



# Strategie Naturgefahren Schweiz

Umsetzung des Aktionsplans PLANAT 2005 - 2008

Projekt A 2

## Risikomanagement in der Praxis - Beispiele zum Umgang mit Naturgefahren



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT  
Plate-forme nationale «Dangers naturels»  
Piattaforma nazionale «Pericoli naturali»  
National Platform for Natural Hazards

Schlussbericht  
30. September 2008





Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

**Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT**  
**Plate-forme nationale «Dangers naturels»**  
**Piattaforma nazionale «Pericoli naturali»**  
**National Platform for Natural Hazards**

# **Strategie Naturgefahren Schweiz**

**Umsetzung des Aktionsplanes PLANAT 2005-2008**

Projekt A 2

## **Risikomanagement in der Praxis - Beispiele zum Umgang mit Naturgefahren**

Schlussbericht

30. September 2008

# Impressum

## Auftraggeber

Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT  
c/o Abteilung Gefahrenprävention  
Bundesamt für Umwelt BAFU  
3003 Bern  
Telefon: 031 324 17 81 Fax: 031 324 19 10  
[planat@bafu.admin.ch](mailto:planat@bafu.admin.ch) [www.planat.ch](http://www.planat.ch)

## Projektsteuerung (Gesamtprojekt)

Andreas Götz, BAFU, Präsident PLANAT (Leitung)  
Dr. Gian Reto Bezzola, BAFU, PLANAT  
Dr. Pierre Ecoffey, ECAB, PLANAT  
Willy Eyer, Amt für Wald, Wild und Fischerei Kanton Freiburg, PLANAT  
Bruno Hostettler, BABS, PLANAT  
Dr. Hans Rudolf Keusen, Geotest AG, PLANAT

## Projektbetreuung (Gesamtprojekt)

Dr. Thomas Egli, Egli Engineering AG (Leitung)  
Dörte Aller, Aller Risk Management (Betreuung Projekt A2)  
Christoph Werner, BABS  
Cornelia Winkler, Glenz, Walter & Winkler AG

## Projektleitung Projekt A 2

H.-H. Utelli, IMPULS AG

## Begleitung Projekt A 2

Dörte Aller, Aller Risk Management  
Dr. Christoph Frei, MeteoSchweiz  
Peter Flück, Gemeindepräsident Brienz  
Josef Hess, Kanton Obwalden, Abteilung  
Naturgefahren  
Dr. Pierino Lestuzzi, EPFL, Institut de  
structure  
Dr. Markus Zimmermann, NDR Consul  
ting Zimmermann

## Auftragnehmer Projekt A 2

ARGE IMPULS AG - Sigmaplan AG  
- METEOTEST  
per Adresse: Seestrasse 2  
3600 Thun  
Telefon: 033 225 60 10  
[hans-heini.utelli@impulsthun.ch](mailto:hans-heini.utelli@impulsthun.ch)  
[www.impulsthun.ch](http://www.impulsthun.ch)

## Autoren Projekt A 2

H.-H. Utelli, IMPULS AG (Leitung)  
M. Montani, IMPULS AG  
R. Rickli, METEOTEST  
U. Roth, Sigmaplan AG  
R. Schild, Sigmaplan AG  
T. Zünd, IMPULS AG

## Hinweis

Die Reproduktion der Texte und Grafiken mit Quellenangabe und Belegexemplar an die Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT ist erwünscht.

## Vorwort

Angeregt durch die Motion Danioth (1999) hat der Bundesrat der Nationalen Plattform Naturgefahren PLANAT den Auftrag erteilt, eine übergeordnete und vernetzte Strategie zur Verbesserung der Sicherheit vor Naturereignissen auszuarbeiten. Der Bundesrat betonte, dass der Schutz vor Naturgefahren nicht nur für die Bevölkerung im Alpenraum zu gewährleisten sei, sondern für die Bevölkerung in der ganzen Schweiz. Zudem wolle er im Sinn eines umfassenden Risikomanagements einen gesamtschweizerisch vergleichbaren Sicherheitsstandard erreichen. Ziel ist dabei der Schutz des Menschen und seiner natürlichen Lebensgrundlagen sowie der Schutz von erheblichen Sachwerten.

Bisher hat die PLANAT in einer ersten Etappe eine übergeordnete und vernetzte Strategie für die Sicherheit von Naturgefahren\*<sup>1</sup> erarbeitet. Die von der PLANAT erarbeitete Strategie entspricht der vom Bundesrat verfolgten Politik der Nachhaltigkeit und den in der Strategie des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) verankerten Grundsätzen der einheitlichen Sicherheitsphilosophie. In der zweiten Etappe hat die PLANAT die heutige Situation im Bereich Naturgefahren analysiert\*<sup>2</sup> und einen Aktionsplan mit Massnahmen vorgeschlagen, welche 2005 bis 2008 in einer dritten Etappe umgesetzt werden.

Mit der vorliegenden Publikation will die PLANAT eine repräsentative Übersicht über die heute gängige Praxis des Risikomanagements im Bereich Naturgefahren erhalten. Dazu werden vorbildliche Beispiele aus der Praxis für verschiedene Naturgefahren dargestellt, kommentiert und bewertet. Damit sollen Entscheidungsträger für den risikoorientierten Umgang sensibilisiert und für die Anwendung eines Risikomanagements motiviert werden. Mit den Beispielen werden Strategien, Möglichkeiten und auch Grenzen eines Risikomanagements bei Naturgefahren anhand der Erfahrungen aus der Praxis aufgezeigt.

Diese Publikation richtet sich an ein interessiertes (Fach-)Publikum. Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung auf allen Ebenen wie auch in öffentlichen und privatwirtschaftlichen Unternehmen, welche für das Management von Naturgefahren verantwortlich sind, sollen angesprochen werden. Auch Risikobetroffene wie zum Beispiel Grundeigentümer sollen in dieser Publikation Lösungsansätze für „ihre“ Probleme finden. Für Ingenieure und Planer kann sie als Hilfsmittel für die Lösungsfindung dienen und neue Inputs vermitteln.

Andreas Götz  
Präsident PLANAT

Ittigen, Oktober 2008

### ***Publikationen:***

\*<sup>1</sup> PLANAT (2004): Sicherheit vor Naturgefahren - Vision und Strategie.

\*<sup>2</sup> PLANAT (2005): Strategie Naturgefahren Schweiz (2005). Synthesebericht

## Zusammenfassung

Die Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT) hat im Rahmen ihres Aktionsplans 2006 bis 2008 unter anderem das Projekt „Praxisbeispiele zum Risikomanagement von Naturgefahren“ ausgelöst.

Ziele dieses Projektes sind:

- Eine Übersicht über die heute gängige Praxis des Risikomanagements im Bereich Naturgefahren anhand von Beispielen aus der Praxis zu erhalten.
- Vorbildliche Praxisbeispiele zu sammeln, zu kommentieren und zu bewerten.
- Die Praxisbeispiele in einer Publikation zu veröffentlichen.
- Entscheidungsträger mit dieser Publikation für den risikoorientierten Umgang mit Naturgefahren zu sensibilisieren und für die Anwendung eines Risikomanagements zu motivieren.
- anhand der Beispiele aus der Praxis modellhaft Strategien und Möglichkeiten eines risikoorientierten Umgangs mit Naturgefahren aufzuzeigen.

Die Praxisbeispiele werden in der vorliegenden Publikation dargestellt. Diese will:

- Praxisbeispiele für gravitative, meteorologische, und seismische Naturgefahren präsentieren.
- Den Lösungsweg, die Motivation der Akteure wie auch den Nutzen für die Akteure in den Vordergrund stellen.
- Die Vor- und Nachteile des gewählten Weges nach möglichst einheitlichen Kriterien darlegen.
- Die Praxisbeispiele verständlich und nachvollziehbar darstellen.

Die verschiedenen Akteure (Gemeinwesen, Risikobetroffene, privatwirtschaftliche Unternehmen, Versicherungen oder Anbieter von Sicherheitsdienstleistungen) haben je nach Gefahrenart unterschiedliche Verantwortlichkeiten und somit auch unterschiedliche Ziele im Risikomanagement. Die Beispiele zeigen, wie je nach Handlungsebene (national, regional, lokal) und Akteur unterschiedliche Vorgehen und Methoden zielführend und notwendig sind.

Die dargestellten Beispiele bieten einen breiten Querschnitt durch die verschiedenen Naturgefahrenprozesse. Mit den prozessspezifischen Beispielen kann auf die Eigenheiten der verschiedenen Naturgefahren in der Anwendung des Risikokonzeptes eingegangen werden. Eine besondere Bedeutung wird den prozessübergreifenden Beispielen zugemessen, da sie die Anwendbarkeit des Risikokonzeptes über verschiedene Prozesse hinweg belegen. Auch die Art des Schadenpotenzials (zum Beispiel Siedlungsgebiet oder Verkehrswege) hat grossen Einfluss auf die Analyse, die Bewertung wie auch auf die Massnahmenplanung.

Die Frage nach den geeigneten Schutzmassnahmen ist von vielen Faktoren abhängig: von der Handlungsebene, vom Gefahrenprozess, vom Schadenpotenzial, von den zur Verfügung stehenden Mitteln und von den natürlichen Gegebenheiten. Die verschiedenen involvierten Akteure setzen unterschiedliche Prioritäten, meist sind weitere Randbedingungen im Sinne der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Die Beispiele stellen eine breite Palette von Massnahmemöglichkeiten unter den jeweils gegebenen Rahmenbedingungen vor.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	<b>I</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>2</b>
<b>Einleitung</b> .....	<b>5</b>
Ausgangslage und Ziele .....	5
Aufbau der Publikation .....	6
<b>Teil A: Grundlagen zum Risikokzept</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Grundidee des Risikokzeptes</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Der Risikobegriff und Grössen für das Risiko</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Risikoanalyse – Was kann passieren?</b> .....	<b>10</b>
3.1 Allgemeines.....	10
3.2 Gefahrenanalyse.....	10
3.3 Expositionsanalyse .....	12
3.4 Konsequenzenanalyse (Folgenanalyse).....	13
3.5 Risikobestimmung und Darstellung der Risiken.....	14
<b>4. Risikobewertung – Was darf passieren?</b> .....	<b>15</b>
4.1 Allgemeines.....	15
4.2 Schutzziele .....	15
4.2.1 Qualitative Schutzziele .....	15
4.2.2 Quantitative Schutzziele.....	16
4.3 Risikoaversion .....	17
<b>5. Massnahmenplanung und -bewertung – Was ist zu tun?</b> .....	<b>18</b>
5.1 Allgemeines.....	18
5.2 Mögliche Schutzmassnahmen .....	18
5.3 Beurteilung von Kosten und Nutzen .....	19
5.4 Ablauf Massnahmenplanung .....	20
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>21</b>
<b>Teil B: Praxisbeispiele</b> .....	<b>22</b>
<b>Zusammenfassung der Beispiele</b> .....	<b>22</b>
<b>Darstellung der Beispiele im Einzelnen</b> .....	<b>28</b>
<b>Schutz für das halbe Dorf – und die andere Hälfte?</b> .....	<b>29</b>
<b>Massnahmen an einer oder an hundert Stellen?</b> .....	<b>35</b>
<b>Umsiedeln statt Haus und Hof schützen</b> .....	<b>40</b>
<b>Vollständige Auszonung oder Schutz der Bausünden aus den sechziger Jahren? ....</b>	<b>45</b>

<b>Hab und Gut verloren durch Hochwasserkatastrophe – wie weiter? .....</b>	<b>50</b>
<b>Möglichkeiten und Grenzen der Mitbestimmung .....</b>	<b>56</b>
<b>Expertenwissen und EDV-Hilfsmittel zur Bestimmung von Gletscherrisiken .....</b>	<b>64</b>
<b>Sicherheit dank präventiver Notfallplanung .....</b>	<b>70</b>
<b>Sicher nach Italien – Beurteilung von Verkehrssicherheit und Naturgefahren .....</b>	<b>75</b>
<b>Den Stein ins Rollen gebracht .....</b>	<b>81</b>
<b>Sicher Bahn fahren dank betriebseigenem Pflichtenheft .....</b>	<b>86</b>
<b>Wenn Chemieanlagen unter Wasser stehen .....</b>	<b>92</b>
<b>Hagel in der Landwirtschaft – Schutz oder Versicherung?.....</b>	<b>98</b>
<b>Klassifikation von Bauprodukten .....</b>	<b>103</b>
<b>Kurzfristige Wetterwarnungen .....</b>	<b>108</b>
<b>Erdbebenprävention im Wallis – ein Kanton geht voraus .....</b>	<b>113</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>117</b>

## Einleitung

### Ausgangslage und Ziele

Der Bundesrat will den Schutz der Schweizer Bevölkerung vor Naturgefahren verbessern. Dazu hat er der Nationalen Plattform Naturgefahren (PLANAT) den Auftrag erteilt, eine übergeordnete und vernetzte Strategie zur Verbesserung der Sicherheit vor Naturgefahren auszuarbeiten.

Kern dieser Strategie ist das integrale Risikomanagement (siehe *Abbildung 1*). Dieses wurde in den letzten Jahren laufend weiterentwickelt, so dass heute verschiedene Werkzeuge und Arbeitshilfen bestehen, dieses integrale Risikomanagement auch umzusetzen.

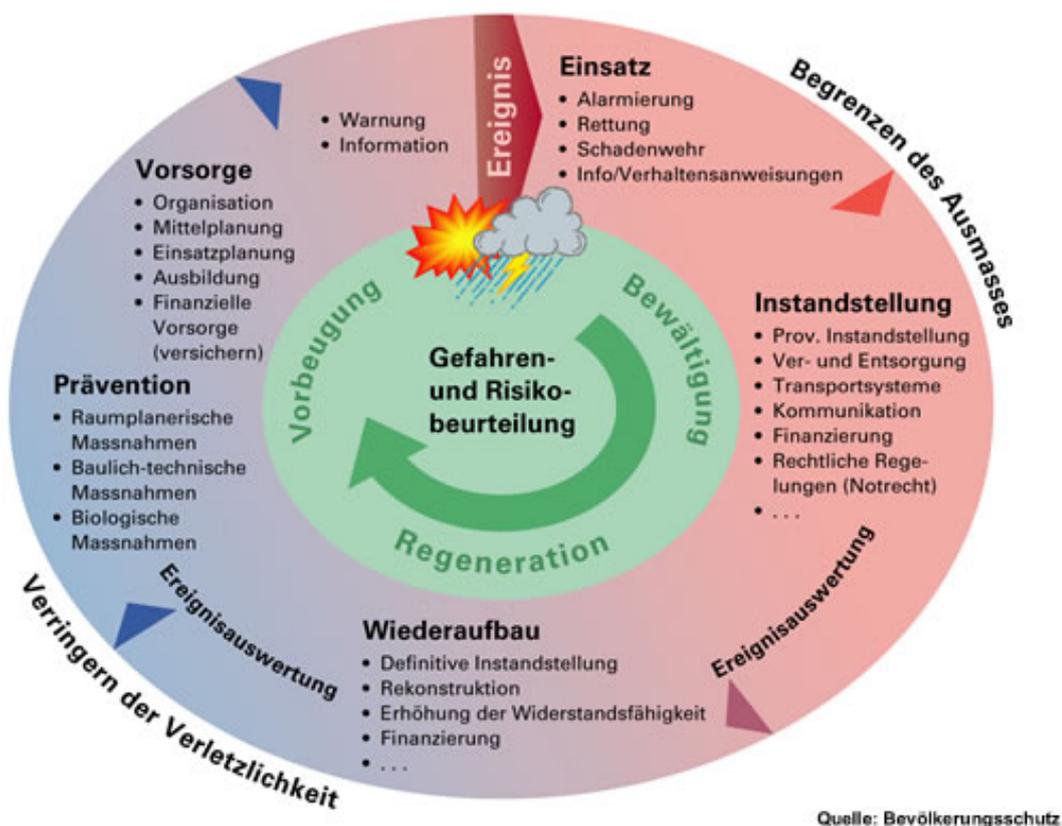


Abbildung 1: Kreislauf des Integralen Risikomanagements (Quelle: PLANAT).

Mit der vorliegenden Publikation will die PLANAT eine repräsentative Übersicht über die heute gängige Praxis des Risikomanagements im Bereich Naturgefahren erhalten. Dazu werden vorbildliche Beispiele aus der Praxis für verschiedene Naturgefahren dargestellt, kommentiert und bewertet. Damit sollen Entscheidungsträger für den risikoorientierten Umgang sensibilisiert und für die Anwendung eines Risikomanagements motiviert werden. Mit den Beispielen werden Strategien, Möglichkeiten und auch Grenzen eines Risikomanagements bei Naturgefahren anhand der Erfahrungen aus der Praxis aufgezeigt.

Diese Publikation richtet sich an ein interessiertes (Fach-)Publikum. Entscheidungsträger in Politik und Verwaltung auf allen Ebenen wie auch in öffentlichen und privatwirtschaftlichen

Unternehmen, welche für das Management von Naturgefahren verantwortlich sind, sollen angesprochen werden. Auch Risikobetroffene wie zum Beispiel Grundeigentümer sollen in dieser Publikation Lösungsansätze für „ihre“ Probleme finden. Für Ingenieure und Planer kann sie als Hilfsmittel für die Lösungsfindung dienen und neue Inputs vermitteln.

### **Aufbau der Publikation**

Diese Publikation ist in zwei Teile gegliedert. Im Teil A werden die Grundzüge und Elemente des integralen Risikomanagements aufgezeigt. Es werden die wichtigsten Begriffe des heute gängigen Risikokonzeptes erklärt. Es wird aufgezeigt, wie man von der Frage „Was kann passieren?“ zur Frage „Was darf passieren?“ kommt und wie man anschließend die Frage „Was ist zu tun?“ beantworten kann. Dazu werden die wichtigsten theoretischen Grundlagen und Gedankenmodelle vorgestellt, um die Praxisbeispiele in Teil B besser verstehen zu können.

Im Teil B werden die Praxisbeispiele zu gravitativen, meteorologischen und seismischen Naturgefahren dargestellt. Im Vordergrund dieser Beispiele stehen weniger technische Fragen der Risikoanalyse, der Risikobewertung oder einzelner Massnahmen, sondern der Lösungsweg, die Motivation der Akteure und auch der Nutzen für die Akteure. Mit einer möglichst verständlichen und nachvollziehbaren Darstellung sollen Vor- und Nachteile diskutiert und die Übertragbarkeit auf andere Orte und Probleme dargestellt werden.

Das Glossar am Schluss der Publikation soll helfen, dass die Beispiele trotz Fachbegriffen gut lesbar sind.

## Teil A: Grundlagen zum Risikokzept

### 1. Grundidee des Risikokzeptes

Das Risikokzept<sup>1</sup> ist ein Modell für die Analyse und Bewertung anspruchsvoller Sicherheitsprobleme und der damit einhergehenden Massnahmenplanung. Wie jedes Modell gibt es die Realität nur beschränkt wieder.

Mit einem Grundraster, welches auch für Sicherheitsbeurteilungen in verschiedenen anderen, vor allem technischen Bereichen angewendet wird, erlaubt es den Erfahrungsaustausch und die beschränkte Vergleichbarkeit der Risiken infolge Naturgefahren mit Risiken aus anderen Bereichen.

Die Grundidee des Risikokzeptes besteht aus drei Teilen, die sich mit den Fragen „Was kann passieren?“, „Was darf passieren?“ und „Was ist zu tun?“ umschreiben lassen. Um diese Fragen beantworten zu können, sind folgende Schritte notwendig (siehe auch *Abbildung 2*):

**Risikoanalyse – Was kann passieren?** Die Risikoanalyse besteht aus Gefahrenanalyse, Expositionsanalyse, Konsequenzenanalyse sowie der eigentlichen Risikoermittlung. Anhand von definierten Szenarien wird bestimmt, welche Faktoren und Umstände zum Gesamtrisiko beitragen. Werden bestehende Sicherheitsmassnahmen berücksichtigt, kann mit einer Risikoanalyse auch die Wirksamkeit dieser Massnahmen beurteilt werden.

**Risikobewertung – Was darf passieren? oder Wie sicher ist sicher genug?** Die Risikobewertung zeigt auf, ob die ermittelten Risiken über oder unterhalb von festgelegten Bewertungskriterien (= Schutzziele) liegen und ob ein Schutzdefizit besteht.

**Integrale Massnahmenplanung – Was ist zu tun?** Die integrale Massnahmenplanung zeigt auf, welche Massnahmen und Mittel notwendig sind, um die Schutzziele zu erreichen. Nach der Realisierung von Massnahmen verbleiben Restrisiken, da es eine absolute Sicherheit nicht gibt.

---

<sup>1</sup> Die folgenden Ausführungen beruhen in erster Linie auf dem Leitfaden Risikokzept, Stand Dezember 2007 ([2]), welcher im Rahmen des PLANAT-Aktionsplans 2006 – 2008 erstellt wurde.

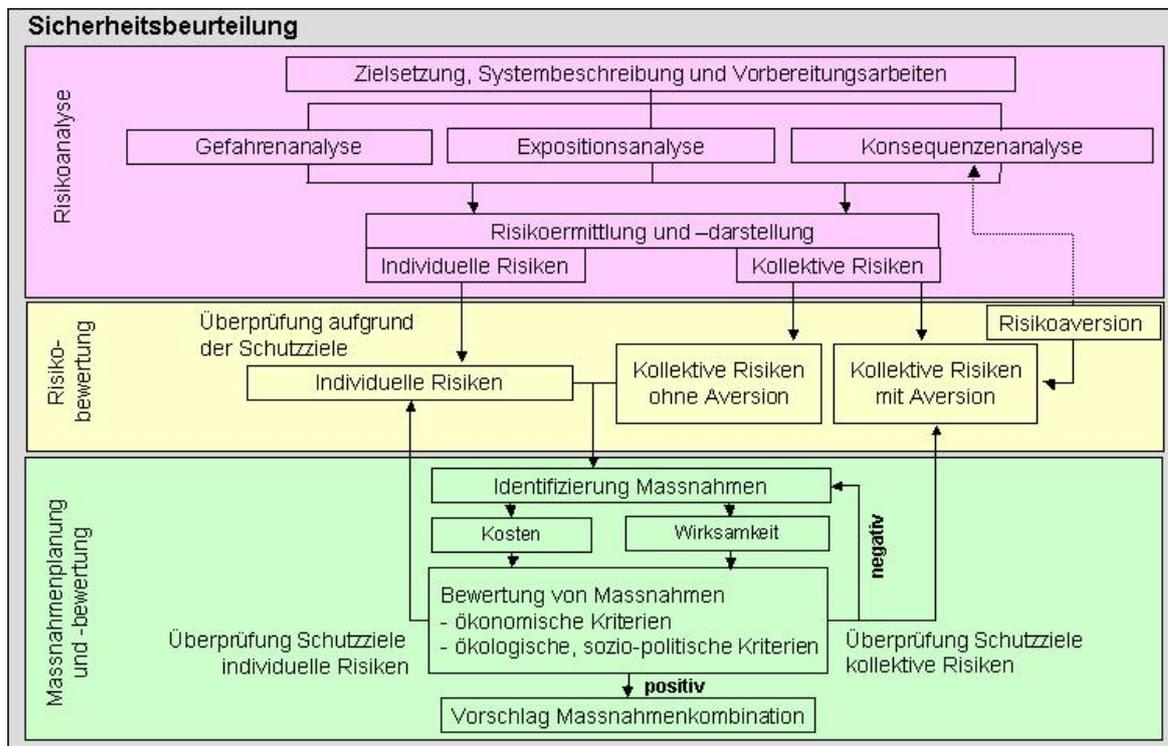


Abbildung 2: Elemente einer risikobasierten Planung von Sicherheitsmassnahmen (Quelle: aus [2]).

## 2. Der Risikobegriff und Grössen für das Risiko

### Risikobegriff und -formel

Allgemein betrachtet bezeichnet das Risiko die Möglichkeit, dass eine unerwünschte Folge, das heisst ein Schaden, eintreten kann. Ein Risiko besteht dann, wenn ein Objekt gefährlichen Wirkungen ausgesetzt ist und als Folge seiner Schadenempfindlichkeit Schaden nehmen kann. Dies lässt sich in einer Formel wie folgt aufzeigen:

$$\text{Risiko} = \text{Schadenausmass } S \times \text{Schadenswahrscheinlichkeit } W$$

Das Risiko wird ausgedrückt als (statistischer) Schadenerwartungswert pro Jahr oder Schadenerwartungswert pro Ereignis.

- Das Schadenausmass wird bestimmt durch:
  - die Anzahl Personen und Objekte (Werte), die einem gefährlichen Ereignis tatsächlich ausgesetzt sind,
  - die physikalische Wirkung dieses Ereignisses (=Intensität) und
  - die Schadenempfindlichkeit der betroffenen Personen und Werte gegenüber diesem Ereignis.
- Die Schadenswahrscheinlichkeit wird bestimmt durch:
  - die Häufigkeit oder Jährlichkeit eines gefährlichen Ereignisses und
  - die Wahrscheinlichkeit, dass sich Personen oder Werte im gefährdeten Raum aufhalten.

## Schadensbilder

Alle gefährdeten Personen, Objekte, Werte und Systeme werden in der Regel unter dem Begriff Schadenpotenzial zusammengefasst:

- **Personen** können infolge eines Naturereignisses getötet oder verletzt werden.
- **Gefährdete Objekte** lassen sich in verschiedene Kategorien (zum Beispiel verschiedene Gebäudetypen, Strasse, Schiene und andere) einteilen (siehe *Abbildung 5*). Der Schaden entspricht in der Regel dem Geldbetrag, der notwendig ist, um das Objekt wieder herzurichten. Dieser Schaden wird auch als **direkter Schaden** bezeichnet und kann meist direkt in Franken beziffert werden.
- Zusätzlich entstehen bei einem Naturereignis auch **indirekte Schäden oder Folgeschäden**. Dazu sind insbesondere die Kosten infolge Betriebsunterbruch oder Verdiensteinbussen zu rechnen. Die Quantifizierung der indirekten Schäden kann sehr umfangreich, schwierig oder gar unmöglich sein. Problematisch kann auch die Abgrenzung zwischen betriebswirtschaftlichen und volkswirtschaftlichen Schäden sein. Deshalb werden indirekte Schäden häufig nicht oder nur unzureichend in Risikoanalysen einbezogen.
- Weiter können auch Objekte betroffen sein, denen nicht ohne weiteres ein ökonomischer Wert zugeordnet werden kann. Hierzu gehören vor allem Kulturobjekte, die bei einem Schaden nicht oder unvollständig ersetzt werden können.

Grundsätzlich ist in einer Risikoanalyse dasjenige Schadenpotenzial zu berücksichtigen, welches für die Entscheidung über die notwendigen Sicherheitsmassnahmen im Einzelfall massgebend ist.

## Risikogrössen

Ein Risiko kann qualitativ wie auch quantitativ bestimmt werden.

Wird das Risiko **qualitativ** bestimmt, so ist die Grösse für das Risiko einheitslos und relativ. Es kann zum Beispiel ausgedrückt werden als Risikoindex oder Risikohinweis.

Wird das Risiko **quantifiziert**, so kann zwischen kollektiven und individuellen Risiken einerseits und dem Personen- und dem Sachrisiko andererseits unterschieden werden:

### *Kollektives Risiko*

Wird das Risiko für ein einzelnes mögliches Schadenobjekt berechnet so spricht man vom Objektrisiko. Wird das Risiko für alle gefährdeten Objekte gesamthaft betrachtet, so spricht man vom **kollektiven Risiko**. Das **Kollektive Risiko** kann berechnet werden für:

- Sachschäden (berechnet als Risiko pro Jahr oder jährlicher statistischer Schadenerwartungswert und ausgedrückt in Franken pro Jahr).
- Personenschäden (berechnet als Risiko pro Jahr und ausgedrückt in Anzahl Todesfälle pro Jahr). Daraus kann abgeleitet werden, in wie vielen Jahren statistisch gesehen mit einem Todesopfer gerechnet werden muss.

### *Individuelles Risiko*

Bei der Berechnung des **individuellen Todesfallrisikos** geht es darum, das Todesfallrisiko von jenen Personen zu beurteilen, die in einem Gefahrenbereich besonders betroffen sind. Die Einheit des individuellen Risikos ist in der Regel die Sterbewahrscheinlichkeit pro Jahr oder auch pro Einheit einer bestimmten Tätigkeit (zum Beispiel pro Kilometer Autofahren).

## 3. Risikoanalyse – Was kann passieren?

### 3.1 Allgemeines

Die konkrete Ausgestaltung der Risikoanalyse hängt in erster Linie von den Zielen ab, die damit verfolgt werden sollen. Oft begrenzt aber auch die Qualität der vorhandenen Daten den Detaillierungs- und Quantifizierungsgrad der Analyse.

Die Risikoanalyse gliedert sich in die Arbeitsschritte:

- Vorbereitungsarbeiten, Grundlagenbeschaffung
- Gefahrenanalyse (Kapitel 3.2 )
- Expositionsanalyse (Kapitel 3.3 )
- Konsequenzenanalyse (Kapitel 3.4 )
- Risikoermittlung und -darstellung (Kapitel 3.5 )

Die Vorbereitungsarbeiten und die Grundlagenbeschaffung unterscheiden sich nicht von anderen ähnlich gelagerten Untersuchungen. Es geht darum, die Bedürfnisse und Ziele der Akteure zu definieren, die Ziele und Grenzen der Risikoanalyse zu definieren, die Untersuchung inhaltlich wie auch geografisch abzugrenzen sowie die dafür notwendigen Unterlagen zu beschaffen und aufzubereiten.

### 3.2 Gefahrenanalyse

Bei der Gefahrenanalyse geht es darum, wo welche Naturgefahrenprozesse wie häufig und in welchem Ausmass auftreten. Sie unterteilt sich in die zwei Arbeitsschritte: Gefahrenerkennung und Gefahrenbeurteilung. Die Gefahrenanalyse bei den gravitativen wie auch den seismischen Naturgefahren ist in den entsprechenden Vorschriften und Empfehlungen des Bundes weitgehend geregelt.

#### Gefahrenerkennung

Für die Gefahrenerkennung müssen die relevanten Gefahren und ihre Eintretenswahrscheinlichkeit (Häufigkeit) bestimmt werden. Dabei werden historische Ereignisse, vorhandene (Gefahren-)Grundlagen, Geländeanalysen, lokale Erfahrungen sowie theoretische Grundlagen und Überlegungen aus allgemeinen Erfahrungen ausgewertet.

Um die **Häufigkeit (Wiederkehrperiode) eines Naturgefahrenprozesses** zu bestimmen, werden die Ereignisse aufgrund von sogenannten **Szenarien** klassiert. Eine Grundlage dazu bilden historische Ereignisse und auch statistisch auswertbare Zeitreihen (zum Beispiel Niederschlagsmessungen). Bei den Naturgefahren spricht man meist von Überschreitenswahrscheinlichkeiten. Das heisst, dass zum Beispiel ein Niederschlagswert in 30 Jahren erreicht oder überschritten wird.

(Bei den gravitativen Naturgefahren wird nach heute in der Schweiz gängiger Praxis bestimmt, ob ein Prozess häufig (einmal alle 30 Jahre), mittel (einmal alle 100 Jahre) oder selten (einmal alle 300 Jahre) eintritt. Daraus wird umgekehrt abgeleitet, wie gross die sog. Eintretenswahrscheinlichkeit eines Prozesses ist (1/30 respektive 1/100 respektive 1/300).

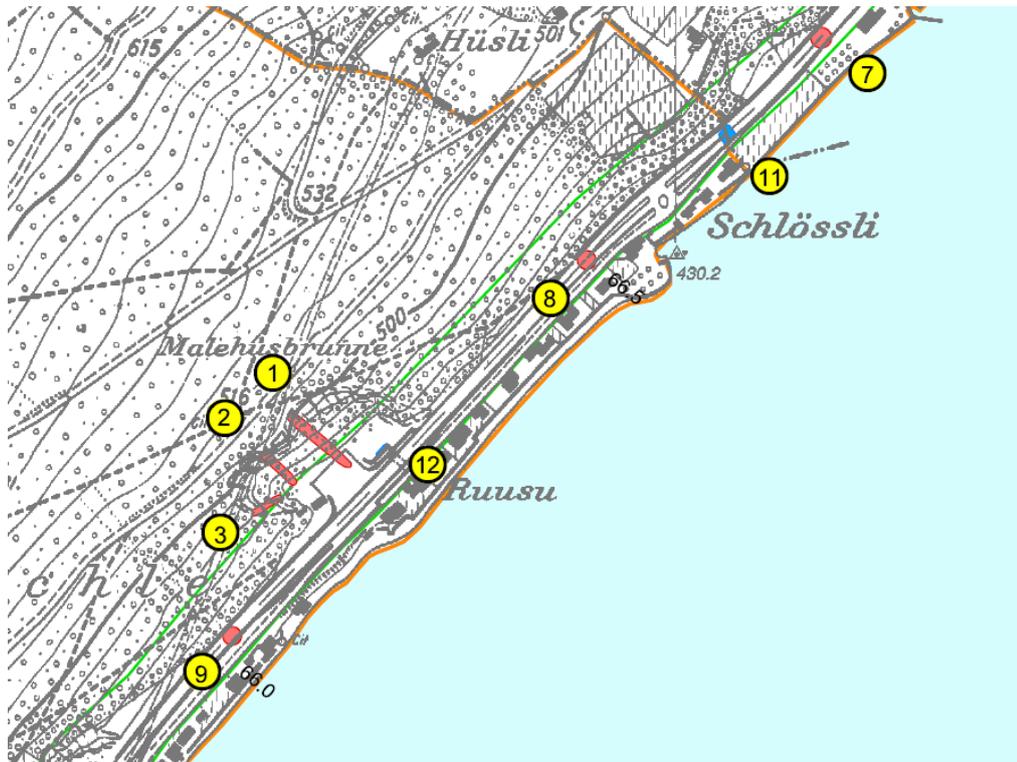


Abbildung 3: Eine Grundlage für die Gefahrenerkennung bildet die Auswertung der historischen Ereignisse, die als Karte dargestellt werden können (Quelle: Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse, Massnahmenplanung Naturgefahren Nationalstrassen Kanton Bern, 2006).

### Gefahrenbeurteilung

Bei der Gefahrenbeurteilung (auch Wirkungsanalyse genannt) wird das **Ausmass** (Art, Ausdehnung und die physikalische Wirkung) des Naturgefahrenprozesses bestimmt. Als physikalische Wirkung (= **Intensität**) kann zum Beispiel beim Prozess Sturm die Windgeschwindigkeit einer Böenspitze bestimmt werden, beim Prozess Sturz wird die Energie eines Steins oder Blocks bestimmt. Zur Bestimmung des Ausmasses kommen vielfach Berechnungen, Modellierungen, aber auch Schätzverfahren und aus Erfahrungswerten abgeleitete Überlegungen zum Einsatz.

Zur Beurteilung der Ausdehnung gehört auch die räumliche Verteilung innerhalb eines Prozessraums. So wirkt zum Beispiel Steinschlag nur sehr linear, obwohl ein ganzer Bereich unterhalb eines Felsbandes betroffen sein kann, während die Überflutung eher flächig wirkt. Die Gefahrenanalyse wird in der Regel unter Berücksichtigung der bestehenden Schutzbauten oder -systeme durchgeführt, wenn deren Funktionstüchtigkeit als langfristig (sprich länger als 10 Jahre) gesichert gilt. Unter diese Konvention fällt auch der Schutzwald.

Die Resultate der Gefahrenanalyse können als sogenannte **Intensitätskarten** dargestellt werden, auf denen für jeden Prozess und für jede Wiederkehrperiode (Szenario) die Ausdehnung der verschiedenen Intensitäten ersichtlich ist. Bei den gravitativen Naturgefahren werden daraus die Gefahrenkarten mit den Gefahrenstufen rot, blau, gelb und weiss abgeleitet.

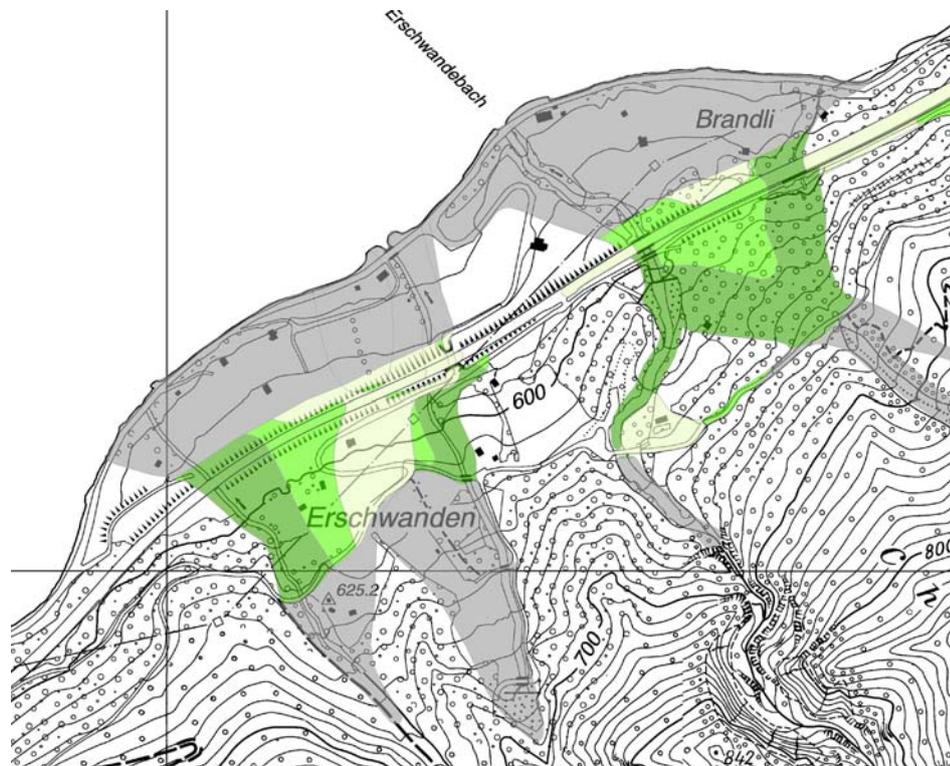


Abbildung 4: Beispiel einer Intensitätskarte für den Prozess Wasser für das 300-jährliche Szenario. Je dunkler das grün, desto höher die Intensität. (Quelle: Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse, Massnahmenplanung Naturgefahren Nationalstrassen Kanton Bern, 2006).

### 3.3 Expositionsanalyse

#### Sachwerte

In der Expositionsanalyse wird das Schadenpotenzial im Beurteilungsperimeter identifiziert und hinsichtlich Lage, Anzahl, Art, Konstruktion, Nutzung und Wert qualitativ bzw. quantitativ beschrieben. Ob dabei der Ist-Zustand oder zukünftige Entwicklungen berücksichtigt werden sollen, hängt von der aktuellen Fragestellung ab.

Das Schadenpotenzial wird oft in ortsfeste (zum Beispiel Häuser, Strassen, Leitungen Landwirtschaftsland, usw.) und bewegliche (variable) Objekte (zum Beispiel fahrende Züge, andere mobile Einrichtungen) unterteilt.

Um den Wert der Objekte zu bestimmen, werden oft mehrere ähnliche Objekte zu sogenannten Objektklassen zusammengefasst, denen ein Mittelwert zugeordnet wird. Werden in der Risikoanalyse weitere, indirekte Schäden mitberücksichtigt (siehe Kapitel 2. ), so sind diese in diesem Arbeitsschritt zu konkretisieren und Ausgangswerte festzulegen (wie zum Beispiel ist ein Betriebs- oder ein Streckenunterbruch in Geldwert umzusetzen).

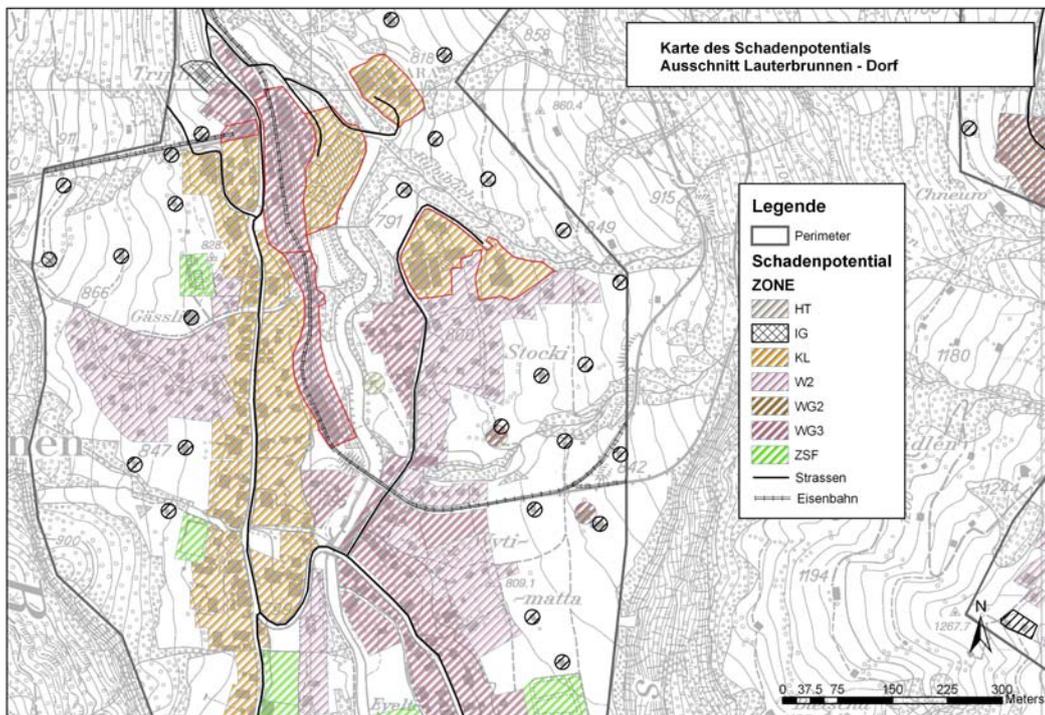


Abbildung 5: Karte des Schadenpotentials, eingeteilt in verschiedenen Objektkategorien, je nach Überbauungszone (Quelle: Risikoanalyse Lauterbrunnen, 2004).

## Personen

Für Personen ist zu bestimmen, wie oft sich wie viele Personen wie lange im gefährdeten Gebiet aufhalten. Für ein Haus ist also zu bestimmen, wie viele Personen es bewohnen und wie viele Stunden pro Tag (Präsenzwahrscheinlichkeit) sich die Bewohner im Haus aufhalten. Ob bei der Expositionsanalyse von Durchschnittswerten ausgegangen werden kann oder ob verschiedene Situationen mit unterschiedlicher Personenbelegung (zum Beispiel saisonal schwankende Hotelbelegung) berücksichtigt werden muss, hängt von der realen Situation, der Bearbeitungstiefe und der Fragestellung der Analyse sowie von den vorhandenen Daten ab.

### 3.4 Konsequenzenanalyse (Folgenanalyse)

Die Konsequenzenanalyse hat zum Ziel, das Schadenausmass für jedes Objekt für alle betrachteten Szenarien und Expositionssituationen zu bestimmen.

Dafür ist vor allem die **Schadenempfindlichkeit** massgebend. Sie sagt aus, wie stark ein Objekt oder System durch einen Prozess bei gegebener Intensität zu Schaden kommen kann. Sie wird auch als Verletzlichkeit bezeichnet. Bei Personen spricht man in diesem Zusammenhang von Letalität.

Zur Bestimmung der Schadenempfindlichkeit können entweder Erfahrungswerte aus vergangenen Ereignissen, theoretische Überlegungen zu den Auswirkungen von physikalischen Einwirkungen, Versuche, Berechnungen und Modellierungen zu Hilfe genommen werden. In der heute gängigen Praxis bei den gravitativen Naturgefahren wird oft auf standardisierte Werte zurückgegriffen.

### **3.5 Risikobestimmung und Darstellung der Risiken**

Um die Risiken zu berechnen werden das Gefahrenpotenzial aus der Gefahrenanalyse und das Schadenpotenzial aus der Expositionsanalyse mit der Schadenempfindlichkeit überlagert und miteinander verschnitten. Die Berechnung des Risikos erfolgt gemäss Kapitel 2. Es werden die massgebenden Risikogrössen für Sach- und Personenrisiken wie in Kapitel 2. angegeben verwendet.

Die Risiken können in Form von Tabellen oder auch auf Karten dargestellt werden. Daraus lassen sich die Risiken pro Flächen- oder Längeneinheit ablesen. So wird auch ersichtlich, welche Objekte und Gebiete besonders grossen Risiken ausgesetzt sind. Weiter können die Risiken zum Beispiel pro Prozessraum (also zum Beispiel Lawinenzug A oder Bach B) separat angeschaut werden oder es können die risikorelevanten Ereignisszenarien ermittelt werden. Eine weitere Darstellungsmöglichkeit sind sogenannte Wahrscheinlichkeits-Ausmass-Diagramme (W-A-Diagramme), mit welchen sich insbesondere die kollektiven Risiken sehr gut abbilden lassen.

Die unterschiedlichen Darstellungsmöglichkeiten und die daraus möglichen Aussagen finden sich in den Praxisbeispielen im Teil B.

## 4. Risikobewertung – Was darf passieren?

### 4.1 Allgemeines

Die Risikobewertung geht der Frage nach: „Wie sicher ist sicher genug?“ Es muss also beurteilt werden, ob die festgestellten Risiken zu gross sind und somit Schutzmassnahmen ergriffen werden müssen oder ob die Risiken akzeptiert werden können. Die Risikobewertung widerspiegelt eine Wertung durch die Gesellschaft. Die Ingenieur- und Naturwissenschaften können dazu nachvollziehbare Kriterien liefern. Die Kriterien müssen mit der Bevölkerung abgestimmt werden.

Für die Anwendung einer gesamtheitlichen Sicherheitsplanung gemäss *Abbildung 2* ist die Einigkeit unter den verantwortlichen Stellen zu den Bewertungskriterien notwendig. Sie übernehmen auch die Verantwortung für die Festlegung der Grenzwerte.

Gleichzeitig kann mit der Risikobewertung eine Verknüpfung zur ökonomischen Bewertung von Schutzmassnahmen erstellt werden. Dabei geht es darum, wie viel die Gesellschaft zur Risikoreduktion ausgeben kann und will.

Eine eingehende Behandlung des Themas „Risikobewertung bei Naturgefahren“ findet sich unter anderem in [5].

### 4.2 Schutzziele

Unter einem Schutzziel wird die Festlegung von Grenzwerten für die Sicherheitsanstrengungen verstanden. Damit wird das akzeptierte Risikoniveau verankert und Risikoszenarien lassen sich an verschiedenen Orten und für verschiedene Naturgefahren vergleichen. Wird ein Schutzziel nicht erreicht, spricht man von einem Schutzdefizit.

Zu allen in Kapitel 2. und 3. festgelegten Risikogrössen können Schutzziele festgelegt werden. Sie können demnach sowohl qualitativer wie auch quantitativer Natur sein. Im Hinblick darauf, wer die Risiken zu tragen hat, wird unterschieden zwischen dem Sicherheitsbedürfnis des Individuums und demjenigen des Kollektivs (analog den Risikogrössen in Kapitel 2. ). Bei der Schutzzielefestlegung ist weiter zu berücksichtigen, dass gewisse Risiken freiwillig eingegangen werden und andere nicht. Zudem können wir gewisse Risiken in einem bestimmten Ausmass selber steuern. So gelten für einen Kletterer in der Eigernordwand nicht die gleichen Grenzwerte, ab welchen die Gesellschaft für seine Sicherheit Verantwortung übernehmen muss wie für eine Person, welche in einer von Lawinen bedrohten Siedlung wohnt.

Weitere und vertiefte Informationen zu den heute bestehenden Schutzziele in der Schweiz im Bereich Naturgefahren findet sich im Bericht der PLANAT zum Thema „Schutzziele“ ([1]).

#### 4.2.1 Qualitative Schutzziele

Als qualitatives Schutzziel wird heute oft eine maximal zulässige Ereignisintensität pro Wiederkehrperiode und pro Objektart gesetzt (Beispiel: Das Siedlungsgebiet darf nicht von häufigen Ereignissen mit starker Intensität betroffen werden.). Dieser Ansatz enthält die Annahme, dass je grösser eine Ereignisintensität desto grösser der zu erwartende Schaden ist. Diese Schutzziele geben Hinweise, wo Schutzdefizite bestehen können und wo nicht.

Intensitäten: 0: Intensität Null		1: Schwache Intensität		Vollständiger Schutz		Schutz bis schwache Intensitäten	
2: Mittlere Intensität		3: Starke Intensität		Schutz bis mittlere Intensitäten		Keinerlei Schutz	

Objektkategorie				Zulässige Gefährdung		
Nr.	Sachwerte	Infrastrukturanlagen	Naturwerte	Wiederkehrperiode		
				1 - 30 (häufig)	30 - 100 (selten)	100 - 300 (sehr selten)
1	Standortsgebundene Bauten, exkl. Sonderobjekte	Skitouren-, Bergtourenrouten (gemäss Karten SAC u.a.)	Oedland, Naturlandschaften	3	3	3
2.1		Wanderwege und Loipen von kant. Bedeutung, Flurweg, Leitungen von kommunaler Bedeutung	Alpweiden	2	3	3
2.2	Unbewohnte Gebäude (Remisen, Weidescheunen u.ä.)	Verkehrswege von kommunaler Bedeutung, Leitungen von kantonomer Bedeutung	Wald mit Schutzfunktion (Waldbau B und C), landwirtschaftlich genutztes Land	2	2	3
2.3	zeitweise oder dauernd bewohnte Einzelgebäude und Weiler, Ställe	Verkehrswege von kantonaler od. gr. kommunaler Bedeutung, Leitungen von nationaler Bedeutung, Bergbahnen, Zonen für Skiabfahrts- und Übungsgelände		1	1	2
3.1		Verkehrswege von nationaler oder grosser kantonaler Bedeutung, Ski- und Sessellifte		0	1	2
3.2	Geschlossene Siedlungen, Gewerbe und Industrie, Bau-zonen, Campingplätze, Freizeit- und Sportanlagen sowie andere grosse Menschenansammlungen mit geringem Schutz gegen Gefahreineinwirkung	Stationen diverser Beförderungsmittel		0	1	1
3.3	Sonderrisiken bez. Besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden	Sonderrisiken bez. Besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden	Quellenareal	Festlegung fallweise		

Abbildung 6: Beispiel einer Schutzzielmatrix (Quelle: Richtlinie zum Schutz vor Naturgefahren, Kanton Glarus, 2001).

#### 4.2.2 Quantitative Schutzziele

##### Schutzziele für Personenrisiken

###### Individuelles Personenrisiko

Die heute verwendeten Vorschläge für Grenzwerte für individuelle Personenrisiken beruhen auf Überlegungen und Grundlagen, wie sie für den Umgang mit technischen Risiken entwickelt wurden. Im Zusammenhang mit dem Leitfaden Risikokonzent (2) definiert die PLANAT Grenzwerte, die im Risikomanagement von Naturgefahren in der Schweiz angewendet werden sollen (Tabelle 1).

Risikokategorie	Individuelles Todesfallrisiko maximaler Wert pro Jahr	Beispiel
Hohe Selbstverantwortung	$\leq 10^{-4}$	Berufskraftfahrer, Schneeräumung etc.
Niedrige bis keine Selbstverantwortung	$\leq 10^{-5}$	Anwohner, Strassenbenutzer, Bahnreisende

Tabelle 1: Vorschlag für Schutzziele für individuelle Risiken auf der Grundlage der PLANAT-Schutzziele und gängiger Schutzziele in den Kantonen (Quelle: aus [2]).

###### Kollektives Personenrisiko

Die Gesellschaft hat ein Interesse daran, die Gesamtzahl der Schäden niedrig zu halten. Deshalb geht es bei der Definition von Schutzzielen für das Kollektiv darum, die Anzahl der Opfer

in einem Gesamtsystem (zum Beispiel ein Land) mit den zur Verfügung stehenden Mitteln zu minimieren. Dies verlangt, dass überall die gleichen Sicherheitsanstrengungen (sprich der gleiche Geldbetrag) zur Verhinderung des letzten möglichen Todesfalls aufgewendet werden. Dieser Betrag, den die Gesellschaft zur Verhinderung eines statistischen Todesfalls aufwendet, wird auch als Grenzkosten bezeichnet. Er kann als Schutzziel für das kollektive Personenrisiko angesehen werden. Im Zusammenhang mit dem Leitfaden Risikokzept ([2]) definiert die PLANAT Grenzkosten von fünf Millionen Franken als Schutzziel. Bei der Überprüfung bestehender Gebäude gegenüber Erdbeben werden gemäss dem Schweizerischen Ingenieur- und Architektenverein (SIA) zehn Millionen Franken als verhältnismässig betrachtet.

#### **Schutzziele für Sachrisiken**

Grundsätzlich gilt für die Verhinderung von Sachschäden inklusive Folgeschäden, dass nicht mehr als ein Franken für Sicherheitsmassnahmen zur Verhinderung eines Franken Schadens ausgegeben werden soll (Kosten-Nutzen-Verhältnis  $< 1$ ).

Für Sachrisiken können aber auch andere Schutzziele gesetzt werden. So kann der Betreiber einer Verkehrsinfrastruktur zum Beispiel festlegen, wie häufig und wie lange eine bestimmte Strecke infolge von Naturereignissen unterbrochen sein darf. Ob diese Fragen immer quantitativ oder nur qualitativ beantwortet werden können, ist im Einzelfall zu klären.

#### **Schutzziel für das gesamte Risiko**

Auch bei der Bewertung des Gesamtrisikos (kollektives Sach- und Personenrisiko summiert) gilt, dass nicht mehr als ein Franken für Sicherheitsmassnahmen zur Verhinderung eines Franken Schadens ausgegeben werden soll (Kosten-Nutzen-Verhältnis  $< 1$ ). Dabei muss das Personenrisiko monetarisiert, das heisst in Franken ausgedrückt werden. Dafür können die oben erwähnten Grenzkosten von fünf Millionen Franken eingesetzt werden. Dies ist nicht die Bewertung des Lebens sondern vielmehr der Wert, den die Gesellschaft zur Sicherung dieses Lebens aufwenden will oder kann.

### **4.3 Risikoaversion**

Ein bis heute kontrovers diskutiertes Thema ist die Risikoaversion. Unter Aversion ist die Tendenz einer Gesellschaft zu verstehen, Ereignisse mit grossem Schadenausmass überproportional stark zu gewichten. Es bestehen heute verschiedene Ansätze, wie dieses Phänomen in der Risikoberechnung berücksichtigt werden kann (siehe [2]). Ob, und wenn ja, wie die Aversion berücksichtigt werden soll ist in Fachkreisen umstritten.

Für eine eingehende Behandlung dieses Themas sei auf [3] verwiesen.

## 5. Massnahmenplanung und -bewertung – Was ist zu tun?

### 5.1 Allgemeines

Die Resultate der Risikoanalyse und -bewertung bilden die Grundlage für die Massnahmenplanung. Ziel ist es, jene Massnahmen oder Massnahmenkombinationen zu finden, die

- das Schutzziel des individuellen Todesfallrisikos einhält und
- die kollektiven Risiken (Sach- und Personenrisiken zusammen) optimal reduziert (bestes Kosten-Nutzen-Verhältnis).

Im Sinne der Nachhaltigkeit müssen die Massnahmen aber auch folgende Kriterien erfüllen:

- Sie müssen umweltverträglich sein.
- Die Kosten der Massnahmen dürfen nicht auf die nachfolgenden Generationen verschoben werden.
- Sie müssen sozialverträglich sein. (Der Schutz einer Strasse im Winter kann zum Beispiel nicht durch Strassensperrungen allein garantiert werden, wenn dadurch das Siedlungsgebiet zu oft von der Umwelt abgeschnitten ist.)

### 5.2 Mögliche Schutzmassnahmen

Grundsätzlich müssen in der Massnahmenplanung alle denkbaren und sinnvollen Massnahmen aus Prävention und Intervention in die Planung einbezogen werden. Wiederherstellungsmassnahmen, welche nicht primär die Reduktion der Schäden im Ereignisfall zum Ziel haben, werden in der Massnahmenplanung in der Regel nicht berücksichtigt. Die möglichen Massnahmen können in die folgenden vier Gruppen unterteilt werden:

- Raumplanerische Massnahmen: Gefährdetes Gebiet erst gar nicht nutzen oder die bestehende Nutzung anpassen.
- Baulich-technische Massnahmen: Dabei wird unterschieden zwischen:
  - Schutzmassnahmen am Gefahrenprozess: Schutzmassnahmen, die einem Naturereignis entgegenwirken, um die Gefahr zu verringern oder um den Ablauf eines Ereignisses oder dessen Eintretenswahrscheinlichkeit wesentlich zu beeinflussen. Beispiele dafür sind Lawinenverbauungen, Bachverbauungen oder Schutzdämme.
  - Schutzmassnahmen am Objekt: Schutzmassnahmen, die zu einer Reduktion des Schadens führen sollen, ohne den Ablauf des Naturereignisses zu beeinflussen. Beispiele dafür sind verstärkte Rückwände bei Häusern, Hagelnetze oder erdbebensicheres Bauen.
  - Zu den baulich-technischen Massnahmen gehört auch der Unterhalt der bestehenden Schutzbauten.
- Biologische Massnahmen: Der stabilisierende Effekt von Pflanzen wird genutzt, um die Entstehung und Ausbreitung von insbesondere gravitativen Prozessen zu verhindern oder zumindest zu verringern. Bekanntestes Beispiel dafür ist der Schutzwald.
- Organisatorische Massnahmen: Mögliche Schäden werden durch die Vorbereitung auf, die Warnung vor und den Einsatz während kritischen Situationen reduziert. Beispiele dafür sind Unwetterwarnungen, Evakuationspläne oder der Betrieb von Messsystemen.

### 5.3 Beurteilung von Kosten und Nutzen

Bei der Massnahmenplanung ist die wirtschaftlich effizienteste Massnahme oder Massnahmenkombination anzustreben. Dazu müssen die Kosten und der Nutzen beurteilt werden. Die Kosten einer Massnahme setzen sich zusammen aus den Investitionskosten und den laufenden Kosten. Die Risikoreduktion, die mit einer Schutzmassnahme erzielt werden kann, stellt den Nutzen dar. Sie wird berechnet als kollektives Risiko vor Massnahmen minus das kollektive Risiko nach Realisierung der Massnahmen.

#### Bestimmung der Kosten

Die jährlichen Kosten einer Schutzmassnahme setzen sich zusammen aus:

- **Investitionskosten** (=Kapitalkosten): Sie bestehen aus Abschreibungskosten und den Zinskosten; die Laufzeit der Kapitalkosten leitet sich aus der Lebensdauer der Massnahme ab.
- **Laufende Kosten**: Sie bestehen aus Betriebskosten, Unterhaltskosten und Reparaturkosten.

Diese beiden Kostenteile werden zu den jährlichen Kosten aufsummiert.

#### Bestimmung des Nutzens

Wie oben bereits erwähnt wird der Nutzen einer Massnahme als Risiko vor Massnahme minus Risiko nach Massnahme beschrieben. Dazu muss die Wirksamkeit der Schutzmassnahmen bekannt sein. Dabei kann die Massnahme:

- den Prozess beeinflussen. Die Massnahme wirkt auf:
  - die Eintretenswahrscheinlichkeit (zum Beispiel Hangvernagelung),
  - die Grösse (zum Beispiel vorsorgliche Lawinensprengung),
  - die Reichweite (zum Beispiel Schutzdamm) oder
  - die Intensität eines Ereignisses (zum Beispiel Steinschlagschutzwald).
- das Schadenpotenzial beeinflussen. Die Massnahme wirkt auf:
  - den Wert (zum Beispiel Umsiedlung),
  - die Verletzlichkeit (zum Beispiel Wahl der Gebäudehülle) oder
  - die Präsenzwahrscheinlichkeit (zum Beispiel Evakuierung) eines Schadensobjektes.

Bei der Beurteilung des Nutzens wird nach heute gängiger Praxis ein allfälliger späterer Mehrnutzen zum Beispiel durch eine mögliche intensivere Raumnutzung nicht berücksichtigt. Allerdings können solche Überlegungen mit dieser Methodik mitberücksichtigt werden.

#### Kosten-Nutzen und Kosten-Wirksamkeit

Werden die beiden Faktoren Kosten und Nutzen miteinander verknüpft, so werden die jährlichen Kosten durch den jährlichen Nutzen dividiert. Damit können das Kosten-Nutzen-Verhältnis (Sach- und Personenrisiken werden berücksichtigt) oder die Kosten-Wirksamkeit (nur Personenrisiken werden berücksichtigt) einer Massnahme ausgedrückt werden. Im Rahmen der Risikobewertung muss festgelegt werden, wie gross dieses Verhältnis sein soll. In der heute gängigen Praxis geht man davon aus, dass die jährlichen Kosten den jährlichen Nutzen nicht übersteigen dürfen, dass dieses Verhältnis also kleiner oder maximal gleich eins sein soll.

## 5.4 Ablauf Massnahmenplanung

Die Massnahmenplanung geschieht in der Regel nach folgendem Ablauf (siehe auch *Abbildung 7*):

- Geeigneten Massnahmen und Massnahmenkombinationen festlegen
- Risikosituation vor und nach Massnahme beurteilen
- Jährlichen Kosten der Massnahmen berechnen
- Kosten-Nutzen-Verhältnisse berechnen
- Bewerten ob Schutzziele erfüllt
- Weiteren Interessen und Faktoren im Sinne der Nachhaltigkeit überprüfen
- Massnahmenvorschlag vornehmen
- Massnahme umsetzen
- Restrisiken kommunizieren
- Notfall planen und üben
- Betrieb, Überwachung und Unterhalt von Schutzmassnahmen sicherstellen
- Sicherheitssystem überprüfen

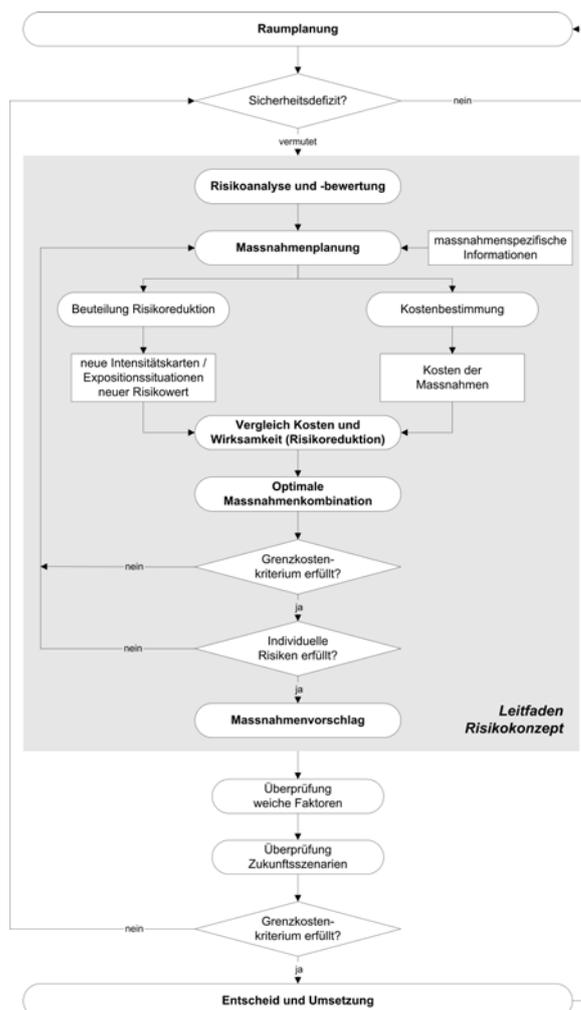


Abbildung 7: Übersicht Massnahmenplanung und -bewertung (Quelle: aus [2]).

## Literaturverzeichnis

- [1] Basler & Hofmann, Geotest, 2007: Schutzziele. Aktionsplan der PLANAT. Einzelprojekt B2.2. Schlussbericht.
- [2] Bründl, M., Bischof, N., Romang, H., Kruppenacher, B., 2007: Leitfaden Risikokzept. Umsetzung der Strategie Naturgefahren Schweiz: Einzelprojekt A 1.1. Nationale Plattform Naturgefahren PLANAT, Bern, xx S.
- [3] Bundesamt für Bevölkerungsschutz (BABS), Nationale Plattform Naturgefahren (PLANAT), 2007: Risikoaversion: Entwicklung systematischer Instrumente zur Risiko- und Sicherheitsbeurteilung bei naturbedingten und technischen Risiken. Phase 1: Darstellung und Analyse heute verwendeter Ansätze.
- [4] PLANAT (2004) „Teilprojekt B: Methoden – Evaluation“
- [5] PLANAT, 2005: Risikobewertung bei Naturgefahren. Schlussbericht.
- [6] PLANAT, 2004: Strategie Naturgefahren – Synthesebericht. In Erfüllung des Auftrags des Bundesrates vom 20. August 2003.
- [7] PLANAT, 2002: Sicherheit vor Naturgefahren – Vision und Strategie.

## Teil B: Praxisbeispiele

### Zusammenfassung der Beispiele

Die aufbereiteten und bewerteten Praxisbeispiele werden nachfolgend einzeln dargestellt. Die Zusammenfassung in *Tabelle 2* gibt einen Überblick über alle dargestellten Beispiele nach einem einheitlichen Raster. Je nach Interesse und Fragestellung können so die relevanten Praxisbeispiele rasch gefunden werden.

Diese tabellarische Übersicht ist wie folgt aufgebaut:

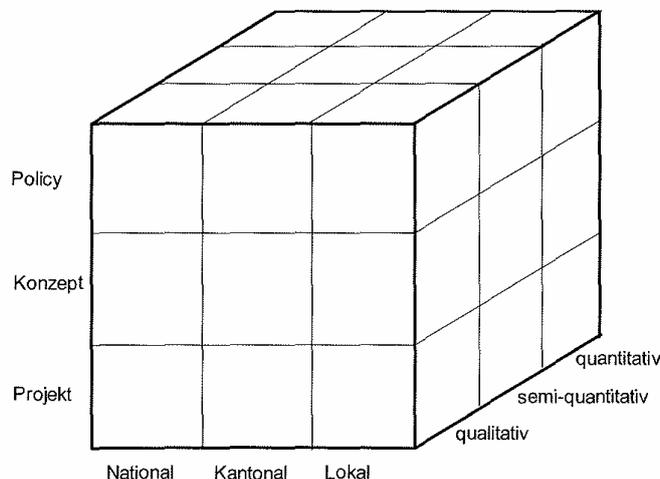
#### Akteure

Verschiedene Akteure haben je nach Gefahrenart unterschiedliche Verantwortlichkeiten und somit auch andere Ziele im Risikomanagement. Die Akteure werden wie folgt gruppiert:

- Staat / Gemeinwesen (Bund, Kantone, Gemeinden, Betreiber von Strassenverkehrsanlagen)
- Risikobetroffene
- Privatwirtschaftliche Unternehmen
- Versicherungen
- Anbieter von Sicherheitsdienstleistungen

#### Handlungsebene

Dieses Kriterium wurde gemäss untenstehender Abbildung beurteilt:



*Abbildung 8: Verschiedene Handlungsebenen im Risikomanagement (Quelle: PLANAT 2004: Teilprojekt B: Methoden – Evaluation).*

Die Beispiele sollen zeigen, wie – je nach Handlungsebene – unterschiedliche Vorgehen und Methoden zielführend und notwendig sind. Anhand eines einzelnen Beispiels kann die Eignung eines Vorgehens oder einer Methode aber für die anderen Handlungsebenen nicht oder nur teilweise beurteilt werden. Im Fazit zu den einzelnen Beispielen gibt es teilweise Hinweise dazu.

## Naturgefahrenprozesse

Die dargestellten Beispiele sollen einen breiten Querschnitt durch möglichst viele verschiedene Naturgefahrenprozesse bieten.

### *Gravitative Naturgefahren*

- Sturz (Stein- und Blockschlag, Felssturz, Bergsturz, Eisschlag)
- Hochwasser (Talfluss und See)
- Murgang und Ufererosion
- Lawinen
- Rutschung (permanente und spontane Rutschungen, Hangmuren)
- Einsturz und Absenkung

### *Meteorologische Naturgefahren*

- Sturm
- Hagel
- Starkregen

### *Erdbeben*

Eine besondere Bedeutung wird den prozessübergreifenden Beispielen zugemessen, da sie die Anwendbarkeit des Risikokonzeptes über verschiedene Prozesse hinweg belegen. Mit den prozessspezifischen Beispielen kann auf die Eigenheiten der verschiedenen Naturgefahren in der Anwendung des Risikokonzeptes eingegangen werden.

## Gefährdete Werte und deren Darstellung

Das Schadenpotenzial wurde wie folgt weiter unterteilt:

- Siedlungsgebiet
- Verkehrsträger
- Nicht weiter spezifiziert

Dies ist nur eine sehr grobe Unterteilung. Doch zwischen Siedlungsgebiet und Verkehrsträger müssen in der Risikoanalyse wie auch in der Massnahmenplanung teilweise sehr unterschiedliche Aspekte berücksichtigt werden. Weitergehende Differenzierungen zum Schadenpotenzial finden sich dann in der Darstellung der einzelnen Beispiele.

## Risikokonzept

Die Beispiele werden hinsichtlich ihrer Vereinbarkeit mit dem Risikokonzept der PLANAT beurteilt. Dieses ist im Teil A dieses Berichtes ausführlich dargestellt. Um einen Vergleich zwischen den verschiedenen Beispielen zu ermöglichen wird in der *Tabelle 2* dargestellt, welche Elemente des Risikokonzeptes gemäss *Abbildung 2* verwendet werden. Die Einstufung qualitativ, semi-quantitativ, quantitativ gibt an, mit welchem Detaillierungsgrad die Praxisbeispiele beurteilt wurden.

## Massnahmen

Eine wichtige Frage, die sich im Umgang mit Naturgefahren stellt, ist diejenige nach den geeigneten Schutzmassnahmen. Diese sind abhängig von der Handlungsebene, vom Gefahrenprozess, vom Schadenpotenzial, von den Kosten und von den natürlichen Gegebenheiten. Die verschiedenen involvierten Akteure setzen unterschiedliche Prioritäten, meist sind weitere Randbedingungen im Sinne der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Die Beispiele stellen eine möglichst breite Palette von Massnahmenmöglichkeiten vor, die wie folgt unterteilt wurde:

- Grundlagen: Dazu gehören Öffentlichkeitsarbeit, Lehre, Forschung und Entwicklung sowie Umweltbeobachtung und Monitoring.
- Prävention: Dazu gehören das Bereitstellen von Gefahrengrundlagen wie Gefahrenkarten und Mikrozonierungen, baulich-technische Schutzmassnahmen, biologische Schutzmassnahmen sowie organisatorische Massnahmen wie Warnung und Alarmierung.
- Intervention: Dazu gehören die Notfallplanung und -organisation und das Bereitstellen entsprechender Ressourcen.
- Regeneration (Wiederinstandstellung): Dazu gehören Versicherungen, Wiederherstellung sowie die private Vorsorge.

*Tabelle 2 (nachfolgende Seite): Zusammenfassung der dargestellten Beispiele.*



Legende  
 ganz erfüllt  
 teilweise erfüllt

Seite	Beispiel	Akteur				Handlungsebene		Betrachtete Naturgefahrenprozesse											Schadenpotenzial			Risikokzept						Massnahmenplanung				Kernaussagen				
		Staat / Gemeinwesen	Risikobetroffene	Versicherungen	Anbieter	Policy	Konzept	Projekt	Surz	Lawinen	Hochwasser	Murgang	Rutschungen	Einsturz / Absenkung	Erdbeben	Sturm	Hagel	Starkregen	andere	Siedlungsgebiet	Verkehrsträger	andere	qualitativ	semiquantitativ	quantitativ	qualitativ	semiquantitativ	quantitativ	qualitativ	semiquantitativ	quantitativ		Grundlagen	Prävention	Intervention	Regeneration
64	Expertenwissen und EDV-Hilfsmittel zur Bestimmung von Gletscherrisiken	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	Einheitliches Verfahren zur Beurteilung, Bewertung und Reduktion von Risiken ausgelöst durch glaziale und periglaziale Prozesse auf der Basis von Expertenwissen und partizipativen Prozessen. Die Massnahmenplanung für prioritäre Objekte erfolgt auf der Basis von Kosten-Nutzen-Betrachtungen.
70	Sicherheit dank präventiver Notfallplanung	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	Anhand von 32 Szenarien im kantonalen Risikoplan werden die Prioritäten für die Notfallplanung gesetzt. Das Pilotprojekt besteht die Feuertaufe bei den Unwettern 2005, nun soll eine Musternotfallplanung als Vorlage für die andern Gebiete im Kanton erarbeitet werden.		
75	Sicher nach Italien – Beurteilung von Verkehrssicherheit und Naturgefahren	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	Prozessübergreifende Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse bezüglich Verkehrssicherheit und Naturgefahren einer Talerschliessung als Hilfsmittel für die Prioritätensetzung in der Massnahmenplanung.		
81	Den Stein ins Rollen gebracht	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	"Medienwirksame" Naturereignisse auf den Nationalstrassen veranlassen den Betreiber zu einer umfassenden Gefahren- und Risiko- beurteilung mit Berücksichtigung der Verfügbarkeit der Strecke. Auf der Grundlage von vorgängig definierten Schutzzielen wird eine risikobasierte Massnahmenplanung begonnen.		
86	Sicher Bahn fahren dank betriebseigenem Pflichtenheft	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	National tätiges Unternehmen erarbeitet Pflichtenheft zur einheitlichen Beurteilung, Bewertung und Reduktion von Naturrisiken im Einklang mit der Gesamtrisikostategie des Unternehmens. Das Fallbeispiel liegt an einer international wichtigen Verkehrsachse.		
92	Wenn Chemieanlagen unter Wasser stehen	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	Grosser und für die Region sehr wichtiger Industriebetrieb sieht sich mit verschiedenen Risiken konfrontiert, die teilweise widersprüchliche Schutzkonzepte verlangen. Das Management dieser unterschiedlichen Risiken mit teilweise weitreichenden Folgen für Mensch und Umwelt stellt eine grosse Herausforderung für die Verantwortlichen dar.		
98	Hagel in der Landwirtschaft – Schutz oder Versicherung	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	ganz erfüllt	Reduktion von Hagelschäden in der Landwirtschaft, namentlich im Obst- und Rebbau, sind in der Schweiz noch wenig verbreitet.		



## **Darstellung der Beispiele im Einzelnen**

Die Beispiele sind im Folgenden einzeln dargestellt.

## Schutz für das halbe Dorf – und die andere Hälfte?



**Prioritätensetzung  
und Kommunikation  
im Lawinenverbau**

### **Ausgangslage**

Die Ortschaft Leuggelbach im Kanton Glarus wird durch zwei Lawinenzüge bedroht. Die Schwächeten- und die Vorbachlawine gefährden immer wieder die Kantonsstrasse und bewohnte Einzelgebäude. Im Lawinenwinter 1999 wurden zwei Wohnhäuser und ein Stall zerstört. Ausserdem musste die Kantonsstrasse aus Sicherheitsgründen während mehreren Tagen gesperrt werden.

Da der Kanton Glarus mit vielen derartigen Naturgefahren konfrontiert ist, erliess er im Jahr 2001 eine Richtlinie, welche die Gefahrenabklärung, die Schutzziele und die Finanzierung von Naturgefahrenprojekten vorgibt. Demnach verlangt der Kanton für alle Projekte ein modernes Naturgefahrenmanagement. Dieses soll einen effizienten und prioritätengerechten Einsatz der vorhandenen Mittel ermöglichen.

### **Ziele**

Für den Gemeinderat von Leuggelbach stellte sich die Frage, wie er die Anwohner besser vor den Lawinen schützen kann. Er beschloss, mit einer Gefahren- und Risikoabklärung den Handlungsbedarf für den Verbau der Schwächeten- und der Vorbachlawine abklären zu lassen. Dies sollte die effektive Gefährdung für Personen und Gebäude aufzeigen. Mit diesen Grundlagen sollten Massnahmen ausgearbeitet werden, um den Anwohnern einen besseren Schutz vor Lawinen zu ermöglichen.

## Risikoanalyse

### *Gefahrenbeurteilung*

Ein Teil des potenziellen Anrissgebietes oberhalb Leuggelbach ist bewaldet. Deshalb wurde für die Gefahrenbeurteilung zuerst der vorhandene Schutzwald und seine Wirkungsweise gegen Lawinen beurteilt. Dabei kam man zum Schluss, dass der Wald einen positiven Einfluss auf die Lawinensituation hat. Da aber ein Teil der Fläche als Waldweide genutzt wurde, kam die Verjüngung kaum auf. Deshalb wurde die Wirkung des Waldes für die kommenden Jahre als kritisch beurteilt. Die hauptsächliche Gefahr stellen allerdings die über der Waldgrenze liegenden Anrissgebiete der Schwächeten- und der Vorbachlawine dar.

So wurden, wie in der kantonalen Richtlinie beschrieben, Ereigniskataster, Karte der Phänomene und die Gefahrenkarte ausgewertet. Das Ausmass der beiden Lawinenzüge wurde mittels Computersimulationen berechnet. Mit all diesen Grundlagen wurde die Intensität und die Ausdehnung der Lawinen für ein häufiges Szenario (Wiederkehrperiode  $\leq 30$  Jahre), für ein mittleres Szenario (Wiederkehrperiode 30 bis 100 Jahre) und ein seltenes Szenario (Wiederkehrperiode 100 bis 300 Jahre) bestimmt.

### *Schadenpotenzial*

Aus der Gefahrenbeurteilung wurde ersichtlich, dass die Kantonsstrasse und etliche Wohnhäuser sowie verschiedene Gewerbebauten im Einflussbereich der Schwächeten- und der Vorbachlawine liegen. Da die Kantonsstrasse die Hauptverkehrslinie Richtung Linthal darstellt, ist ihre Verfügbarkeit von grosser Bedeutung.

### *Risikobestimmung*

Die Berechnungen aus der Gefahrenbeurteilung ergaben für die Schwächetenlawine bereits bei häufigen Ereignissen eine erhebliche Gefährdung für die Kantonsstrasse und einzelne Gebäude. Bei mittleren Ereignissen entsteht für viele umliegende Gebäude eine mittlere Gefährdung. Bei sehr seltenen Ereignissen besteht zusätzlich für eine geschlossene Siedlung eine mittlere Gefährdung.

Die Vorbachlawine erreicht die Kantonsstrasse erst beim 100-jährlichen Ereignis. Für die Strasse besteht dann eine mittlere Gefährdung. Bei seltenen Ereignissen ist die Gefährdung für die Strasse erheblich. Weiter gibt es verschiedene Einzelgebäude, die schon bei häufigen Ereignissen erheblich gefährdet sind.

Die Risikoberechnungen zeigten, dass die Schwächetenlawine einen jährlichen Schadenerwartungswert von 45'000 Franken verursacht. Das Risiko besteht vor allem für die betroffene Gewerbezone und diverse kleine Ställe. Bei der Vorbachlawine beträgt der jährliche Schadenerwartungswert 25'000 Franken. Schäden sind vorwiegend in einer kleinen exponierten Wohnzone und an einigen bewohnten Einzelgebäuden zu erwarten. Die beiden Lawinen zusammen führen ohne Berücksichtigung der bestehenden organisatorischen Massnahmen wie Warnung, Evakuierung und Strassensperrung statistisch gesehen im Durchschnitt alle sieben Jahre zu einem Todesopfer. Die Vorbachlawine weist ein etwas grösseres jährliches Todesfallrisiko auf als die Schwächetenlawine.

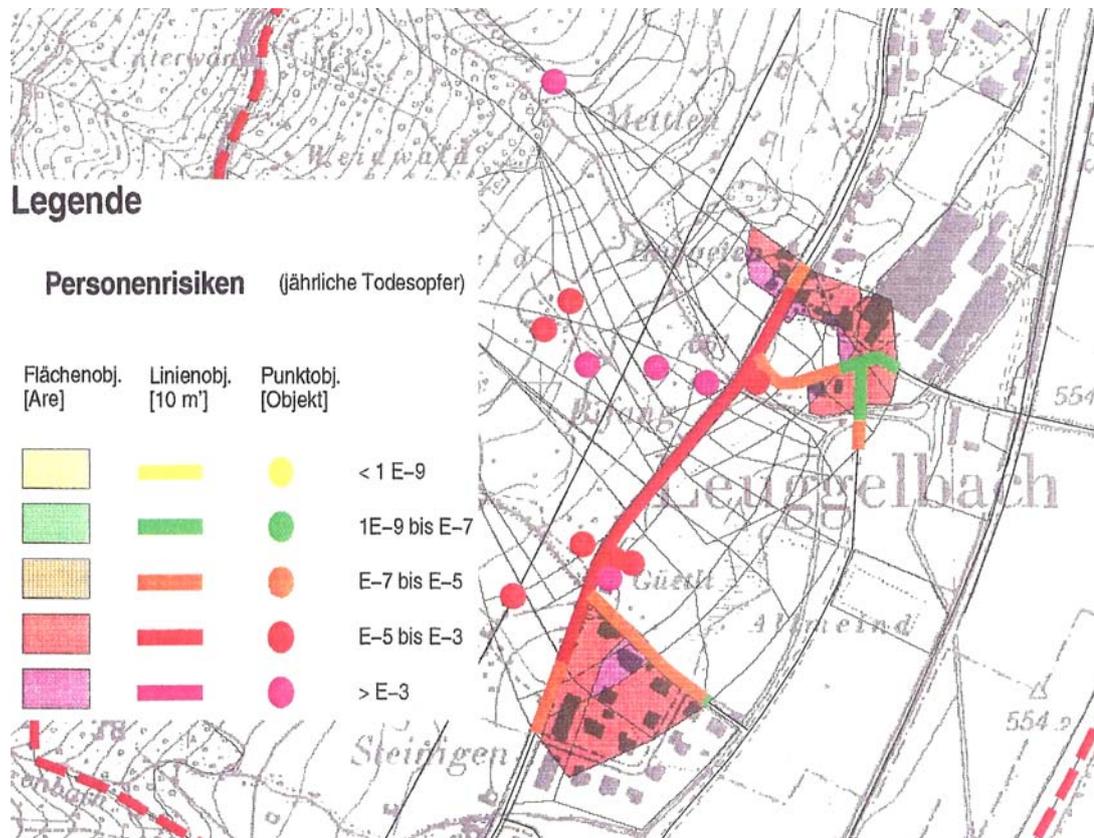


Abbildung 9: Personenrisikokarte ausgehend von der Gefährdung durch die Schwächeten- und Vorbachlawine. Es wird die Anzahl erwarteter Todesopfer pro Jahr angegeben (Quelle: Vorstudie Lawinengefahren Leuggelbach, 2000).

### Risikobewertung

Für das Ermitteln der Schutzdefizite wurde die Schutzzielbestimmung aus der kantonalen Richtlinie verwendet. Diese legt fest, bei welchen Objekten welche Gefährdung toleriert wird (siehe *Abbildung 10*).

Für beide Lawinenzüge wurde ermittelt, wo ein Schutzdefizit besteht. Bei der Schwächetenlawine besteht auf 88 Aren Gewerbe-, Industrie- sowie Ein- und Zweifamilienhauszonen ein Schutzdefizit. Bei der Vorbachlawine sind 45 Aren betroffen. Ausserdem besteht bei der Schwächetenlawine für 500 Meter Strassen und Starkstromleitungen ein Schutzdefizit. Bei der Vorbachlawine sind es 351 Meter.

Intensitäten: 0: Intensität Null		1: Schwache Intensität		Vollständiger Schutz		Schutz bis schwache Intensitäten	
2: Mittlere Intensität		3: Starke Intensität		Schutz bis mittlere Intensitäten		Keinerlei Schutz	

Objektkategorie Nr.	Sachwerte	Infrastrukturanlagen	Naturwerte	Zulässige Gefährdung Wiederkehrperiode		
				1 - 30 (häufig)	30 - 100 (selten)	100 - 300 (sehr selten)
1	Standortsgebundene Bauten, exkl. Sonderobjekte	Skitouren-, Bergtourenrouten (gemäss Karten SAC u.a.)	Oedland, Naturlandschaften	3	3	3
2.1		Wanderwege und Loipen von kant. Bedeutung, Flurweg, Leitungen von kommunaler Bedeutung	Alpweiden	2	3	3
2.2	Unbewohnte Gebäude (Remisen, Weidescheunen u.ä.)	Verkehrswege von kommunaler Bedeutung, Leitungen von kantonomer Bedeutung	Wald mit Schutzfunktion (Waldbau B und C), landwirtschaftlich genutztes Land	2	2	3
2.3	zeitweise oder dauernd bewohnte Einzelgebäude und Weiler, Ställe	Verkehrswege von kantonaler od. gr. kommunaler Bedeutung, Leitungen von nationaler Bedeutung, Bergbahnen, Zonen für Skiabfahrts- und Übungsgelände		1	1	2
3.1		Verkehrswege von nationaler oder grosser kantonaler Bedeutung, Ski- und Sessellifte		0	1	2
3.2	Geschlossene Siedlungen, Gewerbe und Industrie, Bau-zonen, Campingplätze, Freizeit- und Sportanlagen sowie andere grosse Menschenansammlungen mit geringem Schutz gegen Gefahreineinwirkung	Stationen diverser Beförderungsmittel		0	1	1
3.3	Sonderrisiken bez. Besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden	Sonderrisiken bez. Besonderer Schadenanfälligkeit oder Sekundärschäden	Quellenareal	Festlegung fallweise		

Abbildung 10: Schutzziele gemäss der kantonalen Richtlinie (Quelle: Richtlinie zum Schutz vor Naturgefahren, Kanton Glarus, 2001).

### Massnahmenplanung

Aus einem Massnahmenkatalog wurden bautechnische, raumplanerische und organisatorische Massnahmen auf ihre Wirkungsweise bei den Lawinen untersucht. Bei jeder Massnahme wurden die Vor- und Nachteile ermittelt und die Eignung für das Projektgebiet beschrieben. Aus diesen wählten die Projektverfasser zusammen mit den Auftraggebern die geeignetsten und sinnvollsten aus. Diese wurden hinsichtlich Schutzwirkung, Landschaft, Ökologie, Landwirtschaft und Lebensqualität miteinander verglichen und qualitativ bewertet. Somit konnte die beste Variante eruiert werden (siehe *Abbildung 11*).

	während Bauzeit				nach Realisierung			
	Werke	Leitd.	Auff'd.	GasEx	Werke	Leitd.	Auff'd.	GasEx
Schutzwirkung (Lawine)	○	○	○	○	●	●	●	●
Schutzwirkung (weitere Prozesse)	○	○	○	○	●	●	●	●
Landschaft	●	●	●	●	●	●	●	●
Wild / Ökologie / Gewässer	●	●	●	●	●	●	●	●
Landwirtschaft	●	●	●	●	●	●	●	●
Lebensqualität / Wohlbefinden	●	●	●	●	●	●	●	●

Abbildung 11: Auswirkungen der Lawinenschutzmassnahmen während und nach der Bauzeit (Quelle: Vorstudie Lawinengefahren Leuggelbach, 2000).

Weiter wurden quantitative Berechnungen für die Verminderung des Risikos und die Kostenwirksamkeit der verschiedenen Massnahmen vorgenommen. Mit Hilfe dieser Grundlagen wurden die besten Schutzmassnahmen für beide Lawinen eruiert. Bei der Schwächetenlawine erachtete man einen Anrissverbau aus permanenten Stahlwerken und temporären Holzwerken als die beste Variante. Bei der Vorbachlawine entschied man sich für Auffang- und Leitdämme im Ablagerungsgebiet. Insgesamt hätten diese Verbauungen Kosten in der Höhe von 3,3 Millionen Franken verursacht. Trotz hoher Subventionierung durch Bund und Kanton war die kleine Gemeinde mit 184 Einwohnern nicht im Stande, den Restbetrag aufzubringen. Deshalb entschieden sich die Gemeindeverantwortlichen unterstützt durch die Abteilung Wald des Kantons, vorerst nur die Schwächetenlawine zu verbauen.

Je nach Wohnlage der Einwohner waren diese von der Wahl unterschiedlich betroffen. Die einen konnten sich über die Schutzmassnahmen freuen. Andere mussten diese Massnahmen mitfinanzieren, bekamen aber an ihrem Wohnort trotz grosser Gefährdung keine verbesserten Schutzleistungen. Deshalb war es von grosser Bedeutung, dass die Gemeinde mit den Resultaten aus der Risikobewertung begründen konnte, weshalb vorerst nur die Schwächetenlawine verbaut werden sollte und nicht die Vorbachlawine. Die Kommunikation der Prioritätensetzung gegenüber den Betroffenen wäre ohne saubere Darstellung des Risikos sehr schwierig gewesen.

### **Aktueller Stand**

Inzwischen wurden die Verbauungen bei der Schwächetenlawine realisiert. Ob in Zukunft auch die Vorbachlawine verbaut wird, ist ungewiss. Die zwischenzeitlich fusionierte Gemeinde Haslen (Leuggelbach, Haslen und Nidfurn) möchte die Verbauung realisieren, ist aber noch nicht mit allen betroffenen Grundeigentümern einig.

### **Kosten-Nutzen**

Die Lawinenverbauung von 1'100 Meter Länge kostete insgesamt 2,15 Millionen Franken. Damit kann das Todesfallrisiko um fast 90 Prozent gesenkt werden. Gleichzeitig kann das jährliche Sachrisiko von 45'000 Franken auf 6'300 Franken vermindert werden. Die Kostenwirksamkeit der Lawinenverbauung wird auf 1,4 Millionen Franken pro statistisch verhinderten Todesfall beziffert. Dies gilt nach heute gängiger Praxis als gute Kosten-Wirksamkeit. Der grösste Nutzen aus der Risikoanalyse liegt für die Beteiligten vor allem darin, dass damit eine optimale Massnahmenwahl und -begründung überhaupt erst möglich geworden ist. Dabei ist der Mehraufwand für eine derartige Risikoanalyse im Rahmen einer Vorstudie sehr gering (rund ein Prozent der Massnahmenkosten).

Die bisher ausgeführten Massnahmen wurden fast vollständig durch Bund und Kanton subventioniert. Die Gemeinde musste einen Anteil von fünf Prozent selber übernehmen.

### **Fazit**

Dank der sehr fundierten Beurteilung von Gefährdung, Schadenpotenzial und Risiko ist die daraus resultierende Massnahmenplanung übersichtlich und nachvollziehbar.

Damit standen den Gemeinde- und Kantonsvertretern transparente Entscheidungsgrundlagen zur Verfügung, mit welchen die Erkenntnisse kommuniziert werden konnten und welche die

Akzeptanz für die gewählte Massnahmenvariante förderten, auch wenn vorerst nur das halbe Dorf davon profitierte.

### **Akteure**

- Gemeinden
- Kantonale Ämter für Wald und Waldabteilungen
- Risikobetroffene
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- FAN-Herbstkurs, 2004: Tagungsunterlagen zum Thema „Risiko“.
- Kanton Glarus, 2001: Richtlinie zum Schutz vor Naturgefahren.
- BUWAL, 1999: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Umweltmaterialien Nr. 107.
- BUWAL, 1999: Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen. Praxishilfe.

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Gemeinde Leuggelbach
- Abteilung Wald des Kantons Glarus
- Ingenieure Bart AG, St. Gallen

## Massnahmen an einer oder an hundert Stellen?



**Risikoanalyse  
Lauterbrunnen**

### **Ausgangslage**

Aufgrund der Naturgefahrenkarte stellt die Gemeinde Lauterbrunnen 2004 fest, dass Teile ihrer Dorfbevölkerung im mittel bis erheblich gefährdeten Gebiet wohnen (blaue und rote Gefahrenzone) und dass das Siedlungsgebiet an insgesamt über 90 verschiedenen Stellen von Naturgefahren bedroht ist. Auch touristisch intensiv genutzte Anlagen sowie Hotels und Ferienwohnungen sind davon betroffen. Für den Gemeinderat stellten sich unter anderem folgende Fragen:

Wo, wie gross und wie häufig sind Schäden durch Naturgefahren zu erwarten?

Was ist ein angemessener Schutz für Personen und Sachwerte und ist dieser vorhanden?

Wenn nein, wo bestehen Defizite?

Besteht deswegen Handlungsbedarf und wenn ja für wen?

In welcher Reihenfolge sollen die Problempunkte angegangen werden?

Welche Massnahmen müssen ergriffen werden?

Die Gemeinde möchte Personen und erhebliche Sachwerte mit gezielten Massnahmen vor künftigen Naturgefahren besser schützen. Um eine Prioritätenliste über die dringendsten Stellen zu erhalten lässt sie dazu eine Risikoanalyse ausarbeiten.

### **Ziele**

Mit der Risikoanalyse soll als Erstes überprüft werden, wo die vom Kanton festgelegten Schutzziele verletzt werden, wo also Schutzdefizite bestehen. Weiter soll abgeklärt werden, ob an diesen Stellen weitere Schutzmassnahmen möglich sind. Bei der Wahl der zusätzlichen Massnahmen sollen klare Prioritäten gesetzt werden. Dabei besonders berücksichtigt werden sollen die touristisch intensiv genutzten Gebäude und Anlagen (Verkehrswege, Bahnen, Freizeitanlagen und ähnliches).

## Risikoanalyse

Grundlage für die *Gefahrenbeurteilung* bildete die bestehende Naturgefahrenkarte für die Prozesse Schnee, Sturz, Rutschungen und Wasser. Aus dieser Karte konnten Intensitätskarten für ein 30-, 100- und 300-jährliches Szenario abgeleitet werden. Ergänzt wurden diese Erkenntnisse durch die Angaben aus dem Ereigniskataster und dem Schutzbautenkataster.

Für die Zusammenstellung des *Schadenpotenzials* wurden verschiedene Grundlagen wie Nutzungsplan, topografische Grundlagen, Luftbilder, Verkehrsaufkommen und auch Befragungen von Ortskennern ausgewertet. Speziell berücksichtigt wurde die Tatsache, dass Ferienhäuser und Hotels nicht ganzjährig bewohnt sind. So wird Lauterbrunnen von 3'000 Einwohnern ständig bewohnt, hinzu kommen aber rund 9'000 Gästebetten in Ferienwohnungen und Hotels. Die Besucherströme an den Bahn- und Bergbahnstationen sind grossen tageszeitlichen Schwankungen unterworfen sind. Mögliche Schadenobjekte ausserhalb des Perimeters der Gefahrenkarte wurden nicht berücksichtigt. Speziell berücksichtigt wurden all jene Objekte, die über bestehende Objektschutzmassnahmen verfügen. Nicht mitberücksichtigt wurde die Tatsache, dass insbesondere für die Lawinengefahr ein gut funktionierender Lawinenwarndienst besteht, dank welchem Evakuierungen aus den gefährdeten Gebieten möglich sind.

Die *Risikobestimmung* wurde gemäss den methodischen Grundlagen des Bundes (BUWAL, Umweltmaterialien Nr. 107 / I und II) durchgeführt. Die Resultate dieser theoretischen Berechnungen wurden mit den Angaben der Gebäudeversicherung über vergangene Schäden sowie mit den Zahlen aus dem Ereigniskataster auf ihre Plausibilität hin überprüft.

## Risikobewertung

Nach der Risikoanalyse galt es, diese Risiken zu bewerten. Hier diente die Schutzzielmatrix des Kantons Bern als erste Richtschnur (siehe *Abbildung 12*). Mit dieser Matrix kann unterschieden werden, ob bei einem betroffenen Objekt grundsätzlich Handlungsbedarf besteht oder nicht und ob Schutzmassnahmen notwendig sind oder nicht. Ergänzt wurden diese Überlegungen durch die quantitative Berechnung des Sach- und Personenrisikos. Dabei wurde ersichtlich, dass insbesondere grossflächige Prozesse wie Überflutungen zwar grosse Risiken aber nur kleine oder gar keine Schutzdefizite verursachen. Um beide Aspekte (Schutzzielmatrix und Grösse des Risikos) bei der Definition des Handlungsbedarfs zu berücksichtigen, wurde zusammen mit der Begleitgruppe<sup>2</sup> ein Entscheidungsbaum ausgearbeitet (*Abbildung 2*). Dieser erlaubte es, aufgrund nachvollziehbarer, quantitativer Kriterien zu entscheiden, ob Handlungsbedarf besteht oder nicht.

Da mit diesem Entscheidungsbaum immer noch an rund 40 Gefahrenstellen Handlungsbedarf bestand, stellte sich natürlich die Frage, wie Prioritäten für die Massnahmenplanung gesetzt werden können. Dazu diente die Rangierung der Gefahrenstellen nach Grösse des Risikos, wobei die Grösse des Personenrisikos und des Sachrisikos je separat in diese Überlegungen einflossen.

---

<sup>2</sup> Die Begleitgruppe bestand aus Vertretern des Kantonalen Amtes für Wald, des Kantonalen Tiefbauamtes (Wasserbauingenieur und Strasseninspektor) und der Gemeinde (Revierförster).

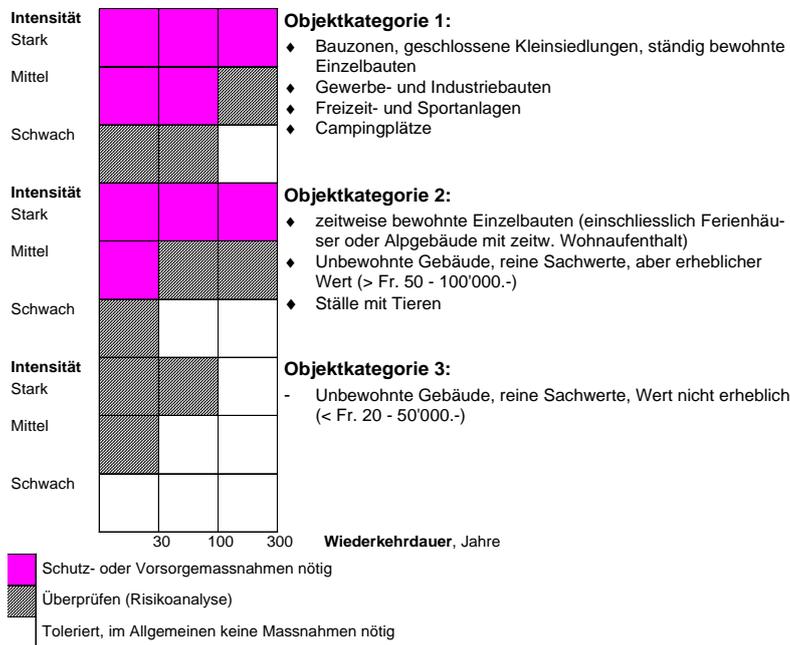


Abbildung 12: Risikomatrix des Kantons Bern (Quelle: Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons Bern).

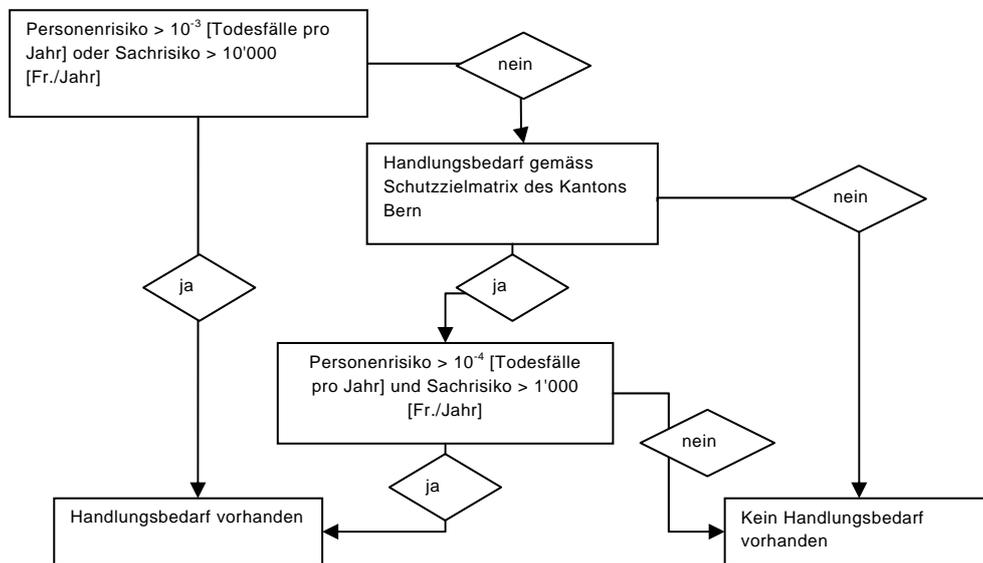


Abbildung 13: Entscheidungsbaum zur Priorisierung der Massnahmenplanung (Quelle: Risikoanalyse Lauterbrunnen, 2004).

## Massnahmenplanung

Mit Hilfe der Risiko-Rangierung konnten für die verschiedenen Prozessräume wie Lawinenzüge, Murgangkegel, Sturzgebiete die Prioritäten 1 – 8 vergeben werden. Für die Prozessgebiete mit den Prioritäten 1 – 3 (noch 20 Prozessräume) wurden die bestehenden und die geplanten Schutzmassnahmen zusammengetragen. Ergänzend dazu wurden neue Massnahmen vorgeschlagen und zusammen mit der Begleitgruppe diskutiert und ausgewertet.

Die Ergebnisse wurden mit der Gemeinde und den verschiedenen Kommissionen (Wehrdienst, Bau, Schwellenkorporation, Gemeindeführungsstab) ebenfalls diskutiert und entsprechend ergänzt.

Abgesehen von diesen technischen Massnahmen wurde der Gemeinde ein Katalog mit Empfehlungen abgegeben. Darin wurde unter anderem aufgeführt, dass die Bevölkerung über die Ergebnisse der Risikoanalyse informiert werden soll, dass Verantwortlichkeiten klar geregelt werden müssen und dass die Grundeigentümer über die Möglichkeit zu Objektschutzmassnahmen informiert werden sollen.

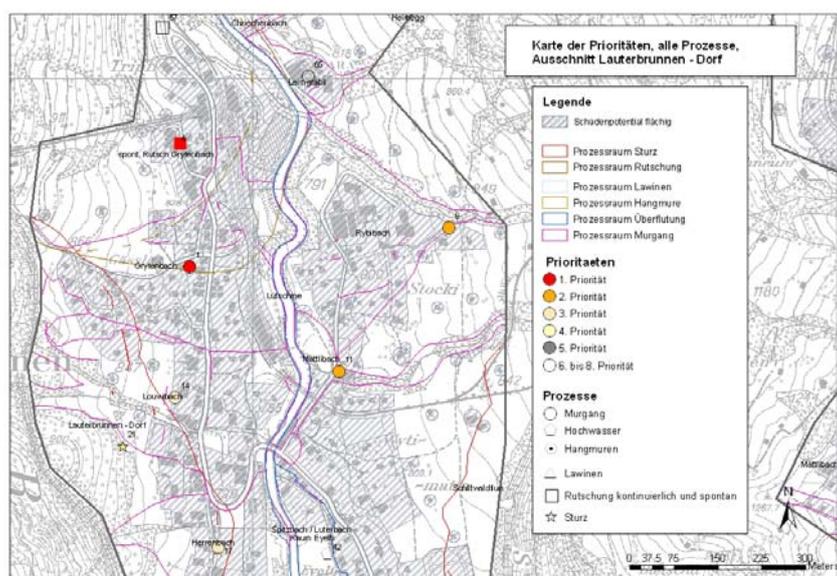


Abbildung 14: In den Prozessräumen mit der Priorität 1 – 3 sollen in den nächsten Jahren ergänzende Massnahmen zum Schutz von Personen und Sachwerten realisiert werden (Quelle: Risikoanalyse Lauterbrunnen, 2004).

## Aktueller Stand

Das Projekt Risikoanalyse ist abgeschlossen. Im Moment ist an mehreren Orten die Planung für zusätzliche Schutzmassnahmen im Gange. Dabei kann für die Kosten-Nutzenberechnung dieser Massnahmen auf die Grundlagen der Risikoanalyse zurückgegriffen werden.

## Kosten-Nutzen

Die Kosten für die Risikoanalyse beliefen sich auf rund 75'000 Franken. Mit dieser Risikoanalyse hat die Einwohnergemeinde Lauterbrunnen ein Produkt in der Hand, das – zusammen mit der Gefahrenkarte – das Management von Naturgefahren in der Gemeinde erleichtert.

Angesichts des anstehenden Handlungsbedarfs für weitere Schutzmassnahmen können dank der Risikoanalyse die Investitionen dorthin gelenkt werden, wo der Bedarf (sprich das Risiko) am grössten ist. Dank der Schutzzielmatrix und dem Entscheidungsbaum ist für die Gemeindevverantwortlichen auch klar, wo ihr Verantwortungsbereich aufhört und wo die Eigenverantwortung jedes Einzelnen beginnt. Weiter können die Resultate der Risikoanalyse für die nun folgenden Kosten-Nutzen-Überlegungen in der Massnahmenplanung gebraucht werden, da das Ausgangsrisiko bereits bestimmt ist.

Die Risikoanalyse wurden zu 90 Prozent von Bund und Kanton subventioniert.

### **Fazit**

Das dargestellte Projekt zeigt, wie für die verantwortlichen Stellen der Handlungsbedarf aufgezeigt werden kann und Prioritäten dafür gesetzt werden können. Im geschilderten Projektbeispiel war der Einbezug der Gemeinde und der verschiedenen Kommissionen sehr wichtig, weil sich nach der eigentlichen Risikoanalyse an sehr vielen Orten Handlungsbedarf ergab. So soll sichergestellt werden, dass die Erkenntnisse aus der Risikoanalyse durch lokales Handeln umgesetzt werden. Durch die Prioritätensetzung ist die Gemeinde in der Lage, ihr Kosten zu planen und sie kann die vorgesehenen Massnahmen auch begründen.

Um eine nach Kosten-Wirksamkeitskriterien begründete Priorisierung der Massnahmen vornehmen zu können, müssten an jedem Ort verschiedene Massnahmenvarianten miteinander verglichen werden. Dafür hätten für jede der 40 Gefahrenstellen mit Handlungsbedarf Massnahmenvarianten mit Kosten und Auswirkungen auf die Risikosituation ausgearbeitet werden müssen. Damit hätte sich der Planungsaufwand sicherlich mehr als verdoppelt, was von den Beteiligten als unverhältnismässig beurteilt wurde. Deswegen hat man sich bei der Prioritätensetzung für das hier vorgestellte Vorgehen entschieden.

### **Akteure**

- Gemeinde
- Kantonales Amt für Wald
- Kantonales Tiefbauamt
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- FAN-Herbstkurs, 2004: Tagungsunterlagen zum Thema „Risiko“.
- BUWAL, 1999: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren. Umweltmaterialien Nr. 107.

Folgende Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Einwohnergemeinde Lauterbrunnen, Lauterbrunnen
- Kantonales Amt für Wald, Abteilung Naturgefahren, Interlaken
- Tiefbauamt des Kantons Bern, Obergeringenieurkreis I, Thun und Strasseninspektorat Oberland Ost, Interlaken
- ARGE IMPULS / GEOTEST AG, Thun

## Umsiedeln statt Haus und Hof schützen



**Umsiedlung wegen Lawinengefährdung auf Grund von Risiko- und Kostenbetrachtungen**

### **Ausgangslage**

Die extreme Lawinensituation im Winter 1999 hatte im Kanton Graubünden den Bedarf eines integralen Risikomanagements verdeutlicht. Die Finanzen im Kanton und bei den Gemeinden reichten nicht für alle geplanten Sicherheitsmassnahmen aus. Deshalb sah sich der Kanton gezwungen, geplante Massnahmen genauer zu prüfen um die vorhandenen Mittel dort einsetzen zu können, wo sie am dringendsten benötigt wurden. Mit Hilfe von Risiko- und Kostenwirksamkeitsanalysen soll grundlegend abgeklärt werden, welche Schutzbauten im Kanton Graubünden realisiert werden sollen.

### **Ziele**

Obwohl bereits eine Vorstudie und eine Gefahrenkarte für den Lawinenverbau am Chlei Chrüz mit Massnahmen ausgearbeitet wurden, wollte der Kanton nochmals prüfen, welche Massnahmen geeignet und verhältnismässig sind, um ein Wohngebäude und die St. Antönierstrasse zu schützen. Um eine weitere Entscheidungsgrundlage für die zu wählenden Schutzmassnahmen zu haben, liessen die Verantwortlichen des Amtes für Wald eine Risiko- und eine Kostenwirksamkeitsanalyse durchführen.

## Risikoanalyse

### *Gefahrenbeurteilung*

Für die Gefahrenbeurteilung wurden vorwiegend die Lawineneignisse aus den Jahren 1951 und 1999 verwendet. Neben Beurteilungen im Gelände wurden verschiedenste Berechnungen und Abschätzungen für die Lawinenzüge durchgeführt. Als weitere Grundlage wurde der Ereigniskataster und die vorhandene Lawinengefahrenkarte miteinbezogen. Mit diesen Grundlagen wurde eine neue Gefahrenkarte erstellt.

### *Schadenpotenzial*

Die Gefahrenkarte zeigt auf, dass ein Wohnhaus, verschiedene kleinere Gebäude und die St. Antönierstrasse durch Lawinen stark gefährdet sind. Mit dem Wohnhaus wurde auch dessen Inventar und die Infrastruktur im Siedlungsbereich als Schadenpotenzial mitberücksichtigt. Das Wohnhaus wird ganzjährig von vier Personen bewohnt.

Weiter von möglichen Lawinen betroffen ist die Verbindungsstrasse Pany – St. Antönien, die ebenfalls in der roten und blauen Zone liegt. Etwa alle zwei Jahre muss die Strasse während ein bis zwei Tagen wegen Lawinengefahr gesperrt werden. Durchschnittlich alle 30 Jahre wird sie von einer Lawine verschüttet. 500 Personenfahrzeuge mit zwei Insassen und 25 Busse mit 20 Personen befahren im Durchschnitt diese Strasse pro Tag.

Die Folgen für Personen im Falle eines Lawinenniedergangs (Letalität) wurde auf Grund statistischer Auswertungen der Schadenlawinenstatistik des eidgenössischen Schnee- und Lawinenforschungsinstitut ermittelt.

### *Risikobestimmung*

Die Risikoberechnung ergab, dass das Personenrisiko für das Siedlungsgebiet um einiges grösser ist als das Personenrisiko auf der Strasse. Die Sachrisiken (Wohnhaus, Ställe) sind im Vergleich zu den Personenrisiken gering (siehe *Tabelle 3*). Für das grösste mögliche Unglück auf der Strasse, die Verschüttung eines Busses wurde ein Aversionsfaktor eingesetzt. Dieser bewirkt eine überproportionale Gewichtung von Unfällen mit vielen Opfern.

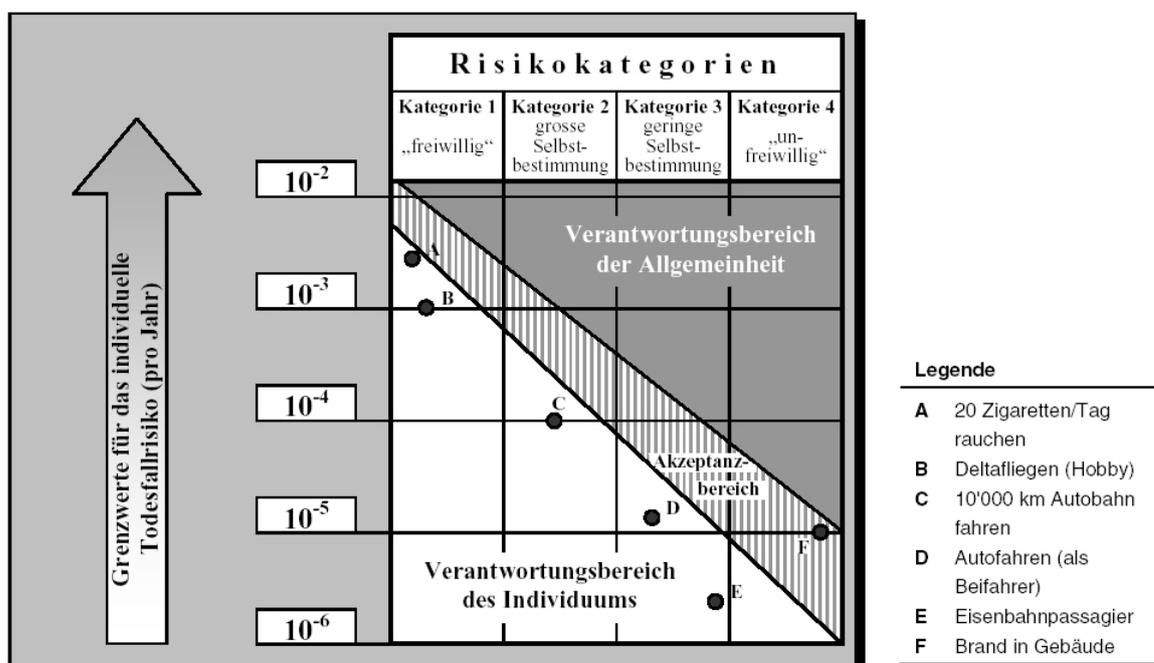
Risikoart	Risiko (gerundet)	Streuung
Sachrisiko Siedlung	15'000 Fr. / Jahr	9'000 – 19'000 Fr. / Jahr
Personenrisiko Siedlung	100'000 Fr. / Jahr	60'000 – 130'000 Fr. / Jahr
Personenrisiko Siedlung	0.02 Todesfälle / Jahr	0.012 – 0.026 Todesfälle / Jahr
Personenrisiko Strasse	0.004 Todesfälle / Jahr	0.0025 – 0.005 Todesfälle / Jahr
Personenrisiko Strasse	20'000 Fr. / Jahr	12'500 – 25'000 Franken / Jahr

*Tabelle 3: Zusammenstellung der Personen- und Sachrisiken für die gefährdeten Gebäude und die St. Antönierstrasse. Die Streuung der Risikowerte stammt von Unsicherheiten in den Eingangsgrossen. (Risikoanalyse und Kostenwirksamkeit, Lawinenverbauung Chrüz, 2003).*

Ebenfalls berechnet wurden die individuellen Risiken von Hausbewohnern und Strassenbenützern. Diese liegen für die Wohngebäude in der roten Gefahrenzone im Bereich  $2 \cdot 10^{-2}$  bis  $2 \cdot 10^{-3}$ . Auf der St. Antönierstrasse sind sie viel kleiner.

## Risikobewertung

Als Schutzziel galt das individuelle Todesfallrisiko von verschiedenen Personengruppen. Abgestützt auf verschiedene Werte aus der Literatur (siehe *Abbildung 15*) wurden diese von den Verantwortlichen des Kantons festgelegt. Für Postautochauffeure wurde ein tolerierbares jährliches Todesfallrisiko von maximal  $10^{-4}$  angenommen, mit der Begründung, dass gewisse Arbeitsrisiken in Kauf genommen werden müssen. Bei den Siedlungsbewohnern und Lenkern von Personenfahrzeugen wurde das Todesfallrisiko auf maximal  $10^{-5}$  festgelegt, da sie nur in kleinem Masse beeinflussen können, ob sie sich im Gefahrenbereich aufhalten wollen. Für Bahn- und Busbenutzer liegt es bei  $5 \cdot 10^{-6}$ , da es sich um ein unfreiwilliges Risiko handelt. Somit ist das individuelle Todesfallrisiko von den Hausbewohnern in der roten Gefahrenzone um rund einen Faktor 100 bis 200 grösser als das Schutzziel. Es liegt hier klar Handlungsbedarf vor (siehe *Abbildung 15*). Auch für die Strassenbenutzer liegt das Risiko über dem Wert des Schutzziels.



*Abbildung 15: Ansatz zur Bestimmung von Grenzwerten für das individuelle Todesfallrisiko. Je freiwilliger sich eine Person einem Risiko aussetzt, desto eher ist er für sich selber verantwortlich. Die Allgemeinheit muss dieses Risiko nicht mittragen. Wenn jemand unfreiwillig einem grossen Risiko ausgesetzt ist, muss die Allgemeinheit mithelfen, dieses zu verkleinern. Für die Bewohner eines Wohnhauses darf das individuelle Todesfallrisiko nicht grösser als  $10^{-5}$  sein, ansonsten müssen Massnahmen ergriffen werden (Quelle: Merz et al. 1995. Bewertung von technischen Risiken).*

Die Personenrisiken werden mit den Grenzkosten von fünf Millionen Franken bewertet, um sie mit den Sachrisiken vergleichen zu können. Massnahmen sind so zu planen, dass das Kosten-Nutzenverhältnis kleiner oder gleich eins ist.

### **Massnahmenplanung**

Für die bereits vorgeschlagene Lawinenverbauung Chrüz wurden die jährlichen Kosten ermittelt. Danach wurde berechnet, wie wirksam damit die Personen- und Sachschäden vermindert werden können. Das daraus ermittelte Kosten-Nutzen-Verhältnis lag etwa bei eins. Deshalb suchte man nach effizienteren Lösungen um das Personenrisiko zu reduzieren. Die Verlegung des Wohnhauses aus dem gefährdeten Gebiet weist dagegen ein viel besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis auf.

Da die Strasse nicht einfach verlegt werden kann werden die organisatorischen Massnahmen ergänzt. Nebst dem Beizug von drei zusätzlichen Beratungsstellen für die Gefahrenbeurteilung wurde der Informationsfluss mit der Nachbargemeinde verbessert.

### **Aktueller Stand**

Das Projekt ist im Moment abgeschlossen. Die am stärksten betroffene Familie hat an einem lawinensicheren Ort einen neuen Stall gebaut. Der Neubau wurde über die Strukturverbesserungsverordnung (SVV) unterstützt. Eine Beteiligung an den Kosten durch das Amt für Wald wäre ebenfalls denkbar gewesen. Das Wohngebäude ist noch nicht verlegt worden.

### **Kosten-Nutzen**

Die Kosten-Nutzen-Berechnung für die geplante Lawinenverbauung zeigte, dass der jährliche Nutzen (Risikoverminderung) etwas gleich gross ist wie die jährlichen Kosten. Vergleichbare Verbauungsprojekte im Kanton wiesen durchwegs rund zehnmal bessere Verhältnisse auf, weswegen auf dieses Verbauungsprojekt verzichtet wurde.

Die Kosten für die Risikoanalyse betragen rund ein Prozent der Investitionen, die sonst in Millionenhöhe für Lawinenverbauungen hätten eingesetzt werden müssen. Diese Kosten wurden vom Kanton Graubünden, Amt für Wald getragen.

Die Kosten für die Umsiedlung lassen sich nicht genau beziffern. Die Risikoreduktion für das betroffene Objekt ist dabei in jedem Fall sehr gross. Allerdings mussten beträchtliche Restkosten (Fremdkapital nach Investition cirka 290'000 Franken) durch den Grundeigentümer selber getragen werden.

### **Fazit**

Die Risiko-Betrachtung im Gebiet Chrüz, St. Antönien hat aufgezeigt, dass ein bereits ausgearbeitetes und für die Ausführung vorgesehenes Verbauungsprojekt eine schlechte Effizienz (Kostenwirksamkeit) aufwies. In diesem Fall schien es den verantwortlichen kantonalen Behörden gerechtfertigt, die geplante Verbauung noch einmal zu überdenken und stattdessen raumplanerische und organisatorische Massnahmen zu bevorzugen. Allerdings lassen sich Umsiedlungen politisch nur vollziehen, wenn alle wichtigen Akteure (in diesem Fall die Landwirtschaft) früh in den Entscheidungsprozess miteinbezogen werden können und einverstanden sind. Es darf nicht daraus hinauslaufen, dass beachtlichen Restkosten vom Eigentümer getragen werden müssen, so dass nun für die Verlegung des Wohnhauses genügend eigene Mittel fehlen und weitere Unterstützungsmöglichkeiten aufgrund der bestehenden gesetzlichen Grundlagen nur beschränkt vorhanden sind.

Um alle Massnahmenvarianten gleichwertig zu beurteilen, hätten auch Kosten und Nutzen für

die Umsiedlung detaillierter erfasst werden müssen. Damit hätte die integrale Massnahmenplanung mit Zahlen belegt werden können. Das Problem der finanziellen Unterstützung bei naturgefahrenbedingten Umsiedlungen sollte auf gesetzlicher Basis geregelt werden, damit zukünftig die verschiedenen Massnahmenmöglichkeiten im selben Mass unterstützt werden können.

#### **Akteure**

- Risikobetroffene
- Amt für Wald des Kanton
- Kantonales Amt für Landwirtschaft
- Bundesamt für Landwirtschaft
- Ingenieure und Planer

#### **Dokumentation**

- BUWAL, 1999: Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen. Vorgehen, Beispiele und Grundlagen der Projektevaluation.
- Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF), 1999: Wirtschaftlichkeit im Lawinenschutz. Methodik und Erhebungen zur Beurteilung von Schutzmassnahmen mittels quantitativer Risikoanalyse und ökonomischer Bewertung.

Folgende Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Amt für Wald Graubünden, Chur
- Amt für Landwirtschaft und Geoinformation, Chur
- Bundesamt für Landwirtschaft, Direktionsbereich Direktzahlungen und ländliche Entwicklung

## Vollständige Auszonung oder Schutz der Bausünden aus den sechziger Jahren?



Bauliche, organisatorische und raumplanerische Schutzmassnahmen gegen Murgänge im Tourismusgebiet

### Ausgangslage

Das Gebiet am Fuss des Nünalpstocks oberhalb Sörenberg ist ein altes Bergsturzgebiet. Im Jahr 1910 ereignete sich eine Absackung von mehr als 10 Millionen Kubikmeter Fels- und Lockermaterial. Später kam es immer wieder zu Rutschungen, die nach Starkniederschlägen zu Murgängen führten. Ab 1960 wurde der Fuss des Abhanges mit Ferienhäusern überbaut. Nach dem Bundesbeschluss zur Raumplanung von 1972 versuchte man erfolglos, die Flächen als Gefahrengebiet auszuscheiden. Von den Anwohnern wurden rund 100 Einsprachen eingereicht. Nach einer heftigen Kontroverse und auf Grund eines geologischen Gutachtens wurde die Fläche vom Regierungsrat des Kantons wieder aus dem Gefahrengebiet ausgeklammert. Spätere Messungen ergaben, dass die Rutschmasse immer noch in Bewegung ist. Lockeres Material wird in die angrenzenden Gerinne und Gräben geschoben. Nach Starkniederschlägen kombiniert mit der Schneeschmelze ereigneten sich im Frühjahr 1999 mehrere Murgänge, die im Siedlungsgebiet erheblichen Sachschaden verursachten. Nach diesen Ereignissen wurde die lokale Gefahrenkarte überarbeitet. Daraus zeigte sich, dass rund 700 Wohnungen im erheblich gefährdeten Bereich lagen. Folglich mussten die gefährdeten Gebiete entweder ausgezont oder geschützt werden.

### Ziele

Mit diesen beiden Handlungsoptionen konfrontiert, liess die Gemeinde das Gefahrenpotenzial und das Schadenpotenzial abschätzen. Da sie diese intensiv genutzten Gebiete nicht auszonen wollte, sollten Massnahmen zum Schutz des Siedlungsgebietes ausgearbeitet werden. Die Gemeinde wollte das Todesfallrisiko und das Sachrisiko für die Anwohnerinnen und Anwohner massiv senken.

## Risikoanalyse

### *Gefahrenbeurteilung*

Für die Gefahrenbeurteilung im Projektgebiet wurden vertiefte geologische Untersuchungen durchgeführt:

1. Mit seismischen Erkundungen wurde die Felsrutschmasse ermittelt.
2. Mit drei Sondierbohrungen wurde der Gleithorizont unter der Rutschmasse ermittelt.
3. Zur Überwachung wurden die Verschiebungen und der Grundwasserspiegel in den Bohrungen gemessen.

Diese Untersuchungen und Felderkundungen ermöglichten das Verständnis des Rutschungsmechanismus. An den Rändern der Rutschmasse wird immerfort Lockermaterial in die angrenzenden Gerinne einhängen geschoben. Dort häuft sich das Material an, bis es durch einen Murgang abtransportiert oder verlagert wird. Deshalb ist auch in Zukunft immer wieder mit Murgängen zu rechnen. Mit diesen Erkenntnissen und den Erfahrungen aus vergangenen Ereignissen wurde abgeschätzt, mit welchen Murganggrößen in Zukunft zu rechnen ist. Das diente als Grundlage für die Gefahrenkarte.

### *Schadenpotenzial*

Die Rutschmasse befindet sich direkt über dem seit den sechziger Jahren besiedelten Gebiet. Die Gräben und Gerinne rund um die Rutschmasse führen durch das Ortsgebiet. Die Analysen aus der Gefahrenbeurteilung gehen davon aus, dass bei einem seltenen Ereignis rund 700 Wohnungen gefährdet sind. Auch ein Grossteil der Infrastruktur in diesem Gebiet ist betroffen.

### *Risikobestimmung*

Die Risikoanalyse wurde auf der Basis der Gefahrenkarte durchgeführt. Für jedes Ereignis wurden die betroffenen Gebiete mit geringer, mittlerer und starker Intensität ermittelt. Diesen Flächen wurde zur Ermittlung des Sach- und Personenrisikos ein Ausgangswert in Franken pro Fläche resp. eine durchschnittliche Personenbelegung pro Fläche zugeordnet. Die Risikoanalyse ergibt, dass bereits bei einem 100-jährlichen Ereignis ein Teil der rund 700 gefährdeten Wohnungen zerstört oder massiv beschädigt werden können. Dadurch sind zahlreiche Menschenleben gefährdet. Ein noch grösseres Ereignis würde ganz Sörenberg in arge Mitleidenschaft ziehen (siehe *Abbildung 16*).

Der jährliche Schadenerwartungswert beträgt für das Sachrisiko rund 1,3 Millionen Franken pro Jahr. Wegen der kurzen Vorwarnzeit ist trotz Notfallplan im Durchschnitt alle sieben Jahre mit einem Todesfall zu rechnen.

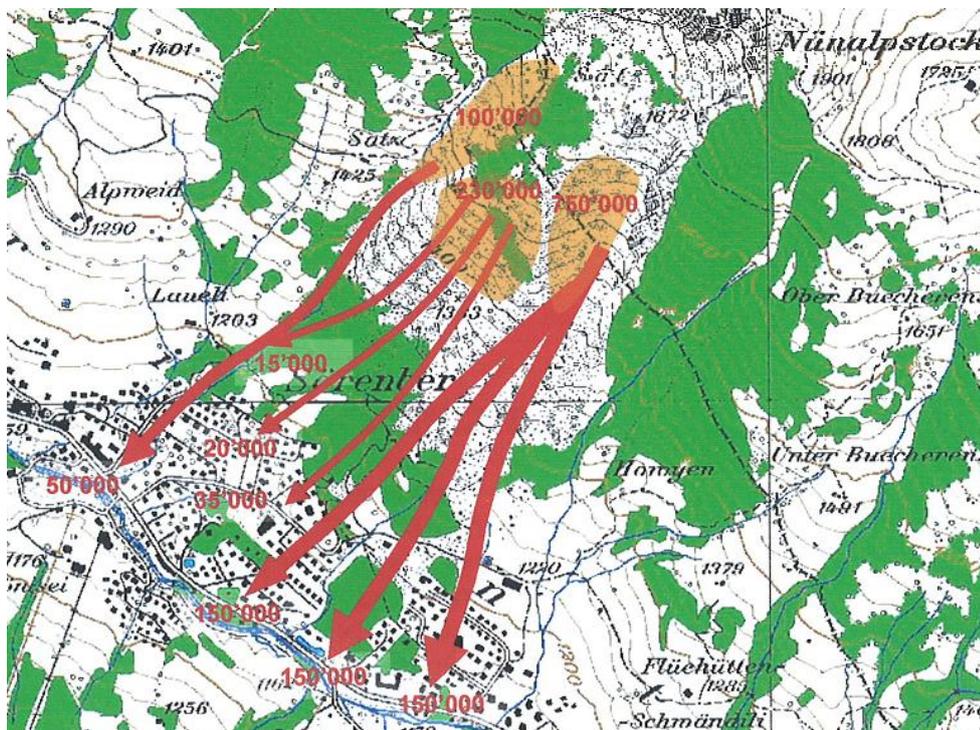


Abbildung 16: Darstellung möglicher Szenarien eines 300-jährlichen Murgangereignisses. Das Volumen der Rutschmasse und die daraus resultierenden Murgang-Ströme wurden aus den Feldanalysen abgeleitet. Die Ereignisse reichen bis weit ins Siedlungsgebiet hinein (Quelle: Integralprojekt Laui Sörenberg, Technischer Bericht 2002).

### Risikobewertung

Grundsätzlich ist der Staat verantwortlich für die Sicherheit der Bevölkerung. Wenn Kanton und Gemeinde das vorhandene Risiko in Sörenberg ignoriert hätten, hätte dies als pflichtwidriges bewusstes Dulden eines gefährlichen Zustandes bewertet werden können. Bei einem Schadenereignis hätten sie entsprechend haftbar gemacht werden können. Kanton und Gemeinden wollten ihrer Handlungspflicht nachkommen und strebten in den gefährdeten Gebieten eine markante Risikoreduktion an.

Als Schutzziel wurde durch die kantonalen Behörden zusammen mit den Verantwortlichen der Gemeinde definiert, Personenschäden bestmöglich auszuschliessen und erhebliche Sachwerte bis zu einem 100-jährlichen Ereignis zu schützen. Bei einem noch selteneren und somit grösseren Ereignis kann der Schutz von Sachwerten mit verhältnismässigem baulichem Aufwand nicht mehr gewährleistet werden. Für den Schutz von Personen sind zusätzlich organisatorische Massnahmen notwendig.

### Massnahmenplanung

Bis anhin wurde für einen verbesserten Schutz der Anwohner ein Überwachungs- und Alarmierungskonzept angewendet. Aufgrund von Niederschlags- und Bewegungsmessungen bei der Rutschmasse kann ein Alarm ausgelöst werden, worauf die betroffenen Gebiete evakuiert werden. Da die Vorwarnzeiten bei Murgängen aber sehr kurz sind und trotz Evakuierung grosse Sachschäden entstehen, sind zusätzlich bauliche Massnahmen notwendig. Mit Bremsle-

menten sollen die Murgänge aufgehalten und gleichzeitig entwässert werden. Diese bestehen aus kurzen Dämmen aus losen Steinblöcken. Mit Rückhalteelementen wie Geschiebesammlern und Geschieberechen sollen kleinere Murgänge aufgehalten werden. Grössere Murenströme können dadurch verkleinert werden. Die restlichen Geschiebemassen sollen mit Leitdämmen in die vorgesehenen Rückhalteräume geführt werden. Sie verhindern, dass die Murgänge in überbautes Gebiet vordringen können.

Das ursprüngliche Projekt hätte Kosten von 18 Millionen Franken verursacht. Dies war dem Kanton zu viel. Deshalb wurden für verschiedene reduzierte Verbauvarianten die Restrisiken und die Kostenwirksamkeit berechnet. Auf diese Weise wurde ein Massnahmenpaket gefunden, das zwar kostengünstiger ist, dessen Restrisiken aber nicht bedeutend grösser sind. Schliesslich wurde von den Kostenträgern beschlossen, das vorgängig ausgearbeitete Überwachungs- und Alarmierungskonzept beizubehalten und für 14,2 Millionen Franken die geplanten Schutzmassnahmen umzusetzen.

Mit diesem Massnahmenpaket gelingt es allerdings nicht, die Risiken so weit zu senken, dass auf Auszonungen vollständig verzichtet werden kann. Bei einem 300-jährlichen Ereignis können Überlastfälle im Bereich der Leitdämme starke Intensitäten aufweisen.

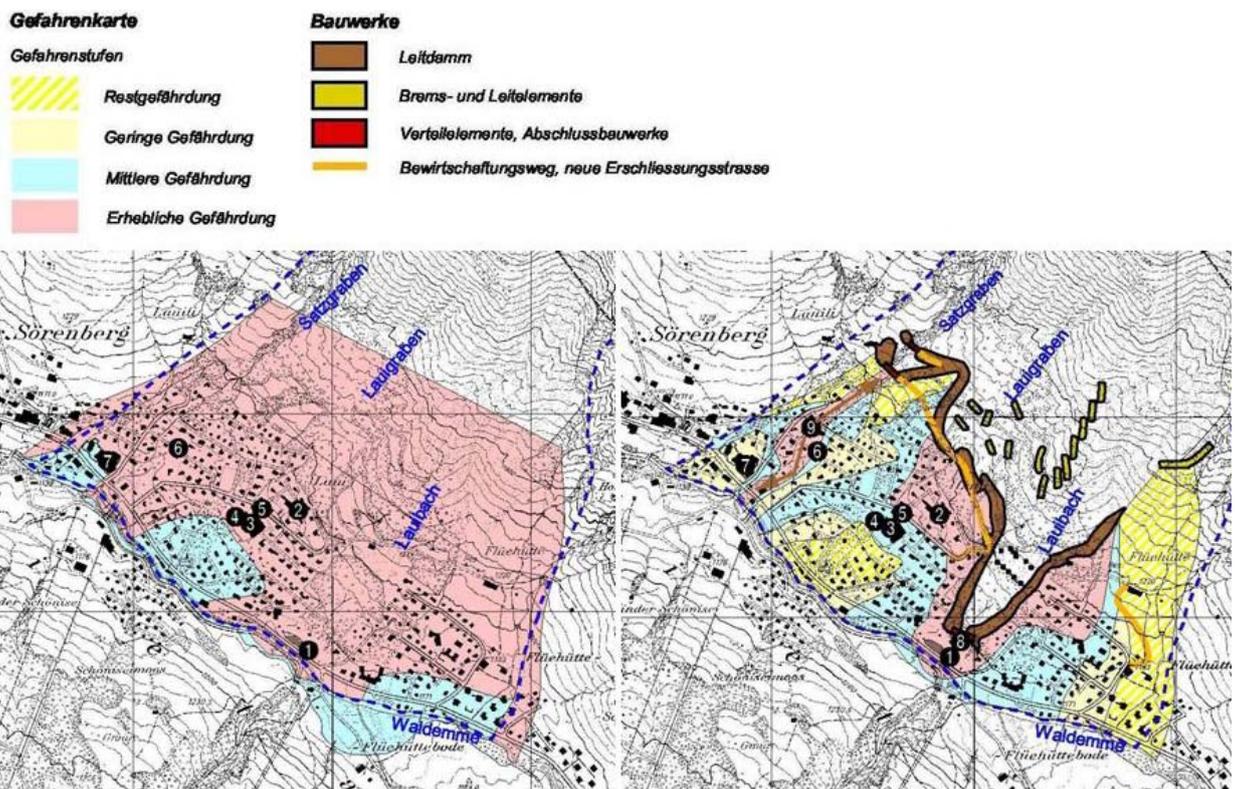


Abbildung 17: Gefahrenkarte Sörenberg ohne Schutzmassnahmen (links) und mit den geplanten Schutzmassnahmen (rechts) (Quelle: Integralprojekt Laui Sörenberg, 2003).

### Aktueller Stand

Das Ausführungsprojekt wird im Jahr 2008 ausgearbeitet. Die Bauarbeiten sollen etappiert in den Jahren 2009 bis 2011 ausgeführt werden.

### **Kosten-Nutzen**

Dank der Überarbeitung des Projektes und den damit verbundenen Kosten-Wirksamkeitsüberlegungen konnten die Investitionskosten von ursprünglich 18 Millionen Franken auf 14,2 Millionen Franken reduziert werden. Die verbleibenden Risiken sind nur unwesentlich grösser als beim ursprünglichen Projekt. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis konnte also verbessert werden und liegt bei rund drei Franken Gewinn pro investierten Franken. Dank der Risikoanalyse konnten die Restrisiken beziffert und lokalisiert werden, wodurch die Notfallplanung verbessert werden konnte.

Neben Bund, Kanton und Gemeinde finanzieren auch die direkt betroffenen Anwohner mehr als 10 Prozent der Projektkosten mit.

### **Fazit**

Grundsätzlich ist man heute bestrebt, stark gefährdete Flächen nicht als Siedlungsraum zu nutzen. Da das Gebiet oberhalb Sörenberg schon überbaut war und sich die Anwohnerinnen und Anwohner gegen eine Umzonung wehrten, wurde entschieden das Gebiet zu sichern. Mit der sehr umfangreichen Gefahrenbeurteilung wurde die Grundlage für die Risikoanalyse und die Massnahmenplanung geschaffen. Dank der detaillierten Kenntnisse der Naturgefahrenprozesse gelang es, geeignete und wirksame Massnahmen zu planen. Wie in anderen ähnlichen Fällen ergibt erst die Kombination von Überwachungs- und Alarmierungsmassnahmen mit verschiedenen baulichen Massnahmen ein ausreichendes und auch kostenwirksames Sicherheitskonzept.

### **Akteure**

Folgende Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt:

- Gemeinde
- Risikobetroffene
- Dienststelle Landwirtschaft und Wald des Kantons
- Dienststelle Verkehr und Infrastruktur des Kantons
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Einwohnergemeinde Flühli
- Dienststelle Landwirtschaft und Wald des Kantons Luzern (Iawa), Fachbereich Naturgefahren, Sursee
- Dienststelle Verkehr und Infrastruktur des Kantons Luzern (vif), Kriens
- ARGE Oeko-B AG, Stans - GEOTEST AG, Horw - J. Auchli AG, Wolhusen - geo7 AG, Bern
- Colenco Power Engineering AG, Baden
- NDR Consulting Zimmermann, Thun

## Hab und Gut verloren durch Hochwasserkatastrophe – wie weiter?



**Aufarbeitung der Hochwasserereignisse 2005 mittels lokaler lösungsorientierter Ereignisanalyse (LLE)**

### **Ausgangslage**

Durch die Hochwasserereignisse im Jahre 2005 wurden verschiedene Gemeinden im Kanton Bern stark in Mitleidenschaft gezogen. Die Starkniederschläge führten im Glyssibach in der Gemeinde Brienz zu einem Murgang. Die Flut aus Wasser und Geröll brach aus dem Bachbett aus und lagerte im Dorfgebiet 70'000 Kubikmeter Geschiebe ab.

Im Kanton Bern ist generell der Schutz der Bevölkerung vor Naturgefahren Aufgabe der Gemeinden, der Kanton unterstützt sie mit Fachwissen. Nach dem Ereignis 2005 wollten die verantwortlichen Gemeindevertreter wie auch die Verantwortlichen beim Kanton rasch einen Überblick über die aktuelle Gefahrensituation erhalten. Die Leute, welche ihre Gebäude verloren haben, wollten wissen, wann, wo und unter welchen Bedingungen sie wieder bauen konnten. Zudem standen Politiker schon kurze Zeit nach den verheerenden Unwetterereignissen vor den Trümmern zerstörter Häuser und versicherten den verzweifelten Anwohnern, dass ihre Häuser wieder aufgebaut würden. Doch machte das wirklich Sinn? Der Kanton geriet zunehmend unter Druck. Angesichts der Tragweite des Ereignisses und des Anliegens, die grossen Schadensgebiete möglichst gleichwertig zu behandeln, beschloss der Kanton ausnahmsweise die Federführung bei der Ereignisbewältigung bis und mit Vorprojekt zu übernehmen. So liess er in allen stark betroffenen Gemeinden lokale lösungsorientierte Ereignisanalysen (LLE) der Unwetter ausarbeiten. Auf deren Basis sollten die Massnahmenplanungen an die Hand genommen werden.

## Ziele

Mit diesen Analysen wollte der Kanton die betroffenen Gebiete einheitlich und vergleichbar beurteilen lassen. Deshalb erliess er Vorgaben, dass die Projekte die Aspekte Hydrologie, Geschiebeprozesse, Schwemmholtz, Verhalten der Schutzbauwerke sowie Gefahren- und Schadenprozesse enthalten mussten. Weiter erliess er kantonale Schutzziele für das Siedlungsgebiet, damit alle Gemeinden im Kanton gleich bewertet werden und den gleichen Schutz erhalten. Mit diesen Vorgaben wollten die verantwortlichen Stellen eine lokale Beurteilung der Unwetterereignisse anstreben, die trotzdem über den ganzen Kanton nach derselben Methode ausgearbeitet wurden.

## Risikoanalyse

### *Gefahrenbeurteilung*

In einem ersten Schritt ging es darum, das Ereignis präzise zu analysieren. Dafür wurden die Regendaten aus der Region ausgewertet und mit der langjährigen Datenreihe verglichen. So konnte man das Hochwasserereignis 2005 einordnen. Durchschnittlich ist in Brienz nur alle 200 Jahre mit einem Ereignis in diesem Ausmass zu rechnen.

Weiter wurden die Geschiebeprozesse im Gerinne mit Hilfe von Beobachtungen rekonstruiert. Die angefallene Geschiebemenge wurde abgeschätzt, indem man das Ausmass der Hangrutschungen in das Gerinne und die Ausräumung des Bachlaufes quantifizierte. Durch die Erosionsprozesse wurde das Lockermaterial aus der Bachsohle vollständig abtransportiert. Verschiedene Betonsperren wurden vollständig freigelegt. Neben den Erosions- und Ablagerungsstellen wurde auch die Geschwindigkeit des Murstroms ermittelt. Ein weiteres zu beurteilendes Kriterium war das Schwemmholtz. Dieses war im Glyssibach allerdings nur in kleinen Mengen vorhanden.

Auch das Verhalten der Schutzbauwerke wurde beurteilt. Welche Bauwerke haben ihre Funktion erfüllt, wie stark wurden sie während des Unwetters beschädigt? Die meisten Betonsperren hielten der Belastung stand. Allerdings wurden die meisten Sperrkronen weggerissen. Ebenfalls aufgenommen wurden die Schäden im Siedlungsgebiet. Schliesslich beschrieb man die aktuelle Gefährdungssituation im Einzugsgebiet und im Gerinne und erstellte eine mittelfristige Prognose für die Gefahrenentwicklung. Für zukünftige Ereignisse wurden Szenarien mit Eintretenswahrscheinlichkeiten und erwarteter Geschiebemenge definiert.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden mit der bestehenden Gefahrenkarte und dem Ereigniskataster verglichen. Dieser Vergleich zeigte auf, dass man vor diesem grossen Ereignis zu optimistisch beurteilt hatte. Unter Berücksichtigung der neuen Erkenntnisse erstellte man eine neue Gefahrenkarte für das betroffene Gebiet.

### *Schadenpotenzial*

Als Teil der Ereignisanalyse wurden die Schäden an Gebäuden und Infrastruktur aufgenommen. Neun Häuser wurden zerstört, rund dreissig Häuser teilweise oder stark beschädigt (siehe *Abbildung 18*). Insgesamt entstanden Schäden von 13 Millionen Franken.

Auf Grund der neuen Gefahrenkarte befinden sich 73 Gebäude in der roten, 105 in der blauen und 75 in der gelben Zone. Daraus ergibt sich ein Schadenpotenzial von 35 bis 40 Millionen Franken.



Abbildung 18: Übersicht zerstörte und beschädigte Häuser auf dem Kegel des Glyssibach (Quelle: Lokale lösungsorientierte Ereignisanalyse Glyssibach, 2006).

#### Risikobestimmung

Auf eine präzise Berechnung des Risikos wurde verzichtet. Dies sollte erst Teil eines detaillierteren Projektes sein.

#### Risikobewertung

Der Kanton Bern hatte im Rahmen der lokalen lösungsorientierten Ereignisanalysen Schutzziele für Siedlungsgebiete erlassen. Gemäss der Schutzzielmatrix wurde festgelegt, dass im Siedlungsgebiet weder häufige Ereignisse noch solche mit starker Intensität geduldet werden (siehe Abbildung 19). Auch mittlere Ereignisse mit mittlerer Intensität sollen bei kurz andauernden Ereignissen nicht akzeptiert werden, da hier keine Vorwarnzeit besteht, um Personen oder erhebliche Sachwerte in Sicherheit zu bringen.

Aus dem Vergleich Ist-Zustand und der Schutzzielmatrix konnte das Schutzdefizit abgeleitet werden. Sowohl für die Gemeinde Schwanden als auch für Brienz besteht ein wesentliches Schutzdefizit, da viele Häuser im roten Gefahrengebiet liegen.

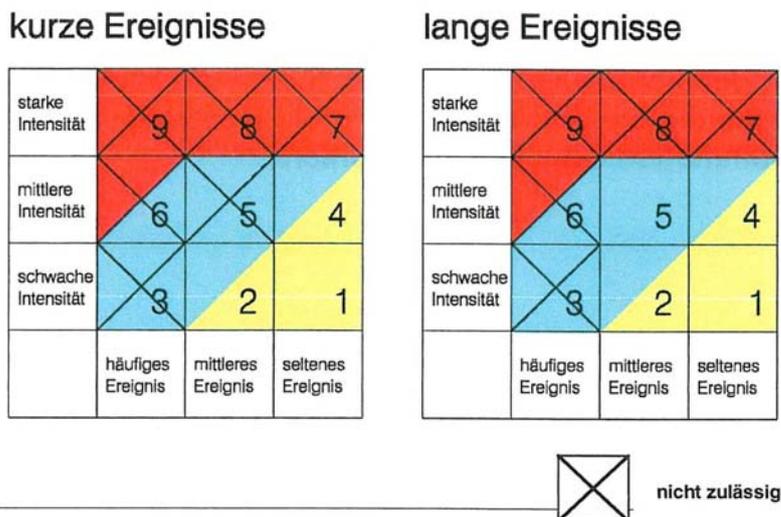


Abbildung 19: Die Risikomatrix zeigt die Schutzziele für den Siedlungsraum im Kanton Bern auf. Für die „nicht zulässigen“ Ereignisse sollen Schutzmassnahmen ergriffen werden. (Quelle: Lokale lösungsorientierte Ereignisanalyse Glyssibach, 2006).

### Massnahmenplanung

Für die Verbesserung der Schutzleistung wurde geprüft welcher der drei Ansätze Umleiten, Durchleiten und Rückhalten beim Glyssibach am ehesten zur Anwendung kommen könnte. Genauere Betrachtungen zeigten, dass nur eine Kombination dieser Möglichkeiten realisierbar ist. Es wurden 13 bauliche Massnahmen genauer auf ihre Wirkung untersucht. Sechs davon wurden als nicht geeignet beurteilt, weil sie zu teuer waren oder die gewünschte Wirkung zur Erreichung der Schutzziele nicht erbringen würden. Nach weiteren Abklärungen entschieden sich die verantwortlichen Kantons- und Gemeindebehörden für eine Kombination von technischen Massnahmen, regelmässigem Gewässerunterhalt, Waldpflege sowie raumplanerischen Massnahmen wie die Freihaltung eines Abflusskorridors durch Brienz und Schaffung eines Retentionsraumes. Wegen des Platzbedarfs für diesen Korridor konnten verschiedene Häuser nicht mehr aufgebaut werden oder mussten gar abgerissen werden.

Als technische Massnahmen sollen Dämme, Durchlässe, Gerinnekorrekturen und Stauräume realisiert werden. Weiter sollen auch die organisatorischen Massnahmen verbessert werden. Insbesondere wird eine regelmässige Überwachung des Gerinnes, Beobachtung des Gerinnes in kritischen Situationen sowie ein neues Alarmierungs- und Notfallkonzept angestrebt. Mit diesem Massnahmenpaket können die angestrebten Schutzziele erreicht werden.

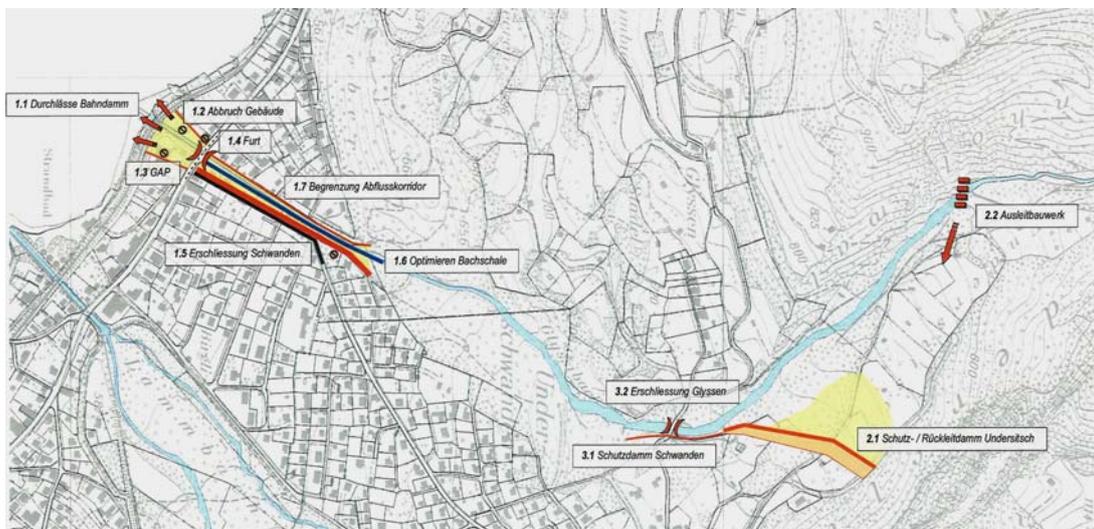


Abbildung 20: Übersichtsplan der baulichen Massnahmen am Glyssibach (Quelle: Lokale lösungsorientierte Ereignisanalyse Glyssibach, 2006).

### Aktueller Stand

Nach dem Abschluss der Ereignisanalyse wurde ein Vorprojekt ausgearbeitet. Nach erfolgter Bewilligung und Submission sollen die Bauarbeiten Ende 2008 begonnen werden.

### Kosten-Nutzen

Die Kosten für alle Planungsarbeiten im Rahmen der lokalen lösungsorientierten Ereignisanalyse in Brienz beliefen sich bis Ende 2007 auf gut 300'000 Franken. Sie betrug damit gerade ein Prozent der geschätzten Investitionskosten (inklusive Land- und Gebäudeerwerb) gemäss Wasserbauplan von rund 34.4 Millionen Franken. Diesen Investitionen steht ein Schadenpotenzial von 35 bis 40 Millionen Franken gegenüber.

Der Nutzen der LLE bestand vor allem darin, dass man dank der Ereignisanalyse erkannte, welche Gefahrenprozesse für die Zukunft wichtig sind. Daraus konnten wichtige Erkenntnisse für die Massnahmenplanung gewonnen werden. Die Verknüpfung mit dem Schadenpotenzial soll Gewähr bieten, dass die Massnahmen bezüglich Kosten-Nutzen verhältnismässig sind. Die Ereignisanalysen wurden vom Bund bis zum Jahr 2006 mit 70 Prozent subventioniert. Die Aufteilung der Massnahmenkosten ist noch ungewiss.

### Fazit

Obwohl man direkt nach dem Ereignis die zerstörten Häuser wieder aufbauen wollte, führte die Ausarbeitung der lokalen lösungsorientierten Ereignisanalyse bei den Politikern und der Bevölkerung zu einem Umdenken. Die Betroffenen wurden in den Planungsprozess integriert und regelmässig informiert. So erkannten die verantwortlichen Behörden wie auch die Anwohner, dass es zu gefährlich ist, die Häuser wieder an derselben Stelle aufzubauen. Es wurde als wichtiger erachtet, dass für künftige Murgangereignisse genügend Platz vorhanden ist, um das Geschiebe ableiten zu können. So liessen sich aus diesem Ereignis neue Erkenntnisse gewinnen und dauerhaft in die Ortsplanung integrieren.

Für den Kanton boten die LLE's Gewähr, dass die Ereignisse an unterschiedlichen Orten im Kanton in vergleichbarer Weise analysiert und Schlüsse daraus gezogen wurden. Mit der Massnahmenplanung wurde an allen Orten das gleiche Schutzniveau angestrebt. Die angestellten Kosten-Nutzen-Überlegungen stellen sicher, dass die Schutzmassnahmen verhältnismässig sind. Ob das optimale Massnahmenpaket gefunden wurde kann erst mit quantitativen Kosten-Nutzen-Berechnungen gesagt werden, wozu quantitative Angaben zur Wirkung der einzelnen Massnahmen notwendig wären.

### **Akteure**

- Gemeinden
- Risikobetroffene
- Tiefbauamt des Kantons
- Bundesamt für Umwelt (BAFU)
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- Arbeitsgruppe Naturgefahren Kanton Bern, 2005: Regierungsratsbeschluss über die Risikostrategie Naturgefahren im Kanton Bern.

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Gemeinden Brienz und Schwanden
- Gemeinde Brienz, Gemeindepräsident
- Tiefbauamt des Kantons Bern, Oberingenieurkreis I, Thun
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Gefahrenprävention
- NDR Consulting Zimmermann, Thun
- Niederer + Pozzi Umwelt AG, Uznach

## Möglichkeiten und Grenzen der Mitbestimmung



**Risiko- und andere Analysen als Entscheidungshilfe bei Hochwasser**

### **Ausgangslage**

In den Jahren 1999 und 2004 traten am Sarnersee und an der Sarneraa Hochwasser mit grösseren Schäden auf. Vor Jahrzehnten begonnene und auf Eis gelegte Hochwasserschutzplanungen wurden wieder aufgegriffen. Allerdings kamen die Arbeiten bis zum Sommer 2005 nicht voran, da die Zuständigkeiten zwischen dem Kanton Obwalden und der Gemeinde Sarnen nicht klar geregelt waren.

Das Hochwasser im Jahr 2005 übertraf das Ausmass früherer Ereignisse bei weitem. Durch den hohen Wasserstand im Sarnersee und die Ausuferungen entlang der Sarneraa entstanden Sachschäden von 200 Millionen Franken an Wohn- und Industriebauten sowie an Infrastruktur und Nutzflächen. Nachdem die Zuständigkeitsfrage geklärt war, trieb der Kanton ab Herbst 2005 die Planungsarbeiten mit grossem Druck voran.

### **Ziele**

Durch die Realisierung von wasserbaulichen Massnahmen im Siedlungsgebiet ist die örtliche Bevölkerung stark betroffen. Deshalb soll diese bei der Hochwasserschutzplanung mit einbezogen werden. Diesem Einbezug dienten vor allem Workshops, die mit einer grossen Zahl von Beteiligten aus verschiedenen Bevölkerungs- und Interessengruppen (Anstösser, Wirtschaft, Umweltschutz, Behörden) durchgeführt wurden. Wichtigste Themen der Workshops waren die Festlegung von Schutzziele und die Evaluation von Projektvarianten mittels Risikoanalyse, Kostenwirksamkeit, Nutzwertanalyse und einer Sensitivitätsanalyse.

## Projektablauf

Der Projektablauf hat sich wie folgt gestaltet:

### *Konzept- / Vorstudie*

1. Gefahrenbeurteilung auf Grund vergangener Ereignisse
2. Schadenerfassung auf Grund vergangener Ereignisse
3. Festlegung der Schutzziele im Workshop
4. Darstellung möglicher Varianten mit Kurzbeschrieb
5. Beurteilung der Varianten mit Kosten – Nutzen Vergleich und anderen Ausschlusskriterien
6. Ausführlicher Beschrieb der verbleibenden Varianten

### *Vorprojekt*

7. Weitergehende Festlegung von Zielen und Randbedingungen im Workshop
8. Detaillierte Ausarbeitung der verbleibenden Varianten auf Stufe Vorprojekt
9. Durchführung der Nutzwertanalyse im Workshop
10. Sensitivitätsanalyse der Nutzwertanalyse
11. Beurteilung von Baurisiken und sonstigen Risiken
12. Empfehlung einer Variante

## Risikoanalyse

### *Gefahrenbeurteilung*

In den Jahren 2004 und 2005 wurde für die Gebiete rund um den Sarnersee eine Gefahrenkarte erstellt. Diese basierte auf hydrologischen Berechnungen und auf den Erkenntnissen der Hochwasser 1999 und 2004. Die Überflutungsflächen wurden mittels einer Computersimulation berechnet.

Die Erfahrungen aus dem Ereignis 2005 führten zu einer nochmaligen detaillierteren Aufarbeitung der hydrologischen Grundlagen und zu einer Anpassung der Gefahrenkarte. Dabei ergaben sich vor allem für seltene Ereignisse grössere Überflutungsflächen, höhere Intensitäten und höhere Abflussmengen aus dem See.

### *Schadenpotenzial*

Für die Ermittlung des Schadenpotenzials wurden einerseits Berechnungen mit standardisierten Schadenerwartungswerten durchgeführt. Andererseits wurden auch die vergangenen Unwetterereignisse ausgewertet. Im Jahr 2005 wurden grosse Wohnflächen, Strassen und weitere Infrastruktur überschwemmt. Insgesamt entstand ein Sachschaden von 200 Millionen Franken. Im Jahr 2004 hatte das Schadenausmass noch bei 27 Millionen Franken gelegen.

### *Risikobestimmung*

Aus diesen Berechnungen und Erfahrungswerten liess sich eine Abhängigkeitsfunktion zwischen Schadensumme und Seespiegelhöhe ermitteln. Diese Funktion wurde später auch für die Bestimmung des Nutzens der verschiedenen Varianten eingesetzt. Das heisst, der Nutzen einer Massnahme konnte als Verminderung des Schadens bei einem durch Massnahmen reduzierten Pegelstand ausgedrückt werden. Aus den Schadenerwartungswerten verschiedener Szenarien wurde ein jährliches Risiko berechnet.

## Risikobewertung

In der Risikobewertung wurde definiert, welche Schäden künftig noch akzeptiert werden sollen. Die Schutzziele sind stark geprägt von den Vorgaben des Bundes und wurden in den Workshops folgendermassen festgelegt:

- Geschlossene Siedlungen, Infrastrukturanlagen wie Bahn und Strassen, Industrieanlagen und Wasserversorgung sind bis zu einem 100-jährlichen Hochwasser vollständig zu schützen.
- Für noch grössere Hochwasser soll ein teilweiser Schutz erfolgen. Es soll immer eine gesicherte Zufahrt ins Tal geben.
- Für Einzelhäuser und Stallungen soll ein Schutz bis zu einem 30-jährlichen Hochwasser bestehen.
- Für landwirtschaftliche Flächen und Naturlandschaften ist kein spezieller Schutz vorgesehen. Diese Gebiete sollen künftig als Überflutungsräume erhalten bleiben.
- Ein 300-jährliches Hochwasser sollte nach Realisierung der Schutzmassnahmen nicht mehr Schäden verursachen, wie die Ereignisse von 1999 und 2004.
- Sämtliche Varianten von Schutzmassnahmen müssen diese Schutzziele erfüllen.

Die Gegenüberstellung von Gefahrenbeurteilung und Schutzzielen zeigte klar, dass heute Schutzdefizite bestehen.

## Massnahmenplanung

In einem ersten Schritt wurden 18 verschiedene denkbare Massnahmen erfasst und kurz beschrieben. Diese Massnahmenvarianten wurden nicht nur von den beauftragten Ingenieuren entwickelt, sondern sind zu einem grossen Teil als spontane Anregungen aus der Bevölkerung in den Planungsprozess eingebracht worden. Danach wurde überprüft, welche dieser Massnahmen die Schutzzielvorgaben erfüllten. Massnahmen, die die Schutzziele nicht erfüllten, schieden aus. Die anderen Massnahmen wurden nun auf die technische Machbarkeit, die Kosten, die Risiken und ihre Auswirkungen auf die Umwelt vertieft überprüft (siehe *Abbildung 21*).

Nr.	Variantenbezeichnung	Schutzziel nicht erreicht	Ausschlusskriterien				weiter zu verfolgende Varianten
			Technische Machbarkeit	Kosten	massive Auswirkungen auf die Umwelt	Risiken	
A	Eindämmungen See/Sarneraa						
A1	Eindämmung HW 2005				Ortsbild	Überlastfall	
A2	Eindämmung HHW 2005 (modifiziert)				Ortsbild	Überlastfall	
A3	Eindämmung HQ100				Ortsbild	Überlastfall	
B	Kapazitätserhöhung Sarneraa						
B1	Sohlenabtiefung	ohne zusätz. Massnahmen				Überlastfall	
B2	Gerinneaufweitung und Sohlenabtiefung						Optimierung von B2
B3	Gerinneausbau mit Landenbergstollen						Optimierung von B2
B4	Gerinneausbau mit Vorabsenkung des Sarnersees				zu tiefe Wasserstände im See		Optimierung von B2
C	Hochwasserentlastungen Sarnersee						
C0	Offenes Parallelgerinne		best. Infrastruktur		Raumplanung	Unterquerungen	
C1	Entlastungsleitung und Landenbergstollen						
C2	Aufweitung und Landenbergstollen kombiniert mit Dorfkernumfahrungstunnel		Verkehrskonzept			Termine	
C3	Entlastungstollen im Talboden					Baugrund	
C4	Entlastung durch Bergflanke Ost						
D	Entlastung Grosse Melchaa						
D1	Entlastung über Autobahn A8 in Foribach		Topographie				
D2	Entlastungstollen in Foribach						
D3	Entlastungstollen bis Wichelsee						
D4	Hochwasserrückhaltebecken						
E	Retention Lungernsee						
E1	Hochwasserrückhalt im Lungernsee				Landschaft		ev. zusätzlich
E2	Pumpen vom Sarnersee in den Lungernsee				Landschaft	Verfügbarkeit	

Abbildung 21: Verschiedene Ausschlusskriterien dezimieren die Massnahmenvarianten, welche weiterverfolgt werden sollen. Die drei grünen Varianten B2, C1 und C4 sollen weiterverfolgt werden (Quelle: Vorstudie Hochwassersicherheit Sarneraatal, 2006).

Aus dieser Evaluation ergaben sich drei Varianten, die in der nächsten Projektphase präziser ausgearbeitet und untersucht wurden:

- Variante 1 Tieferlegung/Verbreiterung der Sarneraa: Tieferlegung und Verbreiterung der Sarneraa entlang ihrem heutigen Lauf zwischen Seeauslauf und Wichelsee, geschätzte Kosten 47 Millionen;
- Variante 2 Landenberg: Bau eines Entlastungstollens vom See durch den Landenberg, Aufweitungen unterhalb der Rückführung des Wassers in die Sarneraa ähnlich wie bei Variante 1 jedoch ohne Tieferlegung im Dorfbereich, geschätzte Kosten 56,6 Millionen;
- Variante 3 Bergvariante Ost: Bau eines Entlastungstollens zwischen Sarner- und Wichelsee, mit gleichzeitigen ökologischen Aufwertungen an der Sarneraa, geschätzte Kosten 67,5 Millionen.

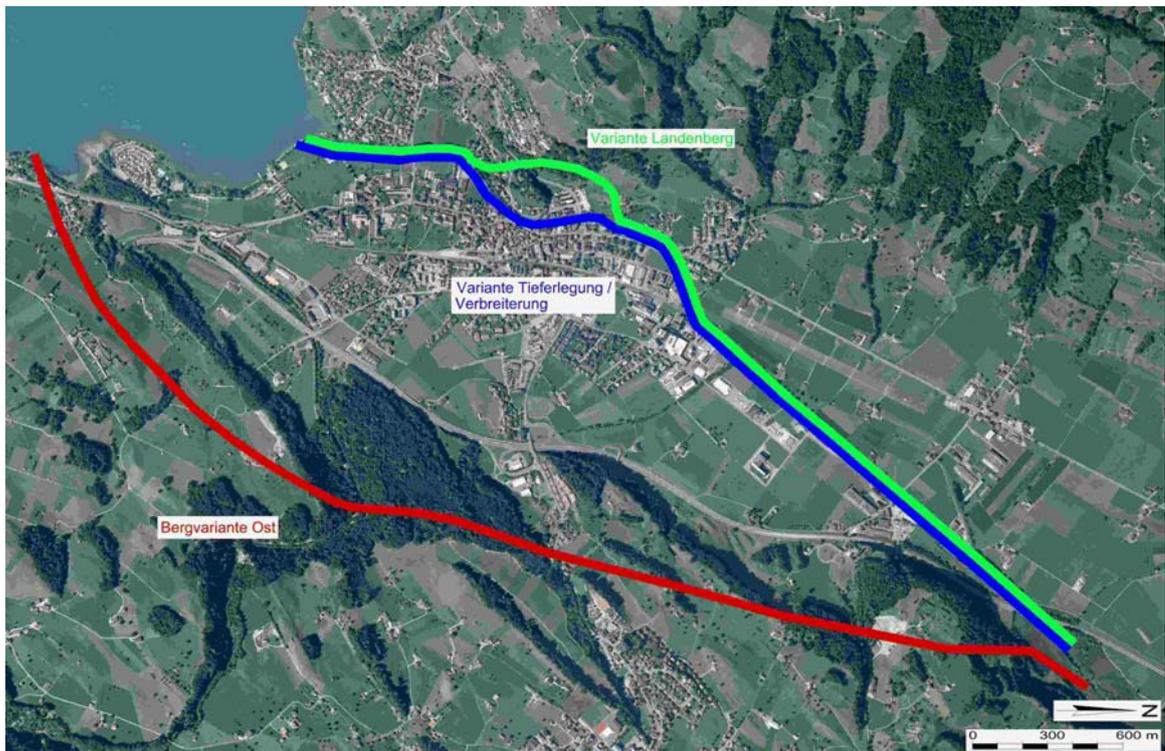


Abbildung 22: Übersicht über die verschiedenen Massnahmen-Varianten 1 bis 3 (Quelle: Vorstudie Hochwassersicherheit Sarneraatal, 2006).

Für jede Variante wurden Berechnungen zu ihrer Wirkung und zur verbleibenden Schadenerwartung, zu Umwelteinflüssen und zu den Kosten gemacht. Parallel zur Variantenevaluation wurde ein erster Workshop durchgeführt, an dem Ziele ausgearbeitet wurden. Zur Entscheidungsfindung wurde eine Nutzwertanalyse durchgeführt. Dafür wurden die im ersten Workshop ausgearbeiteten Ziele ergänzt und präzisiert. Neben den sicherheitstechnischen Vorgaben sollten auch ökologische Werte und wirtschaftliche Aspekte berücksichtigt werden. Im Rahmen eines weiteren Workshops wurde eine Gewichtung der Ziele in den drei Bereichen Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Sicherheit durch die Workshopteilnehmer vorgenommen. Dieselbe Gewichtung wurde auch von den Experten bestehend aus Planern und Projektleiter durchgeführt.

Diese Wertung ergab, dass die gesellschaftlichen Ziele (Schutz der Bevölkerung) am stärksten zu gewichten sind. Die Umwelt sollte etwas stärker als die Wirtschaftlichkeit bewertet werden (siehe *Abbildung 23*).

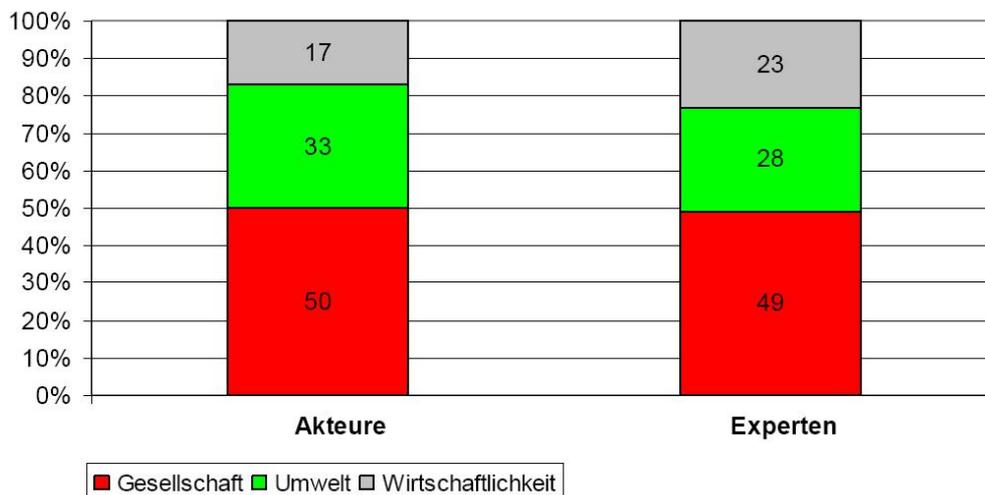


Abbildung 23: Gewichtung der verschiedenen Zielsparten durch die Akteure und Experten (Quelle: Vorstudie Hochwassersicherheit Sarneraatal, 2006).

Anschliessend bewerteten Akteure und Experten für jede Variante die Erfüllung jedes einzelnen Zieles mit Punkten auf einer Skala von +3 bis -3. Auf diese Weise konnte ermittelt werden, welches Massnahmenpaket die Vorgaben am besten erfüllt.

Da derartige Bewertungen teilweise subjektiv sind, wurde mit der Sensitivitätsanalyse ermittelt, wie stabil das Ergebnis bei Veränderung von subjektiven Bewertungen ist.

Weiter erfolgte für jede Variante eine qualitative Analyse baulicher und weiterer Risiken wie Grundwasserveränderungen, Baugrund etc. Nutzwertanalyse und Risikoabschätzung bevorzugten Variante 1 und 3 fast gleichwertig, während Variante 2 schlechter abschnitt.

Die Diskussion an den Workshops ergab schliesslich, dass die Variante 3 (Entlastungsstollen), obwohl es sich um die teuerste Variante handelte, von einer deutlichen Mehrheit aller Workshopteilnehmer bevorzugt wurde. Für die Vertreter der Bevölkerung stand im Zentrum, dass mit Variante 3 am wenigsten Konflikte mit Privatinteressen bestehen. Dies würde zu geringeren Widerständen und damit zu einer rascheren Projektrealisierung führen.

### Aktueller Stand

Der Kanton legte das Projekt dem Bund mit der von ihm bevorzugten Variante 3 vor. In seiner Stellungnahme favorisierte der Bund jedoch klar die rund 20 Millionen Franken billigere Variante 1. Nebst finanziellen Aspekten standen für die zahlreichen Bundesstellen, die sich zu dem Projekt äusserten, vor allem Umweltinteressen im Vordergrund, die mit Variante 1 weniger beeinträchtigt, respektive besser abgedeckt würden.

Aufgrund dieses Verdiktes aus Bern schwenkten auch Regierungs- und Kantonsrat auf die Variante 1 um. Zur zwischenzeitlichen Verbesserung der Sicherheit wurde eine Notfallplanung für Sarnen ausgearbeitet.

Betroffene in Sarnen ergriffen ein Referendum gegen den Variantenentscheid des Kantonsrates. In der anschliessenden Volksabstimmung sprachen sich jedoch alle Gemeinden mit Ausnahme von Sarnen im Verhältnis von 60 zu 40 Prozent der Stimmen für Variante 1 aus. Der Kanton bearbeitet diese Variante nun auf Stufe Bau- und Auflageprojekt weiter. Die in der Volksabstimmung unterlegenen Betroffenen geben sich noch nicht geschlagen: Auf privater

Basis (organisiert durch die Interessengemeinschaft IG Hochwasserschutz Sarnen) wurde die Planung eines Entlastungsstollens als Alternativvariante in Auftrag gegeben.

### **Kosten-Nutzen**

Der Nutzen dieser umfassenden Abklärungen besteht darin, dass damit eine breit abgestützte Entscheidungsgrundlage hinsichtlich Sicherheit, Ökonomie, Ökologie und Lebensraum für verschiedene Projektvarianten zur Verfügung steht. Rein geldbezogene Kosten-Nutzen-Betrachtungen sind nur ein Gesichtspunkt in dieser Beurteilung. Unter dem ökonomischen Aspekt wird sichergestellt, dass die gewählte Massnahmenvariante ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist, das heisst, dass die zu erwartende Risikoreduktion grösser ist als die zu erwartenden Kosten für die Realisierung und den Unterhalt der Massnahmen.

Die Kostenschätzung für die nun in Ausarbeitung befindliche Variante beläuft sich auf 47 Millionen Franken. Für das Projekt werden Beiträge des Bundes zwischen 40 und 65 Prozent erwartet. Die verbleibenden Kosten werden zwischen Kanton und den Seeanliegergemeinden nach Massgabe der Risikoverminderung aufgeteilt. Für die einzelnen privaten Betroffenen fallen keine direkten Kosten an.

### **Fazit**

Vom Projekt sind viele Anwohnerinnen und Anwohner betroffen. Deshalb ist es wichtig, dass das Vorgehen breit abgestützt wird. Den Entscheidungsträgern wird mit den verschiedenen Analysen eine gute Grundlage geboten, um die Vor- und Nachteile der verschiedenen Projekte abwägen zu können. Damit wird eine ganzheitliche Betrachtung von Sicherheit, Ökonomie, Ökologie und Lebensraum möglich. Für jede Zielvorgabe kann ermittelt werden, mit welcher Variante sie am besten erfüllt wird.

Für die Betroffenen sind minimale Beeinträchtigungen privater Interessen von zentraler, die Kosten dagegen von untergeordneter Bedeutung. Die Haltung des Bundes ist dagegen genau entgegengesetzt. Er steht für möglichst kostenwirksame und umweltverträgliche Lösungen ein.

Die vom Kanton vorgeschlagene Variante wurde, obwohl sie das Ergebnis eines umfassenden Mitwirkungsprozesses darstellt, vom Bund nicht unterstützt.

Dies zeigt die Grenzen des Mitwirkungsverfahrens der Betroffenen bei subventionierten Schutzmassnahmen klar auf. Einerseits bewegt sich der Spielraum zur Festlegung örtlicher Schutzziele in den engen Grenzen bundesweiter Vorgaben. Andererseits haben örtliche, von Privatinteressen geprägte Meinungen das Nachsehen gegenüber der Sicht des Bundes, der öffentliche Interessen in Sachen Wirtschaftlichkeit und Ökologie vertritt.

### **Akteure**

- Amt für Wald des Kantons
- Risikobetroffene
- Ingenieure und Planer

**Dokumentation**

- Wasser Energie Luft, 2006: Die Umleitung der Grossen Melchaa in den Sarnersee 1880.
- BAFU, 2005: Bericht über die Bewältigung der Hochwasserkatastrophe 2005.
- BWG, 2001: Hochwasserschutz an Fliessgewässer. Wegleitung.

Folgende Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Amt für Wald und Raumentwicklung (WAR), Kanton Obwalden
- Büro Margadant GmbH, Horw
- Colenco Power Engineering AG, Baden

## Expertenwissen und EDV-Hilfsmittel zur Bestimmung von Gletscherrisiken



**Partizipatives Verfahren zum Risikomanagement bei Gletscher-Gefahren**

### **Ausgangslage**

Der Kanton Wallis war in der Vergangenheit verschiedentlich von Gletscher-Gefahren betroffen. Die Abstürze von Gletschereis oder die Ausbrüche von glazial gespeichertem Wasser hatten teilweise katastrophale Folgen. So verursachten die Gletscher einen jährlichen Schadenerwartungswert von 5,2 Millionen Franken. Mit geeigneten Massnahmen wollte der Kanton diese Kosten markant senken.

Im europäischen Forschungsprojekt für glaziologische Gefahren GLACIORISK wurden Verfahren und Grundlagen entwickelt, die dem Gefahrenverständnis, der Überwachung und der Massnahmenplanung bei Gletschergefahren dienen. Das dabei entwickelte Beurteilungsverfahren zur risikobasierten Massnahmenplanung sollte für die im Inventar gefährlicher Gletscher enthaltenen Gletscher angewendet werden.

### **Ziele**

Die Gletscher-Risiken im Kanton Wallis sollen einheitlich quantitativ beurteilt werden. Nur so kann ein Risikomanagement ausgearbeitet werden, welches von klar nachvollziehbaren Regeln ausgeht und somit einen einheitlichen Sicherheitsstandard für den ganzen Kanton garantiert. Dank der einheitlichen Beurteilung sollen die verschiedenen Schutzmassnahmen verglichen und entsprechend Prioritäten in der Realisierung gesetzt werden.

## **Risikoanalyse**

### *Gefahrenbeurteilung*

Von der Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH Zürich wurde ein Inventar der gefährlichen Gletscher in der Schweiz ausgearbeitet. Im Kanton Wallis wurden 32 Gletscher mittelfristig als gefährlich bewertet. In einem partizipativen Verfahren wurden diese Gletscher hinsichtlich Ereigniswahrscheinlichkeit und Ereignisgrösse beurteilt und mögliche Schutzmassnahmen ausgearbeitet. Ziel war es, die Gletscherrisiken zu beurteilen und dabei vorhandenes Wissen mit den Erfahrungen unterschiedlicher Personen zu kombinieren. Dafür organisierte die Sektion Naturgefahren des Kantons einen Workshop mit Wissensträgern, Fachexperten und Verantwortlichen aus den betroffenen Gebieten. Diese wurden aufgefordert, alle notwendigen Unterlagen für die Beurteilung zusammenzutragen, so zum Beispiel Naturgefahrenkarten, Ereigniskataster, Inventare, Aufzeichnungen oder Dokumentationen vergangener Ereignisse. Mit diesen Grundlagen wurden die gefährdeten Gebiete durch die Sachverständigen des Workshops abgeschätzt oder aus Gefahrenkarten übernommen. Zusätzlich wurden die bereits existierenden Sicherheitsmassnahmen in den betroffenen Gebieten erfasst und deren Schutzwirkungen beurteilt.

### *Schadenpotenzial*

Für alle im Workshop festgelegten Wirkungsräume wurden Sachwerte und Anzahl exponierte Personen bestimmt.

### *Risikobestimmung*

Um das Risiko zu bestimmen, welches von den Gletschern ausging, wurden verschiedene repräsentative Szenarien vordefiniert. Diese unterschieden sich in ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit (häufig – selten – sehr selten) und in ihrem Schadenverlauf (normal – unglücklich – katastrophal) (siehe *Abbildung 24*).

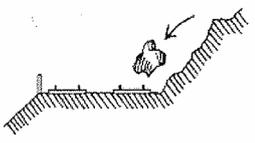
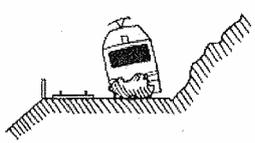
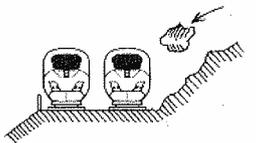
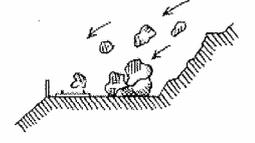
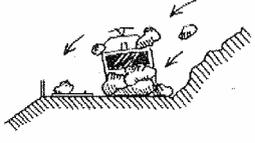
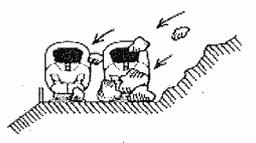
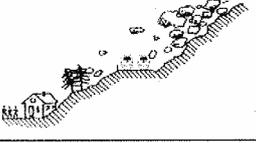
		Schadenverlauf		
		normal	unglücklich	katastrophal
Gefahrenereignis	häufig			
	selten			
	sehr selten			

Abbildung 24: Die vordefinierten Schadenszenarien dienen als Grundlage für die Risikobestimmung (Quelle: Partizipatives Verfahren für das Risikomanagement glaziologischer Gefahren 2003).

Für jeden Gefahrenprozess wurden drei unterschiedlich häufige Szenarien definiert. Für diese Szenarien wurden der Wirkungsraum und die Intensität beschrieben. Diese Angaben konnten teilweise direkt aus den Gefahrenkarten übernommen werden. Ansonsten wurden sie von den Workshop-Teilnehmern abgeschätzt. Zusätzlich wurde für jedes Szenario aus *Abbildung 24* das Schadenpotenzial abgeschätzt. Von den Workshop-Teilnehmern wurden ein Maximal- und ein Minimalwert der Schäden für jedes Ereignis definiert.

Gestützt darauf liess sich mit Hilfe einer Softwarelösung das Gletscher-Risiko bestimmen. Die Entscheidungsträger auf Stufe Bund und Kanton legten die Eingangsgrössen (Grenzkosten, Risikoaversion) fest. Die Ergebnisse aus der Risikobeurteilung lagen direkt am Workshop zur Diskussion vor (siehe *Abbildung 25*).

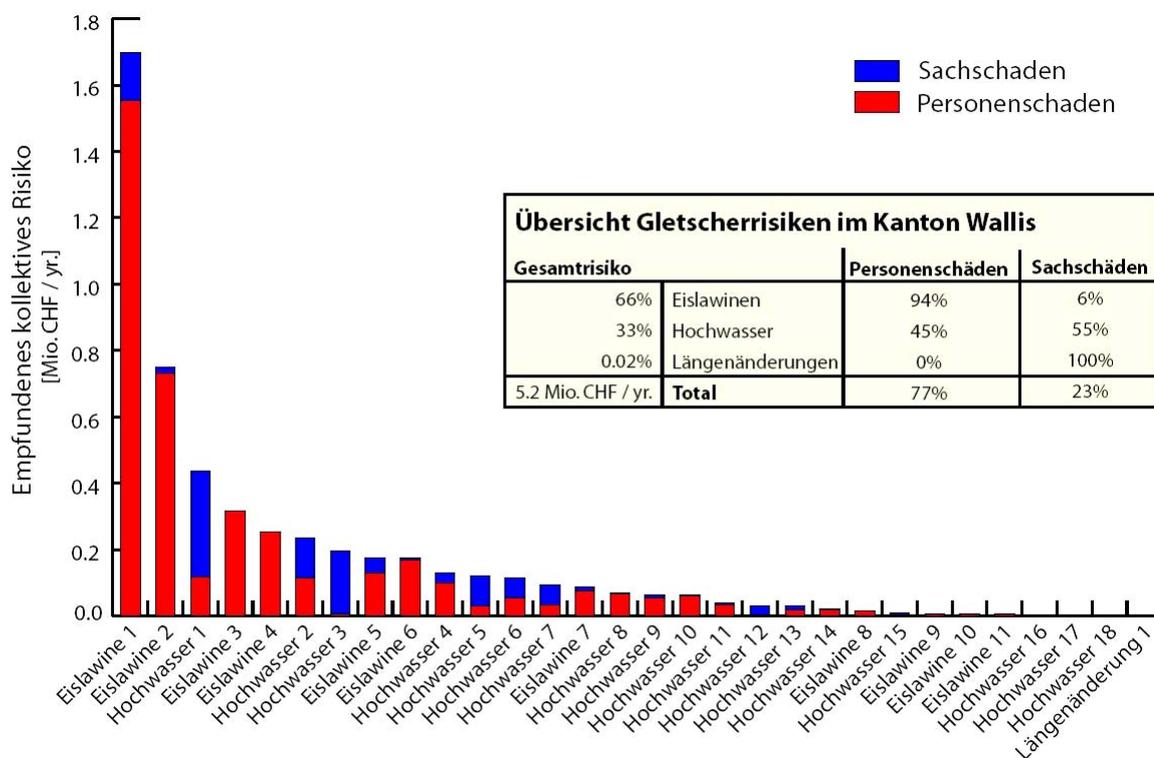


Abbildung 25: Zusammenstellung der glaziologischen Gefahren im Kanton Wallis (Quelle: Partizipatives Verfahren für das Risikomanagement glaziologischer Gefahren 2003).

### Risikobewertung

Auf Grund der Risikoanalysen wurde der Handlungsbedarf durch die Workshopteilnehmer abgeleitet. Primäres Ziel war es, mit kostenwirksamen Massnahmen die Situation an den zehn Gletschern mit den grössten Risiken zu verbessern (siehe *Abbildung 25*).

### Massnahmenplanung

Die Schutzmassnahmen wurden in einem weiteren Workshop mit Entscheidungsträgern und Gefahrenexperten festgelegt. Grundsätzlich standen in einem Massnahmenkatalog verschiedene bauliche und organisatorische Massnahmen zur Auswahl.

Nachdem die Massnahmen bestimmt waren, wurde die Gefahrensituation neu beurteilt. Mit den abgeschätzten Kosten für die Schutzmassnahmen und der neuen Risikobeurteilung liess sich die Kostenwirksamkeit der Massnahme bestimmen. Bevorzugt werden so wirkungsvolle und gleichzeitig kostengünstige Massnahmen.

Die Gruppe entschied sich in den meisten Fällen für jene Massnahmen, die bereits in Planung waren. Als kostengünstige und sehr wirksame Massnahme erwies sich oft die Kombination von Überwachung, Alarmierung und Notfallplanung.

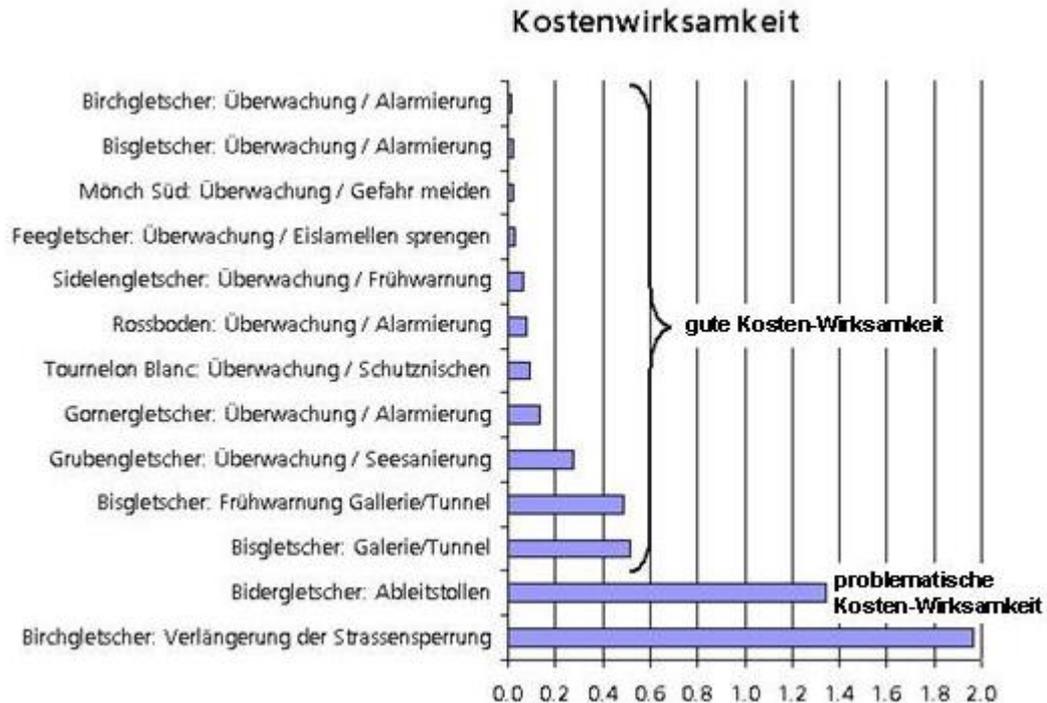


Abbildung 26: Je kleiner die Kostenwirksamkeit ist (geringe Kosten, hohe Wirksamkeit; berechnet als Kosten dividiert durch die Wirksamkeit), desto eher wird die Massnahme bevorzugt. Da alle Gletscher nach der gleichen Methode beurteilt wurden, kann die Kostenwirksamkeit der Massnahmen miteinander verglichen werden. (Quelle: Partizipatives Verfahren für das Risikomanagement glaziologischer Gefahren 2003).

### Aktueller Stand

Dieses partizipative Verfahren, wie es im vorliegenden Projekt angewendet wurde, ist vom Bundesamt für Umwelt und vom Bundesamt für Bevölkerungsschutz als EDV-Tool weiterentwickelt worden, um einerseits das risikobasierte Planen und Entscheiden und andererseits das Verständnis für die Notwendigkeit des Risikodialog zu fördern.

Die als empfehlenswert aufgelisteten Massnahmen werden in einem Sammelprojekt, das in erster Linie ein Überwachungsprogramm sowie diverse Kleinmassnahmen vorsieht über fünf Jahre (2006 bis 2011) realisiert. Wie es danach weitergeht, ist noch ungewiss.

### Kosten-Nutzen

Die Kosten für die Durchführung des partizipativen Verfahrens beliefen sich auf rund 150'000 Franken. Da es sich um ein Pilotprojekt handelte, wurde es zu 75 Prozent vom Bundesamt für Bildung und Wissenschaft finanziert und zu 25 Prozent vom Kanton Wallis. Nicht darin eingeschlossen sind die Aufwände für das Inventar der gefährlichen Gletscher, das als Gefahrengrundlage bereits zur Verfügung stand. Demgegenüber erscheinen die Massnahmenkosten von 450'000 Franken, die zwischen 2006 bis 2011 benötigt werden, als gering. Mit dem gewählten Vorgehen wird aber sichergestellt, dass innerhalb des Systems Gletscherrisiken im Kanton Wallis die kostenwirksamsten Massnahmen realisiert werden, dass also die optimale

Massnahmenkombination gewählt wurde. Als weiterer Nutzen können die im Verlaufe des Prozesses gewonnenen Erkenntnisse angesehen werden. Es wurde sehr viel Wissen zusammengetragen und miteinander vernetzt, das bisher bei verschiedenen Personen und Stellen lag.

### **Fazit**

Das gezeigte Beispiel steht für ein Risikomanagement bei dem man die Erfahrungen von Gebietskennern, Wissensträgern und Fachexperten mit dem bereits vorhandenen Wissen kombinierte. Für eine Risikoanalyse nach dieser Methode ist wichtig, dass bereits gute Grundlagen (Beurteilungen) der Gefahrensituation vorhanden sind. Ansonsten kann die Gefahrenbeurteilung in einem Workshop nur ungenügend erfolgen. Beachtet muss ebenfalls werden, dass sich Gletscher innerhalb relativ kurzer Zeit verändern können und somit völlig neue Dispositionen entstehen können. Deshalb kann die Aussagekraft der Beurteilung mit der Zeit schnell abnehmen. Die Verhältnisse müssen regelmässig überprüft werden.

Die im Vergleich zu den Massnahmenkosten hohen Aufwände für die Analyse werden dadurch relativiert, dass mit diesem Verfahren Gefahrengrundlagen für einen ganzen Kanton geschaffen wurden, Risiken berechnet wurden sowie mögliche und sinnvolle Massnahmen geplant wurden.

### **Akteure**

- Dienststelle für Wald und Landschaft des Kantons
- Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW)
- Verschiedene lokale Fachexperten
- Eidgenössische Forstdirektion (heute BAFU)
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- VAW – ETH Zürich, 2000: Inventar von gefährlichen Gletschern im Kanton Wallis.
- BUWAL, 1998: Methoden zur Analyse und Bewertung von Naturgefahren.
- FAN-Kurs, 2004: Tagungsordner zum Thema „Risiko“
- BAFU, 2005: RiskPlan

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Dienststelle für Wald und Landschaft, Sektion Naturgefahren, Kanton Wallis, Sion
- Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) der ETH Zürich
- Verschiedene lokale Fachexperten
- Eidgenössische Forstdirektion, (heute BAFU), Bern
- Ernst Basler + Partner AG, Zollikon

## Sicherheit dank präventiver Notfallplanung



**Kantonale Risikobetrachtung und Notfallplanung**

### **Ausgangslage**

Der Kanton Nidwalden beschloss vor den Unwettern 2005, einen Kataster mit allen wesentlichen Gefahren im Kanton ausarbeiten zu lassen. Dieser Kataster enthält Bedrohungen aus den Bereichen Natur, Zivilisation, Gesellschaft, Gewalt unterhalb der Kriegsschwelle und bewaffnete Konflikte.

Das Hochwasser von 1987 hat im Nachbarkanton Uri grosse Sachschäden verursacht. Man war sich in den neunziger Jahren der kritischen Situation der Engelberger Aa durchaus bewusst und so wurde eine Sicherheitsüberprüfung für diesen Fluss durchgeführt. Dabei erkannte man ein massives Schutzdefizit, welches alle Gemeinden entlang der Engelberger Aa und zusätzlich Stans und Stansstad betraf. Bis 2005 wurde ein grosser Teil der für den Hochwasserschutz der Engelberger Aa projektierten 26 Millionen Franken verbaut. Weitsichtig realisierte man auch vier Entlastungskorridore, in welche die Engelberger Aa kontrolliert ausufern konnte. Parallel dazu wurden sämtliche Neubauten und wichtige bestehende Bauten (zum Beispiel Elektrizitätswerk) mit Objektschutzmassnahmen und organisatorischen Massnahmen zum Schutz gegen Überschwemmungen versehen. Der unterste Überflutungskorridor bei Buochs war leider zum Zeitpunkt des Unwetters 2005 noch nicht ganz fertig gestellt. Auch die ergänzenden organisatorischen Massnahmen und Objektschutzmassnahmen für die angrenzenden Wohn- und Geschäftsgebäude waren noch nicht fertig umgesetzt und eingeübt. Trotzdem konnten beim Hochwasserereignis 2005 Schäden von rund 100 Millionen Franken verhindert werden. Man war sich sowohl vor dem Hochwasserereignis 2005 und um so mehr danach bewusst, dass alleine mit Hochwasserschutzbauten die Naturgefahren nicht in den Griff zu bekommen sind. Mit um so grösserer Überzeugung stellte man die Notfallplanung für die Engelberger Aa fertig und beschloss, für die anderen Risiken auf Grund

der Gefahrengrundlagen und Ereigniszzenarien ebenfalls eine präventive Notfallplanung auszuarbeiten.

### Ziele

Mit einer ganzheitlichen Risikobetrachtung erstellt der Kanton einen Überblick über die vorhandenen Risiken. Mit geeigneten baulichen Massnahmen (Hochwasserschutz und Objektschutz), organisatorischen Massnahmen und einer Notfallplanung sollen die Risiken verringert werden. Ziel ist es, im Rahmen der Verhältnismässigkeit auf Ereignisse vorbereitet zu sein.

## Risikoanalyse

### Gefahrenbeurteilung

Für die Ausarbeitung und Beurteilung der Risiken wurde eine Arbeitsgruppe eingesetzt. Von ihr wurden 32 Szenarien aus den Bereichen Natur, Zivilisation, Gesellschaft, Gewalt unterhalb der Kriegsschwelle und bewaffnete Konflikte definiert. Dabei konnte man sich unter anderem auf die Erfahrungen aus dem Kanton Bern abstützen.

### Schadenpotenzial

Für die Einteilung in Schadenausmassklassen wurden Indikatoren wie die erwartete Anzahl Todesopfer, Verletzte, Evakuierte, geschädigte Lebensgrundlagen und Sachschäden verwendet. Dazu wurden sechs verschiedene Schadenstufen definiert. Die Werte der Schadensgrenzen wurden an die Verhältnisse im Kanton Nidwalden angepasst (siehe *Abbildung 27*).

A1	A2	A3	A4	A5	A6
Todesopfer					
1-3	3-10	10-30	30-100	100-500	> 500
lebensbedrohend Verletzte und Kranke					
1-30	30-100	100-300	300-1'000	1'000-10'000	>10'000
Evakuierte und Pflegebedürftige (Obdachlose, Flüchtlinge)					
1-100	0,1-1	1-5	5-20	20-100	> 100
km <sup>2</sup> geschädigte Lebensgrundlagen (Wald, Gewässer, Acker)					
0-0,1	0,1-1	1-5	5-20	20-100	> 100
Sachschäden (Mio. Fr.)					
0-5	5-50	50-100	100-500	500-2'000	> 2'000

*Abbildung 27: Mit dieser Matrix werden die Risikoszenarien im Kanton Nidwalden in Schadenausmassklassen eingeteilt (Risikokataster Nidwalden, 2002).*

### Risikobestimmung

Die von der Arbeitsgruppe definierten Szenarien wurden gemäss ihrer Eintretenswahrscheinlichkeit und Schadenwirkung bewertet und in einer Matrix miteinander verglichen (siehe

Abbildung 28). Somit konnten die häufigsten und schwerwiegendsten Risiken ermittelt und quantifiziert werden. Für jedes Gefahrenszenario wurden ein häufiges und ein seltenes Ereignis definiert. Eine derartige Matrix wurde für jede der Gefahrengruppen Naturgefahren, zivilisationsbedingte und gesellschaftliche Ereignisse sowie für Gewalt und Krieg erstellt.

### Risikobewertung

Für die in der Risikoanalyse definierten Szenarien wurden Schutzziele festgelegt und in einer Schutzzielmatrix dargestellt (siehe Abbildung 28). Aus dieser Matrix lassen sich Schutzdefizite ermitteln. Wenn nun die Szenarien auf der grünen Fläche der Schutzzielmatrix liegen, können die Risiken toleriert werden. Der weisse Bereich gilt als Übergangsbereich. Hier müssen Massnahmen zur Risikoreduktion verhältnismässig sein. Wenn ein Szenario auf der roten Fläche liegt, müssen die Eintretenswahrscheinlichkeit oder die erwarteten Schäden reduziert werden. Diese Schutzziele wurden für jede Gefahrengruppe verwendet.

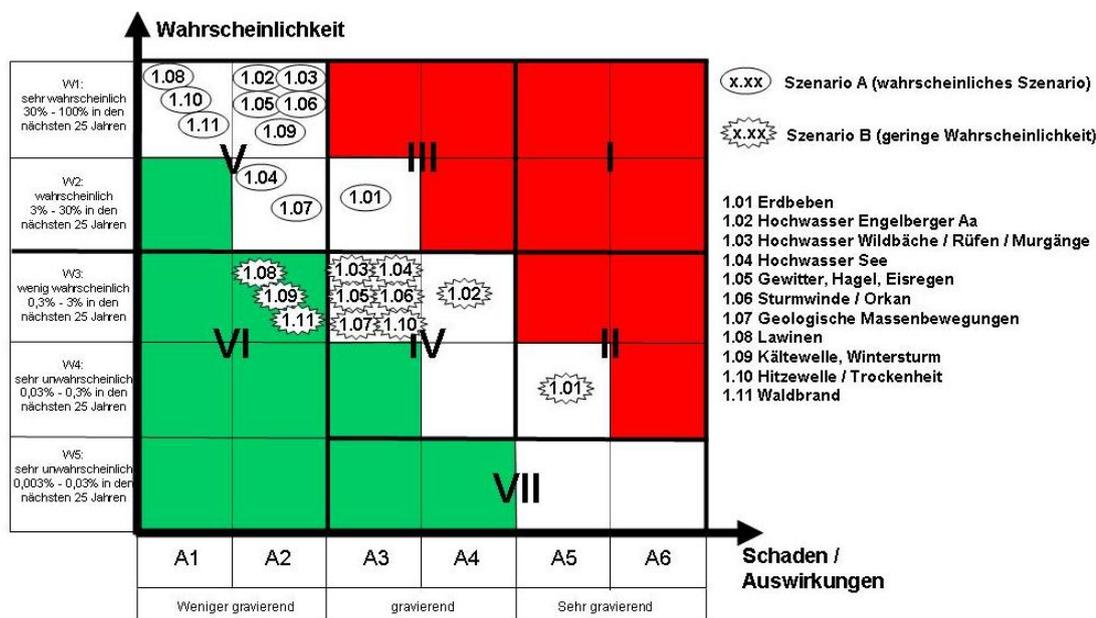


Abbildung 28: Risikobewertung - Schutzzielmatrix Naturgefahren Kanton Nidwalden. Die Grafik zeigt auf, mit welcher Wahrscheinlichkeit und mit welchem Schadenausmass die verschiedenen Naturgefahrenereignisse erwartet werden. Ereignisse, die im grünen Bereich liegen, können toleriert werden. Gegen Ereignisse im roten Bereich müssen Massnahmen ergriffen werden. Der weisse Bereich gilt als Übergangsbereich. Von jedem Gefahrenszenario wurde ein häufiges und ein seltenes Ereignis (A, B) definiert (Quelle: Risikokataster Kanton Nidwalden, 2002).

### Massnahmenplanung

Im Bewusstsein, dass technische Massnahmen alleine nicht ausreichen, strebt man heute eine umfassende Risikokultur an. Deshalb hat man an der Engelberger Aa mit den gewonnenen Erfahrungen aus dem Hochwasserereignis im Jahr 2005 eine Notfallplanung erarbeitet. Diese gilt als Pilot-Projekt für die Notfallplanungen im ganzen Kantonsgebiet. Sie regelt die Zuständigkeit zwischen Kanton und Gemeinden. Für Aufgaben wie Prognosen, Alarmierung,

Information von Einsatzkräften und Bevölkerung, Beratungen, Koordination des Einsatzes von Baumaschinen sowie für die grossräumige Sperrung von Verkehrsachsen ist der Kanton zuständig. Für lokale spezifische Einsätze ist die Gemeinde zuständig. Weiter schreibt die Notfallplanung vor, ab welchem Pegelstand welche Behörde oder Stelle zu benachrichtigen oder alarmieren ist. Mit dieser Planung kann eine optimale Information der Sicherheitskräfte und der Bevölkerung gewährleistet werden. Der Führungsstab des Kantons und der Gemeinden sowie die Feuerwehren können so ihre Mittel optimal einsetzen.

### **Aktueller Stand**

Inzwischen hat man mit der Ausarbeitung der ersten Notfallplanungen begonnen. Bis im Jahr 2012 soll für sämtliche definierte Gefahren eine Notfallplanung ausgearbeitet werden.

### **Kosten-Nutzen**

Die Kosten von 920'000 Franken für die Notfallplanungen werden von den beteiligten Institutionen (Kanton, Gemeinden, Nidwaldner Sachversicherung) und vom Bund getragen. Das Beispiel der Engelberger Aa, der konkreten Objektschutzmassnahmen sowie der Notfallplanung an den einzelnen Objekten zeigen, dass die zu erwartenden Schadenssummen ein Vielfaches der Kosten für diese Massnahmen betragen. Voraussetzung für eine erfolgreiche Notfallplanung ist jedoch, dass gute Gefahrengrundlagen vorliegen und die Auswirkungen von Szenarien präzise dargestellt sind. So ist es möglich, die Massnahmen für eine wirksamen und kostengünstigen Notfallplanung zu ermitteln.

### **Fazit**

Wie das Beispiel der Engelberger Aa zeigt, lassen sich mit einem präventiven Risikomanagement und einer guten Notfallplanung massiv Schäden verhindern. Im Ereignisfall sind die Behörden und die Bevölkerung vorbereitet und wissen, was zu tun ist. Natürlich bleiben die Naturgefahren teilweise unberechenbar und zwingen den Menschen, flexibel darauf zu reagieren. Trotzdem gibt die Notfallplanung viele notwendige Schritte vor und bewirkt, dass diese effektiv realisiert werden. Die Notfallplanung sensibilisiert die Behörden und die Bevölkerung für den Umgang mit Naturgefahren und fördert das Verständnis für die Notwendigkeit der Investition.

### **Akteure**

- Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons
- Arbeitsgruppe Notfallplanung des Kantons
- Gemeindeführungsstäbe und Gemeindefeuerwehren
- Kantonale Gebäudeversicherungen
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- Risikokataster Nidwalden, 2002
- Einsatzkonzept Engelberger Aa

- Musterordner Wildbäche, Träschlibach

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Nidwaldner Sachversicherung mit Feuerwehrinspektorat, Stans
- Arbeitsgruppe Notfallplanung Nidwalden
- Arbeitsgruppe Naturgefahren des Kantons Nidwalden
- Gemeindeführungsstäbe und Gemeindefeuerwehren
- Ernst Basler + Partner, Zollikon
- ECOSAFE Gunzenhauser AG, Kaiseraugst

## Sicher nach Italien – Beurteilung von Verkehrssicherheit und Naturgefahren



**Sicherheit des Strassenkorridors  
am Grossen St. Bernhard mittels  
Risikoanalyse beurteilen**

### **Ausgangslage**

Die Kantonsstrasse zwischen Martigny und dem Tunnel Grosser St. Bernhard hat als Verbindungsstrasse nach Italien internationale Bedeutung. Daher ist eine ganzjährige Verfügbarkeit sowohl für den Schwerverkehr als auch für den Ferienverkehr sehr wichtig. Der Kanton als Strassenbetreiber ist für die Sicherheit auf seinem Strassennetz verantwortlich. Deshalb wurde von der Dienststelle für Strassen- und Flussbau und der Dienststelle für Wald und Landwirtschaft beschlossen, dass sämtliche Risiken ausgehend von der Verkehrsführung und den gravitativen Naturgefahren auf der Strecke Martigny bis zum Tunnel Grosser St. Bernhard zu beurteilen sind. Allerdings stellte sich die Frage, wie man die Risikosituation auf einem so grossen Strassenabschnitt mit verhältnismässigem Aufwand beurteilen kann.

### **Ziele**

Ziel war es, die Verkehrssicherheit und die Sicherheit der Strasse vor Naturgefahren möglichst aufgrund der bestehenden Gefahrengrundlagen grob zu analysieren. Für alle bekannten Problem- und Gefahrenstellen sollte eine Prioritätenliste mit der Sanierungsdringlichkeit bezüglich Verkehrssicherheit respektiv der Schutzdringlichkeit bezüglich Naturgefahren ausgearbeitet werden. Daraus sollte der Handlungs- und Planungsbedarf abgeleitet werden.

## Risikoanalyse

### *Gefahrenbeurteilung*

Da die Korridorplanung über 35 Strassenkilometer umfasste, hatte man sich für eine Risikoanalyse mittlerer Tiefe entschieden. Bei der Gefahrenbeurteilung beschränkte man sich auf das bereits vorhandene Wissen.

Für die Verkehrssicherheit wurden alle bekannten Problemstellen lokalisiert und beschrieben. Für die gravitativen Naturgefahren wurden die Gefahrenstellen vorwiegend anhand der Gefahrenkarten lokalisiert und in Zusammenarbeit mit den zuständigen Kreisforstinspektoren und dem Wegmeister beurteilt. Dabei wurden die Ereignishäufigkeit und die Intensität für jede Gefahrenstelle festgelegt. Wo diese Angaben nicht der Gefahrenkarte zu entnehmen waren, wurden sie gutachtlich festgelegt.

### *Schadenpotenzial*

Der durchschnittlich tägliche Verkehr wurde mittels Verkehrszählungen auf einzelnen Teilstrecken im Sommer und im Winter ermittelt. So hatte man auch für saisonal auftretende Naturgefahren wie Lawinen genaue Verkehrszahlen. Neben dem Strassenverkehr wurde auch das Umfeld der Strasse beurteilt. So wurden zum Beispiel auch Kinder in Strassennähe als Schadenpotenzial betrachtet, da eine sichere Verkehrsführung auch Einfluss auf das Umfeld der Strasse hat. Dieser Faktor war allerdings nur für die Verkehrssicherheit und nicht für die Naturgefahren relevant, da Orte wie Schulen und Schulwege an den untersuchten Stellen nicht im Einflussbereich von Naturgefahren liegen.

### *Risikobestimmung*

Für die Ermittlung der Verkehrssicherheit wurde jeder Gefahrenabschnitt mit Punkten bewertet. Die Kriterien dazu sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Kriterium	Beschreibung	Kriterium für maximale Punktzahl
Gefährlichkeit	Anzahl Unfälle pro 100 m gemäss Unfallstatistik	> 5 Unfälle/100 m oder Unfall mit Todesfall
Streckengeometrie und Stetigkeit	Mögliche Fahrgeschwindigkeit in einer Kurve geteilt durch signalisierte Höchstgeschwindigkeit	Summe der Faktoren > 3
Ausbau	Strassenquerschnitt von mindestens 7 m	Breite <6 m
Verträglichkeit	Beeinträchtigung des Umfeldes durch Strasse	Intensiv genutzte Ortskerne
Stau	Stau verursachende Abschnitte	Gravierend
Gefährdungspotenzial Innerorts	Frequenz von Fuss- und Veloverkehr, Sichtverhältnisse, Engstellen	Schulweg und Kindergärten
Durchschnittlich täglicher Verkehr	Anzahl Fahrzeuge pro Tag	> 6'000 Fahrzeuge pro Tag

*Tabelle 4: Kriterien um die Verkehrssicherheit zu ermitteln (Quelle: Korridorplanung Martigny - Tunnel du Gd-St-Bernard, 2006).*

Die Punktzahl wurde dann mit der Abschnittslänge multipliziert, was die Sanierungsdringlichkeit ergab. Mit diesem Wert konnten die verschiedenen Streckenabschnitte verglichen und es konnten Handlungsprioritäten festgelegt werden.

Für die Naturgefahren wurde eine qualitative Risikoanalyse durchgeführt. Dabei wurde für alle Gefahrenstellen ein sogenannter Risikohinweis berechnet. Für jede lokalisierte Gefahrenstellen wurde dieser aufgrund von folgenden Angaben bestimmt.

Gefahrenpotenzial	Ereignishäufigkeit
	Intensität (als Faktor aus Zonenlänge und Intensität in dieser Zone, die Summe aller Faktoren geteilt durch Länge der Gefahrenstelle ergibt den Intensitätsfaktor für diese Gefahrenstelle)
	Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit
Schadenpotenzial	durchschnittlicher täglicher Verkehr während der Gefahrenzeit
	signalisierte Höchstgeschwindigkeit
	Letalität
	Besetzungsgrad eines Autos (wurde mit 2 angenommen)

*Tabelle 5: Kriterien um den Risikohinweises betreffend Naturgefahren zu ermitteln (Quelle: Korridorplanung Martigny - Tunnel du Gd-St-Bernard, 2006).*

Für die Lawinengefahren wurden zusätzlich organisatorische Massnahmen berücksichtigt, da der Lawinenwarndienst in kritischen Situationen die Strasse präventiv sperren kann. Für sämtliche Lawinenzüge wurde deshalb beurteilt, wie relevant sie für eine Sperrung der Strasse sind (siehe *Abbildung 30*).

Da mehrere Gefahrenstellen nur gutachtlich beurteilt wurden, ist das ermittelte Risiko nur als Risikohinweis zu verstehen. Die Beurteilungstiefe der einzelnen Gefahrenstellen variiert demnach je nach den vorhandenen Grundlagen.

Der ermittelte Risikohinweis entspricht der Schutzdringlichkeit einer Gefahrenstelle. Anhand dieser Schutzdringlichkeitswerte können die verschiedenen Gefahrenstellen einander gegenüber gestellt werden.

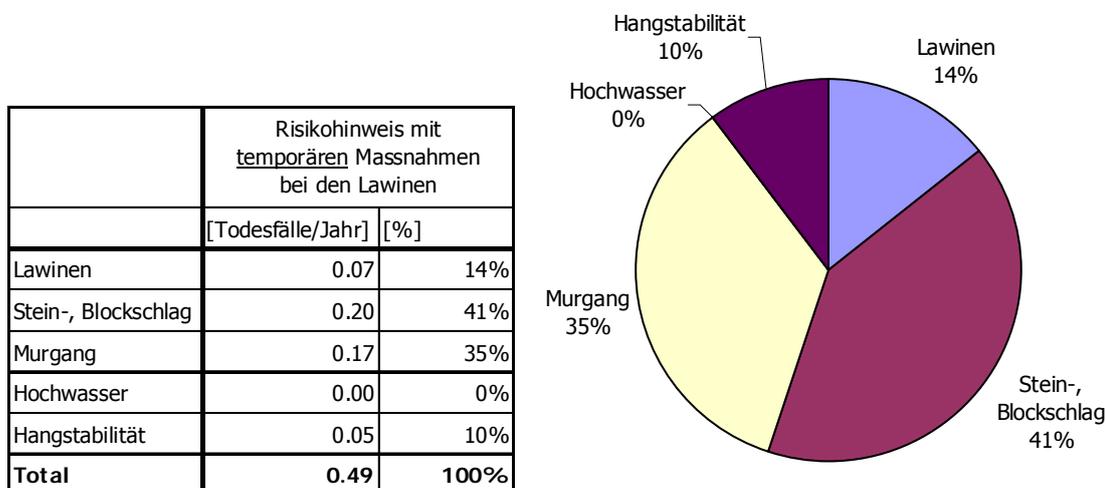


Abbildung 29: Für den Bereich Naturgefahren fiel das Risiko verursacht durch den Prozess Stein- und Blockschlag am stärksten ins Gewicht. Im Durchschnitt war auf dieser Strecke alle zwei Jahre mit einem Todesfall auf Grund von Naturgefahren zu rechnen (Quelle: Korridorplanung Martigny - Tunnel du Gd-St-Bernard, 2006).

### Risikobewertung

Die Risiken im Bereich Verkehrssicherheit wurden mit den Durchschnittswerten der schweizerischen Unfallstatistik verglichen. Danach wurden die Gefahrenstellen mit einem Rang gemäss ihrer Sanierungsdringlichkeit belegt. Daraus wurde ein Prioritätenblock 1 mit den Rängen eins bis fünf und ein Prioritätenblock 2 mit den Rängen sechs bis zehn vorgeschlagen. Für diese Gefahrenstellen sollen in Zukunft die Planungen für die Verbesserung der Verkehrssicherheit vorangetrieben werden.

Für den Bereich Naturgefahren wurde zusätzlich die Empfehlung abgegeben, Schutzziele festzulegen und die Massnahmenplanung nach den Grundsätzen der Kosten-Wirksamkeit anzugehen.

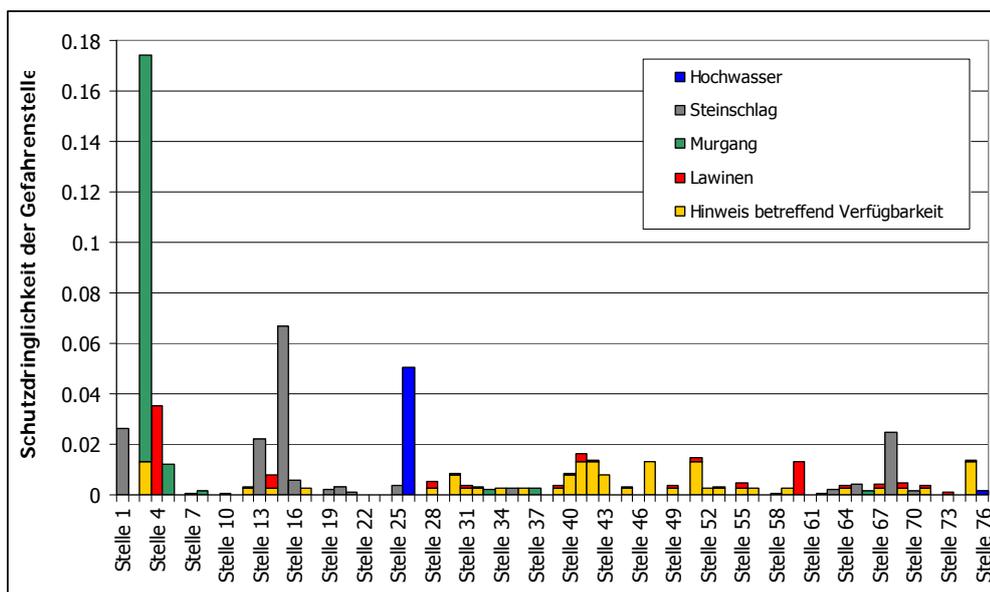


Abbildung 30: Schutzdringlichkeit der Naturgefahrenstellen entlang des Korridors Martigny – Tunnel Grosser St. Bernhard. Der Hinweis für die Verfügbarkeit zeigt auf, welche Relevanz die Gefahrenstelle (grundsätzlich nur Lawinen) für die Schliessung der Strecke hat (Quelle: Korridorplanung Martigny – Tunnel du Gd-St-Bernard, 2006)

### Massnahmenplanung

Für alle Gefahrenstellen wurden sogenannte Objektblätter erstellt. Darauf sind die relevanten Grundlagen, die historischen Ereignisse und die Gefahren- und Risikobeurteilung dargestellt. Für die Gefahrenstellen mit einer grossen Schutzdringlichkeit wurden zusätzlich mögliche Massnahmen grob beschrieben und die Massnahmenkosten beurteilt. Da die Problemstellen eine unterschiedliche Beurteilungsschärfe aufweisen, wurde die Kostenwirksamkeit bewusst nicht ermittelt.

Das Ziel der Korridorplanung war, sämtliche Gefahrenstellen zu ermitteln und auf Grund der oben erwähnten Beurteilung Prioritäten für die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen festzulegen. Präzisere Beurteilungen und Massnahmenplanungen können in den Folgeprojekten gemacht werden. Eine genauere Beurteilung kann die Ausführungspriorität der Massnahmen in Zukunft noch verändern.

### Aktueller Stand

Im Kanton Wallis sind alle wichtigen Verbindungsstrassen in die Seitentäler nach diesem Verfahren beurteilt worden. Der Kanton stützt sich auf diese Prioritätenlisten um die Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit auf diesen Strassen umzusetzen.

### Kosten-Nutzen

Für die Beurteilung von 35 Kilometern lagen die Projektkosten bei insgesamt 90'000 Franken und somit bei weniger als 3'000 Franken pro beurteilten Kilometer. Das Projekt wurde zu 57 Prozent von der Dienststelle für Wald und Landschaft und zu 43 Prozent von der Dienststelle

für Strassen- und Flussbau finanziert. Mit diesen Korridorstudien hat der Kanton ein Instrument in Hand, um Prioritäten für die Massnahmenplanung zu setzen. Dank der durchgeführten Massnahmenevaluation kennt er auch den ungefähren Mittelbedarf. Weiter wurden mit dieser Studie die relevanten Unterlagen pro Gefahrenstelle zusammengetragen. Diese stehen für die weiteren Bearbeitungsschritte gesammelt zur Verfügung. Auch wenn für ein konkretes Sanierungsprojekte mit dem üblichen Aufwand gerechnet werden muss, wo wird mit der Studie das zur Verfügung stehende Geld dorthin gelenkt, wo die Priorität hoch ist.

### **Fazit**

Mit dieser Methode lässt sich ein grösserer Streckenabschnitt mit verhältnismässigem Aufwand beurteilen. Als Ergebnis erhält man einen guten Überblick über die gefährlichsten Streckenabschnitte, sowohl im Bereich Verkehrssicherheit als auch im Bereich Naturgefahren. Leider lässt sich die Sanierungsdringlichkeit der Verkehrssicherheitsüberprüfung nicht mit der Schutzdringlichkeit der Naturgefahrenbeurteilung vergleichen.

Die gesamte Beurteilung dient als Entscheidungsgrundlage, an welchen Gefahrenstellen Schutzziele definiert und Massnahmen zur Verbesserung der Sicherheit ausgearbeitet werden müssen. Um eine nach Kosten-Wirksamkeitskriterien begründete Priorisierung der Massnahmen vornehmen zu können, müssten an jedem Ort verschiedene Massnahmenvarianten miteinander verglichen werden. Dafür waren aber die zur Verfügung stehenden Gefahregrundlagen zu unterschiedlich, so dass ein Vergleich von Kosten-Wirksamkeiten nicht möglich war. Um Kosten-Wirksamkeits-Betrachtungen bei der Ausarbeitung von konkreten Massnahmenvarianten machen zu können, wird trotz der bestehenden Vorarbeiten noch einmal eine Risikoanalyse vor und nach Massnahme notwendig sein, um den Nutzen der Massnahmen beziffern zu können.

### **Akteure**

- Kantonales Amt für Wald
- Kantonales Tiefbauamt
- Linieninfrastrukturverantwortliche
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- BUWAL, 1999: Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren.
- BUWAL, 1999: Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutz-Massnahmen an Verkehrsachsen.
- FAN-Herbstkurs, 2004: Tagungsunterlagen zum Thema „Risiko“.
- Vorlesungsunterlagen der forstlichen Professur, ETHZ, 2004: Korridorplanung Goms

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Service des forêts et du paysage, Sion
- Ingenieurbüro Glenz, Walther & Winkler AG, Brig
- Bureau d'études forestières James Médico, Martigny
- Bureau technique Moret & Associés SA, Martigny

## Den Stein ins Rollen gebracht



**Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse, Massnahmenplanung Naturgefahren für die Nationalstrassen im Kanton Bern**

### **Ausgangslage**

In den Jahren 2003 und 2004 ereigneten sich auf den Nationalstrassen im Kanton Bern spektakuläre Felsstürze und Steinschläge beim Portal des Chüebalmtunnels, beim Rastplatz Glooten und entlang der N16 zwischen Biel und Tavannes. Diese Ereignisse lösten einerseits die nötigen Sofortmassnahmen aus. Andererseits haben die Verantwortlichen beim Tiefbauamt des Kantons Bern, Abteilung Betrieb und Unterhalt Nationalstrassen erkannt, dass das Problem Naturgefahren auf dem ganzen Netz der Nationalstrassen im Kanton Bern nach einer einheitlichen Methode angegangen werden muss und dass kosteneffiziente Massnahmen zu ergreifen sind.

### **Ziele**

Für die von Naturgefahren betroffenen Abschnitte der Nationalstrassen im Kanton Bern sollen die nötigen Grundlagen für einen angemessenen Schutz bereitgestellt werden. Die Risikosituationen auf den verschiedenen Streckenabschnitten sollen untereinander verglichen werden können und nach einheitlichen Schutzzielen gehandhabt werden.

Das Projekt gliederte sich in drei Phasen mit den folgenden Unterzielen:

#### **Phase 1: Gefahrenbeurteilung**

Ziel dieser Phase war es zu erkennen, wo das Nationalstrassennetz des Kantons Bern mit welcher Häufigkeit und in welchem Mass von Naturgefahren betroffen ist. Diese Beurteilungen sollen die Grundlagen für die nachfolgende Risikoberechnung wie auch für eine allfällige Massnahmenplanung bilden.

#### **Phase 2: Risikoanalyse**

Die Risiken für Strassenbetreiber und -benutzer infolge Naturgefahren sollen quantifiziert

werden. Die errechneten Risiken werden mit den von den verantwortlichen Stellen festgelegten Schutzziele verglichen. Dadurch sollen Schutzdefizite sichtbar gemacht werden. Die Resultate sollen gleichzeitig die Prioritätensetzung für die Massnahmenplanung anhand der Grösse des Risikos erlauben.

#### Phase 3: Massnahmenplanung

Für die in Phase 2 als prioritär erkannten Gefahrenstellen werden Projekte zum Schutz der Nationalstrassen ausgearbeitet. Diese sollen nach Kosten-Nutzen-Verhältnissen beurteilt werden.

### Risikoanalyse

Die Nationalstrassen verlaufen im Kanton Bern über weite Strecken nicht im Siedlungsgebiet, wo schon Gefahrenkarten vorhanden gewesen wären. Deswegen mussten die notwendigen Grundlagen für die *Gefahrenbeurteilung* erstellt werden. So wurden Fachbüros beauftragt, nach vorgegebener Methodik diese Beurteilungen vorzunehmen. Dabei galt ein spezielles Augenmerk den Besonderheiten der Nationalstrassen: So wurden die relevanten Wiederkehrperioden der Gefahrenentstehung um die sehr häufigen Szenarien (1- und 10-Jahre) ergänzt. Weiter galt es, die Nationalstrassen als prozessbeeinflussende Elemente zu berücksichtigen, indem unterschieden wurde, ob ein Prozess oberhalb oder unterhalb der Fahrbahn verläuft und ob er nur eine Fahrriichtung oder beide Fahrriichtungen beeinträchtigt. Das Resultat dieser Beurteilungen waren Intensitätskarten pro Liefergebiet für alle relevanten Wiederkehrperioden. Als einzelne Liefergebiete sind dabei Gebiete der Gefahrenentstehung zu verstehen, die über eine einheitliche Grundvoraussetzung für die Gefahrenentstehung verfügen, also zum Beispiel Lawinenzug A, Murgang B, Steinschlaggebiet C. Ergänzt wurden diese Resultate durch einen Ereigniskataster und einen Schutzbautenkataster. Im Schutzbautenkataster wurden alle bestehenden Schutzmassnahmen mit ihrer Lage, ihrem Zustand und ihrer Funktionsfähigkeit erfasst.

Das Strassennetz der Nationalstrassen und die dazugehörigen Nebenanlagen (Rastplätze und Werkhöfe) bilden zusammen mit den Personen *das Schadenpotenzial*. Es wird charakterisiert durch den durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV), die Fahrgeschwindigkeit, sowie den Wert der Infrastruktur. Ein besonderes Augenmerk galt der Verfügbarkeit der Verkehrswege. Wird ein Strassenabschnitt von einem Naturereignis tangiert, so ist je nach Ereignisintensität mit mehr oder weniger langen Unterbrüchen zu rechnen und der Verkehr muss umgeleitet werden. Die daraus entstehenden längeren Fahrzeiten wurden mit einem Staukostenansatz in Wert gesetzt und flossen so in die Risikoberechnung ein.

Die für die *Risikobestimmung* relevanten Schadensbilder und Berechnungsformeln wurden in der vorgegebenen Methodik definiert (siehe *Abbildung 31*). Die Berechnungen konnten anschliessend nach den Kriterien Autobahnabschnitt, Autobahn-Kilometrierung und Liefergebiet ausgewertet werden (siehe *Abbildung 32*). Auch die Risiken der verschiedenen Schadensbilder konnten ausgewertet werden. So wurde zum Beispiel ersichtlich, dass über das ganze Nationalstrassennetz im Kanton Bern gesehen Schäden aus der Nicht-Verfügbarkeit der Strasse für fast 50 Prozent aller Risiken verantwortlich sind. Die anderen Sachrisiken (Räumung und Wiederherstellung) und die monetarisierten Personenrisiken machen je rund 25 Prozent aus.

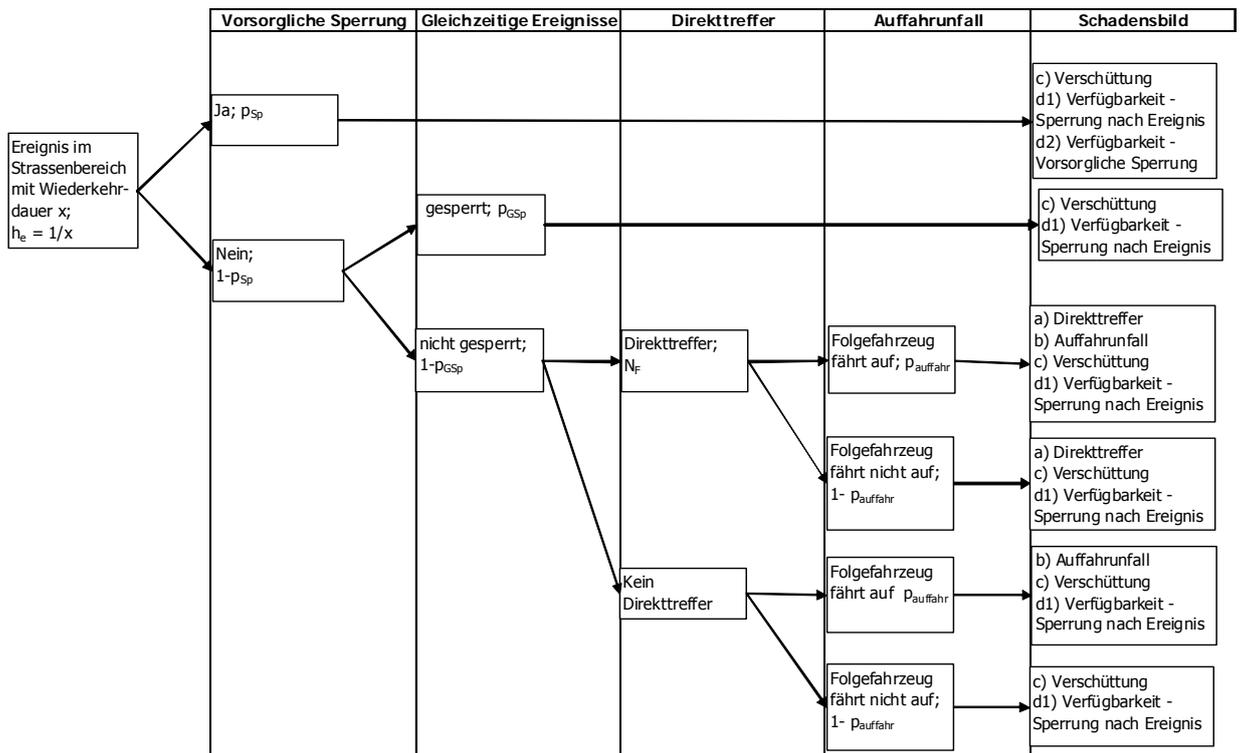


Abbildung 31: Szenarien der Risikoanalyse Naturgefahren Nationalstrassen Kanton Bern (Quelle: Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse, Massnahmenplanung Naturgefahren Nationalstrassen Kanton Bern, 2007).

### Risikobewertung

Die Schutzziele wurden zu Beginn des Projektes durch die Verantwortlichen des Tiefbauamtes des Kantons Bern, unterstützt durch die Begleitgruppe<sup>3</sup> festgelegt. Dabei wurde einerseits eine qualitative Schutzzielmatrix definiert, in welcher vorgegeben wird, ab welcher Intensität und welcher Wiederkehrperiode dass Schutzmassnahmen zu ergreifen oder zumindest zu evaluieren sind.

Andererseits wurde der Grenzwert für das individuelle Personenrisiko für einen Pendler, der eine Strecke zweimal täglich befährt auf  $10^{-5}$  festgelegt.

Die Grenzkosten betragen fünf Millionen Franken. Die zu ergreifenden Schutzmassnahmen sollen ein Kosten-Nutzen-Verhältnis kleiner als eins aufweisen.

<sup>3</sup> Die Begleitgruppe bestand aus Vertretern des Bundesamt für Strassen (ASTRA), des Bundesamt für Umwelt (BAFU, früher BWG), der verschiedenen Oberingenieurkreise im Kanton Bern sowie des Kantonalen Amtes für Wald, Abteilung Naturgefahren.

## Massnahmenplanung

Um Prioritäten für die Massnahmenplanung zu setzen, wurden die Risiken einerseits pro Liefergebiet und andererseits pro normierten Streckenabschnitt beurteilt. Damit kann berücksichtigt werden, dass sich an einem bestimmten Ort Risiken von verschiedenen Liefergebieten überlagern und so dort zu einem grossen Gesamtrisiko führen. Andererseits können insbesondere grossräumig wirkende Prozessräume wie zum Beispiel Überflutungen zu grossen Risiken pro Liefergebiet führen, ohne dass an einem spezifischen Ort sehr hohe Risiken entstehen. In dieser Prioritätenliste wurden 25 Gefahrenstellen als prioritär eingestuft (von insgesamt rund 230 verschiedenen Gefahrenstellen).

Die Umsetzung der Massnahmenplanung wird im Jahre 2008 an die Hand genommen.

Streckenbezogene Darstellung der durch Naturgefahren bedingten Risiken auf der A8:  
km 23.0 - km 26.0

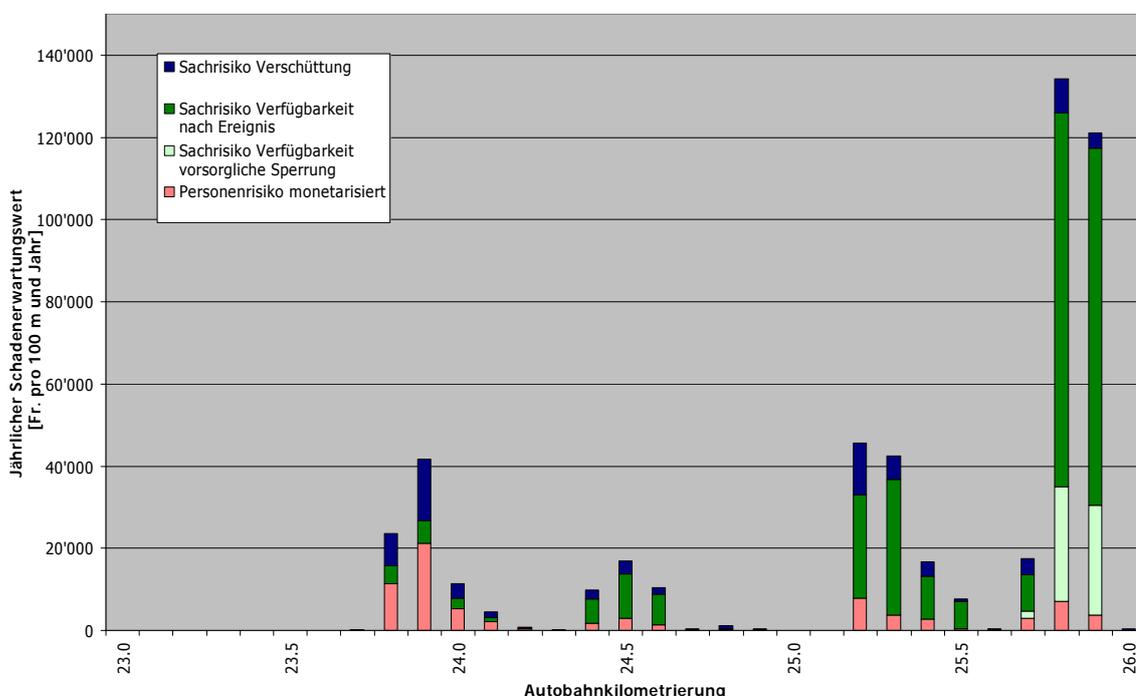


Abbildung 32: Streckenbezogene Darstellung der Risiken infolge Naturgefahren entlang der Nationalstrassen im Kanton Bern (Quelle: Gefahrenbeurteilung, Risikoanalyse, Massnahmenplanung Naturgefahren Nationalstrassen Kanton Bern, 2007).

## Aktueller Stand

Per Ende 2007 waren die Phase 1 – Gefahrenbeurteilung und die Phase 2 – Risikoanalyse im Entwurf abgeschlossen. Die Prioritäten für die Massnahmenplanung sind gesetzt. Mit dem Neuen Finanz- und Aufgabenausgleich zwischen dem Bund und den Kantonen ist auch die Verantwortung für Betrieb und Unterhalt der Nationalstrassen per 1.1.2008 von den Kantonen zum Bund übergegangen. Damit wurde dieses Projekt vom Kanton Bern an die ASTRA Filialen Thun und Estavayer übergeben. Sie sind nun für die Massnahmenplanung und Umsetzung der Massnahmen verantwortlich.

## **Kosten-Nutzen**

Am Anfang des Projektes wurde aufgrund der bestehenden Grundlagen und Befragungen bei den verantwortlichen Stellen festgelegt, für welche Autobahnabschnitte überhaupt eine solch detaillierte Beurteilung notwendig ist. Damit konnten die zu beurteilenden Strecken von insgesamt rund 220 Kilometer Nationalstrassen im Kanton Bern auf rund 80 Kilometer reduziert werden. Die Kosten für die Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse beliefen sich auf rund 10'000 Franken pro beurteilten Autobahnkilometer. Davon entfiel der grösste Teil (rund 95 Prozent) auf die Durchführung der Gefahrenbeurteilung und Risikoanalyse und rund 5 Prozent auf die Ausarbeitung einer angepassten Methodik.

Mit diesem Projekt stehen dem Betreiber vollständige und nach einheitlichen Kriterien erarbeitete Gefahren- und Risikogrundlagen als Basis zur Verfügung.

Das Projekt wurde vollständig durch die Nationalstrassen finanziert, wobei der Kanton 13 Prozent und der Bund 87 Prozent übernahmen.

## **Fazit**

Für dieses Projekt wurde eine sehr umfassende und aufwändige Beurteilung der durch Naturgefahren betroffenen Abschnitte der Nationalstrassen im Kanton Bern vorgenommen. Sie erlaubt den verantwortlichen Stellen, die verursachten Risiken miteinander zu vergleichen und die Mittel in effiziente Massnahmen zu lenken. Auch zukünftige Ereignisse und Neubeurteilungen nach erfolgten Massnahmen können mit diesem Instrument eingeordnet und verglichen werden.

Der Aufwand für die Gefahrenbeurteilungen darf nicht unterschätzt werden. Mit den dabei gestellten Anforderungen sollten aber nicht nur die Grundlagen für die nachfolgende Risikobestimmung geliefert werden, sondern sie sollen auch als Grundlage für die Massnahmenplanung dienen. Weiter stellen Ereignis- und Schutzbautenkataster auch in Zukunft sehr wichtige Instrumente für die verantwortlichen Stellen dar.

## **Akteure**

- Kantonales Tiefbauamt
- Bundesamt für Strassen (ASTRA)
- Linieninfrastrukturverantwortliche
- Ingenieure und Planer

## **Dokumentation**

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Tiefbauamt des Kantons Bern, Abteilung Betrieb und Unterhalt Nationalstrassen, Bern
- Bundesamt für Strassen (ASTRA), Filiale Thun
- IMPULS AG – Wald Landschaft Naturgefahren, Thun

## Sicher Bahn fahren dank betriebseigenem Pflichtenheft



**Risikoanalyse auf der Gotthardstrecke nach dem Pflichtenheft der SBB**

### **Ausgangslage**

Die SBB sehen sich auf ihrem Schienennetz mit vielen Naturgefahren konfrontiert. Ziel der SBB ist es, ihre Mittel dort zu investieren, wo die Risiken am grössten sind und wo der grösste Nutzen erzielt werden kann. In der Vergangenheit genügten viele der eingereichten Schutzprojekte diesen Anforderungen nicht. Zudem konnten die Risiken nicht verglichen werden, da die Risikoanalysen je nach Projektbearbeiter mit unterschiedlichen Szenarien und Parametern durchgeführt wurden. Um die verschiedenen Projekte besser untereinander vergleichen zu können, wurde das Bedürfnis nach einer vergleichbaren und transparenten Methodik immer grösser.

Deshalb beschlossen die SBB, ein Pflichtenheft zur Risikoanalyse, -beurteilung und Massnahmenplanung von gravitativen Naturgefahren ausarbeiten zu lassen, nach welchem sämtliche künftige Projekte abgewickelt werden sollten. Inzwischen wurde diese Methodik auf verschiedenen Strecken angewendet, so zum Beispiel am Gotthard zwischen Biasca und Osogna, wo Stein- und Blockschlag droht. Die Gotthardstrecke ist sowohl für den Güter- wie auch für den Personenverkehr von enormer Bedeutung und die Verfügbarkeit dieser Strecke ist von grosser Wichtigkeit für den internationalen Transitverkehr.

### Ziele

Die SBB möchten die verschiedenen Projekte zum Schutz vor Naturgefahren ökonomisch und sicherheitstechnisch miteinander vergleichen können. Deshalb sollen die Annahmen und Szenarien bezüglich Gefahrenbeurteilung und Schadenpotenzial vereinheitlicht werden. Mit der Ausarbeitung eines Pflichtenheftes möchten die SBB dieses Ziel erreichen. Somit wird eine SBB-interne Transparenz und Nachvollziehbarkeit erreicht und die SBB können ihre Mittel zur Förderung der Verkehrssicherheit gezielt einsetzen.

Der Streckenabschnitt Biasca – Osogna wurde unter Verwendung des SBB-Pflichtenheftes beurteilt.

### Risikoanalyse

#### *Gefahrenbeurteilung*

Die Grundlage für jede Risikoanalyse ist die Gefahrenbeurteilung. Allfällige Fehler übertragen sich auf spätere Berechnungen. Deshalb müssen diese Arbeiten sehr gewissenhaft ausgeführt werden. Das SBB-Pflichtenheft zeigt auf, bei welcher Naturgefahr welche Empfehlung, Richtlinie oder Wegleitung miteinbezogen werden soll. Weiter beschreibt das Pflichtenheft, wie Ereignisanalysen und Wirkungsanalysen durchgeführt werden. Es werden drei Szenarien mit verschiedenen Eintretenswahrscheinlichkeiten definiert: häufige Ereignisse (Wiederkehrperiode < 30 Jahre), mittlere Ereignisse (Wiederkehrperiode 30 – 100 Jahre) und seltene Ereignisse (Wiederkehrperiode 100 – 300 Jahre). Für diese Szenarien werden mit Berechnungen oder Simulationen die räumliche Ausbreitung und die Intensitäten bestimmt und in Form von Intensitätskarten dargestellt.

#### *Schadenpotenzial*

Die möglichen Schadensszenarien sind im Pflichtenheft festgelegt (siehe *Abbildung 33*). Auch für die Bestimmung des Schadenausmasses liefert das Pflichtenheft klare Ansätze oder Formeln, wie mögliche Schäden zu quantifizieren sind.

Für die Bahnlinie Biasca – Osogna ermittelte man die Anzahl Züge pro Tag, aufgeteilt in Güter- und Personenzüge. Weiter wurden Daten wie Personen pro Zug und die Länge der Züge erfasst. Als weiteres Schadenbild musste für die Strecke ermittelt werden, welche Kosten durch eine nicht verfügbare Strecke entstehen würde. Die Kosten für einen Betriebsunterbruch und somit die Verfügbarkeit der Strecke müssen streckenspezifisch festgelegt werden, da sie je nach Bedeutung der Bahnlinie stark variieren. Das Pflichtenheft liefert Richtwerte und ein Berechnungsverfahren dazu.

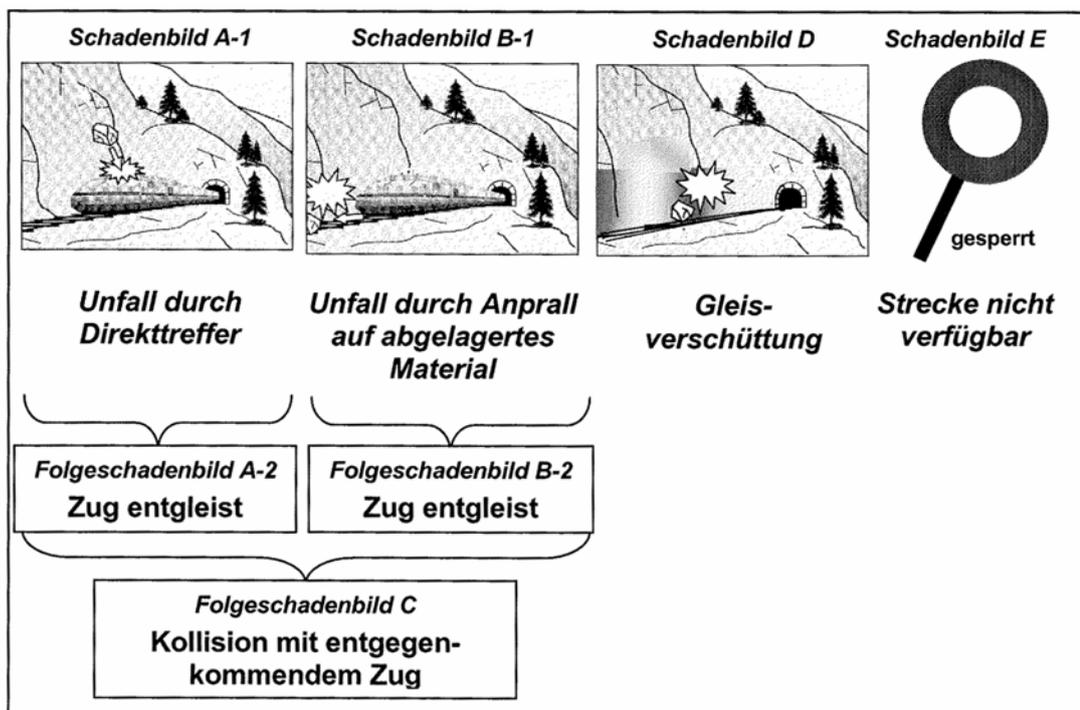


Abbildung 33: Verschiedene in der Risikoanalyse zu betrachtende Schadenbilder (Quelle: Pflichtenheft Risikoanalysen Naturgefahren SBB, 2005).

#### Risikobestimmung

Die Risikobestimmung erfolgte nach den Vorgaben des SBB-Pflichtenheftes. Diese beinhaltet auch ein Berechnungstool, das aufgrund der Gefahrenbeurteilung und des erhobenen Schadenpotenzials die Personen- und Sachrisiken an den betrachteten Gefahrenstellen sowie über den gesamten Streckenabschnitt berechnet (siehe *Abbildung 34*).

Weiter liefert das Berechnungstool auch Angaben dazu, welches Schadensbild in welchem Ausmass zum Gesamtrisiko beiträgt. So wurde im vorliegenden Beispiel erkannt, dass das Schadensbild „Unfall durch Anprall auf abgelagertes Material“ einen grossen Anteil am Gesamtrisiko ausmacht.

Mit diesen Resultaten war es möglich, Schwerpunkte für die Massnahmenplanung und die Art der möglichen Massnahmen zu erkennen.

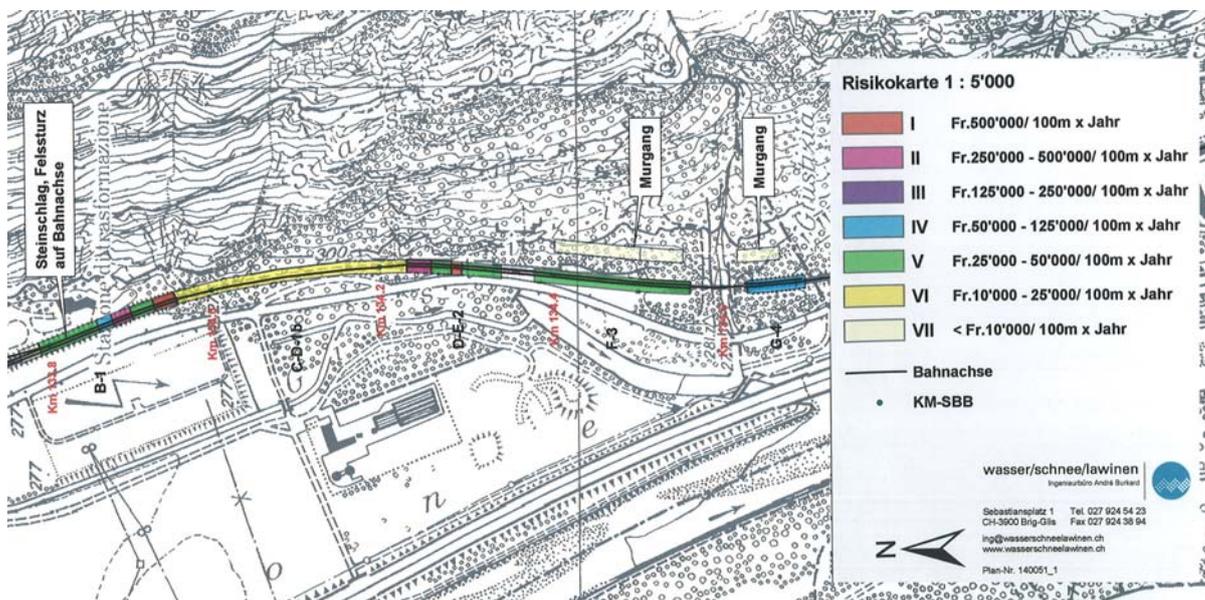


Abbildung 34: Risikokarte mit dem erwarteten jährlichen Schaden, der durch Naturgefahren verursacht werden kann. Der Geldbetrag versteht sich für eine Gleislänge von 100 Meter (Quelle: Risikobeurteilung Giustizia, km 133.764-135.660, 2005).

### Risikobewertung

Als sicher wird eine Strecke dann betrachtet, wenn alle kostenwirksamen Massnahmen getroffen worden sind. Für die SBB ist eine Massnahme dann kostenwirksam, wenn mit Sicherheitsinvestitionen von weniger als 10 Millionen Franken ein Todesfall verhindert werden kann. Die Kostenwirksamkeit war auch im Beispiel der Strecke Biasca – Osogna die wichtigste Zielvorgabe.

Ein weiteres Argument im vorliegenden Projekt war die Streckenverfügbarkeit, welche bei der Gotthardlinie von grosser Bedeutung ist.

### Massnahmenplanung

Die Massnahmenplanung als solche wird im Pflichtenheft der SBB nicht beschrieben, da es an jeder Gefahrenstelle individuelle Lösungsansätze braucht. Das Berechnungstool erlaubt aber die Berechnung der Kosten-Wirksamkeit von Verbauungsvarianten.

Für die Vorstudie Biasca – Osogna wurden für jede Gefahrenstelle verschiedene Schutzmassnahmen oder Kombinationen von Massnahmen erarbeitet und die Kosten dafür abgeschätzt. Weiter wurde die Schutzwirkung jeder Massnahme beurteilt. Aus diesen beiden Angaben konnte die Kostenwirksamkeit ermittelt werden. Daraus ging hervor, dass über den ganzen Abschnitt betrachtet eine Kombination von Dämmen und Netzen mit einem Alarmsystem die beste Kostenwirksamkeit erzielt. Das Alarmsystem wird in Schutznetze oder Zäune eingebaut und bewirkt, dass Ereignisse registriert werden, die aufgrund der Sprunghöhe oder der Sturzenergie die Schutzbauten überspringen oder zerstören. Es ist vorgesehen, mit der Alarmauslösung die Fahrleitung zu unterbrechen, damit die Züge angehalten werden. Dadurch wird das Schadensbild „Unfall durch Anprall auf abgelagertes Material“ verhindert.

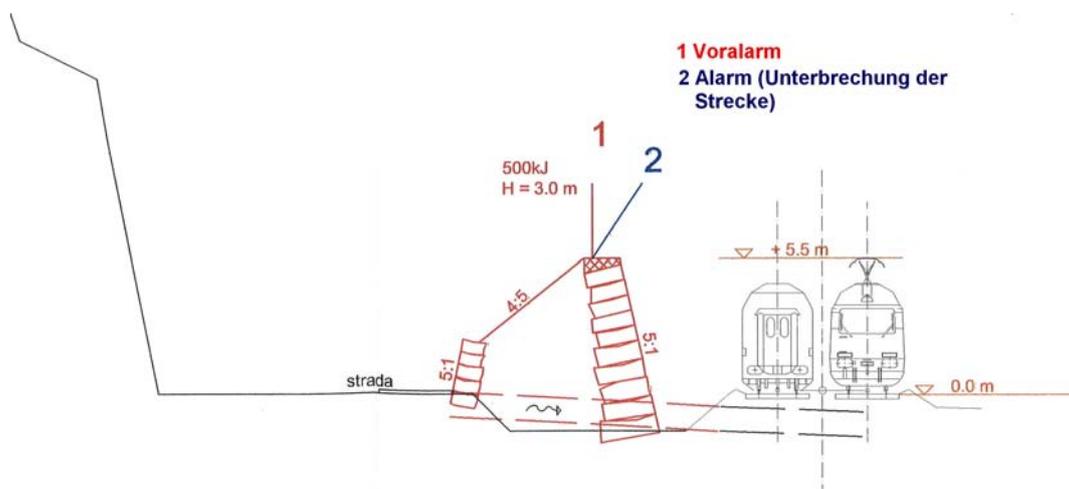


Abbildung 35: Bauliche Massnahme an der Bahnlinie zum Schutz vor Stein- und Blockschlag. Auf Grund der guten Kostenwirksamkeit hat man sich für eine elektronische Überwachung der Schutzbauten, entschieden. Bei einem Ereignis, das den Schutzdamm überspringt oder überrollt wird Alarm ausgelöst und der Zugverkehr gestoppt (Quelle: Vorstudie Steinschlagschutz Biasca – Osogna, 2005).

### Aktueller Stand

Vorstudie und Vorprojekt für den Steinschlagschutz der SBB-Linie Biasca – Osogna wurden beim Kanton eingereicht. Im Winter 2008/2009 werden das Plangenehmigungsverfahren, das Bauprojekt und die Submission durchgeführt. Die Bauarbeiten sind für die Jahre 2009 bis 2011 geplant.

### Kosten-Nutzen

Die Kosten für das Pflichtenheft betragen 150'000 bis 200'000 Franken und wurden vollumfänglich von den SBB aufgebracht. Sie haben damit ein Instrument in der Hand, das die gestellten Anforderungen erfüllt

Die Schutzmassnahmen auf der Strecke Biasca – Osogna werden voraussichtlich Kosten von rund 4,5 Millionen Franken verursachen. Die Kostenwirksamkeit für diese Verbauungsmassnahmen zusammen beträgt 2,7 Millionen Franken pro statistisch verhinderten Todesfall. Dank dem Pflichtenheft können die SBB diese nun mit anderen geplanten Schutzmassnahmen vergleichen und allenfalls Prioritäten setzen. Voraussichtlich werden Bund und Kanton 50 Prozent der Projektkosten für die Schutzmassnahmen übernehmen. Der restliche Betrag wird von den SBB getragen.

### Fazit

Die SBB sind in der ganzen Schweiz tätig und vergibt ihre Aufträge im Bereich Naturgefahren verschiedenen Ingenieurbüros. Wenn sie vergleichbare Risikoanalysen durchführen lassen möchte, muss sie sehr präzise Angaben über die Vorgehensweise und die notwendigen Parameter machen. Dies geschieht anhand des Pflichtenheftes. So lassen sich die verschiedenen Gefahrenstellen und die berechneten Risiken untereinander vergleichen. Damit kann die SBB bei der Umsetzung der Schutzmassnahmen Prioritäten setzen. Allerdings kann es vorkommen,

dass mit den gegebenen Parametern und dem vorgegebenen Berechnungstool ortspezifische Gegebenheiten nicht berücksichtigt werden können.

Da die Risikoanalyse, Risikobewertung und die Massnahmenplanung in einem Projekt durchgeführt werden, ist auch garantiert, dass die Erkenntnisse aus der Risikoanalyse direkt in die Massnahmenplanung einfließen. Es kann aber vorkommen, dass gewisse Besonderheiten eines Projektes nicht in das Berechnungstool der SBB integriert werden können.

Zu empfehlen ist dieser Ansatz bei Institutionen, die eine Vielzahl von Risikoanalysen durchführen und eine Vergleichbarkeit dieser Projekte von Bedeutung ist.

#### **Akteure**

- SBB AG
- Infrastrukturverantwortliche
- Ingenieure und Planer

#### **Dokumentation**

- SBB AG, 2005: Pflichtenheft Risikoanalysen Naturgefahren SBB.
- FAN-Agenda, 1/2007: Überwachung von bestehenden Schutzbauten.

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- SBB AG, Infrastruktur, Naturgefahren, Luzern
- Ufficio forestale del 2° circondario, Biasca
- wasser/schnee/lawinen Ingenieurbüro, Brig – Glis
- Passera Pedretti & Partners Ltd, Consulting Engineers, Biasca
- Louis Ingenieurgeologie, Weggis

## Wenn Chemieanlagen unter Wasser stehen



**Störfälle und  
Naturgefahren**

### **Ausgangslage**

Einige Industrie- und Gewerbebetriebe, die mit umweltgefährdenden Stoffen arbeiten, stehen in Gefahrenzonen. Ohne ausreichende Schutzmassnahmen droht hier bei Hochwasser, Felsstürzen, Erdbeben oder anderen Gefahrenprozessen zusätzlich eine Freisetzung von schädlichen Chemikalien. Dies stellt besondere Anforderungen an das Risikomanagement bei solchen Anlagen.

Diese Problematik wurde auch anlässlich der Hochwasser 2005 wieder deutlich, als bei Schattdorf im Urner Reusstal das Hochwasser rund 200 Betriebe unter Wasser setzte, darunter eine Gummifabrik und das Areal der RUAG. Tagelang musste nachher mit Chemikalien und Öl verseuchter Schlamm abgepumpt und entsorgt werden. Es hätte aber auch noch viel schlimmer kommen können, wenn Fässer mit besonders giftigen Substanzen geplatzt wären oder nicht rechtzeitig hätten in Sicherheit gebracht werden können.

Vor diesem Hintergrund ist einerseits der Bund gefordert, der für die Umsetzung der Störfallverordnung verantwortlich ist. Andererseits liegt es in der Verantwortung jedes einzelnen Betriebes, mit einem angepassten Risikomanagement die Folgen solcher Ereignisse möglichst klein zu halten. Besonders anspruchsvoll ist dies, wenn wie im Beispiel der Lonza in Visp, das im Folgenden eingehender dargestellt wird, Hochwasser und Erdbeben gleichzeitig die Anlagen gefährden.

### **Ziele**

Naturgefahren gehören zu den Standardszenarien, die im Rahmen einer Störfalluntersuchung berücksichtigt werden müssen. Ziel aller Beteiligten ist es, Störfälle ausgelöst durch Naturgefahren zu verhindern. Dies nicht nur, um Bevölkerung und Umwelt im Falle eines Ereignisses

zu schützen. Schutzmassnahmen haben meist auch eine starke betriebswirtschaftliche Komponente, weil diese auch den Betrieb schützen und somit kostspielige Schäden und lang dauernde Betriebsunterbrüche verhindern

### **Risikoanalyse**

Die Lonza in Visp gehört hierzulande zu den grössten Chemieanlagen mit rund 3'000 Angestellten. Das Werk in Visp steht am Rande der Stadt. Im Norden wird das Firmengelände durch die Rhone durchschnitten und im Westen grenzt es fast an die Vispa, welche aus dem Saas- und Mattertal bei Visp in die Rhone mündet. Diese beiden Flüsse haben in der Vergangenheit immer wieder zu kritischen Situationen bei der Lonza geführt. Aufgrund der Hochwasser 1993 führte die Lonza eine Gefahren- und Risikoanalyse durch. Dabei wurden über das ganze Werk die maximalen Überflutungshöhen bestimmt. Im Rahmen der nun laufenden dritten Rhonekorrektur wurde die Gefahrensituation entlang der ganzen Rhone und somit auch bei der Lonza in Visp noch einmal detailliert beurteilt.

Der Standort in Visp ist aber nicht nur durch Hochwasser gefährdet sondern auch durch Erdbeben. Das Oberwallis gehört zu denjenigen Gebieten in der Schweiz, die am stärksten erdbebengefährdet sind. Das hängt einerseits mit der tektonischen Situation zusammen und andererseits mit der Talfüllung aus wenig verdichteten Fluss- und Seeablagerungen. Diese ist am Standort der Lonza rund 100 Meter mächtig, was eine höhere Erdbebengefährdung als im regionalen Durchschnitt verursacht. Bereits im Jahr 1993 überprüfte die Lonza ihren Standort in Visp auf mögliche Erdbebenrisiken hin. 1999 wurde eine weitere Untersuchung zur Gefahr einer möglichen Bodenverflüssigung im Falle eines Erdbebens in Auftrag gegeben. Die seit wenigen Jahren bestehende spektrale Mikrozonierung der Baugrundklassen der Region Visp, welche eine Art Gefahrenkarte für Erdbeben darstellt, bildet für die Lonza heute eine weitere Gefahrengrundlage, die zur Abschätzung des Erdbebenrisikos und zur Dimensionierung von Massnahmen dient.

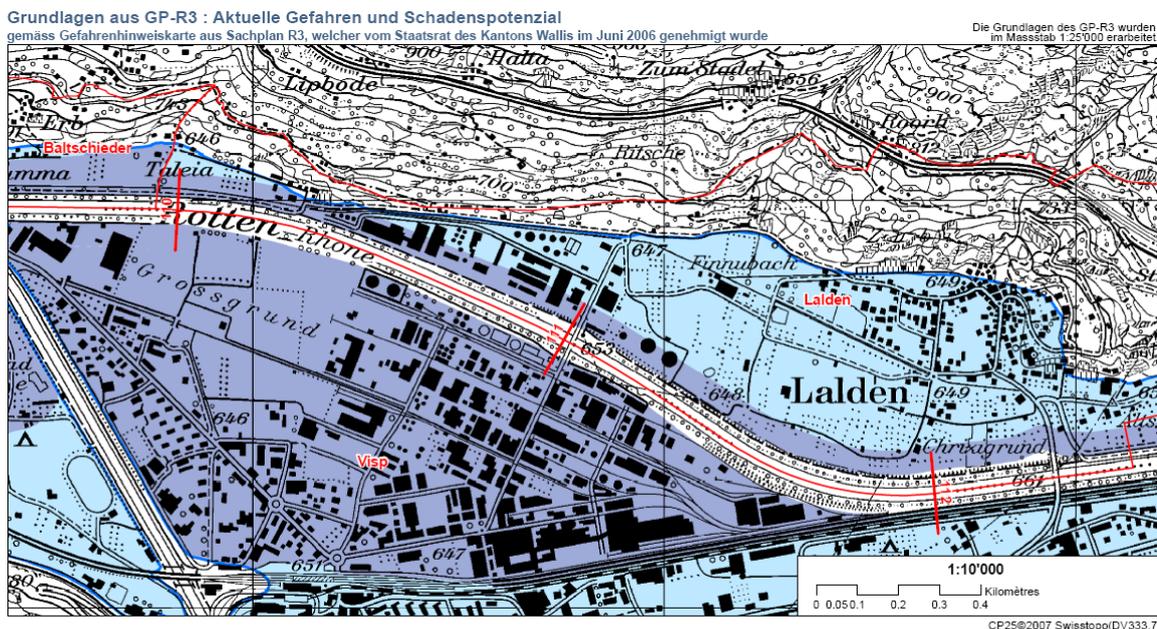


Abbildung 36: Ausschnitt aus der Gefahrenhinweiskarte als Grundlage für die dritte Rhonekorrektur (Quelle: Generelles Projekt der dritten Rhonekorrektur, GP-R3, 2006).

## Risikobewertung

Die Verantwortlichen der Lonza haben festgelegt, dass Wasser in den Produktionsanlagen bei laufendem Betrieb nicht akzeptabel ist. Dazu kommt, dass im Falle eines Wassereintruchs in das Werk ganz Visp davon betroffen wäre. Das Schutzziel für den Hochwasserschutz wird also nicht nur durch die betrieblichen Bedürfnisse vorgegeben sondern auch aus Sicht der Stadtbehörden und des Kantons, welche für den Schutz der Bevölkerung vor Naturgefahren zuständig sind.

Im Rahmen der dritten Rhonekorrektur wurden ebenfalls Schutzziele definiert, die nicht nur den Hochwasserschutz betreffen, sondern auch Wirtschaft und Umwelt miteinbeziehen. Hinsichtlich der Erdbebengefährdung orientiert sich die Lonza heute einerseits an der Norm SIA 261, welche Vorgaben zur Dimensionierung macht. Weiter liefert die Störfallverordnung Vorgaben zum maximal zulässigen Ausmass von Gefahrenprozessen in Abhängigkeit der Eintretenswahrscheinlichkeit. Damit ist definiert, wie selten wie viel eines gefährlichen Stoffes überhaupt austreten darf, was wiederum Einfluss auf die Dimensionierung von Bauten hat.

## Massnahmenplanung

### Bauliche Hochwasserschutzmassnahmen

Aufgrund der Hochwasser-Ereignisse 1993 und der anschliessend durchgeführten Risikoanalyse wurden die effizientesten Massnahmen identifiziert. So wurde der Rhonedamm erhöht. Diese Massnahme erwies sich bereits beim Hochwasser im Jahre 2000 als sehr nützlich, weil damals die Hochwasserkote nur 20 Zentimeter unter der neuen Dammkrone lag. Diese Massnahme musste mit dem Kanton abgesprochen werden, da dadurch Unterlieger nicht verstärkt

gefährdet werden durften. Aufgrund der Ereignisse im Jahre 2000 wurden die Dämme anschliessend nochmals erhöht und verstärkt. Im Rahmen der dritten Rhonekorrektur werden ab 2008 die Dämme verstärkt aber nicht erhöht und die Abflusskapazität durch Abtiefung der Sohle erhöht werden. Eine Verbreiterung der Rhone im Bereich des Firmengeländes wie sonst an vielen Orten im Rahmen der Rhonekorrektur vorgesehen ist nicht möglich, da heute die bestehenden Produktionsanlagen bis praktisch an die bestehenden Dämme stossen.

#### *Betriebliches Hochwasserschutzkonzept*

Weil jeder bauliche Schutz seine Grenzen hat, braucht es daneben weitere organisatorische und technische Massnahmen. So verfügt die Lonza über eine ständig besetzte Alarmzentrale, die unter anderem die Wetterentwicklung in den Einzugsgebieten sowie die Pegel der Rhone und der Vispa beobachtet. Erreicht die Rhone einen Pegelstand von 2,4 Meter, wird der Ereignisstab zu einer detaillierten Situationsanalyse einberufen. Bei Pegel 2,6 Meter wird Hochwasseralarm ausgelöst. Steigt der Pegel um weitere 20 Zentimeter, wird die Produktion heruntergefahren und das Werk gesichert. Dies beansprucht rund elf Stunden. Vielfach ergeben sich aber schon weit vor einer akuten Hochwassergefahr Probleme für den Betrieb, da das Kühlwasser aus der Rhone zu viel Sedimente mit sich führt und deswegen die Produktion gedrosselt werden muss. In den verbleibenden elf Stunden werden zum Beispiel Lagertanks gegen Aufschwimmen und Losreissen gesichert und bewegliche Güter wie Bahnkesselwagen abtransportiert. Zwei Stunden vor einer drohenden Überflutung wird die Evakuierung des Werkpersonals eingeleitet.

#### *Erdbebensicherheit*

Hinsichtlich Erdbebengefährdung mussten aufgrund der Risikoanalyse einige Chemieanlagen aus den 1970er- und 1980er-Jahren verstärkt werden. So erhielten beispielsweise die Stützpfeiler eines Kugeltanks mit Flüssiggas ein Stahlkorsett und die Betonsäulen eines Ammoniak-Kugeltanks wurden mit Hartgummipuffern versehen, um Schwingungen besser widerstehen zu können.

Die Kombination von Erdbeben- und Hochwassergefährdung zwang die Verantwortlichen aber auch, zum Teil neue Wege zu gehen. So musste das Hochregallager umorganisiert werden, der Verteiler der Notstromgruppe für den Ereignisfall darf weder ebenerdig oder im Keller untergebracht sein und muss trotzdem erdbebensicher sein.



*Abbildung 37: Das blaue Stahlgerüst schützt den Flüssiggastank zusätzlich vor den Einwirkungen von Erdbeben (Quelle: Lonza AG, Ereignisdienste).*

### **Aktueller Stand**

Innerhalb der Lonza ist die laufende Überprüfung der Risiken und der daraus erforderlichen organisatorischen und technischen Massnahmen Teil des betriebsinternen Risiko-Managements. Innerhalb davon werden auch die Risiken ausgelöst durch Naturgefahren oder Störfälle periodisch überprüft.

Bezüglich Hochwasserschutz ist das Generelle Projekt der dritten Rhonekorrektur in Arbeit. Da die Hochwasser-Situation in Visp mit dem sehr grossen Schadenpotenzial besonders vorrangig war, haben hier 2008 die Sanierungsarbeiten bereits begonnen.

### **Kosten-Nutzen**

Die Kosten für die von der Lonza durchgeführten Risikoanalyse wie auch die Kosten für die betriebsinternen Massnahmen können nicht genau beziffert werden. Im Vergleich zu den möglichen Schäden sind sie sicher sehr gering. Dies gilt auch für die Kosten für die innerbetrieblichen Massnahmen.

Dank der durchgeführten Untersuchungen verfügte die Lonza über die notwendigen Grundlagen, um das betrieblich Hochwasserschutzkonzept auszuarbeiten und die notwendigen Massnahmen zum Schutz vor Erdbeben zu realisieren.

Die baulichen Hochwasserschutzmassnahmen an den Dämmen werden durch Bund und Kanton finanziert, weil das Wohngebiet von Visp in erheblichem Mass davon profitiert.

### **Fazit**

Gewisse Standorte von Industriebetrieben stehen aus Sicht Naturgefahren an ungünstigen Standorten. Dies gilt nicht nur für Betriebe, die der Störfallverordnung unterliegen, sondern ganz allgemein. Das hängt unter anderem damit zusammen, dass gerade Chemiewerke sich zu Beginn der Industrialisierung in der Nähe von grösseren Gewässern angesiedelt haben, weil sie Kühlwasser in grossen Mengen benötigen und früher belastete Abwässer auf einfache Wiese entsorgen konnten. Der Standort der Lonza in Visp war zudem vor der ersten Rhonekorrektur Sumpfgebiet, was hinsichtlich der Erdbebengefährdung besonders problematisch ist. Dieses Beispiel soll auch für Betriebe, die nicht der Störfallverordnung unterliegen Vorbildcharakter haben.

Das Beispiel zeigt, dass es neben baulichen Massnahmen der öffentlichen Hand vielfach massgeschneiderte organisatorische und technische Massnahmen auf betrieblicher Ebene braucht, die ganz gezielt Risiken reduzieren. Das Beispiel zeigt aber auch auf, dass ein Betrieb wie die Lonza die Risiken nicht nur aus betrieblicher Sicht analysieren und bewerten kann, sondern dass sie gerade im Hochwasserschutz eingebettet ist in ein Gesamtsystem, in welchem es auch übergeordnete Schutzziele zu beachten gilt.

### **Akteure**

- Industriebetriebe
- Bundesamt für Umwelt (BAFU)
- Departement für Verkehr, Bau und Umwelt des Kantons
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- Umwelt 2/07: Wenn Chemikalienlager unter Wasser stehen. p45-48.
- [www.vs.ch/rhone](http://www.vs.ch/rhone)
- Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), 1991: Handbuch I zur Störfallverordnung StFV.
- Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), 2004: Verfahren zur Erstellung und Verwendung von Mikrozonierungsstudien in der Schweiz.

Diese Institutionen haben an diesem Projekt mitgewirkt und wertvolle Informationen geliefert:

- Lonza AG, Visp, Ereignisdienste
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Störfall- und Erdbebenvorsorge
- Departement für Verkehr, Bau und Umwelt, Rhoneprojekt
- Departement für Verkehr, Bau und Umwelt, Dienststelle für Umweltschutz

## Hagel in der Landwirtschaft – Schutz oder Versicherung?



**Aktiv oder passiv  
reagieren?**

### **Ausgangslage**

Die Landwirtschaft ist Hagelzügen mehr oder weniger schutzlos ausgeliefert, auch wenn eine Warnung rechtzeitig erfolgt. Die Hagelschäden können für einen Obstbauern immens und auf die Dauer kaum zu verkraften sein. Die Verwendung von Hagelnetzen ist eine umstrittene, aber insbesondere im Obstbau meist die einzige Möglichkeit, eine Kultur vor Hagelschlag zu schützen, denn ein Obstbetrieb kann im Markt nur überleben, wenn Obst verkauft oder weiterverwertet werden kann.

**Versicherung:** Die Hagelversicherung ist vor allem auf schwere Hagelereignisse ausgerichtet. Mit dem Selbstbehalt und einer generellen Obergrenze von 80 Prozent deckt die Hagelversicherung nicht die gesamte Schadenssumme ab, was bei kleinen Schäden nur zu sehr geringen Auszahlungsbeiträgen führt. Damit der Prämienatz im Folgejahr nicht höher eingestuft wird, werden die Auszahlungen meist nicht beansprucht. Dadurch muss der Obstbauer leichte Schäden oft selber tragen.

**Hagelnetze:** Die Investitionen in Hagelnetze liegen gemäss Auskunft des Kompetenzzentrums Obstbau-Bodensee meist über der Versicherungsprämie. Dafür sind Kulturen durch Hagelnetze praktisch vollständig geschützt, die Ernte wird nicht beeinträchtigt und es entstehen keine Schäden am Holz.

Untersuchungen der Forschungsanstalt Wädenswil haben ergeben, dass die reduzierte Belichtung die Fruchtqualität kaum beeinflusst, jedoch eine Verzögerung bei der Farbbildung und der Reifung hervorrufen kann. Hagelnetze schützen auch vor Holzschäden, was die Verbreitung des heute gefürchteten Feuerbrandbakteriums vermindert. Unter dem Hagelnetz entwickelt sich zudem ein ausgeglichenes Mikroklima, wodurch sich seltener Frost bilden kann. Einer unerwarteten Schneelast halten Hagelnetze aber kaum stand.

### Ziele

Im vorliegenden Beispiel wird dargestellt, wie ein Obstbauer mittels Hagelnetzen seine Obstkultur gegen Hagelschäden schützt, welche Investitionen er tätigen musste, welche Erfahrungen er im Umgang mit Hagelnetzen gemacht hat und welches die kritischen Punkte sind, die beachtet werden müssen.

### Risiko

Innerhalb weniger Minuten können die Erträge eines Obstbaubetriebs durch ein Hagelunwetter teilweise oder komplett zerstört werden. Gemäss Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee kann je nach Schadensintensität und Wert des Obstes der Schaden auf einem 10 Hektar grossen Obstbetrieb rund 8'000 Franken pro Hektare oder 80'000 Franken pro Betrieb betragen. Ein Obstbauer aus Rüti bei Zürich bestätigt, dass ihm nach jedem Ereignis auch wichtige Kunden abspringen.



Abbildung 38: Mit Hagel gefüllte Hagelnetze (Quelle: Obstbaubetrieb, Rüti bei Zürich)

### Massnahmen

Der Obstbauer in Rüti bei Zürich bewirtschaftet einen Betrieb von 4,5 Hektaren mit rund 8'100 Bäumen verschiedenster Obstsorten nach den Richtlinien der Integrierten Produktion. Früher musste er nach jedem grösseren Hagelereignis mit bis zu 80 Prozent Ernteausschlag rechnen, was einen Verlust von bis zu 50'000 Franken pro Jahr ausmachte.

Die Hagelversicherungsprämie erhöht sich nach jeder Schadensmeldung um bis zu 10 Prozent pro Jahr. Dazu muss ein Obstbauer, je nach Obstklasse, einen Selbstbehalt von 13 – 32 Prozent aufwerfen. Die Versicherungsprämie für Hagelschäden stieg für den Bauern in diesem Beispiel so stark, dass er Alternativen prüfen musste.

Die Installation eines Hagelnetzes kostete ihn rund 40'000 Franken pro Hektare, was für seinen Betrieb 180'000 Franken ausmachte. Diese Kosten sind abhängig von der Anzahl und der Länge der zu überspannenden Baumreihen, der Baumdichte, der Breite der Fahrspur, der Grösse der Plantage und der Art der Frucht.

Seit 10 Jahren verwendet der Obstbauer nun Hagelnetze zum Schutz vor Hagelschäden. Die hohen Investitionen haben sich gelohnt. Das Netz wird während oder nach der Blütezeit aufgespannt und nur im Winter zusammengerollt. Pro Jahr muss er rund 20 bis 30 Arbeitsstunden für das Auf- und Zurollen und die Wartung des Netzes einplanen. Dank den Hagelnetzen spart er nun die Versicherungsprämie und kann dennoch Obst verkaufen.

### Aktueller Stand

Gemäss Auskunft des oben erwähnten Obstbauern ist die Nachfrage nach Hagelnetzen in seiner Umgebung in den letzten Jahren deutlich angestiegen, insbesondere bei Obstbauern. Allerdings ist die Skepsis gegenüber den Hagelnetzen in Umweltschutzkreisen gross. Aspekte wie mangelnde Eingliederung in das Landschaftsbild und Verletzungsgefahr von Vögeln sind aus Sicht des Obstbauern aber unbegründet.

Die Verwendung von Hagelnetzen wird jedoch dadurch erschwert, dass an einigen Orten für das Aufstellen eines Hagelnetzes eine Baubewilligung notwendig ist.



Abbildung 39: Schwarze und weisse Hagelnetze in der Landschaft (Quelle: [www.frustar.com](http://www.frustar.com)).

### Kosten-Nutzen

Die Bruttoversicherungsprämie für einen Obstbauer mit 4,5 Hektaren Obst in der Ostschweiz und einer Versicherungssumme von 25'000 Franken pro Hektare kostet jährlich rund 19'800 Franken. Als Neuversicherter bezahlt der Bauer im ersten Jahr 80 Prozent, folglich 15'850 Franken. Nach zwei schadensfreien Jahren sinkt die Prämie um 10 Prozent bis minimal 60 Prozent. Hat ein Bauer in einem Jahr Schaden zu beklagen, steigt die Prämie um 10 Prozent bis maximal 120 Prozent der Bruttoversicherungsprämie. Die Versicherungsprämie eines Hagelnetzes (inkl. Kultur) für die gleiche Fläche in dieser Region beträgt jährlich rund 7'020 Franken. Das Aufstellen eines Hagelnetzes kostet rund 30 - 40'000 Franken pro Hektare.

Das folgende Beispiel zeigt den entsprechenden Vergleich der Kosten für Hagelnetz beziehungsweise Versicherung. Nicht berücksichtigt sind die Versicherung des Fruchtholzes sowie Arbeits- und Wartungskosten des Hagelnetzes:

	1. Jahr in CHF	2. Jahr in CHF	3. Jahr in CHF	4. Jahr in CHF	5. Jahr in CHF	6. Jahr in CHF	7. Jahr in CHF	8. Jahr in CHF	9. Jahr in CHF	10. Jahr in CHF	Total in CHF
Hageler- eignis mit Schäden	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein	
Selbstbe- halt von 10 Pro- zent	0	11'250	11'250	0	11'250	0	11'250	11'250	11'250	0	67'500
Hagelver- siche- rungsprä- mie für 4.5 ha	15'850	15'850	17'820	19'800	19'800	21'780	21'780	23'760	23'760	23'760	203'960
<b>Total Versiche- rung + Schaden- anteil</b>											<b>271'460</b>
Installati- on Hagel- netz und Versiche- rungsprä- mie Netz und Kultur	180'000 + 7'020	7'020	7'895	7'895	7'895	7'895	7'895	8'775	8'775	8'775	259'840
Schaden trotz Hagelnetz	0	5'000	5'000	0	0	0	5'000	0	0	0	15'000
<b>Total Hagel- netz + Versiche- rung + Schaden</b>											<b>274'840</b>

Die Verordnung über die Strukturverbesserungen in der Landwirtschaft (SVV) erlaubt zudem Investitionskredite für die Erstellung von Hagelnetzen in der Höhe von bis zu 50 Prozent der anrechenbaren Kosten. Damit wird auch von dieser Seite ein Anreiz zur risikoorientierten Lösung geschaffen.

### Fazit

Die Kosten-Nutzenüberlegungen werden für jeden Betrieb je nach Grösse des Betriebs, der Hagelgefährdung und dem Erlös sehr unterschiedlich ausfallen. Je länger der betrachtete Zeitraum ausfällt, desto eher lohnt sich die Investition. Weiter hängt die Berechnung sehr stark davon ab, wie gross die Schäden trotz Hagelnetzen angenommen werden. Ein Faktor, der nicht in die Berechnung einfließt aber in jedem Fall berücksichtigt werden sollte, ist die Gewichtung möglicher Kundenverluste, wenn in einem Jahr mit Hagel nicht oder nicht genügend geliefert werden kann. Weitere Vorteile der Hagelnetze wie verminderte Hagelschäden am Holz und ein ausgeglichenes Mikroklima wurden im Beispiel ebenfalls nicht weiter quantifiziert.

Im Fall des erwähnten Obstbauers aus dem Zürcher Oberland hat sich der Einsatz des Hagelnetzes im Umgang mit Hagelereignissen als gute Lösung erwiesen. Er kann seine Kunden jedes Jahr mit Obst beliefern und die psychische Belastung fällt weg. Dieselben Argumente können aber nicht eins zu eins auf andere Betriebe übertragen werden.

## **Ausblick**

Hagelnetze können beispielsweise auch zum Schutz von anderen Kulturen, zum Beispiel Erdbeeren verwendet werden. In Kulturen mit flach verlegten Hagelnetzen konnte der Ernteverluste dadurch deutlich verringert werden. Im Rebbau werden Hagelnetze auch zum Schutz vor Vögeln und dem Befall mit Fauler Mehltau verwendet.

Hagelnetze finden aber nicht nur in der Landwirtschaft Verwendung. Sie werden auch für Autoausstellplätze bei Garagen, Autoumschlagplätze, kleinere Autoabstellplätze und für Freiluftverkaufsflächen verkauft.

## **Akteure**

- Landwirtschaftsbetriebe
- Kantonale Landwirtschaftsämter
- Bundesamt für Landwirtschaft
- Autohändler
- Versicherungen

## **Dokumentation**

- Institut für Ökologie und Naturschutz der Universität Wien, 2002: Ökophysiologische Untersuchungen zur Wirkung von Hagelnetzen auf Mikroklima, Wasserhaushalt und Produktion in einer Apfelanlage. Projektbericht Teil 1. Kurzfassung, Freie Universität Bozen, Land und Forstwirtschaftliches Versuchszentrum, Laimburg 2002.
- Kantonale Fachstelle für Obstbau der Kantone Luzern, Zug und Schwyz: Anbauempfehlung für die Zentralschweiz. Erarbeitet und herausgegeben von Landwirtschaft und Wald (law) Abteilung Landwirtschaft Fachbereich Strukturverbesserung und Produktion in Sursee.
- Büchele, M., Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee (KOB): Strategien zur Existenzsicherung gegen Hagelschäden im Obstbau.

Folgende Institutionen haben wertvolle Informationen geliefert:

- Oswald Obstbau, Rüti bei Zürich, [www.oswald-obstbau.ch](http://www.oswald-obstbau.ch)
- Schweizerische Hagel-Versicherungs-Gesellschaft, [www.hagel.ch](http://www.hagel.ch)
- Fachstelle Obstbau Strickhof, Wülflingen, [www.strickhof.ch](http://www.strickhof.ch)
- Kompetenzzentrum Obstbau-Bodensee, argoscope FAW Wädenswil, [www.agroscope.ch](http://www.agroscope.ch)

## Klassifikation von Bauprodukten



**Resistente Produkte fördern**

### Ausgangslage

In den letzten Jahren stellen die Gebäudeversicherungen fest, dass die Hagelschäden markant ansteigen. Durchschnittschäden pro Gebäude, aber auch Gesamtschadenzahlen pro Ereignis und Jahr erreichen noch nie erlebte Höhen. Diese Tatsache hat bei der Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen den Ausschlag gegeben, das Projekt Elementarschutzregister Hagel in Auftrag zu geben.

Schon in den 1970er Jahren gab es Probleme mit Hagel und Flachdachfolien. Damals war es den Kantonalen Gebäudeversicherungen zusammen mit der EMPA und den Herstellern gelungen, ein erstes Prüfverfahren für Flachdachfolien zu entwickeln. Dies führte dazu, dass die Versicherungen Flachdachfolien weiterhin versichern konnten und die Hersteller hagelfestere Folien produzierten. Heute sind das Prüfverfahren und die geforderten Kennwerte in einer Baunorm des SIA verankert und Schadenfälle sind eher im Zusammenhang mit mangelndem Unterhalt festzustellen.

### Ziele

Ziel des Elementarschutzregisters Hagel ist die Verbesserung der Hagelschadenprävention. Eigentümern und Planern soll bei der Planung von Gebäuden eine transparente Entscheidungsgrundlage über die gängigsten Produktgruppen zur Verfügung stehen. Hersteller von Bauprodukten sollen durch das Register angeregt werden, hagelwiderstandsfähige Materialien zu entwickeln. In den Jahren 2004 bis 2006 haben Ingenieur-Büros, die EMPA und Hagelforscher, begleitet durch Schaden- und Versicherungsfachleute, in einem gemeinsamen Projekt die Grundlagen geschaffen (Hagelgefährdungskarte, Beschussbestimmungen und Kategorisierung). Die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) wird im Jahr 2008 die Prüfbestimmung festsetzen, danach kann die Prüfung der Produkte durch die Hersteller erfolgen. Die geprüften Produkte werden im Elementarschutzregister Hagel mit ihren Kennwerten bezüglich Hagelwiderstand aufgeführt. Die Resultate sind in dem Synthesebericht Elementarschutzregister Hagel veröffentlicht.

## Risikoanalyse

### Schadenerfahrung

Die Kantonalen Gebäudeversicherungen stellen eine deutliche Zunahme von Hagelschäden an Gebäuden fest. Zwischen 1961 und 1991 richtete Hagel Schäden in der Höhe von rund 20 bis 60 Millionen Franken pro Jahr an. Zwischen 1992 und 2006 wurde die 60 Millionen-Grenze achtmal überschritten. 2005 wurden sogar Schäden von 140 Millionen Franken verzeichnet.

### Gefährdung

Die Gefährdungsanalyse wurde auf Basis von Radardaten durchgeführt. Die Schweiz wurde dazu in 11 Klimazonen eingeteilt. Es zeigt sich, dass die Hagelgefährdung insbesondere im zentralen und östlichen Mittelland sowie im östlichen Jura grösser ist als in anderen Regionen der Schweiz. Bereits heute muss in diesen Regionen im Schnitt alle fünf Jahre mit mindestens zwei Zentimeter grossen Hagelkörnern gerechnet werden, alle 20 Jahre mit drei Zentimeter und alle 100 Jahre mit vier Zentimeter grossen Körnern. Die Ergebnisse liegen in Karten- und Tabellenform vor. Zudem nimmt die Zahl der grossen Hagelzüge zu.

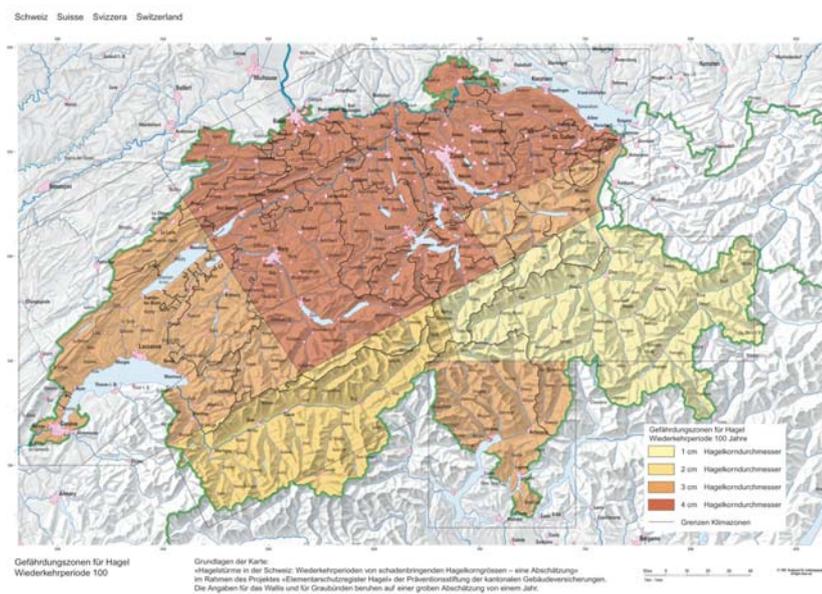


Abbildung 40: Gefährdungszonenkarte Hagel mit einer Wiederkehrperiode von 100 Jahren (Quelle: Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen VKF).

### Verletzlichkeit

Die Zunahme der Hagelschäden ist jedoch nicht alleine auf die Zunahme von Hagelereignissen zurück zu führen. Ein wichtiger Faktor ist, wie und mit welchen Materialien gebaut wird. So wird heute zum Beispiel viel mehr Glas als Fassaden- oder Dachelement genutzt. Das heute üblicherweise verwendete Glas hält auch grösseren Hagelkörnern stand. Die grossen Glasflächen machen heute – und in Zukunft wohl noch stärker – eine Beschattung notwendig. Dazu werden aussen meistens Sonnen-, Lamellenstoren oder Rollläden montiert. Diese widerstehen dem Hagelschlag nicht so gut wie Glas. Eine Stichprobe von 80 beschädigten Wohngebäuden beim Hagelereignis im Juli 2004 hat gezeigt, dass bei zehn Schäden acht an Lamellenstoren und Rollläden zu verzeichnen waren.

## Risikobewertung

Der Trend zu mehr grossen Hagelereignissen, der zunehmende Einsatz hagelempfindlicher Materialien und die immer wichtiger werdende ästhetische Komponente beeinflussen die Schadenhöhe markant. Die Zunahme der Hagelschäden an Gebäuden erfordert von den Versicherungen Reaktionen. Entweder muss die anfallende Schadenlast über höhere Prämien ausgeglichen werden oder bestimmte Bauteile können gar nicht mehr versichert werden, da ein Schaden vorhersehbar ist. Heute werden bei sehr hagelempfindlichen Materialien vereinzelt Vorbehalte beziehungsweise Ausschlüsse ausgesprochen, so dass Hagelschäden im Schadenfall nicht vergütet werden. Angemerkt sei, dass der Aufwand für die Bestimmung einer entsprechenden Risikoprämie pro Gebäude sehr gross ist und daher ein Prämienzuschlag für hagelempfindliches oder eine Prämienreduktion für hagelwiderstandsfähiges Material wenig sinnvoll ist.

Eine Alternative ist eine allgemeine Förderung der Verwendung von hagelwiderstandsfähigen Materialien.

## Massnahmenplanung

Damit Planer und Bauherren sich des Risikos bewusst sind und sich für hagelsichere Materialien entscheiden können, braucht es neben der Einschätzung der Gefährdung ein Klassierungssystem, Prüfbestimmungen und ein für alle zugängliches Register.

Im Rahmen des Projektes Elementarschutzregister Hagel wurden die Grundlagen dafür erarbeitet. Ziel dieses Registers ist die Klassifizierung der Baumaterialien hinsichtlich ihres Hagelwiderstandes. Es werden fünf Hagelwiderstandsklassen (HW) unterschieden. Die HW 1 (geringer Hagelwiderstand) bis HW 5 (grösster Hagelwiderstand) beziehen sich auf Hagelkorngrössen mit Durchmessern von eins bis fünf Zentimeter.

Es wurden verschiedene gängige Bauelemente, die bei Gebäudehüllen verwendet werden, auf ihre Hagelfestigkeit hin untersucht, analysiert und beschrieben. Der Hagelwiderstand von Bauelementen wurde anhand realitätsnaher Hagelbeschussversuche mit Eiskugeln getestet. Die Materialien sind im Synthesebericht aufgeführt, mit praxisgerechten Fakten zum Hagelwiderstand ergänzt.

Neben der Wahl von hagelwiderstandsfähigen Materialien können insbesondere bei Rollläden und Storen auch andere Massnahmen getroffen werden. Die kantonalen Gebäudeversicherungen weisen darauf hin, dass bei angekündigten Unwettern (zum Beispiel via Wetterbericht oder SMS-Warnung) Rollläden und Storen eingezogen werden sollen. Bei grösseren, vollautomatischen Anlagen kann dies durch Licht- und Windwächter, in Zukunft durch SMS oder Emails gesteuert werden. Der Erfolg der Massnahme hängt davon ab, ob jemand zuhause ist oder ob automatische Steuerungen optimal eingestellt sind. Der Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen weist deutlich darauf hin, dass die Bedienung der Sonnen- und Wetterschutzsysteme bei extremer Witterung problematisch sein kann und auf eigene Verantwortung erfolgt. Eine andere Schutzmöglichkeit ist es, die Sonnenschutzsysteme hinter dem Glas, das heisst im Glaszwischenraum zu montieren, wo sie vor Wind, Wetter und Vandalismus geschützt sind. Trends weisen darauf hin, dass auch durch die Entwicklung von Hightech-Gläsern mit integriertem Sonnenschutz als Alternative zu Rollläden, die Verletzbarkeit in Zukunft reduziert werden kann.



*Abbildung 41: Lamellenstoren geschützt zwischen Glas (unten) und aussen, dem Wetter ausgesetzt (oben) (Quelle: D. Aller).*

### **Kosten-Nutzen**

Die Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen hat das Projekt Elementarschutzregister Hagel mit rund einer halben Million Franken finanziert. Diese stehen der Schadenentwicklung mit fast jährlich verzeichneten 60 Millionen Franken, teilweise über 100 Millionen Franken, gegenüber. Durch die Schaffung und Verbreitung einer Übersicht über die Gefährdung und des Hagelregisters kann die Hagelempfindlichkeit deutlich reduziert werden. An einem Beispiel aus der Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren soll das Kosten-Nutzen-Verhältnis dargestellt werden:

Für den Bau einer Werkhalle in der Region zentrales Mittelland werden zwei verschiedene Lichtkuppel Systeme evaluiert: Eine Kunststoff-Lichtkuppel aus Acrylglas (PMMA) auf Polyester-Laminat-Kranz mit einem Hagelwiderstand HW2 für 1'000 Franken und eine Glas-Lichtkuppel (ESG/VSG) auf einem Metallrahmen für 6'000 Franken. Zu beachten ist, dass bei der Kunststoffkuppel schon nach fünf Jahren der Hagelwiderstand um 40 Prozent abnimmt, sie also spätestens nach zehn Jahren ersetzt werden sollte. Die Glaskuppel hat eine Lebensdauer von rund 30 Jahren. Der Schadensbeginn liegt bei der Kunststoff-Lichtkuppel bei einem 10-jährlichen Ereignis. Die Glas-Kuppel widersteht auch einem 100-jährlichen Ereignis. Der Nutzen wird für einen 20-jährigen Betrachtungshorizont berechnet und setzt sich aus dem direkten Schaden der beschädigten Kuppel und den Folgeschäden durch Wassereintritt zusammen. So ergibt sich, dass die Mehrkosten von rund 7'200 Franken für die Glas-Kuppel einem Nutzen von 10'000 Franken gegenüber stehen. Die Investition lohnt sich also.

### **Fazit**

Die am Projekt beteiligten Experten haben die Grundlagen für die Beurteilung des Hagelrisikos, der Widerstandsfähigkeit von Produkten gegenüber Hagel und für die Schutzzielüberlegungen erarbeitet. Dank dem interdisziplinären Austausch der Beteiligten liegt nun eine pra-

xistaugliche Basis für die Umsetzung des Elementarschutzregisters Hagel vor. Die Kosten-Nutzen-Berechnungen für den Einsatz hagelresistenter Materialien zeigen eine positive Gesamtbilanz auf.

### **Ausblick**

Vom geplanten Elementarschutzregister Hagel werden alle Betroffenen profitieren. Der Hersteller bietet ein qualitativ hochwertiges Produkt an und zeichnet dieses als solches durch einen Eintrag ins Elementarschutzregister aus. Der Gebäudeeigentümer hat bei einem mittleren Hagelereignis keine Schäden an seinem Eigentum zu beklagen. Dem Architekten bietet das Register eine Unterstützung bei der Materialwahl und ermöglicht ihm den Einsatz von geeigneten Produkten.

### **Akteure**

- Planer
- Hersteller
- Präventionsstiftung der kantonalen Gebäudeversicherungen, Bern

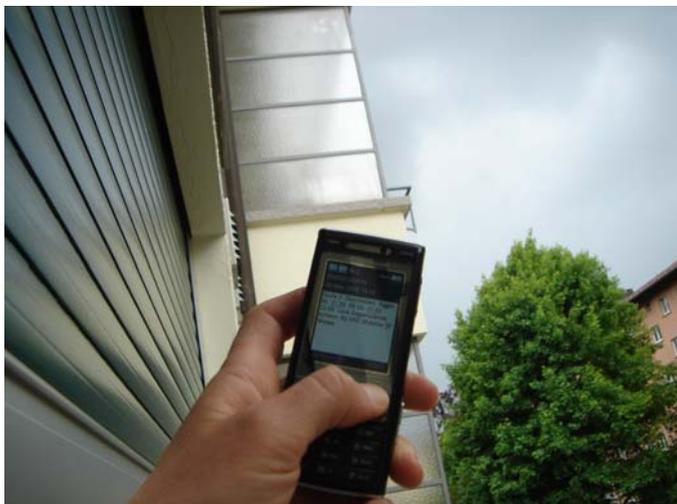
### **Dokumentation**

- Basler & Hofmann AG, Zürich, 2007: Schadenpotenziale.
- Egli Engineering, St. Gallen, 2007: Teilprojekt Elementarschutzregister.
- Egli Engineering, St. Gallen, 2007: Elementarschutzregister Hagel – Synthesebericht. Der Bericht kann heruntergeladen werden unter: [www.praeventionsstiftung.ch](http://www.praeventionsstiftung.ch)
- Egli, T., 2007: Wegleitung Objektschutz gegen meteorologische Naturgefahren. VKF 2007.
- EMPA, Dübendorf, 2007: Widerstand der Gebäudehülle.
- Schiesser, H.-H., 2006: Wiederkehrperioden von schadenbringenden Hagelkorngrossen – eine Abschätzung.
- SIA 261/1. 2003: Stahlbau – Ergänzende Festlegungen.
- Rothweiler, B., Gartenmann Engineering AG, 2002: Gebäude mit hohem Glasanteil – Werkzeug für die Planung. Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen (VSR).
- Verband Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen (VSR): Merkblatt betreffend die Bedienung von Sonnenschutz-Systemen bei Schnee und Eis.

Folgende Institutionen haben wertvolle Informationen geliefert:

- Egli Engineering, St. Gallen
- Präventionsstiftung der Kantonalen Gebäudeversicherungen: [www.praeventionsstiftung.ch](http://www.praeventionsstiftung.ch)
- Vereinigung der Kantonalen Feuerversicherungen (VKF)
- Schweizerischer Anbieter von Sonnen- und Wetterschutzsystemen (VSR)

## Kurzfristige Wetterwarnungen



**Sinnvolle und hilfreiche  
Dienstleistung**

### **Ausgangslage**

Es ist nicht zu übersehen, dass SF Meteo im Fernsehen, Radio und in den Printmedien sehr präsent – wenn nicht das zentrale Sprachrohr hinsichtlich Wetter für die Bevölkerung – ist. Gibt SF Meteo einen Hinweis auf Sturm, Gewitter oder Starkniederschläge (Regen oder Schnee), reagiert die Schweiz. Warnungen an Behörden und die Verbreitung allgemeingültiger Verhaltensempfehlungen an die Öffentlichkeit sind jedoch Aufgabe der MeteoSchweiz (Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie). Daneben gibt es im Internet unzählige weitere Anbieter von Wetterprognosen und Wetterwarnungen. Bürgerinnen und Bürger, die Internetanschluss haben und verschiedene Quellen nutzen, finden Informationen auf unterschiedlichen Homepages.

### **Ziele**

Ziel der hier dargestellten Wetterwarnung ist es, die Betroffenen zu risikogerechtem Handeln zu motivieren und so Verhaltensänderungen zu erzielen, damit mögliche Schäden rechtzeitig verhindert werden.

Wetterwarnungen sollen zur richtigen Zeit und örtlich definiert auf bevorstehende Witterungsereignisse hinweisen und vor deren Folgen warnen. Wichtig ist, dass der Zugang für jedermann ohne Zeitverzug möglich ist und die Darstellungen auch für Laien verständlich sind.

## Beispiele von kurzfristigen Wetterwarnungen

Kurzfristige Wetterwarnungen werden auf verschiedene Weise und für unterschiedliches Zielpublikum angeboten:

### Wetterwarnungen für Behörden

Kantonale Führungsstäbe und kommunale Wehrdienste werden über spezifische Kanäle durch den Bund gewarnt. Die kantonalen Behörden lösen aufgrund dieser Warnung gegebenenfalls eine Alarmierung aus.

### Wetterwarnungen für die Öffentlichkeit

Die Fülle an Wetterwarnungen für die Öffentlichkeit ist gross. So sind beispielsweise auf verschiedenen Homepages Niederschlagsmengen, Windgeschwindigkeiten, aktuelles Wetter und Radarbilder sowie Wettertrends auf Stationskarten einsehbar. Weiter sind regional und lokal aufgelöste Unwetterwarnungen abrufbar und kostenlose Wetterprognosen beziehbar.

Die Kantonale Gebäudeversicherungen und die Schweizerische Mobiliar Versicherungsgesellschaft bieten ihren Versicherten einen SMS-Warndienst an, den sie je nach Gefahrensituation verschicken. So werden zum Beispiel Grundeigentümer und Mieter früh genug gewarnt, damit sie die Gebäude schützen und ihr Mobiliar rechtzeitig in Sicherheit bringen können.

Kurzfristige Wetterwarnungen können aus der Sicht der Nutzer in zwei verschiedene Gruppen unterteilt werden:

- Warnungen, die der Nutzer aktiv erfragt oder suchen muss (Holfunktion).
- Warnungen, die ohne eigenes Zutun (passiv, Bringfunktion) an ihn herangetragen werden.

Nachfolgend einige Beispiele:

Aktiv (Holfunktion)	Passiv (Bringfunktion)
Verschiedene Homepages	Kostenloser SMS-Wetter-Alarm mit Verhaltenstipps
Radioinformation	Allgemeine SMS-Warnung
	Sirenenalarm durch Führungsstab
	Auto mit Megaphon durch Polizei / Feuerwehr
	Sturmwarnung auf Seen
	Warnung per E-Mail

Warnungen sind meist nur dann wirklich sinnvoll, wenn sie auch kurze Hinweise über das richtige Verhalten beinhalten.

## Risiko

Eine frühzeitige Warnung der Bevölkerung vor heftigen Gewitter-, Starkniederschlags-, Hagel- oder Lawineneignissen und Hinweise auf angepasstes Verhalten kann Schäden an Menschen, Gebäuden, Mobiliar, Infrastruktur und Fahrzeugen deutlich verringern. Meist stammen die Warnungen aber aus unterschiedlichen Quellen, was die Gefahr in sich birgt, dass die Informationen untereinander nicht übereinstimmen oder gar widersprüchlich sind.

Der Begriff Warnung ist zudem ein weit gefasster Begriff und wird heute in den unterschiedlichsten Zusammenhängen und für unterschiedliche Dinge verwendet. Je nach Ort, Bevölkerungs- und Berufsgruppe sind die Bedürfnisse nach Warnungen sehr unterschiedlich. Dazu kommt, dass die Vielzahl von meist uneinheitlichen Informationsanbietern untereinander in Konkurrenz steht. Auf der Basis von unterschiedlichen Grundlagendaten und Prognosemodellen geben die verschiedenen Anbieter zeitlich und örtlich unterschiedliche Warnungen heraus, was je nach Situation zu Unsicherheiten bei den Betroffenen führt.



Abbildung 42: Gewitterwolke über dem Emmental (Quelle: Philippe Gyarmati Meteotest).

## Massnahmen

Nachfolgend wird ein Beispiel eines bestehenden SMS-Warnsystems ausführlicher beschrieben.

Wetter-Alarm wurde im März 2005 von der Gebäudeversicherung Bern zusammen mit SF Meteo entwickelt und lanciert. Das Präventionsprodukt informiert seine Zielgruppen über drohende Gefahren im Elementarschadenbereich und unterstützt die Betreiber so bei der Minimierung der Schadenssumme. Ziel des Wetter-Alarm ist es, bei den Versicherten eine Bewusstseins- und Verhaltensänderung zu bewirken, denn viele Schäden entstehen durch Fehlverhalten. Der Wetter-Alarm informiert die Abonnenten so früh wie möglich bei einer Eintretenswahrscheinlichkeit von mindestens 70 Prozent über das Auftreten möglicher gefährlicher Wettersituationen und liefert kurze Verhaltensempfehlungen.

Im Januar 2006 fanden die zwei Urheberparteien mit der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) einen Partner, um das Produkt schweizweit zu betreiben. Die Schweizerische Mobiliar Versicherungsgesellschaft kam ein Jahr später als lizenzierter Mitbetreiber hinzu. SF Meteo prognostiziert und bereitet die Warnmeldungen auf.

Der SMS-Dienst Wetter-Alarm ist ein konkretes Beispiel dafür, wie Personen auf verschiedene Gefahren per SMS hingewiesen werden und mit einfachen Verhaltensempfehlungen Schäden am eigenen Gebäude, am Mobiliar oder an Fahrzeugen verhindern können. Der Wetter-Alarm ersetzt das Warnsystem für Behörden von Meteo Schweiz nicht.

### **Aktueller Stand**

Der SMS Wetter-Alarm wird seit Dezember 2007 mit einer räumlichen Aufteilung in 111 Regionen als kostenlose Dienstleistung angeboten. Die Zahl der Abonnenten hat sich zwischen Dezember 2007 und Juni 2008 auf 60'000 Personen verdoppelt. Seit März 2008 werden Warnungen auch in italienischer Sprache verschickt.

### **Kosten-Nutzen**

Der Wetter-Alarm wird grundsätzlich von den drei Anbietern zur Verfügung gestellt und von diesen individuell finanziert. Über die Reduktion von Schäden können zur Zeit jedoch noch keine konkreten Angaben gemacht werden.

Zudem ist die Messbarkeit von Verhaltensänderungen sehr schwierig. Gemäss OcCC-Bericht (Organe consultatif sur les Changements Climatiques) hat beispielsweise das Hagelereignis vom 24.6.2002, das über den Kanton Aargau und Zürich zog, Gebäudeschäden von rund 125 Millionen Franken verursacht. Das Nicht-Hochziehen einer Store kann schnell einen Schaden von mehreren tausend Franken nach sich ziehen. Das Beispiel des Wetter-Alarm zeigt, dass mit relativ geringem Aufwand viel bewirkt werden kann.

### **Fazit**

Der Wetter-Alarm ist insofern ein geeignetes Instrument, als dass per SMS fast überall und zu jedem Zeitpunkt eine Warnmeldung empfangen werden kann. Die Meldung wird an den Einzelnen herangetragen (Bringfunktion). Ergänzende Informationen und ausführliche Verhaltenstipps finden die Nutzer auf der Wetter-Alarm Homepage ([www.wetteralarm.ch](http://www.wetteralarm.ch)). Internetinformationen werden meist nur von interessierten Nutzern aktiv abgerufen (Holfunktion).

### **Ausblick**

#### *Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren (GIN)*

Die sich im Aufbau befindende Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren hat zum Ziel, alle Informationen kompakt und ohne Widersprüche beispielsweise Entscheidungsträgern bei Naturgefahren-Ereignissen oder Sicherheitsbeauftragten zur Verfügung zu stellen. In einem weiteren Schritt soll ein öffentlicher Bereich regionale und lokale Prognosen sowie Zusatzinformationen zur Verfügung zu stellen. Die Konzeptphase Ende soll 2008 abgeschlossen sein.

### *Hochwasserwarnungen über WebCam*

Eine weitere beispielhafte Möglichkeit von Frühwarnung wendet die Gemeinde Lyss an. Eine Web Kamera liefert und speichert alle fünf Minuten ein Bild des aktuellen Wasserstandes des Lyssbachs. So kann sich die Bevölkerung über Wasserstandsänderungen und die aktuelle Hochwassersituation informieren. Nebst den markierten Durchflussmengen von 20, 25 und 30 Kubikmetern werden auf der Homepage der Gemeinde die jeweils erwarteten Auswirkungen beschrieben und Verhaltenshinweise aufgeführt.

### *Hochwasserwarnung über SMS*

Im hochwassergefährdeten Mattequartier der Stadt Bern wurde im Nachgang an das Hochwasserereignis 2005 von der Berufsfeuerwehr ein Pilotversuch durchgeführt, der die Bewohner, Liegenschafts- oder Geschäftsbesitzer in diesem Quartier kostenlos mit einem Warn-SMS bedient. Im Mai 2008 wurde dieses Projekt umgesetzt.

Ebenfalls ausgelöst durch das Hochwasser 2005 hat die Nidwaldner Sachversicherung einen kostenlosen SMS-Warndienst für Seeanstösler eingerichtet. Dort werden situationsbezogenen Informationen versandt, zum Beispiel wann Eingänge gesichert werden müssen oder wo Sandsäcke abgeholt werden können.

### *Abflussdaten per SMS*

Seit 2002 betreibt die Sektion Datenbearbeitung und Information der Abteilung Landeshydrologie des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) einen Abflussdaten-Abfragedienst. Es können Daten von rund 170 Messstellen abgefragt werden. Diese Anfrage ist kostenpflichtig.

## **Akteure**

- Risikobetroffene als Nutzer
- Versicherungen und Wetterdienste als Anbieter und Förderer dieser Dienstleistung

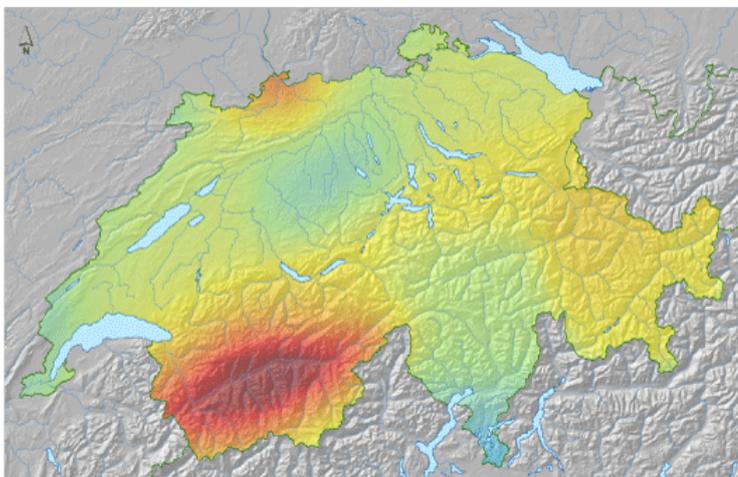
## **Dokumentation**

- Hegg, C., 2007: Warnungen – notwendige aber nicht hinreichende Bedingung für erfolgreiche Interventionen und Schadensbegrenzung bei aussergewöhnlichen Naturereignissen, Warnung bei aussergewöhnlichen Naturereignissen S. 47, Forum für Wissen, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, 2007.
- Rhyner, J., Bürgi, T., Rauh P., und Murer, D., 2007: GIN – Gemeinsame Informationsplattform Naturgefahren, Warnung bei aussergewöhnlichen Naturereignissen S. 91, Forum für Wissen, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, 2007.

Folgende Institutionen haben wertvolle Informationen geliefert:

- Vereinigung Kantonalen Feuerversicherungen: Wetter-Alarm, Marketing Wetter-Alarm, Hausinfo
- Leitung Forschungseinheit Warnung und Prävention, SLF

## Erdbebenprävention im Wallis – ein Kanton geht voraus



**Klare Vorgaben und  
effiziente Umsetzung**

### **Ausgangslage**

Im Jahre 1995 war der Kanton Wallis Gegenstand eines Forschungsprojektes über Erdbebengefahren (SISVAL). In dieser Studie wurden in Funktion der Geologie und der Bodenbeschaffenheit die Erdbebenrisiken analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass das Gebiet von Sitten bis ins Goms die höchste Erdbebenhäufigkeit der Schweiz aufweist. Standort, Bauweise, Nutzungsart und Funktion der Bauten spielen in Bezug auf die Erdbebenempfindlichkeit von Gebäuden eine entscheidende Rolle. Mit konsequenter Anwendung technischer Normen in der Planung und Realisierung von Bauten und Anlagen können Erdbebenschäden deutlich vermindert werden.

Von den Einwohnerinnen und Einwohnern wird die Schweiz als erdbebensicheres Land angesehen. Tatsächlich wird die Erdbebengefahr in der Schweiz im weltweiten Vergleich als mässig beurteilt. Regionen mit erhöhter Gefährdung sind Basel, das Bündnerland, das Wallis, die Zentralschweiz und das St. Galler Rheintal. Was ausser den Experten kaum jemandem bewusst ist, dass rund 90 Prozent der Gebäude in der ganzen Schweiz nicht oder kaum gegen Erdbeben gesichert sind. Würde die Schweiz also heute von einem Erdbeben heimgesucht, müsste auch im Mittelland mit enormen Schäden gerechnet werden. Zwar ist die Erdbebenhäufigkeit hier geringer, aber in den Städten kumulieren sich Gebäude mit hohen Werten. Der Kanton Wallis hat nun selber nach Auswegen gesucht, die Erdbebenempfindlichkeit und somit das Schadenspotenzial zu verringern. Als erster und bisher einziger Kanton der Schweiz hat er die Erdbebenthematik in den kantonalen Richtplan aufgenommen. 2004 wurde zudem das SIA-Merkblatt 2018 zur Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben in der kantonalen Gesetzgebung als rechtsverbindlich erklärt. Die Einhaltung dieser Richtlinien wird seither systematisch kontrolliert. Im Koordinationsblatt des Kantonalen Richtplans werden die Anforderungen an die Erdbebensicherheit und Grundsätze sowie die Zuständigkeiten der Instanzen definiert.

## Ziele

Am Fall des Kantons Wallis soll ein beispielhafter Massnahmenplan zur Umsetzung und Einhaltung der Normen und Richtlinien zur Erdbebenprävention dargestellt werden. Dabei geht es auch darum aufzuzeigen, wie die Bevölkerung informiert und was unternommen wird, um die Einhaltung der Richtlinien zu garantieren.

## Risiko

Gemäss der SIA-Norm 261 (2003) – Einwirkungen auf Tragwerke wird das Wallis als Gefährdungszone 3a und 3b definiert, was einer Wiederkehrperiode von rund 475 Jahren und Magnituden von 5,5 bis 6,5 auf der Richterskala entsprechen. Magnitude 5,5 bis 6,5 bedeutet, dass die Beben spürbar sind, leichte bis schwere Schäden auftreten können und Todesopfer möglich sind. Seit dem 16. Jahrhundert ist das Wallis rund alle 100 Jahre von Erdbeben dieser Stärke erschüttert worden. Hauptgrund für diese Gefahr ist eine tektonisch aktive Zone zusammen mit den nicht verfestigten Sedimenten der Rhoneebene. Rund 70 Prozent der wirtschaftlichen Aktivitäten im Wallis finden dort statt.

## Massnahmen

Zur Einteilung des Baugrundes gibt es ein zwei-stufiges Vorgehen. In einem ersten Schritt wird der Untergrund anhand der in der SIA-Norm 261 definierten Baugrundklassen A bis F eingeteilt (Fels, Sedimente, Moränen, Ablagerungsmaterial). Daraus kann eine Karte der Baugrundklassen erstellt werden. Für die bezüglich Erdbeben sehr sensible Baugrundklasse F verlangt die SIA-Norm 261 eine Mikrozonierung, mit welcher das sogenannte Antwortspektrum (Erdbebeneinwirkung) für Bauwerke definiert werden kann. Die Antwortspektren für die anderen Baugrundklassen sind in der SIA-Norm 261 definiert.

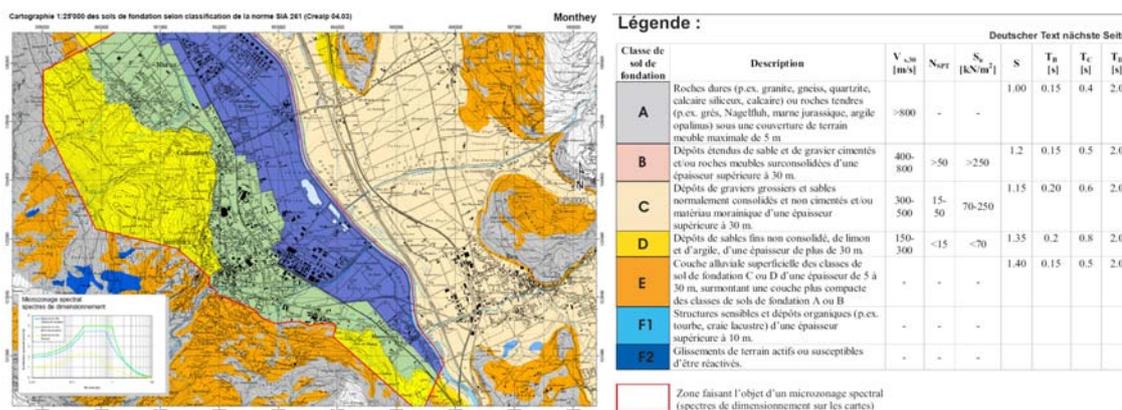


Abbildung 43: Mikrozonierung am Beispiel Monthey und Legende (Quelle: www.crealp.ch).

Seit Sommer 2004 müssen im Kanton Wallis sämtlichen Baugesuchen Nutzungsvereinbarungen und Erdbebenbemessungsberichte beigelegt werden. Dies gilt für industrielle und gewerbliche Gebäude und Gebäude mit zwei oder mehr Stockwerken. Eine Wohn- oder Betriebsbewilligung wird erst erteilt, wenn der Konformitätsbericht seitens der Behörden gutgeheissen worden ist. Demnach müssen nun alle Neubauten gemäss SIA Norm 260 bis 267 erd-

bebensicher gebaut werden. Die Berücksichtigung der Erdbebensicherheit führt gemäss einer Studie des Bundes bei Neubauten zu höchstens ein Prozent Mehrkosten. Bei Renovationen ist mit bis zu 30 Prozent Mehrkosten zu rechnen. Die Erdbebenzone, die lokalen Bodenverhältnisse, die Bauwerkklasse (Bedeutung des Bauwerks), die Bauweise und Baustoffe beeinflussen die Mehrkosten.

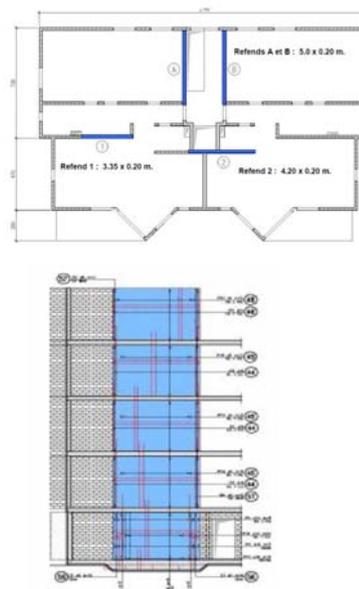


Abbildung 44: Fünfstöckiges Wohnhaus mit Grundrissplan und eingezeichneten erdbebensichereren Mauern (Quelle: Roberto Peruzzi, Kurmann & Cretton, 2005).

### Aktueller Stand

Gemäss Angaben des Walliser Kantonsgeologen wurden seit 2004 rund 600 Baugesuche pro Jahr auf Erdbebensicherheit überprüft. Dazu reichten bis 2004 drei Fachpersonen, heute sind rund 50 Planer und Ingenieure in der Lage, die entsprechenden Berechnungen auszuführen. Als Reaktion auf die neue Berechnung der Erdbebensicherheit aller Gebäude der Bauwerkklasse I bis III und die grosse Anzahl zu prüfender Baugesuche, wurden entsprechende Kurse erteilt. Seit Herbst 2006 bieten die Fachhochschule Westschweiz und die ETH Lausanne zudem eine modulartige Ausbildung für erdbebensicheres Bauen an. Damit wird die Sensibilisierung der Baufachleute und Ingenieure sichergestellt.

2006 fand eine Ausstellung zum Thema Erdbebensicherheit statt. Die Bevölkerung und insbesondere Interessierte mit Bauvorhaben wurden mit einem Erdbebensimulator realitätsnah an die Thematik herangeführt. Eine Gruppe von Ingenieuren und Architekten stand den Besucherinnen und Besuchern für ihre Anliegen zu Verfügung.

Zusätzliche Ausbildungsplätze schweizweit und eine bessere Information der Bevölkerung könnten zu einer besseren Sensibilisierung beitragen.

### **Kosten-Nutzen**

Die baulichen Kosten fallen der Bauherrschaft zu. Das Anbringen von erdbebensicheren Innenwänden in einem Neubau, in welchem vier bis fünf Personen wohnen werden, kostet rund 5'000 Franken mehr. Durchgehende Innenwände für ein mehrstöckiges Gebäude, in welchem rund 20 Personen wohnen, kosten rund 30'000 Franken mehr.

Eine solche frühzeitig getätigte Investition schützt ein Gebäude zwar nicht komplett vor Schäden, jedoch vor dem Einstürzen und somit auch die Menschen mehrheitlich, die sich darin aufhalten.

Die administrative Bearbeitung der rund 600 Baugesuche im Jahr und die Inventarisierung der öffentlichen Gebäude kostet den Kanton rund 500'000 Franken pro Jahr.

Mit der Einhaltung der Richtlinien wird aber eine grosse Wirkung erzielt.

### **Fazit**

Das Wallis als Region mit der grössten Erdbebengefährdung der Schweiz verfügt als einziger Kanton über strenge erdbebenrelevante Bauvorschriften und betreibt einen entsprechenden Aufwand zur Einhaltung der neuen SIA-Normen, denn mit jedem Neubau eines Gebäudes nimmt das Schadenpotenzial zu. Das Einhalten ein paar wichtiger Grundsätze trägt zur deutlichen Verringerung des Risikos bei.

Das Vorgehen des Kantons Wallis kann anderen Kantonen als Musterbeispiel und Vorbild für die Erdbebenprävention dienen, denn das Schadensrisiko ist auch in anderen Teilen der Schweiz hoch.

### **Akteure**

- Kantone
- Ingenieure und Planer

### **Dokumentation**

- Gesetz vom 2. Oktober 1991 über die Organisation im Falle von Katastrophen und ausserordentlichen Lagen.
- Beschluss des Grossen Rates vom 02.10.1992 über die Raumplanungsziele.
- Baugesetz Kanton Wallis vom 8. Februar 1996, Art. 27bis.
- Bauverordnung vom 2. Oktober 1996, Art. 24, 36 und 42.
- Kantonaler Richtplan Wallis – Koordinationsblatt Naturgefahr Erdbeben, Stand 1.10.2001.
- Merkblatt für erdbebensicheres Bauen im Kanton Wallis, September 2006.
- Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) und Holinger AG, 2005: Kostenauswirkungen bei normengemässer, erdbebengerechter Realisierung von Neubauten in der Schweiz.
- Crealp – DVBU, 2000: Leitfaden für erdbebensicheres Bauen.

Folgende Institutionen haben wertvolle Informationen geliefert:

- Kantonsgeologe des Kantons Wallis
- Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen
- Centre de recherche sur l'environnement alpin (Crealp), [www.crealp.ch](http://www.crealp.ch)

## Glossar

Aversion	<p>Empirisch feststellbares und theoretisch begründbares Phänomen, mögliche Ereignisse mit grossem Schadenausmass stärker zu gewichten, als es aufgrund des zugehörigen Schadenerwartungswertes angezeigt wäre. So führen Ereignisse mit grossem Schadenausmass zu einer überproportionalen Reaktion der betroffenen Gemeinschaft und stossen überproportional stark auf Ablehnung. Zum Beispiel wird ein Unfall mit 100 Toten stärker gewichtet als 100 Unfälle mit einem Toten. (nach Glossar RIKO, 2007)</p> <p>Ereignisse mit grossem Schadenausmass führen zu einer überproportionalen Reaktion der betroffenen Gemeinschaft und stossen überproportional stark auf Ablehnung. (FoWi, 2005)</p>
Baugrundklassen	Der Einfluss der Baugrundverhältnisse durch die Erdbebengefährdung wird im Allgemeinen durch Einordnung des Bauwerkstandorts in eine der Baugrundklassen berücksichtigt.
Eintretenswahrscheinlichkeit	Wahrscheinlichkeit, dass ein Ereignis bestimmter Grösse innerhalb einer definierten Zeitspanne stattfindet. (Wörterbuch Hochwasserschutz, BWG 2003; PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Erdbebenempfindlichkeit	Schadenempfindlichkeit (siehe dort) eines Objektes oder Systems auf den Prozess Erdbeben.
Ereigniskataster	Systematische Erfassung von Naturgefahrenereignissen hinsichtlich Lage, Gefahrenart, Prozessablauf und Schäden.
Expositionsanalyse	Identifikation von Art und Ort der gefährdeten Objekte (Personen, Sachwerte) sowie ihrer zeitlichen und örtlichen Präsenz (Expositionssituationen). (nach Glossar RIKO, 2007)
Folgeanalyse	Die Folgeanalyse hat zum Ziel, das Schadenausmass für jedes Objekt für alle betrachteten Szenarien und Expositionssituationen zu bestimmen. Synonym für Konsequenzenanalyse.
Gefahr	Zustand, Umstand oder Vorgang, aus dem ein Schaden für Personen, Umwelt und/oder Sachwerte entstehen kann. (nach Glossar RIKO, 2007)
Gefährdungszone	Gebiet, das von einer Gefahr, die sich konkret auf eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Objekt bezieht, betroffen ist.
Gefahrenanalyse	In einer Gefahrenanalyse werden die relevanten Gefahren identifiziert und die Eintretenswahrscheinlichkeit der Prozesse berechnet bzw. abgeschätzt. Danach werden für eine bestimmte Wiederkehrdauer die Intensität und der Wirkungsraum des Gefahrenprozesses abgeschätzt. (PLANAT, Vorbericht TP B, 2004)

Gefahrenbeurteilung	Verfahren zur Bestimmung des Gefahrengrades. (Wörterbuch Hochwasserschutz, BWG 2003; PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Gefahrenkarte	Basierend auf der Gefahrenanalyse streng nach objektiven wissenschaftlichen Kriterien und den BAFU Empfehlungen detailliert zu erstellende Karte. Innerhalb des klar abzugrenzenden Untersuchungsperimeters werden für sämtliche Stellen im Gelände Aussagen gemacht über: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gefährdung bzw. Nicht Gefährdung der Stelle im Gelände.</li> <li>- Kategorie (Art) der gefährlichen Prozesse.</li> <li>- Erwartete Intensität und Eintretenswahrscheinlichkeit (Häufigkeit, Wiederkehrperiode) der betreffenden Prozesse.</li> </ul> (nach Glossar RIKO, 2007)
Gefahrenprozess	Die wichtigsten Naturgefahren in der Schweiz werden in verschiedene Gefahrenprozesse unterteilt: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravitative Prozesse: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wasser (Überflutung, Übersarung, Grundwasseranstieg, Seespiegelanstieg, Seitenerosion, Murgang)</li> <li>- Sturz (Stein- und Blockschlag, Fels- und Bergsturz, Eisschlag)</li> <li>- Schnee (Staub- und Fließlawinen, Gletschnee)</li> <li>- Rutschungen (permanente und spontane Rutschungen, Hangmuren)</li> <li>- Einsturz und Absenkung</li> </ul> </li> <li>- Meteorologische Prozesse: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sturm</li> <li>- Hagel</li> <li>- Starkniederschlag</li> <li>- Schnee</li> <li>- Blitz</li> </ul> </li> <li>- Seismische Prozesse: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erdbeben</li> </ul> </li> <li>- Klimatologische Prozesse: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hitzewelle</li> <li>- Kältewelle</li> <li>- Trockenheit (Dürre, Waldbrand)</li> </ul> </li> </ul>
Grenzkosten	Höhe der Kosten für Schutzmassnahmen, die eine Gesellschaft maximal bereit ist zu investieren, um den letzten Todesfall zu verhindern. Die Grenzkosten für den letzten verhinderten Todesfall werden in der Schweiz für den Bereich Naturgefahren auf fünf Millionen Franken festgelegt. Dieser Ansatz entspricht dem Grenzkostenkonzept nachdem Investitionen bis zu einem bestimmten Grenzbetrag als verhältnismässig angesehen werden. (verändert nach Glossar RIKO, 2007)

Hagelfestigkeit	Widerstand, der ein Schadensobjekt einem definierten Hagel-schlag entgegensetzen kann.
Hagelwiderstandsklasse	Aufgrund der kinetischen Energie des fallenden Hagelkorns werden Klassen des Hagelwiderstandes gebildet. Die erste Klasse (HW 1) entspricht der Energie eines runden Hagelkornes von 10 Millimeter Durchmesser. Die Klassierung steigt bis zu einem HW 5, was einem Hagelkorn mit 50 Millimeter Durchmesser entspricht.
Hagelzelle	Gewitterwolken, die Eiskörner mit mindestens 5 Millimeter Durchmesser generieren.
Individuelles Todesfallrisiko	Wahrscheinlichkeit für eine Einzelperson an einer Gefahren-stelle getötet zu werden. (nach Glossar RIKO, 2007)
Intensität	Physikalische Grösse eines Naturereignisses. (Wörterbuch Hochwasserschutz, BWG 2003; PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Intensitätskarte	Die Intensitätskarte zeigt die Umhüllende aller möglichen Er-ignisabläufe mit einer bestimmten Wiederkehrdauer T bzw. Jährlichkeit p und enthält die Intensitätsstufen gemäss Emp-fohlungen BAFU. (nach Glossar RIKO, 2007)
Jährlichkeit	Wahrscheinlichkeit p, mit der ein Ereignis bestimmter Wieder-kehrdauer T statistisch im Durchschnitt einmal erreicht oder überschritten wird: $p = 1/T$ (nach Glossar RIKO, 2007)
Karte der Phänomene	Die Karte der Phänomene ist ein Produkt der Gefahrenerken-nung. Sie stellt die im Gelände festgestellten Zeugen und For-men von vergangenen Naturgefahrenprozessen dar.
Kollektivrisiko	Das kollektive Risiko gibt den Erwartungswert der Gesamtheit aller Schäden (Schäden an Personen und Sachwerten) einer Bezugseinheit wieder. (nach Glossar RIKO, 2007)
Konsequenzenanalyse	Siehe Folgeanalyse.
Kosten-Nutzen-Verhältnis	Verhältnis zwischen Massnahmenkosten und dem erreichten Nutzen respektive der erreichten Risikoreduktion. (nach Glos-sar RIKO, 2007)
Kosten-Wirksamkeit	Verhältnis zwischen Massnahmenkosten und erreichter Risiko-reduktion in Franken pro physische Einheit (zum Beispiel Fran-ken pro verhinderten Todesfall). (nach Glossar RIKO, 2007)
Liefergebiet	Als Liefergebiet werden Gebiete der Gefahrenentstehung ver-standen, die über eine einheitliche Disposition zur Prozessaus-lösung verfügen.
Magnitude	Mass für die bei einem Erdbeben freigesetzte Energiemenge. Die Magnitude berechnet sich aufgrund der durch Seismogra-phen gemessenen Erschütterungen.
Mikrozonierung	Verfahren zur Beschreibung des Baugrundes als Mass der Erd-bebenempfindlichkeit (Erschütterungsfähigkeit) und Darstel-lung als Karten.

Objektschutzmassnahmen	Schutz eines Objektes (Gebäude oder Anlage) durch bauliche Massnahmen am oder unmittelbar beim Objekt. (Wörterbuch Hochwasserschutz, BWG 2003)
Prozess	Siehe Gefahrenprozesse.
Richtplan	Richtpläne sind ein Mittel der Raumplanung. Sie zeigen mindestens, wie die raumwirksamen Tätigkeiten im Hinblick auf die anzustrebende Entwicklung aufeinander abgestimmt werden und in welcher zeitlichen Folge und mit welchen Mitteln vorgesehen ist, die Aufgaben zu erfüllen.
Risiko	Ausmass und Wahrscheinlichkeit eines möglichen Schadens. (nach PLANAT Strategie, 2004; PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Risikohinweis	Qualitative Grösse, die ein Risiko für ein Objekt oder in einem Gebiet anzeigt.
Risikokataster	Systematische Erfassung, in welcher die für ein Objekt oder Gebiet relevanten Risiken aufgelistet und charakterisiert sind.
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Der SIA erarbeitet und publiziert u. a. Hilfsmittel für die Berufsausübung und betreut des schweizerische Normenwerk im Bauwesen.
Schaden	Negativ bewertete Folge eines Ereignisses oder eines Vorgangs. (Wörterbuch Hochwasserschutz, BWG 2003)
Schadenempfindlichkeit	Mass für die Widerstandskraft eines Schadenindikators gegenüber der Einwirkung einer Naturgefahr. Synonym: Verletzlichkeit. Schadenempfindlichkeit lässt sich für Menschen, andere Lebewesen, Lebensgrundlagen und Sachwerte ausdrücken. (PLANAT Strategie, 2004; PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Schadenerwartungswert	Der Schadenerwartungswert drückt den Schaden aus, der unter der Annahme eines gewählten Szenarios statistisch gesehen pro Jahr zu erwarten ist. (verändert nach Glossar RIKO, 2007)
Schadenpotenzial	Grösse des möglichen Schadens im betrachteten Gefahrengebiet, der mit Schadengrössen bzw. Schadenindikatoren quantifiziert wird. (BWG, 2001; PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Schadenbild	Summe der möglichen Schäden, die durch eine Handlung oder ein Ereignis ausgelöst werden können. (ERiK, 2005)
Schadenssumme	Schadenbilder sind voneinander unabhängige, repräsentative Auswirkungen gefährlicher Ereignisse zur Ermittlung der Risiken. (nach Glossar, RIKO, 2007)
Schadenssumme	Betrag der in einem Ereignis aufgelaufenen Schäden in Franken.

Schadenverlauf	Ablauf von aufeinander folgenden Ereignissen, die einen Schaden erzeugen. Wird vielfach in einem Schadensbild zusammengefasst.
Schutzbautenkataster	Systematische Erfassung von Schutzbauten in einem Gebiet oder für eine Verantwortungseinheit. Darin sind Art, Zustand und Funktionstauglichkeit erfasst und Unterhaltsarbeiten festgelegt sind.
Schutzdefizit	Schutzdefizite ergeben sich, wenn der Schutzgrad kleiner ist als das Schutzziel. Es bezeichnet das Mass ungenügender Sicherheit. (PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Schutzdringlichkeit	Priorität zur Ergreifung von Massnahmen, welche sich aus der Grösse des Risikos relativ zu anderen Risiken ableitet.
Schutzmassnahmen	Massnahme zur Reduktion des Risikos von Personen und Sachwerten. (nach Glossar RIKO, 2007)
Schutzziel	Unter einem Schutzziel wird die Festlegung von Grenzwerten für die Sicherheitsanstrengungen verstanden. Damit wird das akzeptierte Risikoniveau verankert und Risikoszenarien lassen sich an verschiedenen Orten und für verschiedene Naturgefahren vergleichen. (nach PLANAT Strategie, 2004; PLANAT-Strategie 2005 – Teilbericht C)
Schutzzielmatrix	Angestrebter Schwellenwert auf einem Kriterium der Akzeptabilität, das unter- oder überschritten werden muss, um ein Risiko als akzeptabel einzustufen. Grenzwert. (ERiK, 2005) Beschreibung von Schutzzielen in Abhängigkeit der Objektart in einem Wahrscheinlichkeits-Ausmass-Diagramm.
Szenario	Hypothetische Ereignisabläufe eines Gefahrenprozesses. Das Szenario ist in der Risikoanalyse die Untersuchungseinheit der Gefahrenseite. Für die verschiedenen Jährlichkeiten werden unterschiedliche Szenarien gebildet. (nach Glossar RIKO, 2007)
Wiederkehrperiode	Zeitspanne T in Jahren, in der ein Ereignis eine bestimmte Grösse (zum Beispiel Anrisshöhe, Kubatur, Niederschlagsmenge) statistisch im Durchschnitt einmal erreicht oder überschreitet. Siehe auch Jährlichkeit. (nach Glossar RIKO, 2007)
Verletzlichkeit	Siehe Schadenempfindlichkeit
Vorwarnzeit	Zeitspanne von den ersten beobachteten Anzeichen eines sich abzeichnenden Ereignisses bis zu dessen Eintreten. (nach Leitbild Bevölkerungsschutz, Bericht des Bundesrates 2001)
Wiederkehrperiode	Zeitspanne T in Jahren, in der ein Ereignis eine bestimmte Grösse (zum Beispiel Anrisshöhe, Kubatur, Niederschlagsmenge) statistisch im Durchschnitt einmal erreicht oder überschreitet. s. Jährlichkeit. (nach Glossar RIKO, 2007)