

**wasser/schnee/lawinen**

Ingenieurbüro André Burkard AG



# H11 Sustenstrasse: Wintersichere Notstrasse Husen – Meiendörfli

## Risikoanalyse und Beurteilung der Kostenwirksamkeit des „Projekts 1986“

### Kurzbericht

Auftraggeber:  
Amt für Tiefbau  
Klausenstrasse 2  
6460 Altdorf

CH / 3900 Brig / 21. Juli 2014

ing@wasserschneelawinen.ch  
www.wasserschneelawinen.ch

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

## **Verteiler**

Amt für Tiefbau, Klausenstrasse 2, 6460 Altdorf

(1 Ex.)

## **Änderungen**

-

## **Impressum**

Titelbild: Lawinenniedergang 24.12.2012 auf gesperrte Sustenpassstrasse. Foto: Neue Luzerner Zeitung online  
(<http://www.luzernerzeitung.ch/nachrichten/zentralschweiz/ur/uri/Lawine-mitten-auf-der-Sustenpassstrasse;art97,222702>)

Autor(en): R. Sterchi, A. Burkard

Druckdatum: 21. Juli 2014

Seitenzahl: 7

Anhänge: -

Planbeilagen: -

Projekt: 140104

Datei: 140104\_Kurzbericht\_rst\_abu.docx

## Inhaltsangabe

1	Anlass und Auftrag .....	1
1.1	Problemstellung .....	1
1.2	Perimeter .....	1
2	Grundlagen .....	2
3	Risikoanalyse .....	2
3.1	Methodik .....	2
3.2	Vorgehen .....	3
3.3	Berechnungsannahmen .....	3
3.4	Parameterverzeichnis .....	4
4	Resultate .....	4
4.1	Ausgangsrisiko .....	4
4.2	Risikoreduktion und Kostenwirksamkeit .....	5
5	Fazit .....	6

# 1 Anlass und Auftrag

## 1.1 Problemstellung

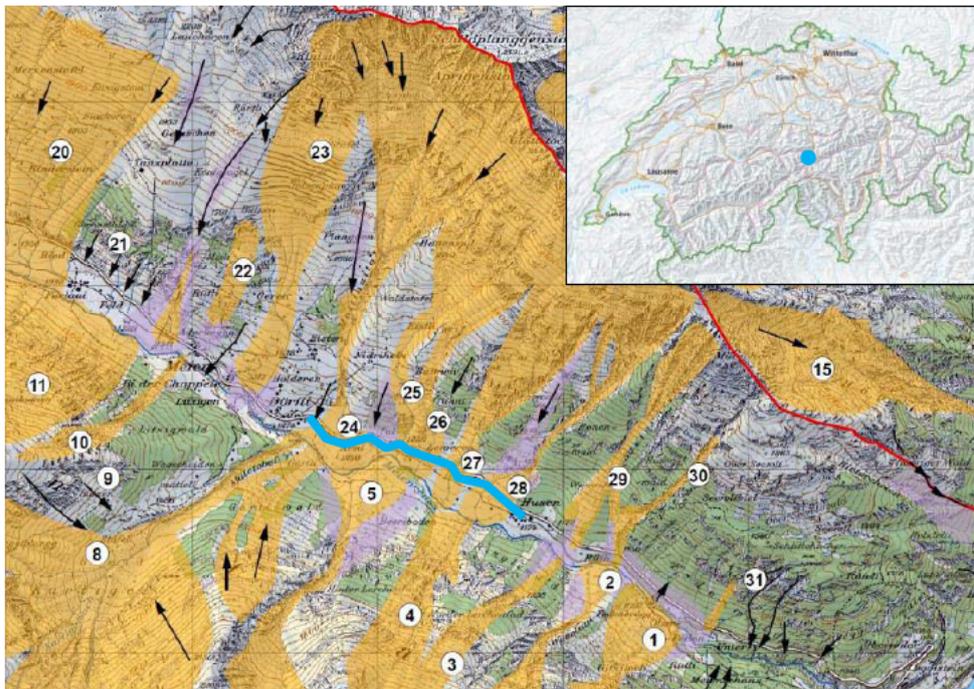
Am 26. Juni 2013 reichte Landrätin Verena Walker, Wassen, die Motion „Wintersichere Notstrasse Husen-Meiendörfli“ ein. Anlässlich der Landratssession vom 20. November 2013 wurde die Motion in ein Postulat umgewandelt. Damit wurde der Regierungsrat Uri beauftragt, einen Bericht zur verkehrlichen Erschliessung des Meientals im Winter zu verfassen, einschliesslich der Beurteilung der Studie aus dem Jahr 1986 zur Verbesserung der Sicherheit und der Verfügbarkeit der Sustenstrasse auf dem Abschnitt Husen-Meiendörfli mittels zweier Lawinenschutztunnels.

Das Ingenieurbüro A. Burkard AG, wasser/schnee/lawinen, wurde in diesem Zusammenhang vom Amt für Tiefbau mit einer Risikoanalyse und Beurteilung der Kostenwirksamkeit der Lawinenschutztunnel im Sinne einer Zweitmeinung beauftragt.

## 1.2 Perimeter

Für die Risikoanalyse wurden die folgenden kritischen Lawinenzüge zwischen Husen und Meiendörfli berücksichtigt:

- Nr. 24 Arnilau (geplanter Lawinentunnel)
- Nr. 25 Leweren-Lau (geplanter Lawinentunnel)
- Nr. 26 Rohrtal-Lau (geplanter Lawinentunnel)
- Nr. 27 Huserhalten-Lau
- Nr. 28 Husertal-Lau



**Abbildung 1**

Untersuchungsperimeter (blau) zwischen Husen und Meiendörfli (aus [4], Mst. ca. 1:30'000).

## 2 Grundlagen

- [1] H11 Sustenstrasse, Aufzeichnungen Elementarereignisse (Lawinenkataster) 1990-2013, Kanton Uri.
- [2] H11 Sustenstrasse, Abschnitt Wassen – Meiendörfli, Strassensperrungen in den Wintern von 1993/1994 bis 2013/2014, Kanton Uri.
- [3] H11 Sustenstrasse, automatische Verkehrszählung Messstelle Husen (Nr. 262), 2007 bis 2013, Kanton Uri.
- [4] Lawinenkarte Meiental, Kanton Uri.
- [5] Wilhelm, Chr. (1999): Kosten-Wirksamkeit von Lawinenschutzmassnahmen an Verkehrswegen. Vorgehen, Beispiele und Grundlagen der Projektevaluation. Vollzug Umwelt, Praxishilfe, Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft BUWAL, 1999.
- [6] EconoMe: Objektparametertabelle vom 30.06.2014.
- [7] Projekta AG: Wintersichere Verbindung Husen – Meiendörfli, Studie, Techn. Bericht mit Kostenschätzung, 1986, Altdorf.
- [8] Faktenblatt zu Meien, 03.06.2014, Gemeinde Wassen.
- [9] Regierungsrat des Kantons Uri: Auszug aus dem Protokoll vom 24. September 2013. Nr. 2013-561 R-150-13 Motion Verena Walker, Wassen, zu Wintersichere Notstrasse Husen-Meiendörfli; Antwort des Regierungsrates.

## 3 Risikoanalyse

### 3.1 Methodik

Für die Risikoabschätzung und Beurteilung der Kostenwirksamkeit von Schutzmassnahmen wurde die Methodik nach Wilhelm [5] gewählt. Diese stellt eine vereinfachte Risikoabschätzung mittlerer Bearbeitungstiefe, aber genügender Aussagekraft dar und umfasst die folgenden Schritte:

- Berechnen kollektives Risiko im Ausgangszustand  $R_0$  mit mittlerer Wiederkehrdauer  $T$  und mittlerer Verschüttungsbreite  $g$  (aufgrund Lawinenkataster)
- Berücksichtigung der Risikoreduktion durch vorsorgliche Strassensperrungen
- Abschätzen Risikoreduktion  $R_v$  durch die geplanten Massnahmen (Nutzen der Tunnel)
- Bestimmen jährliche Kosten  $K_j$  basierend auf Investitionskosten  $I_0$
- Bestimmen der Kostenwirksamkeit (Nutzen-Kosten-Verhältnis)

Es erfolgte keine Beurteilung der politischen oder sozio-ökonomischen Bedeutung des Strassenabschnittes.

### 3.2 Vorgehen

Folgende Arbeiten wurden durchgeführt:

- Auswerten Lawinenkataster [1] und Abschätzen der durchschnittlichen Wiederkehrdauer  $T$  von Strassenverschüttungen pro Lawinenzug und der mittleren Verschüttungsbreite  $g$
- Auswerten Strassensperrungen [2] und Abschätzen der erzielten Risikoreduktion durch vorsorgliche Sperrungen (Lawinenverschüttungen auf schon gesperrte Strasse).
- Auswerten Verkehrszählungen[3] und Herleitung durchschnittliches Verkehrsaufkommen während Wintermonaten  $DTV$  (Mittelwert der Wintermonate 2007/2008 bis 2013/14)
- Berechnen Risiko im Ausgangszustand  $R_0$  bzw.  $R_{0,tM}$  mit temporären Massnahmen (Strassensperre)
- Herleitung der jährlichen Kosten der vorgegebenen Investitionskosten der Lawinentunnel gemäss dem Projekt 1986 [7]
- Abschätzung des Nutzens aus Risikoreduktion durch die Lawinentunnel und Erhöhung der Verfügbarkeit.

### 3.3 Berechnungsannahmen

- Für die Berechnungen wird angenommen, dass die Schulbusse in den Verkehrsmessdaten bzw. in der gewählten, durchschnittlichen Personenbelegung pro Fahrzeug enthalten sind. Es wird ebenfalls davon ausgegangen, dass die im Faktenblatt zu Meien [8] aufgeführten Ferienhausbesitzer sowie Tierärzte, Besamer und Wintersportler in den Verkehrsmessdaten enthalten sind.
- Die Bedeutung des untersuchten Strassenabschnittes für Grund- und Notfallversorgung kann in der Risikoberechnung nicht berücksichtigt werden.
- Annahme Letalität  $\lambda = 0.18$  gemäss Wilhelm [5]
- Annahme Personenbelegung  $\beta = 1.76$  gemäss EconoMe [6]
- Die Berechnung der jährlichen Kosten  $K_j$  basiert auf den Investitionskosten  $I_0$ . Gemäss dem Projekt 1986 wurden diese auf ca. 10 Mio SFr. geschätzt. Dies entspricht Kosten von 12'500 SFr/m'. Erfahrungsgemäss dürften die heutigen Kosten aufgrund der Teuerung und höherer Anforderung bezüglich Strassensicherheit deutlich höher liegen. Es wird mit aktuellen Investitionskosten von ca. 15 Mio SFr. gerechnet, d.h. Kosten von rund 19'000 SFr./m'.
- Die Verfügbarkeitskosten werden mit folgendem Ansatz berücksichtigt: Die Anzahl Pendler, welche an lawinenbedingten Sperrtagen nicht zur Arbeit fahren können, wird mit einem Ansatz für Erwerbsausfall, Produktionsausfall etc. und der Anzahl Sperrtagen multipliziert (gemäss [9] kann beträgt ein solcher Ansatz des Staatssekretariats für Wirtschaft SECO 500-1'000 SFr./Tag). Es wird pro Pendler ein Ansatz von 1'000 SFr./Tag gewählt. Gemäss dem Faktenblatt zu Meien [8] wird mit 16 Pendlern gerechnet.

### 3.4 Parameterverzeichnis

$R_0$	[Tf./Jahr]	kollektives Ausgangsrisiko
$r_0$	[1/Jahr]	individuelles Ausgangsrisiko
$R_{0,tM}$	[Tf./Jahr]	kollektives Risiko mit temporären Massnahmen (Strassensperre)
$r_{0,tM}$	[1/Jahr]	individuelles Risiko mit temporären Massnahmen (Strassensperre)
$R_{I,tM}$	[Tf./Jahr]	kollektives Risiko nach Massnahmen (Tunnel + Strassensperre)
$r_{I,tM}$	[1/Jahr]	individuelles Risiko nach Massnahmen (Tunnel + Strassensperre)
$N_R$	[SFr./Jahr]	Nutzen aus Risikoreduktion
$N_{Ver}$	[SFr./Jahr]	Nutzen durch Erhöhung der Verfügbarkeit
$N_{tot}$	[SFr./Jahr]	totaler Nutzen
$T$	[Jahre]	mittlere Verschüttungshäufigkeit von Lawinen gemäss Kataster
$g$	[km]	mittlere Verschüttungsbreite gemäss Kataster
$\lambda$	[-]	Letalität von Personen in Fahrzeugen
$\beta$	[Pers./Fz]	durchschnittliche Personenbelegung
$DTV$	[Fz./Tag]	durchschnittlicher täglicher Verkehr (Winter)
$z$	[Anz./Tag]	Anzahl Fahrten eines Pendlers
$v$	[km/h]	mittlere Fahrgeschwindigkeit
$tM$	[%]	Wirksamkeit der temporären Massnahmen (Strassensperre)
$W$	[%]	Wirksamkeit der Massnahme (Lawinentunnel)
$I_0$	[SFr.]	Investitionskosten der Massnahme
$K_j$	[SFr./Jahr]	jährliche Kosten der Massnahme

## 4 Resultate

### 4.1 Ausgangsrisiko

Tabelle 1 fasst die berechneten Ausgangsrisiken mit Berücksichtigung der vorsorglichen Strassensperrungen pro Lawinenzug und als Summe für den untersuchten Streckenabschnitt zusammen. Dargestellt sind einerseits das kollektive Risiko  $R_{0,tM}$  (statistische Todesfälle pro Jahr) bzw. das individuelle Todesfallrisiko  $r_{0,tM}$  (berechnet unter der Annahme, dass eine Person die Strecke 2 Mal am Tag zurücklegt).

Der Risikoreduktionsfaktor  $tM$ , welcher durch die vorsorglichen Strassensperrungen erzielt wird, wurde aufgrund des Verhältnisses „Lawinenniedergänge bei gesperrter Strasse“ zu „Total Lawinenniedergänge im Lawinenzug“ hergeleitet. Durch diese temporären Massnahmen kann das kollektive Risiko  $R_{0,tM}$  gegenüber einer Situation ohne Sperrmassnahmen rund um Faktor 3.6 auf rund 6'400 SFr./Jahr reduziert werden. Für eine theoretische Situation ohne Strassensperrungen würde das Ausgangsrisiko also rund 23'000 SFr./Jahr betragen.

Ebenfalls dargestellt sind die dazugehörenden Verfügbarkeitsrisiken infolge der Strassen-sperrungen (Annahmen: 16 Pendler, durchschnittlich an 11 Tagen pro Winter gesperrt, wirtschaftlicher Nutzen eines Pendlers im Tal = 1'000 SFr., d.h. 11 Tage x 16 x 1'000 SFr. = 176'000 SFr./Jahr).

Für die Monetarisierung der Personenrisiken wurden mit Grenzkosten von 5 Mio. SFr. pro verhinderten Todesfall gerechnet.

Lawinenzüge		Berechnungsparameter								Koll. Risiko	Ind. Risiko
Nr.	Name	$T$	$g$	$\lambda$	$DTV$	$z$	$\beta$	$v$	$tM$	$R_{0,tM}$	$r_{0,tM}$
		[Jahre]	[km]	[-]	[Fz]	[Anz./Tag]	[Pers./Fz]	[km/h]	[%]	[Tf/Jahr]	[1/Jahr]
Nr. 24	Arnilau	2.56	0.095	0.18	129.4	2	1.76	50	89%	0.00014	1.24E-06
Nr. 25	Leweren-Lau	1.92	0.039	0.18	129.4	2	1.76	50	58%	0.00029	2.54E-06
Nr. 26	Rohrtal-Lau	2.56	0.078	0.18	129.4	2	1.76	50	44%	0.00058	5.10E-06
Nr. 27	Huserhalten-Lau	2.30	0.091	0.18	129.4	2	1.76	50	80%	0.00027	2.38E-06
Nr. 28	Husertal-Lau	7.67	0.043	0.18	129.4	2	1.76	50	100%	0.00000	0.00E+00
Total 5 Lawinenzüge									$\Sigma =$	0.00128	1.13E-05
Personenrisiko [SFr./Jahr]									$R_{0,tM}$	6'412	-
Verfügbarkeitsrisiko [SFr./Jahr]									$R_{verf}$	176'000	-
Totales Ausgangsrisiko [SFr./Jahr]									$R_{0,tMV}$	182'412	-

**Tabelle 1**

*Ausgangsrisiko mit vorsorglichen Strassensperrungen und Verfügbarkeitsrisiken.*

## 4.2 Risikoreduktion und Kostenwirksamkeit

Die Risikoreduktion durch die Lawinentunnel wird aufgrund ihrer Wirkung  $W$  abgeschätzt. Dafür wurde die geplante Tunnellänge mit der maximalen Verschüttungsbreite des Lawinenkatasters verglichen. Im Lawinenzug Nr. 24 Arnilau ist von den total neun Ereignissen ein Ereignis dokumentiert, welches mit 350 m Verschüttungsbreite grösser war als der geplante Tunnel, weshalb die Wirkung auf 89% reduziert wurde. Das Risiko mit den Massnahmen ergibt sich aus  $R_{I,tM} = R_{0,tM} \cdot (1 - W)$ .

Die Kostenwirksamkeit der Massnahmen wurde anhand des Nutzen-Kosten-Verhältnisses beurteilt. Als Nutzen werden die erzielte Risikoreduktion sowie die Erhöhung der Verfügbarkeit betrachtet. Die jährlichen Kosten wurden basierend auf den Investitionskosten  $I_0$  aus [7] unter Berücksichtigung von Richtwerten<sup>1</sup> für Unterhalt und Betrieb gemäss [5] hergeleitet.

<sup>1</sup> Jährliche Betriebskosten = 0.5% von  $I_0$ , jährliche Unterhalts- und Reparaturkosten 2% von  $I_0$ , Lebensdauer Bauwerk = 80 Jahre, Zinssatz = 2%

Lawinenzüge		Massnahme	Wirk-sam-keit	jährliche Kosten	Risiko mit Massnahme		Nutzen			N-K-V
Nr.	Name				$W$	$K_j$	$R_{1,tM}$	$r_{1,tM}$	$R_{v,tM}$	
			[%]	[SFr./Jahr]	[Tf/Jahr]	[1/Jahr]	[SFr./Jahr]	[SFr./Jahr]	[SFr./Jahr]	[ - ]
Nr. 24	Arnilau	Tunnel, 300m	89%	267'000	0.00002	1.36E-07	628	35'200	35'828	0.1342
Nr. 25	Leweren-Lau	Tunnel, 300m	100%	267'000	0.00000	0.00E+00	1'449	35'200	36'649	0.1373
Nr. 26	Rohrtal-Lau	Tunnel, 200m	100%	178'000	0.00000	0.00E+00	2'902	35'200	38'102	0.2141
Nr. 27	Huserhalten-Lau	-	0	0	0.00027	2.38E-06	0	-	-	-
Nr. 28	Husertal-Lau	-	0	0	0.00000	0.00E+00	0	-	-	-
Total 5 Lawinenzüge			$\Sigma =$	712'000	0.00029	2.52E-06	4'978	105'600	110'578	0.1553

**Tabella 2**

Risikoreduktion und Kostenwirksamkeit bezüglich Ausgangsrisiko  $R_{0,tM}$  mit Strassensperrungen und Nutzen aus Erhöhung der Verfügbarkeit.

Die Berechnung zeigt ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0.16 unter Berücksichtigung der aktuellen Kostenschätzung. Das Berechnungsergebnis ist auch mit den ursprünglichen Projektkosten aus dem Jahr 1986 deutlich nicht kostenwirksam (Nutzen-Kosten-Verhältnis 0.23).

#### Bemerkung zur Verfügbarkeit:

Optimistisch (bezüglich Kostenwirksamkeit) kann davon ausgegangen werden, dass die Sperrtage je zu  $\frac{1}{5}$  von den 5 Lawinenzügen bedingt sind, d.h. dass jeder Lawinenzug in etwa gleich bedeutend ist. Unter dieser Annahme verbleiben  $\frac{2}{5}$  der Sperrtage nach dem Bau der Lawinentunnel. Dies wird so in der Tabelle 2 berücksichtigt  $N_{ver}$  pro Lawinenzug =  $\frac{1}{5}$  der totalen Verfügbarkeitsrisiken von 176'000 SFr./Jahr).

Unter einer pessimistischen Betrachtung kann mit dem Erstellen der Tunnel unter Umständen keine wesentliche Reduktion der Sperrtage erzielt werden. Im Lawinenzug Nr. 27 Huserhalten-Lau sind ebenfalls sehr häufige Verschüttungen der Strasse dokumentiert. Es kann angenommen werden, dass dieser Lawinenzug für eine ähnliche hohe Zahl von Sperrtagen verantwortlich werden könnte und die Verfügbarkeitskosten nicht wesentlich reduziert werden können. Wird davon ausgegangen, dass die Verfügbarkeit nicht erhöht werden kann, erhält man ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 0.007 mit aktueller Kostenschätzung bzw. 0.01 mit der ursprünglichen Kostenschätzung aus dem Jahr 1986.

## 5 Fazit

- Die Risikoberechnungen zeigen, dass die Lawinentunnel deutlich nicht kostenwirksam sind (Nutzen-Kosten-Verhältnis 0.16). Das Berechnungsergebnis ist auch mit den ur-

sprünglichen Projektkosten aus dem Jahr 1986 deutlich nicht kostenwirksam (Nutzen-Kosten-Verhältnis 0.23).

- Die Berechnungen zeigen, dass durch die temporären Massnahmen (Strassensperrungen) das Ausgangsrisiko in etwa um den Faktor 3.6 reduziert werden kann.
- Der übliche Grenzwert für das individuelle Todesfallrisiko von Personen ( $1 \times 10^{-5}$ ) wird auch mit den vorsorglichen Strassensperrungen auf dem Abschnitt Husen-Meiendörfli ganz knapp verletzt ( $1.1 \times 10^{-5}$ ).
- In den Abschnitten, welche durch die Tunnel geschützt werden, beträgt die Risikoreduktion zwischen 89% und 100%. Das individuelle Todesfallrisiko von Personen kann auf  $2.5 \times 10^{-6}$  reduziert werden.
- Durch die Lawinentunnel in einzelnen Lawinenzügen kann die Verfügbarkeit des Strassenabschnittes nur bedingt erhöht werden. Auf dem Abschnitt Husen-Meiendörfli verbleiben weiterhin Lawinenzüge (insbesondere Nr. 27), welche die Sustenpassstrasse in der Vergangenheit sehr häufig (im Schnitt alle 2.3 Jahre) und gross (im Mittel 91 m) verschüttet haben. Der Lawinenzug Nr. 27 scheint ebenfalls nicht ganz zuverlässig einschätzbar, zumal 20% der Verschüttungen bei offener Strasse stattfanden.

Der Strassenabschnitt Wassen-Husen ist ebenfalls nicht lawinensicher, was die Verfügbarkeit des gesamten Abschnittes Wassen-Meiendörfli ebenfalls beeinflusst. Insgesamt ist weiterhin mit lawinenbedingten Sperrungen des Strassenabschnittes Wassen-Meiendörfli zu rechnen.



A. Burkard  
dipl. Kulturing. ETH/SIA



R. Sterchi  
dipl. Geograph