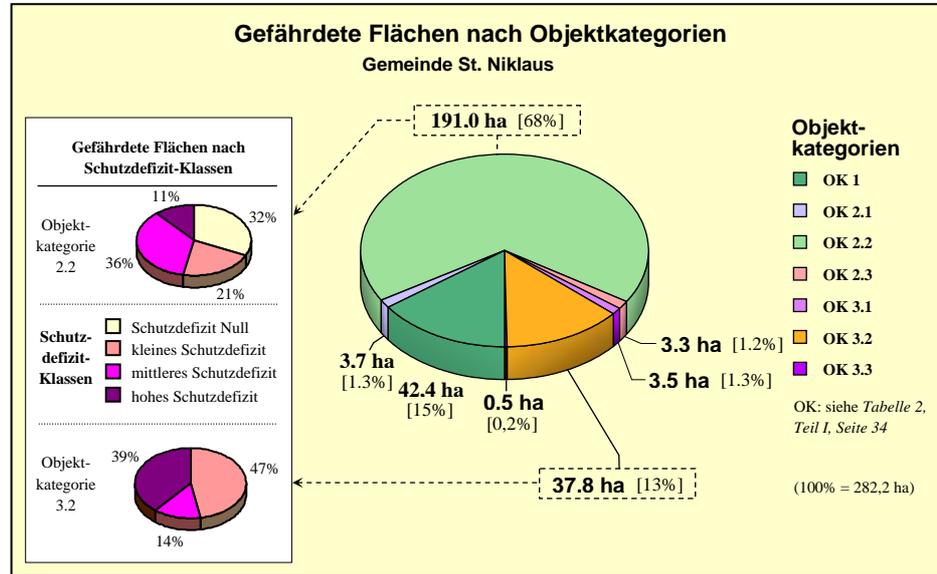


Abbildung 1.19: Gefährdete Flächen nach Objektkategorien und gefährdete Flächen der Objektkategorien 2.2 und 3.2 nach Schutzdefizit-Klassen.

Abbildung 1.20 gibt einen Überblick über die Grössen der gefährdeten Flächen – differenziert nach Schutzdefizit-Klassen - in Bezug auf alle untersuchten Gefahrenquellen (die Gefahrenquellen der Prozesse Steinschlag und Felssturz sind zusammengefasst in 'Steinschlaggebiete').

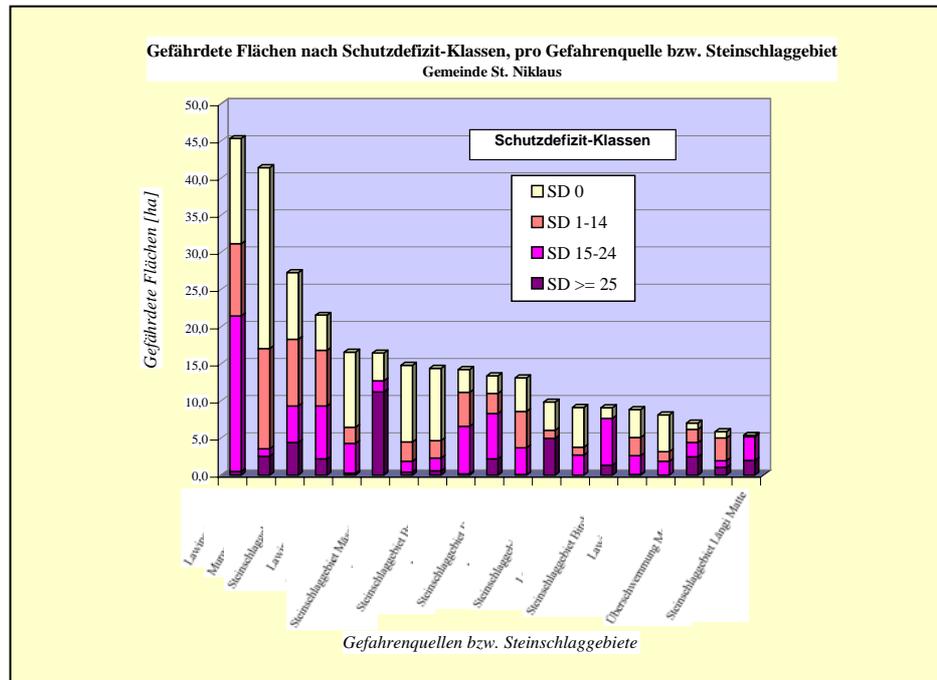


Abbildung 1.20: Gefährdete Flächen nach Schutzdefizit-Klassen, pro Gefahrenquelle bzw. Steinschlaggebiet.

1.3 Risikoanalyse Stufe 2

Das **Fallbeispiel Lawine 'Spisszug'** zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 2 das kollektive Todesfallrisiko (Zahl der Todesfälle pro Jahr) für Personen in Siedlungsflächen ermittelt. Die Gefährdung: Lawine.

Das **Fallbeispiel Steinschlag 'Balmatte'** zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 2 das kollektive Todesfallrisiko (Zahl der Todesfälle pro Jahr) für die Benutzer einer Strasse ermittelt. Die Gefährdung: Steinschlag.

Das **Fallbeispiel Siedlung 'Zum Stäg'** zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 2 das kollektive Sachrisiko (Franken Sachschaden pro Jahr) in Siedlungsflächen ermittelt. Die Gefährdungen: Murgang, Überschwemmung, Lawine.

1.3.1 Vorbereitungsarbeiten

Sicherheitsproblem

<i>Fallbeispiel 'Spisszug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Balmatte'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>
Die Lawine • 'Spisszug' gefährdet • Wohnzonen in 'Stalu', Gemeinde St. Niklaus VS.	Insgesamt 8 Sturzquellen der Gefahrenprozesse • Steinschlag und Felssturz gefährden • die Strasse Visp-Zermatt in 'Balmatte', Gemeinde St. Niklaus VS.	Die Gefahrenprozesse • Lawine 'Jungbach' • Murgang 'Ritigraben' • Überschwemmung 'Mattervispa' (als Folge- gefährdung des Murganges 'Ritigraben') gefährden • Wohn- und Gewerbezone in 'Zum Stäg', Gemeinde St. Niklaus VS.

Systemgrenzen

<i>Fallbeispiel 'Spisszug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Balmatte'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>
Geographische Systemgrenzen		
Wohnzonen 'Stalu' im Wirkungsgebiet der Lawine 'Spisszug'.	Strasse Visp-Zermatt im Steinschlag-Gebiet 'Balmatte'.	Wohn- und Gewerbezone 'Zum Stäg' im Wirkungsgebiet der Lawine 'Jungbach', des Murganges 'Ritigraben' und der Überschwemmung 'Mattervispa'.
Inhaltliche Systemgrenzen		
<p>Gefährdung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lawine 'Spisszug': Grundszenarien <ul style="list-style-type: none"> – SZ_{30} mit $T=30$ Jahren – SZ_{100} mit $T=100$ Jahren – SZ_{300} mit $T=300$ Jahren <p>SZ_{30}, SZ_{100} und SZ_{300} mit mittlerer und starker Intensität I.</p>	<p>Gefährdung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gefahrenpotential und Sturzquellen gemäss CRSFA 1994 [13]: Unterscheidung zwischen <ul style="list-style-type: none"> – oberflächennahen Felsrutschungen (Blockschlag) – Kippungen (Blockschlag und Felssturz) – tiefen Felsrutschungen (Felssturz) <p>Alle Gefährdungen mit starker Intensität I.</p>	<p>Gefährdungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lawine 'Jungbach': Überschwemmung 'Mattervispa': Grundszenarien <ul style="list-style-type: none"> – SZ_{30} mit $T=30$ Jahren – SZ_{100} mit $T=100$ Jahren – SZ_{300} mit $T=300$ Jahren • Murgang 'Ritigraben': Grundszenarien <ul style="list-style-type: none"> – SZ_{100} mit $T=100$ Jahren – SZ_{300} mit $T=300$ Jahren <p>SZ_{30}, SZ_{100} und SZ_{300} mit mittlerer und starker Intensität I.</p>
<p>Schadenarten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personenschäden: – Anzahl Todesopfer in Wohnzonen (Ein- und Zweifamilienhäuser) 	<p>Schadenarten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Personenschäden: – Anzahl Todesopfer auf der Strasse 	<p>Schadenarten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sachschäden: – Verlust von Sachwerten in Siedlungsflächen (Schäden an Gebäudestruktur und -inhalt)

Systembeschreibung

<i>Fallbeispiel 'Spisszug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Balmatte'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>
Natürliche Bedingungen		
gemäss den Datengrundlagen [2], [6], [26]	gemäss den Datengrundlagen [2], [13]	gemäss den Datengrundlagen [2], [16], [18], [19], [26]
Anthropogene Bedingungen		
Daten zu Bodennutzung gemäss dem Nutzungsplan der Gemeinde St. Niklaus [1].	Durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV) gemäss Pauschalannahmen.	Daten zu Bodennutzung gemäss dem Nutzungsplan der Gemeinde St. Niklaus [1].

Ziele der Risikoanalyse

<i>Fallbeispiel 'Spisszug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Balmatte'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>
Kennen des kollektiven Todesfallrisikos (Zahl der Todesopfer pro Jahr) für Personen in Ein- und Zweifamilienhäusern im Wirkungsbereich der Lawine 'Spisszug' aufgrund von Daten zu Objektarten.	Kennen des kollektiven Todesfallrisikos (Zahl der Todesopfer pro Jahr) für die Personen, die die gefährdeten Streckenabschnitte der Strasse in einem Fahrzeug passieren (aufgrund von Pauschalannahmen).	Kennen des kollektiven Sachrisikos (Franken Sachschaden pro Jahr) in den gefährdeten Siedlungsflächen aufgrund von Daten zu Objektarten.

Datengrundlagen

<i>Fallbeispiel 'Spisszug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Balmatte'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>
Gefährdung		
<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zur Gefährdung in [6] • Ereigniskataster aus [6], [22], [25] und Befragung ortskundiger Personen 	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zur Gefährdung in [7], [13], [14] • Ereigniskataster aus [7], [14] und Befragung ortskundiger Personen 	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zu den Gefährdungen in [16], [18], [19], [20], [27], [28] • Ereigniskataster aus [18], [19], [22], [23], [25], [28] und Befragung ortskundiger Personen
Schadenpotential		
<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsplan [1] • Feldbegehung 	<ul style="list-style-type: none"> • Pauschalannahmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Nutzungsplan [1] • Feldbegehung

1.3.2 Gefahrenanalyse

Ereignisanalyse (mögliche Gefahren identifizieren und lokalisieren)

<i>Fallbeispiel 'Spisszug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Balmatte'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>
Die Gefahren sind bereits bekannt und lokalisiert (siehe Kapitel 1.4.1 - <i>Datengrundlagen</i>).		

Wirkungsanalyse (Art, Ausdehnung und Grad einer Gefährdung bestimmen)

<i>Fallbeispiel 'Spisszug'</i>	<i>Fallbeispiel 'Balmatte'</i>	<i>Fallbeispiel 'Zum Stäg'</i>
Methodische Grundlagen		
<ul style="list-style-type: none"> • Empfehlungen des Bundes: [4] 	<ul style="list-style-type: none"> • Empfehlungen des Bundes: [10] 	<ul style="list-style-type: none"> • Richtlinien und Empfehlungen des Bundes: [4], [12]
Vorgehen (Anmerkung in der Randspalte)		
<ol style="list-style-type: none"> (1) Bestehende Daten auswerten: Suchen, Analysieren und Interpretieren von Dokumenten und Aussagen (siehe Kapitel 1.4.1 - <i>Datengrundlagen</i>). (2) Geländeanalyse durchführen: Erkennen und Interpretieren von "stummen Zeugen", Erkennen und Beurteilen von kritischen Konstellationen und Schlüsselstellen. (3) Mit Modellen rechnen (nur bei Lawinen, <i>Fallbeispiele 'Spisszug'</i> und <i>'Zum Stäg'</i>: [21]). (4) Szenarien bilden mit 30-, 100- und 300-jährlicher Wiederkehrdauer und die Szenarien in Intensitätskarten darstellen. 		

Anmerkung
Für das Fallbeispiel 'Balmatte' haben wir die Art, die Ausdehnung und den Grad der Gefährdungen den detaillierten Studien des CRSFA 1994 [13] und 1996 [14] entnommen. Die Eintretenshäufigkeit und die Intensität der Prozesse haben wir den Empfehlungen des Bundes [10] angepasst.

1.3.3 Risikobestimmung

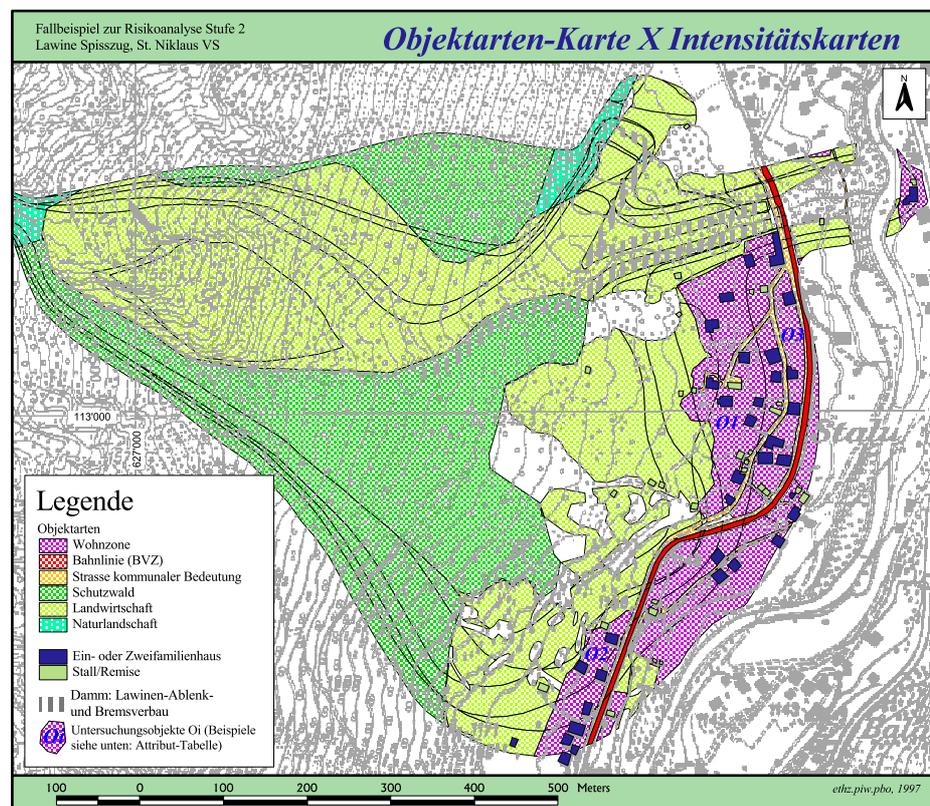
Fallbeispiel Lawine 'Spisszug': Todesfallrisiko in Siedlungsflächen

METHODISCHES VORGEHEN

Verschneiden der Intensitätskarten mit der Objektarten-Karte

Mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) die Objektarten-Karte im Wirkungsgebiet der Lawine 'Spisszug' auf der Grundlage des Nutzungsplanes St. Niklaus [1] erstellen. Die Objektarten-Karte mit den Intensitätskarten der Lawine 'Spisszug' verschneiden (Vorgehen analog zur Verschneidung der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte; siehe Risikoanalyse Stufe 1, *Fallbeispiel Lawine 'Sparrzug'*, Seite 31). Aus der Verschneidung der Objektarten-Karte mit den Intensitätskarten der Lawine 'Spisszug' entsteht die Karte Abbildung 1.21.

Abbildung 1.21: Resultat der Verschneidung der Intensitätskarten der Lawine 'Spisszug' mit der Objektarten-Karte (Verschneidung mit Hilfe eines GIS.)



Die Attribut-Tabelle (Tabelle 1.5, Seite 59) zur neu entstandenen Karte (Abbildung 1.21) verbindet die Information der Objektarten-Karte ('Objektart') mit der Information der Intensitätskarten (hier zusammengefasst im *H/I-Code* unter 'Gefährdung'; Erläuterung des *H/I-Codes* siehe Seite 32). Bei der Verschneidung der Karten errechnet das GIS die Flächeninhalte der Verschnitt-Flächen automatisch.

Auszug aus der **Attribut-Tabelle** zur Karte Abbildung 1.21:

	(aus der Objektarten-Karte)	(mit einem GIS)	(aus den Intensitätskarten)
O_i	Objektart	Fläche	Gefährdung
		[a]	[H/I-Code] (Seite 32)
O_1	Wohnzone (EFH/2-FH)	80	022
O_2	Wohnzone (EFH/2-FH)	33	023
O_3	Wohnzone (EFH/2-FH)	69	002
...

Tabelle 1.5: Attribut-Tabelle zur Karte Abbildung 1.21 (Auszug aus insgesamt 218 Verschnittflächen O_i).

Die Lawine 'Spisszug' gefährdet:

• 2231 Aren	der Objektart 'Landwirtschaft'	49,2%
• 1487 Aren	der Objektart 'Schutzwald'	32,8%
• 631 Aren	der Objektart 'Wohnzone'	14,0%
• 86 Aren	der Objektart 'Strasse' (kommunaler Bedeutung)	1,9%
• 85 Aren	der Objektart 'Naturlandschaften'	1,9%
• 10 Aren	der Objektart 'Bahn' (BVZ)	0,2%
4530 Aren (= Gesamtfläche des Wirkungsgebietes der Lawine)		100%

Als einzige Schadenart untersuchen wir die **Zahl der Todesfälle**, die ein Lawinnenniedergang in **Wohnzonen** verursachen kann. Durch die Einschränkung auf diese Schadenart reduziert sich die Zahl der zu untersuchenden Verschnittflächen O_i von 218 (gesamtes Wirkungsgebiet) auf 32 (Wohnzone).

Ergänzen der Gefahrenanalyse (Teil I: Seiten 37f)

p_{rA} **Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit:** Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit der Lawine bei jedem Objekt O_i schätzen. Ein Objekt O_i ist hier ein flächiges Raumelement, das aus der Verschneidung der Objektarten-Karte mit den Intensitätskarten entsteht. Die Grundlagen der Schätzung: Geländebegehungen, Ereigniskataster (aus [6], [22], [25]), Studium topographischer Karten.

Bestimmen der Objekttrisiken $r_{i,j}$ und des Kollektivrisikos R

(Teil I: Seiten 41-44)

h_S Schadenhäufigkeit: $h_S = h_E \times p_{rA} \times p_{Pr}$

O_i	$h_E \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$			p_{rA}			p_{Pr}	$h_S \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$		
	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}		SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}
O_1	–	0.01	0.003	–	0.7	1.0	0.75	–	0.0053	0.0025
O_2	–	0.01	0.003	–	0.9	1.0	0.75	–	0.0068	0.0025
O_3	–	–	0.003	–	–	1.0	0.75	–	–	0.0025
...

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENHÄUFIGKEIT:

h_E **Eintretenshäufigkeit:**

SZ_{30} : $h_E = \frac{1}{30 \text{ Jahre}} = 0.033 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{100} : $h_E = \frac{1}{100 \text{ Jahre}} = 0.01 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{300} : $h_E = \frac{1}{300 \text{ Jahre}} = 0.003 \frac{1}{\text{Jahr}}$
---	--	---

p_{rA} **Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit:** Siehe oben.

p_{Pr} **Präsenzwahrscheinlichkeit:**

Schätzung: mittlere Aufenthaltszeit T_P der Personen in den Ein- und Zweifamilienhäusern = 18 Stunden pro Tag $\rightarrow p_{Pr} = 18\text{h}/24\text{h} = 0.75$

S **Schadenausmass:**

$$S = S_{sp.P} \times F_{GF}$$

O_i	<i>H/I-Code</i> (Code: Seite 32)	$S_{sp.P}$ (aus Tabelle 3.3, Seite 117) $\left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Schadeneignis und Are}} \right]$			F_{GF} [Aren]	S $\left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Schadeneignis}} \right]$		
		<i>Gefährdung</i>	SZ_{30}	SZ_{100}		SZ_{300}	SZ_{30}	SZ_{100}
O_1	022	–	0.5	0.5	6	–	3.0	3.0
O_2	023	–	0.5	1.2	2	–	1.0	2.4
O_3	002	–	–	0.5	6	–	–	3.0
...

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENAUSMASS:

$S_{sp.P}$ **Spezifisches Schadenausmass Personen (P):** Wir entnehmen die Pauschalwerte für das Schadenausmass (in Anzahl Todesfällen) pro Are Gebäudefläche (Ein-/Zweifamilienhäuser) der Tabelle 3.3, Kapitel 3.1, Seite 117. Das spezifische Schadenausmass ist abhängig von der Art des Gefahrenprozesses, der Intensität der Gefährdung und der Objektart.

F_{GF} **Totale Gebäudefläche:**

Variante 2: $F_{GF} = F_O \times N_O$

F_O **Raumbezug Objektart:**

- Ein-/Zweifamilienhaus = 1 Are

N_O **Gebäudezahl:** Wir ermitteln die Anzahl Gebäude in den untersuchten Flächen aus der Karte Abbildung 1.21: In O_1 und O_3 befinden sich sechs Ein- bzw. Zweifamilienhäuser, in O_2 deren zwei.

Objektrisiken $r_{i,j}$ und Kollektivrisiko R : Todesfallrisiken pro Ereignis und pro Jahr, bezogen auf die Personen in den Untersuchungsflächen O_i (nur Siedlungsflächen) aufgrund der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} .

Risiko- matrix	Todesfallrisiko pro Ereignis						Todesfallrisiko pro Jahr			
	$h_S \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$			S [Anzahl Todesfälle]			$r_{i,j} = h_S \times S$ $\left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Jahr}} \right]$			
O_i	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}	$SZ_{30;100;300}$
O_1	-	0.0053	0.0025	-	3.0	3.0	-	0.016	0.008	0.024
O_2	-	0.0068	0.0025	-	1.0	2.4	-	0.007	0.006	0.013
O_3	-	-	0.0025	-	-	3.0	-	-	0.008	0.008
...
O_{32}	-	-	0.0025	-	-	1.2	-	-	0.003	0.003
$O_{1,...,32}$	Zusammenfassen der Objektrisiken pro Schadenereignis: siehe Teil I, Seiten 52f						0.006	0.048	0.050	$R = 0.104$

Die Summe der szenarienspezifischen Objektrisiken $r_{i,j}$ ergibt das Objektrisiko r_i (=Risiko, bezogen auf das Objekt O_i aufgrund aller Szenarien). Wir dividieren die Objektrisiken r_i durch die Flächeninhalte F der entsprechenden Objekte O_i (in Aren) und erhalten so die Todesfallrisiken pro Are und Jahr. Diese Todesfallrisiken stellen wir in der Risikokarte Abbildung 1.22 dar. Die Risikokarte gibt eine Übersicht über die hauptsächlichsten Konfliktstellen im Gefahrenbereich.

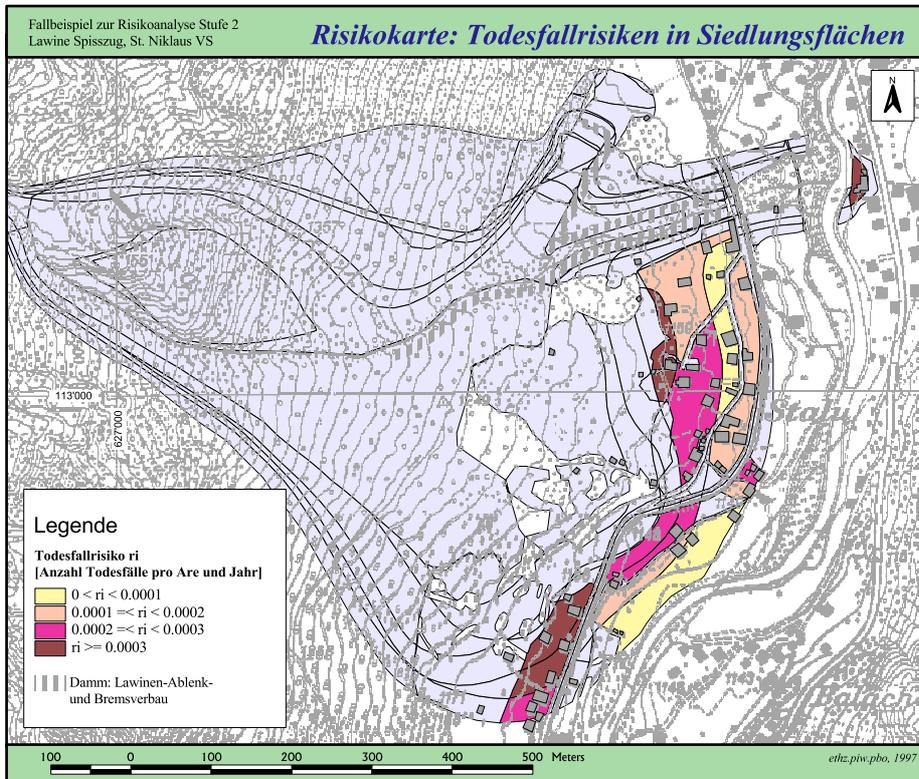


Abbildung 1.22: Risikokarte der Lawine Spisszug: Todesfallrisiken r_i pro Are und Jahr (Anzahl Todesfälle) in den Wohnzonen 'Stalu', Gemeinde St. Niklaus VS.

INTERPRETATION DER RESULTATE

Kollektives Todesfallrisiko R pro Jahr: *Im Wirkungsgebiet der Lawine 'Spisszug' ist aufgrund der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} , bezogen auf die gefährdeten Wohnzonen (Objekte O_1 bis O_{32}), im Mittel mit rund 0.1 Todesopfern pro Jahr zu rechnen.*

Oder: Die Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} der Lawine 'Spisszug' verursachen in den gefährdeten Wohnzonen im Mittel alle zehn Jahre ein Todesopfer.

Durchschnittlich alle zehn Jahre ein Todesopfer aufgrund eines Lawinenereignisses ist ein hohes Risiko. Die Frage stellt sich, ob und welche Sicherheitsmassnahmen erforderlich sind. Genügen Massnahmen der Notfallplanung? Sind raumplanerische oder gar weitere bauliche Massnahmen notwendig? Wenn wir die szenarienspezifischen Kollektivrisiken betrachten, erkennen wir, dass das Kollektivrisiko R (0.1 Todesopfer pro Jahr), je zur Hälfte durch das 100- und das 300-jährliche Szenario verursacht wird. Das 30-jährliche Szenario ist mit 0.006 Todesopfern pro Jahr im Vergleich unbedeutend. (**Anmerkung** in der Randspalte.)

Anmerkung

In Wirklichkeit sind viele der gefährdeten Ein- und Zweifamilienhäuser bereits mit objektspezifischen Schutzmassnahmen (z.B. mit verstärkten Mauern) versehen. Das mit Pauschalannahmen hergeleitete Risiko kann deshalb die reale Situation überschätzen. Hier wäre es angebracht, das kollektive Todesfallrisiko mit der Methode der Risikoanalyse Stufe 3 (Teil I, Seiten 62ff) detaillierter herzuleiten.

Anmerkung

Die Resultate der Risikoanalyse sind mit Unschärfen behaftet. Die Risiken sind deshalb keine absolute Grössen, wir müssen sie immer im Zusammenhang mit der Streuung der Variablen betrachten, mit denen wir die Risiken ermittelt haben. Siehe dazu *Teil I, Kapitel 6. Unschärfen der quantitativen Risikoanalyse (Seiten 99f)*.

**Fallbeispiel Steinschlag 'Balmatte':
Todesfallrisiko auf Strasse**

METHODISCHES VORGEHEN

Verschneiden der Intensitätskarten mit der Objektarten-Karte

Den gefährdeten Streckenabschnitt der Strasse Visp-Zermatt mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) digitalisieren (→Objektarten-Karte). Die Objektarten-Karte mit den Intensitätskarten der acht **Sturzquellen** des Steinschlaggebietes 'Balmatte' verschneiden (das Vorgehen ist analog zur Verschneidung der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte; siehe Risikoanalyse Stufe 1, *Fallbeispiel Lawine 'Sparruzug'*, Seite 31). Aus der Verschneidung der Objektarten-Karte mit den Intensitätskarten der acht Sturzquellen entsteht die Karte Abbildung 1.23.

Die **Sturzquellen I bis VIII** entsprechen den Gefahrenquellen Nr. AS-34.1 bis AS-34.8 gemäss [13] ([13] enthält eine detaillierte Beschreibung der Gefährdungen).

Sturzquellen

Fallbeispiel	gemäss [13]
I	– AS34.4
II	– AS34.3
III	– AS34.2
IV	– AS34.8
V	– AS34.1
VI	– AS34.7
VII	– AS34.6
VIII	– AS34.5

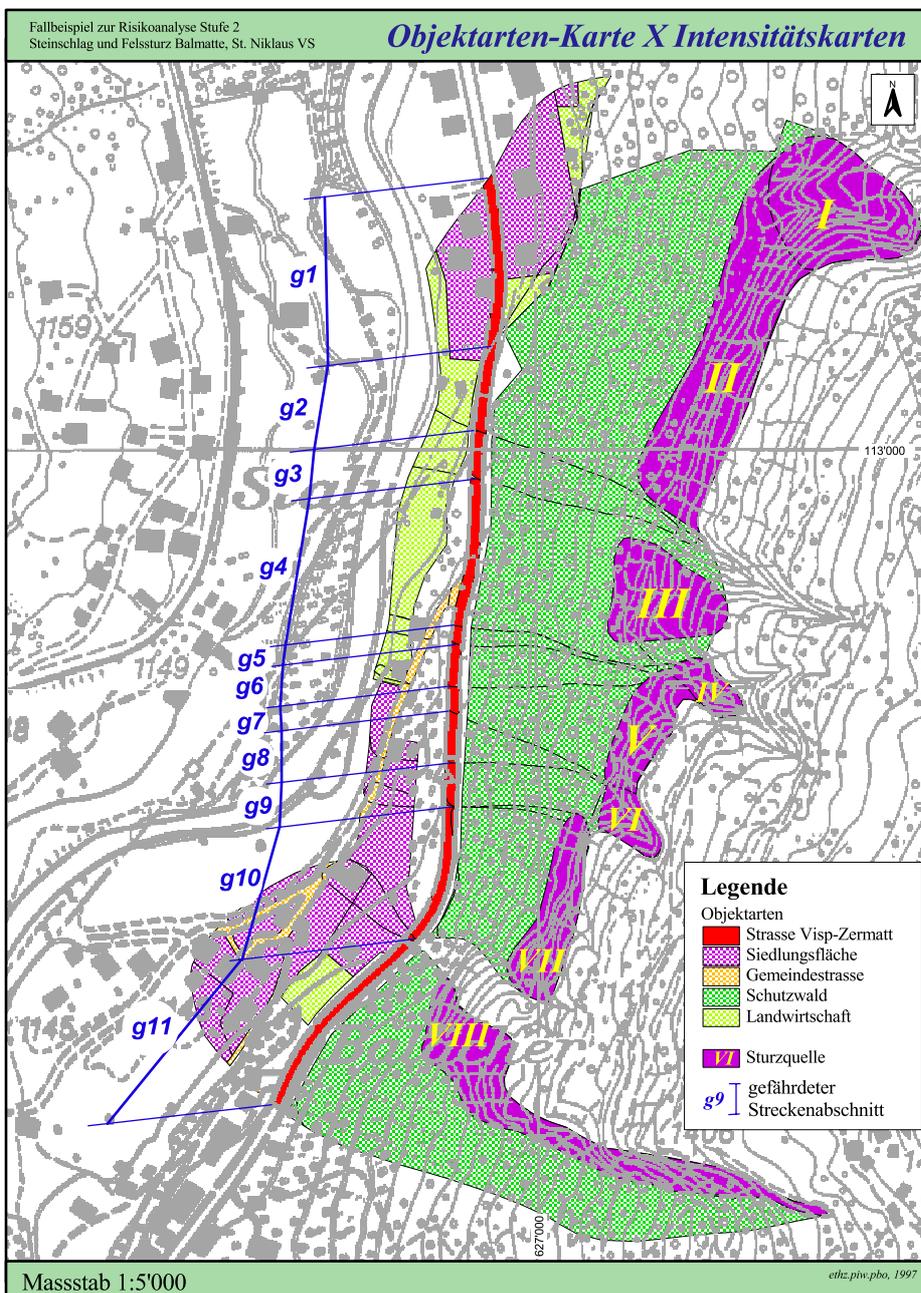


Abbildung 1.23: Resultat der Verschneidung der Intensitätskarten der acht Sturzquellen (Steinschlaggebiet 'Balmatte') mit der Objektarten-Karte (Verschneidung mit Hilfe eines GIS.)

Aus der neu entstandenen Karte (Abbildung 1.23) entnehmen wir die benötigten Informationen für die Analyse des Todesfallrisikos in den gefährdeten Streckenabschnitten g_1 bis g_{11} . Tabelle 1.6 fasst diese Informationen zusammen (**Anmerkung** in der Randspalte).

Anmerkung

Von einer Sturzquelle können verschiedene Gefährdungen ausgehen (gemäss [13]):

- tiefe Felsrutschung
- Kippung
- oberflächennahe Felsrutschung

g_i	Länge [m]	Gefährdung (Szenarien)			
		Sturzquelle	Gefahrenprozess	Eintretenshäufigkeit	Intensität
g_1	105	I	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• Kippung (Blockschlag)	0.01	'stark'
		II	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• Kippung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_2	55	II	• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
			• Kippung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_3	30	II	• Kippung (Blockschlag)	0.01	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
		III	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_4	95	III	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_5	10	III	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
		V	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_6	30	IV	• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
			• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
		V	• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_7	15	V	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_8	30	V	• tiefe Felsrutschung (Felssturz)	0.0033	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
		VI	• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_9	30	VI	• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_{10}	90	VII	• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.01	'stark'
g_{11}	140	VIII	• Kippung (Blockschlag)	0.033	'stark'
			• oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)	0.033	'stark'

Tabelle 1.6: Attribut-Tabelle zur Karte Abbildung 1.23.

Ergänzen der Gefahrenanalyse (Teil I: Seiten 37f)

p_{rA} **Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit:** Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit der potentiell herunterstürzenden Gesteinsmassen für jeden Streckenabschnitt g_i schätzen aufgrund von Angaben zu den möglichen Volumen der Gefährdungen (aus [13]), Geländebegehungen und Studium topographischer Karten.

Bestimmen der Objektrisiken $r_{i,j}$ und des Kollektivrisikos R

(Teil I: Seiten 45-48)

Objektrisiken $r_{i,j}$ und Kollektivrisiko R : Todesfallrisiken pro Jahr aufgrund der Gefährdungen aus den Sturzquellen *I* bis *VIII*, bezogen auf die Personen, die die gefährdeten Streckenabschnitte g_1 bis g_{11} in Personenwagen und Cars/Bussen passieren.

Wir berechnen die Todesfallrisiken mit den Pauschalannahmen gemäss *Teil I* (Seiten 46f). Die Annahmen:

- **Durchschnittlicher täglicher Verkehr DTV :** starker Verkehr $\rightarrow DTV = 5'000$
- **Mittlere Fahrgeschwindigkeit v** = 50 km/h
- **Letalität λ** bei starker Intensität: $\lambda = 0.5$
- **Mittlerer Besetzungsgrad β** = 2 Personen pro Fahrzeug

Mit diesen Annahmen errechnen sich die szenarienspezifischen Objektrisiken $r_{i,j}$ wie folgt (siehe *Teil I*, Seite 48: $r_{i,j}$ bei starkem Verkehr und starker Intensität):

$$r_{i,j} = 0.004 \left[\frac{\text{Todesopfer}}{\text{Laufmeter}} \right] \times h_E \times p_{rA} \times g$$

Risikomatrix	Sturzquelle	Gefahrenprozess	Todesopfer pro Laufmeter	h_E $\left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$	p_{rA}	g [m]	$r_{i,j}$ $\left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Jahr}} \right]$	r_i $(= \sum r_{i,j})$	
g_1	<i>I</i>	T	0.004	0.0033	0.9	105	0.00125	0.00300	
		K	'	0.01	0.1	'	0.00042		
	<i>II</i>	T	'	0.0033	0.9	'	0.00125		
		K	'	0.01	0.01	'	0.00004		
g_2	<i>II</i>	O	'	0.01	0.01	'	0.00002	0.00004	
		K	0.004	0.01	0.01	55	0.00002		
	<i>II</i>	O	'	0.01	0.01	'	0.00001		0.00007
		K	0.004	0.01	0.01	30	0.00001		
<i>III</i>	T	'	0.0033	0.1	'	0.00004			
	O	'	0.01	0.01	'	0.00001			
g_4	<i>III</i>	T	0.004	0.0033	0.7	95	0.00088	0.00126	
		O	'	0.01	0.1	'	0.00038		
g_5	<i>III</i>	T	0.004	0.0033	0.7	10	0.00009	0.00061	
		O	'	0.01	0.3	'	0.00012		
	<i>V</i>	T	'	0.0033	0.9	'	0.00012		
		O	'	0.01	0.7	'	0.00028		
g_6	<i>IV</i>	O	0.004	0.01	0.7	30	0.00084	0.00180	
		T	'	0.0033	0.9	'	0.00036		
		O	'	0.01	0.5	'	0.00060		
g_7	<i>V</i>	T	0.004	0.0033	0.9	15	0.00018	0.00048	
		O	'	0.01	0.5	'	0.00030		
g_8	<i>V</i>	T	0.004	0.0033	0.9	30	0.00036	0.00084	
		O	'	0.01	0.3	'	0.00036		
		O	'	0.01	0.1	'	0.00012		
g_9	<i>VI</i>	O	0.004	0.01	0.1	30	0.00012	0.00012	
g_{10}	<i>VII</i>	O	0.004	0.01	0.3	90	0.00108	0.00108	
g_{11}	<i>VIII</i>	K	0.004	0.033	0.1	140	0.00185	0.00370	
		O	'	0.033	0.1	'	0.00185		
kollektives Todesfallrisiko; Streckenabschnitte g_1 bis g_{11}						630m	$R = 0.01300$		

Gefahrenprozesse:
T tiefe Felsrutschung (Felssturz)
K Kippung (Blockschlag/ Felssturz)
O oberflächennahe Felsrutschung (Blockschlag)

$$\left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Jahr}} \right]$$

Wir dividieren die Objektrisiken r_i pro Jahr durch die Länge der entsprechenden Streckenabschnitte g_i und erhalten so die Todesfallrisiken pro Laufmeter und Jahr. Diese stellen wir in der Risikokarte Abbildung 1.24 dar. Die Risikokarte gibt eine Übersicht über die hauptsächlichsten Konfliktstellen der gefährdeten Strasse.

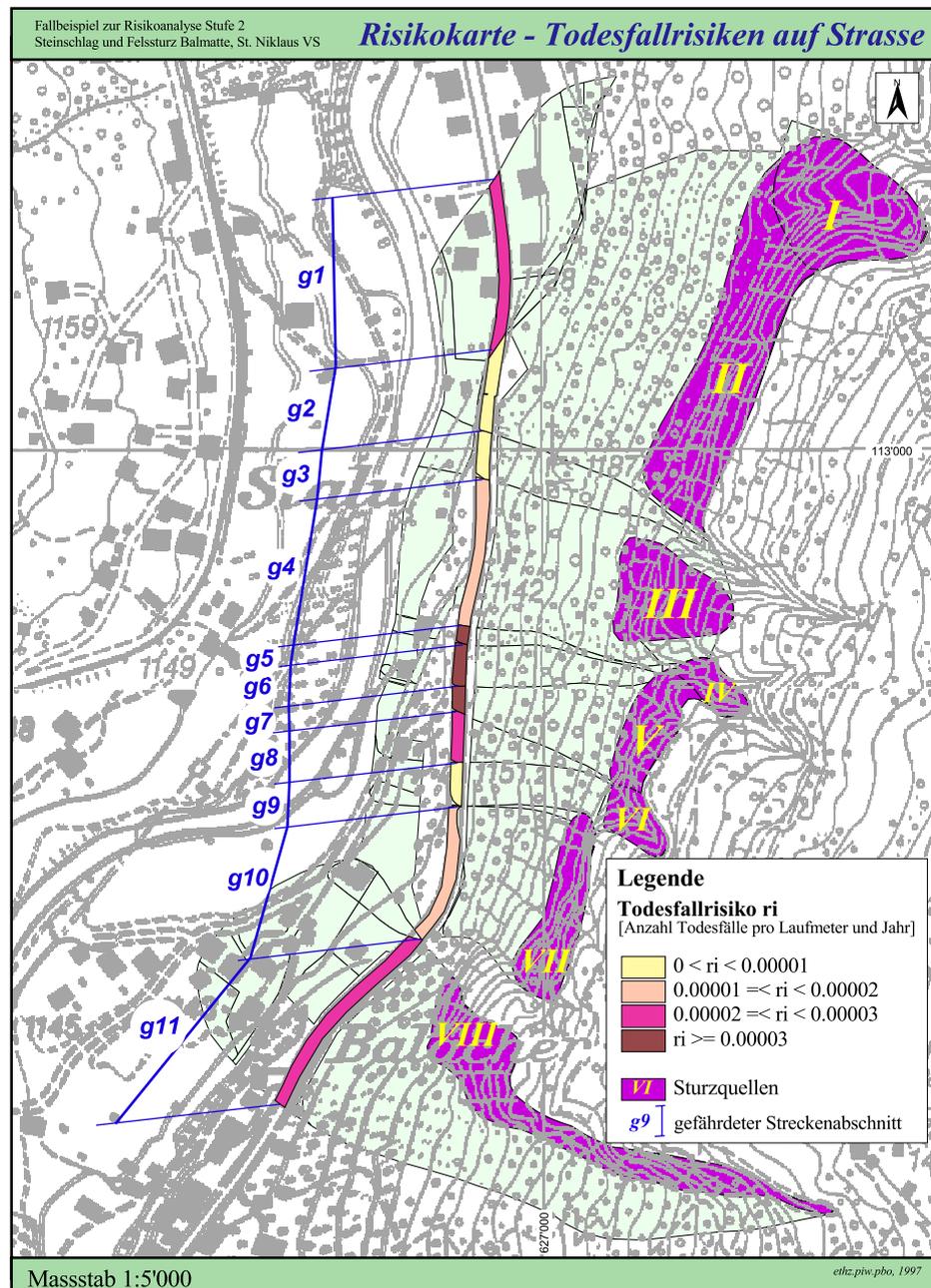


Abbildung 1.24: Risikokarte der Strasse Visp-Zermatt im Steinschlag-Gebiet 'Balmatte', Gemeinde St. Niklaus VS: Todesfallrisiken pro Laufmeter und Jahr (Anzahl Todesfälle).

INTERPRETATION DER RESULTATE

Kollektives Todesfallrisiko R pro Jahr: Aufgrund der Szenarien für Steinschlag und Felssturz der Sturzquellen I bis VIII ist, bezogen auf die gefährdeten Streckenabschnitte g_1 bis g_{12} der Strasse Visp-Zermatt, im Mittel mit 0.013 Todesopfern pro Jahr zu rechnen.

Statistisch bedeutet das, dass im gefährdeten Bereich der Strasse und im Zeitraum von 75 Jahren 1 Person bei einem Steinschlag-Ereignis stirbt. Kann dieses Risiko akzeptiert werden? Sind Schutzmassnahmen erforderlich? Zur Zeit bestehen noch keine Grundlagen, um diese Fragen konkret zu beantworten (siehe dazu *Teil I, Kapitel 7.*). Wir können aber das ermittelte Kollektivrisiko mit anderen Risiken vergleichen und aus dem Risikovergleich Schlüsse ziehen. So ist zum Beispiel das kollektive Todesfallrisiko in der Wohnzone 'Stalu' (*Fallbeispiel Lawine 'Spisszug'*, Stufe 2) mit 0.1 Todesfällen pro Jahr 8-mal grösser als das hier ermittelte Risiko. Wir schliessen daraus, dass der Konfliktstelle 'Strasse Visp-Zermatt' (in 'Balmatte') in Bezug auf Schutzmassnahmen eine tiefere Priorität zukommt als der Konfliktstelle 'Stalu'.

Objektrisiken r_i pro Jahr:

In der Risikokarte Abbildung 1.24 (Todesfallrisiken pro Laufmeter und Jahr) erkennen wir die primären Konfliktstellen, bezogen auf die Strasse im Gefahrenbereich. Diese sind, nach Prioritäten geordnet:

- I Streckenabschnitte g_5, g_6, g_7
- II Streckenabschnitte g_1, g_8, g_{11}
- II Streckenabschnitte g_4, g_{10}

Diese Information ist wertvoll, zum Beispiel im Hinblick auf eine prioritäten-gerechte räumliche Anordnung von baulichen Schutzmassnahmen (630 Meter gefährdete Strecke) oder von Frühalarm-Systemen (8 Gefahrenquellen).

Anmerkung

Die Resultate der Risikoanalyse sind mit Unschärfen behaftet. Die Risiken sind deshalb keine absolute Grössen, wir müssen sie immer im Zusammenhang mit der Streuung der Variablen betrachten, mit denen wir die Risiken ermittelt haben. Siehe dazu *Teil I, Kapitel 6. Unschärfen der quantitativen Risikoanalyse (Seiten 99f).*

Gefährdungen: Murgang, Überschwemmung, Lawine

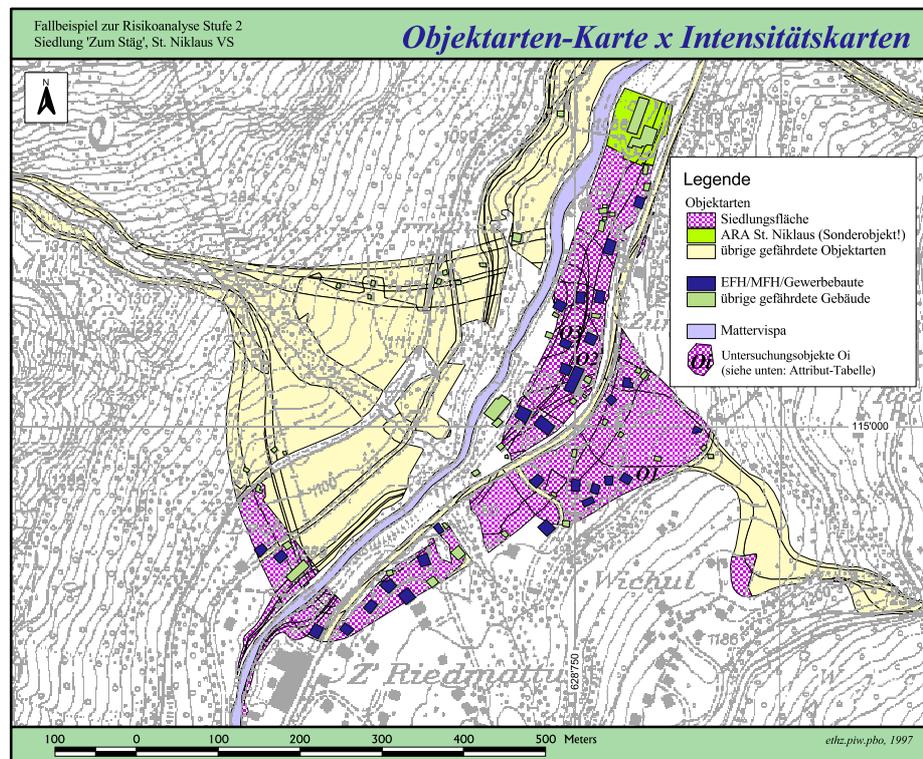
**Fallbeispiel Siedlung 'Zum Stäg':
monetäres Risiko in Siedlungsflächen**

METHODISCHES VORGEHEN

Verschneiden der Intensitätskarten mit der Objektarten-Karte

Mit Hilfe eines geographischen Informationssystems (GIS) die Objektarten-Karte der Siedlung 'Zum Stäg' auf der Grundlage des Nutzungsplanes St. Niklaus [1] erstellen. Die Objektarten-Karte mit den Intensitätskarten des Murganges 'Ritigraben', der Überschwemmung 'Mattervispa' und der Lawine 'Jungbach' verschneiden (Vorgehen analog zur Verschneidung der Intensitätskarten mit der Objektkategorien-Karte; siehe Risikoanalyse Stufe 1, Fallbeispiel Siedlung 'Zum Stäg', Seite 31). Aus der Verschneidung der Objektarten-Karte mit den Intensitätskarten entsteht die Karte Abbildung 1.25.

Abbildung 1.25: Resultat der Verschneidung der Intensitätskarten des Murganges 'Ritigraben', der Überschwemmung 'Mattervispa' und der Lawine 'Jungbach' mit der Objektarten-Karte (Verschneidung mit Hilfe eines GIS.)



Die Attribut-Tabelle (Tabelle 1.7, Seite 69) zur neu entstandenen Karte (Abbildung 1.25) verbindet die Information der Objektarten-Karte ('Objektart') mit den Informationen der Intensitätskarten (hier zusammengefasst im H/I-Code unter 'Gefährdung'; Erläuterung des H/I-Codes siehe Seite 32). Bei der Verschneidung der Karten errechnet das GIS die Flächeninhalte der Verschnitt-Flächen automatisch.

Auszug aus der **Attribut-Tabelle** zur Karte Abbildung 1.25:

	(aus der Objektarten-Karte)	(mit einem GIS)	(aus den Intensitätskarten)		
O_i	Objektart	Fläche	Gefährdung: [H/I-Code] siehe Seite 32		
		[a]	Lawine	Murgang	Überschwemmung
O_1	Siedlungsfläche	51	–	003	–
O_2	Siedlungsfläche	19	002	033	033
O_3	Siedlungsfläche	14	023	033	233
...

Tabelle 1.7: Attribut-Tabelle zur Karte Abbildung 1.25 (Auszug aus insgesamt 108 Verschnittflächen O_i ; nur Siedlungsflächen).

Insgesamt gefährden die Lawine 'Jungbach', der Murgang 'Ritigraben' und die Überschwemmung 'Mattervispa' **693 Aren Siedlungsflächen** in 'Zum Stäg'. Wir untersuchen das monetäre Risiko in Flächen mit Ein-, Zwei- und Mehrfamilienhäusern und mit Gewerbebauten. Die Schäden an den übrigen Gebäuden (Ställe, Remisen, u.a.) vernachlässigen wir. Dadurch vermindert sich die Zahl der zu untersuchenden Verschnittflächen O_i von 108 auf 22.

Ergänzen der Gefahrenanalyse (Teil I: Seiten 37f)

p_{rA} Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit:

- **Lawine 'Jungbach'** (Fließlawine mit hohem Staubanteil): $p_{rA} = 1.0$ (Schätzung für alle Szenarien)
- **Murgang 'Ritigraben'**: Herleitung der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit mit einer Ereignisbaum-Analyse (siehe *Fallbeispiel Sonderobjekt Gebäude mit grosser Menschenansammlung*, Stufe 3, Seiten 78f):
 - Szenario SZ_{100} : $p_{rA} = 0.28$ (=Summe der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten der Unterszenarien I und II, Abbildungen 1.27 und 1.28, Seiten 78 und 79)
 - Szenario SZ_{300} : $p_{rA} = 0.36$ (=Summe der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten der Unterszenarien I und II, Abbildungen 1.27 und 1.28, Seiten 78 und 79)
- **Überschwemmung 'Mattervispa'**: Ist die Mattervispa durch Ablagerungen des Murganges 'Ritigraben' gestaut, dann beträgt die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit der Überschwemmung: $p_{rA} = 1.0$. Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit der Überschwemmung ist also identisch mit der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit des Murganges 'Ritigraben' beim Standort der ARA. Herleitung mittels einer Ereignisbaum-Analyse (siehe *Fallbeispiel Sonderobjekt Gebäude mit grosser Menschenansammlung*, Stufe 3, Seiten 78f):
 - Szenario SZ_{30} : $p_{rA} = 1.0$ (Annahme, dass das 30-jährliche Szenario das aktuelle Gerinne nicht verlässt).
 - Szenario SZ_{100} : $p_{rA} = 0.33$ (=Summe der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten der Unterszenarien III und IV, Abbildungen 1.27 und 1.28, Seiten 78 und 79)
 - Szenario SZ_{300} : $p_{rA} = 0.19$ (=Summe der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten der Unterszenarien III und IV, Abbildungen 1.27 und 1.28, Seiten 78 und 79)

Bestimmen der Objekttrisiken $r_{i,j}$ und des Kollektivrisikos R

(Teil I: Seiten 48-51)

h_S Schadenhäufigkeit: $h_S = h_E \times p_{rA}$

O_i	Gefährdung	$h_E \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$			p_{rA}			$h_S \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$		
		SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀	SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀	SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀
O_1	Murgang	–	–	0.003	–	–	0.36	–	–	0.0012
O_2	Lawine	–	–	0.003	–	–	1.0	–	–	0.0033
	Murgang	–	0.01	0.003	–	0.28	0.36	–	0.0028	0.0012
	Überschemmung	–	0.01	0.003	–	0.33	0.19	–	0.0033	0.0006
O_3	Lawine	–	0.01	0.003	–	1.0	1.0	–	0.0100	0.0033
	Murgang	–	0.01	0.003	–	0.28	0.36	–	0.0028	0.0012
	Überschemmung	0.033	0.01	0.003	1.0	0.33	0.19	0.0333	0.0033	0.0006
...

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENHÄUFIGKEIT:

h_E Eintretenshäufigkeit:

SZ_{30} : $h_E = \frac{1}{30 \text{ Jahre}} = 0.033 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{100} : $h_E = \frac{1}{100 \text{ Jahre}} = 0.01 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{300} : $h_E = \frac{1}{300 \text{ Jahre}} = 0.003 \frac{1}{\text{Jahr}}$
---	--	---

p_{rA} Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit: Siehe oben.

S Schadenausmass: $S = S_{sp.GF} \times F_{GF}$

O_i	Gefährdung		$S_{sp.GF}$			F_{GF} [Aren]	S		
	Prozess	H/I-Code (s. Seite 32)	$\left[\frac{\text{Franken Sachschaden}}{\text{Schadeneignis und Are}} \right]$				$\left[\frac{\text{Franken Sachschaden}}{\text{Schadeneignis}} \right]$		
			SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀		SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀
O_1	Murgang	003	–	–	425'000	5	–	–	2'125'000
O_2	Lawine	002	–	–	275'000	2	–	–	550'000
	Murgang	033	–	425'000	425'000	2	–	850'000	850'000
	Überschemmung	033	–	257'000	257'000	2	–	514'000	514'000
O_3	Lawine	023	–	275'000	850'000	1	–	275'000	850'000
	Murgang	033	–	425'000	425'000	1	–	425'000	425'000
	Überschemmung	233	147'500	257'000	257'000	1	147'500	257'000	257'000
...

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENAUSMASS:

$S_{sp.GF}$ Spezifisches Schadenausmass Gebäudefläche (GF): Wir entnehmen die Pauschalwerte für das Schadenausmass (Franken Sachschaden) pro Are Gebäudefläche (Objektart 'Gebäudefläche allgemein') den Tabellen 3.5, 3.6 und 3.7, Kapitel 3.2, Seiten 119 bis 121. Das spezifische Schadenausmass ist abhängig von der Art des Gefahrenprozesses, der Intensität der Gefährdung und der Objektart.

Wir dividieren die Objektrisiken r_i durch die Flächeninhalte F (in Aren, Tabelle 1.7, Seite 69) der entsprechenden Objekte und erhalten so die monetären Risiken pro Are und Jahr. Diese Risiken stellen wir in der Risikokarte Abbildung 1.26 dar. Die Risikokarte gibt eine Übersicht über die hauptsächlichen Konfliktstellen im Gefahrenbereich.

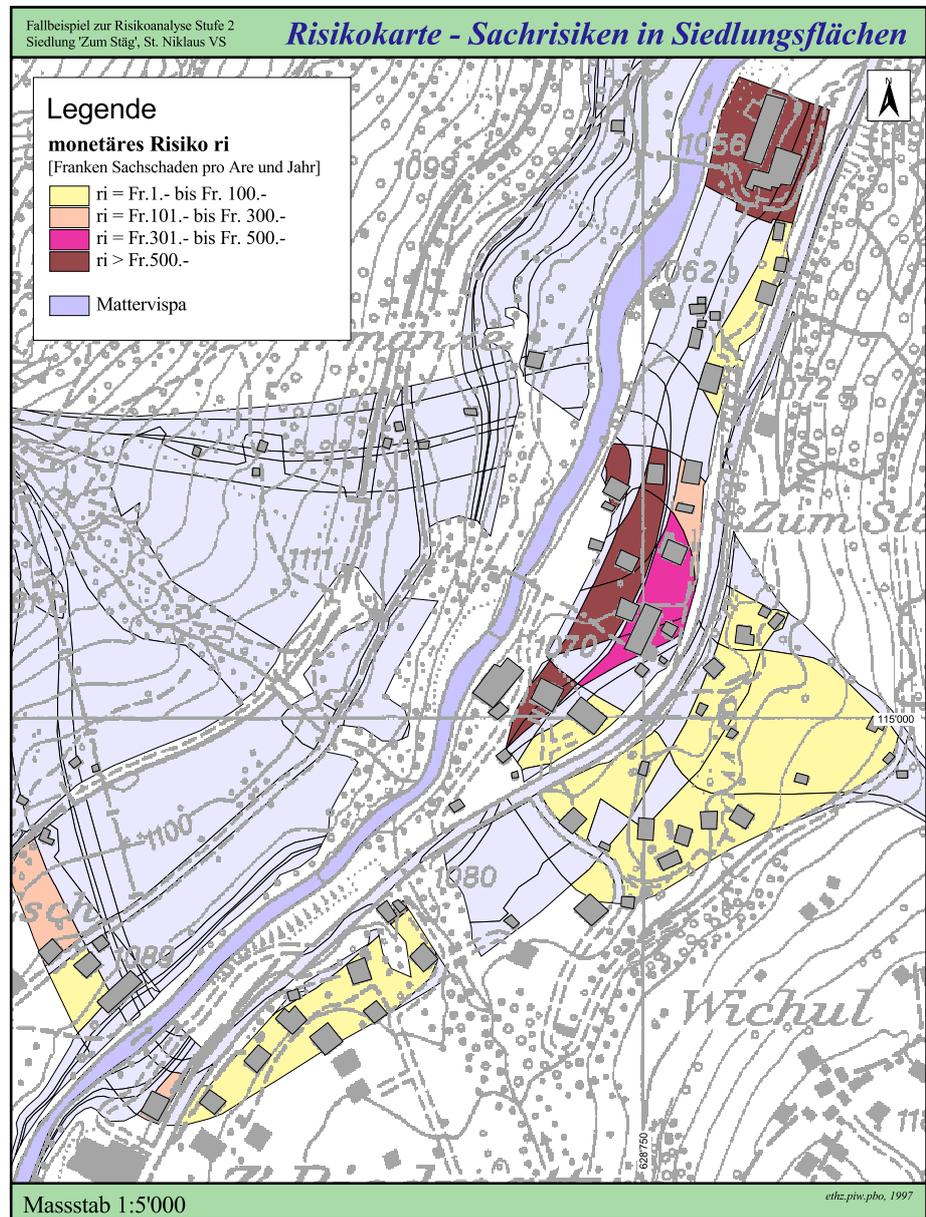


Abbildung 1.26: Risikokarte der Lawine 'Jungbach', des Murganges 'Ritigraben' und dessen Folgegefährdung Überschwemmung 'Matternvispa': Sachrisiken r_i pro Are und Jahr (Franken Sachschaden) in den Siedlungsflächen in 'Zum Stäg', Gemeinde St. Niklaus VS.

INTERPRETATION DER RESULTATE

Kollektives Sachrisiko R pro Jahr: Aufgrund der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} der Lawine 'Jungbach', des Murganges 'Ritigraben' und dessen Folgegefährdung Überschwemmung 'Mattervispa' ist, bezogen auf die gefährdeten Siedlungsflächen (Objekte O_1 bis O_{22}), im Mittel mit einem Sachschaden in der Höhe von Fr. 94'500.- pro Jahr zu rechnen.

Das höchste Risiko geht von der Lawine 'Jungbach' aus: sie verursacht im Mittel Fr. 47'900.- Sachschaden pro Jahr, also 50% des Kollektivrisikos R . 60% des Risikos der Lawine fallen auf das 300-jährliche Szenario, die restlichen 40% auf das 100-jährliche Szenario.

Der Murgang 'Ritigraben' richtet durch das 30-jährliche Szenario im untersuchten Siedlungsgebiet keinen direkten Schaden an, jedoch können die Murablagerungen auf der Höhe der ARA die Mattervispa stauen und eine Überschwemmung verursachen. Die Überschwemmung mit 30-jährlicher Wiederkehrdauer ist mit Fr. 18'200.- Sachschaden pro Jahr oder 20% des Kollektivrisikos R das nächsthöhere Risiko.

Diese und weitere Informationen, die man der Risikomatrix entnehmen kann, sind wichtig im Hinblick auf eine prioritäten-gerechte Planung und Realisierung von Sicherheitsmassnahmen.

Anmerkung

Die Resultate der Risikoanalyse sind mit Unschärfen behaftet. Die Risiken sind deshalb keine absolute Grössen, wir müssen sie immer im Zusammenhang mit der Streuung der Variablen betrachten, mit denen wir die Risiken ermittelt haben. Siehe dazu *Teil I, Kapitel 6. Unschärfen der quantitativen Risikoanalyse (Seiten 99f)*.

1.4 Risikoanalyse Stufe 3

Das **Fallbeispiel Sonderobjekt Gebäude mit grosser Menschenansammlung (SGM)** zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 3 das kollektive und individuelle Todesfallrisiko (Zahl der Todesfälle bzw. Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr) für die Personen in Gebäuden ermittelt. Die Gefährdung: Murgang.

Das **Fallbeispiel Sonderobjekt Bahn** zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 3 das kollektive und individuelle Todesfallrisiko (Zahl der Todesfälle bzw. Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr) für die Personen in einem Zug ermittelt. Die Gefährdung: Lawine.

Das **Fallbeispiel Sonderobjekt ARA** zeigt, wie man gemäss Risikoanalyse Stufe 3 das monetäre Risiko (Franken Sachschaden pro Jahr), bezogen auf ein Einzelobjekt, ermittelt. Die Gefährdung: Überschwemmung. (Neben dem Sachrisiko besteht hier auch ein ökologisches Folgerisiko; die Analyse dieses Risikos fällt in den Geltungsbereich der Störfallverordnung StFV 1991.)

1.4.1 Vorbereitungsarbeiten

Sicherheitsproblem

<i>Fallbeispiel SGM</i>	<i>Fallbeispiel Bahn</i>	<i>Fallbeispiel ARA</i>
Der Murgang • 'Ritigraben' gefährdet • drei zeitweise besetzte Gebäude (für je 20 Personen) in 'Niedergrächen', Gemeinden St. Niklaus / Grächen VS.	Die Lawinen • 'Fallzug' • 'Guggigrabu' gefährden • Streckenabschnitte der Brig-Visp-Zermatt- Bahn (BVZ) im Bereich der Station 'Herbruggen', Gemeinde St. Niklaus VS.	Die Überschwemmung • 'Mattervispa' (als Folgegefährdung des Murganges 'Ritigraben') gefährdet • die Abwasser-Reinigungsanlage St. Niklaus in 'Zum Stäg', Gemeinde St. Niklaus VS.

Systemgrenzen

<i>Fallbeispiel SGM</i>	<i>Fallbeispiel Bahn</i>	<i>Fallbeispiel ARA</i>
Geographische Systemgrenzen		
Wirkungsgebiet des Murganges 'Ritigraben' im Bereich von 'Ritinen' / 'Niedergrächen'	Wirkungsgebiete der Lawinen 'Fallzug' und 'Guggigrabu' im Bereich der BVZ-Station 'Herbriggen'	Wirkungsgebiet des Murganges 'Ritigraben' und der Überschwemmung 'Mattervispa' in 'Zum Stäg'
Inhaltliche Systemgrenzen		
Gefährdung <ul style="list-style-type: none"> Murgang 'Ritigraben': Grundszenarien <ul style="list-style-type: none"> SZ_{100} mit $T=100$ Jahren SZ_{300} mit $T=300$ Jahren SZ_{100} und SZ_{300} mit starker Intensität I. 	Gefährdungen <ul style="list-style-type: none"> Lawine 'Fallzug': Grundszenarien <ul style="list-style-type: none"> SZ_{30} mit $T=30$ Jahren SZ_{100} mit $T=100$ Jahren SZ_{300} mit $T=300$ Jahren SZ_{30}, SZ_{100} und SZ_{300} mit mittleren und starken Intensitäten I. Lawine 'Guggigrabu': <ul style="list-style-type: none"> SZ_{300} mit $T=300$ Jahren und mittlerer Intensität I. 	Gefährdungen <ul style="list-style-type: none"> Murgang 'Ritigraben' und Folgegefährdung Überschwemmung 'Mattervispa': Grundszenarien <ul style="list-style-type: none"> SZ_{30} mit $T=30$ Jahren SZ_{100} mit $T=100$ Jahren SZ_{300} mit $T=300$ Jahren Murgang: starke Intensität I. Überschwemmung: mittlere und starke Intensität I.
Schadenart <ul style="list-style-type: none"> Personenschäden: <ul style="list-style-type: none"> Anzahl Todesopfer in Gebäuden 	Schadenart <ul style="list-style-type: none"> Personenschäden: <ul style="list-style-type: none"> Anzahl Todesopfer im Zug 	Schadenarten <ul style="list-style-type: none"> Sachschäden: <ul style="list-style-type: none"> Verlust von Sachwerten: Schäden an Gebäudestruktur und -inhalt Räumungs- und Wiederherstellungskosten beim Gebäudeumschwung. (Folgeschäden: <ul style="list-style-type: none"> Ökologische Folgeschäden ARA: Geltungsbereich der Störfallverordnung StFV 1991)

Systembeschreibung

<i>Fallbeispiel SGM</i>	<i>Fallbeispiel Bahn</i>	<i>Fallbeispiel ARA</i>
Natürliche Bedingungen		
gemäss den Datengrundlagen [2], [16], [18], [19], [20]	gemäss den Datengrundlagen [2], [26]	gemäss den Datengrundlagen [2], [16], [18], [19], [20]
Anthropogene Bedingungen		
Besetzung der Gebäude während durchschnittlich 4 Monaten pro Jahr (Juli bis Oktober) mit rund 20 Personen pro Gebäude.	Daten zu Zugfrequenz, Zuglänge und zum mittleren Besetzungsgrad gemäss BVZ, Brig.	Versicherungssumme Gebäude und Fahrhabe: Fr. 8'504'800.- (publ. mit Einw. der Gemeinde St. Niklaus).

Ziele der Risikoanalyse

<i>Fallbeispiel SGM</i>	<i>Fallbeispiel Bahn</i>	<i>Fallbeispiel ARA</i>
Kennen des quantitativen kollektiven und individuellen Todesfallrisikos (Zahl der Todesfälle bzw. Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr) für Personen in den drei Gebäuden aufgrund detaillierter Abklärungen.	Kennen des quantitativen kollektiven und individuellen Todesfallrisikos (Zahl der Todesfälle bzw. Todesfallwahrscheinlichkeit pro Jahr) für Personen im Zug aufgrund detaillierter Abklärungen.	Kennen des monetären Objektrisikos (Franken Sachschaden pro Jahr) aufgrund detaillierter Abklärungen.

Datengrundlagen

<i>Fallbeispiel SGM</i>	<i>Fallbeispiel Bahn</i>	<i>Fallbeispiel ARA</i>
Gefährdung		
<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zur Gefährdung in [16], [18], [19], [20], [27], [28] • Ereigniskataster aus [18], [19], [27], [28] und Befragung ortskundiger Personen 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung: [15] • Ereigniskataster aus [22], [25] und Befragung ortskundiger Personen 	<ul style="list-style-type: none"> • Untersuchungen zur Gefährdung in [16], [18], [19], [20], [27], [28] • Ereigniskataster aus [18], [19], [27], [28] und Befragung ortskundiger Personen
Schadenpotential		
<ul style="list-style-type: none"> • Angaben des Besitzers • Feldbegehung 	<ul style="list-style-type: none"> • Angaben der BVZ, Brig 	<ul style="list-style-type: none"> • Angaben der Versicherung (Schadendaten des Ereignisses vom 24. September 1993)

1.4.2 Gefahrenanalyse

Ereignisanalyse (mögliche Gefahren identifizieren und lokalisieren)

<i>Fallbeispiel SGM</i>	<i>Fallbeispiel Bahn</i>	<i>Fallbeispiel ARA</i>
Die Gefahren sind bereits bekannt und lokalisiert (siehe Kapitel 1.4.1 - <i>Datengrundlagen</i>).		

Wirkungsanalyse (Art, Ausdehnung und Grad einer Gefährdung bestimmen)

<i>Fallbeispiel SGM</i>	<i>Fallbeispiel Bahn</i>	<i>Fallbeispiel ARA</i>
Methodische Grundlagen		
<ul style="list-style-type: none"> • Empfehlungen des Bundes: [12] 	<ul style="list-style-type: none"> • Richtlinien des Bundes: [4] 	<ul style="list-style-type: none"> • Empfehlungen des Bundes: [12]
Vorgehen		
<ol style="list-style-type: none"> (1) Bestehende Daten auswerten: Suchen, Analysieren und Interpretieren von Dokumenten und Aussagen (siehe Kapitel 1.4.1 - <i>Datengrundlagen</i>). (2) Geländeanalyse durchführen: Erkennen und Interpretieren von "stummen Zeugen", Erkennen und Beurteilen von kritischen Konstellationen und Schlüsselstellen. (3) Mit Modellen rechnen (nur beim <i>Fallbeispiel Sonderobjekt Bahn</i>, Lawinen-Gefährdung: [21]). (4) Szenarien bilden mit 30-, 100- und 300-jährlicher Wiederkehrdauer und die Szenarien in Intensitätskarten darstellen. 		

1.4.3 Risikobestimmung

Fallbeispiel Sonderobjekt Gebäude mit grosser Menschenansammlung: Todesfallrisiko

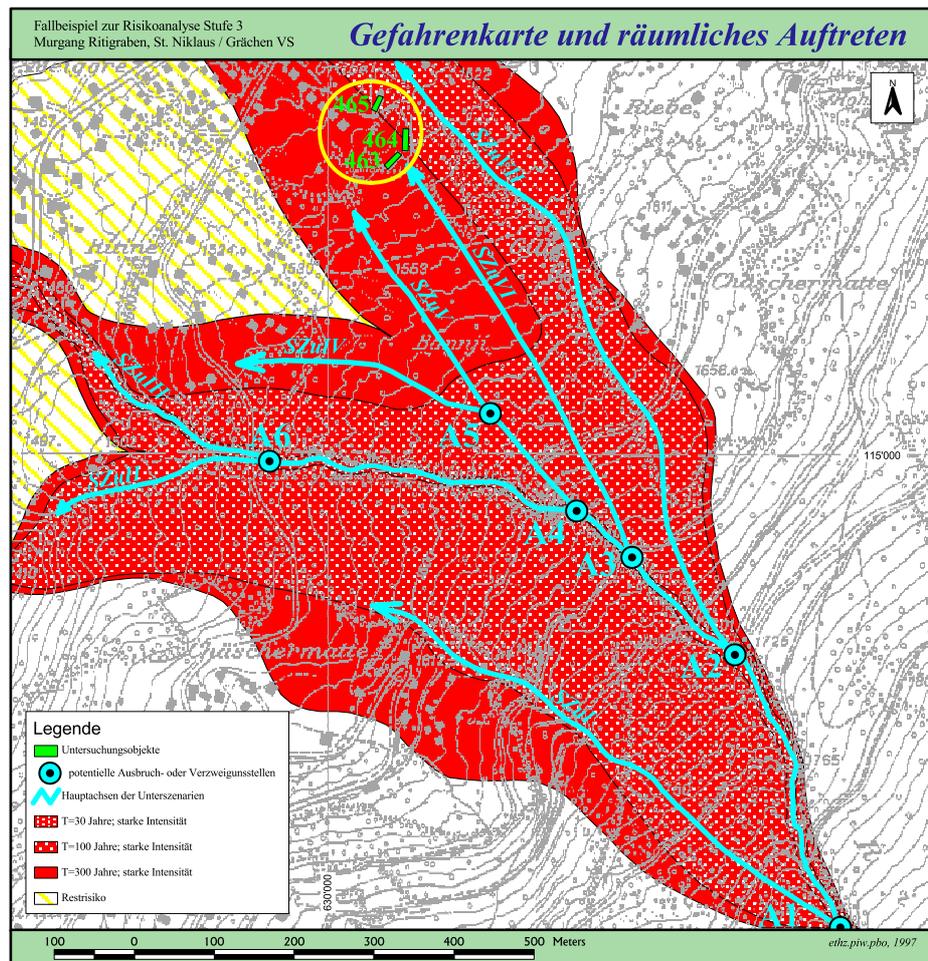
Gefährdung: Murgang ←

METHODISCHES VORGEHEN

Ergänzen der Gefahrenanalyse (Teil I: Seiten 58-60)

p_{rA} **Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit** des Murganges bei den Untersuchungsobjekten: Ermittlung mit einer Ereignisbaumanalyse (Vorgehen gemäss Teil I, Seiten 58f). Die Gefahrenkarte Abbildung 1.27 zeigt die potentiellen Ausbruch- bzw. Verzweigungsstellen (A1 bis A6) des Murganges und den möglichen Verlauf der Unterszenarien. Die Wahrscheinlichkeiten, dass der Murgang an den Stellen A1 bis A6 ausbricht bzw. sich verzweigt, sind in den Ereignisbaum Abbildung 1.28 eingetragen. Die Multiplikation der Wahrscheinlichkeiten eines Ereignisablaufes ergibt die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit des Unterszenarios.

Abbildung 1.27:
Gefahrenkarte des Murganges 'Ritigraben' mit den potentiellen Ausbruchstellen des Murganges, dem möglichen Verlauf der Unterszenarien (SZuI-VII) und den gefährdeten Objekten (O_{463} , O_{464} und O_{465}). Aufgrund des grossen Gefahrenpotentials ($100'000m^3$ bis $150'000m^3$) ist im gesamten Gefahrenbereich mit starker Intensität des Murganges zu rechnen.



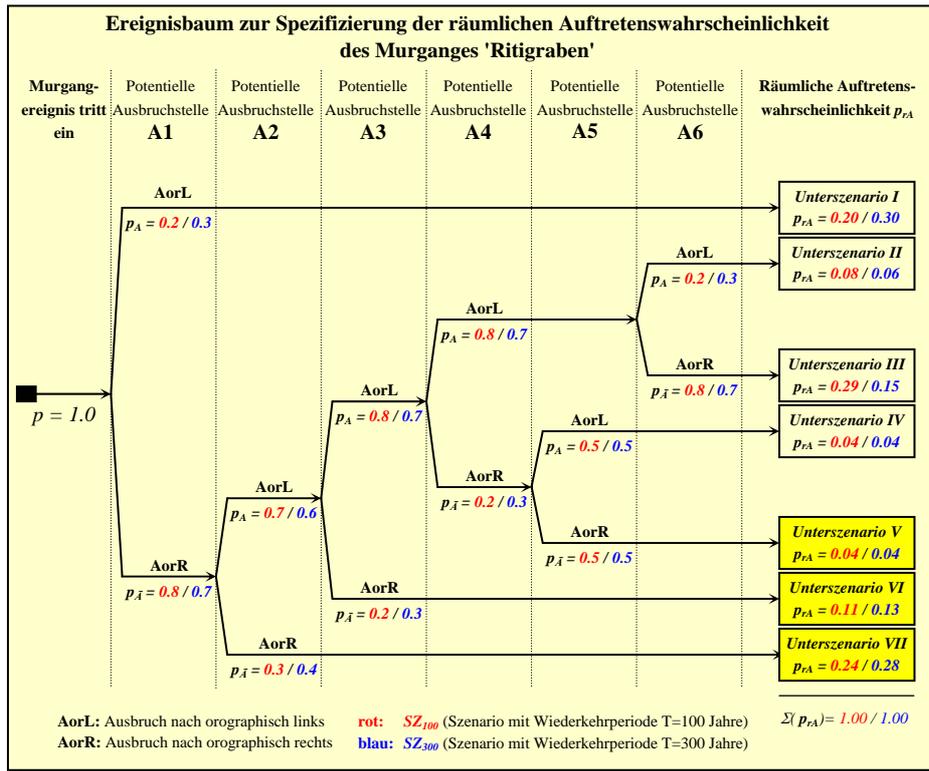


Abbildung 1.28: Ereignisbaum zur Ermittlung der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit des Murganges 'Ritigraben'. In Bezug auf die Untersuchungsobjekte sind die Unterszenarien V, VI und VII massgebend (siehe Gefahrenkarte Abbildung 1.27).

Die Untersuchungsobjekte sind von folgenden Szenarien und Unterszenarien betroffen:

SZ_{100} (Szenario mit Wiederkehrperiode $T = 100$ Jahren): das *Unterszenario VII* gefährdet die *Objekte* O_{464} und O_{465} → räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit $p_{rA} = 0.24$

SZ_{300} (Szenario mit Wiederkehrperiode $T = 300$ Jahren): die *Unterszenarien V, VI* und *VII* gefährden die *Objekte* O_{463} , O_{464} und O_{465} → räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit $p_{rA} = 0.04 + 0.13 + 0.28 = 0.45$

T_{sA} **Saisonales Auftreten** der Murgangereignisse: Die historisch bekannten Ereignisse traten jeweils im Zeitraum Juni bis September auf. Im Spätsommer (August/September) ist eine Häufung der Ereignisse zu beobachten. Wir gehen davon aus, dass die Murgangereignisse mit grosser Wahrscheinlichkeit (Schätzung: $p > 95\%$) in den Monaten Mai bis Oktober auftreten → $T_{sA} = 6$ Monate.

T_{vW} **Vorwarnzeit:** Die Disposition des Murganges ist nur teilweise durch Niederschlagswasser beeinflusst. 1962 und 1994 kam es nach längeren Schönwetterperioden zu Murgangereignissen. Die Murgänge können also spontan auftreten. Vom Losbrechen des Murganges bis zu dessen Eintreffen bei den Untersuchungsobjekten dauert es 2-5 Minuten (bei einer Geschwindigkeit von $8-14 \text{ ms}^{-1}$ gemäss [19]).

Bestimmen des Todesfallrisikos r_{ij} (Teil I: Seiten 62-67)

h_S Schadenhäufigkeit:
$$h_S = h_E \times p_{rA} \times p_{zK} \times (1 - p_{EK})$$

SZ_{100} :
$$h_S = \frac{0.01}{\text{Jahr}} \times 0.24 \times 0.5 \times (1 - 0.1) = 0.001 \frac{1}{\text{Jahr}}$$

SZ_{300} :
$$h_S = \frac{0.003}{\text{Jahr}} \times 0.45 \times 0.5 \times (1 - 0.1) = 0.0006 \frac{1}{\text{Jahr}}$$

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENHÄUFIGKEIT:

h_E Eintretenshäufigkeit:

SZ_{100} :
$$h_E = \frac{1}{100 \text{ Jahre}} = 0.01 \frac{1}{\text{Jahr}}$$

SZ_{300} :
$$h_E = \frac{1}{300 \text{ Jahre}} = 0.003 \frac{1}{\text{Jahr}}$$

p_{rA} Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit:

SZ_{100} : $p_{rA} = 0.24$

SZ_{300} : $p_{rA} = 0.45$

(Herleitung siehe Seite 79)

p_{zK} Zeitliche Koinzidenzwahrscheinlichkeit:

$$p_{zK} = p_{sK} \times p_{Pr} = 0.67 \times 0.75 = 0.5$$

p_{sK} Saisonale Koinzidenzwahrscheinlichkeit:

$$p_{sK} = \frac{K}{T_{sA}} = \frac{4 \text{ Monate}}{6 \text{ Monate}} = 0.67$$

T_{sA} **Saisonales Auftreten des Murganges:** $T_{sA} = 6$ Monate (siehe Seite 79)

K Saisonale Koinzidenz:

$$K = T_{sA} \cap T_{sE} = 4 \text{ Monate}$$

T_{sE} **Saisonale Exposition:** Die Untersuchungsobjekte sind durchschnittlich während 4 Monaten pro Jahr besetzt: Juli bis Oktober (Angaben des Besitzers).

Monate	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	$p_{sK} = K/T_{sA}$
T_{sA}													
T_{sE}													$p_{sK} = 4/6 = 0.67$

p_{Pr} Präsenzwahrscheinlichkeit:

$$p_{Pr} = \frac{T_P}{24h} = \frac{18h}{24h} = 0.75$$

T_P **Mittlere Aufenthaltszeit der Personen im Objekt in Stunden pro Tag:**
Die Personen halten sich im Mittel 18 Stunden pro Tag im Objekt oder in der Nähe des Objektes auf (Schätzung).

p_{EK} Evakuationswahrscheinlichkeit:

- **Vorwarnzeit T_{vW} :** 2-5 Minuten; siehe Seite 79.
- **Evakuationszeit T_{EK}** >> Vorwarnzeit T_{vW} .

→ Eine Evakuationszeit ist nicht wahrscheinlich: $p_{EK} = 0.1$

S **Schadenausmass:** $S = N_p^* \times \lambda$

Zahl der Todesfälle pro Objekt (Objekte O_{463} , O_{464} und O_{465}):

$$S = 20 \text{ Personen} \times 0.7 = 14 \text{ Todesfälle}$$

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENAUSMASS:

N_p^* **Anzahl tatsächlich gefährdeter Personen:**

$$N_p^* = N_p \times SE_{St} = 20 \text{ Personen} \times 1.0 = 20 \text{ Personen}$$

N_p **Anzahl exponierter Personen:** In jedem der drei Objekte (O_{463} , O_{464} und O_{465}) halten sich im Mittel 20 Personen auf (Angaben des Besitzers).

SE_{St} **Schadenempfindlichkeit der Gebäudestruktur:** Die Schadenempfindlichkeit der Objekte wird mit 1.0 (Totalschaden) beurteilt, da mit einer starken Intensität des Murgangereignisses zu rechnen ist und die Objekte einfache Holzbauten (ohne Unterkellerung) sind.

λ **Letalität:** Es wird geschätzt, dass ein Murgangereignis ein Volumen von 100'000m³ bis 150'000m³ erreichen kann [16]. Bei derartigen Volumen sind die Überlebenschancen gering, die einfachen Holzbauten kein Schutz → Schätzung Letalität: $\lambda = 0.7$.

Objektrisiken $r_{i,j}$ und Kollektivrisiko R: Todesfallrisiken pro Ereignis und pro Jahr, bezogen auf die Personen in den Objekten O_{463} , O_{464} und O_{465} aufgrund der Szenarien SZ_{100} und SZ_{300} .

Risikomatrix	Todesfallrisiko pro Ereignis				Todesfallrisiko pro Jahr		
	h_S $\left[\frac{1}{\text{Jahr}}\right]$		S $\left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Anzahl Personen}}\right]$		$r_{i,j} = h_S \times S$ $\left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Anzahl Personen} \times \text{Jahr}}\right]$		
	SZ_{100}	SZ_{300}	SZ_{100}	SZ_{300}	SZ_{100}	SZ_{300}	$SZ_{100;300}$
Objekt O_{463}	–	0.0006	–	14	–	0.0084	0.0084
Objekt O_{464}	0.001	0.0006	14	14	0.014	0.0084	0.0224
Objekt O_{465}	0.001	0.0006	14	14	0.014	0.0084	0.0224
$O_{463}, O_{464}, O_{465}$	0.001	0.0006	28	42	0.028	0.0252	$R=0.0532$

r_{ind} **Individuelles Todesfallrisiko:** Wahrscheinlichkeit für eine Person, die sich (mit der Präsenzwahrscheinlichkeit $p_p=0.75$) in den Objekten aufhält, innerhalb eines Jahres durch die Szenarien SZ_{100} und SZ_{300} umzukommen,

- bei 4 Monaten Aufenthalt pro Jahr (=saisonale Exposition T_{SE}):

$$r_{ind} = \frac{\text{kollektives Todesfallrisiko}}{\text{Anzahl exponierter Personen}} = \frac{0.0532}{60} = 0.0009 \quad \left[\frac{\text{Todesfallwahrscheinlichkeit}}{\text{Jahr}}\right]$$

- bei 2 Wochen Aufenthalt pro Jahr (dies entspricht der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer einer Person in den Objekten):

$$r_{ind} = \frac{0.0532}{60 \times 8} = 0.0001 \quad \left[\frac{\text{Todesfallwahrscheinlichkeit}}{\text{Jahr}}\right]$$

INTERPRETATION DER RESULTATE

Kollektives Todesfallrisiko

- **pro Schadenereignis:** Ein Schadenereignis des Szenarios SZ_{100} verursacht bei den Objekten O_{463} , O_{464} und O_{465} im Mittel 28 Todesopfer; das Schadenereignis tritt mit einer relativen Häufigkeit von 0.001 pro Jahr ein. Das Szenario SZ_{300} : 42 Todesopfer, Schadenhäufigkeit 0.0006/J.
- **pro Jahr:** Aufgrund der Szenarien SZ_{100} und SZ_{300} ist, bezogen auf die Objekte O_{463} , O_{464} und O_{465} im Mittel mit rund 0.05 Todesopfern pro Jahr zu rechnen.

Man kann die szenarienspezifischen **kollektiven Todesfallrisiken** pro Schadenereignis ($R_{100} = [0.001;28]$ und $R_{300} = [0.0006;42]$) im Häufigkeits-Ausmass-Diagramm (*Abbildung 43* im *Teil I*, *Seite 105*) als Punkte eintragen. Aus der Lage der Punkte bezüglich einer festzulegenden Akzeptabilitätslinie bestimmt man die Tragbarkeit des Kollektivrisikos. Massgebend ist hier das hohe Katastrophenpotential, das heisst die Möglichkeit von Schadenereignissen mit vielen Todesopfern. Die Fragen lauten:

- Wie häufig darf ein Ereignis mit 42 Todesopfern (SZ_{300}) eintreten? Ist 0.0006-mal pro Jahr zu häufig? Ist das Szenario SZ_{100} mit Schadenhäufigkeit 0.001 und 28 Todesopfern akzeptierbar?
- Ist es notwendig, Schutzmassnahmen zu ergreifen? Massnahmen der Raumplanung, der Notfallplanung, bauliche Massnahmen?
- Welches Restrisiko ist akzeptierbar?

Individuelles Todesfallrisiko

Das individuelle Todesfallrisiko einer Person, die sich während der ganzen Saison (4 Monate pro Jahr) in den Objekten aufhält, beträgt 0.0009 pro Jahr. Dies entspricht ungefähr dem individuellen Todesfallrisiko einer Person, die im Forst arbeitet (siehe *Tabelle 6* im *Teil I*, *Seite 102*). Das individuelle Todesfallrisiko einer Person, die nur zwei Wochen pro Jahr in den Objekten verbringt, beträgt 0.0001 pro Jahr. Die Wahrscheinlichkeit für diese Person, während der zwei Wochen durch eines der beiden Murgang-Szenarien zu sterben, ist also ungefähr gleich gross wie die Wahrscheinlichkeit für einen Fussgänger, innerhalb eines Jahres den Unfalltod zu sterben (siehe *Tabelle 6* im *Teil I*, *Seite 102*).

Die ermittelten Individualrisiken können akzeptiert werden, wenn wir diese als "Freizeitrisiken" der Risikokategorie "freiwillig" zuordnen (*Abbildung 42* im *Teil I*, *Seite 103*). In der Risikokategorie "unfreiwillig" wären die vorgeschlagenen Grenzwerte deutlich überschritten. Die Fragen lauten:

- Wie hoch soll der Grenzwert für individuelle Todesfallrisiken angesetzt werden?
- Welcher Risikokategorie gehört der Aufenthalt in den betroffenen Objekten an?
- Sind Schutzmassnahmen notwendig?

Anmerkung

Die Resultate der Risikoanalyse sind mit Unschärfen behaftet. Die Risiken sind deshalb keine absolute Grössen, wir müssen sie immer im Zusammenhang mit der Streuung der Variablen betrachten, mit denen wir die Risiken ermittelt haben. Siehe dazu *Teil I*, *Kapitel 6. Unschärfen der quantitativen Risikoanalyse* (Seiten 99f).

Fallbeispiel Sonderobjekt Bahn: Todesfallrisiko

→ Gefährdung: Lawine

METHODISCHES VORGEHEN

Ergänzen der Gefahrenanalyse (Teil I: Seiten 58-60)

p_{rA} **Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit** der Lawinen 'Fallzug' und 'Guggigrabu' bei der Bahnlinie. Schätzung: $p_{rA} = 1.0$ (= "sicher").

T_{sA} **Saisonales Auftreten** der Lawinenereignisse: Im Nikolaital traten die historisch bekannten Lawinenereignisse jeweils im Zeitraum November bis April auf. Das saisonale Auftreten beträgt mit grosser Wahrscheinlichkeit (Schätzung: $p > 95\%$): $T_{sA} = 6$ Monate.

T_{vW} **Vorwarnzeit**: Die variable Disposition der Lawinen ist vor allem von den aktuellen Niederschlags-, Temperatur- und Windverhältnissen abhängig. Die gefährliche Situation kündigt sich also meist an → Schätzung: $T_{vW} = 12h$.

Bestimmen des Todesfallrisikos $r_{i,j}$ (Teil I: Seiten 74-83)

Abbildung 1.29 zeigt die Schutzdefizit-Karte (gemäss Risikoanalyse Stufe 1) im Bereich der Station 'Herbruggen' der Brig-Visp-Zermatt-Bahn (BVZ). Aus der Schutzdefizit-Karte entnehmen wir die Länge der gefährdeten Streckenabschnitte g (in Meter) und die entsprechenden Gefährdungen (**Anmerkung** in der Randspalte).

Anmerkung
Man kann die Länge der gefährdeten Streckenabschnitte und die entsprechenden Gefährdungen auch aus den Intensitäts- bzw. Ereigniskarten entnehmen und braucht keine Schutzdefizit-Karte zu erstellen.

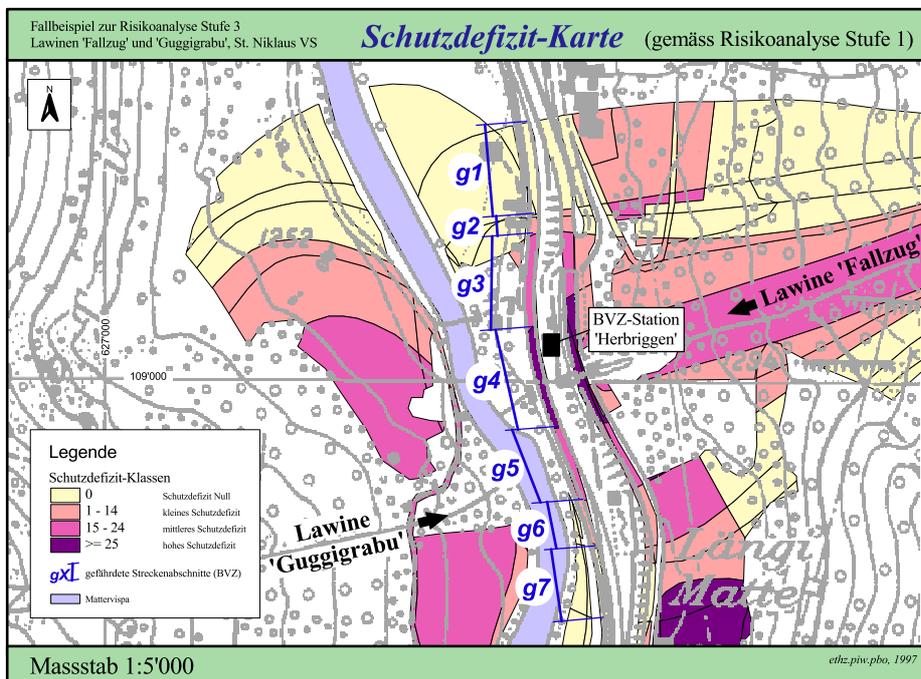


Abbildung 1.29: Schutzdefizit-Karte im Bereich der Station 'Herbruggen' der Brig-Visp-Zermatt-Bahn mit den gefährdeten Streckenabschnitten $g1$ bis $g7$ (Gefährdungen: Lawinen 'Fallzug' und 'Guggigrabu').

Information aus Abbildung 1.29:

	Gefährdete Streckenabschnitte der BVZ						
	$g1$	$g2$	$g3$	$g4$	$g5$	$g6$	$g7$
Länge [m]	60	15	60	65	50	30	50
Gefährdung Lawine 'Fallzug'	002	023	033	233	033	023	002
Gefährdung Lawine 'Guggigrabu'	-	002	002	002	002	002	002

} = H/I-Code: siehe Seite 32.

Todesfallrisiko $r_{i,j}$ infolge eines Unfalls durch Direkttreffer

h_S Schadenhäufigkeit:
$$h_S = h_E \times p_{rA} \times p_{Pr} \times (1 - p_{Sp})$$

FA: Lawine 'Fallzug'
GU: Lawine 'Guggigrabu'

	$h_E \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$					p_{rA}	p_{Pr}	$(1 - p_{Sp})$	$h_S \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$			
	FA			GU	FA/GU				FA		GU	
	SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀	SZ ₃₀₀	SZ _{30;100;300}				SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀	SZ ₃₀₀
g1	-	-	0.003	-	1.0	0.008	0.5	-	-	0.00001	-	
g2	-	0.01	0.003	0.003	1.0	0.009	0.5	-	0.00005	0.00001	0.00001	
g3	-	0.01	0.003	0.003	1.0	0.044	0.5	-	0.00022	0.00007	0.00007	
g4	0.033	0.01	0.003	0.003	1.0	0.044	0.5	0.00073	0.00022	0.00007	0.00007	
g5	-	0.01	0.003	0.003	1.0	0.044	0.5	-	0.00022	0.00007	0.00007	
g6	-	0.01	0.003	0.003	1.0	0.010	0.5	-	0.00005	0.00002	0.00002	
g7	-	-	0.003	0.003	1.0	0.008	0.5	-	-	0.00001	0.00001	

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENHÄUFIGKEIT:

h_E Eintretenshäufigkeit:

SZ_{30} : $h_E = \frac{1}{30 \text{ Jahre}} = 0.033 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{100} : $h_E = \frac{1}{100 \text{ Jahre}} = 0.01 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{300} : $h_E = \frac{1}{300 \text{ Jahre}} = 0.003 \frac{1}{\text{Jahr}}$
---	--	---

p_{rA} Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit:

$p_{rA} = 1.0$ (Schätzung für alle Szenarien beider Lawinenzüge).

p_{Pr} Präsenzwahrscheinlichkeit:

$$p_{Pr} = \frac{\text{Zeit pro Tag mit Zugdurchfahrt}}{24h} = \frac{F_Z \times (g + L_Z)}{v \times f}$$

$$p_{Pr} = \frac{F_Z \times \frac{2}{60} h}{24h}$$

	F_Z [Anzahl]	g [m]	L_Z [m]	v km/h	f [h]	P_{Pr}
g1	32	60	120	30	24'000	0.008
g2	32	15	120	20	24'000	0.009
g3	32	60	Aufenthalt des Zuges: ~2 Minuten			0.044
g4	32	65	Aufenthalt des Zuges: ~2 Minuten			0.044
g5	32	50	Aufenthalt des Zuges: ~2 Minuten			0.044
g6	32	30	120	20	24'000	0.010
g7	32	50	120	30	24'000	0.008

F_Z Zugfrequenz:

32 Züge pro 24h (Daten von 1997 gemäss BVZ, Brig)

g Gefährdete Streckenabschnitte $g1$ bis $g7$:

Masse aus der Schutzdefizit-Karte Abbildung 1.29 (Seite 83).

L_Z Mittlere Zuglänge (Daten von 1997 gemäss BVZ, Brig):

- November/Dezember: 1 Lokomotive + 3 Wagen = 80m
 - Januar bis April: 1 Lokomotive + 7 Wagen = 160m
- Mittlere Zuglänge $L_Z \approx$ 1 Lokomotive + 5 Wagen = **120m**

v Mittlere Fahrgeschwindigkeit:

Auf dem Streckenabschnitt $g4$ befindet sich die Station 'Herbruggen'. Der Zug hält bei der Station ca. 2 Minuten; dabei befindet er sich auf den Streckenabschnitten $g3$, $g4$ und $g5$. Wir schätzen die Geschwindigkeit des Zuges auf den Streckenabschnitten $g2$ und $g6$ mit 20 km/h und auf $g1$ und $g7$ mit 30 km/h.

p_{Sp} Sperrungswahrscheinlichkeit:

Die Vorwarnzeit ist mit 12h genügend gross, um die Bahnlinie rechtzeitig zu sperren. Die Lawinengefährdung kann aber nicht immer mit Sicherheit vorausgesagt werden, deshalb schätzen wir $p_{Sp} = 0.5$.

S Schadenausmass: $S = \lambda_{DT} \times \beta^* + \lambda_{K/E} \times \beta$

Zahl der Todesfälle im Zug:

	λ_{DT}				β^*	$\lambda_{K/E}$	β	S <small>Anzahl Todesfälle Schadeneignis</small>			
	FA		GU					FA		GU	
	SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀	SZ ₃₀₀				SZ ₃₀	SZ ₁₀₀	SZ ₃₀₀	SZ ₃₀₀
<i>g1</i>	-	-	0.1	-	25	0.0	50	-	-	2.5	-
<i>g2</i>	-	0.1	0.3	0.1	6	0.0	50	-	0.6	1.8	0.6
<i>g3</i>	-	0.3	0.3	0.1	25	0.0	50	-	7.5	7.5	2.5
<i>g4</i>	0.1	0.3	0.3	0.1	27	0.0	50	2.7	8.1	8.1	2.7
<i>g5</i>	-	0.3	0.3	0.1	21	0.0	50	-	6.3	6.3	2.1
<i>g6</i>	-	0.1	0.3	0.1	12	0.0	50	-	1.2	3.6	1.2
<i>g7</i>	-	-	0.1	0.1	21	0.0	50	-	-	2.1	2.1

FA: Lawine 'Fallzug'
GU: Lawine 'Guggigrabu'

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENAUSMASS:

λ_{DT} Letalität bei Direkttreffer (gemäss Teil I, Seite 77):

- bei mittlerer Intensität: $\lambda_{DT} = 0.1$
- bei starker Intensität: $\lambda_{DT} = 0.3$

β^* Anzahl effektiv gefährdeter Personen:

$$\beta^* = \frac{\beta \times g}{L_Z}$$

	β [Personen]	g [m]	L_Z [m]	β^* [Personen]
<i>g1</i>	50	60	120	25
<i>g2</i>	50	15	120	6
<i>g3</i>	50	60	120	25
<i>g4</i>	50	65	120	27
<i>g5</i>	50	50	120	21
<i>g6</i>	50	30	120	12
<i>g7</i>	50	50	120	21

$\lambda_{K/E}$ Letalität bei Kollision/Entgleisung (gemäss Teil I, Seite 82):

Geländegegebenheiten bei den gefährdeten Streckenabschnitten:
ebenes Gelände → Normalfall → $\lambda_{K/E} = 0.0$

β Mittlerer Besetzungsgrad:

Während der Monate November bis April benützen insgesamt rund 145'000 Personen die Bahn (Daten von 1996 gemäss BVZ, Brig).
→ in beiden Richtungen während 6 Monaten: 290'000 Personen
→ pro Tag: 1'600 Personen (32 Züge)
→ pro Zug: 50 Personen

Objektrisiken $r_{i,j}$ und Kollektivrisiko R bei Direkttreffer: Todesfallrisiken pro Jahr, bezogen auf die Personen, die die gefährdeten Streckenabschnitte $g1$ bis $g7$ im Zug passieren, aufgrund eines Direkttreffers der Lawine 'Fallzug' (Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} , SZ_{300}) oder der Lawine 'Guggigrabu' (Szenario SZ_{300}).

Risikomatrix	Todesfallrisiko pro Jahr				
	$r_{i,j} = h_s \times S \left[\frac{\text{Anzahl Todesfälle}}{\text{Jahr}} \right]$				
	gefährdete Streckenabschnitte	'Fallzug'		'Guggigrabu'	beide Lawinenzüge
	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}	SZ_{300}	$SZ_{30;100;300}$
$g1$	–	–	0.00003	–	0.00003
$g2$	–	0.00003	0.00002	0.00001	0.00006
$g3$	–	0.00165	0.00053	0.00018	0.00236
$g4$	0.00197	0.00178	0.00057	0.00019	0.00451
$g5$	–	0.00138	0.00044	0.00015	0.00197
$g6$	–	0.00006	0.00007	0.00002	0.00015
$g7$	–	–	0.00002	0.00002	0.00004
Streckenabschnitte $g1$ bis $g7$	0.00197	0.00490	0.00168	0.00057	$R = 0.00912$

r_{ind} Individuelles Todesfallrisiko: Wahrscheinlichkeit für eine Person, die die gefährdeten Streckenabschnitte **zweimal pro Tag** im Zug passiert, innerhalb eines Jahres infolge eines Unfalls durch Direkttreffer eines der untersuchten Szenarien umzukommen:

$$\left[\frac{\text{Todesfallwahrscheinlichkeit}}{\text{Jahr}} \right]$$

$$r_{i,j-ind} = \frac{\text{kollektives Todesfallrisiko}}{\text{Zugfrequenz} \times \text{mittlerer Besetzungsgrad}} \times \text{Anzahl Fahrten pro Tag} = \frac{0.00912}{32 \times 50} \times 2 = 0.00001$$

Anmerkung:

Unfälle infolge Kollision mit abgelagertem Material auf den Geleisen sind in diesem Fallbeispiel nicht wahrscheinlich: Diese Unfälle sind hier vermeidbar durch Warnung des Lokführers; zudem kann der Lokführer – wegen geringer Fahrgeschwindigkeit und genügender Sichtweite - den Zug vor der Gefahrenstelle rechtzeitig anhalten.

INTERPRETATION DER RESULTATE**Kollektives Todesfallrisiko**

→ **pro Schadenereignis:** Ein Schadenereignis des Szenarios SZ_{30} der Lawine 'Fallzug' verursacht auf dem gefährdeten Streckenabschnitt $g4$ im Mittel 2.7 Todesopfer; das Schadenereignis tritt mit einer relativen Häufigkeit von 0.00073 pro Jahr ein. Ein Schadenereignis des Szenarios SZ_{100} der Lawine 'Fallzug' verursacht ... (usw.)

Man kann die szenarienspezifischen Todesfallrisiken pro Schadenereignis im Häufigkeits-Ausmass-Diagramm (Abbildung 43 im Teil I, Seite 105) als Punkte eintragen und so das Kollektivrisiko als Funktion von $[h_S; S]$ darstellen. Aus der Lage der Punkte bezüglich einer festzulegenden Akzeptabilitätslinie bestimmt man die Tragbarkeit des Kollektivrisikos.

→ **pro Jahr:** Aufgrund der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} der Lawine 'Fallzug' und des Szenarios SZ_{300} der Lawine 'Guggigrabu' ist, bezogen auf die gefährdeten Streckenabschnitte $g1$ bis $g7$, im Mittel mit 0.009 Todesopfern pro Jahr zu rechnen.

Das höchste Risiko (0.0049 Todesopfer pro Jahr) geht vom 100-jährlichen Szenario der Lawine 'Fallzug' aus. Am meisten gefährdet ist der Streckenabschnitt $g4$ mit 0.0045 Todesopfern pro Jahr (Bereich der Station 'Herbruggen'). Das Risiko aufgrund der Lawine 'Fallzug' ist 15-mal grösser als das Risiko aufgrund der Lawine 'Guggigrabu'.

Individuelles Todesfallrisiko

Das individuelle Todesfallrisiko einer Person, die die gefährdeten Streckenabschnitte zweimal pro Tag im Zug passiert, beträgt 0.00001 ($=10^{-5}$) pro Jahr. Dies entspricht der Wahrscheinlichkeit für eine Person, durch einen Brand in einem Gebäude umzukommen. Gemäss dem vorgeschlagenen Grenzwert in Abbildung 42 im Teil I (Seite 103) liegt dieser Wert noch im Akzeptanzbereich für "unfreiwillige" Risiken.

Anmerkung

Die Resultate der Risikoanalyse sind mit Unschärfen behaftet. Die Risiken sind deshalb keine absolute Grössen, wir müssen sie immer im Zusammenhang mit der Streuung der Variablen betrachten, mit denen wir die Risiken ermittelt haben. Siehe dazu Teil I, Kapitel 6. Unschärfen der quantitativen Risikoanalyse (Seiten 99f).

Gefährdung: ←
Überschwemmung

Fallbeispiel Sonderobjekt ARA: monetäres Risiko

Abbildung 1.30 zeigt die Gefahrenkarte im Bereich der ARA St. Niklaus. Die Ereignisse des 30-, 100- und 300-jährlichen Ereignisses des Murganges 'Ritigraben' stauen die Matternvispa und führen zu einer Überschwemmung des Flusses. Die Überschwemmung gefährdet die ARA St. Niklaus. Das Wirkungsgebiet des 30-jährlichen Szenarios entspricht dem Murgangereignis vom 24. September 1993. Die durch dieses Ereignis verursachte Überschwemmung setzte die ARA St. Niklaus vollständig unter Wasser und richtete hohen Schaden an.

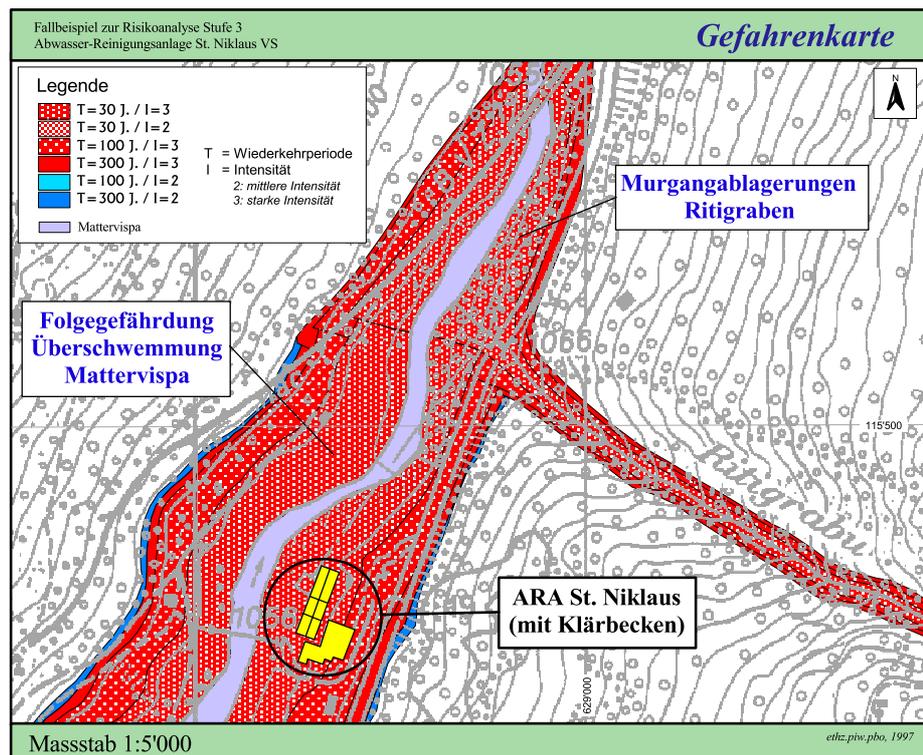


Abbildung 1.30:
Gefahrenkarte des Murganges 'Ritigraben' und der Folgegefährdung Überschwemmung 'Matternvispa' im Bereich der ARA St. Niklaus VS.

METHODISCHES VORGEHEN

Ergänzen der Gefahrenanalyse (Teil I: Seiten 58-60)

p_{rA} **Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit** der Überschwemmung 'Matternvispa' bei der ARA St. Niklaus: Ist die Matternvispa durch Ablagerungen des Murganges 'Ritigraben' gestaut, dann beträgt die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit $p_{rA} = 1.0$. Die massgebende räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit entspricht also der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit des Murganges 'Ritigraben' beim Standort der ARA.

Die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit des Murganges 'Ritigraben' beim Standort der ARA beträgt

- für das Szenario SZ_{30} : $p_{rA} = 1.0$ (Annahme, dass das 30-jährliche Szenario das aktuelle Gerinne nicht verlässt).
- für das Szenario SZ_{100} : $p_{rA} = 0.33$ (=Summe der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten der Unterszenarien III und IV gemäss dem Ereignisbaum Abbildung 1.28, Seite 79).
- für das Szenario SZ_{300} : $p_{rA} = 0.19$ (=Summe der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeiten der Unterszenarien III und IV gemäss dem Ereignisbaum Abbildung 1.28, Seite 79).

T_{sA} **Saisonales Auftreten:** In Bezug auf das monetäre Objektrisiko nicht relevant, da das Objekt der Gefährdung ganzjährig ausgesetzt ist.

T_{vW} **Vorwarnzeit:** In Bezug auf das monetäre Objektrisiko nicht relevant, da die Schäden durch die Vorwarnzeit nicht vermindert sind.

Bestimmen des monetären Objektrisikos $r_{i,j}$ (Teil I: Seiten 84-89)

h_S Schadenhäufigkeit: $h_S = h_E \times p_{rA}$

SZ_{30} : $h_S = \frac{0.033}{\text{Jahr}} \times 1.0 = 0.033 \frac{1}{\text{Jahr}}$

SZ_{100} : $h_S = \frac{0.01}{\text{Jahr}} \times 0.33 = 0.0033 \frac{1}{\text{Jahr}}$

SZ_{300} : $h_S = \frac{0.003}{\text{Jahr}} \times 0.19 = 0.0006 \frac{1}{\text{Jahr}}$

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENHÄUFIGKEIT:

h_E Eintretenshäufigkeit:

SZ_{30} : $h_E = \frac{1}{30\text{Jahre}} = 0.033 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{100} : $h_E = \frac{1}{100\text{Jahre}} = 0.01 \frac{1}{\text{Jahr}}$	SZ_{300} : $h_E = \frac{1}{300\text{Jahre}} = 0.003 \frac{1}{\text{Jahr}}$
---	--	---

p_{rA} **Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit:** Siehe oben.

S Schadenausmass: $S = (1 + f_A) \times S_{St} + S_{Ih}$

Erwartetes Ausmass eines Schadenereignisses in Franken:

$S = (1 + 0.0) \times Fr. 533'000.- + Fr. 730'000.- = Fr. 1'263'000.-$

Wir gehen davon aus, dass die Ereignisse der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} ein gleich grosses Schadenausmass verursachen, da diese jeweils mit starker Intensität auftreten. Das Schadenausmass leiten wir her aus den Schadendaten des Ereignisses vom 24. September 1993 (Angaben der Versicherung). Zusätzlich zu den Schäden am Gebäude und an der Fahrhabe entstanden damals auch Schäden am Grundstück in der Höhe von Fr. 348'000.-. Das totale Schadenausmass beträgt demnach:

$S = Fr. 1'263'000.- + Fr. 348'000.- = Fr. 1'611'000.-$

HERLEITUNG DER RISIKOFAKTOREN SCHADENAUSMASS:

(Das Schadenausmass konnte aus den Schadendaten der Versicherung hergeleitet werden. Wir zeigen hier auf, wie man aus diesen Daten die Schadenempfindlichkeit der Gebäudestruktur und des Gebäudeinhaltes herleitet.)

f_A Faktor für Gebäudeabbruchkosten:

Ein Abbruch des Gebäudes ist nicht wahrscheinlich: $f_A = 0.0$

S_{St} Schadenausmass Gebäudestruktur:

$$S_{St} = W_{St} \times SE_{St} = Fr. 7'330'000.- \times 0.07 = Fr. 533'000.-$$

W_{St} Strukturwert des Gebäudes:

$W_{St} = Fr. 7'330'000.-$ (Versicherungswert)

SE_{St} Schadenempfindlichkeit Gebäudestruktur:

Das Schadenereignis vom 24. September 1993 verursachte an der Gebäudestruktur einen Schaden in der Höhe von Fr. 533'000.- (Schadendaten der Versicherung). Die Schadenempfindlichkeit beträgt folglich:

$$SE_{St} = \frac{S_{St}}{W_{St}} = \frac{Fr. 533'000.-}{Fr. 7'330'000.-} = 0.07$$

S_{Ih} Schadenausmass Gebäudeinhalt:

$$S_{Ih} = W_{Ih} \times SE_{Ih} = Fr. 1'175'000.- \times 0.62 = Fr. 730'000.-$$

W_{Ih} Inhaltswert des Gebäudes:

$W_{Ih} = Fr. 1'175'000.-$ (Versicherungswert)

SE_{Ih} Schadenempfindlichkeit Gebäudeinhalt (Fahrhabe):

Das Schadenereignis vom 24. September 1993 verursachte am Gebäudeinhalt einen Schaden in der Höhe von Fr. 730'000.- (Schadendaten der Versicherung). Die Schadenempfindlichkeit beträgt folglich:

$$SE_{Ih} = \frac{S_{Ih}}{W_{Ih}} = \frac{Fr. 730'000.-}{Fr. 1'175'000.-} = 0.62$$

$r_{i,j}$ Objektrisiko: Monetäres Risiko, bezogen auf die ARA St. Niklaus aufgrund der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} der Überschwemmung 'Mattervispa' (als Folgegefährdung der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} des Murganges 'Ritigraben').

Risikomatrix	Monetäres Objektrisiko pro Ereignis			Monetäres Objektrisiko pro Jahr				
	$h_S \left[\frac{1}{\text{Jahr}} \right]$			S [Franken]	$r_{i,j} = h_S \times S \left[\frac{\text{Franken}}{\text{Jahr}} \right]$			
	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}	$SZ_{30;100;300}$	SZ_{30}	SZ_{100}	SZ_{300}	$SZ_{30;100;300}$
ARA St. Niklaus	0.033	0.0033	0.0006	1'611'000	53'700	5'300	1'000	60'000

Anmerkung:

Neben dem monetären Objektrisiko besteht bei der ARA St. Niklaus auch ein ökologisches Folgerisiko: Die Überschwemmung kann giftige Abfälle freisetzen und damit die Umwelt gefährden. Gemäss der Störfallverordnung (StFV 1991, SR 814.012) gelten bestimmte Abfälle der Abwasserreinigung als Sonderabfälle. Übertreffen die Mengen der Sonderabfälle der ARA St. Niklaus die Mengenschwellen für Sonderabfälle gemäss Anhang 1.1 der Störfallverordnung, so können die Behörden die Gemeinde verpflichten, das ökologische Risiko der ARA zu untersuchen.

INTERPRETATION DER RESULTATE**Objektrisiko**

→ **pro Schadenereignis:** Ein Schadenereignis des Szenarios SZ_{30} , SZ_{100} oder SZ_{300} des Murganges 'Ritigraben' verursacht (durch die Folgegefährdung Überschwemmung 'Mattervispa') an der ARA St. Niklaus, im Mittel Fr. 1'611'000.- Franken Sachschaden; das Schadenereignis des Szenarios SZ_{30} tritt mit einer relativen Häufigkeit von 0.033 (pro Jahr) ein, jenes des Szenarios SZ_{100} mit 0.0033 (pro Jahr) und jenes des Szenarios SZ_{300} mit 0.0006 (pro Jahr).

Man kann die szenarienspezifischen Objektrisiken pro Schadenereignis im Häufigkeits-Ausmass-Diagramm (Abbildung 43 im Teil I, Seite 105) als Punkte eintragen und so das gesamte Objektrisiko (Risiko aufgrund aller Szenarien) als Funktion von $[h_S; S]$ darstellen. Aus der Lage der Punkte bezüglich einer festzulegenden Akzeptabilitätslinie bestimmt man die Tragbarkeit des gesamten Objektrisikos.

→ **pro Jahr:** Aufgrund der Szenarien SZ_{30} , SZ_{100} und SZ_{300} des Murganges 'Ritigraben' und der Folgegefährdung Überschwemmung 'Mattervispa' ist, bezogen auf die ARA St. Niklaus, im Mittel mit Fr. 60'000.- Sachschaden pro Jahr zu rechnen.

Das höchste Risiko (Fr. 53'700.- pro Jahr) geht vom 30-jährlichen Szenario aus. Das Risiko des 100- und des 300-jährlichen Szenarios ist, wegen der viel kleineren Schadenhäufigkeit, zusammen zu nur 10% am gesamten Objektrisiko pro Jahr beteiligt.

Anmerkung

Die Resultate der Risikoanalyse sind mit Unschärfen behaftet. Die Risiken sind deshalb keine absolute Grössen, wir müssen sie immer im Zusammenhang mit der Streuung der Variablen betrachten, mit denen wir die Risiken ermittelt haben. Siehe dazu Teil I, Kapitel 6. Unschärfen der quantitativen Risikoanalyse (Seiten 99f).

2. FALLBEISPIELE ZUR RISIKOANALYSE IN ENNENDA GL

2.1 Einleitung

Bereits vor dem Start des Projektes "Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren" wurden innerhalb des Pilotprojektes "Gefahrenkarte Ennenda" erste Ansätze für Risikobetrachtungen erarbeitet. Die Gemeinde Ennenda im Kanton Glarus diente dem Kanton als Pilotgemeinde für die Erstellung von Naturgefahrengrundlagen. Da das Ingenieur- & Photogrammetriebüro R. Bart an der Bearbeitung des Pilotprojektes "Gefahrenkarte Ennenda" massgeblich beteiligt war, bot sich dieses Fallbeispiel als Ideallösung für eine methodische Weiterentwicklung an. Anfangs konnte das Projekt "Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren" von den Vorarbeiten im Pilotprojekt Ennenda profitieren, mit Beginn des BUWAL Projektes wurden die weiterführenden Untersuchungen zur Risikoanalyse über das neue Projekt abgewickelt, woraus später das Pilotprojekt "Gefahrenkarte Ennenda" Nutzen ziehen konnte.

Die Gemeinde Ennenda bot sich auch aus fachlichen Gründen als günstiges Fallbeispiel an. Innerhalb des Siedlungsgebietes, welches auf Stufe Gefahrenkarte untersucht wurde, waren die Wassergefahren, Sturzprozesse und Lawinengefahren abzuklären. Die Risikoanalyse musste sich demnach für verschiedene, völlig unterschiedliche Prozesse bewähren. Da innerhalb des Pilotprojektes "Gefahrenkarte Ennenda" nicht lediglich eine Methodik zu entwickeln war, sondern die Abklärungen und deren Ergebnisse der verantwortlichen Gemeindebehörde vorgelegt werden mussten, konnte deren Praxistauglichkeit systematisch überprüft werden. Ein weiterer Vorteil lag darin, dass beim Fallbeispiel "Ennenda" die bereits zu Beginn gewählte Art der Gefahrenabklärungen es erlaubte, die erarbeiteten Grundlagen auch für die Risikoanalyse zu nutzen. So war es möglich, die Intensitätskarten als Arbeitsgrundlage für die Beurteilung der Gefährdungen im Rahmen dieses Pilotprojektes zu entwickeln und zu testen.

Die verschiedenen Gefahrengrundlagen müssen sich in der Gemeinde bei der Umsetzung der Gefahrenkarte in die Nutzungsplanung ab sofort auch praktisch bewähren. Für das Projektteam erwies es sich auch als günstig, dass die Vertreter des Kantons Glarus und auch diejenigen der Gemeinde Ennenda ein "offenes Ohr" für die Suche nach neuen, methodischen Ansätzen hatten. So unterstützte Kreisförster Th. Rageth, Verantwortlicher für den Bereich Naturgefahren im Kanton Glarus, die Neuentwicklungen immer tatkräftig. Mit seiner konstruktiven Kritik trug er wesentlich dazu bei, dass die entwickelte Methodik und deren Ergebnisse für die "Praxis" nachvollziehbar und anwendbar sind.

Als Mangel des Fallbeispiels mag erscheinen, dass lediglich Schutzdefizite und Objektrisiken, aber keine Kollektivrisiken berechnet wurden. Dies kann einerseits mit der bis jetzt noch ausgebliebenen Planung baulicher Schutzmassnahmen begründet werden. Kollektivrisiken weisen hinsichtlich der ökonomischen Rechtfertigung von solchen Massnahmen ihre grösste Bedeutung auf. Andererseits ergaben sich mit der Struktur der im GIS generierten Daten Probleme, deren Behebung sich für das Fallbeispiel als zu aufwendig erwiesen.

2.2 Systemabgrenzung

2.2.1 Geographische Systemgrenzen

Der Perimeter des betrachteten Untersuchungsgebietes umfasst die gesamte Fläche der politischen Gemeinde Ennenda.

2.2.2 Inhaltliche Systemgrenzen

a) Gefahrenquellen

Der gesamte Perimeter wurde in Objektkategorien unterteilt (vgl. Teil I, Tabelle 2). Die Objektkategorien werden zur Festlegung der Schutzziele und der Bearbeitungstiefe verwendet. Wo Objekte der Objektkategorien 3.x durch gravitative Naturgefahren gefährdet sind, wurden die massgebenden Gefahrenquellen lokalisiert und genauer untersucht. Dabei handelt es sich um folgende Quellen:

- Wasser/Murgang: 8 Runsen (Gefährdung durch Linth ist nicht berücksichtigt)
- Lawinen: 8 Lawinenzüge
- Sturz: gesamte orographisch rechtsseitige Talflanke als 1 Prozessquelle

Alle weiteren Gefahrenquellen, welche keine Gefährdung für Objekte der Objektkategorie 3.x darstellen, wurden nicht genauer untersucht.

b) Schadenarten

Die Risikoanalyse Stufe 1 wird mit Objektkategorien gemäss kant. Vorgehen Glarus durchgeführt. Die Risikoanalyse Stufe 2 betrachtet folgende Schadenarten:

- Personenschäden:
- Personen in Gebäuden, auf Verkehrsachsen und im Freien
⇒ Anzahl Todesopfer
- Sachschäden:
- Gebäudestruktur und -inhalt ⇒ Verlust von Sachwerten [Fr.]
 - Infrastrukturanlagen ⇒ Wiederherstellungskosten, Räumungskosten [Fr.]
 - Landwirtschaftlich genutzte Fläche ⇒ Ernteausfallkosten, Wiederherstellungskosten, Räumungskosten [Fr.]
 - Schutzwald (Waldbau B/C) ⇒ Ernteausfallkosten, Wiederherstellungskosten, Räumungskosten [Fr.]

2.3 Gefahrenanalyse und Szenarienbildung

2.3.1 Intensitätskarten

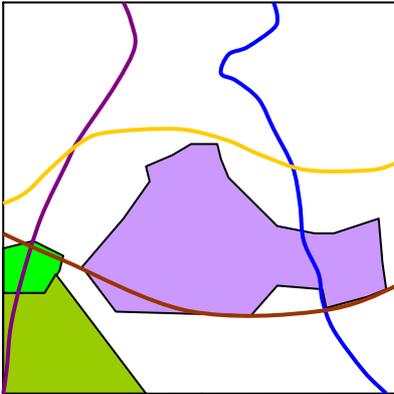
Bei der Erarbeitung der Gefahrenanalyse wurden die Richtlinien bzw. Empfehlungen der Fachstellen des Bundes berücksichtigt. Als Grundlage für die Erstellung der Gefahrenkarte dienten vorhandene Angaben zu Ereignissen, historische Aufzeichnungen, die Karte der Phänomene sowie Resultate aus Berechnungen und Modellierungen. Diese Grundlagen wurden in Intensitätskarten umgesetzt. Die Intensitätskarten zeigen die Umhüllende aller betrachteten Ereignisabläufe mit einer bestimmten Wiederkehrperiode T . Die auftretenden Intensitäten werden flächenhaft nach den Stufen der Bundesempfehlungen dargestellt. Die Intensitätskarten wurden nach Gefahrenquellen getrennt erstellt und in ein GIS übernommen. Notwendige Attribute für die weiteren Arbeiten sind der Intensitätscode und zusätzlich für die Risikoanalyse Stufe 2 die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit.

2.3.2 Gefahrenkarten

Überlagerung der Intensitätskarten zu einer Gefahrenkarte

Die Intensitätskarten wurden gemäss folgendem Beispiel zu je einer Gefahrenkarte pro Prozess verschnitten. Das Resultat sind drei Gefahrenkarten: Gefahrenkarte Wasser, Gefahrenkarte Lawine und Gefahrenkarte Sturz. Nachstehend wird am Beispiel eines Baches aufgezeigt, wie eine solche Gefahrenkarte für eine Gefahrenquelle erstellt wurde.

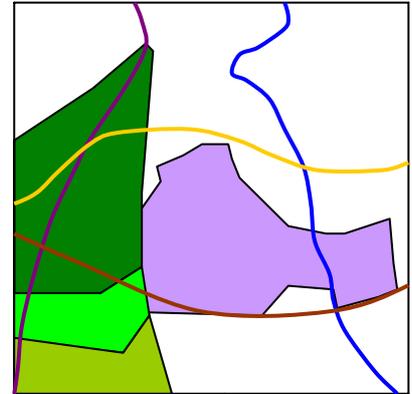
Intensitätskarte Bach A
häufige Ereignisse



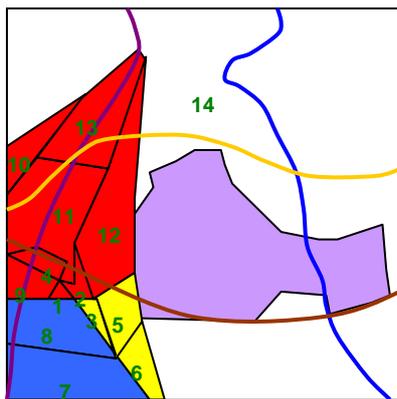
Intensitätskarte Bach A
seltene Ereignisse



Intensitätskarte Bach A
sehr seltene Ereignisse



Gefahrenkarte Bach A



Legende Intensitätskarte:

- geringe Intensität
- mittlere Intensität
- starke Intensität

Legende Gefahrenkarte:

- geringe Gefährdung
- mittlere Gefährdung
- erhebliche Gefährdung
- 1** Nummer der Teilfläche

Beim Verschneiden der drei Intensitätskarten werden alle Informationen bezüglich Prozessart, Gefahrenquelle, Intensität und Häufigkeitsklasse an jede Teilfläche der Gefahrenkarte weitergegeben.

So könnte beispielsweise die Tabelle dieser fiktiven Gefahrenkarte folgendermassen aussehen:

Nr. GK	Fläche [Aren]	Prozess	Gefahren- quelle	Intensität häufige Ereign.	Intensität seltene Ereign.	Intensität s. seltene Ereign.	Int'code Bach A	Gefahren- stufe	massgeb endes Ereignis
1	8	Wasser	Bach A	1	1	3	113	hoch	s. selten
2	13	Wasser	Bach A	0	1	3	013	hoch	s. selten
3	9	Wasser	Bach A	0	1	2	012	gering	selten
4	10	Wasser	Bach A	2	2	3	223	hoch	s. selten
i									

Analog zu diesem Beispiel werden alle Intensitätskarten eines Prozesses miteinander überlagert. In der Folge soll das konkrete Vorgehen am Beispiel des Gebietes Sturmingen (Gemeinde Ennenda) gezeigt werden. Der Informationsgehalt der einzelnen Tabellen musste aus Platzgründen stark reduziert werden. Die Informationen bezüglich Intensität und Häufigkeit werden für jede Gefahrenquelle in einer einzigen Spalte durch den dreistelligen Intensitätscode zusammengefasst, wobei die Stelle der Ziffer die Häufigkeit des Prozesses und der Zifferwert die Intensitätsklasse wiedergibt:

Stelle der Ziffer

1. Ziffer: häufige Ereignisse (Wiederkehrperiode 30 Jahre)
2. Ziffer: seltene Ereignisse (Wiederkehrperiode 100 Jahre)
3. Ziffer: sehr seltene Ereignisse (Wiederkehrperiode 300 Jahre)

Zifferwert

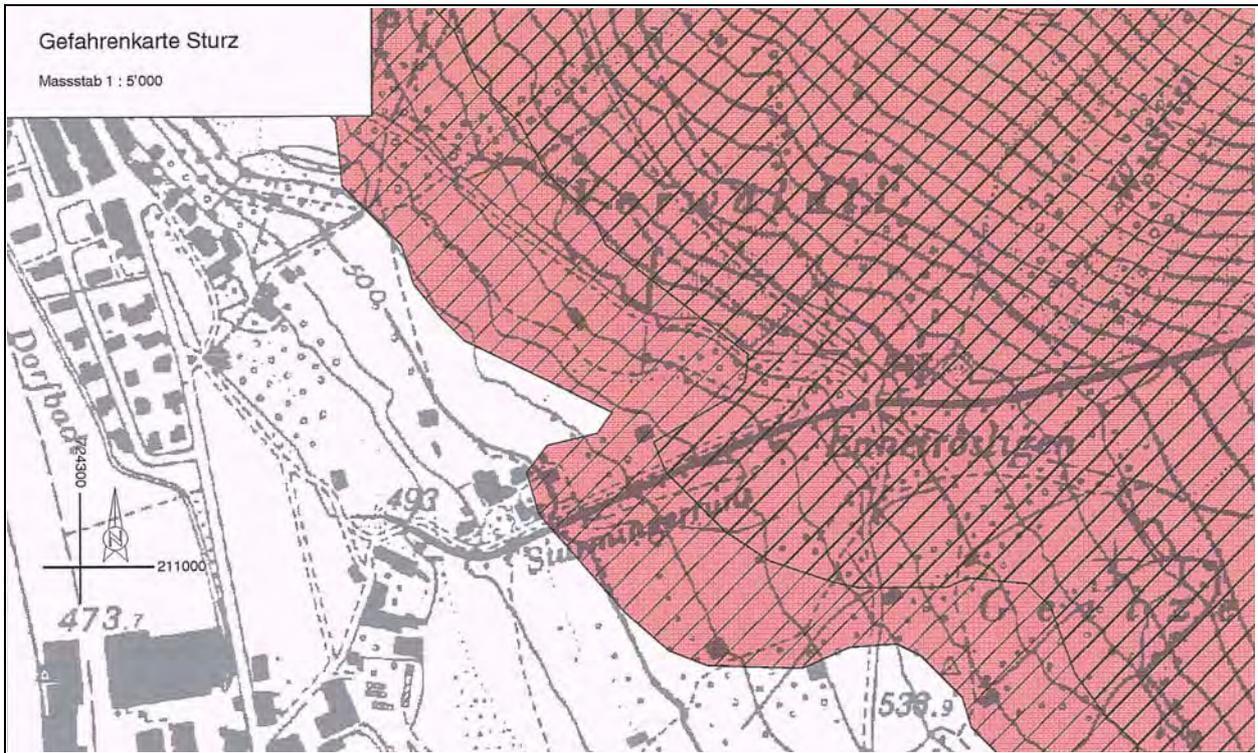
- 0 = keine Gefahrenwirkung
- 1 = schwache Intensität
- 2 = mittlere Intensität
- 3 = starke Intensität

Für die Verschneidung der einzelnen Karten wurde ein GIS verwendet. Bei einem solchen System wird in der Regel für die überlagerte Karte automatisch eine neue Tabelle erstellt, welche jeweils ein Schlüsselfeld der Eingangskarten enthält. Über dieses Schlüsselfeld können die Tabellen und somit sämtliche notwendigen Informationen der einzelnen Eingangskarten an die neue, überlagerte Karte angehängt werden, so dass jede entstandene Teilfläche sämtliche Information bezüglich Prozessart, Prozessquelle, Intensität und Häufigkeit enthält. Die Schlüsselfelder der folgenden Tabellen sind mit **grüner Schrift** markiert, so dass die verschiedenen Tabellenlinks besser nachvollziehbar sind.

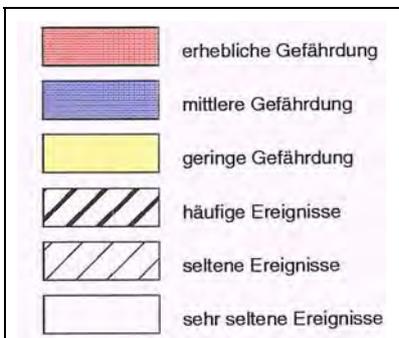
Das Vorgehen wird anhand der Prozessarten Sturz, Lawine und Wasser/ Murgang erläutert.

Anschliessend wurden die drei Gefahrenkarten miteinander verschnitten. Das Resultat ist eine synoptische Gefahrenkarte, welche in der zugehörigen Tabelle für jede Teilfläche die Informationen bezüglich Anzahl und Art der einwirkenden Prozessquellen sowie Intensität und Häufigkeit der Gefährdung angibt.

Gefahrenkarte Sturz



Legende



Die Einteilung der Gefahrenstufen richtet sich nach den Empfehlungen zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten (BUWAL, BWB, BRP 1997). Es wird zwischen drei Gefahrenstufen unterschieden, dargestellt durch die rote, blaue und gelbe Farbe.

Die Schraffur gibt an, welche Häufigkeitsklasse massgebend für die Gefährdung ist. Im oben abgebildeten Beispiel sind es v.a. häufige und seltene Ereignisse.

Auszug aus der Tabelle:

Nr.	Fläche	Int'code	Gef'stufe	mass.
GKS	[Aren]	Sturz		Ereignis
1	695	233	erheblich	selten
2	1779	000	kein	kein
3	1820	333	erheblich	häufig

GKS = Gefahrenkarte Sturz

Int'code = Intensitätscode

Gef'Stufe = Gefahrenstufe

mass. Ereignis = Häufigkeitsklasse, welche das massgebende Ereignis enthält

Interpretation Intensitätscode:

Stelle der Ziffer: Häufigkeit

Zifferwert: Intensität

Bsp. 233

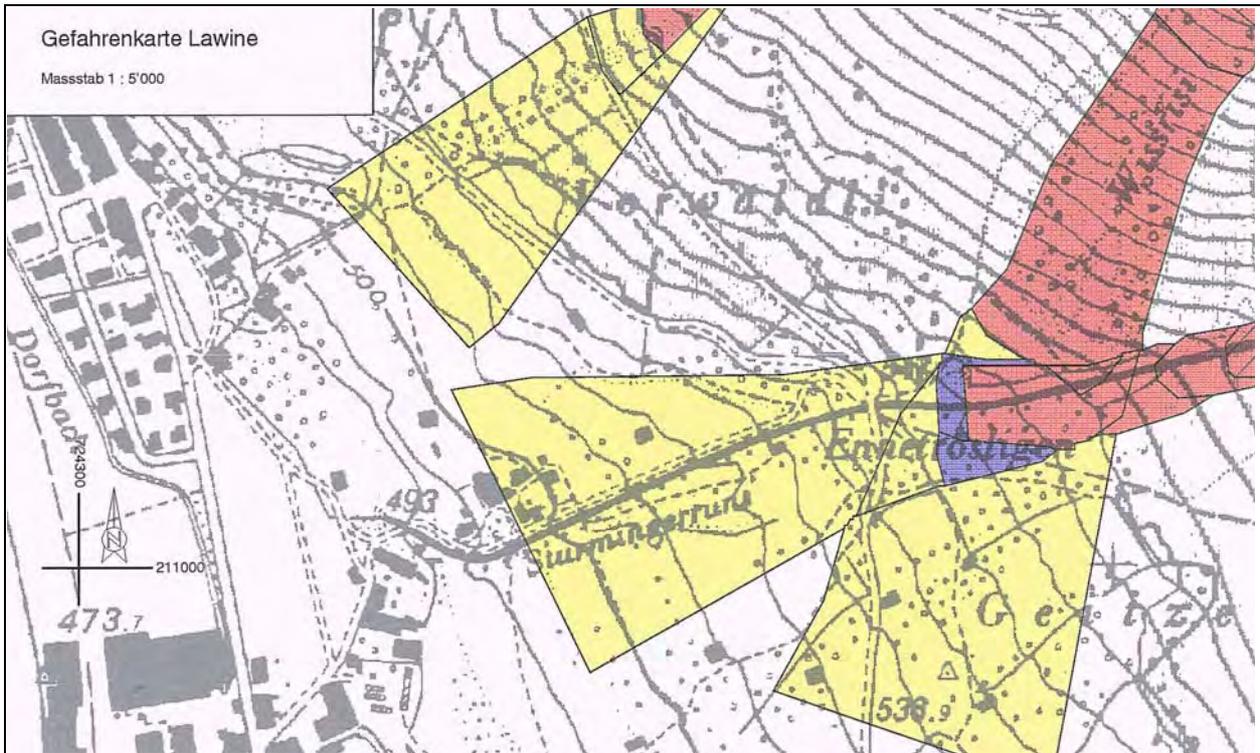
häufige Ereignisse: mittlere Intensität

seltene Ereignisse: starke Intensität

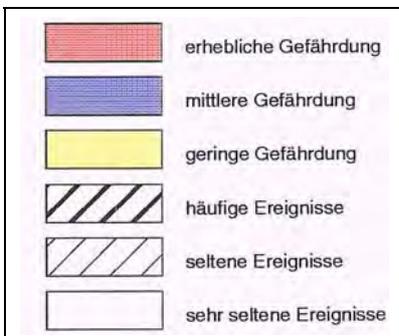
sehr seltene Ereignisse: starke Intensität

daraus folgt: die Gefährdung ist erheblich und seltene Ereignisse (starke Intensität) sind massgebend für die Gefährdung.

Gefahrenkarte Lawine



Legende



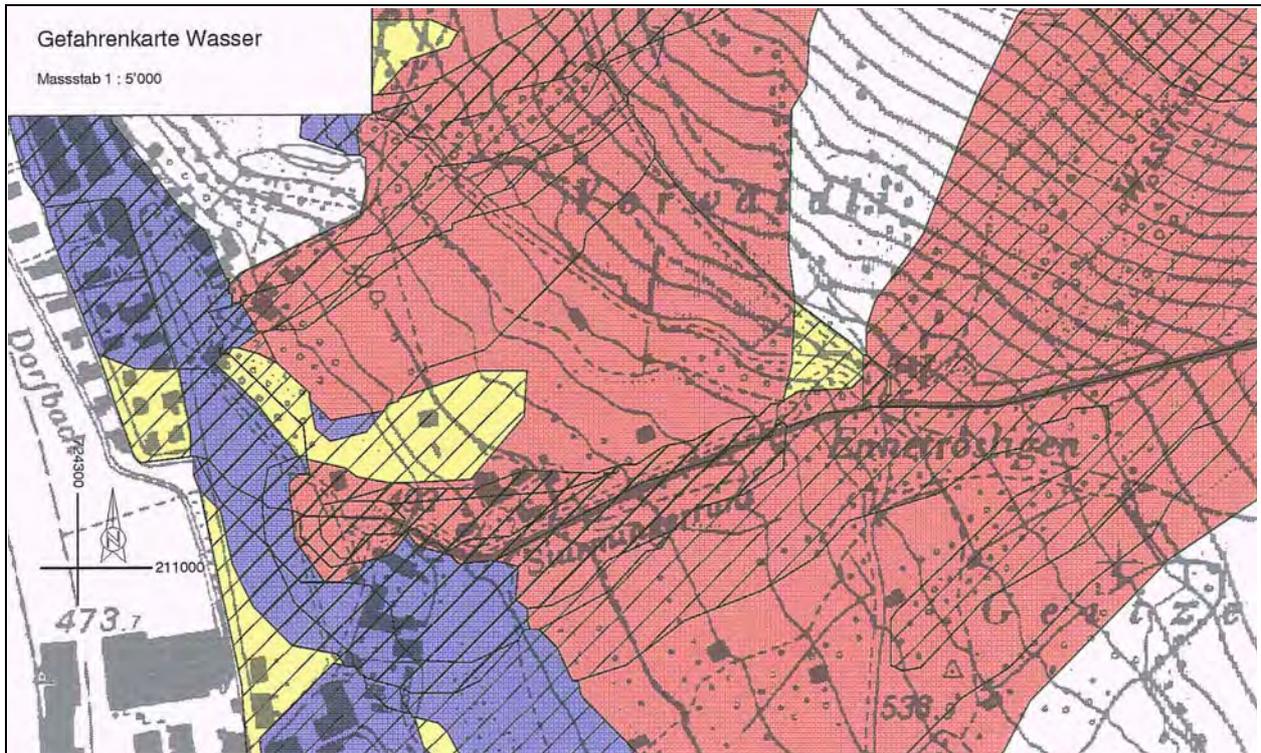
Die Einteilung der Gefahrenstufen richtet sich nach den 'Richtlinien zur Berücksichtigung der Lawinengefahr bei raumwirksamen Tätigkeiten' (BFF, EISLF 1984). Zusätzlich zu den 30- und 300-jährlichen Ereignissen wurden ebenfalls 100-jährliche Ereignisse betrachtet. Es wird zwischen drei Gefahrenstufen unterschieden, dargestellt durch die rote, blaue und gelbe Farbe.

Die Schraffur gibt an, welche Häufigkeitsklasse massgebend für die Gefährdung ist. Im Ausschnitt sind nur sehr seltene Prozesse massgebend.

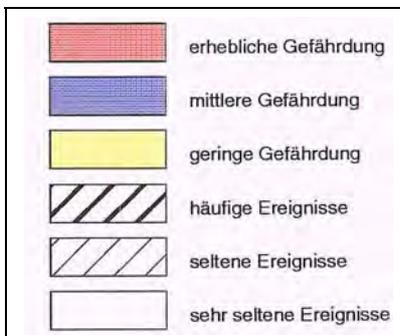
Auszug aus der Tabelle:

Nr. Gefahrenkarte Lawine	Fläche [Aren]	Intensitätscode Plattenlawi	Intensitätscode Stürming'lawi	Intensitätscode Wissrisilaw	Intensitätscode Lawine	Gefahrenstufe	massgebendes Ereignis
1	18	002	000	000	002	gering	sehr selten
2	234	001	000	000	001	gering	sehr selten
3	10	003	000	000	003	erheblich	sehr selten
4	2576	000	000	000	000	null	kein
18	7	000	033	000	033	erheblich	selten

Gefahrenkarte Wasser



Legende

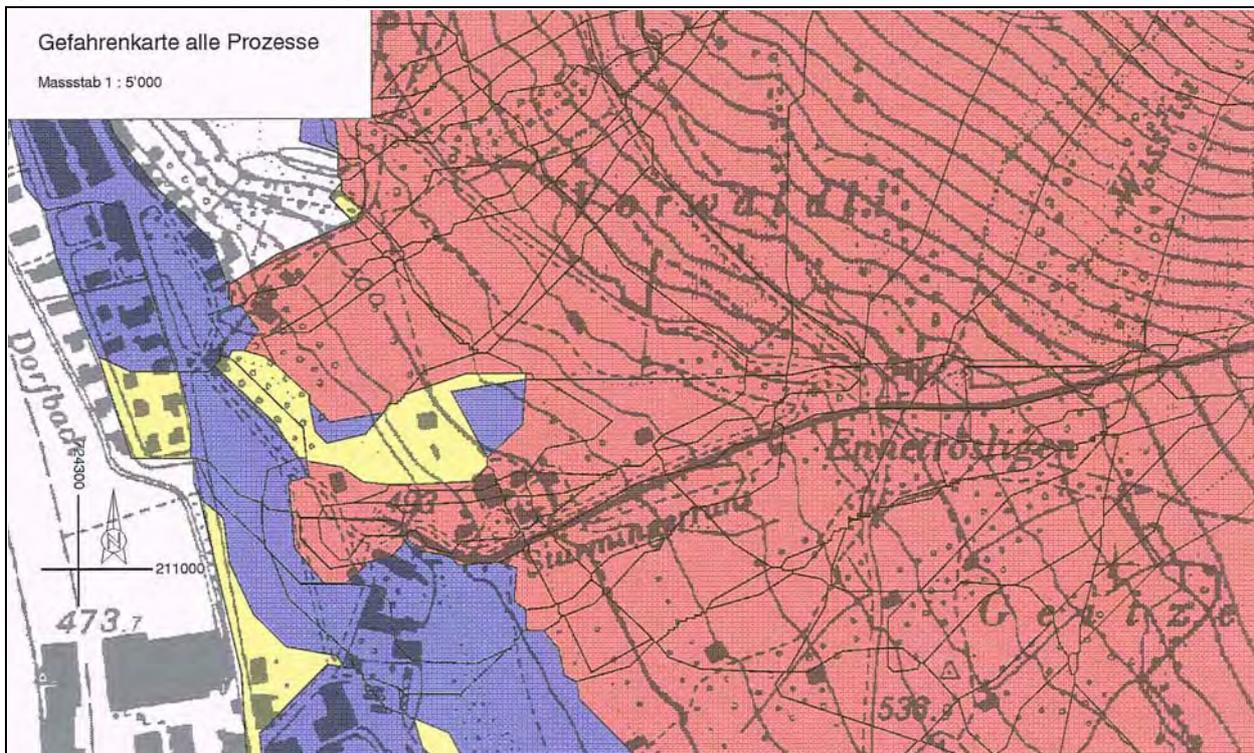


Die Einteilung der Gefahrenstufen richtet sich nach den Empfehlungen zur 'Berücksichtigung der Hochwassergefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten' (BWW, BRP, BUWAL 1996). Es wird zwischen drei Gefahrenstufen unterschieden, dargestellt durch die rote, blaue und gelbe Farbe.

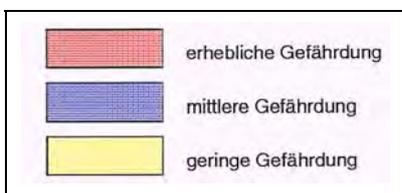
Auszug aus der Tabelle:

Nr. Gefahrenkarte Wasser	Fläche [Aren]	Intensitätscode Aetzgerunse	Intensitätscode Plattenrunse.	Intensitätscode Stürming'runse	Intensitätscode Wasser	Gefahrenstufe	massgebendes Ereignis
1	124	000	111	111	111	mittel	häufig
2	28	000	011	000	011	gering	seltene
3	411	000	000	000	000	null	kein
7	44	000	000	122	122	mittel	häufig
14	6	100	013	333	333	erheblich	häufig

Gefahrenkarte alle Prozesse



Legende



Die Tabelle zur Gefahrenkarte über alle Prozesse enthält für jeden Ort sämtliche Informationen bezüglich einwirkender Prozessart (**Wasser/Murgang**, **Lawine** und **Sturzprozesse**) Gefahrenquellen, Intensitäten und Häufigkeiten.

In der Tabelle grün markiert sind die Schlüsselfelder, über welche die Tabellen der Prozessgefahrenkarten an jene der synoptischen Gefahrenkarte verbunden werden.

Auszug aus der Tabelle:

Nr. GK	Fläche [Aren]	Nr. GKW	Int'code Aetzgenrunse	Int'code Plattenrunse	Int'code Sturmingrunse	Nr. GKL	Int'code Plattenlaurunse	Int'code Sturminglaurunse	Int'code wissrisilaurunse	Nr. GKS	Int'code Sturz	Int'code alle Prozesse
3	100	5	000	000	023	4	000	000	000	2	000	023
8	410	3	000	000	000	4	000	000	000	2	000	000
30	47	6	000	000	033	5	000	001	000	1	233	233
38	12	14	000	013	333	5	000	001	000	1	233	333
44	25	27	000	013	000	5	000	001	000	2	000	013

2.4 Risikoanalyse Stufe 1

2.4.1 Objektkategorien und Schutzziele

Die Objekte werden geordnet nach Sachwerten, Infrastrukturen und Naturwerten in Bezug auf ihren Schutzbedarf verschiedenen Kategorien zugewiesen. Die Präsenz von Menschen und Tieren ist implizit berücksichtigt. Die Hauptkategorien werden weiter unterteilt, um die Schutzziele besser differenzieren zu können. Jeder Kategorie wird unter Berücksichtigung des Schutzbedarfes ein Schutzziel zugewiesen. Ein Schutzziel beschreibt die generell akzeptierte Gefahrenerwirkung mit der Häufigkeit und der Intensität. Aus Tabelle 2, Teil I ist die gewählte Einteilung der Objekte und die Schutzzielzuweisung ersichtlich. Dabei handelt es sich um prov. Schutzziele des Kantons Glarus. Die Zuweisung der Schutzziele stellt auf Stufe 1 einen ersten Schritt der Risikobewertung dar.

2.4.2 Schutzdefizit-Ermittlung und Schutzdefizit-Bewertung

Ein Schutzdefizit liegt vor, wenn die Gefährdung höher ist als das vorgängig festgelegte Schutzziel. Für jedes Szenario wird das Schutzziel mit der Gefährdung verglichen. Übersteigt die einwirkende Intensität einer bestimmten Häufigkeitsklasse die akzeptierte Intensität, so besteht für das betrachtete Szenario ein Schutzdefizit. Gemäss Abbildung 8, Teil I wird dem Mass der Intensitätsüberschreitung ein Schutzdefizitwert zugeordnet. Die Summe aller Schutzdefizitwerte über alle Szenarien aller Gefahrenquellen ergibt den resultierenden Schutzdefizitwert. Die Zuordnung von Schutzdefizitwerten stellt auf Stufe 1 den zweiten Schritt der Risikobewertung dar.

Die so erhaltenen resultierenden Schutzdefizitwerte werden nun einer Klassierung unterworfen (vgl. Teil I, Seite 33). Jeder Wert kann schliesslich einer Klasse 'klein', 'mittel' oder 'gross' zugeordnet werden. Dies stellt der dritte Schritt der Risikobewertung auf Stufe 1 dar.

2.4.3 Objektkategorien- und Schutzdefizitkarte

In der Objektkategorienkarte werden die Objekte in Kategorien gruppiert als flächige, linienförmige oder punkthafte Raumelemente dargestellt. Die notwendigen Attribute sind die Objektkategorie sowie das zugehörige Schutzziel. Ein zusätzliches Attribut wird gesetzt, welches die Empfindlichkeit eines Objektes bezüglich der Prozessarten grob einstuft:

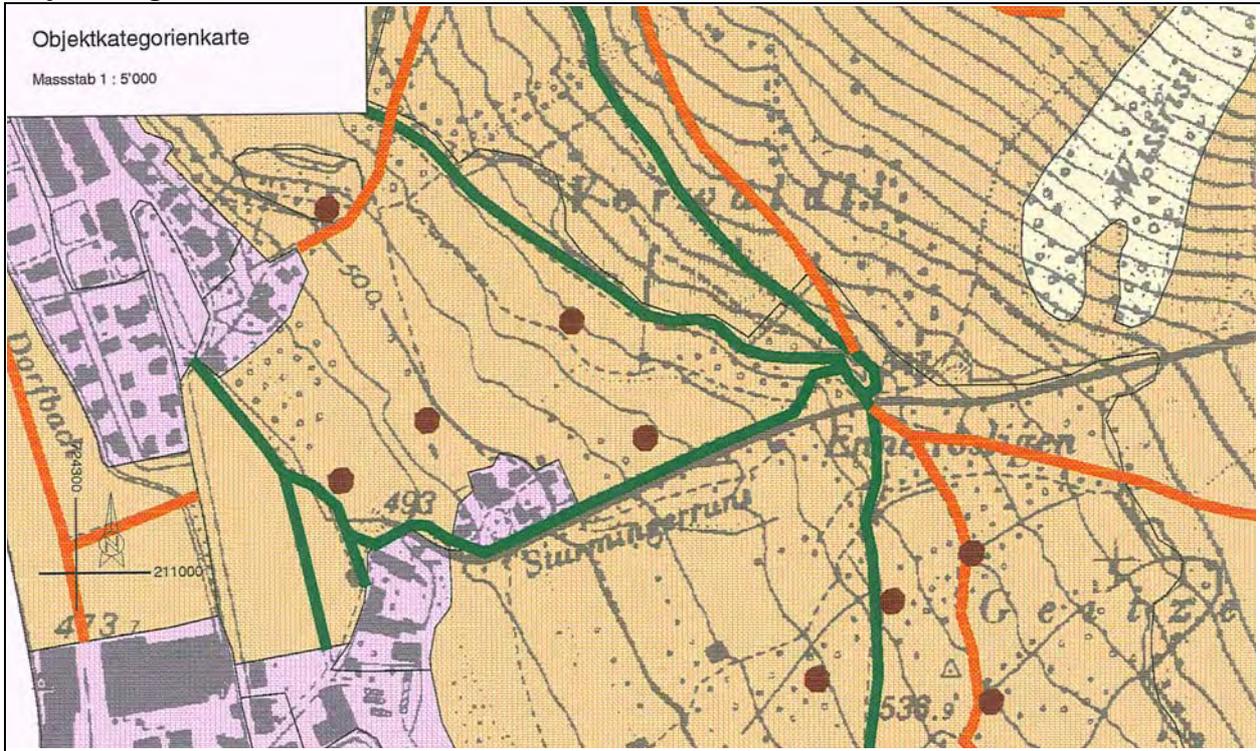
Code 1 ⇒ Das Objekt ist bezüglich aller Prozessarten empfindlich (Bsp. Objekte auf Terrain)

Code 2 ⇒ Das Objekt ist bezüglich Wasser und Rutschungen empfindlich (Bsp. Objekte unter Terrain)

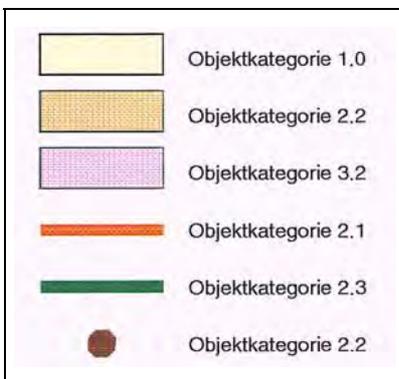
Code 3 ⇒ Das Objekt ist nur bezüglich Staublawinen empfindlich (Bsp. Hochspannungsleitung)

Die Ermittlung des Schutzdefizites erfolgt durch Verschneidung der synoptischen Gefahrenkarte (über alle Prozesse) mit der Objektkategorienkarte. Aus der Verschneidung resultiert die Schutzdefizitkarte. Dieses Vorgehen ist möglich, weil die Gefahrenkarte mit zugehöriger Tabelle alle Informationen bezüglich den einzelnen Prozessarten, Prozessquellen, Intensitäten und Häufigkeiten enthält. In der neu entstandenen Karte, der Schutzdefizitkarte, erkennt man für jeden Ort, welcher Objektkategorie er angehört sowie welche Prozesse mit den dazugehörigen Intensitäten und Häufigkeiten einwirken. Anschliessend kann das quantitative Schutzdefizit, welches summiert über alle Szenarien gebildet wird, in der Schutzdefizitkarte für jede Objektart farblich differenziert dargestellt werden.

Objektkategorienkarte



Legende



Die Objekte werden geordnet nach Sachwerten, Infrastrukturen und Naturwerten je nach Schutzbedarf verschiedenen Kategorien zugewiesen. Jeder Kategorie wird ein Schutzziel zugewiesen.

OKK = Objektkategorienkarte
(f) = Flächenobjekte
(l) = Linienobjekte
(p) = Punktobjekte

Obj'kat = Objektkategorie
S'ziel = Schutzziel
e = Empfindlichkeit der Objektart bezüglich einzelner Prozesse

Auszug aus der Tabelle:

Flächenobjekte

Nr. OKK (f)	Fläche [Aren]	Obj'-kat.	S'ziel	e
1	207	2.2	223	1
2	1986	2.2	223	1
3	121	3.2	001	1
5	121	3.2	001	1
7	66	3.2	001	1
17	1205	2.2	223	1

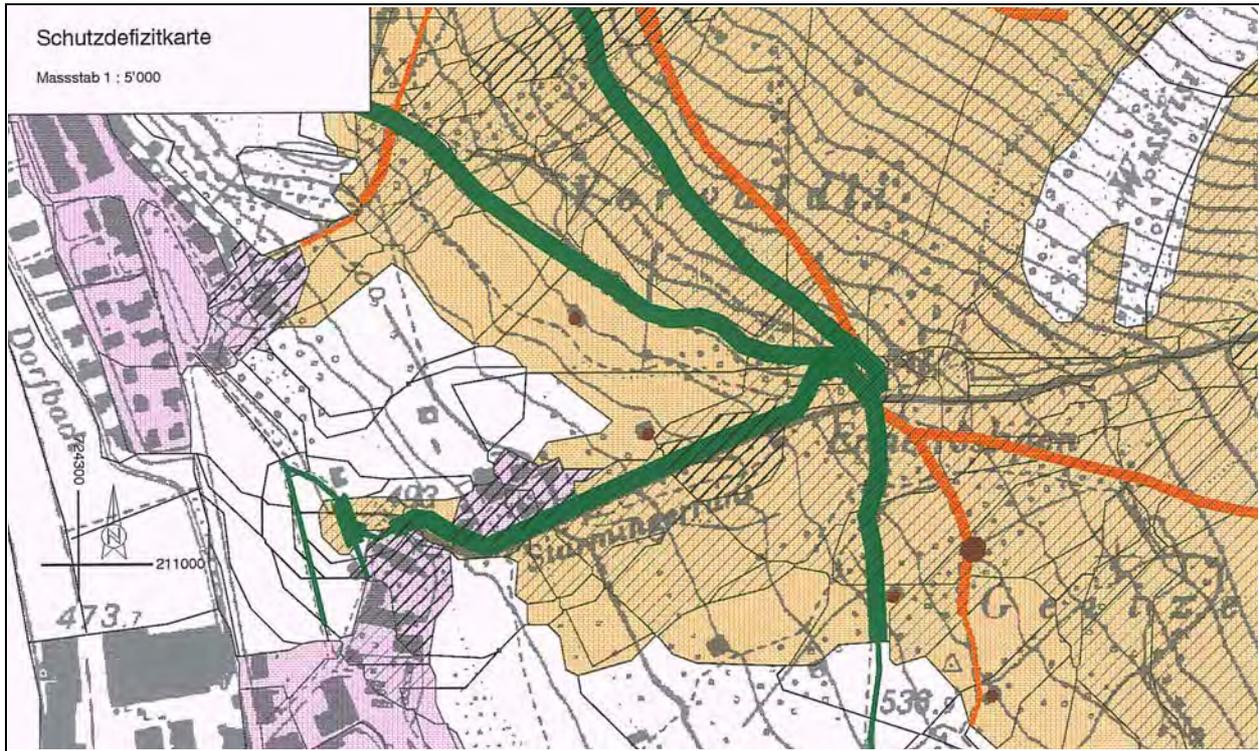
Linienobjekte

Nr. OKK (l)	Länge [m]	Obj'-kat.	S'ziel	e
1	807	2.3	112	1
2	251	2.3	112	1
4	217	2.1	223	1
5	94	2.1	223	1
8	89	2.3	112	1
9	62	2.1	223	1

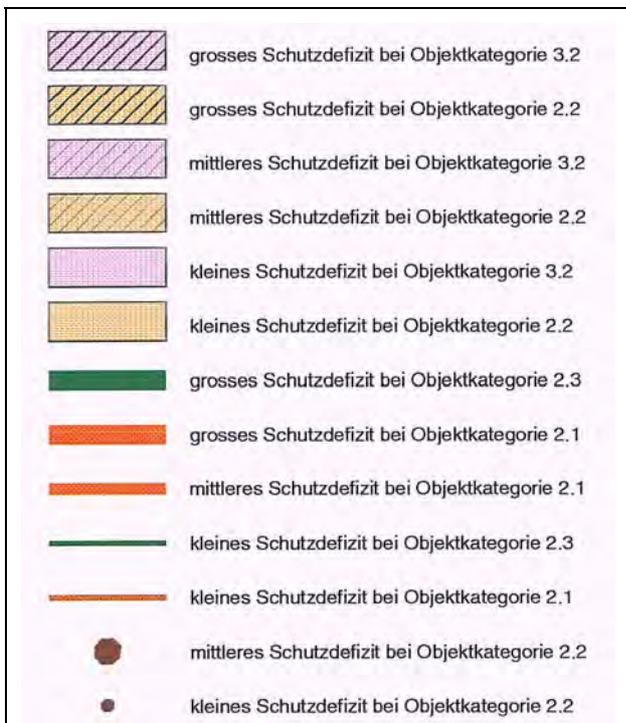
Punktobjekte

Nr. OKK (p)	x-Koord.	y-Koord.	Obj'-kat.	S'ziel	e
1	724479	211059	2.2	223	1
2	724537	211098	2.2	223	1
3	724635	211162	2.2	223	1
4	724684	211085	2.2	223	1
5	724798	210925	2.2	223	1
6	724849	210976	2.2	223	1

Schutzdefizitkarte



Legende



SK=Schutzdefizitkarte; f=Flächenobjekte, l=Linienobj, p=Punkt

GK=Gefahrenkarte

OKK=Objektkategorienkarte Obj'kat=Objektkategorie

Def'W=Schutzdefizit infolge Wassergefährdung; L=Lawine, S=Sturz

Def'tot=totales Schutzdefizit

Auszug aus der Tabelle für Flächenobjekte

Nr. SK(f)	Nr. GK	Nr. OKK	Fläche [Aren]	Obj' kat.	Def' W	Def' L	Def' S	Def' tot
4	5	1	173	2.2	8.0	0.0	17.0	25.0
170	35	2	207	2.2	0.0	0.0	17.0	17.0
7	40	16	45	2.2	8.0	0.0	8.0	16.0
98	46	5	31	3.2	5.0	0.0	0.0	5.0

Auszug aus der Tabelle für Linienobjekte

Nr. SK(l)	Nr. GK	Nr. OKK	Länge [m]	Obj' kat.	Def' W	Def' L	Def' S	Def' tot
26	4	1	80	2.3	43.0	0.0	36.0	79.0
107	10	3	60	2.3	0.0	0.0	36.0	36.0
32	67	11	30	2.3	11.0	0.0	0.0	11.0
57	1	11	26	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0

Ausschnitt aus der Tabelle für Punktobjekte

Nr. SK(p)	Nr. GK	Nr. OKK	Koord.	Obj' kat.	Def' W	Def' L	Def' S	Def' tot
3	16	3		2.2	0.0	0.0	8.0	8.0
5	2	5		2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
6	13	6		2.2	0.0	0.0	8.0	8.0
7	43	7		2.2	8.0	0.0	17.0	25.0

2.5 Risikoanalyse Stufe 2

2.5.1 Gefahrenanalyse

Analog zur Risikoanalyse Stufe 1 baut die Stufe 2 auf derselben Gefahrenanalyse auf. Die zu betrachtenden Gefährdungen werden nach ihrer Art, Intensität, Häufigkeit und Ausdehnung untersucht. Zusätzlich wird für jedes Szenario die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit bestimmt. Alle Informationen werden in der Gefahrenkarte, resp. in der dazugehörigen Tabelle abgelegt.

2.5.2 Objektarten und Objektartenkarte

Untersuchungseinheit auf Stufe 2 sind die zu Objektarten gruppierten Objekte. Diese Unterteilung wird verwendet, um die Empfindlichkeit der einzelnen Objekte gegenüber den einzelnen Prozessen und Intensitätsstufen zu berücksichtigen.

Auf Stufe 2 werden den einzelnen Objekten pauschale Werte bezüglich erwartetem Schadenausmass in Abhängigkeit des einwirkenden Prozesses und der Intensität sowie der Belegungsdichte zugewiesen. Diese Werte finden sich in Tabelle xx und können allenfalls den speziellen örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

Eine Anpassung der Objektarten kann weiter aus folgenden Aspekten sinnvoll sein:

- Anpassung an die örtlichen Verhältnisse zur möglichst genauen Erfassung des potentiellen Schadenausmasses
- Anpassung an die regionalen oder kantonalen Verhältnisse zum besseren Vergleich der verschiedenen Gefahrengebiete
- Anpassung an die Gliederung der Objektarten im Ereigniskataster mit dem Ziel einer allmählichen Verbesserung der Datengrundlagen

Analog der Objektkategorienkarten wurden im Fallbeispiel Flächen-, Linien und Punktobjekte verwendet. Das Attribut "Objektart" dient als Schlüsselfeld für alle weiteren Tabellenverknüpfungen, d.h. bei der Attributierung beschränkt sich der Aufwand alleine auf das Zuweisen der Objektart zum entsprechenden Raumelement.

In einer ersten Tabellenverknüpfung werden folgende Standardwerte über das Schlüsselfeld Objektart zugewiesen:

- Gebäudegrundfläche (F_{GF})
- Präsenzwahrscheinlichkeiten von Sachwerten (p_{Pr_Sach}) [ist in der Regel = 1]
- Präsenzwahrscheinlichkeiten von Personen (p_{Pr_Pers})

Diese Werte variieren aufgrund der speziellen örtlichen Gegebenheiten stark. Die tatsächlichen Verhältnisse werden gegebenenfalls durch Korrektur der Standardwerte berücksichtigt.

Folgende Tabelle zeigt einen Ausschnitt der Tabelle der Objektartenkarte. Rot markiert ist das Schlüssel-feld Objektart.

Nr. OAK (f)	Fläche [Aren]	Objektart	Bezeichnung der Objektart	ζ	P_{Pr_Sach}	P_{Pr_Pers}
1	207	al1	Ackerland	1	1	0.05
2	1986	al2	Wiesland	1	1	0.05
3	121	sw3	Mehrfamilienhauszone	0.25	1	0.75
4	2	sg	Gewerbezone	0.75	1	0.6
5	121	si	Industriezone	0.75	1	0.4
7	66	sw1	Siedlungskern	0.25	1	0.75
16	16	sw2	Ein-/Zweifamilienhauszone	0.5	1	0.75
17	1205	aw1	Schutzwald	1	1	0.05

ζ = Überbauungsziffer

P_{Pr_Sach} =
Präsenzwahrscheinlichkeiten
von Sachwerten

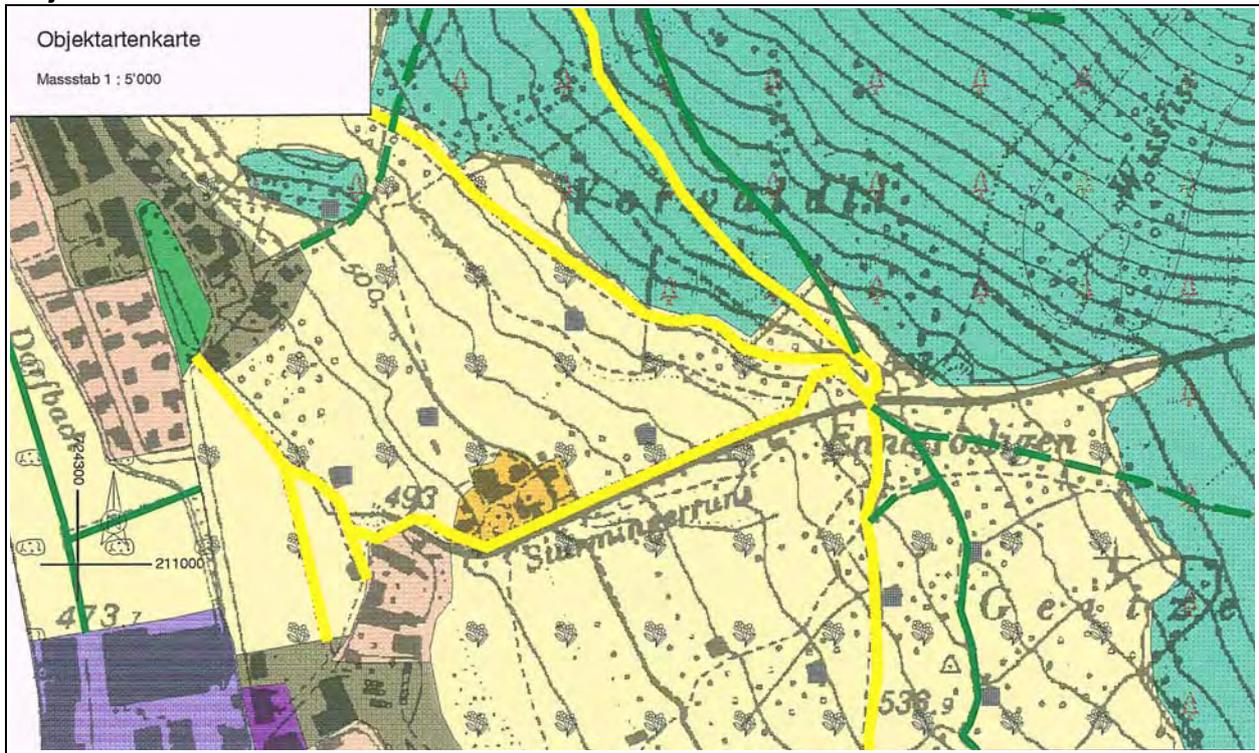
P_{Pr_Pers} =
Präsenzwahrscheinlichkeiten
von Personen

In einem zweiten Schritt werden die Werte mit dem spezifischen Schadenausmass $S_{sp,GF}$ den Objektarten zugewiesen. Auch hier kann eine Korrektur der standardisierten Werte - v.a. bei Sonderobjekten - angebracht sein.

Die Tabellen 3.1, 3.2 und 3.5, 3.6 (Kapitel 3.) geben für das Beispiel Wasser- und Murganggefährdung für jede Objektart in Abhängigkeit der Intensität ein spezifisches Schadenausmass in Franken (Sachrisiken) oder Todesopfer (Personenrisiken) an. Diese Werte basieren auf Erfahrungszahlen bisheriger Ereignisse und auf Schätzungen.

Objektart	Bezeichnung der Objektart	$S_{sp,GF}$ [Franken]			$S_{sp,P}$ [Todesopfer]		
		schw. Intens.	mittl. Intens.	starke Intens.	schw. Intens.	mittl. Intens.	starke Intens.
al1	Ackerland	40	830	1580	0	0	0
al2	Wiesland	3	763	1513	0	0	0
aw1	Schutzwald	0	0	0	0	0	0
sg	Gewerbezone	55000	250000	350000	2*E-9	2*E-7	2*E-7
si	Industriezone	67000	350000	467000	2*E-9	2*E-8	2*E-8
sw1	Siedlungskern	65000	312500	437500	5*E-8	5*E-7	5*E-7
sw2	Ein-/Zweifamilienhausz.	16000	95000	182000	2.4*E-9	2.4*E-8	2.4*E-8
sw3	Mehrfamilienhauszone	19000	105000	173000	4.8*E-9	4.8*E-8	4.8*E-8

Objektartenkarte



Legende

	Siedlung allgemein
	Siedlungskern
	Ein- und Zweifamilienhauszone
	Mehrfamilienhauszone
	Gewerbezone
	Industriezone
	Grünanlage, Park
	Ackerland
	Wiesland
	Schutzwald
	unproduktiver Wald
	Gemeindestrasse
	Feld-, Wald-, Alpweg
	kantonaler Wanderweg
	Remise einzeln

2.5.3 Personen- und Sachrisiken Stufe 2

Auf Stufe 2 wird das Risiko getrennt nach Personen- und Sachrisiken analysiert. Definitionsgemäss ergibt sich das Objektrisiko aus der Multiplikation **Schadenausmass S** und **Schadenhäufigkeit h_s** . Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die einzelnen Risikofaktoren, welche das Schadenausmass und die Schadenhäufigkeit beeinflussen.

	Risikofaktoren Gefahrenquelle	Risikofaktoren Objekt
Schadenausmass S	Prozessart G Intensität I	Objektart O_i Grundfläche F_{GF}
Schadenhäufigkeit h_s	Eintretenshäufigkeit h_E räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_{rA}	Präsenzwahrscheinlichkeit p_{Pr}

Das Schadenausmass S ergibt sich durch die Multiplikation des spezifischen Schadenausmasses $S_{sp,S}$ mit der Grundfläche F_{GF} .

Aufgrund von Schadenausmass und Schadenhäufigkeit lässt sich nun das Risiko pro Schadenereignis oder das Risiko pro Jahr berechnen. Dies wiederum bezogen auf eine Teilfläche, ein Linienelement oder ein Punktelement.

a) Risiko pro Schadenereignis:

Die Schadenhäufigkeit und das Schadenausmass werden separat für das zugrundegelegte Szenario angegeben.

b) Risiko pro Jahr:

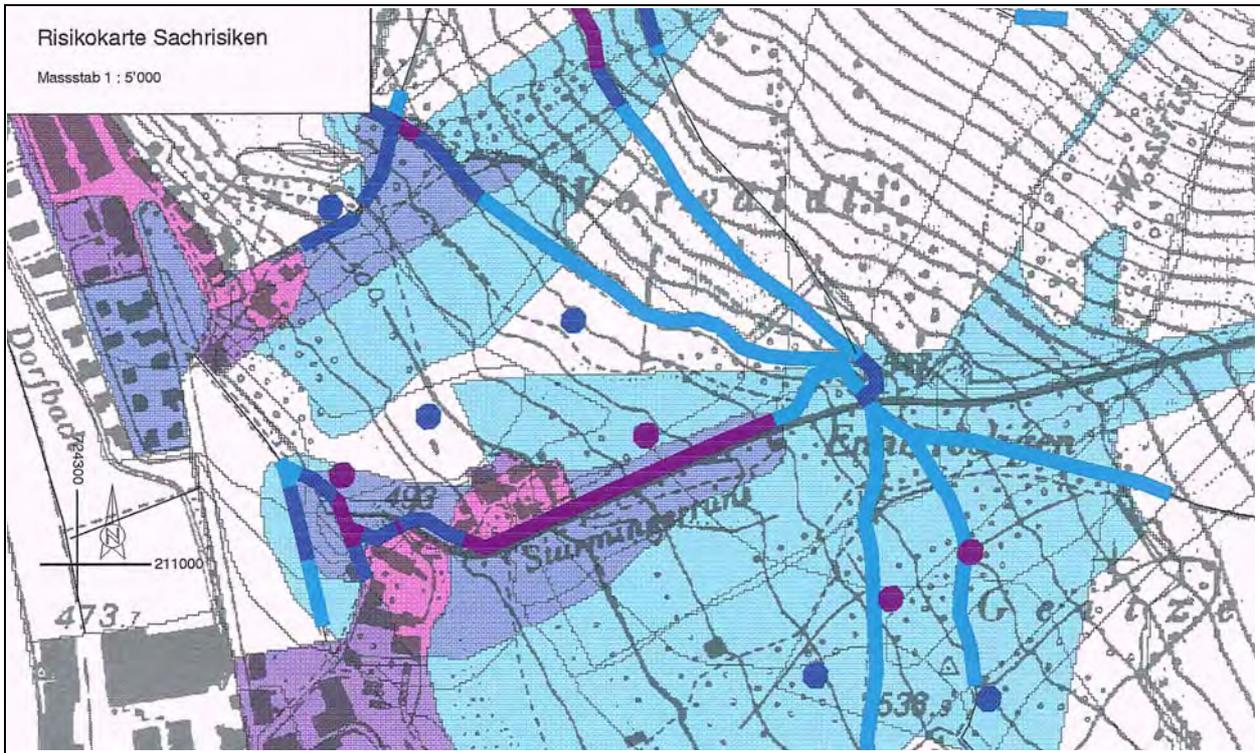
Die Schadenhäufigkeit und das Schadenausmass werden multiplikativ miteinander verknüpft. Hieraus ergibt sich der jährliche Schadenerwartungswert des zugrundegelegten Szenarios. Es dürfen die Schadenerwartungswerte mehrerer resp. aller untersuchten Szenarien summiert werden. Es entsteht der totale Schadenerwartungswert in Franken oder Todesopfer für die Teilfläche, das Linienelement oder das Punktelement.

2.5.4 Risikokarten

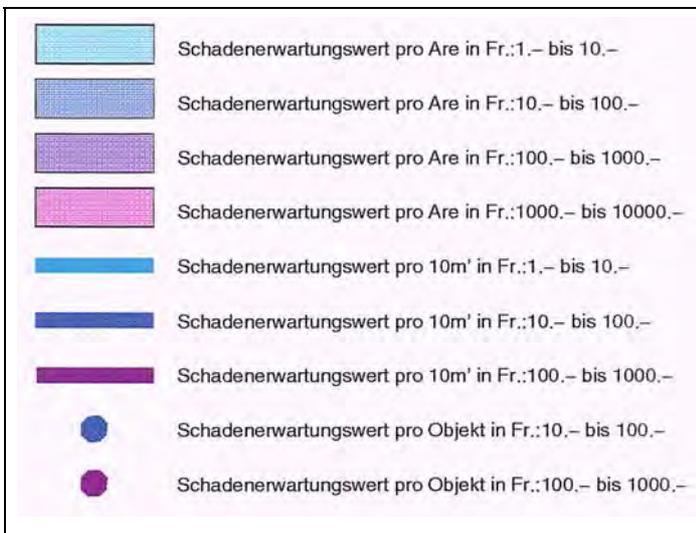
Nach dem Verschneiden der Gefahrenkarte und der Objektartenkarte zur Risikokarte sind für jeden beliebigen Ort sämtliche Informationen bezüglich Gefährdung (Prozesse, Intensitäten, Häufigkeiten, räumliche Auftretenswahrscheinlichkeiten) und Schadenpotential (Objektart, spezifisches Schadenausmass, Objektdichte und Präsenzwahrscheinlichkeit) vorhanden. Durch geeignete Modellierung kann das Risiko über ein einzelnes Szenario, für eine einzelne Gefahrenquelle, über einen Gefahrenprozess oder summiert über alle Prozesse berechnet werden.

Die Sach- und Personenrisiken werden analog der Gliederung der Objektarten in den Risikokarten als Flächen-, Linien- und Punktrisiken dargestellt. Damit die Risiken dieser verschiedenen Darstellungsformen auch kartographisch miteinander vergleichbar sind, werden die Schadenparameter in Bezug zu folgenden Einheiten gewählt: Flächenelemente: 1 Are, Linienelemente: 10 m', Punktelemente: 1 Objekt.

Risikokarte Sachrisiken



Legende



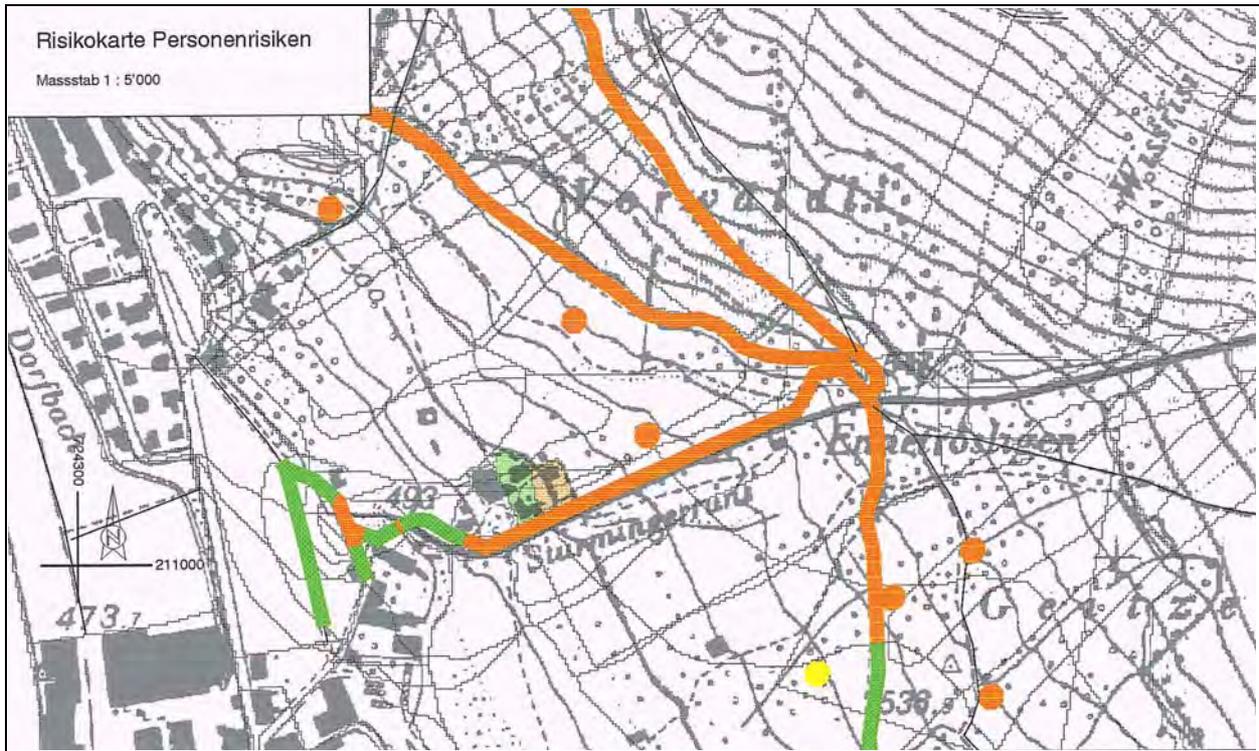
RK=Risikokarte
 GK=Gefahrenkarte
 OAK=Objektartenkarte
 Obj'art=Objektarten
 r_{Wasser} = Jährlicher Schadenerwartungswert (Wasser)
 r_{Lawine} = Jährlicher Schadenerwartungswert (Lawine)
 r_{Sturz} = Jährlicher Schadenerwartungswert (Sturz)
 r_{Total} = Jährlicher Schadenerwartungswert (Total)

Ausschnitt aus der Tabelle zur Risikokarte Sachrisiken (Sachrisiken bei Flächenelementen)

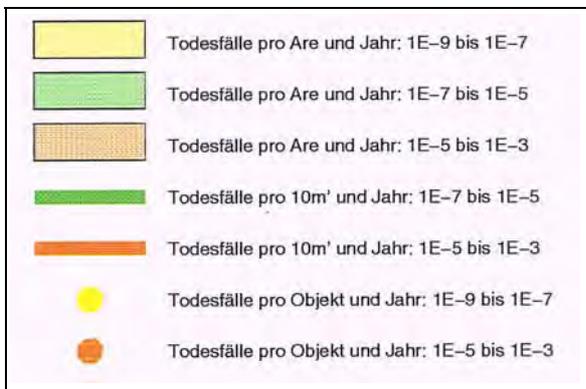
Nr. RK(f)	Fläche [Aren]	Nr. GK	Nr. OAK (f)	Obj'art	r_{Wasser} [Fr/Are]	r_{Lawine} [Fr/Are]	r_{Sturz} [Fr/Are]	r_{Total} [Fr/Are]
1112	19	11	16	sw2	15.0	0.0	106.9	121.9
617	3	12	21	s0	1485.1	4.7	150.3	1640.1
612	3	21	21	s0	1477.7	4.7	150.3	1632.7
242	233	33	5	si	0.0	0.0	0.0	0.0

Die Tabellen für Sachrisiken bei Linien- und Punktelementen sind entsprechend aufgebaut.

Risikokarte Personenrisiken



Legende



RK=Risikokarte
GK=Gefahrenkarte
OAK=Objektartenkarte
Obj'art=Objektarten
 r_{Wasser} = Todesfälle pro Jahr infolge Wassergefährdung
 r_{Lawine} = Todesfälle pro Jahr infolge Lawinengefährdung
 r_{Sturz} = Todesfälle pro Jahr infolge Sturzgefährdung
 r_{Total} = Todesfälle pro Jahr infolge allen Gefahren

Ausschnitt aus der Tabelle zur Risikokarte Personenrisiken (Personenrisiken bei Flächenelementen)

Nr. RK(f)	Fläche [Aren]	Nr. GK	Nr. OAK (f)	Obj'art	r_{Wasser} [Tote/Are/Jahr]	r_{Lawine} [Tote/Are/Jahr]	r_{Sturz} [Tote/Are/Jahr]	r_{Total} [Tote/Are/Jahr]
1112	19	11	16	sw2	0.000000000	0.000000000	0.000374422	0.000374422
617	3	12	21	s0	0.000000000	0.000000225	0.000248403	0.000248628
612	3	21	21	s0	0.000000000	0.000000225	0.000248403	0.000248628

Ausschnitt aus der Tabelle zur Risikokarte Personenrisiken (Personenrisiken bei Punktelementen)

Nr. RK(p)	x-Koord.	y-Koord.	Nr. GK	Nr. OAK(p)	Obj'art	r_{Wasser} [Tote/Obj./J]	r_{Lawine} [Tote/Obj./J]	r_{Sturz} [Tote/Obj./J]	r_{Total} [Tote/Obj./J]
3	724635	211162	17	3	sr	0.000000000	0.000000000	0.000011041	0.000011041
4	724684	211085	18	4	sr	0.000000000	0.000000050	0.000011041	0.000011091
5	724798	210925	22	5	sr	0.000000000	0.000000050	0.000000000	0.000000050

2.6 Nachvollziehbarkeit der Methode und Resultate

2.6.1 Beurteilung aus der Sicht der Behörden

Das Fallbeispiel Ennenda bot die Gelegenheit, die entwickelte Risikomethodik auf ihre Nachvollziehbarkeit bei den Adressaten zu prüfen. Anhand eines Fragenkataloges wurde insbesondere die kantonale Fachstelle für Naturgefahren bezüglich ihrer Erfahrung mit der Risikoanalyse 'Fallbeispiel Ennenda' befragt. Im folgenden wird das Resultat dieser Befragung wiedergegeben.

- *Wird der Unterschied zwischen Gefahr und Risiko verstanden?*

Auf der Ebene der spezialisierten kantonalen Behörden wird dieser Unterschied verstanden. Auf der Ebene der Gemeindebehörden bereitet bereits dieser wesentliche Unterschied Schwierigkeiten. Oftmals werden die Begriffe 'Risiko' und 'Gefahr' synonym verwendet. Sehr oft wird von Risiko gesprochen, obwohl die Gefahr bezeichnet werden möchte. Bei den kantonalen Amtsstellen ist zunehmend eine Bereitschaft zu erkennen, mit dem 'Risikobegriff' zu arbeiten. Dies trifft insbesondere zu auf die Bereiche Umweltschutz, Sachversicherung, Zivilschutz und Finanzen.

- *Wird die eingeschränkte Risikodefinition erkannt? (z.B. keine Berücksichtigung von Betriebsausfall-schäden auf Stufe 2)*

Die Nachvollziehbarkeit der vorgestellten Risikomethodik ist aufgrund der klaren Definitionen (vgl. Teil I) grundsätzlich gegeben. Das allgemeine Verständnis der Berechnung von Schadenausmass und Schadenhäufigkeit verlangt jedoch nach einer Einarbeitung in die Fragestellung von Risikoanalysen. Diese Bereitschaft zur Einarbeitung in die Problematik kann von direkt betroffenen kantonalen Amtsstellen erwartet werden. Allerdings wird der Wunsch nach einer vereinfachten Theoriedarstellung klar hervorgehoben. Die wesentlichen Risikofaktoren sollen in vereinfachter Weise kurz vorgestellt und erläutert werden. Auf der Stufe der Gemeindebehörden kann dieses Engagement kaum mehr erwartet werden. Entsprechend eingeschränkt ist deshalb das Verständnis von Methodik und Resultaten.

- *Sind monetäre Risikoaussagen bei Sachrisiken notwendig?*

Diese Frage wird teilweise bejaht und teilweise verneint. Bejaht wird sie aus Gründen der ökonomischen Rechtfertigung von Massnahmen und der Abschätzung des Sachschadenpotentials. Eine Verneinung wird damit begründet, dass monetäre Sachrisikoabschätzungen oft missbräuchlich verwendet würden und damit nicht zu einer Verbesserung des Risikomanagementes beigetragen werde.

Grundsätzlich gilt es festzuhalten, dass einer der wesentlichsten Gründe zur Durchführung von Risikoanalysen im Naturgefahrenbereich die Evaluation einer kostenwirksamen Massnahmenstrategie ist. Gerade dieses Ziel kann jedoch bei nichtmonetären Ansätzen nicht verfolgt werden.

- *Wird der jährliche Schadenerwartungswert verstanden? (Fr./Jahr, Todesfälle/Jahr)*

Dieser Wert als Resultat einer Risikoanalyse wird gut verstanden. Alle Stufen der Behörde sind mit jährlichen Kosten vertraut. Auch der Schadenerwartungswert für Personenrisiken (Todesfälle/Jahr) wird gut verstanden.

- *Wird die Bezugsgrösse erkannt? (flächige / linienförmige / punkartige Objekte)*

Die flächigen und punkartigen Objekte werden gut verstanden. Die linienförmigen Objekte (Verkehrsachsen, Leitungen) bereiten Mühe. Für die Adressaten ist die Nachvollziehbarkeit auf Stufe 2 offenbar schwierig. Der Risikowert pro 10m' Streckenlänge wird nur verstanden, wenn die Methodik der Risikoanalyse im Detail konsultiert wurde.

- *Wird die Unschärfe der Resultate erkannt? (Anpassungen an den Legenden?)*

Nein. Der Unschärfe der Resultate sind sich die wenigsten Adressaten bewusst. Wie die Ausführungen in Teil I zeigen (vgl. 6. Unschärfen der quantitativen Risikoanalysen), weisen die einzelnen Risikofaktoren zum Teil erheblich grosse Streubereiche auf. Auf diesen Umstand müssen die Adressaten von Risikoanalysen aufmerksam gemacht werden. Zum Beispiel mittels einer angepassten Resultatdarstellung (Bandbreiten anhand von Sensitivitätsuntersuchungen).

- *Wird der Begriff des Schutzdefizites verstanden? Hilft er weiter?*

Ein Grundproblem stellt hier die Risikobewertung generell dar. Viele Behörden sind aufgrund ihres Aufgabenbereiches mit Risikobewertungsfragen konfrontiert. Bis anhin wurden aus Gründen der fehlenden Unterlagen jedoch Gefahrenentscheide getroffen und nicht Risikoentscheide. Diese Gefahrenentscheide waren bei den Naturgefahren zudem sehr oft ereignisgeprägt. Nach einer Katastrophe wurden möglichst schnell die als 'angemessen' erscheinenden Massnahmen ergriffen. Die Massnahmen-evaluation war in der Regel von rein technischen und politischen Beweggründen geprägt.

Mit Hilfe der Risikoanalyse besteht nun die Möglichkeit diese Evaluationsarbeit auf eine breitere Basis abzustützen und dabei auch sicherheitsökonomische Überlegungen miteinzubeziehen. Dies erfordert von den Entscheidungsträgern eine Auseinandersetzung mit Fragen der Risikoakzeptanz. Wie hoch darf das Personenrisiko in einem Einzelgebäude sein, welches durch eine Lawine bedroht ist? Wie hoch darf das Personenrisiko in einem PW sein, welcher täglich zweimal eine steinschlaggefährdete Stelle passiert? Diese Bewertungsfragen verlangen nach einer breit abgestützten Meinungsfindung. Es sind Aspekte der Freiwilligkeit, der direkten Betroffenheit, der Eingriffnahmemöglichkeit, der Nutzniesser und der Kostentragung zu berücksichtigen.

- *Ist eine Risikoanalyse ohne Massnahmenbezug sinnvoll?*

Diese Aussage wird grundsätzlich bejaht. Im Naturgefahrenbereich wird sehr oft von den Betroffenen die Aussage angeführt: "Wir wissen, dass wir mit einem gewissen Risiko leben müssen". Es wird daher nicht erwartet, dass mit der Erarbeitung der Risikoanalyse bereits auch eine Massnahmenstudie ausgearbeitet wird. Dies hätte zudem den grossen Nachteil, dass dem Schritt der Risikobewertung nicht gebührend Beachtung geschenkt würde. Eine Bewertung, welche ausschliesslich von Experten vorgenommen wird, ohne Einbezug der Betroffenen, durchbricht das Prinzip der Risikokultur.

- *Benötigen die Behörden weitere Hilfen zur Interpretation der Resultate?*

Diese Aussage wird eindeutig bejaht. Der Handlungsbedarf kann mit den vorhandenen Bewertungsansätzen von den Behörden noch nicht befriedigend abgeschätzt werden. Diese Situation ist jedoch typisch für das Gebiet des Risikomanagementes. Im Bereich der Störfallrisiken musste mit den Risikoanalysen ebenfalls zuerst einige Jahre an Erfahrung gesammelt werden, bevor vertiefte Ansätze der Risikobewertung entstehen konnten.

2.6.2 Ausblick

Die obigen Ausführungen zeigen, dass **der Umgang mit Risikoanalysen** und **der Schritt der Risikobewertung** noch einer eingehenden Bearbeitung bedürfen.

Nur wenn verstanden wird,

- was berechnet wurde,
- welche Unschärfen verbleiben,
- welche Risiken nicht in der Berechnung berücksichtigt sind und
- wie der Handlungsbedarf abgeschätzt wird,

kann die Risikoanalyse die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen.

Diese Lücken können nur durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Experten, Behörden und Betroffenen geschlossen werden.

3. DATEN ZUR QUANTITATIVEN RISIKOANALYSE

3.1 Letalität (Stufe 3) und Spezifisches Schadenausmass für Personen (Stufe 2)

Die Tabellen 3.1 bis 3.4 (Seiten 116 und 117) enthalten die Werte für die Letalität (Todesfallwahrscheinlichkeit, Stufe 3) und das Spezifische Schadenausmass für Personen (Zahl der Todesfälle, Stufe 2), bezogen auf Objektarten und getrennt nach Gefahrenprozessen. Die Werte basieren auf Erfahrungszahlen bisheriger Ereignisse und auf Schätzungen. Bis heute gibt es nur wenige gut dokumentierte Ereignisse. Daher muss sich der Risikoanalytiker bewusst sein, dass die Werte die reale Situation erheblich unter- oder überbewerten können.

Die Tabellen:

Tabelle 3.1: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei **Überschwemmungen**.

Tabelle 3.2: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei **Übermurungen**.

Tabelle 3.3: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei **Lawinen**.

Tabelle 3.4: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei **Sturzprozessen**.

Anmerkung: Bei Rutschungen sind im allgemeinen keine Todesopfer zu erwarten, da sich die Gefahr ankündigt und die gefährdeten Gebäude rechtzeitig evakuiert werden können.

Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ für Personen bei ÜBERSCHWEMMUNGEN							
Objektart	Bezugs- einheit	Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ [Zahl der Todesopfer]			Anzahl exponierter Personen	Letalität (Todesfallwahrscheinlichkeit)	
		schwache Intensität ^{*)}	mittlere Intensität ^{*)}	starke Intensität ^{*)}		schwache Intensität ^{*)}	starke Intensität ^{*)}
Besiedlung							
Siedlungsfläche allgemein	1a	$2.4 \cdot 10^{-9}$	$2.4 \cdot 10^{-8}$	$2.4 \cdot 10^{-8}$	2.4	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$
Siedlungskern	1a	$50.0 \cdot 10^{-9}$	$50.0 \cdot 10^{-8}$	$50.0 \cdot 10^{-8}$	5.0	$10.0 \cdot 10^{-9}$	$10.0 \cdot 10^{-8}$
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	$2.4 \cdot 10^{-9}$	$2.4 \cdot 10^{-8}$	$2.4 \cdot 10^{-8}$	2.4	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$
Mehrfamilienhaus	1a	$4.8 \cdot 10^{-9}$	$4.8 \cdot 10^{-8}$	$4.8 \cdot 10^{-8}$	4.8	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$
Gewerbebaute	1a	$2.0 \cdot 10^{-9}$	$20.0 \cdot 10^{-8}$	$20.0 \cdot 10^{-8}$	2.0	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$10.0 \cdot 10^{-8}$
Industriebaute	1a	$2.0 \cdot 10^{-9}$	$2.0 \cdot 10^{-8}$	$2.0 \cdot 10^{-8}$	2.0	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$
Stall	1a	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$	1.0	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$
Remise	1a	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$	1.0	$1.0 \cdot 10^{-9}$	$1.0 \cdot 10^{-8}$

Tabelle 3.1: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei **Überschwemmungen**.

* Intensitäten gemäss BWW/BRP/BUWAL 1997; siehe Literaturverzeichnis im Teil I

Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ für Personen bei ÜBERMURUNGEN							
Objektart	Bezugs- einheit	Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ [Zahl der Todesopfer]			Anzahl exponierter Personen	Letalität (Todesfallwahrscheinlichkeit)	
		schwache Intensität ^{*)}	mittlere Intensität ^{*)}	starke Intensität ^{*)}		schwache Intensität ^{*)}	starke Intensität ^{*)}
Besiedlung							
Siedlungsfläche allgemein	1a	0.0024	0.024	0.24	2.4	0.001	0.01
Siedlungskern	1a	0.0050	0.050	0.50	5.0	0.001	0.01
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	0.0024	0.024	0.24	2.4	0.001	0.01
Mehrfamilienhaus	1a	0.0048	0.048	0.48	4.8	0.001	0.01
Gewerbebaute	1a	0.0020	0.020	0.20	2.0	0.001	0.01
Industriebaute	1a	0.0020	0.020	0.20	2.0	0.001	0.01
Stall	1a	0.0010	0.010	0.10	1.0	0.001	0.01
Remise	1a	0.0100	0.100	0.20	1.0	0.010	0.10

Tabelle 3.2: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei **Übermürungen**.

* Intensitäten gemäss BWW/BRP/BUWAL 1997; siehe Literaturverzeichnis im Teil I

Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ für Personen bei LAWINEN							
Objektart	Bezugs-einheit	Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ [Zahl der Todesopfer]			Anzahl exponierter Personen	Letalität (Todesfallwahrscheinlichkeit)	
		schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}		schwache Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}
Besiedlung							
Siedlungsfläche allgemein	1a	0.00024	0.48	1.2	2.4	0.0001	0.2
Siedlungskern	1a	0.00050	1.00	2.5	5.0	0.0001	0.2
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	0.00024	0.48	1.2	2.4	0.0001	0.2
Mehrfamilienhaus	1a	0.00048	0.96	2.4	4.8	0.0001	0.2
Gewerbebaute	1a	0.00200	0.40	1.0	2.0	0.0010	0.2
Industriebaute	1a	0.00200	0.40	1.0	2.0	0.0010	0.2
Stall	1a	0.00100	0.20	0.5	1.0	0.0010	0.2
Remise	1a	0.00100	1.00	1.0	1.0	0.0010	1.0

Tabelle 3.3: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei Lawinen.

^{a)} Intensitäten gemäss BFF/EISLF 1984; siehe Literaturverzeichnis im Teil I (schwache Intensität: nur Staublawinen)

Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ für Personen bei STURZPROZESSEN							
Objektart	Bezugs-einheit	Spezifisches Schadenausmass $S_{sp,P}$ [Zahl der Todesopfer]			Anzahl exponierter Personen	Letalität (Todesfallwahrscheinlichkeit)	
		schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}		schwache Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}
Besiedlung							
Siedlungsfläche allgemein	1a	0.00024	0.0024	0.24	2.4	0.0001	0.001
Siedlungskern	1a	0.00050	0.0050	0.50	5.0	0.0001	0.001
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	0.00024	0.0024	0.24	2.4	0.0001	0.001
Mehrfamilienhaus	1a	0.00048	0.0048	0.48	4.8	0.0001	0.001
Gewerbebaute	1a	0.00200	0.0020	0.20	2.0	0.0010	0.001
Industriebaute	1a	0.00200	0.0200	0.20	2.0	0.0010	0.010
Stall	1a	0.00100	0.0100	0.10	1.0	0.0010	0.010
Remise	1a	0.00100	0.0100	0.20	1.0	0.0010	0.010

Tabelle 3.4: Letalität und Spezifisches Schadenausmass für Personen bei Sturzprozessen.

^{a)} Intensitäten gemäss BUWAL/BWW/BRP 1997; siehe Literaturverzeichnis im Teil I

3.2 Spezifisches Schadenausmass für Sachwerte (Stufe 2)

Die Tabellen 3.5 bis 3.9 (Seiten 119 bis 123) enthalten die Werte des Spezifischen Schadenausmasses für Sachwerte (Franken Sachschaden, Stufe 2), bezogen auf Objektarten und getrennt nach Gefahrenprozessen. Die Werte basieren auf Erfahrungszahlen bisheriger Ereignisse und auf Schätzungen. Bis heute gibt es nur wenige gut dokumentierte Ereignisse. Daher muss sich der Risikoanalytiker bewusst sein, dass die Werte die reale Situation erheblich unter- oder überbewerten können.

Die Tabellen:

Tabelle 3.5: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei **Überschwemmungen**.

Tabelle 3.6: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei **Übermurungen**.

Tabelle 3.7: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei **Lawinen**.

Tabelle 3.8: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei **Sturzprozessen**.

Tabelle 3.9: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei **Rutschungen**.

3. Daten zur quantitativen Risikoanalyse

Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei ÜBERSCHWEMMUNGEN													
Objektart	Bezugs-einheit [E]	schwache Intensität*)	mittlere Intensität*)	starke Intensität*)	Raum-bezug F_o	Schadenempfindlichkeit Struktur			starke Intensität*)	schwache Intensität*)	mittlere Intensität*)	starke Intensität*)	Anmer-kungen
						St [Fr.]	Ih [Fr.]	R [Fr./m3]					
Bestandlung													
Gebäudefläche allgemein	1a	21'000.-	147'500.-	257'000.-	1a	750'000.-	0.02	0.17	0.30	100'000.-	0.06	0.20	0.32
Siedlungskern	1a	65'000.-	312'500.-	437'500.-	2a	2'000'000.-	0.04	0.25	0.35	500'000.-	0.10	0.25	0.35
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	16'000.-	95'000.-	182'000.-	1a	500'000.-	0.02	0.15	0.30	100'000.-	0.06	0.20	0.32
Mehrfamilienhaus	1a	19'000.-	105'000.-	173'000.-	2a	1'000'000.-	0.02	0.15	0.25	300'000.-	0.06	0.20	0.32
Gewerbebaute	1a	55'000.-	250'000.-	350'000.-	2a	1'500'000.-	0.04	0.25	0.35	500'000.-	0.10	0.25	0.35
Industriebaute	1a	67'000.-	350'000.-	467'000.-	3a	2'500'000.-	0.04	0.30	0.40	1'000'000.-	0.10	0.30	0.40
Stall	1a	11'000.-	52'500.-	98'000.-	2a	500'000.-	0.02	0.09	0.20	300'000.-	0.04	0.20	0.32
Remise	1a	2'000.-	20'500.-	32'500.-	1a	100'000.-	0.00	0.08	0.15	50'000.-	0.04	0.25	0.35
Grünanlagen													
Campingplatz, Freizeitanlage	1a	250.-	500.-	1'000.-	1a								
Grünanlage, Parkanlage	1a	500.-	1'000.-	1'500.-	1a								
Transportanlagen													
Verkehrsanlage allgemein	1m'	0.-	75.-	150.-	1m'								
Autobahn, Autostrasse	1m'	0.-	188.-	375.-	1m'								
Kantonsstrasse	1m'	0.-	90.-	180.-	1m'								
Gemeindestrasse	1m'	0.-	60.-	120.-	1m'								
Feldweg, Waldstrasse, Alperschliessung	1m'	0.-	23.-	45.-	1m'								
Eisenbahn Doppelspur	1m'	0.-	75.-	150.-	1m'								
Eisenbahn Einspur	1m'	0.-	38.-	75.-	1m'								
Schwebebahn	1m'	0.-	0.-	0.-	1m'								
Leitungen													
Leitung allgemein	1m'	0.-	125.-	250.-	1m'								
Freileitung inkl. Masten	1m'	0.-	250.-	500.-	1m'								
Leitung auf Terrain	1m'	0.-	0.-	0.-	1m'								
Leitung unter Terrain	1m'	0.-	0.-	0.-	1m'								
Landwirtschaft, Wald													
Agrarwirtschaft allgemein	1a	3.-	763.-	1'513.-	1a	25.-	0.10	0.50	0.50	30.-	0.00	25.00	50.00
Ackerland	1a	40.-	830.-	1'580.-	1a	80.-	0.50	1.00	1.00	30.-	0.00	25.00	50.00
Wiesland	1a	3.-	763.-	1'513.-	1a	25.-	0.10	0.50	0.50	30.-	0.00	25.00	50.00
Weideland	1a	0.-	758.-	1'508.-	1a	15.-	0.00	0.50	0.50	30.-	0.00	25.00	50.00
Schutzwald	1a	0.-	0.-	0.-	1a	0.-	0.00	0.00	0.00	0.-	0.00	25.00	50.00
Nutzwald	1a	0.-	0.-	0.-	1a	0.-	0.00	0.00	0.00	0.-	0.00	25.00	50.00

Tabelle 3.5: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei Überschwemmungen.

*) Intensitäten gemäss BWW/BRP/BUWAL 1997; siehe Literaturverzeichnis im Teil I

St = Strukturwert der Gebäude
 W = Wiederherstellungskosten
 E = Ernteausfallkosten

Ih = Inhaltswert der Gebäude
 R = Räumungskosten

Schätzung der Ablagerungshöhen von Geschiebe:
 schwache Intensität: Ablagerung 0.0m
 mittlere Intensität: Ablagerung 0.25m
 starke Intensität: Ablagerung 0.5m

Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei ÜBERMURUNGEN													
Objektart	Bezugs- einheit [E]	schwache Intensität*)	mittlere Intensität*)	starke Intensität*)	Raum- bezug F_o	St [Fr.]	schwache Intensität*)	mittlere Intensität*)	starke Intensität*)	Ih [Fr.]	Schadenempfindlichkeit Inhalt		Anmer- kungen
											schwache Intensität*)	mittlere Intensität*)	
Bestiedlung													
Gebäudfläche allgemein	1a	3'750.-	105'000.-	425'000.-	1a	750'000.-	0.005	0.10	0.50	100'000.-	0.00	0.30	0.50
Siedlungskern	1a	5'000.-	175'000.-	625'000.-	2a	2'000'000.-	0.005	0.10	0.50	500'000.-	0.00	0.30	0.50
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	2'500.-	80'000.-	300'000.-	1a	500'000.-	0.005	0.10	0.50	100'000.-	0.00	0.30	0.50
Mehrfamilienhaus	1a	5'000.-	95'000.-	325'000.-	2a	1'000'000.-	0.010	0.10	0.50	300'000.-	0.00	0.30	0.50
Gewerbebaute	1a	10'000.-	275'000.-	550'000.-	2a	1'500'000.-	0.010	0.20	0.50	500'000.-	0.01	0.50	0.70
Industriebaute	1a	12'000.-	333'000.-	650'000.-	3a	2'500'000.-	0.010	0.20	0.50	1'000'000.-	0.01	0.50	0.70
Stall	1a	1'250.-	95'000.-	200'000.-	2a	500'000.-	0.005	0.20	0.50	300'000.-	0.00	0.30	0.50
Remise	1a	1'500.-	85'000.-	150'000.-	1a	100'000.-	0.015	0.50	1.00	50'000.-	0.00	0.70	1.00
Grünanlagen													
Campingplatz, Freizeitanlage	1a	2'000.-	4'000.-	7'000.-	1a	1'000.-	0.50	1.00	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00
Grünanlage, Parkanlage	1a	1'750.-	3'500.-	6'500.-	1a	500.-	0.50	1.00	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00
Transportanlagen													
Verkehrsanlage allgemein	1m'	160.-	320.-	620.-	1m'	20.-	0.50	1.00	1.00	30.-	5.00	10.00	20.00
Autobahn, Autostrasse	1m'	875.-	1750.-	2'500.-	1m'	1'000.-	0.50	1.00	1.00	30.-	12.50	25.00	50.00
Kantonsstrasse	1m'	280.-	560.-	920.-	1m'	200.-	0.50	1.00	1.00	30.-	6.00	12.00	24.00
Gemeindestrasse	1m'	130.-	260.-	500.-	1m'	20.-	0.50	1.00	1.00	30.-	4.00	8.00	16.00
Feldweg, Waldstrasse, Alperschliessung	1m'	48.-	95.-	185.-	1m'	5.-	0.50	1.00	1.00	30.-	1.50	3.00	6.00
Eisenbahn Doppelspur	1m'	650.-	1'300.-	1'600.-	1m'	1'000.-	0.50	1.00	1.00	30.-	5.00	10.00	20.00
Eisenbahn Einspur	1m'	325.-	650.-	800.-	1m'	500.-	0.50	1.00	1.00	30.-	2.50	5.00	10.00
Schwebebahn	1m'	500.-	1'000.-	1'000.-	1m'	1'000.-	0.50	1.00	1.00	30.-	-	-	-
Leitungen													
Leitung allgemein	1m'	375.-	375.-	375.-	1m'	750.-	0.50	0.50	0.50	-	-	-	-
Freileitung inkl. Masten	1m'	250.-	500.-	500.-	1m'	500.-	0.50	1.00	1.00	-	-	-	-
Leitung auf Terrain	1m'	50.-	250.-	500.-	1m'	500.-	0.10	0.50	1.00	-	-	-	-
Leitung unter Terrain	1m'	0.-	0.-	0.-	1m'	1'000.-	0.00	0.00	0.00	-	-	-	-
Landwirtschaft, Wald													
Agrarwirtschaft allgemein	1a	1'513.-	3'025.-	6'025.-	1a	25.-	0.50	1.00	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00
Ackerland	1a	1'580.-	3'080.-	6'080.-	1a	80.-	1.00	1.00	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00
Wiesland	1a	1'513.-	3'025.-	6'025.-	1a	25.-	0.50	1.00	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00
Weideland	1a	1'508.-	3'015.-	6'015.-	1a	15.-	0.50	1.00	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00
Schutzwald	1a	1'537.-	3'185.-	6'370.-	1a	370.-	0.10	0.50	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00
Nutzwald	1a	1'537.-	3'185.-	6'370.-	1a	370.-	0.10	0.50	1.00	30.-	50.00	100.00	200.00

Tabelle 3.6: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei **ÜBERMURUNGEN**.

*) Intensitäten gemäss BWW/BRP/BUWAL 1997; siehe Literaturverzeichnis im Teil I (schwache Intensität nur bei Hangmuren)

St = Strukturwert der Gebäude
W = Wiederherstellungskosten
E = Ernteausfallkosten

Ih = Inhaltswert der Gebäude
R = Räumungskosten
Schätzung der Ablagerungshöhen von Feststoffen:

schwache Intensität: Ablagerung 0.5m
mittlere Intensität: Ablagerung 1.0m
starke Intensität: Ablagerung 2.0m

3. Daten zur quantitativen Risikoanalyse

Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei Lawinen											
Objektart	Bezugs-einheit [E]	schwache Intensität*)	mittlere Intensität*)	starke Intensität*)	Raum-bezug F_o	St [Fr.]	schwache Intensität*)	mittlere Intensität*)	starke Intensität*)	Ih [Fr.]	Anmer-kungen
Bestiedlung											
Gebäudeläche allgemein	1a	3'750.-	2'750'000.-	850'000.-	1a	750'000.-	0.005	0.30	1.00	100'000.-	
Siedlungskern	1a	5'000.-	4'250'000.-	1'250'000.-	2a	2'000'000.-	0.005	0.30	1.00	500'000.-	1.00
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	2'500.-	200'000.-	600'000.-	1a	500'000.-	0.005	0.30	1.00	100'000.-	1.00
Mehrfamilienhaus	1a	5'000.-	225'000.-	650'000.-	2a	1'000'000.-	0.010	0.30	1.00	300'000.-	1.00
Gewerbebaute	1a	10'000.-	550'000.-	1'000'000.-	2a	1'500'000.-	0.010	0.50	1.00	500'000.-	1.00
Industriebaute	1a	12'000.-	650'000.-	1'167'000.-	3a	2'500'000.-	0.010	0.50	1.00	1'000'000.-	1.00
Stall	1a	1'250.-	200'000.-	400'000.-	2a	500'000.-	0.005	0.50	1.00	300'000.-	1.00
Remise	1a	1'500.-	135'000.-	150'000.-	1a	100'000.-	0.015	1.00	1.00	50'000.-	0.70
Grünanlagen											
Campingplatz, Freizeitanlage	1a	600.-	6'000.-	8'000.-	1a	1'000.-	0.10	1.00	1.00	10.-	500.00
Grünanlage, Parkanlage	1a	550.-	5'500.-	7'500.-	1a	500.-	0.10	1.00	1.00	10.-	500.00
Transportanlagen											
Verkehrsanlage allgemein	1m'	50.-	520.-	720.-	1m'	20.-	0.00	1.00	1.00	10.-	50.00
Autobahn, Autostrasse	1m'	125.-	2'250.-	2'750.-	1m'	1'000.-	0.00	1.00	1.00	10.-	125.00
Kantonsstrasse	1m'	60.-	800.-	1'040.-	1m'	200.-	0.00	1.00	1.00	10.-	60.00
Gemeindestrasse	1m'	40.-	420.-	580.-	1m'	20.-	0.00	1.00	1.00	10.-	40.00
Feldweg, Waldstrasse, Alperschliessung	1m'	15.-	155.-	215.-	1m'	5.-	0.00	1.00	1.00	10.-	15.00
Eisenbahn Doppelspur	1m'	550.-	1'500.-	1'700.-	1m'	1'000.-	0.50	1.00	1.00	10.-	50.00
Eisenbahn Einspur	1m'	275.-	750.-	850.-	1m'	500.-	0.50	1.00	1.00	10.-	25.00
Schwebebahn	1m'	500.-	1'000.-	1'000.-	1m'	1'000.-	0.50	1.00	1.00	10.-	25.00
Leitungen											
Leitung allgemein	1m'	375.-	375.-	375.-	1m'	750.-	0.50	0.50	0.50		
Freileitung inkl. Masten	1m'	250.-	500.-	500.-	1m'	500.-	0.50	1.00	1.00		
Leitung auf Terrain	1m'	5.-	250.-	500.-	1m'	500.-	0.01	0.50	1.00		
Leitung unter Terrain	1m'	0.-	0.-	0.-	1m'	1'000.-	0.00	0.00	0.00		
Landwirtschaft, Wald											
Agrarwirtschaft allgemein	1a	0.-	0.-	0.-	1a	0.-	0.00	0.00	0.00		
Ackerland	1a	0.-	0.-	0.-	1a	0.-	0.00	0.00	0.00		
Wiesland	1a	0.-	0.-	0.-	1a	0.-	0.00	0.00	0.00		
Weideland	1a	0.-	0.-	0.-	1a	0.-	0.00	0.00	0.00		
Schutzwald	1a	370.-	185.-	370.-	1a	370.-	1.00	0.50	1.00		
Nutzwald	1a	370.-	185.-	370.-	1a	370.-	1.00	0.50	1.00		

Tabelle 3.7: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei Lawinen.

*) Intensitäten gemäss BFF/EISLF 1984; siehe Literaturverzeichnis im Teil I (schwache Intensität: nur Staublawinen)

St = Strukturwert der Gebäude
 W = Wiederherstellungskosten
 E = Ernteausfallkosten

Ih = Inhaltswert der Gebäude
 R = Räumungskosten

Schätzung der Ablagerungshöhen von Schnee:
 schwache Intensität: Ablagerung 0.5m (Staublawinen)
 mittlere Intensität: Ablagerung 5.0m (Fließlawinen)
 starke Intensität: Ablagerung 7.0m (Fließlawinen)

Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei STURZPROZESSEN													
Objektart	Bezugs-einheit [E]	schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}	Raum-bezug F_o	St [Fr.]			Ih [Fr.]			Anmer-kungen	
						schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}	schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}		
Bestiedlung													
Gebäudefläche allgemein	1a	22'500.-	275'000.-	850'000.-	1a	750'000.-	0.03	1.00	100'000.-	0.00	0.50	1.00	
Siedlungskern	1a	50'000.-	425'000.-	1'250'000.-	2a	2'000'000.-	0.05	0.30	500'000.-	0.00	0.50	1.00	
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	15'000.-	200'000.-	600'000.-	1a	500'000.-	0.03	0.30	100'000.-	0.00	0.50	1.00	
Mehrfamilienhaus	1a	15'000.-	225'000.-	1'300'000.-	2a	1'500'000.-	0.03	0.30	300'000.-	0.00	0.50	1.00	
Gewerbebaute	1a	80'000.-	550'000.-	1'000'000.-	2a	2'500'000.-	0.05	0.50	500'000.-	0.01	0.70	1.00	
Industriebaute	1a	45'000.-	650'000.-	1'167'000.-	3a	1'000'000.-	0.05	0.50	1'000'000.-	0.01	0.70	1.00	
Stall	1a	25'000.-	200'000.-	400'000.-	2a	500'000.-	0.10	0.50	300'000.-	0.00	0.50	1.00	
Remise	1a	7'500.-	135'000.-	150'000.-	1a	100'000.-	0.07	1.00	50'000.-	0.01	0.70	1.00	
Grünanlagen													
Campingplatz, Freizeitanlage	1a	178.-	328.-	478.-	1a	40.-	0.70	0.70	30.-	5.00	10.00	15.00	
Grünanlage, Parkanlage	1a	178.-	328.-	478.-	1a	40.-	0.70	0.70	30.-	5.00	10.00	15.00	
Transportanlagen													
Verkehrsanlage allgemein	1m'	17.-	40.-	65.-	1m'	20.-	0.10	0.50	30.-	0.50	1.00	1.50	
Autobahn, Autostrasse	1m'	138.-	575.-	1'113.-	1m'	1'000.-	0.10	0.50	30.-	1.25	2.50	3.75	10m Breite
Kantonsstrasse	1m'	38.-	136.-	254.-	1m'	200.-	0.10	0.50	30.-	0.60	1.20	1.80	25m Breite
Gemeindestrasse	1m'	14.-	34.-	56.-	1m'	20.-	0.10	0.50	30.-	0.40	0.80	1.20	12m Breite
Feldweg, Waldstrasse, Alperschliessung	1m'	5.-	12.-	19.-	1m'	5.-	0.10	0.50	30.-	0.15	0.30	0.45	8m Breite
Eisenbahn Doppelspur	1m'	115.-	530.-	1'045.-	1m'	1'000.-	0.10	0.50	30.-	0.50	1.00	1.50	3m Breite
Eisenbahn Einspur	1m'	58.-	265.-	523.-	1m'	500.-	0.10	0.50	30.-	0.25	0.50	0.75	10m Breite
Schwebebahn	1m'	100.-	500.-	1'000.-	1m'	1'000.-	0.10	0.50	30.-	-	-	-	5m Breite
Leitungen													
Leitung allgemein	1m'	75.-	375.-	750.-	1m'	750.-	0.10	0.50	30.-	-	-	-	
Freileitung inkl. Masten	1m'	50.-	250.-	500.-	1m'	500.-	0.10	0.50	30.-	-	-	-	
Leitung auf Terrain	1m'	50.-	250.-	500.-	1m'	500.-	0.10	0.50	30.-	-	-	-	
Leitung unter Terrain	1m'	0.-	0.-	0.-	1m'	1'000.-	0.00	0.00	30.-	-	-	-	
Landwirtschaft, Wald													
Agrarwirtschaft allgemein	1a	163.-	313.-	463.-	1a	25.-	0.50	0.50	30.-	5.00	10.00	15.00	
Ackerland	1a	206.-	356.-	506.-	1a	80.-	0.70	0.70	30.-	5.00	10.00	15.00	
Wiesland	1a	163.-	313.-	463.-	1a	25.-	0.50	0.50	30.-	5.00	10.00	15.00	
Weideland	1a	95.-	155.-	305.-	1a	15.-	0.30	0.30	30.-	3.00	5.00	10.00	
Schutzwald	1a	185.-	370.-	370.-	1a	370.-	0.50	1.00	30.-	-	-	-	
Nutzwald	1a	185.-	370.-	370.-	1a	370.-	0.50	1.00	30.-	-	-	-	

^{a)} Intensitäten gemäss BUWAL/BWW/BRP 1997; siehe Literaturverzeichnis im Teil I

Tabelle 3.8: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei Sturzprozessen.

St = Strukturwert der Gebäude
 W = Wiederherstellungskosten
 E = Ernteausfallkosten

Ih = Inhaltswert der Gebäude
 R = Räumungskosten

Schätzung der Ablagerungsvolumen von Sturzmaterial:
 schwache Intensität: Ablagerung 5m3/a
 mittlere Intensität: Ablagerung 10m3/a
 starke Intensität: Ablagerung 15m3/a

Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei RUTSCHUNGEN														
Objektart	Bezugs-einheit [E]	schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}	Raum-bezug F_o	St [Fr.]	schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}	Ih [Fr.]	Schadenempfindlichkeit Inhalt			Anmer-kungen
											schwache Intensität ^{a)}	mittlere Intensität ^{a)}	starke Intensität ^{a)}	
Bestellung														
Gebäudeläche allgemein	1a	750000.-	750000.-	750000.-	F_o	750000.-	0.001	0.01	1.00	100000.-	0.00	0.00	0.00	
Siedlungskern	1a	1'000.-	10'000.-	1'000'000.-	2a	2'000'000.-	0.001	0.01	1.00	500'000.-	0.00	0.00	0.00	
Ein-/Zweifamilienhaus	1a	500.-	5'000.-	500'000.-	1a	500'000.-	0.001	0.01	1.00	100'000.-	0.00	0.00	0.00	
Mehrfamilienhaus	1a	500.-	5'000.-	1'000'000.-	2a	1'500'000.-	0.001	0.01	1.00	300'000.-	0.00	0.00	0.00	
Gewerbebaute	1a	1'500.-	7'500.-	750'000.-	2a	1'500'000.-	0.001	0.01	1.00	500'000.-	0.00	0.00	0.00	
Industriebaute	1a	850.-	8'500.-	835'000.-	3a	2'500'000.-	0.001	0.01	1.00	1'000'000.-	0.00	0.00	0.00	
Stall	1a	250.-	2'500.-	250'000.-	2a	500'000.-	0.001	0.01	1.00	300'000.-	0.00	0.00	0.00	
Remise	1a	100.-	1'000.-	100'000.-	1a	100'000.-	0.001	0.01	1.00	50'000.-	0.00	0.00	0.00	
Grünanlagen														
Campingplatz, Freizeitanlage	1a	10.-	100.-	1'000.-	F_o	1'000.-	0.01	0.10	1.00					
Grünanlage, Parkanlage	1a	5.-	50.-	500.-	1a	500.-	0.01	0.10	1.00					
Transportanlagen														
Verkehrsanlage allgemein	1m'	5.-	50.-	500.-	F_o	500.-	0.01	0.10	1.00					10m Breite
Autobahn, Autostrasse	1m'	20.-	200.-	2'000.-	1m'	2'000.-	0.01	0.10	1.00					25m Breite
Kantonsstrasse	1m'	6.-	60.-	600.-	1m'	600.-	0.01	0.10	1.00					12m Breite
Gemeindestrasse	1m'	4.-	40.-	400.-	1m'	400.-	0.01	0.10	1.00					8m Breite
Feldweg, Waldstrasse, Alperschliessung	1m'	2.-	15.-	150.-	1m'	150.-	0.01	0.10	1.00					3m Breite
Eisenbahn Doppelspur	1m'	10.-	100.-	1'000.-	1m'	1'000.-	0.01	0.10	1.00					10m Breite
Eisenbahn Einspur	1m'	5.-	50.-	500.-	1m'	500.-	0.01	0.10	1.00					5m Breite
Schwebebahn	1m'	10.-	100.-	1'000.-	1m'	1'000.-	0.01	0.10	1.00					
Leitungen														
Leitung allgemein	1m'	8.-	75.-	750.-	F_o	750.-	0.01	0.10	1.00					
Freileitung inkl. Masten	1m'	1.-	25.-	500.-	1m'	500.-	0.001	0.05	1.00					
Leitung auf Terrain	1m'	5.-	50.-	500.-	1m'	500.-	0.01	0.10	1.00					
Leitung unter Terrain	1m'	10.-	100.-	1'000.-	1m'	1'000.-	0.01	0.10	1.00					
Landwirtschaft, Wald														
Agrarwirtschaft allgemein	1a	0.-	1.-	13.-	F_o	25.-	0.00	0.05	0.50					
Ackerland	1a	0.-	8.-	80.-	1a	80.-	0.00	0.10	1.00					
Wiesland	1a	0.-	1.-	13.-	1a	25.-	0.00	0.05	0.50					
Weideland	1a	0.-	1.-	8.-	1a	15.-	0.00	0.05	0.50					
Schutzwald	1a	0.-	37.-	370.-	1a	370.-	0.00	0.10	1.00					
Nutzwald	1a	0.-	37.-	370.-	1a	370.-	0.00	0.10	1.00					

Tabelle 3.9: Spezifisches Schadenausmass S_{sp} für Sachwerte bei Rutschungen.

^{a)} Intensitäten gemäss BUWAL/BWW/BRP 1997; siehe Literaturverzeichnis im Teil I

St = Strukturwert der Gebäude
 W = Wiederherstellungskosten
 E = Ernteausfallkosten

Ih = Inhaltswert der Gebäude

3.3 Schadenfunktionen für Gebäude (Stufe 3)

Die Tabellen 3.10 und 3.11 sind Beispiele zur Schätzung der intensitäts- und objektspezifischen Schadenempfindlichkeit SE_{St} der Gebäudestruktur (*Teil I, Seiten 86f*) bei Lawinen und bei Sturzprozessen. Die Abbildungen 3.1 und 3.2 zeigen die zugehörigen Schadenfunktionen. Wir unterscheiden sechs Gebäudekategorien (GK) nach deren Bauweise und damit nach deren Resistenz gegenüber der Gefahreneinwirkung (in Anlehnung an WILHELM 1997, siehe Literaturverzeichnis im Teil I):

Gebäude- kategorie	Bauweise	Resistenz
GK 0	Leichtestbauweisen (einfache Holzbauten, Caravan)	keine
GK 1	Leichtbauweisen (Rundholzbauten oder Ständerbauweise mit Verschalung)	sehr geringe
GK 2	Gemischte Bauten (Mauer und Holz, Chalets)	geringe
GK 3	Mauerbauten	mittlere
GK 4	Betonbauten armiert	hohe
GK 5	Verstärkte Bauten	sehr hohe

Die Schätzung der Schadenempfindlichkeit der Gebäudestruktur in Funktion von Gebäudekategorie und Intensität der Gefahreneinwirkung ist mit folgenden Schwierigkeiten behaftet:

- Bis heute bestehen keine verlässlichen Erfahrungswerte zur Schadenempfindlichkeit, da die Schadendaten zu eingetroffenen Ereignissen diesbezüglich meist zu wenig detailliert dokumentiert wurden (siehe auch *Teil I, Kapitel 8*).
- Die Unterteilung der Intensitätsklassen in 'schwache', 'mittlere' und 'starke' Intensität (nach den Kriterien gemäss den Richtlinien und Empfehlungen des Bundes) ist im Hinblick auf die Schätzung der intensitäts-spezifischen Schadenempfindlichkeit zum Teil problematisch: So verursacht zum Beispiel eine Lawine mit 'schwacher' Intensität an einem Gebäude kaum Schaden, und bei 'starker' Intensität ist häufig von einem Totalschaden des Gebäudes auszugehen. Das heisst, dass die meisten Zwischenformen von Schadengraden in die Klasse der 'mittleren' Intensität fallen; ein Mittelwert für den Schadengrad bei 'mittlerer' Intensität kann deshalb die reale Situation erheblich über- oder unterbewerten.

3. Daten zur quantitativen Risikoanalyse

Schadenempfindlichkeit Gebäudestruktur bei LAWINEN							
Gebäudekategorien	0 kN/m ²	schwache Intensität	3 kN/m ²	mittlere Intensität	30 kN/m ²	starke Intensität	(30+x) kN/m ²
GK 0	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
GK 1	0.0	0.05	0.1	1.0	1.0	1.0	1.0
GK 2	0.0	0.03	0.05	0.8	1.0	1.0	1.0
GK 3	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	1.0	1.0
GK 4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.9	1.0	1.0
GK 5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.0

Tabelle 3.10: Schadenempfindlichkeit Gebäudestruktur bei Lawinen. Schätzung der Werte in Anlehnung an WILHELM 1997 (siehe Literaturverzeichnis im Teil I). (Die weissen Kolonnen enthalten die geschätzten Schadenempfindlichkeiten bei den Klassengrenzen der Intensitäten.)

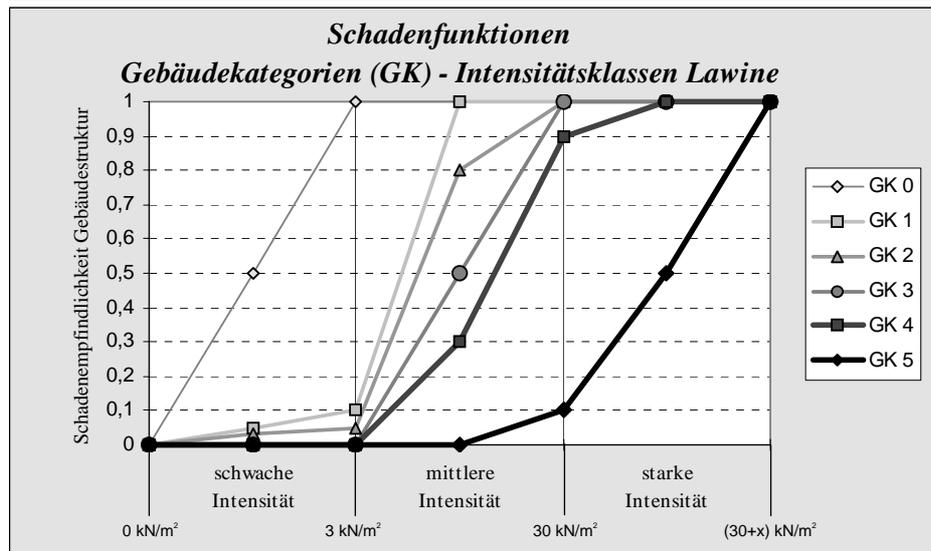


Abbildung 3.1: Schadenfunktionen Gebäudekategorien - Intensitätsklassen Lawine.

Schadenempfindlichkeit Gebäudestruktur bei STURZPROZESSEN							
Gebäudekategorien	0 kJ	schwache Intensität	30 kJ	mittlere Intensität	300 kJ	starke Intensität	(300+x) kJ
GK 0	0.0	0.2	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
GK 1	0.0	0.15	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0
GK 2	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0
GK 3	0.0	0.08	0.15	0.25	0.4	0.7	1.0
GK 4	0.0	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0
GK 5	0.0	0.0	0.05	0.1	0.2	0.3	1.0

Tabelle 3.11: Schadenempfindlichkeit Gebäudestruktur bei Sturzprozessen. Schätzung der Werte mit Hilfe von Werner Gerber, WSL. (Die weissen Kolonnen enthalten die geschätzten Schadenempfindlichkeiten bei den Klassengrenzen der Intensitäten.)

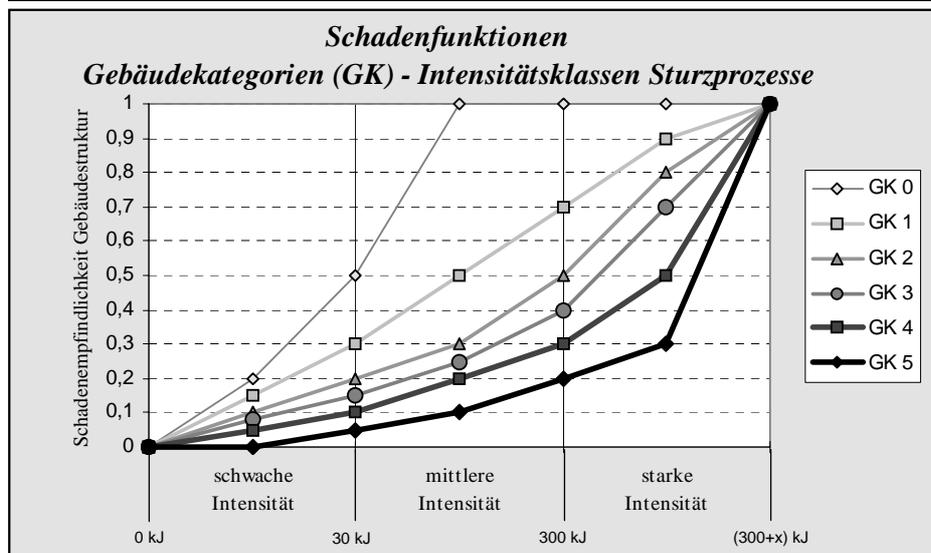


Abbildung 3.2: Schadenfunktionen Gebäudekategorien - Intensitätsklassen Sturzprozesse.

4. GLOSSAR

Die Begriffsdefinitionen stammen aus folgenden Quellen:

KOVERS: Kompetenzverbund "Risiko- und Sicherheitswissenschaften", ETH Zentrum, WEC, Weinbergstrasse 11, 8001 Zürich.

HEINIMANN, H.R. et al., 1998: Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren. Umwelt-Materialien Nr. 85, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 247 S.

SCHNEIDER, J., 1996: Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen: Grundwissen für Ingenieure. 2., überarb. Aufl., vdf Hochschulverlag AG, Zürich, 188 S.

Projektteam Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren.

KOVERS

Akzeptabilität

- *Empirisch: Zustand, Umstand oder Vorgang, für den die Aussicht besteht, dass er bei Individuen oder Gruppen Akzeptanz findet.*
- *Normativ: Zustand, Umstand oder Vorgang, der aufgrund normativer Kriterien als erlaubt oder zulässig erscheint.*

KOVERS

Akzeptanz

Empirisch feststellbare Bereitschaft von Individuen oder Gruppen, einen Zustand oder einen Vorgang ohne Widerspruch hinzunehmen.

Siehe Risikoanalyse

Analyse

KOVERS

Aversionsfunktion

Subjektiv festgelegte Funktion zur überproportionalen Gewichtung von Schäden aus Grossunfällen. Ausgangspunkt ist die Erfahrung, dass z.B. ein Unfall mit zehn Toten als schwerer empfunden wird als zehn Unfälle mit je einem Toten. Oft in der Form eines Aversionsfaktors, mit dem Risiken multipliziert werden, aber auch in Form eines Aversionsexponenten > 1 , mit dem Schäden potenziert werden.

Siehe Risikobewertung

Bewertung

HEINIMANN et al. 1998

Felssturz

Ablösen eines in sich mehr oder weniger fragmentierten Gesteinspaketes "en bloc" aus dem Gebirgsverband, das während des Sturzes bzw. beim Aufprall in Blöcke und Steine weiter fraktioniert wird, wobei die Interaktionen zwischen den Komponenten keinen massgebenden Einfluss auf die Dynamik des Prozesses haben.

Projektteam

Folgerisiko

Risiko, das erst als Folge der Einwirkung eines bestimmten Ereignisses entsteht.

KOVERS

Gefahr

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

KOVERS

Gefährdung

Ganz konkret auf eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Objekt bezogene Gefahr.

KOVERS

Häufigkeit

(siehe auch unter 'Wahrscheinlichkeit')

- *Absolute Häufigkeit: Anzahl eingetretener Ereignisse*
- *Relative Häufigkeit (bezogen auf einen bestimmten Zeitraum): Anzahl eingetretener Ereignisse dividiert durch die Länge des Zeitraumes. Diese Grösse hat die Dimension 1/Zeit und kann grösser als eins sein.*

Hochwasser

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

HEINIMANN et al. 1998

Individualrisiko

Grösse eines Risikos für den Einzelnen.

KOVERS

Kollektivrisiko

Grösse eines Risikos für die Gesellschaft, bzw. näher bestimmter Teile dieser Gesellschaft.

KOVERS

Lawine

Plötzliche und schnelle Talwärtsbewegung von Schnee und/oder Eis als gleitende, fließende oder rollende Masse oder als aufgewirbelte Schneewolke an Hängen und Wänden mit einer Sturzbahn von über 50 m Länge.

HEINIMANN et al. 1998

Murgang

Schnell fließendes Gemisch von Wasser und Feststoffen mit einem hohen Feststoffanteil von ca. 30% bis 60%.

HEINIMANN et al. 1998

Objektrisiko

Grösse eines Risikos bezogen auf ein Objekt (Einheit: [Franken] für Sachschaden und/oder [Todesopfer] für Personenschaden).

Projektteam

Personenrisiko

- Individuell: Wahrscheinlichkeit, dass bei einem bestimmten Schadenereignis eine Einzelperson zu Schaden kommt, d.h. getötet, verletzt oder sonstwie beeinträchtigt wird.
- Kollektiv: Funktion von Wahrscheinlichkeit eines Schadenereignisses und der potentiellen Personenschadenfolge (oft als Produkt der beiden Grössen dargestellt).
- Empfundenes: Oft wird das individuelle oder kollektive Risiko noch vergrössert gemäss einer Aversionsfunktion, um Grossunfälle stärker zu gewichten. Man redet dann von "empfundenen" Personenrisiken.

KOVERS

Qualifizierte Risiken

- Akzeptiertes Risiko: Risiko, das vom Akzeptierenden unwidersprochen hingenommen wird.
- Freiwilliges Risiko: Risiko, das freiwillig eingegangen wird.
- Aufgezwungenes (unfreiwilliges) Risiko: Risiko, welchem ein Individuum oder ein Kollektiv ohne Möglichkeiten einer Einflussnahme ausgesetzt ist.

KOVERS

Restrisiko

- Deskriptiv: Risiko, das nach dem Realisieren aller vorgesehenen Sicherheitsmassnahmen noch bleibt. Das Restrisiko setzt sich zusammen aus:
 - bewusst akzeptierten Risiken
 - falsch beurteilten Risiken
 - nicht erkannten Gefahren
- Normativ: Erlaubtes Risiko, d.h. Risiko, das aufgrund von Akzeptabilitätsbeurteilungen als zulässig gilt.

KOVERS

Rettungskosten

Ein Mass für die Effizienz von Sicherheitsmassnahmen. Betrag in Geldeinheiten, der beim Einsatz einer Sicherheitsmassnahme zur Rettung eines Menschenlebens ausgegeben wird.

in Anlehnung an Schneider 1996

Risiko

- Im allgemeinen Sinn: Möglichkeit, dass aus Zustand, Umstand oder Vorgang ein Schaden entstehen kann.
- Im engeren Sinn: Mass für die Grösse einer Gefährdung, Funktion der Wahrscheinlichkeit eines Schadenereignisses und der möglichen Schadenfolge.

KOVERS

Risikoakzeptanz

Siehe Akzeptanz

KOVERS

Risikoanalyse

Systematisches Verfahren, um ein Risiko hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens und des Ausmasses der Folgen zu charakterisieren und wenn möglich zu quantifizieren.

KOVERS

Risikobewertung

Mit den Ergebnissen der Risikoanalyse entscheidet man – Vor- und Nachteile abwägend – welche Risiken akzeptierbar sind bzw. akzeptiert werden müssen. Der Begriff "Risikobewertung" wird oft synonym mit "Risikobeurteilung" verwendet.

Projektteam

Risikofaktoren

Wichtige Elemente einer Risikosituation.

KOVERS

Risikomanagement (technisch)

Einsatz von Massnahmen und Methoden mit dem Ziel, die angestrebte Sicherheit zu erreichen und die Sicherheitsplanung den sich verändernden Umständen anzupassen.

KOVERS

Risikowahrnehmung

Subjektive Aufnahme, Verarbeitung und Bewertung von risikobezogenen Informationen.

HEINIMANN et al. 1998

Rutschungen

Hangabwärts gerichtete Bewegung von Fest- und/oder Lockergestein entlang von Gleitflächen oder entlang von verhältnismässig dünnen Zonen intensiver Scherverformung.

KOVERS

Sachrisiko

Funktion der Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Schadenereignisses und des zu erwartenden mittleren Sachschadens, ausgedrückt in Geldeinheiten. Oft als Produkt der beiden Grössen dargestellt.

KOVERS

Schaden

Ein äusserst komplexer Begriff, sowohl die Verletzung eines Rechtsguts, die Minderung des Vermögens eines Geschädigten, als auch z.B. die Beeinträchtigung der Psyche eines Menschen einschliessend.

- Allgemein: negativ bewertete Folge eines Ereignisses oder eines Vorgangs.
- Oft auch: Unerwünschte Beeinträchtigung eines Schutzgutes als Konsequenz eines schädigenden Ereignisses.
- Im engeren Sinn: Schwächung oder Schädigung der materiellen Substanz der Betrachtungseinheit, die deren Zuverlässigkeit, Sicherheit oder Tauglichkeit beeinträchtigt.

Schneider 1996

Schadenpotential

Der einer Gefährdungssituation zugehörige grösstmögliche Schaden.

KOVERS

Schutzziel

Beschreibung eines angestrebten, als akzeptierbar eingestuften Risikos.

KOVERS

Sicherheit

- Im absoluten Sinn: durch das Nichtvorhandensein von Gefahren charakterisierte Eigenschaft eines Zustandes und damit letztlich unerreichbar.
- Im relativen Sinn: durch das Nichtvorhandensein einer ganz bestimmten Gefahr charakterisierte Eigenschaft eines Zustandes. Ein Zustand gilt als sicher, wenn er ein vergleichbar kleines und damit akzeptierbares Risiko enthält.
- Subjektiv: persönlich empfundene Gewissheit, vor Gefahren geschützt zu sein.
- Inhärente Sicherheit: Eine Prozess- oder Produkteigenschaft, die eine Gefahr zwingend auf ein vom Prozess bzw. Produkt vorbestimmtes und als akzeptierbar erachtetes Mass limitiert oder die Gefahr ausschliesst.

Schneider 1996

Sicherheitsmassnahmen

Gefahrenabwehrende technische, organisatorische oder das menschliche Verhalten direkt beeinflussende Massnahmen mit dem Ziel, bestehende Gefahren, Gefährdungen und Risiken zu reduzieren oder zu beseitigen.

4. Glossar

Steinschlag / Blockschlag

Fallen, Springen und Rollen von isolierten Steinen ($\varnothing < 2\text{ m}$) und Blöcken ($\varnothing > 2\text{ m}$).

HEINIMANN et al. 1998

Systembegrenzung

Für Risikobetrachtungen zweckmässige Festlegung der Grenzen in räumlicher, zeitlicher und inhaltlicher Hinsicht. Innerhalb dieser Grenzen soll die Gesamtheit der Wechselwirkungen zwischen Ursache und Wirkung erfasst werden können.

KOVERS

Szenario

Hypothetischer Ereignisablauf eines Gefahrenprozesses. (Das Szenario ist in der Risikoanalyse die Untersuchungseinheit der Gefahrenseite.)

Projektteam

Übermürung

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

HEINIMANN et al. 1998

Überschwemmung

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

HEINIMANN et al. 1998

Wahrscheinlichkeit

(siehe auch unter 'Häufigkeit')

- *Klassische Wahrscheinlichkeit:* Zahl der Fälle, in denen ein Ereignis eintritt, dividiert durch die Zahl aller möglichen Fälle.
- *Frequentistische Wahrscheinlichkeit:* Grenzwert der relativen Häufigkeit eines Ereignisses bezogen auf viele unabhängige Wiederholungen unter gleichen Bedingungen. (Hingegen entsprechen zeitbezogene relative Häufigkeiten keinen Wahrscheinlichkeiten.)
- *Subjektive Wahrscheinlichkeit:* Grad der Erwartung oder des Vertrauens eines Individuums in die Aussage, dass ein mögliches Ereignis eintritt, ein umschriebener Sachverhalt zutrifft, usw.

KOVERS