

Bericht und Antrag des Regierungsrats an den Landrat

17. August 2010

Nr. 2010-440 R-150-13 Bericht und Antrag des Regierungsrats an den Landrat zum Postulat Paul Jans, Erstfeld, für eine wintersichere Zufahrt von Realp nach Hospental und umgekehrt

1. Ausgangslage

Am 8. April 2009 reichten Landrat Paul Jans, Erstfeld, und die zweitunterzeichnenden Helen Simmen, Realp, und Paul Bennet, Andermatt, nach Artikel 83 der Geschäftsordnung (GO) des Landrats das Postulat "Für eine wintersichere Zufahrt von Realp nach Hospental und umgekehrt" ein. Sie verlangten vom Regierungsrat einen Bericht (im Anhang), welcher die unter Abschnitt 3 gestellten Fragen beantworten soll.

In seiner Antwort vom 18. August 2009 erklärte sich der Regierungsrat bereit eine gesamtheitliche Beurteilung vorzunehmen und den verlangten Bericht vorzulegen. In der Session vom 21. Oktober 2009 hat der Landrat das Postulat überwiesen.

Da Landrat Peter Tresch in derselben Session eine Interpellation zur Wintersicherheit der Strasse im Urner Oberland einreichte, umfasst die risikotechnische Untersuchung im nachfolgenden Bericht neben der Furkastrasse und der Matterhorn-Gotthard-Bahn (MGB)-Strecke zwischen Hospental und Realp, auch den Abschnitt der Gotthardstrasse im Urner Oberland.

Um eine gesamtheitliche Sicht für die Bedeutung der "Wintersicherheit" eines Verkehrswegs zu erhalten, sind verschiedene Elemente zu beurteilen, nämlich:

- Die Gefährdung von Verkehrsteilnehmenden durch Lawinen, das heisst, das Risiko, beziehungsweise die Wahrscheinlichkeit für eine verkehrsteilnehmende Person, durch eine Lawine getötet zu werden.

- Die Höhe des materiellen Schadens, der durch die Reduktion der Verfügbarkeit des Verkehrswegs durch vorübergehende Sperrungen des Verkehrswegs aufgrund der Gefährdung durch Lawinen entsteht.
- Der Aufwand, der Nutzen sowie die Auswirkungen auf Umwelt und Wirtschaft, die durch Massnahmen zur Reduktion der Gefährdung durch Lawinen entstehen.

Schwergewichtig wurde in den Abklärungen vor allem der erste Punkt untersucht, da die notwendigen statistischen Unterlagen für die wirtschaftlichen Beurteilungen der aktuellen und zukünftigen Situation nicht zur Verfügung stehen.

2. Vorgehen

Diese Abklärungen wurden durch eine direktionsübergreifende Arbeitsgruppe, zusammengesetzt aus J. Marx, Leiter Abteilung Naturgefahren von der Sicherheitsdirektion, P. Vorwerk, J. Zwyer und E. Frei, von der Baudirektion, sowie A. Burkard, vom Ingenieurbüro wasser/schnee/lawinen in Brig, als externer Experte durchgeführt. A. Burkard hat schon viele Abklärungen dieser Art für Strasse und Bahn, auch in den benachbarten Kantonen, durchgeführt. Fallweise war auch die Matterhorn-Gotthard-Bahn (MGB) durch Willi In-Albon, Mitglied der Geschäftsleitung und Leiter Infrastruktur, in die Untersuchungen involviert.

Mit dem Bericht leistet der Regierungsrat dem Auftrag des parlamentarischen Vorstosses Folge.

3. Antrag des Regierungsrats

Der Regierungsrat beantragt dem Landrat, folgenden Beschluss zu fassen:

1. Der Bericht des Regierungsrats zur Sicherheit der Kantonsstrassen in Ursern und im Urner Oberland wird zur Kenntnis genommen.
2. Das Postulat Paul Jans, Erstfeld, wird als materiell erledigt abgeschrieben.

Anhänge:

- Anhang 1: Bericht des Regierungsrats
- Anhang 2: Studie Risikoanalyse Lawinen von André Burkard, Ingenieurbüro wasser/schnee/lawinen, Brig (ohne Anhänge)

Bericht

des Regierungsrats an den Landrat

zum Postulat

von Paul Jans, Erstfeld,

und

Zweitunterzeichnende

für eine wintersichere Zufahrt

von Realp nach Hospental und umgekehrt

Bericht des Regierungsrats

für eine wintersichere Zufahrt von Realp nach Hospental und umgekehrt.

1. Lawinenwarndienst und Alarmierungssystem heute

Der Kanton Uri verfügt heute über einen breit abgestützten und gut funktionierenden Lawinenwarndienst. Zusammen mit den eingespielten Teams des Betriebs Kantonsstrassen, dem Pikettdienst des Amtes für Betrieb Nationalstrassen (AfBN), der Kantonspolizei und den Diensten der weiteren Verkehrsträger, Baustellen und Gemeinden ergibt sich daraus eine vernetzte, fachlich kompetente Organisation, die fast verzugslos für die Gewährleistung der Sicherheit einsatzbereit ist.

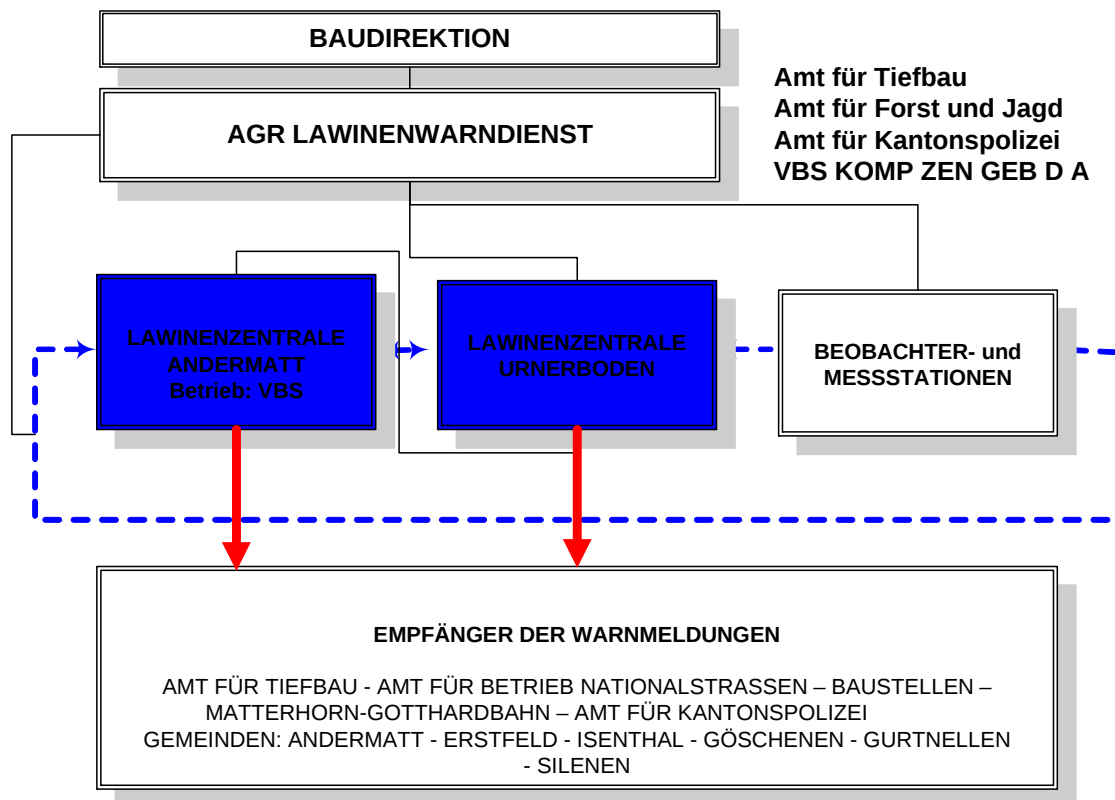
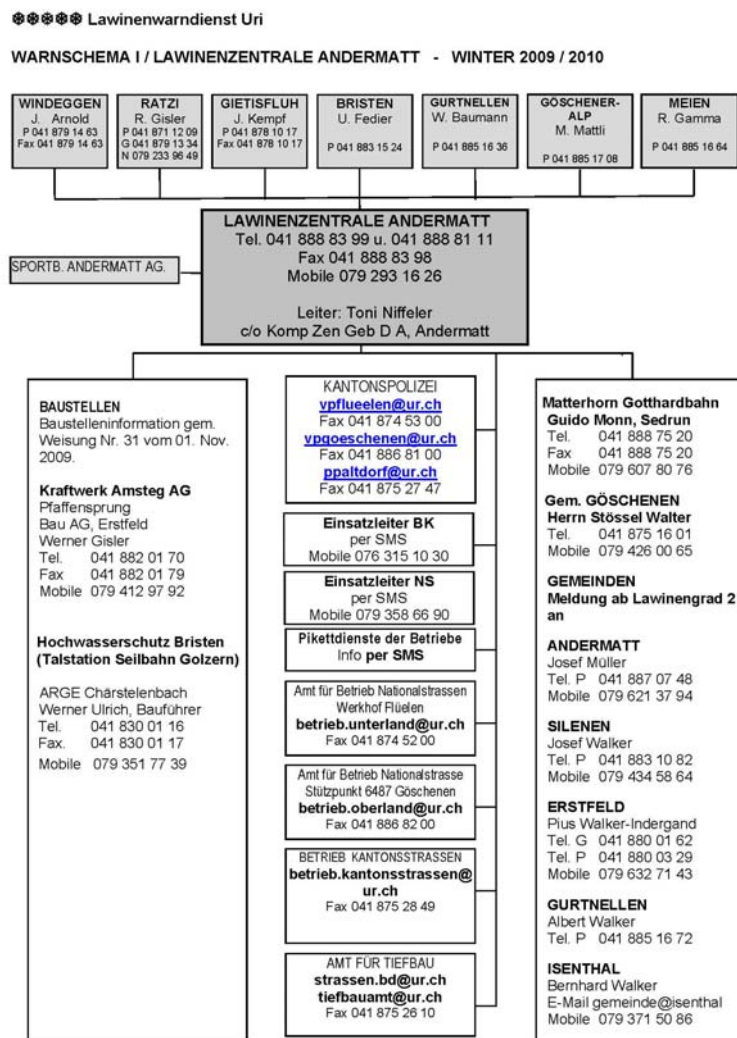


Abbildung 1: Organigramm des Lawinenwarndienstes der Baudirektion

Der Lawinenwarndienst setzt sich aus Mitarbeitern der Sicherheits- und Baudirektion, Mitarbeitern des VBS (Kompetenzzentrum für den Gebirgsdienst der Armee) und Privatpersonen zusammen. Im Winter sind zirka 20 Personen an den Aufgaben des Lawinenwarndienstes beteiligt. Mit dem Forschungsinstitut für Schnee und Lawinen in Davos (SLF) besteht eine enge Zusammenarbeit. Einerseits erbringen verschiedene Mitglieder des Lawinenwarndienstes Dienstleistungen für das Institut, andererseits besuchen sie die Weiterbildungskurse, die in Davos durchgeführt werden. Die Arbeitsgruppe Lawinenwarndienst Uri kann auf ein gut aus-

gebildetes Team mit grossem Erfahrungsschatz zurückgreifen. Durch die Arbeitsgruppe Lawinenwarndienst Uri wird der Lawinenwarndienst jedes Jahr aufs Neue aufgrund der gemachten Erfahrungen angepasst; vor allem werden die Alarmierungsabläufe überprüft und in der jährlichen Weisung festgehalten.



Bitte allfällige Anweisungen der Lawinen-Zentrale für die Weitermeldung befolgen.

Warnschema I ab 15. Jan. 2010, Andermatt.doc

H. Kempf

Abbildung 2: Informations- Alarmierungsablauf der Lawinenzentrale Andermatt

Das operative Kernelement des Lawinenwarndienstes sind die Lawinenzentralen Andermatt und Urnerboden:

- Die Lawinenzentrale Urnerboden deckt in Zusammenarbeit mit der Lawinenzentrale des Tiefbauamts Glarus die Klausenstrasse vom Urnerboden bis Linthal ab.
- Die Lawinenzentrale Andermatt, die durch Mitarbeiter des VBS betrieben wird, deckt das übrige Kantonsgebiet von Seelisberg bis Realp ab.

Auf der Grundlage der überregionalen Gefahrenbeurteilung durch das SLF, den Meldungen und Messungen der lokalen, auf das Kantonsgebiet verteilten Beobachter und der automatischen Messstationen des interkantonalen Mess- und Informationssystems IMIS erarbeitet die Lawinenzentrale eine regionale / lokale Gefahrenbeurteilung für jeden Abschnitt der Kantons- und Nationalstrassen und weiterer Verkehrsträger.



Abbildung 3: Beobachter- und Messstationen im Kanton Uri

Die entsprechenden Lawinenwarngrade, welche die geographische Lage und die vorhandenen Schutzmassnahmen der Strassenabschnitte mitberücksichtigen, werden den Informationsempfängern gemäss Warnschema übermittelt. Bei jeder Änderung der Lawinensituation, falls notwendig permanent während 24 Stunden, werden die Gefahrengrade aktualisiert. Die Übermittlung erfolgt per SMS, E-Mail oder Fax. Für die Übermittlung wurde bisher mit Erfolg das Informations- und Alarmierungssystem MIKADO des Kantons Uri benutzt. In speziellen schwierigen Situationen ist die Lawinenzentrale auch dauernd mit den verschiedenen Entscheidungsträgern vor Ort in telefonischem Kontakt.

Auf diesen Grundlagen zusammen mit der eigenen Erfahrung entscheiden die zuständigen, ortskundigen Verantwortlichen der Strasse über die notwendigen Massnahmen wie Auslösung von Vorinformationen, Sperrung des Strassenabschnittes, präventive Massnahmen und Aufhebung von Sperrungen. Für die Kantonsstrassen sind die jeweiligen Rottenchefs, deren Stellvertreter oder die gerade diensthabenden Mitarbeiter und Einsatzleiter die ortskundigen Verantwortlichen. An sie ist die Kompetenz delegiert, einen Strassenabschnitt jederzeit und sofort zu sperren, falls sie dies aus Sicherheitsgründen als notwendig erachten (Sicherheit kommt zuerst!). Anschliessend haben sie selbstverständlich ihre vorgesetzten Stellen über die getroffenen Massnahmen zu informieren. Diese können, falls sie zu einer anderen Beurteilung kommen, einen anderen Entscheid treffen.

Dank der langjährigen Erfahrung, der permanenten Weiterbildung dieser Mitarbeiter in Kursen des SLF oder durch interne Schulung und den vielen Erkenntnissen über die kritischen Lawinenzüge können die Strassensperrungen, selbstverständlich abhängig von der jeweiligen meteorologischen Situation, laufend "optimiert" werden.

2. Zusammenfassung der Ergebnisse der Untersuchungen

Wie gross sind eigentlich die Risiken für Verkehrsteilnehmende auf den untersuchten Kantonsstrassen?

Die Antwort auf diese Frage ist der Ausgangspunkt für alle weiteren Überlegungen. Als Hilfsmittel und Grundlagen dienten dabei die Lawinenkarten und Aufzeichnungen des Kantons Uri sowie Praxishilfen des Bundesamtes für Umwelt (siehe Anhang, Auszug des Berichts von A. Burkard, Abschnitt 6, Lawinen Risikoanalyse).

Von den letzten 20 bis 30 Jahren liegen die detaillierten Aufzeichnungen über Lawinenniedergänge auf die Strasse oder Bahnlinie vor. Dabei wurde jeweils festgehalten, ob die Lawine auf die offene oder auf die bereits geschlossene (gespernte) Strasse und/oder Bahnlinie niederging und ob es zu Unfällen und Verletzten gekommen ist. Die errechneten Risiken aufgrund der erfassten Ereignisse, der Topographie der Lawinenzüge und des Verkehrsaufkommens sind sowohl auf der Furkastrasse zwischen Hospental und Realp, als auch auf der Gotthardstrasse zwischen Gurnellen und Göschenen sehr klein. Diese bereits geringen Ausgangsrisiken werden durch die aktuellen Sicherheitselemente, nämlich vorsorgliche Sperrungen von Strassenabschnitten, rechtzeitige Warnungen und Informationen des Lawinenwarndienstes und präventive Auslösungen von Lawinen, noch einmal massiv reduziert. Die Auswertungen bestätigen dem heutigen Vorgehen eine hohe Wirksamkeit. So wurde zum Beispiel das Risiko über den aufgezeichneten Zeitraum auf dem Abschnitt Hospental bis Realp durch die angeordneten Sperrungen und sonstigen Massnahmen um 75 Prozent

herabgesetzt. Dies zeigt, dass die organisatorischen Massnahmen greifen. Selbstredend wird durch solche Vorkehrungen die Verfügbarkeit der Strassen reduziert. Da die Verfügbarkeit des Strassennetzes im Winter von der jeweiligen meteorologischen Situation abhängig ist, leuchtet ein, dass eine 100-prozentige Verfügbarkeit nie erreicht werden kann.

Jahr	Gespernte Std. /Jahr	Verfügbarkeit der Strasse in %
1998	17.5	99,80
1999	696.5	91,49
2000	121	98,52
2001	0	100.00
2002	56.5	99,35
2003	100	98,85
2004	39.5	99,55
2005	9	99,90
2006	91.5	98,85
2007	0	100.00
2008	85.5	98,96
2009	259.5	96,83
Ø 1998-2009:		98,50

Abbildung 4: Verfügbarkeit der Furkastrasse zwischen Hospental und Realp

Eine Auswertung der Sperrzeiten infolge Lawinengefahr, Lawinenniedergängen und Schneeräumungen für den Strassenabschnitt Hospental bis Realp der letzten zwölf Jahre ergibt eine durchschnittliche Verfügbarkeit der Strasse von 98,5 Prozent. Will man diese Verfügbarkeit noch merklich erhöhen, ist dies nur mit umfangreichen baulichen Massnahmen wie Galerien oder Tunnels möglich. Auf der Furkastrasse wäre mindestens der Abschnitt Hospental bis Zumdorf und dies mindestens auf dem Abschnitt "Böschen" auf einer Länge von zirka 1,5 km auf diese Art zu sichern. Die Kosten dafür dürften sich auf zirka 45 bis 55 Millionen Franken belaufen. Auf der Gotthardstrasse würde zum Schutz gegen die Wilerplanggenlauri (südlich von Gurtellen Wiler) allein eine Galerie von zirka 500 m Länge etwa 15 bis 20 Millionen Franken kosten.

Diese Schutzbauten müssten allein durch den Kanton und eventuell durch interessierte Dritte finanziert werden, da die Furkastrasse als schweizerische Hauptstrasse keine projektbezogenen Bundesbeiträge erhält und weil die Risiken auf der Gotthardstrasse im Urner Oberland so gering sind, dass der notwendige Aufwand den Kostenwirksamkeitskriterien des Bundes nicht genügen.

Neben den finanziellen Aspekten haben bauliche Massnahmen ebenso wie systematische, präventive Sprengungen auch Einfluss auf die Umwelt, insbesondere auf die Landschaft und

damit direkt und indirekt auch auf den Tourismus. Diese Einflüsse müssten ebenfalls zuerst abgeschätzt und beurteilt werden, da nicht auszuschliessen ist, dass sie mindestens teilweise den Entwicklungszielen und touristischen Interessen zuwiderlaufen.

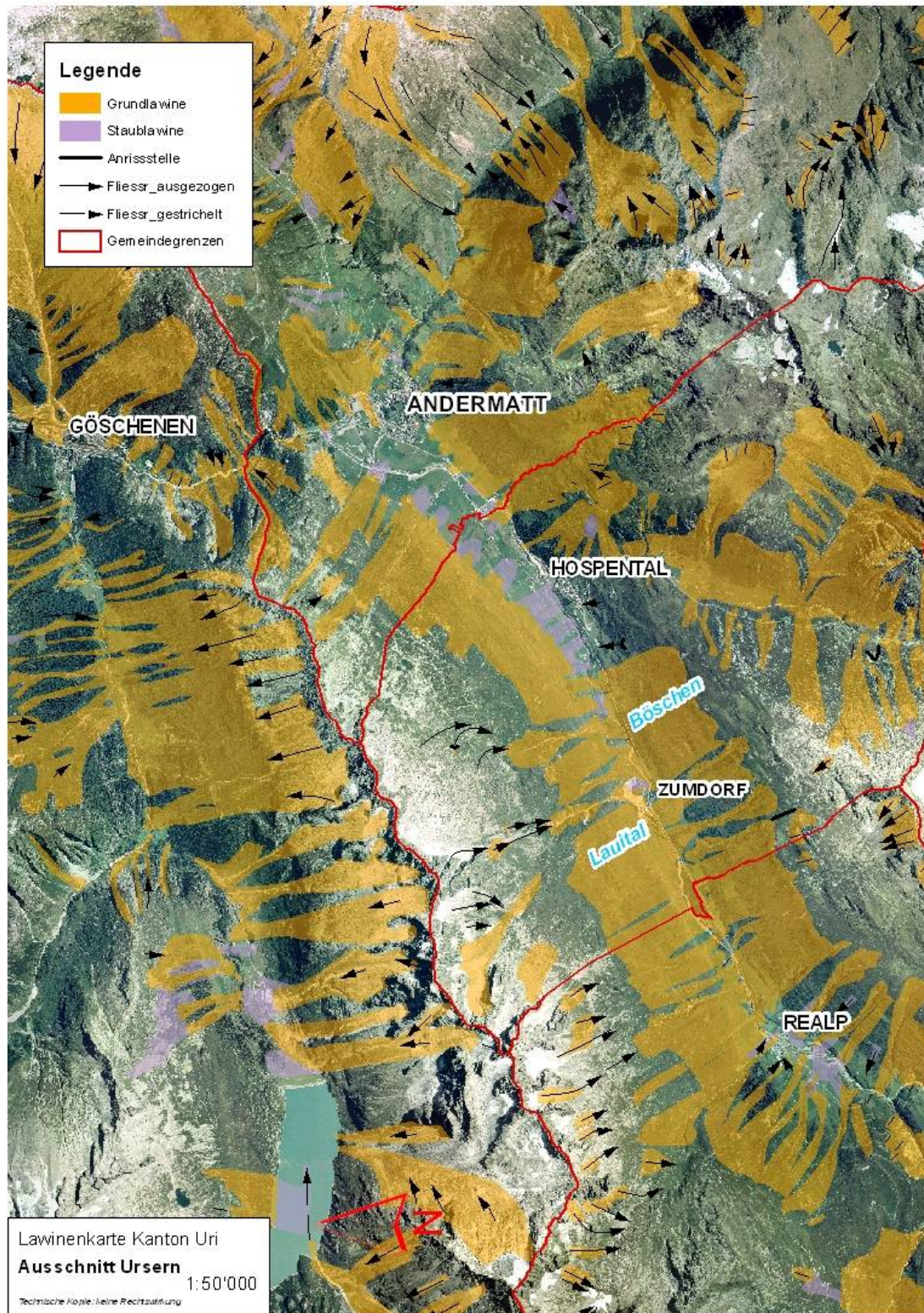


Abbildung 5: Lawinenkarte Ausschnitt Ursern / Hintergrund Orthofoto

3. Konkrete technische Untersuchung und Beurteilung der beiden Strassenabschnitte Furkastrasse (Hospental bis Realp) und Gotthardstrasse (Gurtellen bis Göschenen) sowie der Bahnstrecke Hospental bis Realp der Matterhorn-Gotthard-Bahn.

3.1 Vorgehen bei der Risikoermittlung

In einer Risikoanalyse wurden mit der BAFU-Methodik die Strassen und Bahnabschnitte untersucht. In einem ersten Schritt wurde das Ausgangsrisiko ohne Berücksichtigung von Massnahmen und in einem zweiten Schritt die Gefährdung unter Berücksichtigung der heutigen organisatorischen Massnahmen, der vorsorglichen Sperrungen, der künstlichen Auslösungen usw. ermittelt. Als Mass für diese Risikohinweise wird die statistische Anzahl Todesfälle pro Jahr verwendet. Sie errechnet sich im Wesentlichen aus dem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen, dem Einflussbereich und der Wiederkehrdauer einer Lawine. Insgesamt wurden 48 Lawinenzüge betrachtet. 45 wiesen eine Wiederkehrdauer für die Verschüttung des Verkehrswegs von weniger als 100 Jahren auf und wurden weiter untersucht. Davon liegen 33 Lawinenzüge im Urserntal zwischen Andermatt und Realp und zwölf im Urner Oberland zwischen Gurtellen und Göschenen.

3.2 Urserntal: H19.1 Furkastrasse Hospental bis Realp und Matterhorn-Gotthard-Bahn

3.2.1 Die errechneten Risiken

Die höchsten Ausgangsrisiken sind bei den Lawinenzügen Böschenlauri, Chäsertallauri, Rinbortlauri, Wyssbachlauri, Kleingrubenlauri, Spitzegglaui, Lauital und Lochtallauri ausgemacht worden. Sie liegen bei einem statistischen Todesfall innerhalb von 100 bis 300 Jahren. Die grösste Gefährdung erfolgt durch die Böschenlauri (zwischen Hospental und Zumdorf) mit einem statistischen Todesfall innerhalb von 100 Jahren.

Unter Berücksichtigung der heutigen organisatorischen Massnahmen reduziert sich aber die Wahrscheinlichkeit eines Todesfalls massiv, und zwar auf einen Fall innerhalb von 400 Jahren.

Für die Matterhorn-Gotthard-Bahn liegen die höchsten Ausgangsrisiken bei den Lawinenzügen Richlerentallauri, Chäsertallauri, Rinbortlauri, Wyssbachlauri, Kleingrubenlauri und Lauital. Sie bewegen sich bei einem statistischen Todesfall innerhalb 100 bis 300 Jahren. Die grösste Gefährdung erfolgt durch das Lauital (zwischen Zumdorf und Realp) mit einem statistischen Todesfall alle 167 Jahre.

Unter Berücksichtigung der heutigen organisatorischen Massnahmen reduziert sich aber die Wahrscheinlichkeit eines Todesfalls auch hier massiv, und zwar auf einen Fall innerhalb von 670 Jahren.

3.2.2 Die Beurteilung der Lawinensituation

Lawinentechnisch ist die Strasse zwischen Hospental und Realp in zwei Abschnitte zu teilen. Erstens in den Abschnitt Hospental bis Zumdorf, mit eher kleinen aber häufigen Lawinen, die aber aufgrund des Geländes auch bei kleinen Ereignissen die Strasse erreichen. Das Schadenpotenzial auf diesem Abschnitt ist gering. Die Beurteilung der Lawinengefahr aber ist schwieriger, da diese Lawinen stark auf lokale Gegebenheiten und kleinräumige Besonderheiten ansprechen und deshalb früher als es die Grosswetterlage vermuten lässt aktiv werden. Bahn und Strasse verlaufen auf diesem Abschnitt getrennt durch die Furkareuss am linken respektive rechten Talhang. Die Ausprägung der Lawinen ist auf den beiden Talseiten unterschiedlich und die Ausgangsrisiken deshalb verschieden. Diese Ausgangslage ermöglicht je nach der aktuellen Schnee- und Wettersituation, dass der Bahnbetrieb zwischen Hospental und Realp aufrechterhalten werden kann, obwohl die Strasse wegen der Situation im Bereich In den Böschen geschlossen ist.

Die Lawinen auf dem zweiten Abschnitt, Zumdorf bis Realp, haben eine andere Ausprägung. Sie erreichen die Verkehrswege weniger häufig. Aber wenn, kommen sie meistens als Grosslawinen daher mit einem entsprechend grossen Schadensausmass. Auf diesem Abschnitt verläuft die Linienführung von Strasse und Bahn parallel und deshalb sind die Ausgangsrisiken für beide Verkehrsträger gleich.

3.2.3 Die Beurteilung technischer Massnahmen

Sofern möglich und sinnvoll, werden bereits heute künstliche Auslösungen der Lawinen mit Handsprengungen auf dem Abschnitt Hospental bis Zumdorf im Gebiet Böschen vorgenommen. Als Voraussetzung dafür wurde ein Sprengkonzept erstellt, in dem die Sprengpunkte, das Sicherheitsdispositiv, die Information und Alarmierung geregelt sind. Lawinensprengungen unterstehen den Vorschriften der eidgenössischen Sprengstoffgesetzgebung. Die wesentliche Verantwortung liegt bei der Person, welche die Sprengung vornimmt. Da niemand zu Schaden kommen darf, sind vor der Sprengung der Verkehrsweg und das Gelände abzusperren. Die Sperrdauer hängt ab von der Anzahl Sprengungen und dem Ergebnis der Sprengungen. Sind Lawinen ausgelöst worden? Ist eine Räumung der Strasse notwendig? Sind Schäden entstanden? Je nach Ergebnis kann die Beurteilung nach der Sprengung sehr schwierig sein und weitere Abklärungen (Rekognoszierungsflüge, Nachsprengungen) erfordern. Dies wirkt sich auf die Dauer einer Sperrung aus. Will man vorsorglich die (theoretisch mögliche) Sperrdauer der Furkastrasse während eines Winters reduzieren, reicht das oben beschriebene Verfahren nicht mehr aus. Man müsste alle Lawinenzüge auf allen Strassenabschnitten (das heisst flächendeckend) nach einem Neuschneezuwachs von zirka 30 bis 40 cm oder bei entsprechenden Schneeverfrachtungen durch den Wind sprengen, um sicher zu gehen, dass mit den Sprengungen keine Grosslawinen mit den entsprechenden Schadenfolgen ausgelöst werden.

Damit gesprengt werden kann, sind aber vernünftige Sichtverhältnisse notwendig. Dies ist Voraussetzung, damit die Überwachung der abgesperrten Räume gewährleistet und die Ergebnisse der Sprengungen beurteilt werden können. An Systemen, die abgehende Lawinen detektieren, wird zwar geforscht, aber bis heute gibt es keine zuverlässig funktionierenden Produkte (Auskunft SLF Davos).

Jeder Sprengeinsatz führt zu Sperrungen der Verkehrswege und damit vorerst zu einer Reduktion der Verfügbarkeit der Verbindungen. Da diese präventiven Sprengungen in Unkenntnis der weiteren meteorologischen Entwicklung erfolgen müssen, ist es gut möglich, dass die Verfügbarkeit der Verkehrswege bis zum Ende eines Winters mehr reduziert wird als bei einem Verzicht auf Sprengeinsätze.

Will man Sprengungen mit festen Sprengeinrichtungen (Sprengmasten usw.), statt mit dem Helikopter durchführen, wären zwischen Hospental und Realp zirka 30 bis 50 Anlagen notwendig. Die Erstellungskosten für eine Anlage werden auf 150'000 bis 200'000 Franken geschätzt.

Die Betriebskosten, abhängig von der Anzahl ausgeführter Sprengungen, dürften sich zwischen 5'000 bis 10'000 Franken bewegen. Die Gesamtkosten für die Erstellung fester Sprenganlagen dürften 5 bis 10 Millionen Franken betragen. Sprengungen mit dem Einsatz von Helikoptern sind zwar günstiger, aber mit zusätzlichen Immissionen verbunden.

Alle Lawinensprengungen und die dadurch ausgelösten Lawinen haben Auswirkungen auf Menschen und Umwelt, vor allem in Form von Lärmemissionen und Schäden an der Landschaft und den Kulturen. Dies kann wiederum zu negativen Einflüssen auf die Siedlungen und Nutzungen wie den Tourismus oder die Landwirtschaft führen. Bevor ein flächendeckendes Sprengkonzept eingeführt werden darf, müssten die langfristigen Auswirkungen dieses Vorhaben genau untersucht werden.

3.2.4 Die Beurteilung baulicher Massnahmen

Klassische Lawinenverbauungen im Anrissgebiet mit Stahlrechen, beinahe flächendeckend von Hospental bis Realp, sind gar nicht realisierbar und nicht bezahlbar, von den Auswirkungen auf die Landschaft ganz zu schweigen. Um eine beinahe hundertprozentige Verfügbarkeit zu erreichen, müssten durchgehend Galerien für Strasse und Bahn oder Tunnels zwischen Hospental und Realp erstellt werden. Schon für die Sicherung des häufiger gefährdeten Strassenabschnitts Hospental bis Zumdorf wäre eine zirka 1,5 km lange Galerie nötig. Deren Erstellungskosten werden auf 45 bis 55 Millionen Franken geschätzt.

3.3 Urner Oberland: K2 Gotthardstrasse, Gurnellen bis Göschenen

3.3.1 Die errechneten Risiken

Die höchsten Ausgangsrisiken sind bei den Lawinenzügen Wilerplanggenlauri, Rohrbach und Riental ausgemacht worden. Sie liegen alle bei einem statistischen Todesfall innerhalb von mehr als 340 Jahren. Mit einem statistischen Todesfall innerhalb von 340 Jahren ist bei der Wilerplanggenlauri das Ausgangsrisiko am grössten. Werden die heute getroffenen organisatorischen Massnahmen mit berücksichtigt, wird das Risiko auf einen statistischen Todesfall innerhalb 400 Jahre reduziert.

3.3.2 Beurteilung der Lawinensituation bei der Wilerplanggenlauri

Eine Beurteilung jeder einzelnen Lawine im Urner Oberland würde an dieser Stelle zu weit führen. Die nachfolgenden Aussagen beschränken sich auf die Wilerplanggenlauri. Dieser Lawinenzug weist eine spezielle Topographie auf. Aus dem Haupteinzugsgebiet stürzt diese Lawine über eine Felswand fast 500 m ab. Nach dem Aufprall fliesst sie über die mit einer Galerie geschützte Nationalstrasse A2 und stürzt danach noch einmal steil auf die Kantonsstrasse K2 nieder und anschliessend bis in die Reuss. In der überwiegenden Anzahl der Ereignisse endet die Bewegung der Lawine am Fuss der Felswand oberhalb der Nationalstrasse. Nur in ganz seltenen Fällen erreicht sie die Kantonsstrasse.

3.3.3 Die Beurteilung baulicher Massnahmen bei der Wilerplanggenlauri

Präventive Sprengungen sind bei der Topographie dieser Lawine nicht zweckmässig. Klassische Lawinenverbauungen im Anrissgebiet mit Stahlrechen sind kaum realisierbar. Erfolgversprechend für die Erhöhung der Sicherheit der Gotthardstrasse ist einzig eine Lawinengalerie mit einer Länge von zirka 500 m. Die Kosten für dieses Bauwerk werden auf etwa 15 bis 20 Millionen Franken geschätzt. Noch nicht abgeklärt sind die Folgen einer Galerie, die wie eine "Sprungschanze" wirken und das Gewerbegebiet auf der gegenüberliegenden Reussseite gefährden würde.

4. Beantwortung der Fragen des Postulanten

Wie beurteilt der Regierungsrat die jetzige ganzjährige Erschliessung des Urserntals per Schiene und Strasse von Göschenen bis Realp und von Andermatt bis zum Oberalppass, speziell wie sieht die Erschliessung nach Realp im Winter aus Sicht des Regierungsrats in naher Zukunft aus?

Alle Verbindungswege nach und vom Urserntal sind den Naturgefahren Wasser, Schnee, Lawinen und Steinschlag, wie überall im hochalpinen Raum, ausgesetzt. Diese natürliche Gegebenheit kann weder mit technischen noch mit finanziellen Mitteln eliminiert werden. Die Gefährdung kann aber mit einem der Umwelt angepassten Verhalten der Bewohner, Besuchenden und Durchreisenden sowie mit vernünftigen technischen und organisatorischen

Massnahmen auf ein verantwortbares Mass reduziert werden, wie das Urserntal heute schon beweist. Die heutige Erschliessung des Urserntals ist deshalb in Berücksichtigung der von der Natur gesetzten Rahmenbedingungen aus Sicht der Regierung als genügend und auch unter den Risikoaspekten vertretbar. Dies betrifft speziell auch die Erschliessung von und nach Realp, die in naher Zukunft nicht anders aussehen wird.

Welche Massnahmen drängen sich, gestützt auf die Beurteilung des Ist-Zustandes, vordringlich, beziehungsweise langfristig auf, um den volkswirtschaftlichen Nutzen und seine Wertschöpfung im Urschnertal zu verbessern?

Aus aktueller Sicht sind keine zusätzlichen zu den bereits laufenden oder geplanten Massnahmen notwendig. Es gibt auch keine Anzeichen dafür, dass mit massiven Investitionen zur Erhöhung der Verfügbarkeit der Verkehrsverbindungen die Wertschöpfung im Urserntal massgebend verbessert würde. Es sei hier an die volkswirtschaftliche Untersuchung für eine frühere Öffnung und spätere Schliessung der Pässe aus dem Jahre 1993 erinnert. Das damalige Ergebnis war ernüchternd.

Wie ist die heutige Unsicherheit vor allem auf der Strasse in den Projekten San Gottardo und dem Ferienresort eingebunden?

Die beiden Vorhaben sind sich der von der Natur und den technischen und finanziellen Möglichkeiten gesetzten Rahmenbedingungen bewusst und gehen entsprechend damit um.

Welche Vorhaben stehen bereits in Planung und in welchem Zeit- und Kostenrahmen sollen sie realisiert werden?

Folgende Verbesserungen an den Verkehrsinfrastrukturen sind in Arbeit oder in Planung:

- Zurzeit im Umbau ist der Anschluss Andermatt Nord, der die Anbindung des Tourismus Resorts an die A2 Gotthardpassstrasse ermöglicht. Dieser Umbau kostet zirka 4,2 Millionen Franken und ist ein Vorhaben des Bundesamts für Strassen.
- Am Oberalppass erstellt aktuell die Matterhorn-Gotthard-Bahn zusätzliche Lawinenschutzbauten. Die Kosten sind nicht bekannt.
- Voraussichtlich ab 2013 wird das Bundesamt für Strassen mit der Sanierung der Schöllenen- und der Gotthardpassstrasse beginnen. Ein wintersicherer Ausbau ist nicht vorgesehen. In verschiedenen Untersuchungen stellte man immer wieder fest, dass ein wintersicherer Ausbau der Gotthardpassstrasse nicht machbar ist. Die Kosten für die Sanierung von Göschenen bis Airolo sind nicht bekannt.

Auf dem Kantonsstrassenetz sind im Urserntal keine baulichen Massnahmen vorgesehen. Im Besonderen auch nicht auf der Furkastrasse im Abschnitt Hospental bis Realp. Im Rahmen der Strategie Strasse hat der Regierungsrat beschlossen, auf den Passstrassen vorläufig keine Ausbauten vorzunehmen. Was die Wintersicherheit betrifft, ist dieser Entscheid

aber für die Pässe Oberalp und Furka auch nicht negativ: Die Oberalppassstrasse ist im Winter ein wichtiger Bestandteil des Skigebiets Nättschen bis Gütsch. Ein wintersicherer Ausbau würde daher die touristische Attraktivität massiv einschränken. Hingegen plädiert die Regierung in diesem Bereich für bessere Anschlüsse auf der Schiene. Für den Furkapass ist mit der Basistunnel-Verbindung der Matterhorn-Gotthard-Bahn eine Alternative vorhanden.

5. Beurteilung des Regierungsrats

Der Regierungsrat sieht aufgrund der technischen Untersuchungen aktuell keinen Bedarf für grosse Investitionen für die Erhöhung der Sicherheit und Verfügbarkeit der Kantonsstrassen. Er wird darin auch bestätigt durch die Realität, denn seit Beginn der Aufzeichnungen wurden auf der Furkastrasse zehn Lawinenunfälle dokumentiert; drei davon auf der Strasse und sieben auf der Bahnlinie. Bei keinem Ereignis kam es zu Todesfällen.

Die heute gelebte Praxis, die auf organisatorische Massnahmen setzt (gut ausgebildete Mitarbeiter, funktionierender Lawinenwarndienst und präventive Lawinensprengungen im vernünftigen Mass), zeigt gute Resultate. Das immer verbleibende Restrisiko ist vergleichbar mit den angrenzenden Regionen Goms und Surselva und entspricht dem alpinen Charakter des Urserntals. Diese Restrisiken sind verantwortbar.

Der Regierungsrat setzt deshalb das Schwergewicht weiterhin auf organisatorische und präventive Massnahmen und wird sicherstellen, dass die Qualität gewährleistet, ja gesteigert werden kann. Im Besonderen werden das bestehende Überwachungs- und Einsatzsystem und die Weiterbildung der Einsatzkräfte stets überprüft und bei neuen Erkenntnissen verfeinert. Die Mitarbeiter des Lawinenwarndienstes und des Amtes für Tiefbau werden dauernd im Rahmen der vom Institut für Schnee- und Lawinenforschung in Davos angebotenen Kurse und Tagungen weitergebildet. Die Arbeitsgruppe Lawinenwarndienst organisiert ihrerseits jährliche Weiterbildungs- und Erfahrungsaustauschtage für die Mitarbeiter des Amtes für Tiefbau und überwacht permanent die operativen Tätigkeiten der Lawinenzentralen und der Strassenverantwortlichen, um rasch Verbesserungsmöglichkeiten zu erkennen. Damit kann sichergestellt werden, dass neue theoretische und praktische Erkenntnisse sowie die technischen Entwicklungen mit ihren Möglichkeiten und Grenzen bei allen Aktivitäten zum Schutz gegen Lawinen mitberücksichtigt werden.

Im Hinblick auf die neuen touristischen Entwicklungen in Andermatt werden auch die Voraussetzungen geschaffen, dass künftig die Wechselwirkungen zwischen den Infrastrukturen einerseits und der wirtschaftlichen Entwicklung andererseits besser erkannt und beurteilt werden können.

Exkurs; Anhang 2: Arbeitspapier A. Burkard, Brig

Anhang 2:

Bericht Risikoanalyse Lawinen von A. Burkard, Ingenieurbüro wasser/schnee/lawinen, Brig, vom 29. Juni 2010.

Im Oktober 2009 erteilte das Amt für Tiefbau dem auf Lawinenthemen spezialisierten Ingenieurbüro wasser/schnee/lawinen in Brig den Auftrag, anhand der verfügbaren Grund- und Unterlagen, die Risiken für die Kantonsstrassen, die von den Lawinen ausgehen, abzuschätzen. Zur Reduktion des Aufwandes auf ein verkraftbares Mass wurde der zu untersuchende Perimeter auf die Furkastrasse und die Gotthardstrasse zwischen Gurnellen und Göschenen beschränkt. Auf diesen beiden Abschnitten sind die grössten Gefahren durch Lawinen für die Kantonsstrassen vorhanden (siehe Lawinenkarte Kanton Uri, Ausschnitt Urner Oberland, auf der nächsten Seite).

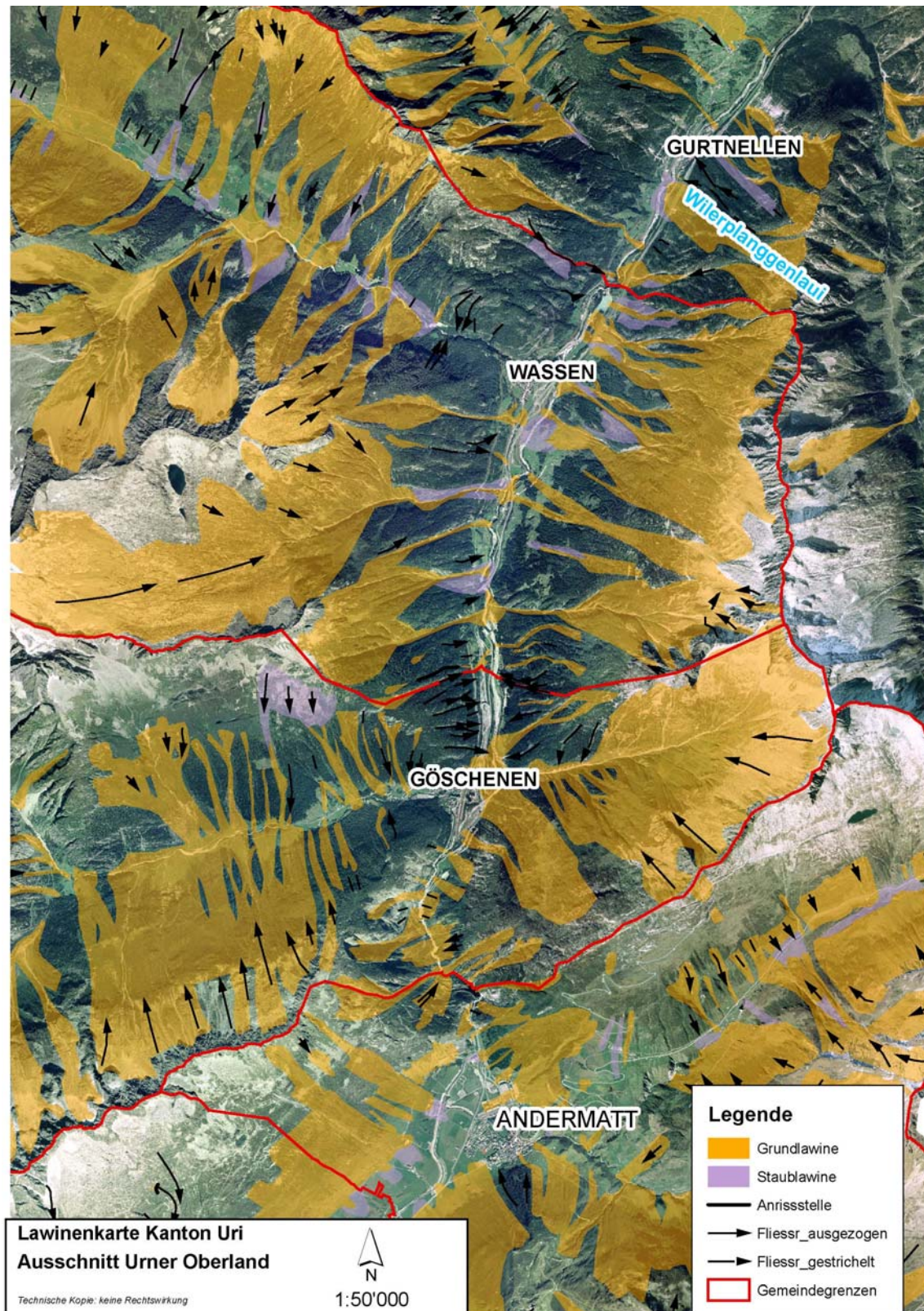


Abbildung 6: Lawinenkarte Ausschnitt Urner Oberland / Hintergrund Orthofoto



wasser/schnee/lawinen

Ingenieurbüro André Burkard

ing@wasserschneelawinen.ch
www.wasserschneelawinen.ch

Sebastiansplatz 1 Tel. 027 924 54 23
CH-3900 Brig-Glis Fax 027 924 38 94

**Kanton Uri / Gemeinden Realp, Hospental, Andermatt,
Göschenen, Wassen und Gurntellen**



Risikoanalyse Lawinen

Arbeitspapier (Studie)

Lawinenrisiken auf den Kantonsstrassen
Gurntellen – Göschenen und Andermatt – Realp
sowie auf der Bahnstrecke Andermatt – Realp

Auftraggeberin:
**Baudirektion Uri
Amt für Tiefbau
6460 Altdorf**

CH / 3900 Brig / 29. Juni 2010

Verteiler:

Baudirektion Uri, Amt für Tiefbau, Peter Vorwerk 6460 Altdorf	(1 Ex.)
Baudirektion Uri, Amt für Tiefbau, Edoardo Frei, 6460 Altdorf	(1 Ex.)
Sicherheitsdirektion Uri, Amt für Forst und Jagd, Jann Marx, 6460 Altdorf	(1 Ex.)
Matterhorn Gotthard Bahn, Infrastruktur, Willi In-Albon 3900 Brig-Glis	(1 Ex.)
Matterhorn Gotthard Bahn, Infrastruktur, Antonino Maesano 3900 Brig-Glis	(1 Ex.)

Impressum:

Titelfoto:	Foto Urserental von Andermatt in Richtung Realp, 09.04.2010, A. Burkard
Autoren:	André Burkard und Alice Lambrigger
Druckdatum:	29. Juni 2010
Seitenzahl:	19
Anhänge:	9
Projekt:	140069
Datei:	DV_Lawinen_RA_AndermattRealp_GurnellenGoeschenen_20100629.doc

Inhaltsangabe

1	Problemstellung und Mandat.....	1
2	Methodik.....	2
2.1	Literatur und Grundlagen.....	3
2.2	Risiko Kantonsstrassen	4
2.2.1	Ausgangssituation Lawinenrisiko R_0 (ohne temporäre Massnahmen)	4
2.2.2	Lawinenrisiko R_{tm} mit temporären Massnahmen	6
2.3	Risikohinweis Matterhorn Gotthard Bahn	6
2.3.1	Ausgangssituation Lawinenrisiko R_0 (ohne temporäre Massnahmen)	6
2.3.2	Lawinenrisiko R_{tm} mit temporären Massnahmen	9
2.4	Unsicherheiten.....	9
3	Gefahrenstufen SLF-Lawinenbulletins	10
4	Verschüttungen der Verkehrsträger.....	10
4.1	Strassenverschüttung im Vergleich zur SLF-Bulletin-Gefahrenstufe	11
4.2	Bahnverschüttung im Vergleich zur SLF-Bulletin-Gefahrenstufe	12
5	Dokumentierte Unfälle Strasse und Bahn	12
6	Lawinen Risikoanalyse	13
6.1	Risikohinweis R_0 der Kantonsstrassen, ohne Sperrungen	13
6.2	Risikohinweis R_{tm} Kantonsstrasse, mit Sperrungen	15
6.3	Risikohinweis R_0 Matterhorn Gotthard Bahn, ohne Sperrungen	16
6.4	Risikohinweis R_{tm} Matterhorn Gotthard Bahn mit Sperrungen	17
6.5	Bewertung der Lawinenrisiken.....	17
7	Fazit	18
	Anhang	

1 Problemstellung und Mandat

Im Rahmen der Erhöhung des Lawinenschutzes auf den Kantonsstrassenstrecken Gurnellen – Göschenen und Andermatt – Realp sowie der Bahnstrecke Andermatt – Realp sind die Lawinenrisiken abzuschätzen (Bild 1).

Die 11 km lange Strassenstrecke Gurnellen – Göschenen liegt im Einflussbereich von 36 potentiellen Lawinenzügen.

Die 9.2 km lange Strassenstrecke und die 8.6 km lange Bahnstrecke zwischen Andermatt – Realp werden von 48 potentiellen Lawinenzügen gefährdet. Die weitgehend parallel und nahe zueinander verlaufende Bahnlinie und Strasse werden auf der Strecke Zum Dorf – Realp vorwiegend durch dieselben Lawinen gefährdet. Für die Strecke Hospental – Zum Dorf hingegen sind nicht die gleichen Lawinenzüge für die Gefährdung massgebend, weil Bahnlinie und Strasse nicht auf derselben Talseite verlaufen.

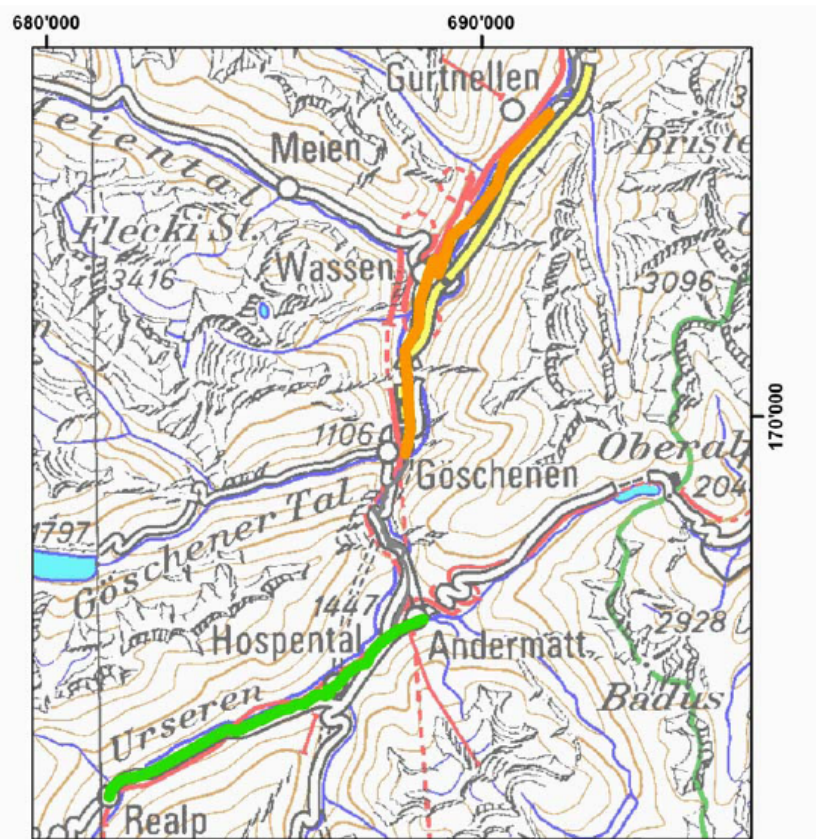


Bild 1

Übersicht über die Strecken Gurnellen-Göschenen (orange), Andermatt-Realp (grün).

„Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (JA002136)“. Massstab 1:150'000.

Kartennord ↑.

Risikoanalyse Lawinen Gurnellen – Göschenen, Andermatt - Realp

Für die Strecke Gurnellen – Göschenen steht gemäss dem Amt für Tiefbau die Sicherheit im Vordergrund. Für die Strecke Andermatt – Realp hingegen ist es die Verfügbarkeit (weniger Sperrungen).

Gemäss der Startsitung am 29. Oktober 2009 in Altdorf mit den Herren E. Frei, P. Vorwerk und J. Marx sollen die Lawinenrisiken auf mittlerer Beurteilungsstufe ermittelt werden. Diese beruhen, mangels fehlender flächendeckender Gefahrenkarten in erster Linie auf der Analyse des umfangreichen Lawinenkatasters des Kantons Uri. Ausserdem sollen nur Personenschäden beurteilt werden. Sachschäden und Räumungskosten sowie volkswirtschaftliche Kosten infolge von Strassen- und Bahnsperrungen werden nicht berücksichtigt.

Diese Vorgaben des Auftraggebers führten zur Wahl der BUWAL-Methodik *Praxishilfe Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen* (Wilhelm, 1999) für die Abschätzung der Lawinenrisiken. Dieses Abschätzungsverfahren wiederum stützt sich für die Strasse im Wesentlichen auf das Szenario Direkttreffer (Lawinen auf Fahrzeug) und für die Bahn zusätzlich auf das Szenario Auffahrunfall.

Das vorliegende **Arbeitspapier** beinhaltet den Beschrieb der gewählten Methodik, die Berechnungen, die Interpretation der Ergebnisse sowie ein Fazit.

2 Methodik

Die Analyse des Risikos basiert auf einer Gefahrenanalyse, der Häufigkeit von Schäden bzw. Unfällen und den daraus abgeleiteten Schadenausmassen. Es wurden nur Personenschäden beurteilt. Ein Aversionsfaktor wird nicht berücksichtigt (z.B. Busverkehr).

Das Lawinenrisiko, d.h. der erwartete Mittelwert eines Personenschadens wird für alle betroffenen Personen als Kollektiv einbezogen. Diese Personenrisiken wurden für jeden Lawinengefahrenabschnitt gerechnet und in tatsächlichen kollektiven Personenrisiken ausgedrückt.

Bild 2 illustriert die Arbeitsschritte, welche durch die vorliegende Studie durchgeführt wurden.

Im ersten Schritt wurde das **Ausgangsrisiko R_0** ohne jegliche Strassen- und Bahnsperrungen berechnet. Dabei wurde der aktuelle Verbauungszustand, d.h. die Wirkung von Verbauungen in den einzelnen Lawinenzügen berücksichtigt. Aufgrund der mittleren Bearbeitungstiefe, die nur auf der Analyse des Lawinenkatasters, nicht aber auf detaillierte Intensitätskarten beruht, hat das Ausgangsrisiko Hinweisscharakter und wird deswegen **Risikohinweis** genannt.

In einem weiteren Schritt wurde das Lawinenrisiko unter Berücksichtigung vorsorglicher Sperrungen R_{EM} ermittelt. Dies erfolgte durch einen Reduktionsfaktor K. Dieser Faktor ist das Verhältnis zwischen Lawinnenniedergängen bei offenen Strecken zu Niedergängen bei vorsorglich gesperrten Strecken.

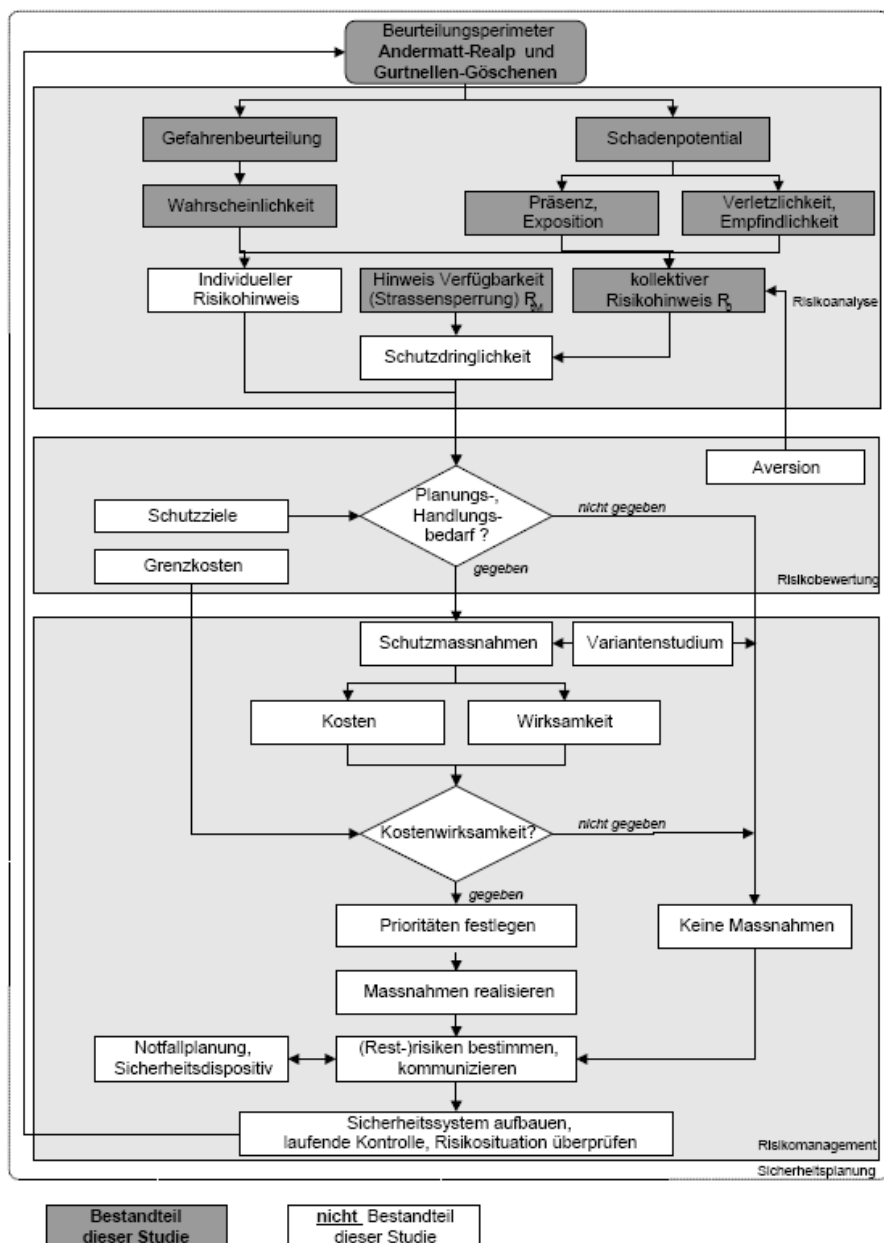


Bild 2

Schematisch dargestellte Sicherheitsplanung. Durch die Studie abgedeckte Elemente sind markiert.

2.1 Literatur und Grundlagen

Als Literatur und Grundlagen für die Beurteilung der Gefahrenstellen standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- > Wilhelm C. (1999): Praxishilfe: Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrsachsen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern, 110 S.

- > Lawinenkataster Kanton Uri, Amt für Tiefbau Abteilung Strassen, Angaben Walter Stöckli, Altdorf, 02.12.2009
- > Lawinenkataster Kanton Uri, Amt für Forst und Jagd, Angaben Jann Marx, Altdorf, 09.11.2009.
- > Winterberichte des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos.
- > Lawinengefahrenkarte Stinkertal, Ingenieurbüro A. Burkard wasser/schnee/lawinen, Forsting. J. Marx Kanton Uri.
- > Lawinenereignisse 1981-2009, Amt für Tiefbau, Angaben W. Stöckli, 2.12.2009
- > ASTRA - Pilotprojekt Gotthard N2, Intensitätskarten Lawinen Entwurf, Ingenieurbüro A. Burkard, Brig, 16.12.2008.
- > Lawinenkataster Urseren, Matterhorn Gotthard Bahn (22.2.2010).
- > Bründel M., Krummenacher B., Rheinberger C., Winker C. (2010): Formeln zur Berechnung des Risikos bei Naturgefahren, Bundesamt für Umwelt, Bern, 14 S.
- > EconoME 2. Wirtschaftlichkeit von Schutzmassnahmen gegen Naturgefahren. Bundesamt für Umwelt BAFA. 2010.

2.2 Risiko Kantonsstrassen

2.2.1 Ausgangssituation Lawinenrisiko R_0 (ohne temporäre Massnahmen)

Die Lawinenrisikobeurteilung für die Kantonsstrasse für Personen beschränkt sich auf das relevante Szenario Direkttreffer (Bild 3).

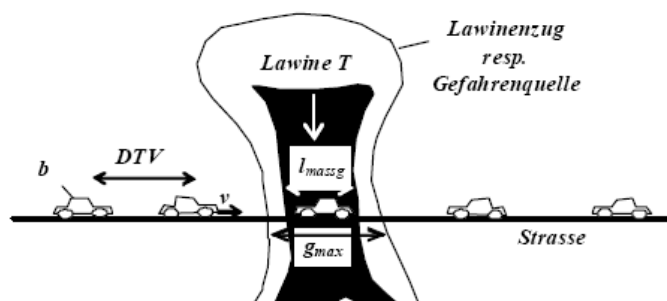


Bild 3

Risikoszenario Direkttreffer: Lawine kreuzt Verkehrsachse Strasse.

Das Lawinenrisiko für Verkehrsachsen ergibt sich generell nach (Wilhelm, 1999):

$$R = \frac{1}{T} \times \left(\frac{l_{massg} \times DTV}{v \times 24h} \right) \times \lambda \times \beta \times K \quad [\text{Todesfälle pro Jahr}] \quad (1)$$

T	[Jahre]	Wiederkehrdauer einer Strassenverschüttung.
l_{massg}	[km]	Mittlere Gefahrenbreite für eine gemittelte Wiederkehrdauer.
DTV	[Fz/Tag]	Durchschnittlicher täglicher Verkehr im Winter.
v	[km/h]	Mittlere Fahrgeschwindigkeit (ca. 66 % der signalisierten Geschwindigkeit).
λ	[Todesfall/erfasste Pers.]	Letalität bzw. Ausmasswahrscheinlichkeit eines Schadens.

Risikoanalyse Lawinen Gurnellen – Göschenen, Andermatt - Realp

β	[Pers./Fz.]	Mittlere Anzahl Personen pro Fahrzeug.
K	[-]	Reduktionsfaktor für vorsorgliche Sperrung.

Die gewählten Parameter für die Berechnung der Ausgangsrisiken R_0 infolge von Lawinen und das Risiko mit temporären Massnahmen R_M (Personenrisiken) sind in den Minidossiers pro Lawinenzug zusammengefasst (siehe **Anhang A**) und nachfolgend kurz erläutert.

Ereignishäufigkeit T

Für die Bestimmung der Wiederkehrdauer T eines Ereignisses wurde der Lawinenkataster ausgewertet. Die Gefahrenstellen wurden aufgrund der Häufigkeit einer der folgenden Wiederkehrdauer-Klassen zugeordnet (Tabelle 1). Lawinenzüge mit einer Wiederkehrdauer $T > 100$ Jahre wurden nicht berücksichtigt, da bei sehr seltenen Verschüttungen ein sehr kleines Risiko erwartet wird und das Ergebnis nicht mehr entscheidend beeinflusst wird.

Die Verschüttungshäufigkeiten der einzelnen Abschnitte liegen zwischen **einem Jahr** und **75 Jahren** und sind als mittlere Wiederkehrdauer T definiert.

Wiederkehrdauer T	1 - 10 Jahre	10 - 30 Jahre	30 - 50 Jahre	50 - 100 Jahre	> 100 Jahre
Für die Berechnung massgebender Mittelwert	5 Jahre	20 Jahre	40 Jahre	75 Jahre	100 Jahre

Tabelle 1

Festgelegte Wiederkehrdauerklassen mit den für die Berechnung massgebenden Mittelwerten.

Massgebende Gefahrenlänge l_{massg}

Die massgebende Gefahrenlänge l_{massg} berücksichtigt im Zusammenhang mit der mittleren Wiederkehrdauer T, dass bei einem „durchschnittlichen“ Ereignis nicht der ganze Gefahrenabschnitt tangiert wird, sondern nur ein Teil davon. l_{massg} setzt sich aus dem Produkt der gesamten Gefahrenbreite und der räumlichen Auftretenswahrscheinlichkeit des Ereignisses zusammen.

Die durchschnittlichen Verschüttungsbreiten l_{massg} wurden aufgrund des Katasters geschätzt und liegen zwischen **30 m** und **250 m**.

Durchschnittlich täglicher Verkehr DTV

Der durchschnittlich tägliche Strassenverkehr DTV wurde anhand von Verkehrszahlen des Kantons Uri für die Strecke Gurnellen – Göschenen (zwischen **1200** und **3900 Fahrzeugen pro Tag**) und Andermatt – Realp (**800 Fahrzeuge pro Tag**) festgelegt. Dabei wurden nur die Wintermonate berücksichtigt. Bei der Strecke Andermatt – Realp dienten Angaben der Autoverladezahlen im Jahr 2008/2009 zwischen Realp und Oberwald als Grundlage.

Durchschnittliche Geschwindigkeit v

Pro Gefahrenstelle wurden zwei Drittel der signalisierten Höchstgeschwindigkeit der Strassenfahrzeuge v berücksichtigt. Die signalisierten Höchstgeschwindigkeiten liegen zwischen **50** und **80 km/h**.

Letalität λ

Die Letalität λ entspricht der Todesfallwahrscheinlichkeit im Ereignisfall (d.h. Wahrscheinlichkeit für eine verunfallte Person zu sterben). Sie drückt aus, wie viele der betroffenen Personen tödlich verletzt werden.

Die Beurteilung erfolgte für Fliess- und Staublawinen aufgrund markant unterschiedlicher Todesfallwahrscheinlichkeiten getrennt voneinander.

Für die Letalität wurde ein Mittelwert für Fliesslawinen $\lambda=0.18$ [nach Wilhelm 1999] und Staublawinen $\lambda=0.01$ (gemittelter Wert aus EconoME-2.0) angenommen.

Besetzungsgrad

Da die Fahrzeuge in der Regel dauernd in Bewegung sind, wurde eine mittlere Fahrzeug- bzw. Personenpräsenz gewählt. Die mittlere Anzahl Personen pro Fahrzeug β wird auf der Strasse, wie in EconoME-2.0 mit 1.8 Personen angenommen.

2.2.2 Lawinenrisiko R_{LM} mit temporären Massnahmen

Schliesslich wurde das Risiko unter Berücksichtigung vorsorglicher Sperrungen für Lawinen ermittelt. Dies erfolgte durch einen Reduktionsfaktor K . Dieser beruht auf der Auswertung der Lawinenereignisse des Amts für Tiefbau im Zusammenhang mit offener bzw. geschlossener Strasse.

Der Risikohinweis mit Berücksichtigung der temporären Massnahmen R_{LM} entspricht der Risikosituation, wie sie sich heute präsentiert. Ein gut organisierter Lawinenwarndienst kann in kritischen Lawinensituationen die Verkehrsachsen sperren.

2.3 Risikohinweis Matterhorn Gotthard Bahn

2.3.1 Ausgangssituation Lawinenrisiko R_0 (ohne temporäre Massnahmen)

Die Beurteilung der Bahnrisiken für Personen basiert auf den entscheidenden Szenarien Direkttreffer (Bild 3) und Auffahrt auf einer Lawinenablagerung (Bild 4). Das Lawinenrisiko ergibt sich aus der Summe der beiden Szenarien. Die Personenrisiken wurden für jeden Lawinengefahrenabschnitt zwischen Andermatt – Realp gerechnet und in tatsächlichen kollektiven Personenrisiken ausgedrückt.

Das Lawinenrisiko R_{Dir} für Bahnen infolge eines Direkttreffers lässt sich durch folgende Gleichung beschreiben:

$$R = \frac{1}{T} \times \left(\frac{l_{mass} \times DTV}{v \times 24h} \right) \times \lambda \times \beta \times K \times \gamma_{Zug} \quad [\text{Todesfälle pro Jahr}] \quad (1)$$

Das Lawinenrisiko R_{Auf} für Bahnen infolge Auffahrt auf abgelagertes Material lässt sich durch folgende Gleichung beschreiben:

Risikoanalyse Lawinen Gurtellenen – Göschenen, Andermatt - Realp

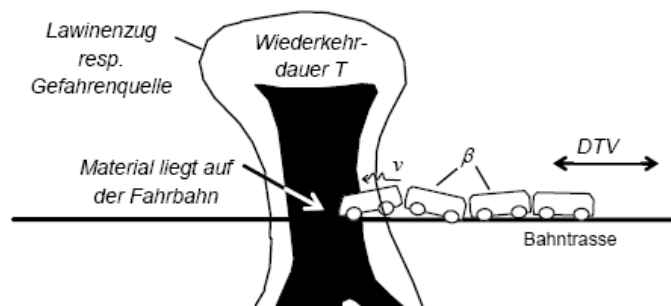


Bild 4

Risikoszenario Auffahrt eines Zuges auf abgelagertes Material.

$$R_{Auf} = \frac{1}{T} \times (1 - p_{pr}) \times (1 - p_{kAuf}) \times \lambda \times \beta^* \times K \quad [\text{Todesfälle pro Jahr}] \quad (2)$$

$$p_{pr} = \frac{1}{T} \times \left(\frac{l_{massg} \times DTV}{v \times 24h} \right) \times \gamma_{Zug} \quad (3)$$

$$p_{kAuf} = p_{wa} + p_{uf} \quad (4)$$

T	[Jahre]	Wiederkehrdauer eines Ereignisses bis auf die Verkehrsachse.
l_{massg}	[km]	Mittlere Gefahrenbreite für eine gemittelte Wiederkehrdauer.
DTV	[Fz/Tag]	Durchschnittlicher täglicher Bahnverkehr im Winter.
v	[km/h]	Mittlere Fahrgeschwindigkeit (signalisierte Geschwindigkeit).
λ	[Todesfall/erfasste Pers.]	Letalität bzw. Ausmasswahrscheinlichkeit eines Schadens beim Direkttreffer sowie der Auffahrt.
β	[Pers./Fz.]	Mittlere Anzahl erfasster Personen ergibt sich aufgrund dem gefährdeten Abschnitt $\beta = l_{massg}/\text{Zuglänge} \times \beta \leq \beta$ pro Zug.
γ_{Zug}	[-]	Faktor zur Berücksichtigung der Zuglänge l_z , $\gamma_{Zug} = (l_z/l_{massg}) + 1$.
p_{pr}	[-]	Präsenzwahrscheinlichkeit (s. Formel (3)).
p_{kAuf}	[-]	Wahrscheinlichkeit, dass der Zug nicht in die Ablagerung fährt (s. Formel (4)).
β^*	[Pers./Fz.]	Mittlere Anzahl betroffener Personen in den vordersten 2 Bahnwagen. $\beta^* = 40 \text{ m} / \text{Zuglänge} \times \beta \leq \beta$
K	[-]	Reduktionsfaktor temporäre Massnahmen, ist abhängig von der Sperrungswahrscheinlichkeit p_{sp} . $K = 1 - p_{sp}$.
p_{wa}	[-]	Warnwahrscheinlichkeit.
p_{uf}	[-]	Wahrscheinlichkeit, dass die Fahrleitung durch den Gefahrenprozess unterbrochen wird und der Lokführer eine Notbremsung einleitet.

Die gewählten Parameter für die Berechnung der Ausgangsrisiken R_0 infolge von Lawinen und das Risiko mit temporären Massnahmen R_M sind in den **Minidossiers** pro Lawinenzug zusammengefasst (siehe **Anhang A**) und nachfolgend kurz erläutert.

Ereignishäufigkeit T

Für die Bestimmung der Wiederkehrdauer T eines Ereignisses welches das Bahntrasse erreicht wurde identisch vorgegangen wie bei der Strasse. Die Gefahrenstellen wurden aufgrund der Häufigkeit einer Wiederkehrdauer-Klasse (Tabelle 1) zugeordnet. Lawinenzüge mit einer Wiederkehrdauer $T > 100$ Jahre wurden nicht berücksichtigt.

Die Verschüttungshäufigkeiten der einzelnen Abschnitte, welche zwischen **3 und 100 Jahren** liegen, werden als mittlere Wiederkehrdauer T definiert.

Massgebende Gefahrenlänge l_{massg}

Die massgebende Gefahrenlänge l_{massg} berücksichtigt im Zusammenhang mit der mittleren Wiederkehrdauer T, dass bei einem mittleren Ereignis nicht der ganze Gefahrenabschnitt tangiert wird, sondern nur ein Teil davon. Die durchschnittlichen Verschüttungsbreiten l_{massg} wurden aufgrund des Katasters geschätzt und betragen zwischen **20 m und 200 m**.

Durchschnittlich täglicher Verkehr DTV

Der durchschnittlich tägliche Bahnverkehr DTV im Winter beträgt auf der Strecke Andermatt – Realp gemäss Auskunft der Matterhorn Gotthard Bahn **31 Züge/Tag**.

Durchschnittliche Geschwindigkeit v

Pro Gefahrenstelle wurde die signalisierte Geschwindigkeit v berücksichtigt, welche auf der gesamten Strecke **50 km/h** beträgt (Angaben Matterhorn Gotthard Bahn).

Letalität λ

Die Letalität λ entspricht der Todesfallwahrscheinlichkeit im Ereignisfall (d.h. Wahrscheinlichkeit, für eine verunfallte Person zu sterben). Sie drückt aus, wie viele der betroffenen Personen tödlich verletzt werden.

Die Beurteilung erfolgte nur für Fliesslawinen. Für Staublawinen wurde keine Berechnung durchgeführt, da die Todesfallwahrscheinlichkeit im Vergleich zu den Fliesslawinen sehr gering ist.

Für die Letalität wurde ein Mittelwert für den Direkttreffer $\lambda=0.09$ [nach Wilhelm 1999] berücksichtigt (Mittel über alle Unfälle und Geschwindigkeiten). Für die Letalität im Szenario Auffahrt auf abgelagertes Material hingegen schlägt EconoME-2.0 einen Wert $\lambda=0.001$ für die Geschwindigkeitsklasse 30-50 km/h vor. Für die Klasse 50-80 km/h ist ein 10-mal kleinerer Wert anzunehmen ($\lambda=0.01$). **Weil die mittlere Geschwindigkeit laut Matterhorn Gotthard Bahn 50 km/h beträgt, werden beide Letalitätswerte berücksichtigt: Eine eher optimistische ($\lambda=0.001$) bzw. pessimistische ($\lambda=0.01$) Variante sozusagen. Die eher pessimistischen Risikowerte werden in der Folge jeweils in Klammern angegeben.**

Besetzungsgrad

Die mittlere Anzahl Personen pro Zug β wird, laut Auskunft der Matterhorn Gotthard Bahn, mit **31 Personen** angenommen.

Warnwahrscheinlichkeit

Die Warnwahrscheinlichkeit p_{Wa} entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass der Lokomotivführer bei laufendem Bahnbetrieb rechtzeitig gewarnt werden kann (z.B. durch Warnposten über Funk oder durch automatische Warnanlagen). Für die Berechnung wurde nach Rücksprache mit den Verantwortlichen der Matterhorn Gotthard Bahn ein Wert von $p_{Wa}=0.1$ angenommen.

Wahrscheinlichkeit für unterbrochene Fahrleitung

Die Wahrscheinlichkeit für eine unterbrochene Fahrleitung p_{uF} entspricht der Wahrscheinlichkeit, dass die Fahrleitung durch eine Lawine unterbrochen wird und eine Notbremsung erfolgt. Der Wert p_{uF} wurde nach Rücksprache mit der Matterhorn Gotthard Bahn ebenfalls auf $p_{uF}=0.1$ geschätzt.

2.3.2 Lawinenrisiko R_{tm} mit temporären Massnahmen

In einem weiteren Schritt wurde das Risiko unter Berücksichtigung vorsorglicher Sperrungen für Lawinen ermittelt. Dies erfolgt durch einen Reduktionsfaktor K, welcher das Risiko in direkter, linearer Weise reduziert. Der Reduktionsfaktor resultiert aus dem Vergleich der Bahnverschüttungen im Zusammenhang mit offener bzw. vorsorglich geschlossener Strecke.

Der Risikohinweis mit Berücksichtigung der temporären Massnahmen R_{tm} entspricht der Risikosituation, wie sie sich effektiv anhand der Grundlagen des Lawinenkatasters Urseren der Matterhorn Gotthardbahn präsentiert.

2.4 Unsicherheiten

Die Verschüttungshäufigkeiten der Verkehrsträger beruhen auf dokumentierten Ereignissen alleine. Aus diesen Angaben geht nicht immer hervor, ob eine Strassenverschüttung tatsächlich eingetroffen ist oder nicht. Ereignisse ohne genaue Angaben flossen nicht in die Berechnung der Häufigkeit von Strassenverschüttungen mit ein, ausser es handelte sich um ausserordentlich grosse Niedergänge, wo Verschüttungen als wahrscheinlich eingestuft wurden.

Bei Bahnabschnitten, welche parallel und direkt neben der Strasse verlaufen, wurden die Ereignisse mit Verschüttung der Strasse auch als Ereignisse mit Verschüttung der Bahn gerechnet, falls sie nicht als solche vermerkt waren.

Bei der Bahngalerie „Mitschen“ östlich von Realp zeigt die lawinentechnische Beurteilung, dass die Portale noch gefährdet sind. Es wurde die Wirkung der Bahngalerie, die die Strasse teilweise schützt, berücksichtigt, indem die Verschüttungshäufigkeit der Strasse reduziert wurde.

Angaben über offene/geschlossene Verkehrslinien während Lawinenperioden liegen für die letzten Jahre vor, sind aber unvollständig dokumentiert.

Die Lawinenzüge auf den Karten im **Anhang B** basieren auf den Lawinenkarten Urseren, Meiental und Amsteg. Einige Lawinenzüge entsprechen nicht den Ereignisbeschreibungen im kantonalen Lawinenkataster. Die Lawinenzüge dienen deshalb nur als grafische Darstellung der Gefahrenstelle. Die mittlere Verschüttungslänge der Lawinenzüge entspricht nicht derjenigen des kantonalen Katasters, die ja eine Umhüllende aller dokumentierten Ereignisse darstellt, und deswegen eher eine maximale Verschüttung darstellt. Die durchschnittliche Verschüttungslänge wurde in Funktion der gemittelten Verschüttungslängen aller dokumentierten Ereignisse festgelegt.

Schliesslich wird fürs Bahnszenario Auffahrt auf abgelagerte Lawine eine eher optimistische und eher pessimistische Letalität berücksichtigt (s. Kapitel Letalität). Beide daraus berechneten Bahnrisiken werden jeweils angegeben (pessimistische in Klammern).

3 Gefahrenstufen SLF-Lawinenbulletins

Die Analyse der Lawinengefahrenstufen in Funktion der Anzahl Gefahrentage zeigt das Bild 5 unten. Diese Analyse erfolgte ab 1987/88, seit Beginn der Einführung des SLF-Lawinenbulletins mit Gefahrenstufen. Es sei bemerkt, dass bis zum Winter 1992/93 7 Gefahrenstufen definiert wurden, danach nur noch 5 Stufen (Anpassung europaweit). Die Auswertung basiert auf einer 5 Gefahrenstufen-Skala (für die Analyse des gesamten Zeitraums wurde die 7-Stufen-Skala in eine 5-Stufen-Skala umgewandelt).

Innerhalb des Kantons Uri werden 3 Gefahrengrade definiert. Da diese Gefahrengrade sehr lokal ausgeschieden werden, wird in dieser Analyse nicht weiter darauf eingegangen.

Für die Region Andermatt-Realp sowie Gurnellen-Göschenen weist die SLF-Gefahrenstufe 2 (mässig) die höchste Anzahl der Gefahrentage auf (ca. 1597 Tage während 22 Jahren, innerhalb 1987/88-2008/09, durchschnittlich 73 Tage pro Winter), dann die SLF-Gefahrenstufe 3 (erheblich), dann Stufe 1 (gering), gefolgt von Stufe 4 (gross) und schliesslich Stufe 5 (sehr gross). Die gemittelten Werte pro Winter sind in Bild 5 dargestellt.

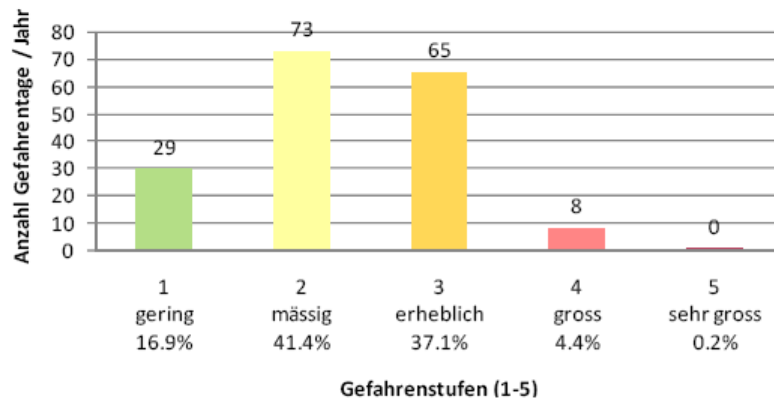


Bild 5

Gemittelte Anzahl (pro Winter) Gefahrentage in der Region Andermatt – Realp und Gurnellen – Göschenen.

4 Verschüttungen der Verkehrsträger

Im Zusammenhang mit der Risikoanalyse ist die Beziehung der Lawinengefahrenstufe zu Verschüttungen der Verkehrsträger von Interesse.

4.1 Strassenverschüttung im Vergleich zur SLF-Bulletin-Gefahrenstufe

Es wurde eine Analyse der datierten Strassenverschüttungen (gesperrt und offen) und herrschender SLF-Gefahrenstufe durchgeführt (siehe Anhang C1). Ziel war es, die Variabilität der Gefahrenstufen beim Verschüttungstag pro Lawinenzug zu ermitteln. Als Grundlage dienten die Angaben des Tiefbauamts.

Auf der Strasse Andermatt – Realp, im Abschnitt Böschelau (LK 15) sind seit 2003 16 Strassenverschüttungen dokumentiert, 4 bei offener und 12 bei geschlossener Strasse. Dabei herrschten die SLF-Gefahrenstufen 3 oder 4. Der Reduktionsfaktor K ergibt sich aus dem Verhältnis Anzahl Ereignisse bei offenem Verkehrsträger zu der Anzahl Ereignisse bei vorsorglich gesperrtem Verkehrsträger. Für die Strassenstrecke Andermatt – Realp ergibt sich somit $K = 0.25$. Das Ausgangsrisiko kann aufgrund dessen um 75% reduziert werden.

Alle Verschüttungen auf der Strecke Andermatt – Realp erfolgten bei den SLF-Gefahrenstufen 3, 4 oder 5 (s. Tabelle 2).

	SLF -Lawinengefahrenstufe				ohne Angaben der SLF-Gefahrenstufe	Gesamte Anzahl Verschüttungen
	2 mässig	3 erheblich	4 gross	5 sehr gross		
Ereignisse bei offener Strasse	0	6	8	2	4	20
Ereignisse bei geschlossener Strasse	0	9	7	0	0	16

Tabelle 2

Verteilung der 36 dokumentierten Verschüttungen der Kantonsstrasse auf der Strecke Andermatt – Realp, Amt für Tiefbau.

Auf der Strecke Gurnellen – Göschenen sind seit 1981 8 Ereignisse dokumentiert, wovon 7 bei offener Strasse stattfanden. Daraus resultiert ein Reduktionsfaktor $K = 0.875$ für die Strassenstrecke Gurnellen – Göschenen, was das Ausgangsrisiko R_0 um 12.5 % reduziert.

1987 führte das eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung erstmals ein 7-stufiges Lawinenbulletin ein. Ab diesem Winter können die Strassenverschüttungen und Gefahrenstufen verglichen werden. Von den oben erwähnten 8 Ereignissen fanden nur 3 nach 1987 statt: Die drei Verschüttungen erfolgten bei den SLF-Gefahrenstufen 3 oder 4 (s. Tabelle 3).

	SLF -Lawinengefahrenstufe				ohne Angaben der SLF-Gefahrenstufe	Gesamte Anzahl Verschüttungen
	2 mässig	3 erheblich	4 gross	5 sehr gross		
Ereignisse bei offener Strasse	0	2	0	0	5	7
Ereignisse bei geschlossener Strasse	0	0	1	0	0	1

Tabelle 3

Verteilung der 8 dokumentierten Verschüttungen der Kantonsstrasse auf der Strecke Gurnellen – Göschenen, Amt für Tiefbau.

4.2 Bahnverschüttung im Vergleich zur SLF-Bulletin-Gefahrenstufe

Es wurde eine Analyse der datierten Bahnverschüttungen (gesperrt und offen) und herrschender SLF-Gefahrenstufe durchgeführt (siehe Anhang C2). Ziel war, die Variabilität der Gefahrenstufen beim Verschüttungstag pro Lawinenzug festzustellen. Als Grundlage diente der Lawinenkataster „Urseren“ der Matterhorn Gotthard Bahn.

Zwischen Andermatt und Realp wurden seit ca. 1990 27 Verschüttungen der Bahnlinie an 14 Gefahrenstellen dokumentiert, wobei nur bei 15 Ereignissen eine genaue Angabe über den Bahnbetrieb vorliegt (offen/geschlossen). Davon fanden 4 Ereignisse bei offener Strecke und 11 bei geschlossener Strecke statt. Daraus resultiert ein Reduktionsfaktor $K=0.25$. Der Reduktionsfaktor beeinflusst das Risiko in direkter, linearer Weise und reduziert das Risiko um 75%.

Alle Lawinenverschüttungen der Bahn fanden bei den SLF-Gefahrenstufen 3, 4 oder 5 statt (s. Tabelle 4).

	SLF -Lawinengefahrenstufe				Gesamte Anzahl Verschüttungen
	2 mässig	3 erheblich	4 gross	5 sehr gross	
Ereignisse bei offener Bahn	0	2	2	0	4
Ereignisse bei geschlossener Bahn	0	0	10	1	11

Tabelle 4

Verteilung der 15 dokumentierten Verschüttungen der Matterhorn Gotthard Bahn auf der Strecke Andermatt – Realp, Lawinenkataster Urseren.

5 Dokumentierte Unfälle Strasse und Bahn

Kantonsstrasse

Gemäss den Angaben des Amtes für Tiefbau Kanton Uri sind auf der Kantonsstrasse Andermatt – Realp 3 Lawinenunfälle, alle ohne tödliche Folgen, dokumentiert. Am 04.04.1986 im Lawinenzug „in den Böschen“, 25.02.1995 im Lawinenzug „Lauital“ und 09.02.2003 im Lawinenzug „in den Böschen“ im Wallenboden. (Diese Lawine wurde wahrscheinlich von einem Variantenskipfaher ausgelöst.)

Auf der Kantonsstrasse Gurnellen – Göschenen liegen laut dem Amt für Tiefbau des Kantons Uri keine dokumentierten Lawinenunfälle vor.

Matterhorn Gotthard Bahn

Bei der Matterhorn Gotthard Bahn wurden auf der Strecke Andermatt – Realp 26 Lawinen-niedergänge in den letzten 20 Jahren dokumentiert. 7 Lawinen verursachten einen Sachschaden (Fahrbahnleitung etc.), wobei keine Personen tödlich verunglückten.

6 Lawinen Risikoanalyse

6.1 Risikohinweis R_0 der Kantonsstrassen, ohne Sperrungen

Insgesamt wurden 48 potentielle Lawinenzüge auf der Kantonsstrasse zwischen Andermatt – Realp und 36 auf der Kantonsstrasse Gurnellen – Göschenen beurteilt. Davon stellen 33 Lawinenzüge eine Gefahr für die Kantonsstrasse Andermatt – Realp und 12 Lawinenzüge eine Gefahr für die Kantonsstrasse Gurnellen – Göschenen dar. Grundlage sind Verschüttungswiederkehrdauern welche kleiner als 100 Jahre sind.

Diese 45 Gefahrenstellen werden in den Minidossiers genauer beschrieben. Die erwähnten Minidossiers fassen alle Gefahren- und Risikoparameter zusammen und zeigen den Risikohinweis-Wert R_0 in Todesfälle/Jahr bzw. statistischen Todesfällen alle x Jahren, ohne jegliche Sperrungen, sowie den Risikohinweiswert R_{0M} mit vorsorglicher Sperrung (Anhang A).

Die Ausgangsrisiken R_0 sind auf zwei Karten (Andermatt – Realp bzw. Gurnellen – Göschenen) illustriert (s. Karten Anhang B). Übersichtshalber wurden 5 Risikokategorien definiert und in Jährlichkeit eines statistischen Todesfalles dargestellt.

Eine zusammenfassende Darstellung der Risikoanalyse zeigen auch die folgenden zwei Graphiken (Bild 6 und Bild 7). Dargestellt sind Abschnitte in Funktion des Risikowertes: Je höher der Wert Risikohinweis, um so grösser das Unfallrisiko. Diese Graphik sagt nichts über die Schwierigkeit der Verantwortlichen aus, die Lawinengefahr in den jeweiligen Lawinenzügen einzuschätzen.

Auf der Kantonsstrasse Andermatt – Realp liegen die höchsten **Risikowerte R_0** in den Abschnitten **Böschentalai**, **Chäsertallai**, **Rinbortlai**, **Wyssbachlai**, **Kleingrubentalai**, **Spitzegglaui**, **Lauital** und **Lochtallai** vor (Bild 6). Die Ausgangsrisiken R_0 liegen in der Grössenordnung eines statistischen Todesfalles alle 100 - 300 Jahre. Das höchste Ausgangsrisiko R_0 liegt im Lawinenzug Böschentalai LK 15 bei einem statistischen Todesfall alle 102 Jahre.

Die 8 erwähnten Lawinenzüge mit den höchsten Ausgangsrisiken liegen zwischen Hospental und Realp und stellen 70% des totalen Ausgangsrisikos R_{0tot} auf der Strassenstrecke Andermatt – Realp dar. Die übrigen 25 gefährdeten Abschnitte machen die restlichen 30 % des Ausgangsrisikos R_{0tot} aus.

Das **totale Ausgangsrisiko R_{0tot}** auf den Kantonsstrassenabschnitten ergibt sich aus der Summe der einzelnen Abschnittsrisiken [nach Wilhelm, 1999].

Auf der Strasse **Andermatt – Realp** ergibt sich ein totales Ausgangsrisiko R_{0total} ohne vorsorgliche Sperrungen von einem statistischen Todesfall alle 14 Jahre (0.07003 Todesfälle/Jahr).

Risikoanalyse Lawinen Gurntellen – Göschenen, Andermatt - Realp

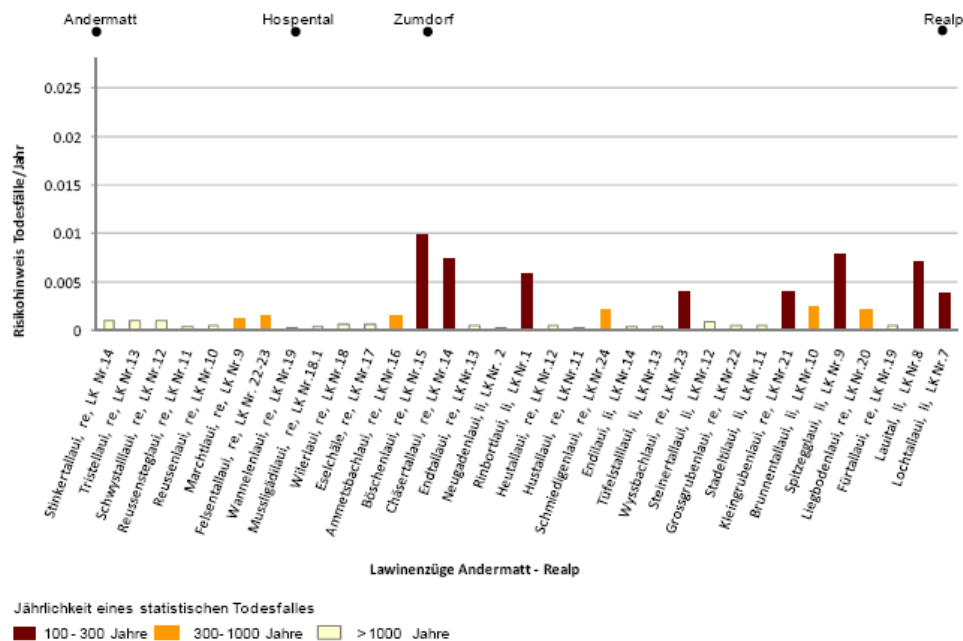


Bild 6

Lawinen-Ausgangsrisiko-Hinweise R_0 der Kantonsstrasse zwischen Andermatt – Realp, ohne Sperrungen.

Die höchsten **Ausgangsrisiken** R_0 auf der Kantonsstrasse Gurntellen – Göschenen sind für die Abschnitte **Wilerplanggenlau**, **Rorbach** und **Riental** ausgemacht worden (s. Bild 7). Diese Risiken liegen in der Grössenordnung eines statistischen Todesfalles alle ≥ 300 Jahre.

Das grösste Abschnitts-Ausgangsrisiko liegt im Lawinenzug Wilerplanggenlau mit einem statistischen Todesfall alle 340 Jahre.

Die Strasse **Gurntellen – Göschenen** weist ein totales Ausgangsrisiko $R_{0\text{total}}$ von einem statistischen Todesfall alle 92 Jahre oder 0.01089 Todesfälle/Jahr auf. Die drei erwähnten Lawinenzüge mit den höchsten Ausgangsrisiken stellen 65% des totalen Ausgangsrisikos $R_{0\text{total}}$ auf der Strassenstrecke Gurntellen-Göschenen dar. Die übrigen 9 gefährdeten Abschnitte machen 35% des Ausgangsrisikos $R_{0\text{total}}$ aus.

Die höchsten Ausgangsrisiken R_0 sind auf der Strasse Andermatt – Realp um bis zu einem Faktor 3 höher als auf der Strasse Gurntellen – Göschenen.

Risikoanalyse Lawinen Gurnellen – Göschenen, Andermatt - Realp

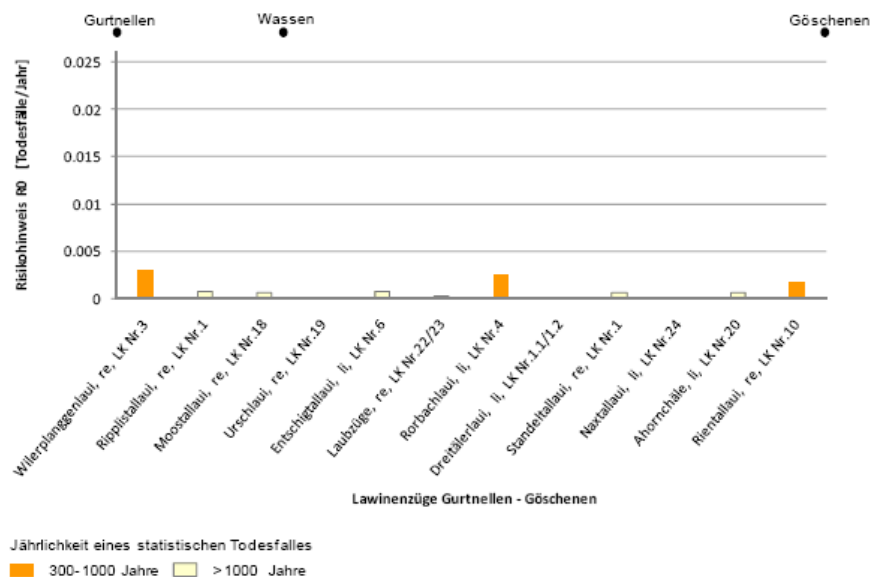


Bild 7

Lawinen-Ausgangsrisiko-Hinweise R_0 der Kantonsstrasse zwischen **Gurnellen - Göschenen**, ohne Sperrungen.

6.2 Risikohinweis R_{IM} Kantonsstrasse, mit Sperrungen

Der Risikohinweis R_{IM} mit Berücksichtigung von vorsorglichen Sperrungen ist auf der Kantonsstrassenstrecke Andermatt – Realp 75%, auf der Kantonsstrassenstrecke Gurnellen – Göschenen 12% tiefer als das Ausgangsrisiko R_0 (Reduktionsfaktor $K=0.25$ bzw. $K=0.875$). Diese Reduktionsfaktoren ergeben sich alleine aus der Analyse der Verschüttungen im Zusammenhang mit offener/geschlossener Verkehrsachse (s. Kapitel 4.1). Die Aussagekraft wird als beschränkt eingestuft, weil die Datengrundlage zu klein ist.

Die totalen Ausgangsrisiken über die totale Strassenstrecke R_{0total} Andermatt – Realp und Gurnellen – Göschenen betragen einen statistischen Todesfall alle 14 Jahre bzw. alle 92 Jahre, ohne Berücksichtigung von vorsorglichen Sperrungen.

Werden die vorsorglichen Sperrungen mitberücksichtigt, reduzieren sich diese Risiken um 75% bzw. 12%, d.h. alle 57 Jahre bzw. alle 105 Jahre ein statistischer Todesfall.

Effektiv dürfte die Reduktion noch grösser ausfallen, weil nicht alle Sperrungen dokumentiert sind.

Demgegenüber wurden beim Amt für Tiefbau Kanton Uri auf der Kantonsstrassenstrecke Andermatt – Realp in den letzten Jahren 3 Lawinenunfälle dokumentiert (04.04.1986, 25.02.1995 und 9.2.2003).

Auf der Kantonsstrassenstrecke Gurnellen – Göschenen liegen dem Amt für Tiefbau des Kantons Uri keine dokumentierten Lawinenunfälle vor. Tödliche Unfälle sind keine bekannt.

6.3 Risikohinweis R_0 Matterhorn Gotthard Bahn, ohne Sperrungen

Insgesamt wurden 48 potentielle Lawinenzüge für die Matterhorn Gotthard Bahn zwischen Andermatt – Realp beurteilt. Davon stellen 39 Lawinenzüge eine Gefahr für die Bahn zwischen Andermatt – Realp dar. Berücksichtigt wurden Verschüttungen mit einer Wiederkehrdauer $T < 100$ Jahre. Diese 39 Gefahrenstellen wurden in Minidossiers genauer beschrieben (Anhang A).

Die Risikohinweiswerte für die Bahn setzen sich aus dem Direkttreffer und Auffahrtrisiko zusammen. Die Ergebnisse sind auf einer Karte illustriert (Anhang B). Es wurden 5 Risikokategorien definiert und in Jährlichkeiten eines statistischen Todesfalles dargestellt.

Eine zusammenfassende Darstellung der Risikoanalyse zeigt auch die folgende Graphik (Bild 8). Dargestellt sind Abschnitte in Funktion des Risikowertes: Je höher der Wert Risikohinweis, um so grösser das Unfallrisiko.

Vergleichsweise hohe Risikowerte R_0 für die Bahnstrecke Andermatt – Realp sind für die Abschnitte **Richlerentallau**, **Chäsertallau**, **Rinbortallau**, **Wyssbachlau**, **Kleingrubenlau**, und **Lauital** ausgemacht worden. Diese Ausgangsrisiken liegen jeweils im Bereich von einem statistischen Todesfall alle 100 – 300 Jahre (30-100 Jahre, bei pessimistischer Letalität).

Die grössten Ausgangsrisiken R_0 sind in den Lawinenzügen Lauital LK 8, Richlerentallau LK 7.1 und Rinbortallau LK 1 (ein stat. Todesfall alle 167 bzw. 180 Jahre bei eher optimistischer Letalität, bzw. 47 und 48 Jahre bei eher pessimistischer Letalität) auszumachen.

Die höchsten Ausgangsrisiken R_0 auf dem Strassenabschnitt Andermatt – Realp liegen ebenfalls im Bereich eines statistischen Todesfalles alle 100-300 Jahre.

Die totalen Bahnausgangsrisiken R_{0total} ergeben sich aus der Summe aller Abschnittsrisiken und weisen auf der Bahnstrecke Andermatt – Realp, ohne Berücksichtigung von vorsorglichen Sperrungen, einen statistischen Todesfall alle 18 Jahre oder 0.0562 Todesfälle/Jahr auf (4 Jahre oder 0.05 Tf/J. bei eher pessimistischer Letalität).

Die sechs Lawinenzüge mit den höchsten Ausgangsrisiken liegen zwischen Hospental und Realp und stellen 55% des Ausgangsrisikos R_{0total} auf der Bahnstrecke Andermatt – Realp dar. Die übrigen 33 gefährdeten Abschnitte machen das restliche Ausgangsrisiko R_{0total} aus.

Risikoanalyse Lawinen Gurtneilen – Göschenen, Andermatt - Realp

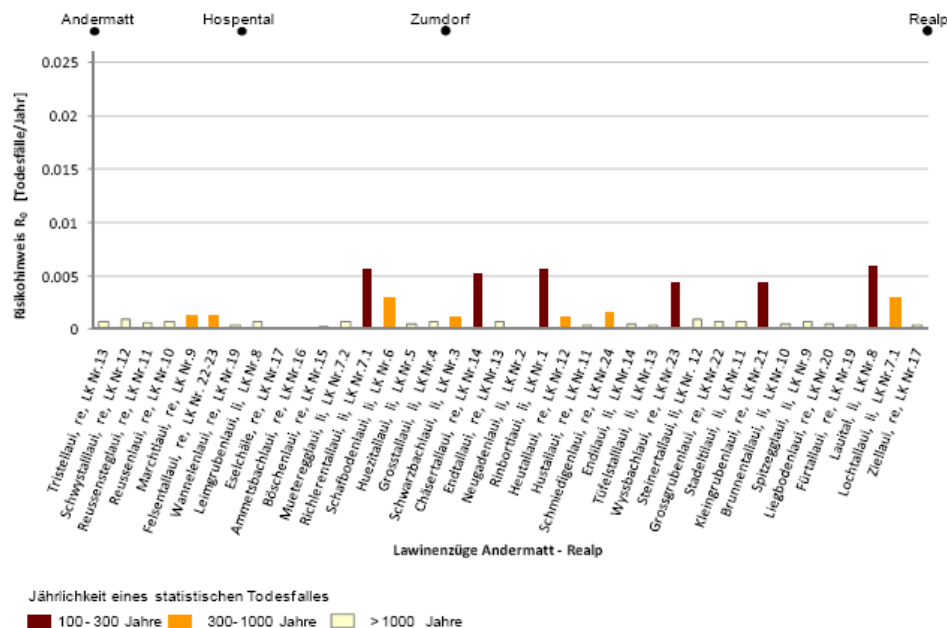


Bild 8

Lawinenrisiko-Hinweise R_0 der **Matterhorn Gotthard Bahn** zwischen Andermatt – Realp, ohne Sperrungen.

6.4 Risikohinweis R_{tm} Matterhorn Gotthard Bahn mit Sperrungen

Das Bahn-Ausgangsrisiko R_0 wird aufgrund von vorsorglichen Sperrungen etwa um 75% reduziert. Dieser Reduktionsfaktor $K = 0.25$ ergibt sich aus der Analyse der Verschüttungen im Zusammenhang mit offener/geschlossener Bahn (s. Kapitel 4.2).

Das totale Ausgangsrisiko R_{0total} über die gesamte Bahnstrecke Andermatt – Realp beträgt alle 18 Jahre einen statistischen Todesfall (4 Jahre bei eher pessimistischer Letalität), ohne Berücksichtigung von vorsorglichen Sperrungen. Bei Mitberücksichtigung der Sperrungen reduzieren sich diese Risiken um 75%, d.h. $R_{tmTotal}$ alle 71 Jahre ein statistischer Todesfall (15 Jahre bei eher pessimistischer Letalität).

Effektiv dürfte die Reduktion noch grösser ausfallen, weil nicht alle Sperrungen dokumentiert sind. Aufgrund der Katasterangaben der Matterhorn Gotthard Bahn wurden auf dem Abschnitt Andermatt – Realp 26 Lawenniedergänge in den letzten 20 Jahren dokumentiert. 7 Lawinen verursachten einen Sachschaden (Fahrbahnleitung etc.), wobei keine Personen tödlich verunglückten.

6.5 Bewertung der Lawinenrisiken

Andermatt - Realp

Auf der Strassenstrecke Andermatt-Realp beträgt das totale Ausgangsrisiko R_{mTotal} 1 statistischer Todesfall alle 57 Jahre, mit Berücksichtigung der vorsorglichen Sperrungen. Auf der Bahnstrecke resultiert ein entsprechender Wert von einem statistischen Todesfall alle 71 Jahre (15 Jahre bei eher pessimistischer Letalität).

Risikoanalyse Lawinen Gurnellen – Göschenen, Andermatt - Realp

Vergleicht man die berechneten Lawinenrisiken mit den 3 dokumentierten Personenunfällen auf der Strasse und 7 Schadenfälle auf der Bahnlinie (über die Anzahl der Personenunfälle liegen keine Angaben vor, tödliche Unfälle sind auf beiden Verkehrsträgern unbekannt), scheinen die berechneten Risikowerte R_{mTotal} für Strasse und Bahn plausibel; Widersprüche sind keine erkennbar.

Generell ist zu beachten, dass die Datengrundlage unvollständig sein dürfte (nicht alle Verschüttungen und Unfälle sind dokumentiert) und dass die berücksichtigte Verkehrsfrequenz auf aktuellen Daten beruht. Die ermittelten Risiken stellen deswegen die aktuelle Situation dar.

Gurnellen – Göschenen

Das totale Ausgangsrisiko R_{mTotal} auf der Strasse Gurnellen – Göschenen ist vergleichsweise klein, alle 105 Jahre ein statistischer Todesfall, unter Berücksichtigung der temporären Sperrungen. Hier sind keine Lawinenverkehrsunfälle dokumentiert. Die berechneten tiefen Lawinenrisiken scheinen deswegen plausibel.

7 Fazit

Gemäss den Unterlagen erfolgten alle Verschüttungen der Verkehrsträger auf den untersuchten Strecken an Tagen mit den SLF-Gefahrenstufen 3 (erheblich), 4 (gross) und 5 (sehr gross). Am meisten Verschüttungen fanden bei einer Gefahrenstufe 4 (56%), gefolgt von der Gefahrenstufe 3 (38%) und der Gefahrenstufe 5 (6%) statt.

Lawinenausgangsrisikohinweis auf der Kantonsstrasse Andermatt – Realp

Höchste Abschnitts – Ausgangsrisiken R_0 auf der Kantonsstrasse Andermatt – Realp wurden in den Lawinenzügen **Böschental**, **Chäsertall**, **Rinbort**, **Wyssbach**, **Kleingruben**, **Spitzegg**, **Lauital** und **Lochtall** ausgemacht (ohne Sperrungen). Sie weisen jeweils einen statistischen Todesfall alle 100 – 300 Jahre auf. Das höchste Ausgangsrisiko R_0 liegt im Lawinenzug **Böschental** LK 15 bei einem statistischen Todesfall alle 102 Jahre.

Das totale Ausgangsrisiko $R_{0\text{total}}$ über die gesamte Strasse Andermatt – Realp ergibt einen statistischen Todesfall alle 14 Jahre, ohne vorsorgliche Sperrungen.

Das totale Ausgangsrisiko $R_{0\text{total}}$ auf der Strasse Andermatt-Realp kann unter Berücksichtigung der dokumentierten temporären Sperrungen um 75% reduziert werden. Daraus resultiert ein statistischer Todesfall alle 57 Jahre. Den Grundlagen zufolge sind 3 Lawinenereignisse mit Verkehrsunfällen ohne tödliche Folgen bekannt.

Ausgangsrisiko auf der Kantonsstrasse Gurnellen – Göschenen

Die höchsten Abschnitts – Ausgangsrisiken R_0 auf der Kantonsstrasse Gurnellen – Göschenen wurden in den Lawinenzügen **Wilerplanggen**, **Rorbach**, und **Riental** ausgemacht (statistische Todesfälle von mehr als 300 Jahren pro Abschnitt, ohne Sperrungen).

Diese Abschnitts-Ausgangsrisiken ohne Sperrungen sind um den Faktor 3 kleiner als die höchsten Abschnittsrisiken auf der Strassenstrecke Andermatt – Realp.

Risikoanalyse Lawinen Gurnellen – Göschenen, Andermatt - Realp

Das grösste Abschnitts-Ausgangsrisiko liegt im Lawinenzug Wilerplanggenlauri mit einem statistischen Todesfall alle 340 Jahre (ohne Sperrungen).

Das totale Ausgangsrisiko R_{0total} über alle Strassenabschnitte auf der Strecke Gurnellen – Göschenen ergibt einen statistischen Todesfall alle 92 Jahre, ohne vorsorgliche Sperrungen.

Das totale Ausgangsrisiko R_{mTotal} unter Berücksichtigung der temporären Sperrungen (Reduktion um 12%) auf der Kantonsstrassenstrecke Gurnellen – Göschenen ist relativ klein, alle 105 Jahre ein statistischer Todesfall.

Auf der Strecke Gurnellen – Göschenen sind keine Lawinenverkehrsunfälle dokumentiert.

Lawinenrisiko Matterhorn Gotthard Bahn für die Strecke Andermatt – Realp

Höchste Abschnitts-Ausgangsrisiken R_0 auf der Bahnstrecke Andermatt – Realp wurden in den Lawinenzügen Richlerentallauri, Chäsertallauri, Rinbortlauri, Wyssbachlauri, Kleingrubenlauri und Lautal ausgemacht (ohne Sperrungen).

Die Abschnitts-Ausgangsrisiken R_0 auf der Bahnstrecke Andermatt – Realp sind vergleichbar mit den Ausgangs-Risikowerten R_0 der Strassenstrecke Andermatt – Realp (ohne Sperrungen). Sie liegen bei einem Todesfall alle 100-300 Jahre (30-100 Jahre, bei eher pessimistischer Letalität). Die grössten Ausgangsrisiken R_0 sind in den Lawinenzügen Lautal LK 8, Richlerentallauri LK 7.1 und Rinbortlauri LK 1 (ein statistische Todesfall alle 167 bzw. 180 Jahre bei eher optimistischer Letalität, bzw. 47 und 48 Jahre bei eher pessimistische Letalität) auszumachen.

Das totale Ausgangsrisiko R_{0total} über alle Bahnabschnitte ergibt 1 statistischer Todesfall alle 18 Jahre (4 Jahre bei eher pessimistischer Letalität), ohne Sperrungen. Mit Sperrungen reduziert sich R_{0total} um 75%. Daraus resultiert 1 statistischer Todesfall R_{mTotal} alle 71 Jahre (15 Jahre bei eher pessimistischer Letalität).

Bei der Matterhorn Gotthard Bahn wurden in den letzten 20 Jahren 7 Lawinen mit Sachschäden ohne tödliche Folgen dokumentiert. Aus diesem Hintergrund und unter Berücksichtigung von pessimistischen und optimistischen Annahmen (Letalität) scheint das totale Bahn-Ausgangsrisiko R_{mTotal} , mit Sperrungen, von einem statistischen Todesfall alle 15 bis 71 Jahre plausibel.

André Burkard
Dipl. Kulturing. ETH

Alice Lambrigger
BSc Umweltingenieurswesen ZFH

Anhang

- (A1) Minidossiers der Gefahrenstellen der Kantonsstrasse Andermatt – Realp
- (A2) Minidossiers der Gefahrenstellen der Kantonsstrasse Gurnellen – Göschenen (Fliesslawinen)
- (A3) Minidossiers der Gefahrenstellen der Kantonsstrasse Gurnellen – Göschenen (Staublawinen)
- (A4opt.) Minidossiers der Gefahrenstellen der Matterhorn Gotthard Bahn Andermatt – Realp
- (A4pes.) Minidossiers der Gefahrenstellen der Matterhorn Gotthard Bahn Andermatt – Realp

- (B1) Risikohinweiskarte R_0 Strassenabschnitt Andermatt – Realp
- (B2) Risikohinweiskarte R_0 Strassenabschnitt Gurnellen –Göschenen
- (B3) Risikohinweiskarte R_0 Matterhorn Gotthard Bahn Andermatt – Realp

- (C1) Grafiken der Strassenverschüttung im Zusammenahng mit Lawinengefahrenstufe
- (C2) Grafiken der Bahnverschüttung im Zusammenahng mit Lawinengefahrenstufe

Die Anhänge sind aufgrund des grossen Umfangs diesem Bericht nicht beigelegt.