



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

Risikokzept für Naturgefahren - Leitfaden

TEIL B:

ANWENDUNG DES RISIKOKONZEPTS: PROZESS PERMANENTE RUTSCHUNGEN

Bernhard Krummenacher, Guiseppe Franciosi



Permanente Rutschung Conters i.P. (B. Krummenacher, Geotest)

Dieser Teilbericht ist integraler Bestandteil des Gesamtberichtes bestehend aus:

Teil A: Allgemeine Darstellung des Risikokonzepts

Teil B: Anwendung des Risikokonzepts

Prozess Lawine

Prozess Hochwasser

Prozess Murgang

Prozess Sturz

Prozess spontane Rutschung / Hangmuren

Prozess permanente Rutschung

Prozess Erdbeben

Prozess Sturm

Prozess Hagel

Prozess Hitzewelle

Kapitel 1

Einleitung

Im folgenden Kapitel wird die Vorgehensweise einer Risikobeurteilung und Massnahmenplanung für Schutzprojekte gegen permanente, tiefgründige Rutschungen vorgestellt. Dabei werden die methodischen Arbeitsschritte Risikoanalyse, Risikobewertung, Massnahmenplanung und Massnahmenbewertung durchlaufen und in ihrer praktischen Umsetzung für Schutzobjekte vorgestellt. Die Kenntnis des gesamten Risikokonzeptes, wie es im Teil A dieser Publikation vorgestellt wurde, wird dabei vorausgesetzt (Kapitel 1, Seite 1ff). Auf Hintergründe zu den einzelnen Arbeitsschritten wird daher weitgehend verzichtet.

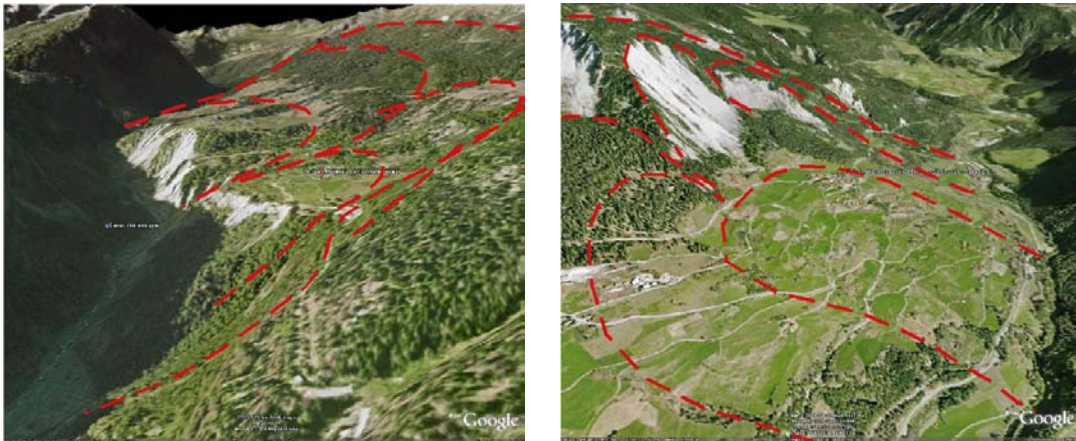
Dieses Kapitel wird in die folgenden Abschnitte unterteilt:

- In einem einleitenden Abschnitt werden die komplexen Prozesse der permanenten, tiefgründigen Rutschungen charakterisiert;
- In einem zweiten Abschnitt werden kurz bestimmte Eigenheiten bei den Schritten Risikoanalyse, Risikobewertung und Massnahmenplanung bzw. -bewertung beschrieben;
- Im dritten Abschnitt wird das Fallbeispiel vorgestellt;
- Im letzten Abschnitt wird ein Fazit zur Anwendung des Risikokonzepts aus praktischer Sicht gezogen.

1.1 Charakterisierung der Prozesse der permanenten, tiefgründigen Rutschungen

Da permanente, tiefgründige Rutschungen (mächtiger als 10 Meter), wie der Name schon sagt, die dritte Dimension in einem Bereich erfassen, der nicht oder nur schwer zugänglich ist, ist auch das raum-zeitliche Verhalten oft nur grob erfassbar. In der Tiefe können sich verschiedene Bewegungen überlagern. Im Gelände sind die Formen an der Oberfläche weniger gut erkennbar als bei flach- und mittelgründigen Rutschungen. Oft sind aber den tiefgründigen Rutschungen flach- und mittelgründige Rutschungen überlagert. Um diese Prozesse differenziert erfassen zu können, sind Aufnahmen aus grösserer Distanz dringen nötig, so z.B. vom Gegenhang, aus Luft- und Satellitenbildern oder 3D-Ansichten in Google-Earth (Abbildung 1.1). Sehr gute Geländeanalysen können mit dem neuen DTM-AV von Swisstopo gemacht werden, indem im GIS ein «hillshade» erstellt

wird, das mit unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen und Überhöhungen dargestellt wird. Um die Mächtigkeit einer tiefgründigen Rutschung ermitteln zu können, sind direkte oder indirekte Messmethoden einzusetzen. Als indirekte Methoden eignen sich die geophysikalischen Methoden der Seismik und Geoelektrik, bei den direkten Methoden Bohrungen mit Instrumentierung, Kernaufnahme, Messung der Hangwasserverhältnisse und Inklinometerdaten.



(a) Permanente Rutschmasse Campo Vallemaggia

(b) Permanente Rutschmasse Brienz, Albulatal

Abbildung 1.1: Übersichtsbilder permanenter Rutschungen. Aus der generellen Talform und der lokalen geomorphologischen Gross- Mittel- und Kleinformen kann die Rutschmasse und deren Mächtigkeit grob abgeschätzt werden. Die rot gestrichelten Linien zeigen die Grossbruchränder, d.h. die Begrenzungen der einzelnen Schollen der permanenten, tiefgründigen Rutschmassen. Aus: Google-Earth.

Einteilung im weiteren Sinne. Rutschungen im weiteren Sinne lassen sich gemäss Abbildung 1.2 in verschiedene Prozesse unterteilen.

Permanente Rutschungen: Rutschungen (meist tiefgründige Rotations- – oder Translationsrutschungen), die sich kontinuierlich und gleichmässig über lange Zeiträume (Jahrhunderte, Jahrtausende) hangabwärts bewegen. Die Bewegungen erfolgen meist längs mehr oder weniger deutlich ausgebildeter, bestehender Gleitflächen. Hinsichtlich der Beurteilung von Schutzmassnahmen ist die Klasse permanenter, tiefgründiger Rutschungen jedoch noch differenzierter zu betrachten. Eine Unterscheidung in tiefgründige (bis 20-30 m u. T.) und sehr tiefgründige (> 30 m u. T.) Rutschungen ist notwendig, weil die Einsatzmöglichkeiten baulich-technischer Massnahmen bei sehr tiefgründigen Rutschungen in vielen Fällen v.a. aus technischen und wirtschaftlichen Gründen eingeschränkt sind. Zudem kann die Beherrschbarkeit sehr tiefgründiger Rutschungen technisch äusserst anspruchsvoll werden [61].

Hangkriechen: Über längere Zeiträume anhaltende langsame Verformungen im Lockergestein oder Fels. Dabei finden bruchlose, kontinuierliche Verformungen auf zahlreichen Kleinsttrennflächen statt. Innerhalb von permanenten Rutschkörpern bilden sich meist Bereiche mit mehr oder weniger ausgeprägtem Hangkriechen.

Spontane Rutschungen: Plötzlich und schnell abgleitende Massen. Es sind Lockergesteinsmassen, die infolge eines plötzlichen Verlustes der Scherfestigkeit unter Ausbildung einer Bruchfläche (=Gleitfläche) plötzlich und schnell abgleiten. Meist sind es flach- bis mittelgründige Translations- oder Rotationsrutschungen. Bei einem hohen Wasseranteil können daraus auch Hangmuren entstehen.

An der übersteilen Stirn einer permanenten Rutschung bilden sich oft spontane Rutschungen, die gelegentlich auch als sog. «Sekundärrutschungen» bezeichnet werden. Bei spontanen Rutschungen bilden sich stets neue Bruchflächen.

Hangmuren : Relativ rasch abfließendes Gemisch aus Lockergestein (meist nur der Boden) und Wasser.

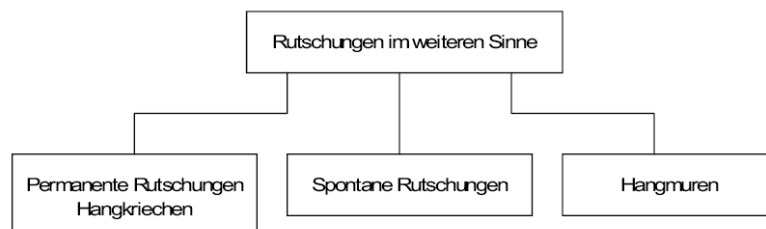


Abbildung 1.2: Schematische Übersicht über verschiedene Typen von Rutschungen. Quelle: [17].

Das raum-zeitliche Verhalten von verschiedenen Rutschungstypen ist in Abbildung 1.3 dargestellt

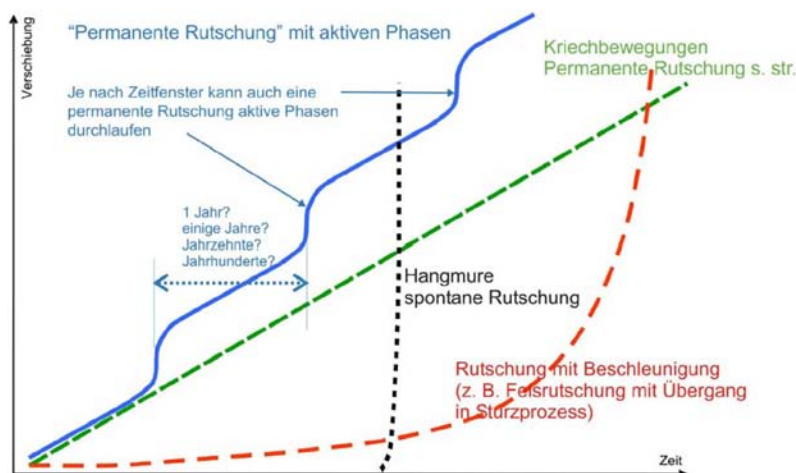


Abbildung 1.3: Raum-zeitliches Bewegungsverhalten von verschiedenen Typen von Rutschungen. Die grünen und die blauen Linie zeigen das Bewegungsbild von permanenten Rutschungen. Quelle: [61].

Bei tiefgründigen Rutschungen sind die Lage einer allfälligen Gleitfläche und das Bewegungsmuster im vertikalen Profil die entscheidenden Merkmale bei der Gefahrenbeurteilung. Inklinometermessungen in Bohrlöchern über eine längere Zeitperioden einerseits und die Messung der Hangwasserverhältnisse andererseits sind zwingend erforderlich, um eine exakte Interpretation der Bewegungen machen zu können. Abbildung 1.4 zeigt verschiedene Bewegungsbilder.

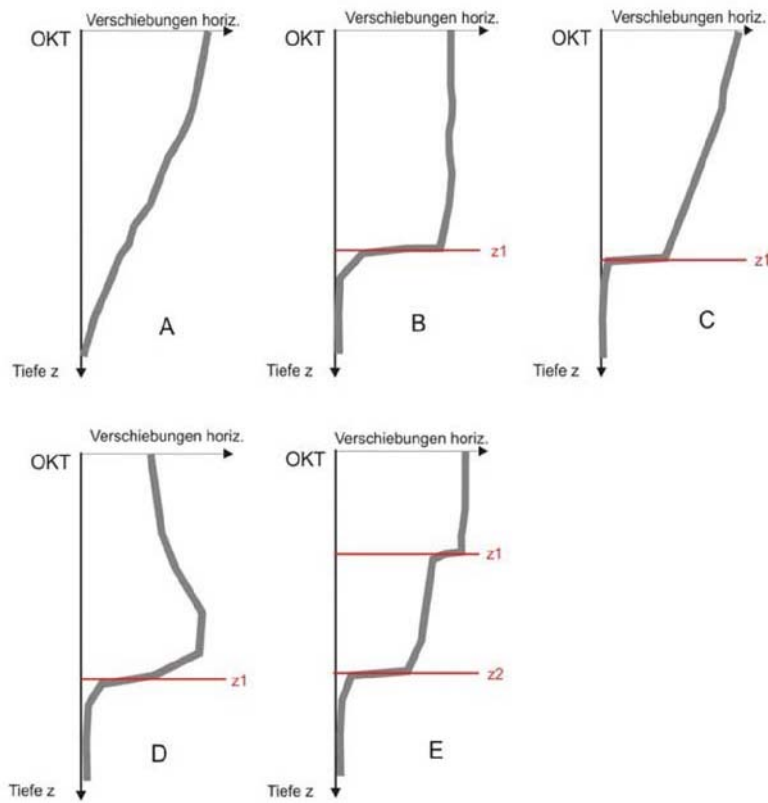


Abbildung 1.4: Beispiele möglicher Bewegungsbilder in Vertikalschnitten instabiler Hänge. A: gleichförmige Kriechbewegungen; B: gleichmäßige Bewegungen oberhalb deutlich ausgebildeter Gleitfläche in Tiefe z_1 ; C wie B, aber überlagert durch Kriechbewegungen; D: unregelmäßige Bewegungen oberhalb einer Gleitfläche in Tiefe z_1 mit Bewegungsmaxima unterhalb der Terrainoberfläche; E: Rutschkörper mit zwei deutlich ausgebildeten Gleitflächen z_1 , z_2 Quelle: [61].

1.2 Risikoanalyse beim Prozess der permanenten, tiefgründigen Rutschungen

s.a. Teil A, S. 9ff

1.2.1 Gefahrenanalyse

1.2.1.1 Ereignisanalyse

Wie bei allen andern gefährlichen Naturprozessen erfolgt die Gefahrenbeurteilung einerseits auf der Basis von früheren Ereignissen mit der Analyse der Einträge im Ereigniskataster. Die Untersuchungen gliedern sich in verschiedene Arbeitsschritte. Neben der Auswertung der vorhandenen Gutachten und Ereignisaufzeichnungen werden mit Hilfe einer Luftbildanalyse (Fotogeologie) die sensiblen Gebiete ausgeschieden und die grossen zusammenhängenden Formen der Tektonik und Geomorphologie kartiert (siehe Grundlagenkarten).

Ein weiterer wichtiger Teil ist die Analyse von Daten aus der amtlichen Vermessung. Bei permanenten, tiefgründigen Rutschungen sind lange Messreihen von geodätischen Messpunkten als Grundlage für die Gefahrenbeurteilung zwingend erforderlich. Ebenso sind die Analyse von Luftbildern aus verschiedenen Zeiträumen und neu auch Analysen von Radarinterferometrie - Messungen sehr hilfreich.

Da das Wasser die treibende Kraft von Rutschungen ist, ist der Analyse der Historie des Rutschverhaltens besondere Beachtung zu schenken (geodätische Messreihen korrelieren mit der Niederschlagsgeschichte, Schneeschmelze, Erosion am Hangfuss, Erdbeben, anthropogene Einflüsse, Landnutzung, usw.).

Entsprechend den geologischen Gegebenheiten werden die geotechnischen Eigenschaften (Innere Reibung und Durchlässigkeit) abgeschätzt oder anhand Bohrkernen bestimmt.

Bei der Geländeanalyse werden mittels geologischer- und geomorphologischer Kartierung alle Phänomene aufgenommen, die im Zusammenhang mit Rutsch- und Kriechprozessen eine Bedeutung haben, und in der Grundlagenkarte (Karte der Phänomene) dargestellt. Ebenfalls sind innerhalb der meist sehr grossräumigen permanenten Rutschkörpern auch Formen von flach- und mittelgründigen Rutschungen zu kartieren, sie können Hinweise auf Bewegungsaktivitäten in den tiefgründigen Rutschkörpern geben. Die Verschiebungsvektoren von Messpunkten müssen ebenfalls in der Grundlagenkarte dargestellt werden. Mit der synoptischen Darstellung all dieser Elemente kann das Prozessverständnis massiv erleichtert werden.

Als Ergebnis der Ereignisanalyse werden die massgebenden Szenarien festgelegt, welche mit dem Auftraggeber abgestimmt und entsprechend begründet werden müssen.

1.2.1.2 Wirkungsanalyse

In der Wirkungsanalyse wird die Intensität der als massgebend betrachteten Szenarien bestimmt. Für Rutschprozesse wird die Intensität als Geschwindigkeitskriterium definiert. Basis für die Bestimmung der Bemessungsparameter Geschwindigkeit sind Messungen im Gelände über längere Zeiträume und geologisch- geotechnische Analysen, bzw. Analogieschlüsse zu dokumentierten Ereignissen. Aus Schadenbildern alleine können bei fehlender zeitlicher Dokumentation keine verlässlichen Bewegungsgeschwindigkeiten abgeleitet werden.

In den Empfehlungen 1997 zur Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamen Tätigkeiten [45], sind die entsprechende Werte für schwache, mittlere und starke Intensitäten tabellarisch zusammengestellt (Tabelle 1.1).

Tabelle 1.1: Kriterien zur Beurteilung der Intensität von Rutschprozessen gemäss Empfehlungen [45] auf S. 26.

Prozess	schwache Intensität	mittlere Intensität	starke Intensität
Rutschung	$v \leq 2$ cm/Jahr	v : dm/Jahr (> 2 cm/Jahr)	starke Differentialbewegungen; $v > 0.1$ m/Tag bei oberflächlichen Rutschungen; Verschiebungen > 1 m pro Ereignis
Hangmure potentiell	$M < 0.5$ m	$0.5 \text{ m} < M < 2$ m	$M > 2$ m
Hangmure real	–	$h < 1$ m	$h > 1$ m
Ansenkung, Dolinen	–	Dolinen	–

M = Mächtigkeit der mobilisierbaren Schicht;

h = Mächtigkeit der Ablagerung durch Hangmure;

v = langfristige durchschnittliche Rutschgeschwindigkeit.

Für die Beurteilung der Rutschungen wurde vom BWG in Ergänzung zu den Richtlinien von 1997 [45] eine Studie an die AGN, Arbeitsgruppe Geologie und Naturgefahren der Schweizerischen Fachgruppe für Ingenieurgeologie, SFIG, in Auftrag gegeben. Diese Studie zeigt eine Möglichkeit, die komplexen Rutschprozesse differenziert zu beurteilen. Nachfolgend sind die wichtigsten Elemente dieser Studie [17] bezüglich der permanenten Rutschungen zusammengefasst.

Die AGN schlägt auf Basis der in den Richtlinien 1997 vorgegebenen Intensitätsstufen schwach, mittel und stark, vor, mit sog. Ver- und Entschärfungsparametern die Einstufung differenzierter vorzunehmen. Dazu wurde ein Flussdiagramm entwickelt, das als Entscheidungshilfe verwendet werden kann (Abbildung 1.5).

Weitere detaillierte Informationen zum Vorschlag AGN sind in der zitierten BWG Studie enthalten [17].

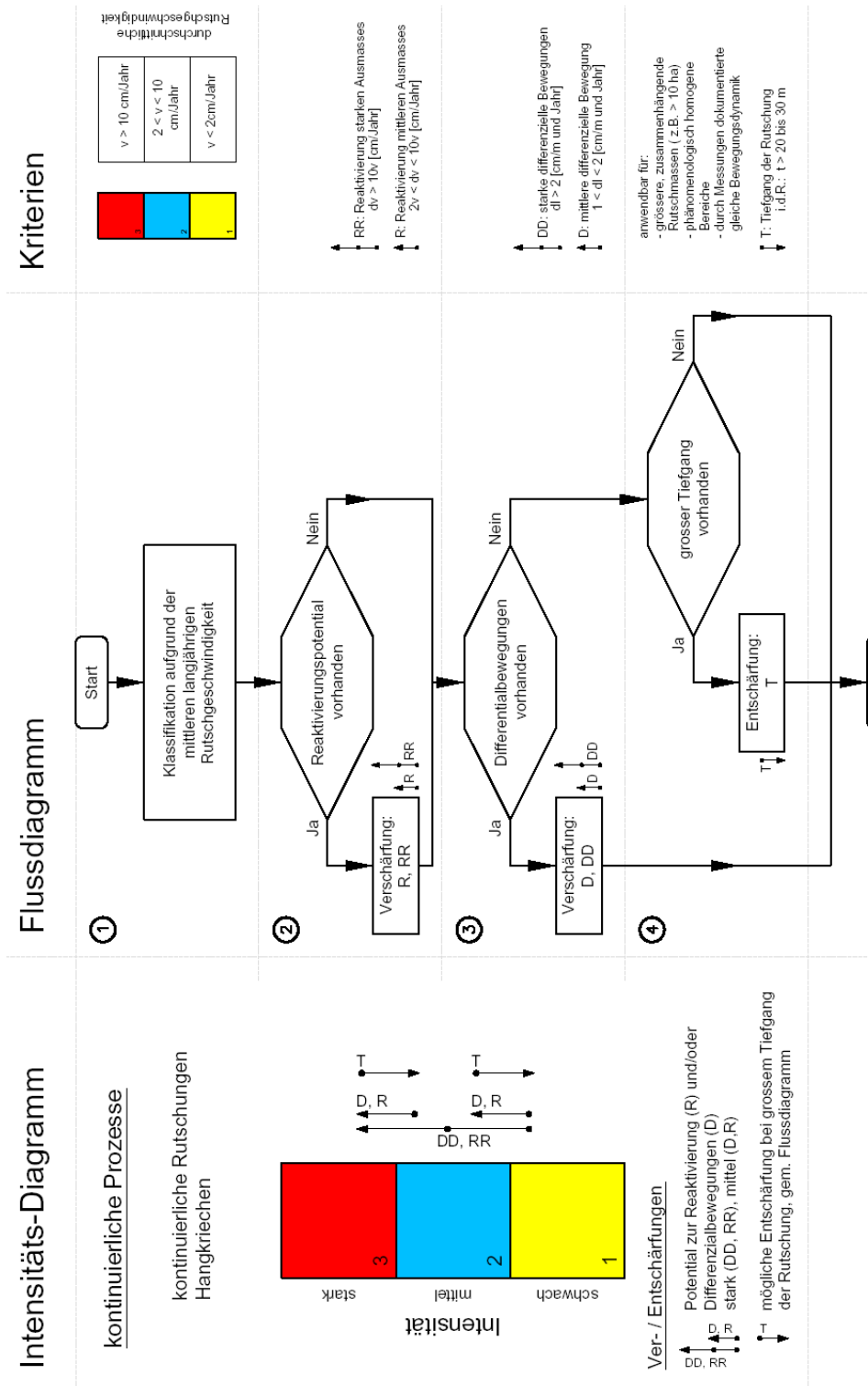


Abbildung 1.5: Flussdiagramm und Kriterien zur Beurteilung von permanenten Rutschungen; Quelle: [17]

1.2.2 Expositionsanalyse

Permanente Rutschungen können Gebäude, Infrastrukturen, Verkehrswege sowie ober- und unterirdische Leitungen beeinträchtigen. Permanente Rutschungen sind immer in Bewegung und haben somit eine ausreichend grosse «Vorwarnzeit». Nach extremen Niederschlagsperioden z.T. noch in Verbindung mit der Schneeschmelze können permanente Rutschungen temporär und lokal oder als gesamter Rutschkomplex aktiviert werden. Zum Beispiel wurden bei der Schneeschmelze nach dem Jahrhundertwinter 1999 im Frühjahr 2000 zahlreiche permanente Rutschkörper aktiviert.

Da permanente Rutschungen in der Regel kleine Verschiebungsbeträge aufweisen und grossflächig auftreten, sind Objekte mit kleiner Ausdehnung nur geringen Kräften ausgesetzt und «schwimmen» in der Regel auf der Rutschmasse mit. Anders ist es an den Rändern der Rutschgebiete oder in Gebieten mit differenziellen Bewegungen. Hier können auf kurzen Distanzen sehr grosse differenzielle Bewegungen auftreten. Falls Objekte direkt auf diesen Scherbereichen liegen, ist die Schadenempfindlichkeit hoch. Da aber die Bewegungen relativ klein sind, können Personen in den Objekten rechtzeitig die Gefahrenstellen verlassen und somit ist die Letalität generell sehr gering bis vernachlässigbar.

1.2.3 Konsequenzenanalyse

Bei der Konsequenzenanalyse wird für jedes Objekt im Prozessraum bestimmt, ob und in welchem Mass (Intensität) es durch Rutschbewegungen betroffen ist. Expositionsanalysen können bei Bedarf (siehe oben) durchgeführt werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn innerhalb des permanenten Rutsch-Perimeters Stellen vorhanden sind (übersteile Stirnbereiche), wo spontane Rutschungen möglich sind. Objekte in Bereichen mit differenziellen Bewegungen unterliegen Scherkräften, die sie stark beanspruchen und zur langsamen Zerstörung führen können (Abbildung 1.6).

Da die lokale Position und die Bauart/Struktur des Gebäudes sehr entscheidend für die Schäden und damit die Risiken sind, ist die Definition einer einheitlichen Schadenempfindlichkeit für ein Objekt sehr schwierig und nicht empfehlenswert. Für Objekte im Bereich von differenziellen Scherbewegungen ist die Schadenempfindlichkeit generell hoch anzusetzen. In Bereichen mit kontinuierlichem Hangkriechen eher gering. Für eine genaue Risikoanalyse ist es jedoch unabdingbar die lokale Situation genau zu untersuchen.

1.3 Risikobewertung

s.a. Teil A, S. 39ff

Da bei den permanenten Rutschungen in der Regel nur Sachwerte betroffen sind, müssen primär auch nur Sachrisiken bewertet werden. Wenn innerhalb einer grossflächigen permanenten Rutschmasse Bereiche mit einer Disposition zu spontanen Rutschungen und Hangmuren vorhanden sind, müssen diese Geländestellen mit den im Einflussbereich dieser Prozesse liegenden Objekte und Personen separat bewertet werden. Eine doppelte Bewertung (permanente und spontane Rutschungen) ist gegebenenfalls erforderlich.



(a) Stützmauer im Bereich mit differentiellen Bewegungen. Die Mauer wird zerrissen und verschoben. Der Handlauf aus Stahl wird duktil verbogen (Verschiebung ca. 0.5 cm / Jahr).



(b) Gebäude auf Scherzone. Das Gebäude wird diagonal zerrissen, die Struktur kann den Scherkräften nicht standhalten. Seitenmauer und Decke werden gegenseitig verschoben, die Türe kann nicht mehr geschlossen werden.



(c) Gebäude auf Kriechhang innerhalb einer tiefgründigen permanenten Rustchmasse. Dank den duktilen Bauteilen aus Holz wird das Gebäude nicht zerrissen, sondern macht die Bewegung mit und steht schief.

Abbildung 1.6: Auswirkungen von permanenten Rutschungen auf Gebäude. Beispiele aus Seewis, Prättigau, Graubünden.

1.4 Massnahmenplanung und Massnahmenbewertung

s.a. Teil A, S. 49ff

Die Planung von Massnahmen gegen permanente Rutschungen erfordert die genaue Kenntnis des Aufbaus des Untergrundes mit allfälligen Gleithorizonten, den Bodenkennwerten und der Hangwasserverhältnisse. Der Interaktion mit anderen Prozessen wie Wildbachprozesse, Erosion, Infiltration, usw. ist ebenfalls Beachtung zu schenken. Im PLANAT-Projekt «PROTECT» [61] werden dazu ausführliche Erörterungen gegeben. Deshalb wird hier nur kurz auf die wichtigsten Grundsätze eingegangen.

Tabelle 1.2: Gliederung der Schutzmassnahmen bei Rutschungen.

Technische Massnahmen	Biologische Massnahmen
Materialabtrag	Schutzwald
Entwässerung, Wasserfassung und -ableitung	Ingenieurbiologische Massnahmen
Stützmauern	Bodenverbesserung
Anker(-wände)	Organisatorische Massnahmen
Pfähle / Pfahlwände	Warnsysteme
Stabilisierung Hangfuss	Evakuierung und Sperrung
Objektschutz	Intervention und Rettung
	Raumplanerische Massnahmen
	Umsiedelung

Allgemein gilt, dass bei der Planung von Massnahmen die oben erwähnten Untersuchungen umfassender an die Hand genommen werden müssen, als dies in der Regel bei der Ausarbeitung einer

Gefahrenkarte der Fall ist. Es müssen ausreichend Informationen hinsichtlich der Bestimmung von Gründigkeit, Bewegungsmuster und Intensität, sowie der Abgrenzung der Szenarien vorhanden sein (Bandbreite möglicher Entwicklungen des Hangsystems, inkl. «Extremfall»).

Die wesentlichen Massnahmenkategorien sind:

- Veränderung der Hangwasserverhältnisse (Drainagetechniken s.l.);
- Absenkung des Hangwasserspiegels und des Porenwasserdrucks in der Rutschmasse oder an der Gleitfläche (Entlastungsbohrungen, Schächte, usw.);
- Schutz vor Entlastung am Hangfuss.

Die Massnahmen werden oft kombiniert eingesetzt. Bei Massnahmenkombinationen bilden Entwässerungen fast immer einen Bestandteil davon. Massnahmen können auch zeitlich gestaffelt erfolgen. Unter dem Aspekt der Optimierung kann es sinnvoll sein, im Rahmen eines Gesamtkonzeptes die Wirkung einer Massnahmen-Etappe abzuwarten, bevor eine weitere realisiert wird.

1.4.1 Bestimmen der Wirksamkeit

Im Rahmen des Projekt A3 «PROTECT» wurde eine allgemeine Vorgehensweise zur Beurteilung der Wirkung von Schutzmassnahmen sowie spezifische Arbeitshilfen u.a. für die Beurteilung von Hangentwässerungen verschiedenster Art, Verankerungen und ähnlichen Bautypen, Injektionen und Ähnlichem, Stützwerke und Schutzwald entwickelt [61]. Die generelle Vorgehensweise soll ein einheitliches, nachvollziehbares und transparentes Vorgehen gewährleisten und kann bei der Beurteilung jeglicher baulicher und biologischer Massnahmen zur Gefahrenabwehr eingesetzt werden. Die spezifischen Arbeitsanleitungen führen schrittweise durch die Beurteilung und beziehen die Prozesse, die Schutzbauwerke und die Wechselwirkungen detailliert mit ein. Sie bieten deshalb eine wesentliche Unterstützung zur Analyse der Wirksamkeit solcher Bauwerke.

Nicht behandelt werden in dieser Anleitung organisatorische Massnahmen respektive allgemein nicht-strukturelle Massnahmen zur Risikoreduktion. Zur Abschätzung ihrer Wirksamkeit bestehen heute im Bereich der Rutschprozesse kaum gesicherte Grundlagen. Solche Massnahmen sind deshalb immer im Einzelfall zu beurteilen, möglichst unter Einbezug von Erfahrungen aus anderen Gebieten.

1.4.2 Berechnen der Kosten

Die Kosten von Massnahmen werden als jährliche Kosten gemäss Gleichung 5.1 (Teil A, Seite 57) bestimmt. Für die Investitionskosten existieren gegenwärtig keine Richtwerte; diese müssen im Einzelfall bestimmt werden. Ebenso gibt es für die Bestimmung der jährlichen Betriebs-, Unterhalts- und Reparaturkosten keine allgemeinen Werte. Die Werte müssen daher im Einzelfall erhoben und dokumentiert werden.

1.4.3 Ermitteln optimaler Massnahmenkombinationen

Eine nach ökonomischen Kriterien optimale Massnahme wird nach der Methode des Grenzkostenansatzes bestimmt. Dazu werden mehrere Massnahmen bezüglich ihrer Kostenwirksamkeit miteinander verglichen und die jeweils kostenwirksamsten Massnahmen werden aufeinander aufbauend definiert. Dies bedeutet, dass jede weitere Massnahme auf der vorherigen Massnahme aufbauen muss. Anhand der Risikoreduktion und der zugehörigen Kosten kann die gewählte Massnahmenkombination in ein Risiko-Kosten-Diagramm eingetragen werden. Werden jeweils nur die kostenwirksamsten Massnahmen ausgewählt, dann kommen die Punkte im Diagramm auf einer Kurve zu liegen, die als untere Begrenzung aller möglichen Massnahmen im Risiko-Kosten-Diagramm definiert ist (siehe auch Teil A, Abbildung 5.2, Seite 60). Ist die Ausscheidung einer Variante gemäss dem Grenzkostenansatz nicht möglich (z.B. zu wenige Massnahmen, Kombination nicht möglich), dann wird das Nutzen-Kosten-Verhältnis einer Massnahme oder einer Massnahmenkombination bestimmt. Die Beurteilung nach Kostenwirksamkeit sollte jedoch der Beurteilung nach dem Grenzkostenansatz nachgeordnet sein, da sie nicht zwangsläufig zur ökonomisch optimalen Massnahme führt.

Da es sich bei Rutschungen meist um grossräumige Phänomene handelt und an diesen Standorten spezifische Bedingungen herrschen, drängen sich oft nur eine oder zwei Varianten oder Variantenkombinationen auf. Es ist sehr schwierig bzw. auch zum Teil die Wirkung einer Einzelmassnahme auf den Prozess zu beurteilen. In diesem Falle müssen pragmatische Lösungen gesucht werden. Die Kostenwirksamkeit muss jedoch trotzdem nachgewiesen werden, bei fehlenden Kombinationsvarianten muss u.U. mit der Zitierung von analogen, erfolgreichen Projekten der Nachweis untermauert werden.

1.4.4 Bewertung von Massnahmen

Damit Massnahmen bewertet werden können, müssen sie vor einer ökonomischen Prüfung nach den Kriterien der Grenzkosten oder der Kostenwirksamkeit folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Tragsicherheit und Funktionalität muss für das Bemessungsereignis erfüllt sein;
- Die Gebrauchstauglichkeit muss nachgewiesen sein;
- Die Massnahme muss auf eine optimale Lebensdauer ausgelegt sein;
- Aufgaben der Kontrolle, Unterhalt und Reparatur müssen verbindlich geregelt sein.

Auf der Basis dieser Grundlagen kann die Massnahmenoptimierung nach dem Grenzkostenkriterium vorgenommen werden. Dabei stellt sich die optimale Massnahme als der Punkt auf der Risiko-Kosten-Kurve dar, bei dem eine Tangente mit Steigung -1 (bei gleichen Einheiten auf beiden Achsen) die Kurve berührt (Teil A, Abbildung 5.2, Seite 60).

Wird die Effizienz nicht nach dem Grenzkostenprinzip sondern nach dem Nutzen-Kosten-Verhältnis bestimmt, so muss das Nutzen-Kosten-Verhältnis grösser oder gleich 1 sein, damit eine Massnahme als kostenwirksam beurteilt werden kann.

1.4.5 Weitere Einflussfaktoren

Neben den ökonomischen Kriterien sind weitere, auch sogenannte «weiche» Faktoren in den Entscheid einzubeziehen (Teil A, Abschnitt 5.4, Seite 52f).

Da eine Risikoanalyse i.d.R. auf dem aktuellen Stand bezüglich einwirkenden Prozess und dem vorhandenen Schadenpotential beruht, wird die zeitliche Entwicklung eines Raumes nicht abgebildet.

Das Vorgehen gemäss Risikokzept wird im Folgenden anhand eines Beispiels aus der Praxis dargestellt.

Kapitel 2

Fallbeispiel Ollon-Villars, Gemeinde Villars, Kanton Waadt

2.1 Einleitung

Eine der grössten permanenten Rutschungen in den Préalpes du Chablais befindet sich auf dem Gemeindegebiet von Villars sur Ollon. Der Untergrund besteht aus Kalken, Mergeln und tonigen Schiefern der Helvetischen Decken und den Penninischen Klippen, mit Überschiebungen von Flysch Decken. Die Geländeterrasse besteht aus tonreichen lokalen Moränen. Auf diesen Terrassen befinden sich die Siedlungen Villars, Chesières und Arveyes.

In diesen Terrassen (Abbildung 2.1) sind grosse Grund- und Hangwasservorkommen vorhanden. Sie fliessen von den Dolinen der Kalk- und Gips - Formationen in den Untergrund. Die undurchlässigen Schichten der Tonschiefer, Mergelkalke und Anhydritgesteine, die die Basis der quartären Moränenbedeckung bilden, wirken als Wasserstauer.

Die grössten Instabilitäten in der Terrasse von Villars liegen im Bereich von La Saussaz. Dieser Rutschbereich ist seit dem Rückzug des würmeiszeitlichen Rhonegletschers aktiv.

2.2 Gefahrenanalyse

2.2.1 Grundlagen

Bereits in der geologischen Karte, Blatt Les Diablerets von 1940 (Prof. Lugeon), wurde das Gebiet von Villars sur Ollon als permanente tiefgründige Rutschung bezeichnet.

Das Rutschgebiet weist eine Fläche von 1.2 km² auf und hat eine maximale Mächtigkeit von 35 m. Die Gleitfläche befindet sich an der Grenze zwischen der Moräne und dem Tonschiefer der Arveyes Decke. Die Bewegungen zeigen eine klare Korrelation zu meteorologischen Bedingungen im Einzugsgebiet. Das Grundwasser ist stellenweise artesisch gespannt. Zwischen einzelnen Rutschpaketen bestehen differenzielle Bewegungen.

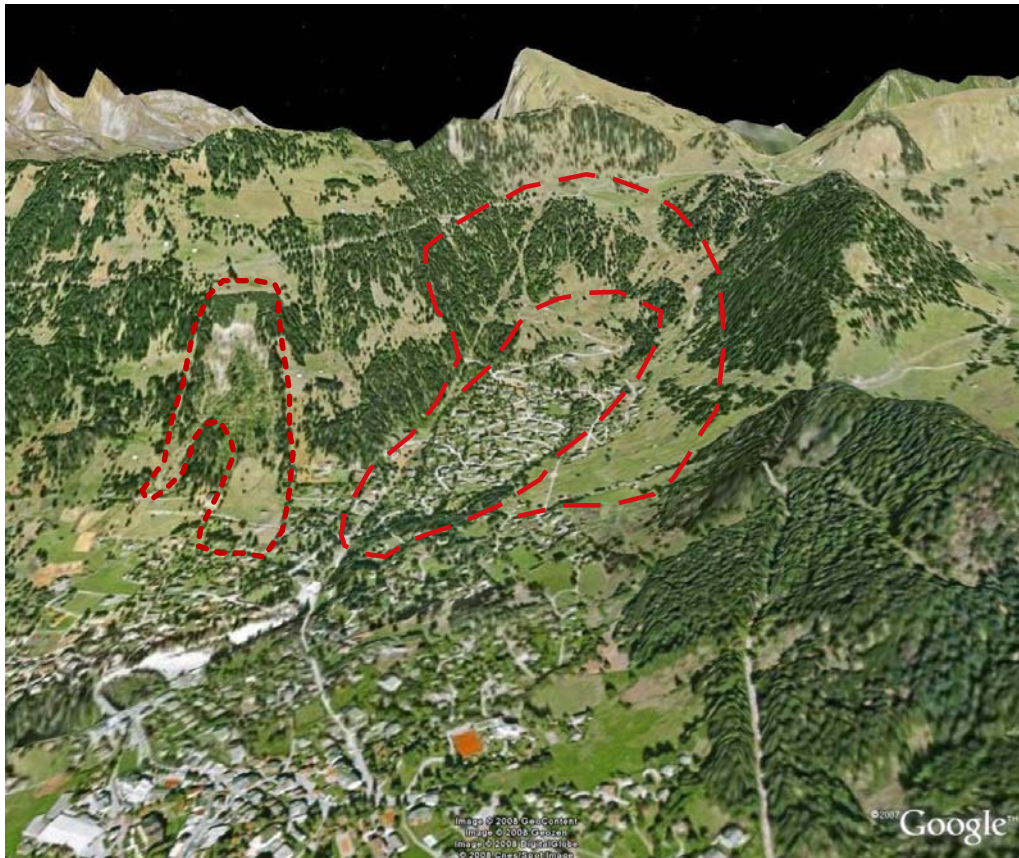


Abbildung 2.1: Geländeterrasse von Villars sur Ollon mit der permanenten Rutschung La Saussaz im Zentrum als 3D – Ansicht. Die rot gestichelte Linie zeigt die grossräumige Abgrenzung der permanenten Rutschmasse von Villars sur Ollon und La Saussaz. Quelle: Google Earth.

2.2.2 Geländebefunde

Mit der Kartierung der Phänomene konnten die verschiedenen Aktivitätsbereiche identifiziert werden. An der Oberfläche ist eine Vergesellschaftung von allen Phänomenen der tief-, mittel- und flachgründigen Rutschungen zu erkennen. An den linearen Strukturen der Strassen sind Bruchmechanismen durch Risse erkennbar. Im Gerinnenetz sind an Bruchrändern horizontale und vertikale Versätze im Gerinneverlauf erkennbar.

Die tiefgründigen Kriechbewegungen sind an der Oberfläche nicht klar abgebildet, da Bewegungen in den obersten, lockeren Deckschichten absorbiert werden. Die Folgeschäden (Risse) aus den Kriechbewegungen an Gebäuden und Strassen werden kontinuierlich ausgebessert, wodurch viele Spuren verwischt werden.

Die Inklinometermessungen in Bohrlöchern sowie die geodätische Vermessung von Fixpunkten zeigten periodische Reaktivierungen der Rutschmasse. Aus diesen Beobachtungen und Messresultaten konnten die Bereiche mit unterschiedlichen Bewegungsraten in der Intensitätskarte festgehalten werden.

2.2.3 Ereignisanalyse und -szenarien

Die periodisch auftretenden Einzelereignisse wie beispielsweise die Verschiebung eines Mastes der Gondelbahn im November 1979 oder die Absenkung eines Wasserreservoirs 1999 zeigten, dass grosse differenzielle Bewegungen stattfinden. Die photogrammetrischen Analysen über die Perioden 1974-1980 und 1980-1986 zeigten die Aktivitätsbereiche flächenhaft. Daraus konnte eine hohe Intensität der Massenbewegung für die mittlere Zone der Rutschmasse und eine mittlere bis schwache Intensität für die Fuss-Zone der Rutschung abgeleitet werden.

Das unterschiedliche Verhalten der Rutschmasse bezüglich der Intensitäten ergibt sich aus der lithologischen Zusammensetzung des Rutschkörpers mit unterschiedlichen Wassergehalten. Es entstehen aufgrund der sehr unterschiedlichen hydrogeologischen- und hydraulischen Verhältnisse immer wieder Situationen bei denen sich einzelne Schollen schneller bewegen und es zu differentiellen Bewegungen kommt. Die Entstehung solcher Situationen ist sehr eng mit dem Witterungsverlauf, der Niederschlagsvorgeschichte und der Schneeschmelze gekoppelt. Es liessen sich daher keine Szenarien mit definierten Häufigkeiten festlegen.

Die mittlere Tiefe der Gleitfläche liegt in ca. 25 m Tiefe (Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1: Resultate der Erkundungsbohrungen im Rutschgebiet La Saussaz.

Bohrung	Höhe	Gleitebene	Wasserzustand	Gleitfläche
SC8	1475 m ü. M.	-12 bis - 16 m		
SC4	1476 m ü. M.	-26 bis - 32 m	Überdruck	-25 bis -29 m
SC2	1482 m ü. M.			-32 m ?
SC1	1510 m ü. M.	- 31 m	Arteser	-31 bis -33 m

2.2.4 Wirkungsanalyse

2.2.4.1 Grundlagen

Die Grundlagen für die Wirkungsanalyse waren primär der Ereigniskataster und die Szenarien bezüglich der Aktivität von differentiellen Scherbewegungen. Die Wirkung dieser Szenarien im Sinne von Intensität und räumlicher Ausdehnung wurde, basierend auf dem jüngsten Ereignis von 1999 mit 100 cm Verschiebung in einem Tag und dem Ereignis von 1979 mit Verschiebungswerten des Gondelbahn Mastes von 10 bis 30 cm definiert.

2.2.4.2 Intensitätskarten

Die Intensitätskarten wurden gemäss den Empfehlungen «Berücksichtigung der Massenbewegungsgefahren bei raumwirksamer Tätigkeit» [45] und den Empfehlungen der AGN 2004 [17] mit den Klassen stark, mittel und schwach dargestellt.

Zur Erstellung der Intensitätskarten wurden Daten der geodätischen Vermessung und Inklinometermessungen in Bohrlöchern über die Zeitperioden 1974-1980 und 1980-1986 verwendet. Diese Daten lieferten Punktinformationen zusammen mit den geomorphologischen Elementen, die in der

Karte der Phänomene erfasst wurden; damit konnten homogene Intensitätsbereiche zusammengefasst werden (Abbildung 2.2).

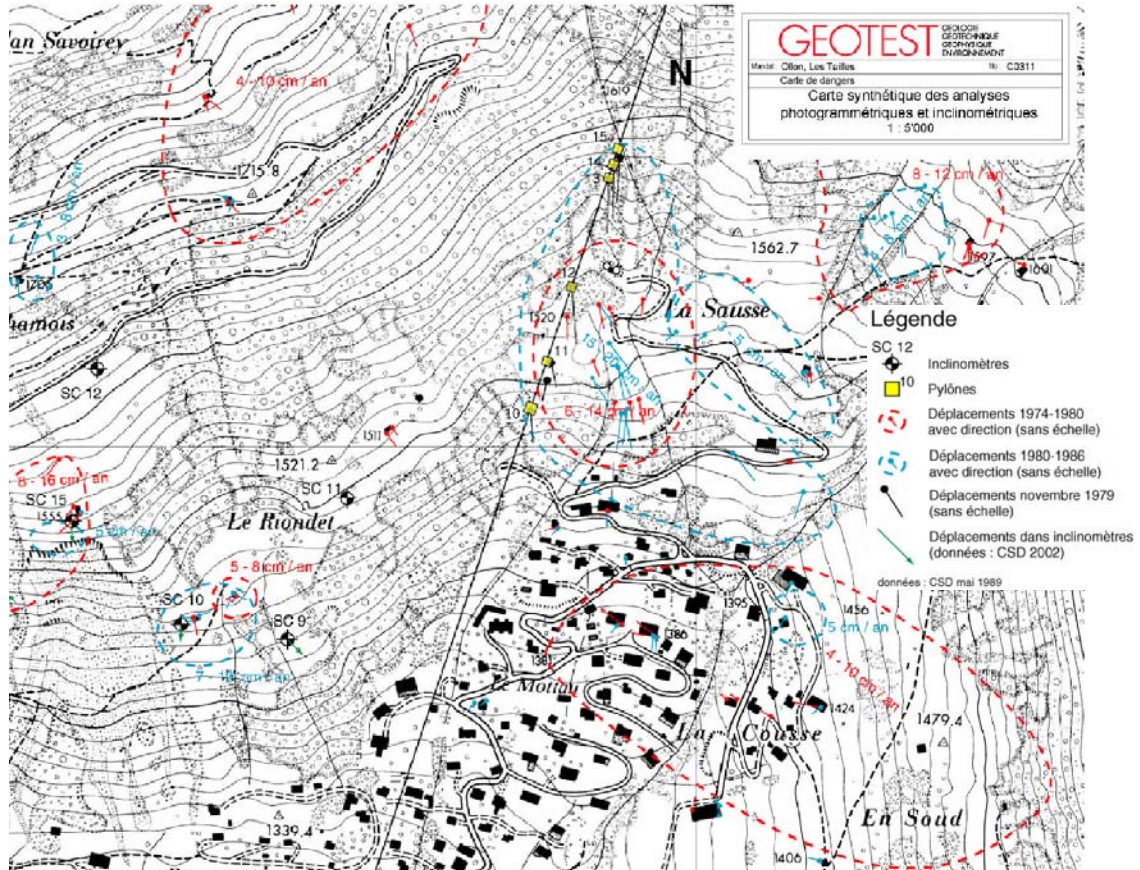


Abbildung 2.2: Ausschnitt aus der Karte mit zusammengefassten Intensitätsbereichen basierend auf Messdaten und geomorphologischen Phänomenen. Die Gebiete mit starker und mittlerer Intensität sind mit gestrichelten roten- und blauen Linien abgegrenzt.

2.3 Expositionsanalyse

2.3.1 Ermittlung der exponierten fixen Objekte

Im Perimeter mit Geländeinstabilitäten gibt es ein Wegnetz mit Erschliessungsstrassen, eine Gondelbahn sowie Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser. Insgesamt sind 110 Gebäude mit total 555 Wohneinheiten betroffen.

2.3.2 Ermittlung der exponierten Personen

Die meisten exponierten Personen in La Saussaz befanden sich in Ferienwohnungen, die sowohl im Winter als auch im Sommer belegt sind. In einer Wohneinheit halten sich durchschnittlich 2.24 Personen auf. In den 555 Wohneinheiten von La Saussaz befinden sich somit rund 1'243

Personen, wobei für Ferienwohnungen ein ortsspezifischer Belegungsgrad angenommen werden musste.

2.4 Konsequenzenanalyse

Da die Letalität von Personen in einem Gebäude, das auf einem kontinuierlich rutschenden Hang steht, praktisch null ist, ergibt sich kein Schadenausmass für Personen.

Neben den Gebäuden wird die Gondelbahn durch den Rand des Rutschungsgebietes tangiert. Mehrere Masten der Anlage sind auf instabilem Terrain fundiert. Die Risiken für die Bahn und die Bahnbenutzer konnte direkt aus den Verschiebungsdaten der einzelnen Masten abgeleitet werden. Die Grenzwerte für Verschiebungen sind in den Betriebskonzessionen festgehalten.

In Geländebereichen, wo aus übersteilen kontinuierlich kriechenden Partien spontane Rutschungen auftreten können, mussten diese Stellen spezifisch untersucht und die Risiken lokal nach den Kriterien der spontanen Rutschungen ermittelt werden. In den dargestellten Kartenausschnitten waren jedoch keine spontanen Rutschungen ausgeschieden worden.

2.5 Risikoermittlung

2.5.1 Kollektive Risiken

Für die Risikoberechnung wurde der aktuelle Zustand der kontinuierlichen Rutschung berücksichtigt. Für das massgebende Szenario wurde eine Jährlichkeit von 300 Jahren angenommen. Das jährliche Gesamtrisiko beläuft sich auf 52'687 CHF.

2.5.2 Individuelle Risiken

Im untersuchten Beispiel ergab sich für Personen in Gebäuden und im freien Gelände kein individuelles Todesfallrisiko. In Geländebereichen, wo spontane Rutschungen auftreten können, bestehen für Personen sowohl ausserhalb als auch innerhalb von Gebäuden individuelle Todesfallrisiken, die spezifisch ermittelt werden mussten. Im vorliegenden Fall waren diese jedoch untergeordnet.

2.6 Risikobewertung

2.6.1 Kollektive Risiken

Es wurden nur kollektive Sachrisiken für ein Objekt und ein Szenario berechnet. Auf eine Bewertung wurde daher verzichtet.

2.6.2 Individuelle Risiken

Da keine individuellen Risiken berechnet wurden, entfiel eine Bewertung.

2.7 Mögliche Schutzmassnahmen

Technische Massnahmen. Eine definitive, langfristige Sanierung der Rutschung ist technisch sehr schwierig und aufwändig. Die bewegte Masse in La Saussaz ist so gross, dass eine mechanische Stabilisierung durch Verankerung, Dammbau oder Pfählung unmöglich ist.

Horizontale Drainagebohrungen, die im Jahr 1999 nach einem Rutschereignis erstellt wurden, können wegen der starken Bewegungen auseinander gerissen werden. Die Funktionstüchtigkeit kann nicht kontrolliert und garantiert werden. Diese Massnahme kann bei der Gefahrenbeurteilung (nach Massnahmen) somit nicht berücksichtigt werden, obwohl der hydraulische Überdruck im Grundwasser über der Rutschmasse gesenkt werden konnte.

Als wirksame und kontrollierbare Massnahme wurde ein tiefliegender Drainagetunnel vorgeschlagen. Diese Massnahme sieht folgendes System vor (Abbildung 2.3):

- Tunnel im stabilen Fels unterhalb der Gleitfläche der Rutschung;
- Ausgehend vom Tunnel werden Drainagebohrungen in den darüberliegenden wasserführenden Rutschkörper erstellt.

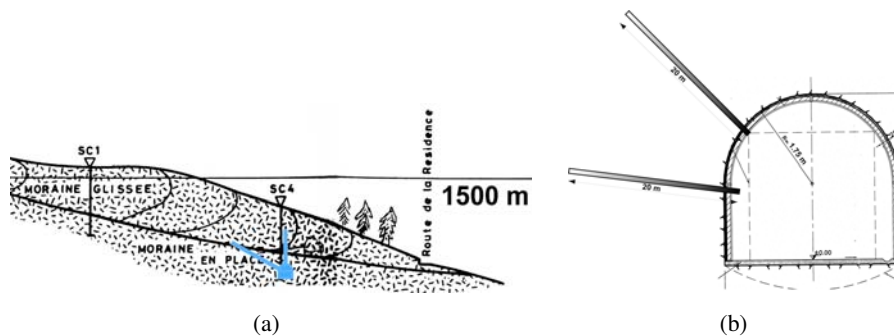


Abbildung 2.3: Längsschnitt durch die Rutschung La Saussaz mit skizziertem Drainagetunnel und Bohrungen (a); Skizze Querschnitt Drainagetunnelprofil und Drainagebohrungen (b).

2.8 Wirksamkeit

Mit der Ausführung der geplanten Massnahmen des Drainagetunnels und der Drainagebohrungen vom Tunnel aus konnte das Gefahrenpotential nicht vollständig eliminiert werden. Die Intensität der permanenten Rutschung konnte jedoch vermindert werden. Die hydraulischen Gegebenheiten in der Rutschmasse konnten jedoch nicht vollumfänglich kontrolliert werden, deshalb kann eine Reaktivierung von Teilen der Rutschung nicht ausgeschlossen werden.

Nach Massnahmen ergibt sich ein Risiko von 919 CHF. Da keine Personenrisiken bestehen, handelt es sich ausschliesslich um Sachrisiken. Vergleicht man diesen Wert mit demjenigen vor Erstellung der Massnahme von CHF 52'687 so ergibt sich eine massive Risikoreduktion.

2.9 Kosten

Es war mit totalen Investitionskosten in Höhe von rund 15 Millionen CHF zu rechnen. Bei einer angenommenen Lebensdauer der Massnahme von 80 Jahren ergaben sich jährliche Kosten (inkl. Unterhalt und Amortisation) von 560'000 CHF.

2.10 Massnahmenbewertung

Die Gegenüberstellung der mit den aufwändigen technischen Massnahmen erzielten Risikoverminderung und der jährlichen Kosten der Massnahmen ergab ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0.1 (Tabelle 2.2). Dieses schlechte Verhältnis erklärt sich daher, weil die Massnahmen relativ teuer sind, aber nur Sachrisiken in die Berechnung eingehen.

Tabelle 2.2: Ausgangsrisiko, Restrisiko nach Massnahmen, jährliche Kosten der Massnahmen und Nutzen-Kosten-Verhältnis der Massnahmen.

Massnahme	Risiko [CHF/a]	Kosten [CHF/a]	N-K-Verhältnis
Ausgangssituation	52'687		
Drainagetunnel	919	560'000	0.1

2.11 Weitere Einflussfaktoren

Es wurden keine weiteren Einflussfaktoren für die Massnahmenbewertung berücksichtigt.

Kapitel 3

Fazit

Da permanente Rutschungen über lange Zeiträume aktiv sind, entstehen bei nicht angepasster Bauweise immer wieder Schäden an Gebäuden, Verkehrswegen und Infrastrukturanlagen. Da permanente Rutschgebiete in der Regel tiefliegende Gleitflächen haben, und die hydraulischen Bedingungen im Untergrund sehr inhomogen sind, ist es sehr schwierig, Risikoanalysen im Sinne des vorgeschlagenen Risikokonzepts durchzuführen und wirksame und gut kontrollierbare Massnahmen zur Stabilisierung der Rutschungen zu realisieren. Auch ist es praktisch nicht möglich, die Wirksamkeit einzelner Massnahmen zu beurteilen. Dies wirkt erschwerend auf die Bewertung von Massnahmen. Alle Arten von Massnahmen sind grundsätzlich sehr kostspielig und der Unterhalt ist aufwändig.

Personen sind in diesen Gebieten weder innerhalb noch ausserhalb von Gebäuden gefährdet.

Aus der Kombination dieser Fakten ergeben sich bei Risikoanalysen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen in der Regel auch schlechte Nutzen-Kosten-Verhältnisse. Für den Entscheid zur Realisierung von Massnahmen müssen demzufolge auch noch andere soziopolitische Kriterien zugezogen werden.

Kapitel 4

Richtwerte EconoMe

Für eine detaillierte Risikoanalyse müssen die Objekteigenschaften (Einheitswerte und Objekttypen), die Schadenempfindlichkeit von Objekten, die Letalität von Personen und die räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit der Prozesse im Einzelfall beurteilt werden. Als erste Annäherung können die Standwerte aus EconoMe (www.econome.admin.ch) herangezogen werden. Diese Werte sind im Folgenden für den Prozess permanente Rutschung zusammengefasst.

Tabelle 4.1: Richtwerte Prozess Permanente Rutschung nach EconoMe 1.0, Stand 23.02.2009. Die Letalität in einer Intensität berechnet sich als Produkt von Schadenempfindlichkeit und Letalitätsfaktor der jeweiligen Intensität.

Objektklassen	Basiswert [SFr.]	Einheit	Schadenempfindlichkeit			Letalitätsfaktor		
			Intensität			Intensität		
			schwach	mittel	stark	schwach	mittel	stark
Gebäude¹								
Wohninheit (à 2.24 Personen) Einfamilienhaus	650000.00	Stück	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Wohninheit (à 2.24 Personen) Mehrfamilienhaus ²	550000.00	Stück	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Garage (Parkinheit inkl. Fahrhabe), freistehende Garagenbox ³	60000.00	Stück	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Hotel - Gästehaus	492.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Industrie-/Gewerbegebäude	280.00	m ³	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Einkaufszentrum	540.00	m ³	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Schule/Kindergarten	580.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Spital	850.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Kirche	720.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Bahnhof	530.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Stationsgebäude Mechanische Aufstiegshilfe	500.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Sportanlage (Gebäude)	370.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Öffentliche Gebäude	810.00	m ³	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Stall	180.00	m ³	0.001	0.005	1.00	0	0	0
Schuppen / Remise	80.00	m ³	0.001	0.005	1.00	0	0	0

¹ Alle mit Einheit m³: Zur Bestimmung des Objektwertes wird die Fläche aus dem Parzellenplan bestimmt und die Höhe des Gebäudes wird im Gelände geschätzt (über Anzahl Stockwerke à 3m).

² I.d.R. pro Briefkasten = 1 Wohninheit; Wenn einfach eruierbar, dann gelten 2 Studios oder 2Zi als eine Wohninheit.

³ Als Garage gilt eine freistehende bzw. angebaute Garagenbox. Tiefgaragenplätze sind nur bei den relevanten Prozessen zu berücksichtigen; sie müssen im Einzelfall beurteilt und nummeriert werden.

Tabelle 4.1: Richtwerte Prozess Permanente Rutschung nach *EconoMe 1.0, Stand 23.02.2009 (Fortsetzung)*.

Objektklassen	Basiswert [SFr.]	Schadenempfindlichkeit			Letalitätsfaktor			
		Einheit	Intensität schwach	Intensität mittel	Intensität stark	Intensität schwach	Intensität mittel	Intensität stark
Sonderobjekte⁴								
Kraftwerk		Stück	0.001	0.010	1.00	0	0	0
ARA		Stück	0.001	0.010	1.00	0	0	0
Deponie		Stück	0.000	0.001	0.10	0	0	0
Campingplatz		Stück	0.001	0.100	0.50	0	0	0
Schutzbauwerk		Stück	0.001	0.100	0.80	0	0	0
Wasserreservoir		Stück	0.100	0.500	1.00	0	0	0
Sendeanlage (Funk, TV, usw.)		Stück	0.010	0.200	0.80	0	0	0
Strassenverkehr								
Nationalstrasse, 25 m Breite	9500.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Kantonsstrasse, 12 m Breite	4100.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Gemeindestrasse, 8 m Breite	2300.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Feldweg, Waldweg (asphaltiert)	700.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Feldweg, Waldweg (mit Kiesbelag)	500.00	m'	0.001	0.010	0.80	0	0	0
Brücke:								
Einzelfahrzeuge (4m Breite)	16000.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Gemeindestrasse (8m Breite)	24000.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Kantonsstrasse (12m Breite)	36000.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0

⁴grossflächige Objekte die als Flächen mit den Intensitätskarten verschnitten werden müssen um die Anteile am Gesamtwert der Anlage zu bestimmen. Das Verwaltungsgebäude soll als separates Objekt z.B als Wohninheit erfasst werden.

Tabelle 4.1: Richtwerte Prozess Permanente Rutschung nach EconoMe 1.0, Stand 23.02.2009 (Fortsetzung).

Objektklassen	Basiswert [SFr.]	Einheit	Schadenempfindlichkeit			Letalitätsfaktor		
			schwach	mittel	stark	schwach	mittel	stark
Autobahnbrücke (25m Breite)	75000.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Schienenverkehr								
Einspur	6300.00	m'	0.010	0.100	0.50	0	0	0
Doppelspur	10400.00	m'	0.010	0.100	0.50	0	0	0
Eisenbahnbrücke								
Brücke Einspur	280000.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Brücke Doppelspur	420000.00	m'	0.010	0.100	1.00	0	0	0
Sonderobjekte Bahn								
Schaltposten	650000.00	Stück	0	0	0.50			
Durchtrennung Kabelanlage innerhalb des Kabelkanals (pro Schadenstelle)	21000.00	Anz.	0	0	0.50			
Mechanische Aufstieghilfe								
Skilift		m'	0.100	0.500	1.00	0	0	0
Sessellift		m'	0.500	1.000	1.00	0	0	0
Gondelbahn		m'	0.500	1.000	1.00	0	0	0
Luftseilbahn		m'	0.500	1.000	1.00	0	0	0
Standseilbahn Zahnradbahn		m'	0.300	0.500	0.80	0	0	0
Leitungen								
Hochspannungsleitung (Mast) ≤ 60 kV	400000.00	Mast	0.010	0.100	1.00			
Hochspannungsleitung > 60 kV	1000000.00	Mast	0.010	0.100	1.00			
Freileitung (Strom) inkl. Masten		m'	0.001	0.050	1.00			

Tabelle 4.1: Richtwerte Prozess Permanente Rutschung nach EconoMe 1.0, Stand 23.02.2009 (Fortsetzung).

Objektklassen	Basiswert [SFr.]	Einheit	Schadenempfindlichkeit			Letalitätsfaktor		
			schwach	mittel	stark	schwach	mittel	stark
Strom unter Terrain		m'	0.010	0.100	1.00			
Wasser auf Terrain		m'	0.010	0.100	1.00			
Wasser unter Terrain	800.00	m'	0.100	0.500	1.00			
Gas auf Terrain		m'	0.010	0.100	1.00			
Gas unter Terrain	600.00	m'	0.100	0.500	1.00			
Telekommunikation auf Terrain		m'	0.001	0.050	1.00			
Telekommunikation unter Terrain	1500.00	m'	0.050	0.300	1.00			
Abwasser unter Terrain	1200.00	m'	0.100	0.500	1.00			
Landwirtschaft, Grünanlagen und Wald								
extensive Fläche (Weideland)	1400.00	a	0.010	0.100	0.50			
intensive Fläche (Ackerland und Mähwiesen)	1600.00	a	0.010	0.200	1.00			
Schutzwald	1000.00	a	0	0	0.40			
Nutzwald	200.00	a	0.010	0.100	0.60			
Rebberg	6000.00	a	0.001	0.100	1.00			
Gemüsekultur	5000.00	a	0.001	0.100	1.00			
Obstplantagen		a	0.001	0.100	1.00			
Parkanlage		a	0.001	0.100	1.00	0	0	0
Golfanlage (Aussenanlage)	6500.00	a	0.001	0.100	1.00	0	0	0
Friedhof		a	0.001	0.100	1.00	0	0	0
Sportanlage (Aussenanlage)		a	0.001	0.100	1.00	0	0	0

Tabelle 4.1: Richtwerte Prozess Permanente Rutschung nach EconoMe 1.0, Stand 23.02.2009 (Fortsetzung).

Objektklassen	Basiswert	Einheit	Schadenempfindlichkeit	Letalitätsfaktor
	[SFr.]		Intensität schwach mittel stark	Intensität schwach mittel stark
Räumliche Auftretenswahrscheinlichkeit p_{rA}			Szenarien (Jährlichkeit) 30 100 300	
alle Objekte			1.00 1.00 1.00	