



Diplomarbeit

Auswirkung des Klimawandels in den Alpen

Studiengang

dipl. Techniker HF Energie und Umwelt (O-TEU-20-T-a)

Diplomand

Jan Brunner

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	2
2	Management Summary	4
3	Kurzer beruflicher Lebenslauf.....	6
3.1	Qualifikationsprofil.....	8
4	Projektinitialisierung.....	10
4.1	Themeneingabe	10
4.2	Pflichtenheft	11
5	Projektplanung.....	12
5.1	Projektstrukturplanung	12
5.2	Projektlaufplanung	13
6	Projektinitialisierung.....	14
7	Klimawandel im Alpenraum	15
7.1	Klimawandel Folgen.....	16
8	Gefahrenprozesse in den Alpen.....	18
8.1	Waldbrand.....	18
8.2	Rutschungen	20
8.3	Hochwasser und Murgang	22
8.4	Sturzprozesse	24
8.5	Lawinen.....	26
9	Ausgewählte Ortschaften	28
10	Illgraben Susten Wallis	29
10.1	Illgraben Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?	31
10.2	Auswertung	36
10.2.1	Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse	36
10.2.2	Risikoanalyse	37
10.3	Analyse des Illgraben Susten Wallis.....	39
10.3.1	Naturgefahr.....	39
10.3.2	Faktor Klimawandel.....	39
10.3.3	Schutzmassnahmen.....	40
10.3.4	Fazit.....	41
11	Bergsturz Bondo Graubünden.....	42
11.1	Bondo Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?	44
11.2	Auswertung	48
11.2.1	Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse	48
11.2.2	Risikoanalyse	49
11.3	Analyse des Bergstutzes Bondo Graubünden.....	51
11.3.1	Naturgefahr.....	51
11.3.2	Faktor Klimawandel.....	51

11.3.3	Schutzmassnahmen.....	52
11.3.4	Fazit.....	56
12	Lawine Galtür Arlberg Österreich.....	57
12.1	Galtür Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?.....	60
12.2	Auswertung.....	64
12.2.1	Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse.....	64
12.2.2	Risikoanalyse.....	65
12.3	Analyse der Lawine in Galtür Arlberg Österreich.....	68
12.3.1	Naturgefahr.....	68
12.3.2	Faktor Klimawandel.....	68
12.3.3	Schutzmassnahmen.....	68
12.3.4	Fazit.....	70
13	Gletscher Randa Wallis.....	71
13.1	Randa Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?.....	72
13.2	Auswertung.....	75
13.2.1	Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse.....	75
13.2.2	Risikoanalyse.....	76
13.2.3	Risikofaktoren.....	77
13.3	Analyse des Bisgletschers in Randa Kanton Wallis.....	79
13.3.1	Naturgefahr.....	79
13.3.2	Faktor Klimawandel.....	79
13.3.3	Schutzmassnahmen.....	80
13.3.4	Fazit.....	81
13.4	Gesamtfazit.....	82
14	Projektabschluss.....	83
14.1	Weg zum Ziel.....	83
15	Eigenständigkeitserklärung.....	84
16	Verzeichnisse.....	85
16.1	Abbildungsverzeichnis.....	85
16.2	Literatur- und Quellenverzeichnis.....	86

2 Management Summary

Diese Arbeit befasst sich über die Auswirkung des Klimawandels in den Alpen.

Ausgangslage

Der Klimawandel hat weitreichende Folgen nicht nur für uns, sondern auch für die Alpen. Mit dieser Diplomarbeit möchte ich aufzeigen, wie fortgeschritten der Klimawandel in den Alpen ist. Ich habe 4 Fallbeispiele in den Alpen ausgewählt und diese ausgewertet. Das Ziel dieser Arbeit, aufzeigen zu können wie weit die Ortschaften betroffen sind und welche Massnahmen schon getroffen wurden.

Ziele:

- Klimawandel Folgen aufzeigen
- Naturgefahren aufzeigen und bildlich darstellen
- Analysen erstellen zu jedem der 4 Fallbeispiele
- Massnahmen zusammenfassen
- Faktor Klimawandel aufzeigen zu jedem der 4 Fallbeispiele

Vorgehen

Klimawandel Folgen werden aufgezeigt. Naturgefahren in den Alpen werden aufgezeigt. Zudem werden die Faktoren, die dazu führen und die Schadenswirkung aufgezeigt. 4 Fallbeispiele werden detailliert beschrieben, welchen Gefahren sie ausgesetzt sind, welche Massnahmen getroffen wurden und welche Risiken der Klimawandel mitführt. Und zuletzt wird zu jedem ein Fazit gezogen.

Ergebnis

Der Klimawandel ist schon heutzutage spürbar. Ich konnte mich selbst davon überzeugen und 3 Ortschaften zudem besuchen. Die Auswirkungen sind unterschiedlich von den 4 Fallbeispielen, jedoch werden diese Naturgefahren durch den Klimawandel gefördert. Die 4 Gefahren in den 4 Ortschaften, über die ich detaillierter geschrieben habe (Murgang, Lawine; Bergsturz und Gletscherabbruch). Diese Gefahren können im ganzen Alpenraum bestehen. In den Ortschaften wurden die Optimalen Schutz- und Sicherheitsmassnahmen getroffen. Durch die Risikoanalyse wurde jedoch aufgezeigt, dass der Klimawandel die Risiken verschärft. Hitzeperioden, stark und langanhaltender Niederschlag, Permafrostboden der auftaut, Erosionen usw. Diese und weitere führen eben dazu, dass diese Naturgefahren vermehrt auftauchen werden.

Die Ereignisse könnten in Zukunft grösser ausfallen und zu grossen Einschränkungen führen in den Alpen. Jahrhundert oder Jahrtausendereignisse könnten durch den häufiger auftreten, mit fatalen Auswirkungen im Alpenraum.

Der Illgraben in Susten ist ein Paradebeispiel, mit den passenden Schutzmassnahmen konnte sich die Ortschaft seit Jahren vor Murgängen schützen. Mit den Überwachungssystemen konnten sie jede Menge an Informationen sammeln und auswerten und die optimalen Schutzmassnahmen treffen.

In Bondo gab es im Jahr 2017 einen schweren Bergsturz. Der Schaden war immens im Dorf. Bondo konnte daraus lernen. Mit Schutzmassnahmen und neuen Verbauungen wollen sie sich für die Zukunft wappnen. Die Bauzonen und Gefahrenzonen wurden analysiert und ausgebaut. All diese Massnahmen sollen Bondo in Zukunft schützen.

In Galtür ging im Jahr 1999 eine Lawine nieder, mit tragischem Ende. Daraus beschloss man Schutzmassnahmen zu errichten für die kommenden Wintern. Nicht nur Schutzbauten wurden errichtet, sondern auch die Gefahrenzone/Bauzone wurde überarbeitet. Diese sollen für die kommenden Lawinenniedergänge, die Folgen mindern.

Randa ist umzingelt von 4000m Bergen. An einem dieser liegt der Bisgletscher. Die Gefahr liegt hier bei einem Gletscherabbruch. Mit optimalen Schutzmassnahmen, Überwachungssystemen soll Randa vor einem Gletscherabbruch gewarnt werden. Dies sind die einzigen Massnahmen, die man in den vergangenen Jahren getroffen hat.

Alle Ortschaften konnten mit Schutzmassnahmen die Folgen, das Ausmass mindern. Die Schutzmassnahmen dienen nur zum Schutz und können die Risiken nicht mindern. Es besteht eine Möglichkeit damit bei allen 4 Ortschaften die Risiken gemindert werden. Wir müssen unseren Ausstoss an Treibhausgase (CO₂) mindern und dies so schnell wie möglich.

3 Kurzer beruflicher Lebenslauf

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Jan Brunner
Adresse	Mühlemattstrasse 27
Ort	4625 Oberbuchsitzen
E-Mail	jan.brunner95@bluewin.ch
Geburtsdatum	18.10.1995

Beruflicher Werdegang

Seit 08/2012 Volvo Trucks Center Egerkingen, Industriestrasse 26

Tätigkeiten:

- Störungen diagnostizieren, Ursachen suchen und beheben, elektrisch/mechanisch
- Wartungsarbeiten durchführen
- Durchführung von Inspektionen
- Abläufe planen und stetig verbessern
- Umwelt- und Arbeitssicherheitsvorschriften einhalten Abfälle umweltgerecht entsorgen
- Programmierung und Parametrierung der Fahrzeugsteuergeräte

Ausbildung

10/2020-10/2023	Diplomierter Techniker HF Energie und Umwelt Teko Olten Belchenstrasse 9
08/2016-08/2018	Weiterbildung Automobil Mechatroniker Volvo Truck Center Egerkingen, Industriestr. 26
08/2012-07/2016	Berufslehre Automobil Fachmann Volvo Truck Center Egerkingen, Industriestr. 26
08/2009-07/2012	Sekundarschule Egerkingen

Kenntnisse

Fremdsprachen Deutsch (Muttersprache)
 Englisch (Grundkenntnisse)
 Französisch (Grundkenntnisse)

IT-Kenntnisse Microsoft Office (gute)

Interessen

Hobbys Motorradfahren
 Skifahren

Jan Brunner
Dipl. Techniker HF
Mühlemattstrasse 27
4625 Oberbuchsitzen

3.1 Qualifikationsprofil

Dipl. Techniker HF, Energie und Umwelt

Menschen führen

Prozess 1

Lehrlinge eingearbeitet. Teamkollegen motiviert um Tagesziel zu erreichen. Neue Mitarbeiter eingearbeitet und mein Wissen weitergeben.

Entscheidungen fällen

Prozess 2

Vorgesetzten mitgeteilt, welche Massnahmen getroffen werden müssen um die Arbeit fertig zu stellen. Anhand des Problems, die richtigen Teile bestellt.

Sich sprachlich verständigen

Prozess 4

Arbeitsberichte verständlich, professionell verfassen. Damit Mitarbeiter und Kunde die Zusammenhänge verstehen. Fremdsprache angewandt, um Kunde die Situation zu erklären und welche weiteren Schritte folgen.

Wirkungsvoll präsentieren und Kommunizieren

Prozess 5

Mehrere Präsentationen vorgestellt, klar und verständlich artikuliert. Geeignete Methoden und Hilfsmittel professionell ausgewählt und genutzt. Interesse der zuhörenden gewonnen und sachlich miteinander kommuniziert.

Umfeld berücksichtigen

Prozess 8

Bei verschiedenen Arbeiten sich an die Sicherheitsvorschriften halten. Bei Gefährlichen Materialien und Arbeiten das Umwelt- und Klimaschutzgesetz berücksichtigen und fachlich damit umzugehen (Klimaanlage, Batterien).

Probleme analysieren und lösen

Prozess 9

Bei Störungen an den Fahrzeugen, möglichst schnell das Problem lokalisieren, analysieren und zu beheben. Zu den unterschiedlichen Störungen, die passende Lösung angewandt.

Sich persönlich weiter entwickeln

Prozess 10

Sich von Zeit zu Zeit weiterentwickeln, neues erlernen und dies professionell anzuwenden. Gelerntes aus dem Studiengang anwenden. Persönliche Weiterentwicklung ständig anstreben.

Daten erfassen und auswerten

Prozess 13

Interpretieren die ermittelten Daten und leiten geeignete Massnahmen ab. Daten werden ausgelesen, analysiert, leiten geeignete Massnahme, um das Problem zu lösen.

Analgen aufbauen und in Betrieb setzen

Prozess 14

Zusatzbauten an den Fahrzeugen anbauen, anschliessen und testen. Mechanische, pneumatische und elektrische Funktionen, testen und falls erforderlich konfigurieren.

Anlagen warten und erneuern

Prozess 15

Finden Störungen oder Defekte an Komponenten durch logisches und systematisches Eingrenzen an den Fahrzeugen. Diese werden notiert und wenn es möglich ist, wird die Störung oder Defekt behoben. Wenn eine Kalibrierung oder eine Programmierung nötig sind, werden diese fachgerecht durchgeführt und geprüft.

4 Projektinitialisierung

4.1 Themeneingabe

Name	Brunner
Vorname	Jan
Adresse, Ort	Mühlemattstrasse 27, 4625 Oberbuchsitzen
Tel: P, G	079 811 04 94
e-mail	jan.brunner95@bluewin.ch
Klasse	O-TEU-20-T-a
Abteilung	Energie und Umwelt

Thema	Klimawandel: Auswirkungen in den Alpenregionen
Fachgebiet	Umwelt
Firma	Dozent Giovanni Danielli

Vorschlag Diplomarbeit

Thema	<p><i>Beschreibung des Themas. Weshalb mache ich diese Problemstellung zum Thema?</i></p> <p>Ich habe mich für die Problemstellung «Auswirkungen in den Alpenregionen durch den Klimawandel entschieden». Da der Klimawandel weitreichende Folgen hat für uns Menschen und der Umwelt, möchte ich dies aufzeigen. Dabei möchte ich durch 4 Fallbeispiele aufzeigen, alle Aspekte, die das Leben und die Umwelt beeinflussen (Gletscher Schwund, Murgänge, Bergstürze, Biodiversität) usw. und deren Folgen-Einschränkungen und welche Massnahmen man schon getroffen hat aufzuzeigen.</p>
Ziel	<p><i>Welches Ziel will ich erreichen (Richtziel)?</i></p> <p>Ich möchte mit dieser Arbeit aufzeigen, welchen Einfluss der Klimawandel hat und wie weit fortgeschritten er ist. Welche Massnahmen man schon umgesetzt hat und welche noch kommen. Ich möchte dadurch die Bevölkerung aufklären, wie stark unsere Alpenregionen davon betroffen sind. Und dass wir schnellstmöglich Handeln, bevor es zu gravierenden Schäden führt (Mensch und Natur).</p>
⇒ Kunde	<p><i>Für wen arbeite ich? Wer ist eigentlich der Abnehmer?</i></p> <p>Ist der Dozent, Giovanni Danielli</p>
⇒ Sinn und Zweck	<p><i>Wozu mache ich das? Für was soll dieser Auftrag dienen?</i></p> <p>Die Bevölkerung aufklären, welcher gravierender Einfluss der Klimawandel hat in den Alpenregionen und dass dies weitreichende Folgen hat auch für die gesamte Schweiz. Ich möchte mir selbst vor Ort ein Bild dazu machen, dadurch die Folgen des Klimawandels wahrnehmen und mein Wissen erweitern.</p>
⇒ Endergebnis	<p><i>Wie soll das Ergebnis der Arbeit konkret aussehen? Was liegt bei Auftragnehmer vor?</i></p> <p>Das Ergebnis meiner Arbeit wird eine umfangreiche Abschlussarbeit sein, die den Klimawandel in den Alpenregionen aufzeigt. Welche Einflüsse auf die Alpenregionen auswirken und wie Sie damit umgehen (Massnahmen). Und wie die Zukunft aussieht, auf welche Naturereignisse man sich vorbereiten müsste.</p>
⇒ Erfolgskriterien	<p><i>Woran messen wir am Ende, ob ich erfolgreich gearbeitet habe?</i></p> <p>Die Arbeit wird eine umfassende Analyse der Auswirkungen des Klimawandels in den Alpenregionen in der Schweiz aufzeigen. Meine Arbeit wird anhand meiner gründlichen Forschung, Analysen, Beispielen und meiner gründlichen Herangehensweise qualitativ bewertet.</p>

4.2 Pflichtenheft

Diplomarbeit Pflichtenheft

Inhalt	Beschreibung
1. Einleitung	Über das Thema, Einfluss des Klimawandels in den Bergregionen gibt es verschiedenste Studien, von denen ich dadurch mein Wissen erweitern kann und meine Ideen dazu schreiben kann. Die Arbeit soll realisiert werden, damit wir diesen Einfluss nicht aus unseren Köpfen verbannen, da wir nicht jeden Tag Kontakt haben. Zusätzlich hat es einen grossen Einfluss, in unserem zukünftigen Leben. Meine Arbeit unterscheidet sich zu anderen Arbeiten, da ich möglichst detailliert über verschiedene Einflüsse in den Bergregionen aufschreiben, berichten möchte.
2. Fachexperte	Auftraggeber / Diplomlehrer / Fachexperte Giovanni Danielli Dozent Teko Lehnfeldstrasse 44 / 4702 Oensingen 079 670 90 12
3. Inhalt	Das Ziel dieser Arbeit ist, dass ich zuerst über den Einfluss des Klimawandels im ganzen Alpenraum beschreiben werde und dann von 3-4 Gebieten in den Bergregionen detailliert beschreiben möchte, welchen Einfluss der Klimawandel hat oder in Zukunft werden wird. Welche Massnahmen man schon vorgenommen hat und welche noch in Planung sind und welche Ideen man noch zusätzlich überdenken könnte. Dies wird auch bildlich aufgezeigt. Gebiete: Bondo Felssturz Randa Gletschersturz Galtür Lawine Illgraben VS Murgänge

Freigabe / Genehmigung

Datum Giovanni Danielli

24.8.2023



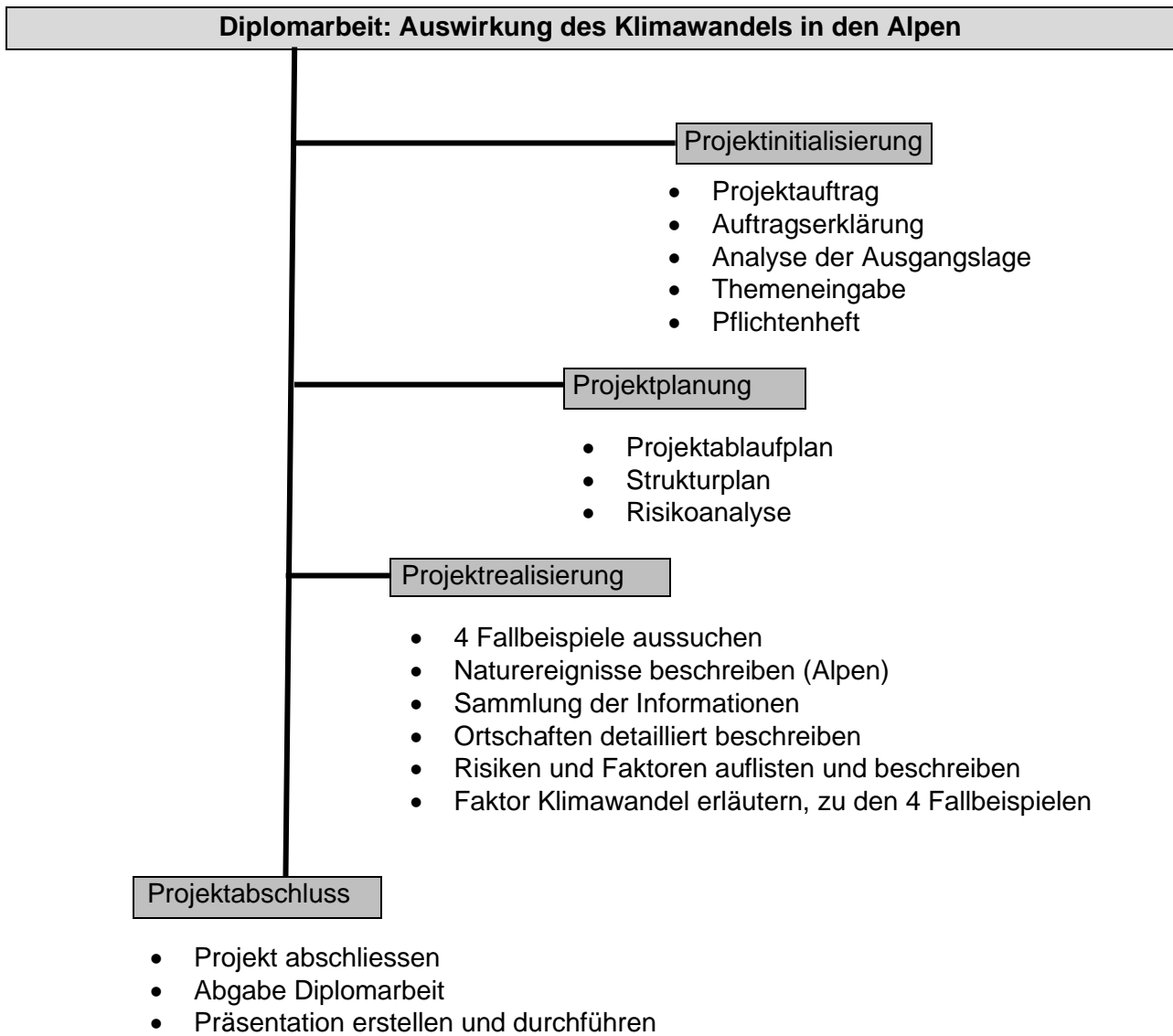
Jan Brunner
Projektleiter / Diplomand

24.8.2023



5 Projektplanung

5.1 Projektstrukturplanung



5.2 Projektablaufplanung

Erledigt bis Stunden	KW 12					KW 13					KW 14					KW 15					KW 16					KW 17					KW 18				
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140							
Soll-Wert																																			
Ist-Wert																																			
Tätigkeiten																																			
Projektrealisierung																																			
Eingabe der Diplomarbeit																																			
Analyse der Ausgangslage																																			
Projektvertrag/Bericht																																			
Projektplanung/Struktur																																			
Projektablaufplan																																			
Projektrealisierung																																			
Naturereignisse erläutern																																			
Klimawandel Folgen erklären																																			
Ausarbeitung der 4 Fallbeispiele																																			
Analysen und Risiken erarbeiten																																			
Schutzmassnahmen erarbeiten																																			
Fazit erstellen																																			
Gesamtfazit erstellen																																			
Projektabschluss																																			
Projektabschluss																																			
Lessons Learnt																																			
Management Summary																																			
Endkontrolle																																			
Abgabe Diplomarbeit																																			

Abbildung 1 Ablaufplanung (eigene Darstellung)

6 Projektinitialisierung

Der Klimawandel ist heute schon allgegenwärtig. Diverse Ereignisse spielten sich in den letzten 10 Jahren in den Alpen und der ganzen Welt ab. Viele Menschen verstanden dadurch, welche Konsequenzen der Klimawandel mit sich führt. Das Ziel dieser Arbeit ist, den Klimawandel in den Alpen aufzuzeigen. Durch den Klimawandel verändern sich die Alpen und ihre Biosphäre. Naturereignisse wie: Murgänge oder Bergstürze usw. Diese Ereignisse werden sich in Zukunft vermehren. Hitzeperioden und starke und langanhaltende Niederschläge oder auftauender Permafrostboden, diese Gefahren steigern die Anzahl an Naturereignissen in den Alpen mit verheerenden Folgen.

In dieser Arbeit werden 4 Ortschaften vorgestellt. Jeder dieser ist oder war mal betroffen von einem Naturereignis. Illgraben, der in Susten liegt und die Problematik besteht von den Murgängen. Bondo in Graubünden, hier fand der Bergsturz statt, mit schweren Folgen. Galtür in Österreich, im Jahr 1999 ging eine Lawine nieder, mit schweren Folgen. Und zuletzt möchte ich über Randa im Wallis berichten, hier liegt das Problem beim Bisgletscher, der zum Teil an gewissen Stellen abbrechen könnte. Diese 4 Ortschaften mit ihren Problematiken werde ich vorstellen und über die letzten Ereignisse berichten. Zudem wird zu jedem dieser Naturgefahren eine Analyse durchgeführt, dazu werden alle Schutzmassnahmen vorgestellt. Zum Schluss wird ein Fazit gezogen, wie es um die aktuelle Lage steht und welchen Einfluss der Klimawandel besitzt.

7 Klimawandel im Alpenraum

Der Klimawandel trifft den Alpenraum besonders stark. Anhand von Satellitenbildern sah man deutlich, dass in den Alpen die Vegetation oberhalb der Baumgrenze stark zugenommen hat. Diese nahm fast 80 Prozent zu. Dazu kommt, dass die Schneeflächen sich in den letzten Jahren enorm sichtbar zurückgebildet haben. Wie wir jetzt schon sehen, hat der Klimawandel enorme Auswirkungen auf unsere Alpen. Eines der bekanntesten Symbole des Klimawandels im Alpenraum, sind die schmelzenden Gletscher. Die wir jeden Sommer sehen, wenn man in den Bergen ist. Dies hat nicht nur zur Folge, dass sich die Landschaft und Vegetation verän-



Abbildung 2 Alpen (unibas.ch)

dert, sondern auch für uns Menschen. Da die Gletscher unsere Süßwasser Speicher sind und wichtige Flüsse von ihrem Wasser gespeist werden. Dies hat zur Folge, dass der Rhein auf ein Rekordtief gesunken war. Eine Studie analysierte die Vegetation im Alpenraum, um die Folgen und Einflüsse aufzeigen zu können. Durch den Klimawandel werden die neuen Gebiete von Pflanzen begrünt. Die Vegetation nimmt zu, wird dichter und steigt weiter auf, bis zu den Alpen Gipfeln. Dies geschieht nur, weil der Klimawandel unseren Planeten aufwärmt. Die Baumgrenze steigt an und die Landschaft verändert sich, von Schneeflächen im Winter und Sommer, kahle Landschaften, zu Grünflächen. Die Alpenpflanzen sind an solche harschen Bedingungen angepasst, sind aber dadurch nicht sehr konkurrenzstark. Da sich die Umweltbedingungen rasch verändern verlieren die Alpenpflanzen, die sich über Jahre sich an die Umwelt spezialisiert haben, ihren Vorteil und würden von den neuen Arten verdrängt. Die Artenvielfalt in den Alpen steht unter hohem Druck.

Die Klimaerwärmung schreitet voran, die schneefreien Flächen werden in den Alpen zunehmen. Dabei entsteht ein Teufelskreis: Wenn die Bergwelt grüner wird, kann weniger Sonnenlicht reflektiert werden und somit erwärmt sich die Landschaft schneller. Dies fördert den Klimawandel

und die vorhandenen Schneeflächen werden schneller schwinden. Dabei bleibt es nicht nur an den Schneeflächen, sondern auch die Gletscher tauen schneller ab und der Permafrost taut auf. Diese haben weitreichende Folgen, für Mensch und Natur. Dies wären: Häufigere Bergrutsche und Murgänge sowie die Trinkwasserversorgung die knapper wird und auch der Tourismus würde mit den Folgen stark sichtbar sein.

7.1 Klimawandel Folgen

Der Lebensalltag wird in den Alpen immer wie stärker beeinflusst, durch den Klimawandel. Durch den deutlichen Temperaturanstieg und mit den extremen Niederschlägen zeigen sich heute die verbundenen Naturgefahren auf. Die unsere Ökosysteme, Infrastrukturen, Existenzgrundlagen und unsere Gesundheit bedrohen und an Ihre Grenzen bringen. Daher ist ein schnelles Handeln gefragt, um diese Gefahren zu bewältigen und eindämmen zu können. Bereits heute sind die Klimafolgen weltweit spürbar. Dies wird durch den Ausschuss zum Klimawandel der Vereinten Nationen belegt. Laut dem Klimawandeldienst war das Jahr 2020 das heisseste gemessene in ganz Europa 0,4 Grad wärmer als die letzten 5 Rekordjahre. Diese 5 Rekordjahre wurden alle nach 2010 gemessen. Ein weiterer Nachteil haben Binnenregionen, da sie sich schneller erwärmen können als Küstenregionen. Der Grund dafür ist das ihnen die kühlende Wirkung fehlt vom Meer (Wasser). Hinweise häufen sich auf, dass die höheren gelegenen Gebiete sich schneller aufwärmen als tiefer gelegene Gebiete. Deswegen sollten wir die Alpen gut unter Beobachtung halten, wegen weit reichenden Auswirkungen auf unser Leben und der Natur. Seit der industriellen Revolution stieg die Jahresdurchschnittstemperatur um fast 2 Grad an in der Schweiz.

Wetterereignisse werden extremer und häufiger auftreten und deren Schwankungen grösser. Intensiverer Regenfälle bis zu langanhaltende dürre Perioden, die uns betreffen werden. Wenn die Treibhausgasemissionen ständig ansteigen, ohne dass wir diese verringern, würde sich die Durchschnittstemperatur um weitere 2-3 Grad erhöhen. Folgen wären extreme Hitzewellen im Sommer, diese bis zu 4,5 Grad wärmer wären als heute. Des Weiteren werden die Niederschläge in den Sommermonaten abnehmen und die Anzahl an Regentagen wird sich verringern. Dadurch das es wärmer wird, nimmt die Verdunstung zu und die Gewässer und der Boden trocknen schneller aus. Der zweite Effekt durch die Verdunstung ist, die Luft kann mehr Feuchtigkeit aufnehmen und es dadurch vermehrt zu Starkniederschlägen führen kann. Das beste Beispiel, Sommer 2023, in gewissen Regionen in Europa kam es zu extremen Hitzeperioden und zugleich auch zu Starkniederschlägen. Ein weiteres Beispiel wäre auch diesen

Sommer 2023, extreme Niederschläge in den Ostalpen, führten zu starken Überschwemmungen und mehreren Murgängen, die enorme Mengen an Geröll, Dreck und Holz mitgeführt haben und enorme Schäden angerichtet hatten. Diese extremen Schwankungen zeigen uns auf, dass wir schon heute stark betroffen sind vom Klimawandel. Nicht vergessen dürfen wir unsere Wintermonate, die Durchschnittlich bis zu 3,5 Grad wärmer werden könnten als es heutzutage ist. Die Folgen wären, die Nullgradgrenze klettert weitere 650 Meter hinauf. Die Schneefälle werden abnehmen, Anzahl Tage oder auch die Intensivität wird kleiner und die Schneedecken Dicke nimmt in bedrohlicher kurzer Zeit enorm ab. Wegen den wärmeren Temperaturen durch das ganze Jahr, schwinden die Gletscher und der Permafrostboden taut auf. Unsere Alpen werden instabiler und es wird vermehrt zu Bergstürzen führen. Dies hat weitreichende Folgen für unser Leben im Alpenraum. Darum ist es wichtig, dass wir schnellstmöglich Handeln, um den Klimawandel einzudämmen. Den Klimawandel ganz zu stoppen, wird nicht machbar sein, aber wir können die Folgen verringern.

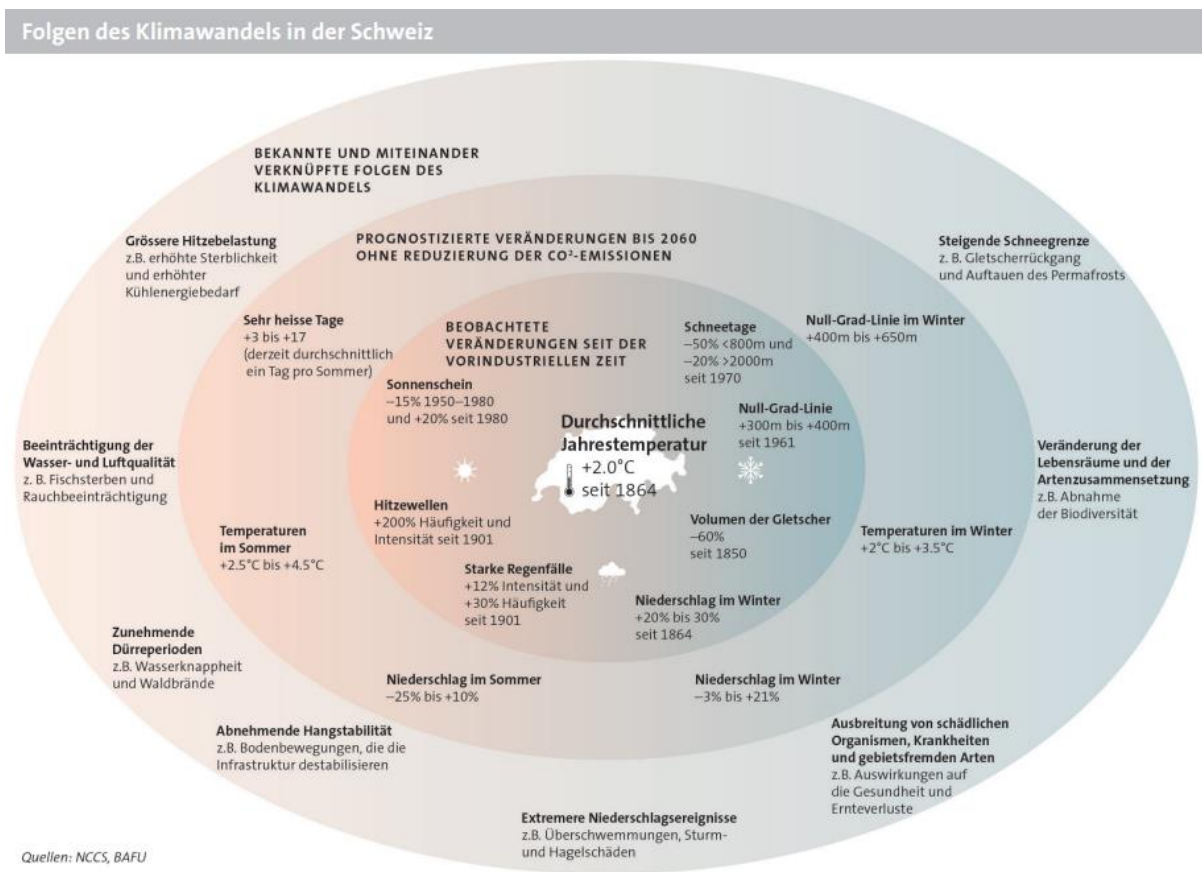


Abbildung 3 Klimawandel Auswirkung (BAFU)

8 Gefahrenprozesse in den Alpen

8.1 Waldbrand

Der Klimawandel in den Alpen der Schweiz, macht sich jedes Jahr stärker bemerkbar. Durch den Wandel wird sich die Intensivität und Häufigkeit der Naturgefahren in den Alpen stark beeinflussen. Nicht nur die Naturgefahren werden für uns weitreichende Folgen haben, auch die gesellschaftliche Entwicklung und deren Wirtschaftlichen Entwicklung. Die Böden und Vegetationen trocknen schneller aus, da das Klima trockener und wärmer wird. Dies hat weitreichende Folgen, Knappheit von Wasser, Brandgefahr nimmt zu und die Saison der Waldbrände dauern länger an. Dies betrifft nicht nur die Alpensüdseite, wo es seit jeher öfter zu Waldbränden kommt, sondern auch die Alpennordseite wird es vermehrt zu solchen Waldbränden kommen. Im Frühjahr finden typischerweise in den Südalpen die Brände an, dies während der Vegetationsruhe. In dieser Zeit herrscht die grösste Trockenheit und die Laubbäume tragen kein Blätterdach, ohne diesen Schutz trocknet der Boden schneller aus und erhöht das Risiko. Das Risiko an unkontrollierbaren Waldbränden, die Folgen für unser Leben, Wirtschaftlichkeit und unserer Lebensgrundlage zerstören können.

Abbildung 4 Naturgefahr Waldbrand (BAFU)



Abb. 1:
Waldbrand oberhalb von Visp (VS)
(Quelle: Feuerwehr Visp, April 2011)



Abb. 2:
Waldbrand oberhalb von Visp (VS)
(Quelle: Feuerwehr Visp, April 2011)



Abb. 3:
Waldbrandfläche oberhalb von Leuk (VS)
(Quelle: Ulrich Wasem, November 2009)



Abb. 4:
Waldbrandränder und Kronenfeuer, Visp (VS)
(Quelle: Ulrich Wasem, Juni 2011)

Schadenwirkung

Der Wald selber ist hier am grössten betroffen, dies betrifft die Flora und Fauna, die zerstört und reduziert wird auf vorübergehender Zeit. Jedoch kann ein Waldbrand das Ökosystem unterstützen und fördern, auch die Ausbreitung von Arten. Wenn der Brand erloschen ist und der Wald lichter ist, können kurzfristig die Nährstoffbedingungen für viele Tiere und Pflanzen verbessert werden. Bei Bränden in den Schutzwäldern könne auch negative Auswirkungen Folgen. Dies wären, wenn die Wurzeln der Pflanzen fehlen würden und somit die Stabilisierung und Zusammenhalt des Bodens fehlen oder vermindert wären. Bodenerosion und Rutschungen wären die Folgen, wie auch erhöhtes Risiko für Lawinenniedergänge, Berg- Steinstütze und Murgänge. Zudem können die Brände deren Flammen und Rauch für Mensch gefährlich werden und auch die Infrastruktur beschädigen.

8.2 Rutschungen

Unter Rutschungen versteht man an Hangteilen die aus festem Gestein und / oder aus lockerem auf einer Gleitfläche sich hangabwärts bewegen.

Die Entstehung von solchen Rutschungen können an unterschiedlichen Hängen vorkommen, von flacherem bis zu steilem Gefälle. Sie sind sehr unterschiedlich von Ihrer Art (Form der Gleitfläche, Tiefe und Grösse) und bewegen sich je nach Gesteinsbeschaffenheit, Beteiligung mit Wasser und von der Untergrundstruktur unterschiedlich ab. Grundsätzlich will die Bodenmasse hangabwärts rutschen, da aber Kräfte entgegenwirken (Kohäsion und Scherfestigkeit) die grösser sind als die Schwerkraft, bleibt der Hang in einer sicheren Lage. Die Stabilität eines Hanges wird mit verschiedenen Faktoren bestimmt. Dies wären:

- Hangneigung
- Wasserhaushalt: hoher Wassergehalt vermindert die Scherfestigkeit im Boden, erhöht das Gewicht samt Boden und kann zu einem höheren Wasserdruck führen (bei gespannten Porenwasser)
- Erosion: Durch die Verwitterungsprozesse kann mehr Wasser in den Untergrund gelangen und dadurch kann der Hangfuss geschwächt, instabiler werden
- Boden / Gestein: Zusammensetzung, Tonmineralien, Krönung und Schichtung beeinflussen die Scherfestigkeit und den Wassergehalt im Boden
- Vegetation: Wurzeln von Bäumen und Sträuchern sorgen für einen sicheren Zusammenhalt der Bodenteile und besseren Aggregatbildung im Boden
- Menschliche Einflüsse: Zusatzgewichte von Bauten und Anlagen, Bewässerungen, Waldrodungen, Anschneiden eines Hangfusses

Ausgelöst wird eine Rutschbewegung, wenn sich das Verhältnis von den Kräften zwischen der Scherfestigkeit und der treibenden Kraft, in einen kritischen Wert gelangen. Zu den wichtigen Auslösemechanismen gehört ausgiebiger Stark- oder Dauerniederschläge und die Schneeschmelze, Erschütterungen durch ein Erdbeben und durch das Auftauen des Permafrostes. Bei der Auslösung kommt es zu einem Bruch zwischen den Gesteins- oder Bodenschichten und eine Rutschungsscholle gleitet ab. Dabei kann sie zerfallen und in eine fliessende Bewegung hangabwärts übergehen, dies wird dann Murgang genannt. Diese Vorgänge können in-ner Sekunden geschehen oder auch über einen längeren Zeitraum, dabei variiert die Geschwindigkeit, die eine fliessgeschwindigkeit, bis zu mehreren Metern pro Sekunden aufweisen.

Verschiedene Rutschungstypen Tabelle

Rutschungstyp	Gleitfläche	Rutschungstyp	Rutschungsgeschwindigkeit
Oberflächlich	0-2 m	aktiv, sehr langsam	0-2 cm/J
Mitteltief	2-10 m	aktiv, langsam	2-10 cm/J
Tief	10-30 m	Aktiv, schnell (oder langsam mit schnellen Phasen)	>10 cm/J
Sehr tief	>30 m		

Tab. 1: Klassifikation nach Tiefe der Gleitfläche in m unter Terrain*

Tab. 2: Klassifikation nach Aktivität in cm pro Jahr*



Abb. 1:
Rutschung Feldweid (LU), 2005
(Quelle: Schweizer Luftwaffe)



Abb. 2:
Hangmuren bei Oberriedenbach (NW), 2005
(Quelle: Kantone Führungsstab Nidwalden)

Abbildung 5 Naturgefahr Rutschung (BAFU)

Schadenwirkung

Bei uns in der Schweiz sind rund 6% der Landflächen von Rutschprozessen betroffen. Die Gefährlichkeit wird nicht nur von der Geschwindigkeit, Volumen und der bewegten Masse bestimmt, sondern durch die Differentialbewegung der einzelnen auftretenden Schollen. Die Bewegung eines Rutschkörpers erfolgt nicht überall gleich schnell, tief und auch nicht in die gleiche Richtung. Dies hat zur Folge, dass Bauwerke an Stabilität verlieren und stark beeinträchtigt werden können und führt zu Mauerrissen sowie Absenkungen oder gar zu gefährlichen Kippungen. Dies kann im schlimmsten Fall bis zu einem Einsturz führen. Wenn sich die Masse bis zu einem Fließgewässer vordringen kann, könnte dies ein Murgang auslösen und eine Flutwelle bilden. Dabei können Gebäude zerstört werden und Menschen verletzt oder sogar getötet werden. Am häufigsten werden Verkehrswege durch Hangmuren unterbrochen oder auch beschädigt. Dies hat zur Folge, dass gewisse Regionen in den Alpen abgeschnitten sind oder erschwert erreichbar sind, längere und nicht optimale Ausweichrouten.

8.3 Hochwasser und Murgang

Der Wasserstand in einem Fleissgewässer oder See bei einem Hochwasser, muss deutlich über dem langjährigen Mittelwert liegen. Ein Murgang ist ein Gemisch aus Wasser und Feststoffen zum Beispiel: Geröll, Holz usw. das schnell oder langsam fließen kann. Dies entsteht häufig in steilen Gerinnen und kann mehrmals nacheinander niedergehen.

Ausgelöst werden Hochwasser durch Gewitter oder langanhaltende intensive Niederschläge. Hinzukommen könnte auch durch eine starke Schneeschmelze in den verschiedenen Gebieten des Gewässers, hier spielt dann die Lage eine wichtige Rolle. Vor allem in den Alpenregionen. Folgende Faktoren:

- Beschaffenheit der Bodenfläche (Vegetationsbewuchs, Rauigkeit)
- Dauer und Intensität des Starkniederschlages
- Hangneigung, Anordnung, Dichte des Gerinn Netzes im Einzugsgebiet
- Speicherkapazität, Durchlässigkeit und Vorfeuchte des Bodens

Bei Hochwasser steigen die Pegel in den Seen an, in den Fliessgewässern erhöht sich der Abfluss. Diese können Schwemmholt transportieren und Lagen aus der Sohle und den Böschungen mit sich führen. Ein Hochwasser dauert wenige Stunden bis zu wenigen Tagen.

Murgänge entstehen an steilen Gewässern ab 20% Gefälle, in denen Lagen es an grossen Mengen von lockerem Material vorhanden ist und eine genügend grosse Abflusszufuhr erfolgt. Dies Auslösung erfolgt über Starkniederschläge.

Unterschieden werden 3 Auslösemechanismen:

- Weiterfliessen einer Hangmure als Murgang im Gerinne
- Verflüssigung der Gerinnesohle aufgrund einer Wasserübersättigung
- Durchbruch einer Aufstauung im Gerinne verursacht (Verstopfung durch Schwemmholt oder grobe Gesteinsblöcke)

Aufgrund des hohen Feststoffanteils (30-60%) haben Murgänge eine sehr hohe Dichte. Oft treten sie in Schüben auf, an der mehreren Kubikmeter grossen Blöcke transportiert werden, die sich an der Front auftürmen. Bei einem Gefälle unter 10% kommt ein Murgang zum Stillstand. Die Ablagerungen eines Murganges bleiben sichtbar und verändern jedes Mal das Landschaftsbild.

Abbildung zeigt einmal eine statische - und dynamische Überschwemmung.



Abb. 1:
Überschwemmung in Schattdorf (UR) durch Reuss,
Schächenbach und Gangbach, August 2005
(Quelle: Kanton Uri)



Abb. 2:
Übermuring durch den Glyssibach in Brienz (BE) im August 2005
(Quelle: Beo-News)

Abbildung 6 Naturgefahr Hochwasser/Murgang (BAFU)

Schadenwirkung

Mit Abstand am meisten an Schäden verursachten Naturgefahren gehören Hochwasser, Oberflächenabfluss und Murgänge in der Schweiz. Hochwasser treten oft grossflächig auf, Siedlungen und Infrastrukturen werden häufig nur mit schwacher oder mittlerer Intensität getroffen. Dafür auf grossen ausgedehnten Flächen. Schon nur minimale Überschwemmungshöhen können zu grösseren Sachschäden führen, an Gebäuden, Industriegebieten und Infrastrukturen (überflutete Keller, Lagerräume, Strassen und Bahnlinien usw.).

Murgänge sind hingegen extreme Prozesse, da sie mit hoher Geschwindigkeit und Intensivität grosse Zerstörungskraft aufweisen. Dabei werden Gebäuden und Infrastruktur stark beschädigt. Verschiedene Kräfte wirken in einem Murgang, erstens die Erosionskraft, zweitens die Stosswirkung an der Front, die mit mitgeführten Einzelblöcke verstärkt wird und drittens in den Ablagerungen von Blöcken, Geröll und Schutt. Vorwarnungen sind äussert schwierig zu treffen, da von der Auslösung bis zum gefährdeten Gebiet nur wenige Minute vergehen. Deshalb verursachen Murgänge immense Sachschäden an und überraschen Menschen und gefährden sie.

8.4 Sturzprozesse

Darunter versteht man, das aus dem Gebirge abgebrochene Fest und/oder Lockergesteine in einer Massenbewegung zum grössten Teil in der Luft, Thal abwärts bewegen. Dieses Material fällt mehrheitlich frei, rollend oder springend in die Tiefe / ins Thal.

Entstehen vor allem in Felsgebieten sowie auch bei Lockergesteinszonen, die mehr als 30 Grad Neigung vorweisen. Wenn sich die Neigung unter der 30 Grad befindet, kommen die Steine und Blöcke meistens zum Stillstand. Dabei entstehen, bilden sich in den Auslaufbereichen oft Schutthalden und Schuttkegeln. Dadurch verändert sich jedes Mal das Landschaftsbild bei einem Sturzprozess. Bei grösseren Ereignissen wie bei Berg- und Felsstürzen, können die Ablagerungen viel flacher sein. Der Unterschied zu Murgängen bei der Ablagerung liegt darin, dass die Sturzmassen viel kantiger sind und durch den Sturzprozess sich nach ihrem Volumen sortiert haben. Verschiedenste Faktoren beeinflussen die Entstehung und deren Abläufe. Dies wären vor allem die geologischen Bedingungen, Gesteinsbeschaffenheit, Verlauf von Schnittflächen und Klüften. An solchen Trennflächen bricht oft die abstürzende Masse ab, diese sogleich die Blockgrösse und Form bestimmen. Die Hangneigung ist ein entscheidender Faktor, da die Schwerkraft anliegt. Ein weiterer wichtiger Faktor ist Wasser, gefriert Wasser dehnt es sich aus, daraus entstehen Spalten und Gesteine fallen ab. Zudem ist auch der Wasserdruck, der auf den Felsen anliegt, hier spielt das Volumen keine Rolle, sondern die Wassersäule ist massgebend dafür. Nicht zu vergessen sind, Verwitterung, Wind (Hebelwirkung von Baumstämmen), Vegetation (Druck durch Wurzelwachstum) und Erschütterung, dies sind alles mögliche Auslöser und Vorbereitungsfaktoren.

Abbildung 7 Naturgefahr Felssturz (BAFU)

Prozess	Durchmesser der Komponenten	Volumen	Geschwindigkeit	Bemerkungen
Steinschlag	<50 cm	-	<30 m/s	i.d.R. Einzelsteine pro Ereignis
Blockschlag	≥50 cm	<100 m ³	<30 m/s	i.d.R. Einzelblöcke pro Ereignis
Felssturz	-	100 m ³ bis 1 Mio. m ³	10-40 m/s	Felssturzmasse, i.d.R. Absturz einer Vielzahl von Fels- und Gesteinsblöcken, anschliessend Fragmentierung. Felsstürze können sich in verschiedenen Phasen ereignen (Teilabbrüche).
Bergsturz	-	>1 Mio. m ³	>40 m/s	Initialphase mit kompakter Bergsturzmasse. Prozessraum inkl. Ablagerungszone kann grosse Flächen betreffen.

Tab. 1:

Definition der verschiedenen Sturzprozesse nach Komponentengrösse, Volumen und Geschwindigkeit



Abb. 1:
Durch ein Schutznetz zurückgehaltene Steine und Blöcke
(Quelle: Bernard Loup)



Abb. 2:
Durch den Schutzwald angehaltener Block oberhalb Gurtellen (UR), Juni 2006
(Quelle: Tiefbauamt Kanton Uri)



Abb. 3:
Felssturz am Eiger (BE) im Juni 2006
(Quelle: Eva Gertsch)

Schadenwirkung

Bei schwachen Intensitäten von Sturzprozessen können in den Mauerwerken von Gebäuden Löcher, Risse entstehen. Mensch und Tier innerhalb eines Gebäudes bei dieser Situation sind grundsätzlich nicht gefährdet, jedoch ausserhalb kann ein Treffer am Körper, vor allem am Kopf tödliche Folgen haben.

Bei mittleren Intensitäten entstehen beim Aufprall je nach dem der Grösse der Steine gröbere Schäden, dies sollte aber die Gebäudestabilität nicht beeinflussen. Dafür sollte das Gebäude entsprechend konzipiert und geprüft worden sein, vor allem wenn sich das Gebäude entsprechend in einer eingegrenzten Wohnzone liegt. Reparaturen sind in den meisten Fällen bei den Gebäuden vom Aufwand her, verhältnismässig realisierbar. Die Strassen und Strommasten können beschädigt werden oder auch unterbrochen werden, dies aber nur kurzfristig.

Bei starken Intensitäten entstehen an Gebäuden erhebliche Schäden. Diese können dazu führen, das Gebäude einzustürzen oder mit grossem Aufwand repariert werden müssen. Mensch und Tier innerhalb eines Gebäudes besteht akute Lebensgefahr. Dazu gehören oft in solch einer

Situation eine Evakuation der Bewohner/innen, da ein Einsturz nicht mehr abzuwenden ist. Durch die grossen Mengen an Ablagerungen und Sturzmaterialien können Dämme entstehen, die aber keine Stabilität aufweisen. Dies kann zu einem Dambruch führen, Hochwasser entstehen und grössere Murgänge gehen nieder und gefährden unten liegende Gebiete. Infrastrukturen wie Strassen und Strommasten können dadurch beschädigt und sogar unterbrochen werden.

8.5 Lawinen

Bei diesem Vorgang löst sich Schnee oder Eis an Ihrer Abrisskante ab und stürzt schnell als gleitende Masse oder Staubwolke (Schneewolke) Thal abwärts und stoppt in den flachen Lagen.

Entstehen wenn sich die Spannungsverhältnisse in den Schneedecken ändern, so dass die Schneepartikeln aufbrechen zwischen Ihrer Verbindung. Damit eine Lawine entsteht, benötigt es eine kritische Schicht, die oberhalb einer Schneedecke liegt oder bei einem Übergang vom Boden zum Schnee. Schneebrettlawinen lösen bei steilem Gelände dies auch unter 30 Grad schon, dafür muss gebundener Schnee feste Masse darüber liegen und eine auslösende Kraft, die den Initialbruch erzeugt. Dies kann schon das geringe Gewicht von einem Skifahrer sein, der eine Lawine auslöst. Die Grösse der Lawine variiert, ausschlaggebend ist die Schneedicke und das Gelände.

Folgende Faktoren beeinflussen eine Lawine:

- Niederschlag (je mehr Neuschnee desto gefährlicher, Regen, Erwärmung und Schwächung der Schneedecke und Zusatzgewicht des Wassers)
- Wind (Windverfrachtungen, Bildung von auslösefreudigen Treibschneesammlung)
- Gelände (Hangneigung, je steiler, desto gefährlicher, Exposition und Geländeform)
- Schneedecke (Schneedicke, günstiger oder ungünstiger Aufbau)
- Temperatur (Erwärmung der Schneedecke erhöht Risiko und Kälte hilft für die Stabilisierung)
- Mensch (Risikobereitschaft und falsche Wahrnehmung)



Abb. 1:
Schneebrettlawine



Abb. 2:
Lockerschneelawine



Abb. 3:
Staublawine



Abb. 4:
Nassschneelawine



Abb. 5:
Gleitschneelawine mit
Fischmaul

Abbildung 8 Naturgefahr Lawine (BAFU)

Schadenwirkung

Im dicht besiedelten Alpenraum gehören Lawinen im Winter zu den gefährlichsten Naturgefahren. Die Kräfte sind so gewaltig, dass sie Bäume und Felsbrocken ohne grosse Mühe mitreisen können. Siedlungen, Verkehrsstrassen und Menschen, die sich im offenen Gelände befinden sind bei einem Lawinenniedergang betroffen. Die Menschen im Alpenraum haben in den vergangenen Jahrhunderten, um sich gegen diese Naturbedrohung zu schützen, erfolgreiche Schutzmassnahmen erstellt und ergriffen.

Vor allem Ende des 20. Jahrhundert wurden viele Massnahmen erstellt und ausgeführt.

9 Ausgewählte Ortschaften

Mit dieser Arbeit möchte ich den Einfluss des Klimawandels aufzeigen, in den Alpenregionen. Ich habe mich für 4 Ortschaften in den Alpen entschieden. Von den 4, konnte ich 3 selbst besuchen, um mir selbst ein Bild von der Lage zu machen.

Alle diese Orte haben eines gemeinsam, dass sie schon vom Klimawandel betroffen sind oder in naher Zukunft es werden. Mit dieser Arbeit möchte ich aufzeigen, welche Massnahmen man schon getroffen hat und welche in Zukunft geplant sind. Dazu werde ich mir selbst Gedanken machen und eigene Vorschläge/Ideen aufzählen.

Die 1 Region, worüber ich schreiben werde, ist der Illgraben in Susten im Kanton Wallis. In diesem Fall ist die Ortschaft von Murgängen betroffen.

Die 2 Region, worüber ich schreiben werde, ist Bondo im Kanton Graubünden. In diesem Fall war und ist die Ortschaft von Felsstürzen betroffen.

Die 3 Region, worüber ich schreiben werde, ist Galtür in Österreich. In diesem Fall war und ist die Ortschaft von Lawinen betroffen.

Die 4 Region, worüber ich schreiben werde, ist Randa im Kanton Wallis. In diesem Fall ist die Ortschaft von einem Gletschersturz betroffen.

Das sind meine 4 ausgewählten Ortschaften in den Alpen. Das Erste, worüber man ins Grübeln kommt, was für einen Zusammenhang haben diese Naturgefahren mit dem Klimawandel. Wenn man an den Klimawandel denkt, kommt als erstes immer das es wärmer und trockener wird. Was aber viele vergessen ist, dass sich das Klima in vielen Bereichen verändert. Nicht nur wärmer und trockener, sondern auch nasser und kälter, in gewissen Gebieten in den Alpen. Und vor allem werden unsere Unwetter ob im Sommer oder Winter stärker. Dies weil die Luft mehr Feuchtigkeit aufnehmen kann und dadurch mehr Energie besitzt und diese wieder schlagartig freigeben kann. Bedeutet starke und lang anhaltende Niederschläge, nicht nur im Sommer, sondern auch im Winter. Im Winter kann dies Regen oder auch Schnee sein. Das hat auch zur Folge, dass es vermehrt Jahrhundert- wie auch Jahrtausend Ereignisse Niedergehen könnten. Bedeutet, diese Ereignisse können mehrmals in diesem Zeitraum entstehen und würden dadurch unser jetziges Leben stark prägen.

10 Illgraben Susten Wallis

Situationsplan

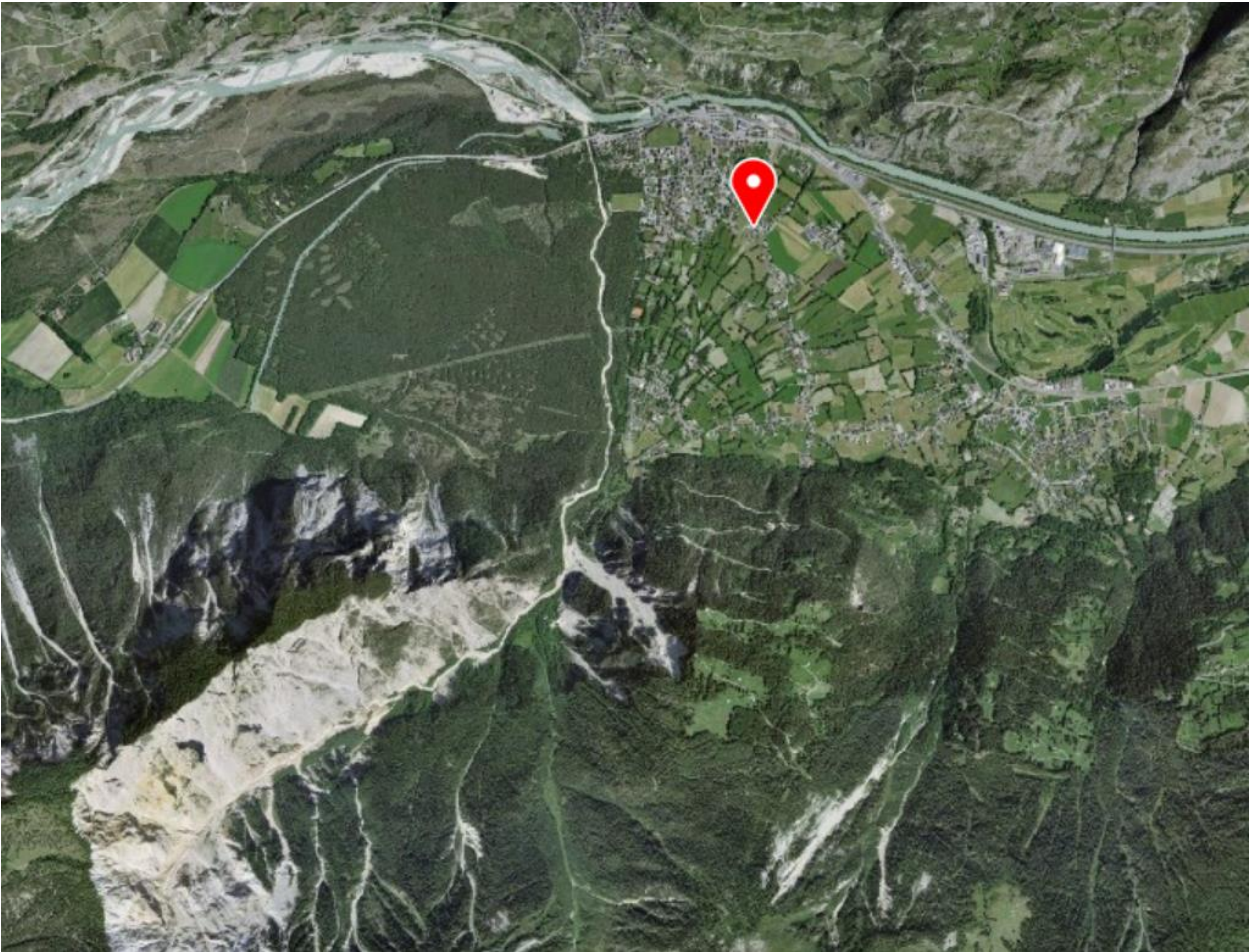


Abbildung 9 Illgraben Situationsplan (BAFU)

Murgänge sind Extremereignisse. Sie treten am häufigsten bei heftigem oder nach langanhaltendem Niederschlag, intensiver Schneeschmelze oder auch nach einem Erdbeben auf. Der Illgraben im Wallis zählt mit drei bis 8 Murgängen jährlich zu den aktivsten Murgangrinnen in den Alpen. Die WSL führt seit über 20 Jahren Messungen hier durch. Das Herzstück dieser Anlage ist die neue und weltweit grösste Murgang Waage. Die verbauten Sensoren in der Waage messen die Kräfte, die durch das Gemisch aus Wasser und Gesteinsmaterial auf den Untergrund wirken. Über den Graben an Kabeln hängen Laser – und Radarmessgeräte, sowie Beschleunigungssensoren und Videokameras. Diese ermöglichen zusätzliche Analysen über Abflussmenge, Wassergehalt, Dichte und Fliessgeschwindigkeit des Materials. Darunter befinden sich auch Seismometer, die Erschütterungen aufzeichnen durch den Murgang. Am häufigsten treten Murgänge im Juli nach heftigen Gewittern auf. Jedoch entscheidend ist nicht nur wie stark der Niederschlag ist, sondern wie viel Wasser der Boden bereits enthält. Je stärker der Boden mit

Wasser aufgezogen ist, desto höher ist das Risiko eines Murgangs. Bislang führte der Mai am meisten Material mit, dies weil zusätzliches Wasser von der Schneeschmelze zu Thal fließt. Der Grund für solch viele Murgänge, ist die Geologische Gesteinsformation und Strukturen und das steile Hängen im oberen Gebiet. Diese Faktoren begünstigen die vielen Murgänge.

Einfluss Klimawandel

Was erwartet uns in Zukunft, wie und was verändert sich durch den Klimawandel.

Wie wirken sich die kürzeren Wintermonate an und den trocknen Sommermonaten auf die Murgänge? Die WSL hat mit einem Forschungsprogramm «Climate Change Impacts on Alpine Mass Movements» (CCAMM) erforscht, welche Auswirkung der Klimawandel hat, bei der Massenbewegungen im Gebirge. Man geht davon aus, dass es in den Sommermonaten an weniger Tagen regnet und die Niederschläge dafür aber stärker sein werden. Die Analyse zeigt auf, dass Murgänge im Frühling und Herbst vermehrt niedergehen könnten, da es voraussichtlich mehr regnet als heute. Man müsste für jedes betroffene Gebiet, Analysen erstellen, um zu verstehen, welchen Einfluss der Klimawandel in den Alpenregionen hat. Durch die Abnahme an Frosttagen könnte die Anzahl an Murgängen reduziert werden, da weniger Fels verwittert. Bei einem extremen Klimaszenario gegen Ende des Jahrhunderts, gäbe es nur noch im Frühling Murgänge, da im Sommer bereits all vorhandenes mobilisiertes Gesteinsmaterial im Thal wäre. Jedoch in höheren gelegten Gebieten, könnte der auftauende Permafrost zu mehr losem Gestein führen. Dies hätte zur Folge, dass häufigere und grössere Murgänge niedergehen. Somit können wir davon ausgehen, dass jede Region in den Alpen unterschiedlich betroffen ist. Die einen Regionen werden von den Murgängen verschont bleiben, die anderen werden deutlich mehr betroffen sein.

10.1 Illgraben Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?



Abbildung 10 Illgraben (eigene Darstellung)

Wie man schön erkennen kann, ist die Entstehung eines Murganges. Bei dem linken Berghang sieht man, wie das Gestein bröcklig und lose rumliegt. Was auch zusätzlich eine Begünstigung für eine Entstehung eines Murgangs ist, die sehr steilen Hänge. Diese Gebiete sind meistens stark erodiert und können fast kein Wasser aufnehmen. Bei stark und langanhaltenden Niederschlägen, liegt das Risiko in diesen Bergregionen sehr hoch. Der Ausblick zeigt uns nur einen kleinen Einblick in den Illgraben, der grösste Teil befindet sich hinter der rechten Bergflanke.

Gut erkennbar ist die enorme Kraft eines Murgangs. Bei jedem neuen Murgang weitet sich die Rinne aus, tiefer und breiter. Gut sichtbar ist auch die Begrünung um die Murgangrinne. Was hier noch dazu kommt ist die steigende wärme von dem Gestein, dass sich aufheizt.



Abbildung 11 Illgraben Richtung Susten (eigene Darstellung)

Dieses heizt sich im Sommer auf und die Umgebung wird schneller erwärmt. Dadurch vertrocknen die Pflanzen an der Kante zur Rinne, dies hat zur Folge das Boden nicht mehr von den Wurzeln festgehalten wird und kann bei einem erneuten Murgang mitgespült werden. Rinne verbreitert sich und die Begrünung nimmt ab, es entsteht ein Teufelskreis.

In diesem Abschnitt befindet sich noch keine Schutzmassnahme.

Diese Tafel mit Informationen ist sehr wichtig. Hier wird auf den Illgraben hingewiesen. Hier handelt es sich um eine Naturgefahr.



Abbildung 12 Gefahrenhinweis Illgraben (eigene Darstellung)

Diese Schutzmassnahme dient vor allem den Wanderern, wenn sie sich im Gebiet aufhalten und wie sie sich verhalten müssen in dieser Situation. Solche Informationstafeln sind wichtig und können ohne grossen Aufwand an gewählte Positionen an den verschiedenen Wanderwegen aufgestellt werden. Auch wenn dies nur eine kleine Massnahme ist, kann sie viele Menschenleben retten.

Eine weitere Massnahme ist eine Schutzmauer. Diese sind meistens aus Beton oder Blöcken gebaut. Vor diesen Mauern wurden grosse Sammelbecken gebaut, die das Gemisch aus Wasser und Geröll stoppen, ablenken oder zu verlangsamen. Das Wasser und Geröll können dann nur noch über eine verengte Stelle hinabfliessen.



Abbildung 13 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)



Abbildung 14 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)

Von diesen Mauern und Sammelbecken, wurden mehrere in diesem Graben verbaut. Um die Kraft des Murgangs zu schwächen. Diese Schutzmassnahmen dienen hier vor allem für eine sichere Verkehrsbindung. Dies ist von Region zu Region unterschiedlich.



Abbildung 15 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)



Abbildung 16 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)

Hier sieht man die Überwachung der Murganrinne. Diese wird 24 Stunden an 365 Tagen überwacht. Um die Sicherheit zu gewährleisten. Verschiedene Systeme werden hier für die Überwachung genutzt. Mit Videokameras, Radarmessgeräten und Sensoren und einer Waage, wird ein Murgang aufgenommen und analysiert. Diese Daten werden verarbeitet und analysiert. Dadurch können Modelle erstellt werden um herauszufinden, wie es in der Zukunft aussieht. Des Weiteren kann man daraus Schlussfolgern, in welchen Jahreszeiten und unter welchen Bedingungen es vermehrt zu Murgängen kommen könnte. Wenn der Klimawandel weiter vorschreitet.

Abbildung 17 Waage Illgraben (eigene Darstellung)



10.2.2 Risikoanalyse

In der Risikoanalyse wird aufgezeigt, welche Faktoren ein Risiko haben. Darunter wird dann noch unterschieden, wie stark diese Risiken die Variante beeinflussen kann oder sogar verunmöglichen.

Gefahrenkarte Legende

Erosion
Murgang
Permafrost
Hangmuren



Abbildung 21 Gefahrenkarte (BAFU)

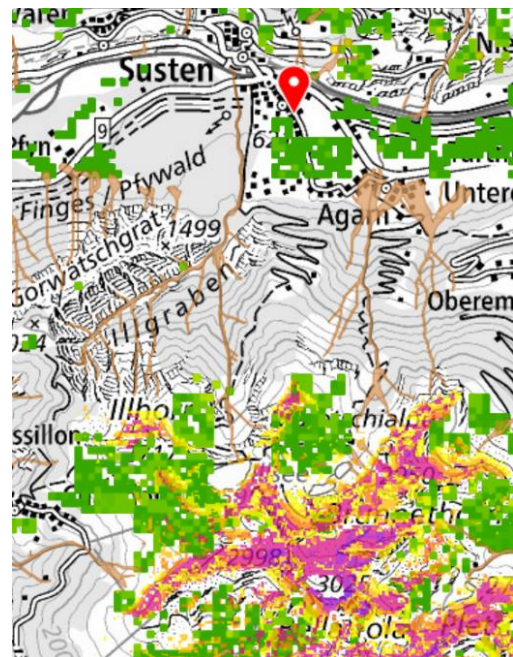


Abbildung 20 Gefahrenkarte (BAFU)

Mit der Gefahrenkarte können wir optimal arbeiten. Gut ersichtbar sind, welche Risiken, Gefahren in diesem Gebiet herrschen. Das ganze Gebiet ist stark von Hangmuren und Murgängen betroffen. In den oberen Lagen des Gebietes, sind vor allem der Permafrost, der auftaut und die Erosionen die grösste Gefahr.

Risikofaktoren

- Vegetation
- Niederschlag (Stark und langanhaltende)
- Erosion
- Permafrost

Bewertung der Risikofaktoren

Nr.	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	Auswirkung	Folgen
1	Vegetation	Wahrscheinlich	Boden verliert an Stabilität	Schwer
2	Niederschlag	Wahrscheinlich	Auslösung von Murgängen	Schwer
3	Erosion	Sicher	Instabile Berghänge	Schwer
4	Permafrost	Sicher	Instabile Berge	Schwer

Visualisierung der Risiken

Sicher				4,3
Wahrscheinlich				1,2
Eher unwahrscheinlich				
Unwahrscheinlich				
	Keine	Gering	Mässig	Schwer

Fazit Risikoanalyse

Die Risiken Vegetation, Niederschlag werden durch den Klimawandel beeinflusst, jedoch ist dies Standortabhängig und kann sich von Jahr zu Jahr variieren. Die Folgen der beiden Risiken sind dennoch schwer und können grossen Schaden anrichten. Durch die verlorene Vegetation verliert der Boden seine Stabilität, die Wurzeln halten ihn zusammen. Durch den Regen wird der Boden ohne grossen Widerstand weggespült. Mit gut ausgewählten Schutzmassnahmen wie, Aufforstung und Begrünung kann dies verhindert werden. Die 2 weiteren Risiken Erosion und Permafrost werden durch den Klimawandel stark beeinflusst, ohne ihn wären die Gefahren tiefer eingestuft. Die beiden sind heute schon gut sichtbar und die Folgen daraus sind schwer. Damit wir das Risiko von diesen 2 schwächen können, müssen wir unsere Treibhausgase (CO₂) reduzieren. Auch hier helfen Schutzmassnahmen an den Standorten, diese dienen jedoch nur zum Schutz, können aber den Prozess deren 2 Gefahren nicht stoppen.

10.3 Analyse des Illgraben Susten Wallis

10.3.1 Naturgefahr

Die bestehende Naturgefahr hier ist der Murgang. Murgänge können sich schnell bilden, wenn verschiedene Gegebenheiten zusammenpassen.

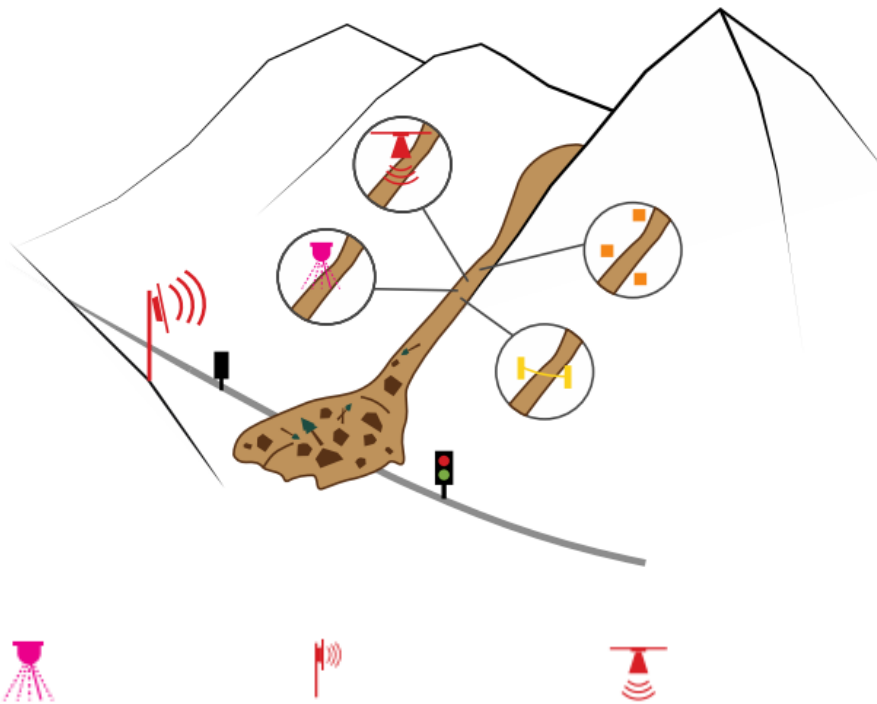
10.3.2 Faktor Klimawandel

Murgänge gab es schon immer in den Alpen. Hier spielen vor allem die Gegebenheiten mit: Steile Berghänge, keine Vegetation und Erodierete Böden. Durch stark oder langanhaltendem Regen können dann Murgänge niedergehen. Jedoch muss man zugestehen, dass in den letzten Jahren sich die Anzahl von Murgängen vermehrt haben. Der Klimawandel fördert diese Naturgefahr, in dem es trockener wird, stärkere Niederschläge fallen, vermehrt verlieren die Alpen ihre Vegetation dadurch. Durch lange Hitzeperioden trocknen die Böden schneller aus, die Vegetation nimmt ab und der Boden erodiert stärker. Durch den Abbau der Vegetation kann der Boden schneller weggespült werden, denn die Wurzeln fehlen von den Pflanzen. Murgänge können dadurch mehr Material mitführen und können enormen Schaden anrichten. Nicht zu vergessen, durch die Hitze taut der Permafrostboden auf. Murgänge werden dann vor allem in Hochalpen niedergehen. All diese Faktoren begünstigen einen Murgang, werden häufiger und stärker. Schluss folglich kann man sagen, ***Ja der Klimawandel spielt eine grosse Rolle und verstärkt dieses Naturgefahr.***

10.3.3 Schutzmassnahmen

- I. Gefahrenhinweis Informationstafel für Wanderer (Tourismus)
- II. Schutzmauern
- III. Sammelbecken
- IV. Videokamera Überwachung
- V. Sensoren Überwachung
- VI. Meldung an die Bewohner

Abbildung 22 Sicherheitsmassnahme Illgraben (BAFU)



Pegelradar	Geophone	Laser	Murgangradar
Distanzmessung von Pegelradar zum Bach, Murgangdetektion bei rapiden Pegelanstieg	Murgang wird anhand der erzeugten Erschütterung im Graben erkannt	Profilschan des Grabens mit Laser, Murgangdetektion bei rapider Veränderung	Doppelradar erkennt Massenbewegung im Graben aus der Ferne und löst Alarm aus

Zusätzliche Massnahmen / Vorschläge / Ideen

- I. Verbreiterung der Rinne
- II. Begrünung an den Berghängen
- III. Reisleine für die Überwachung

10.3.4 Fazit

Bei den Schutzmassnahmen wurden alle Schutzvorkehrungen getroffen. Die Überwachung ist sehr gut gelöst. Der Schutz hier gilt vor allem für die Brücke. Die Brücke ist ein wichtiger Verkehrspunkt im Wallis, da es die einzige Hauptstrassenverbindung ist, von Ost nach West. Was man aber versuchen könnte, dass man die Rinne vergrössert, um die Kraft, Energie eines Murganges zu schwächen. Ein weiter Vorschlag wäre, wenn man in den oberen Gebieten, an den Berghängen die Vegetation, Begrünung anstrebt. Dadurch kann sich der Boden durch die Wurzeln besser am Berghang sichern. Durch eine Begrünung, vertrocknet der Boden nicht mehr so schnell aus. Der Boden kann mehr Wasser aufnehmen und wird nicht weggespült.

Unser Primär Ziel: Die Risiken und die Folgen mindern. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen wir unseren Treibhausgasausstoss (CO₂) reduzieren!

11 Bergsturz Bondo Graubünden

Extremereignis vom 23 August 2017

Situationsplan



Abbildung 23 Bondo Situationsplan (BAFU)

Aufgrund der Beobachtungen und vor allem Messungen im Arge-Alp Projekt wurde klar, dass es möglicherweise zu einem weiteren Bergsturz kommen könnte. Da die Sturzaktivität mit Stein- und Blockschlag am Pizzo Cengalo ohnehin hoch war, erregten hauptsächlich grössere Felsstürze Aufmerksamkeit. Am Pizzo Cengalo wurde zwischen 2011 und 2017 jedes Jahr eine Zunahme der Sturzaktivität während der Sommermonate beobachtet, die dann jeweils in einen grossen Felssturz mündete. Insbesondere beim ersten Bergsturz am 27. Dezember 2011 ereigneten sich nur Stunden vor dem Bergsturz zwei sehr grosse Felsstürze. Man rechnete 2013 noch mit Jahrzehnten bis zu einem erneuten Bergsturz. Diese Zeitspanne wurde 2015 verkürzt auf 1 bis 30 Jahre und mit den Messresultaten am 10. August 2017 auf Wochen bis Monate korrigiert. Die Ungewissheit war gross einen genauen Absturzzeitpunkt konnte man nicht voraussagen. Ein Ereignis, das man grundsätzlich kennt, aber dessen Eintritt nicht bestimmbar ist, bezeichnet Taleb 2010, S. 396 ff. als «Grauen Schwan». Am 23. August 2017 stürzte ein Felsvolumen von ca. 3 Mio. m³ aus der Nordostflanke ab. Der Bergsturz erodierte am Wandfuss rund 0,6 Mio. m³ Eis (ETH Zürich 2017) und kam nach 90 Sekunden in der hinteren Val Bondasca kurzzeitig zum Stillstand. Acht Personen, die sich während des Bergsturzes auf dem

Abstieg von der Sciora-Hütte befanden, werden seither in diesem Gebiet vermisst. Bereits 30 Sekunden nach Stillstand des Bergsturzes bewegte sich ein Schuttstrom (zähflüssiger Murgang) talwärts und verlagerte rund 0,5 Mio. m³ Material mit rund 8 m pro Sekunde durch die Val Bondasca. Rund 30000 m³ davon drangen mit rund 2 m pro Sekunde durch die enge Schlucht bis nach Bondo vor. Nach dem Schuttstrom gelangten gleichentags und zwei Tage später insgesamt mehr als 10 Murgänge – ebenfalls ohne Niederschläge – bis nach Bondo. Am 31. August 2017 erreichte – ausgelöst durch Starkniederschläge, ein letzter, sehr grosser Murgang mit ca. 0,26 Mio. m³ Bondo, womit insgesamt rund 0,5 Mio. m³ Material bis nach Bondo verfrachtet wurden.

Die Prozessverkettung aus Bergsturz und unmittelbarem Schuttstrom ist in der Schweiz mit vergleichbaren Rahmenbedingungen kaum beobachtet worden und gilt auch weltweit als sehr selten (Gruner et al. 2018). Die speziellen Rahmenbedingungen am Pizzo Cengalo mit Abbruch von Felsmassen, sehr kurzer Transitstrecke über einen kleinen Gletscher, keiner Schneeüberdeckung und geringer Wasseraufnahme entlang der Auslaufstrecke sind in mehreren Punkten nicht vergleichbar mit den wenigen Beispielen, die weltweit schon beschrieben wurden (u.a. Petrakov et al. 2008). Auch ein Vergleich der zwei Bergstürze am Pizzo Cengalo zeigt markante Unterschiede. Die Ursachen des Bergsturzes wurden mit einer unmittelbar einberufenen Expertengruppe intensiv diskutiert und wie folgt beschrieben: «Als Ursachen des Bergsturzes vom 23. August 2017 kommen unter anderem Kombinationen folgender Faktoren in Frage: Topografie, geologische Disposition, Spröbruchverhalten des Bergeller Granits, Kluftwasserdruck und damit verringerte Stabilität aufgrund von Niederschlagswasser, Schmelzwasser aus Eis und Schnee oder auftauendem Permafrost.» (AWN 2017, S. 3). Die Aufzählung der vielen Ursachen und der explizite Hinweis auf Kombinationen zeigt die Komplexität des Zusammenspiels vieler Faktoren, die in Untersuchung sind (Baer et al. 2017; Amann et al. 2019 in review). Auch knapp zwei Jahre nach dem Ereignis bestehen erhebliche Unsicherheiten betreffend die Ursachen und Verkettungen der Ereignisse. Antworten auf Fragen, wie sich der Klimawandel im Hochgebirge auf die Häufigkeit und Intensität von Massenbewegungen und insbesondere Prozessverkettungen auswirken wird, sind von der Wissenschaft weiter zu erforschen.

Quelle: Quelle: Christian Wilhelm, Gian Cla Feuerstein, Andreas Huwiler und Roderick Kühne
Amt für Wald und Naturgefahren, Kanton Graubünden, Loestr. 14/16, CH-7000 Chur
WSL-Berichte, Heft 78, 2019

11.1 Bondo Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?

Aud dem Bild ist das ganze Ausmass des Bergsturzes aus dem Jahr 2017 oberhalb von Bondo Kanton Graubünden gut erkennbar. Diese Ablagerungen entstanden nicht nur durch den Bergsturz, sondern auch durch die mehreren unmittelbaren folgenden Schuttströmen und Murgängen durch das Val Bondasca Thal.

Dieses Ereignis von den Schuttströmen dauerte vom 23.August - 31.August 2017.



Abbildung 24 Bergsturz Val Bondasca (gr.ch)

Bei diesem Abgang gingen etwa 3Mio m³ Gestein nieder. Das spezielle an diesem Ereignis war, das unmittelbar nach dem Bergsturz, sich ein Schuttstrom gebildet hat und Richtung Thal floss. Dieses Ereignis ist sehr speziell, selten und wurde bis dato des Bergsturzes nie wirklich dokumentiert. Die Schuttströme und Murgänge haben insgesamt 500`000m³ Schuttmaterial bis nach Bondo geführt. Diese Schuttströme zerstörten ein Teil des Dorfes Bondo. Seit dem Bergsturz werden immer noch 8 Personen vermisst, die sich in diesem Zeitpunkt auf einem Bergwanderweg aufhielten.

Die Nordostflanke des Piz Cengalo, wo der Bergsturz angebrochen ist, hat eine Durchschnittsneigung von etwa 55° . Dies hatte zur Folge, dass die abstürzende Felsmasse sich sehr stark Beschleunigen konnten. Nach dem Aufprall auf den Vadrec dal Cengalo Ost traf die Sturzmasse auf die 150m hohe Felswand des Bügeleisens. Dadurch wurde die Sturzmasse in nördlicher Richtung abgelenkt. Je grösser die Abbruchmasse ist, desto kleiner ist die abgelenkte Wirkung. Ohne diese Wirkung, wäre die Umgebung der Sciora Hütte stärker gefährdet gewesen.

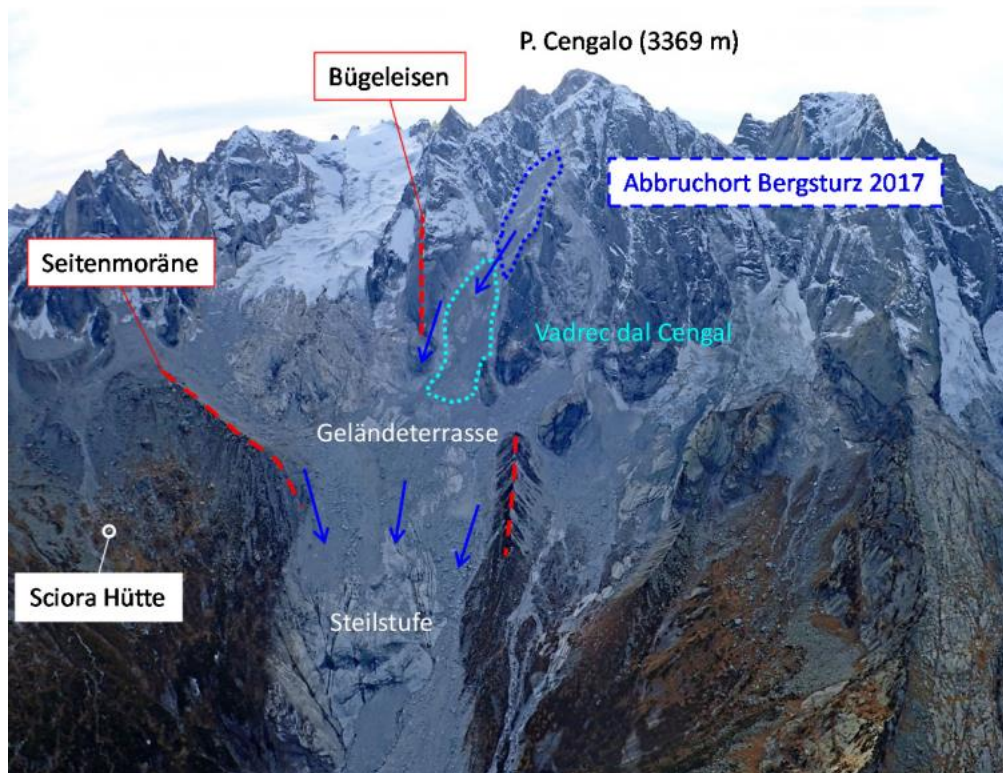


Abbildung 25 Abbruchstelle Piz Cengalo (gr.ch)

Die rechte Seitenmoräne des Vadrec dal Bondasca, hatte eine ähnliche Wirkung, sie lenkte ab und bremste die Masse ab. Da die Moräne nur rund 30 bis 40 m hoch ist und der Ablenkwinkel rund 70° beträgt, ist die Wirkung im Vergleich zum Bügeleisen viel kleiner. Unterhalb von 2000 m ist die Sturzbahn durch Seitenmoränen und die Topografie eingengt. Dies führte zusammen mit dem aufsteigenden Gelände, zu einer Beschleunigung der Sturzmasse.

Diese Situation in Bondo ist aus dem Jahr 2023. Nach über 5 Jahren, wird immer noch in Bondo an dem 42 Millionen Franken Projekt gearbeitet.



Abbildung 27 Schutzbauten Bondo (eigene Darstellung)



Abbildung 26 Schutzbauten Bondo (eigene Darstellung)

Bei diesem Hochwasserschutzprojekt werden die Flüsse Bondasca und Maira mit Schutzdämmen verbaut, Hochwasserschutzmauern erstellt und die Flusssohle gesichert. Des Weiteren werden die Brücken der Maloja- und der Promontognostrasse erhöht und der zerstörte Punt zwischen Promontogno und Bondo wird durch eine neue, höhere liegende Brücke ersetzt. An den Schutzmauern und Schutzdämmen, werden die Flächen begrünt und mit Weinreben verschönert.

All diese baulichen Massnahmen werden mit grosser Sorgfalt in die Landschaft und an das Ortsbild der Umgebung angepasst



Abbildung 29 Schutzbauten Bondo (espazium.ch)



Abbildung 28 Schutzbauten Bondo (epazium.ch)

Zukunft Bondo 2.0

Dies ist das Modell für die baulichen Massnahmen in Bondo.



Abbildung 30 Modell Bondo 2.0 (grheute.ch)

Dorfbild vor und nach dem Bergsturz

Bild Links von 2012



Bild Rechts von 2017



Abbildung 31 Bergsturz Bondo / vor und nach (gr.ch)

11.2 Auswertung

11.2.1 Präferenzmatrix und Nutzwertanalyse

Präferenzmatrix												
Die mit dieser Farbe hinterlegten Zellen werden automatisch berechnet												
als wichtiger	Ökonomisch (Kosten)	Tourismus	Schutzmassnahme n	Klimaschutz	Betroffene(Bewohn er)	0	0	0	0	0	Summe	%
Ökonomisch (Kosten)	1	0	0	1	0						1	9%
Tourismus	1	1	0	1	0						2	18%
Schutzmassnahmen	1	1	1	1	1						4	36%
Klimaschutz	1	0	0	1	0						1	9%
Betroffene(Bewohner)	1	1	0	1	1						3	27%
	1	1	1	1	1							
	1	1	1	1	1	1						
	1	1	1	1	1	1	1					
	1	1	1	1	1	1	1	1				
	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
											Prüfsumme	100%

Bewertung 1 bedeutet im Beispiel Kriterium 1 ist wichtiger als Kriterium 2

Abbildung 33 Präferenzmatrix Bondo (eigene Darstellung)

Abbildung 32 Nutzwertanalyse Bondo (eigene Darstellung)

	Gewichtung	Schutzmassnahmen		Landschaft	
		Bewertung	Wert	Bewertung	Wert
Ökonomisch (Kosten)	9%	5	0.45	3	0.27
Tourismus	18%	8	1.45	8	1.45
Schutzmassnahmen	36%	8	2.91	5	1.82
Klimaschutz	9%	8	0.73	7	0.64
Betroffene(Bewohner)	27%	8	2.18	9	2.45
0					
0					
0					
0					
0					
Summe			7.73		6.64

Bewertungszahl von 0 - 10
 Bewertungszahl 0 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium nicht
 Bewertungszahl 10 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium vollständig

11.2.2 Risikoanalyse

In der Risikoanalyse wird aufgezeigt, welche Faktoren ein Risiko haben. Darunter wird dann noch unterschieden, wie stark diese Risiken die Variante beeinflussen kann oder sogar verunmöglichen.

Gefahrenkarte Legende

- Felssturz
- Permafrost
- Erosion
- Murgang



Abbildung 35 Gefahrenkarte (BAFU)

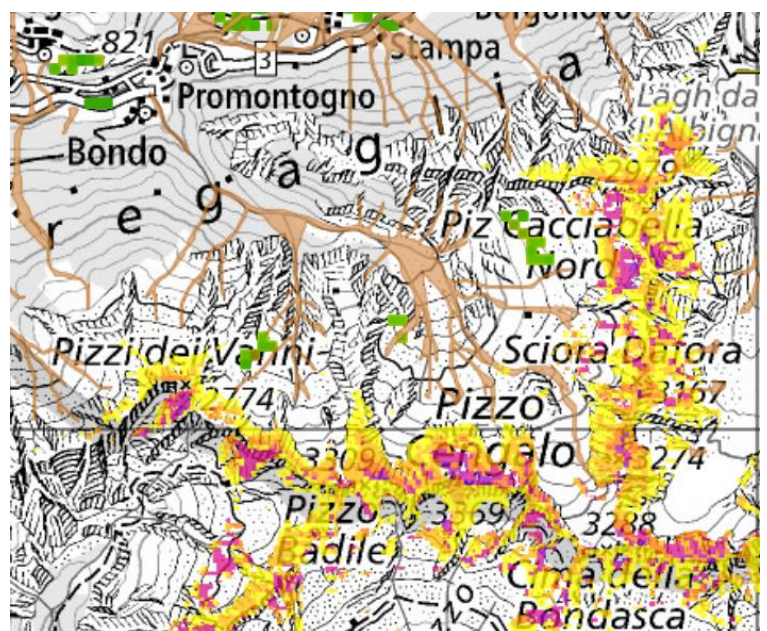


Abbildung 34 Gefahrenkarte (BAFU)

Mit der Gefahrenkarte können wir optimal arbeiten. Mit dieser Karte ist gut erkennbar, welche Risiken, Gefahren in diesem Gebiet herrschen. Das ganze Gebiet ist stark von Berg-Felsstürzen betroffen. In den oberen Lagen des Gebietes, sind vor allem der Permafrost, der auftaut. Dadurch verlieren die Berge ihre Stabilität und durch die Witterungen, die sie ausgesetzt sind, bröckeln und fallen auseinander. Im unteren Teil können Murgänge entstehen und mit einem Fels-Bergstutzes immensen Schaden anrichten.

Diese Naturereignisse sind schwer aufzuhalten. Die Priorität in diesen Gebieten besteht aus der Überwachung und aus ihrem Warnsystem.

Risikofaktoren

- Erdbeben
- Niederschlag (Stark und langanhaltende)
- Temperaturschwankungen
- Erosion
- Permafrost

Bewertung der Risikofaktoren

Nr.	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	Auswirkung	Folgen
1	Erdbeben	Eher wahrscheinlich	Gestein verliert an Stabilität	Schwer
2	Niederschlag	Sicher	Fördert Risse im Gestein	Mässig
3	Temperaturschwankungen	Sicher	Instabile Berghänge	Schwer
4	Erosion	Sicher	Instabile Berge	Schwer
5	Permafrost	Sicher	Instabile Berge	Schwer

Visualisierung der Risiken

Sicher			2	3,4,5
Wahrscheinlich				
Eher unwahrscheinlich				1
Unwahrscheinlich				
	Keine	Gering	Mässig	Schwer

Fazit Risikoanalyse

Der Faktor Erdbeben ist eher unwahrscheinlich, die Folgen wären schwer. Der Faktor stark und langanhaltende Niederschläge werden in Zukunft vermehrt auftauchen, auch in den höheren Lagen. Da die Null Grenze weiter nach oben steigt. Zusammen mit den Temperaturschwankungen wird der Berg, Felsen von Zeit zurzeit brüchiger. Hinzukommt der Permafrost. Der Permafrost hält die Berge, das Gestein, den Felsen zusammen. Wenn dieser auftaut, werden unsere Alpen noch brüchiger und fallen leichter auseinander. Steinschlag und Felsstürze werden all täglich sein. Hierfür können wir mit gut ausgedachten Schutzmassnahmen die Folgen, das Ausmass verringern. Die Risiken bleiben erhalten, hierfür müssen wir unsere Treibhausgase (CO₂) reduzieren. Wenn wir unseren Ausstoss von CO₂ nicht minimieren können, müssen wir mit den Risiken leben und hoffen das sich diese nicht noch weiter verschlimmern.

11.3 Analyse des Bergstutzes Bondo Graubünden

11.3.1 Naturgefahr

Die Naturgefahr hier ist der Bergsturz. Bergstürze entstehen, wenn sich die Gesteinsschichten nicht mehr zusammenhalten können. Der Grund, Regen und Schnee gelangen in Risse und drücken die Schichten auseinander.

11.3.2 Faktor Klimawandel

Bergstürze gab es schon immer in den Alpen. Hier spielen vor allem die Faktoren mit: Auftauen-der Permafrost, Erosion, extreme Temperaturschwankungen, starke Niederschläge usw. Durch die starken Niederschläge kann sich mehr Wasser in den Rissen verteilen. Eis dehnt sich aus und der Riss wird grösser. Dieser Ablauf wird immer wieder wiederholt, bis sich das Gestein wegsprengt. Dazu kommen die Temperaturschwankungen, die diesen Effekt von Wasser von flüssig zu Eis und dasselbe umgekehrt fördern. Dadurch beschleunigt sich eine Rissbildung und es kommt zu früherem Felsen – Bergstürze. Wenn noch der Permafrostboden auftaut, verlieren die Berge ihre ganze Stabilität. **Jahrzehnt oder Jahrhundertereignisse werden durch den Klimawandel vermehrt niedergehen.** Durch den Klimawandel werden diese Naturereignisse vermehrt in den Alpen vorkommen. Hier spielt der Klimawandel eine grosse Rolle und hat einen grossen Einfluss für die Alpen.

Ja der Klimawandel spielt hier eine grosse Rolle und richtet immense Schäden an.

11.3.3 Schutzmassnahmen

- I. Gefahrenhinweis Informationstafel für Wanderer (Tourismus)
- II. Schutzmauern
- III. Auffangbecken
- IV. Diverse Bauten verstärken (Haus, Öffentliche Bauten)
- V. Bachbett vergrössern
- VI. Videoüberwachung
- VII. Sensoren Überwachung
- VIII. Meldung an die Bewohner



Abbildung 36 Sicherheitsmassnahmen Bondo



Abbildung 37 Sicherheitsmassnahmen Bondo (BAFU)



Interferometrisches Georadar	Terrestrisches Lidar	Deformationskamera	Total Station
Abtasten der Felswand mit interferometrischem Radar zur Erkennung von Deformation Satelliten oder Terrestrischgestützt	Abtasten der Felsoberfläche mit Laser zur Erkennung von Deformation	Automatisierte Bildanalyse basierend auf hochaufgelösten Fotoaufnahmen zur Erkennung von Deformationen	Punktuelle Positionsmessung bestimmter Punkte anhand eines reflektierten Lichtstrahles

Zusätzliche Massnahmen / Vorschläge / Ideen

- I. Schutzdämme bauen im oberen Teil des Thales
- II. Begrünung im oberen Teil des Thales
- III. Fangnetze aufbauen an verschiedenen Orten Thal abwärts
- IV. Sammelbecken, Gruben bauen

Gefahrenzonen / Bauzonen

Legende

Wohnzonen

Arbeitszonen

Mischzonen

Zentrumszonen

Zonen für öffentliche Nutzung eingeschränkte Bauzonen

Tourismus- und Freizeitzone

Verkehrszonen innerhalb der Bauzonen

Weitere Bauzonen

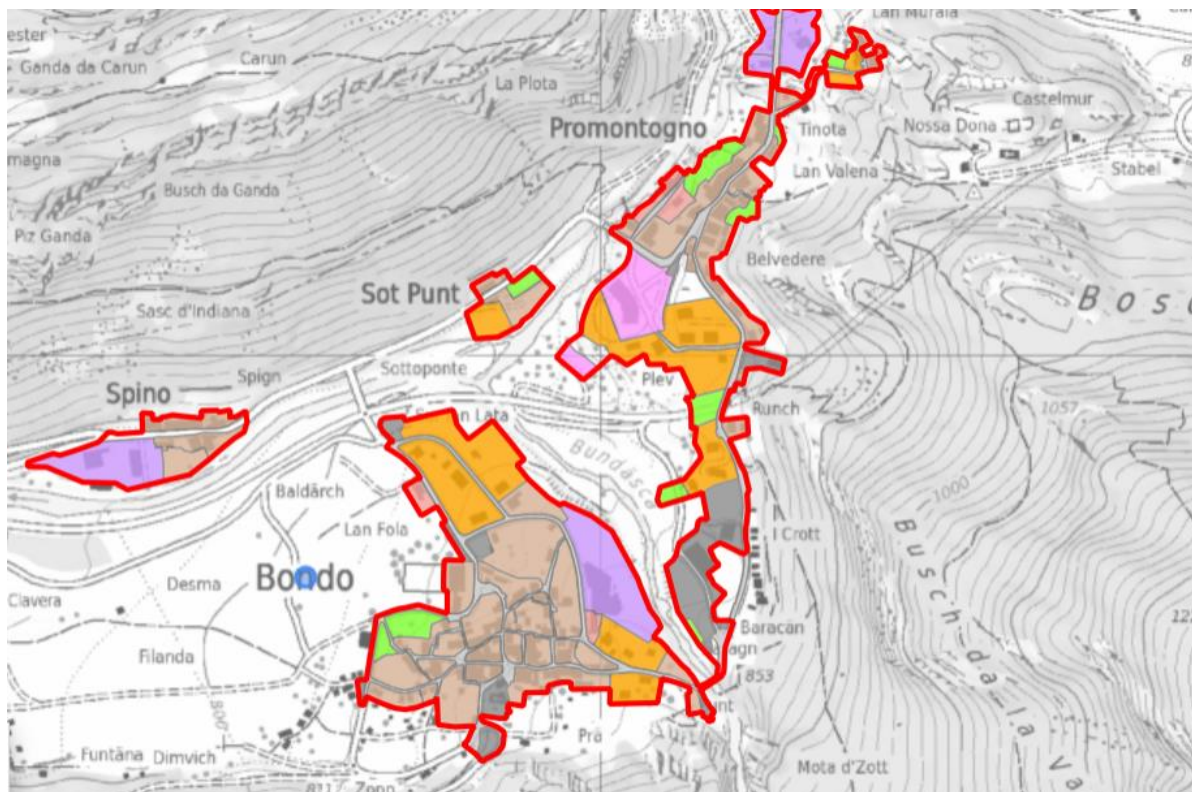


Abbildung 38 Bauzonen Bondo (geo.gr.ch)

Risiko Wasser

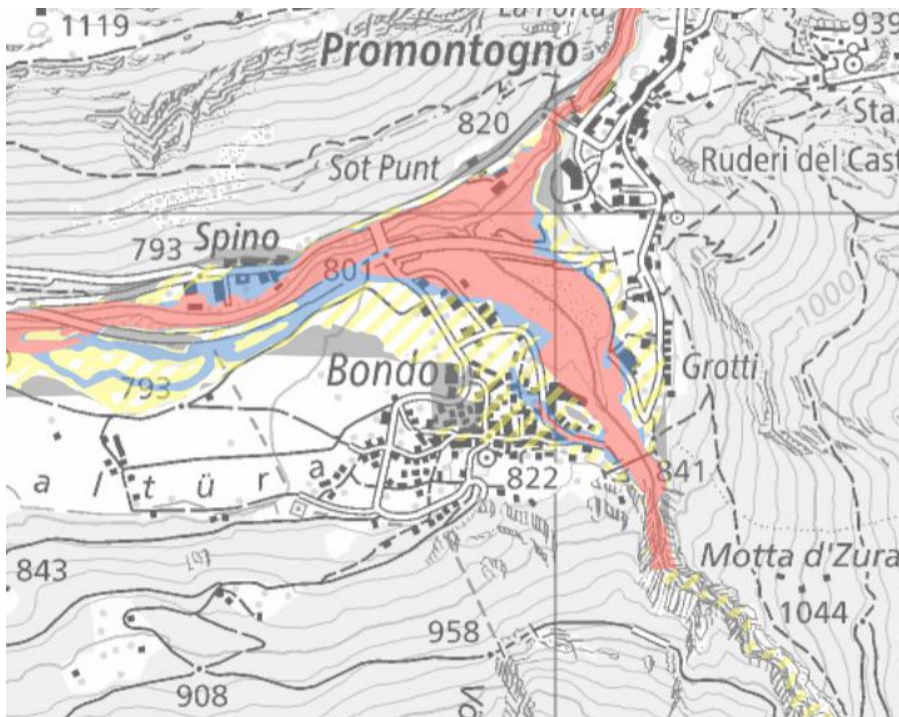


Abbildung 39 Gefahrenkarte Hochwasser Bondo (geo.gr.ch)

Gefahrenzone Beurteilung

- Erheblich
- Mittel
- Gering
- Restgefährdung
- Nicht gefährdet

Risiko Fels-/Bergsturz

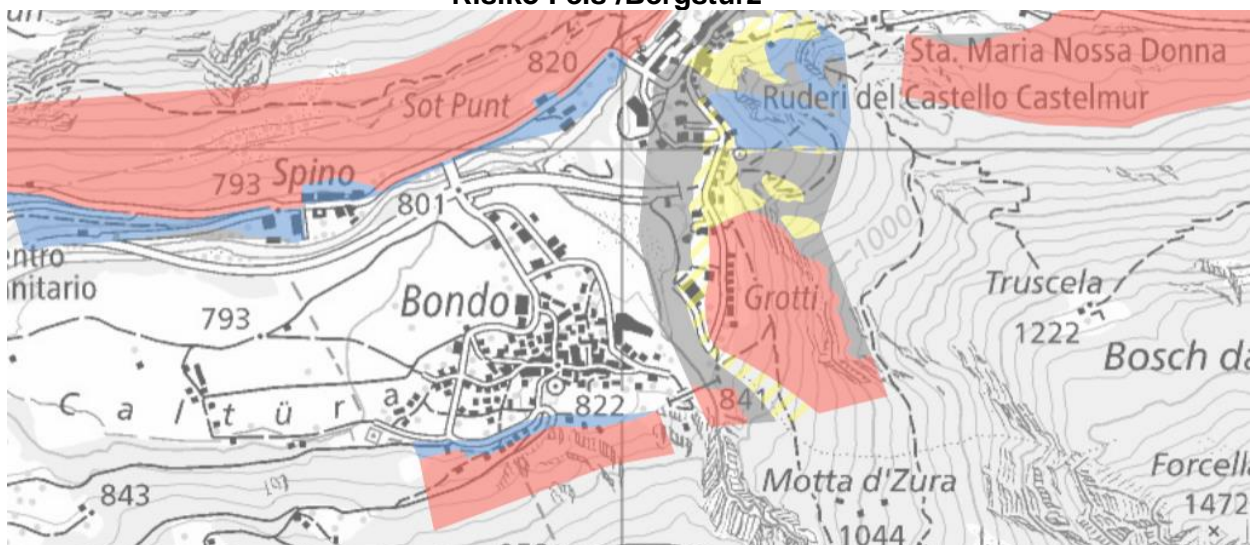


Abbildung 40 Gefahrenkarte Fels-/Bergsturz Bondo (geo.gr.ch)

Schutzmassnahmen Bauten

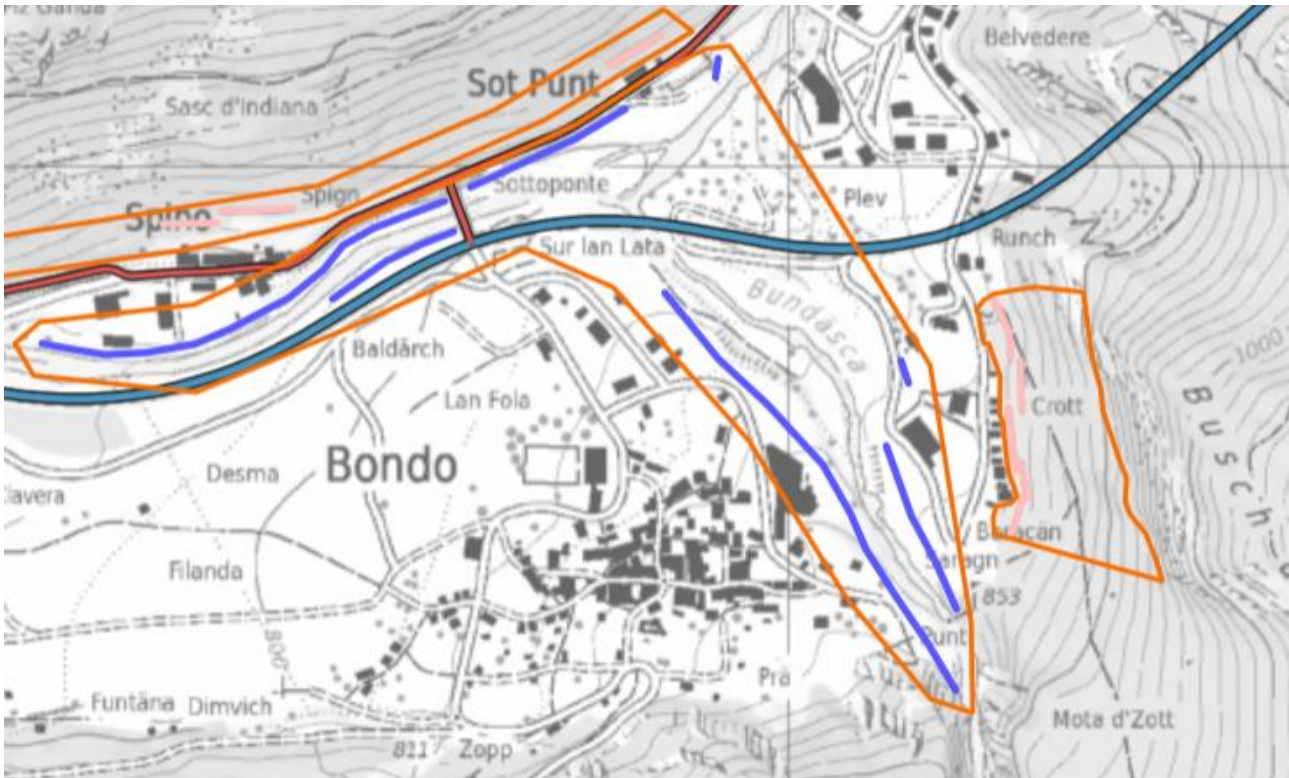


Abbildung 41 Schutzbauten Bondo (geo.gr.ch)

Das Orange Gebiet kennzeichnet, dass es sich um ein Verbauungsgebiet handelt. Die Blauen Linien kennzeichnen die neuen Dämme, die man gebaut hat.

11.3.4 Fazit

Bondo konnte aus diesem Naturereignis lernen und Optimale Schutzmassnahmen hinzufügen und optimieren. Dieses Ereignis gehört definitiv zu einem Jahrhundert oder sogar zu einem Jahrtausendereignis. Jedoch muss man sich bewusst sein, dass dieser Fall sich wiederholen könnte, auch in diesem Jahrhundert. Nicht nur in Bondo, sondern überall in den Alpen besteht diese Gefahr. Daher können wir von dem Bondo Ereignis viel dazu lernen. Mit den richtigen und optimalen Warnsystemen und Schutzmassnahmen können wir ein sicheres und Wohlfühlerndes Leben führen. Diese Gefahr ist sehr schwer zu bändigen. Umso wichtiger ist es, dass wir die Gefahrenzonen verstehen und die Bauzonen anpassen. Durch diese Anpassung können wir Massnahmen ergreifen, um die Sicherheit zu erhöhen. Jedoch besteht immer ein Restrisiko, vor allem bei solch einem Naturereignis.

Unser Primär Ziel: Die Risiken und die Folgen mindern. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen wir unseren Treibhausgasausstoss (CO₂) reduzieren!

12 Lawine Galtür Arlberg Österreich

Situationsplan



Abbildung 42 Situationsplan Galtür (mapcarta)

Die starken Schneefälle hatten in Westösterreich zu zahlreichen Verkehrsbehinderungen geführt. Zwischen Ende Jänner und dem 18. Februar mussten Hubschrauber des österreichischen Bundesheers und des Innenministeriums rund 40 Versorgungs-, Wildfütterungs- und Erkundungsflüge mit Lawinenkommissionen durchführen. Ab dem 27./28. Jänner herrschten im Raum Paznaun Lawinenwarnstufen ab 3, immer wieder aber 4/5, und die Silvretta Bundesstraße (B 188) zwischen Pians und Galtür – die einzige Zufahrtsstraße nach Galtür, da ab Wirl die weiterführende Silvretta-Hochalpenstraße im Winter prinzipiell gesperrt ist – wurde ab dem 6. Februar immer wieder aus Sicherheitsgründen geschlossen, sodass die Region nicht mehr erreichbar war. Im Paznaun mussten ab dem 9. Februar wiederholt Versorgungsflüge mit einer in Schwaz stationierten Alouette III des Bundesheers geflogen werden, da die Straße Pians – Galtür wieder gesperrt wurde. Zuletzt war sie eine ganze Woche lang gesperrt worden. Lediglich am Samstag, dem 13., wurde sie für einige Stunden geöffnet, um den Urlauber-Schichtwechsel zu ermöglichen. Zu dieser Zeit befanden sich neben den etwa 850 Einwohnern ungefähr 5.000 Urlaubsgäste im Tal. Zu den Kritikern, die sich nachdrücklich für eine frühzeitige

Räumung Galtürs ausgesprochen hatten, gehörte auch der Experte Franz Fliri aus Tirol. Sein Argument, dass es in Galtür in einem Zeitraum von 500 Jahren zu 13 Lawinenabgängen mit insgesamt 57 Toten gekommen sei, wurde von der Gemeinde Galtür nicht akzeptiert. Alle diese Lawinen seien vom mittlerweile gesicherten Osthang abgegangen und von der Nordseite, woher diesmal die Lawinen kamen, hätte sich bisher noch keine einzige Lawine gelöst. Ab dem 20. Februar 1999 boten zwei private österreichische Hubschrauber-Unternehmen den Eingeschlossenen die Möglichkeit, diese gegen rund 180 Euro auszufliegen.

Am 23. Februar 1999 mussten wegen der schlechten Wetterverhältnisse die Versorgungsflüge mit Hubschraubern des österreichischen Bundesheeres, die ab dem 20. Februar durchgeführt worden waren, eingestellt werden. Da auch die Lifte wegen des starken Schneefalls an diesem Tag geschlossen waren, veranstaltete man mitten im Ort ein Fassdauben-Skirennen. Dieses endete nur wenige Minuten, bevor auch der Veranstaltungsort von der Lawine überrollt wurde. Die erste Lawine mit etwa 400 Metern Breite ging am 23. Februar 1999 gegen 16 Uhr vom nördlich von Galtür gelegenen Hang unterhalb des Grates zwischen Grieskopf und Grieskogel ab (*Sonnberg*). Die Abrissstelle lag in einer Höhe von ungefähr 2.700 Metern Seehöhe, die Hangneigung beträgt dort bis zu 125 %. Die Lawine, die sich mehrfach teilte, zerstörte zahlreiche Häuser vor allem im Ortsteil *Winkl* und verschüttete über 50 Menschen, von denen etwa 20 relativ rasch geborgen werden konnten.

Gegen 16:30 Uhr traf die Meldung über *eine große Lawine* in der Pontlatz-Kaserne in Landeck ein. Der Schneesturm verhinderte den Start von Bundesheerhubschraubern mit Hilfsmannschaften. In einer Krisensitzung wurde beschlossen, um 06:45 Uhr des nächsten Tages mit den Hilfsflügen zu beginnen und während der Nacht die notwendigen Vorbereitungen zu treffen. Bei entsprechender Wetterlage sollten die Flüge aber auch schon während der Nachtstunden durchgeführt werden. Die Bewohner von Galtür und eingeschlossene Urlauber waren deshalb in der Nacht auf sich allein gestellt, die Verschütteten zu suchen und Verletzte zu versorgen. Unter anderem wurde in der Sporthalle ein Notlazarett eingerichtet, in dem der Gemeindefeuerarzt sowie Ärzte und Krankenschwestern, die sich unter den Touristen befanden, die Lawinopfer betreuten. Ungefähr drei Stunden nach der ersten Lawine wurde die Tiroler Landeswarnzentrale von Anrufen besorgter Angehöriger überrollt, die ebenso wie die Medien nach Informationen verlangten. Etwa 20 Kamerateams suchten wegen der verhängten Flugverbotszone um eine Genehmigung für Hubschrauberflüge nach Galtür an. Wegen zahlloser

Telefonate waren sowohl das Festnetz als auch die Mobiltelefonnetze dermaßen überlastet, dass eine Kontaktaufnahme mit den Verantwortlichen in Galtür fast nicht möglich war. Deshalb wurde gegen 19:30 Uhr die Kurzwellengruppe des Rotkreuz-Landesverbands Tirol damit beauftragt, eine Funkverbindung in die von der Außenwelt abgeschnittene Gemeinde herzustellen. Ansprechpartner dort war der Arzt und Funkamateurl Walter Köck, den man wenige Minuten nach 21 Uhr schließlich erreichen konnte. Am 24. Februar gegen 21 Uhr wurde der erste Ernstfalleinsatz einer Kurzwellengruppe des Roten Kreuzes beendet. Gegen Mitternacht ging eine weitere Lawine Richtung Galtür ab, diese forderte aber keine Menschenleben. Da der Einsatzstab die Stärke der eingesetzten Fliegerkräfte als nicht mehr ausreichend erachtete, richtete die österreichische Bundesregierung in der Nacht vom 23. auf den 24. Februar 1999 ein Hilfeersuchen an die NATO sowie die Nachbarstaaten Österreichs. Die Spitäler in der näheren Umgebung richteten sich für die nächsten Tage auf eine große Zahl Verletzter ein. Nicht dringend notwendige Operationen wurden verschoben. Fahrzeuge für den Krankentransport und Notärzte wurden nach Landeck in die Pontlatz-Kaserne verlegt.

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Lawinenkatastrophe_von_Galt%C3%BCr

12.1 Galtür Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?

Wie kam es zu dieser Unglücklichen Situation. Im Jahr 1999 hatte sich eine Grosswetterlage festgefahren, diese in den Alpen für ergiebigen wiederkehrenden Schneefall verantwortlich war. Über dem Ostatlantik befand sich ein kräftiges Hoch und auf dessen Nordseite wurde ein Tiefdruckgebiet nach Skandinavien geführt. Besonders von Ende Januar 1999 an weg, staute sich immer von Nordwesten her feuchte und kalte Luftmassen an die Alpen. Die Alpenregion Arlberg war hier speziell stark betroffen. Es schneite über einen Monat hinweg ohne grosse Unterbrechung, auch wenn es drei markante Staulagen gab. In diesem Zeitraum bis zum 23.02.1999 fielen etwa 4 Meter Neuschnee. Zum Vergleich, in gewissen Alpenregionen fiel die gleiche Menge, nur über den ganzen Winter.

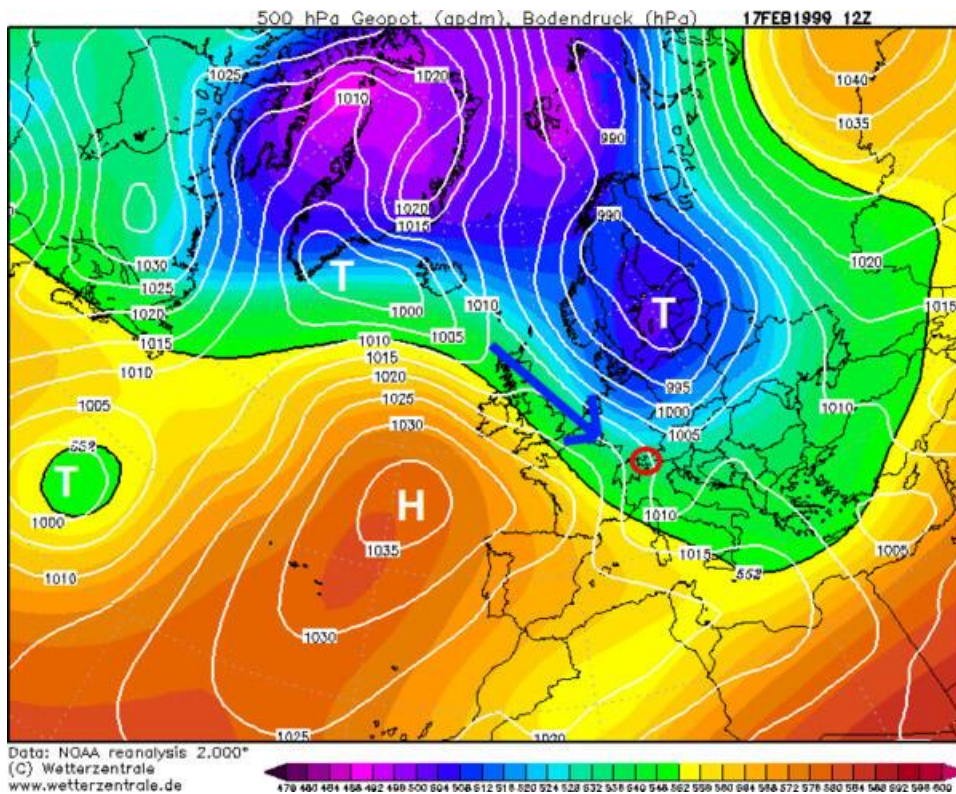


Abbildung 43 Wetterlage über Europa/Jahr 1999 (uwr.de)

Vom Grieskopf aus ging damals die entscheidende Lawine ab, dieser mehr als 2700m hochragt und direkt nordwestlich an Galtür liegt. Auf dem Bild zusehen, das markierte Hochplateau (LUV – Seite), auf diesem konnte durch den beständigen Nordwind grosse Mengen an Schnee an den Kamm des Grieskopfes auf der windabgewandten (Lee-Seite) abgelagert werden. Mit der Zeit konnte sich hier eine enorme Menge an Treibschnee ansammeln.

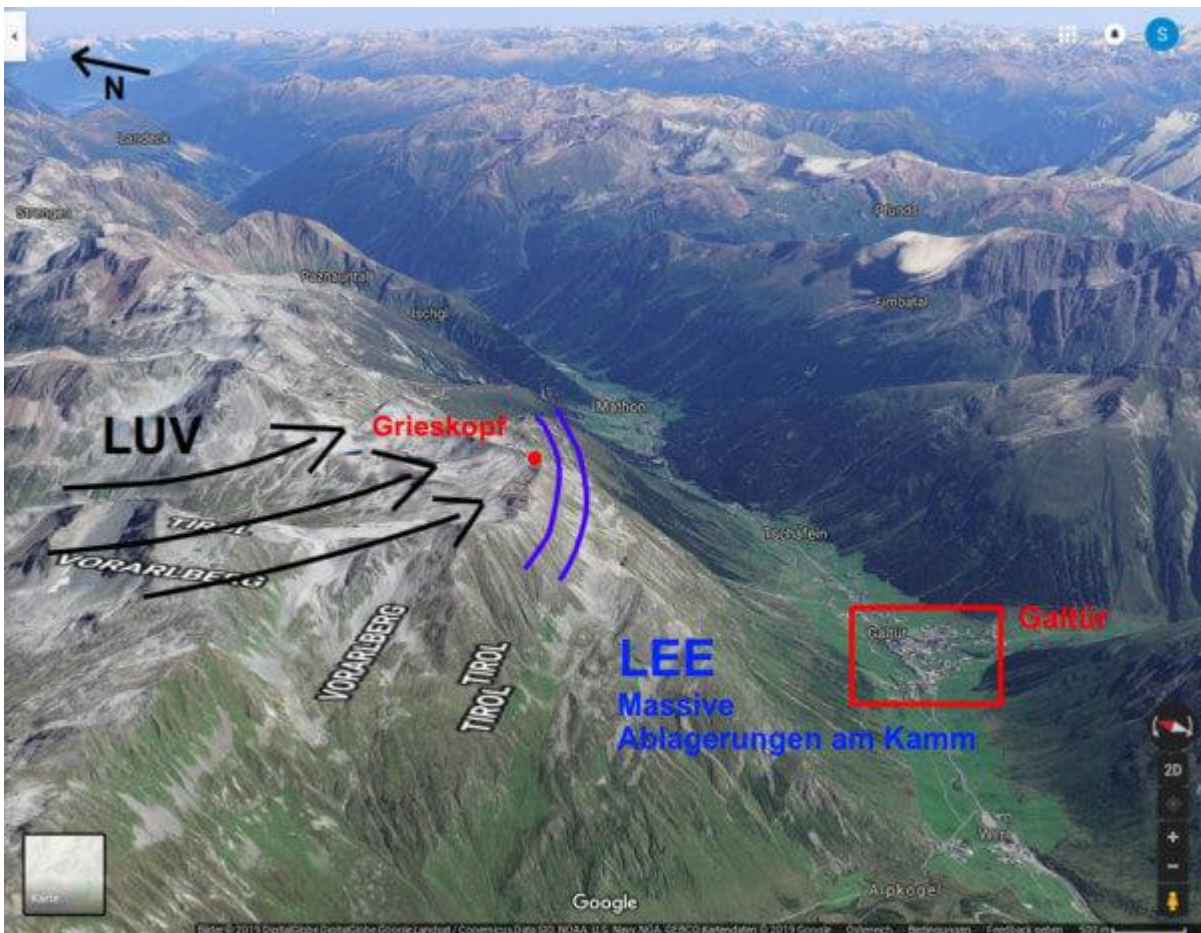


Abbildung 44 Situationsplan Grieskopf (uwr.de)

Das ungewöhnliche ist, vergleichbare Schneeanhäufungen lösen meistens rasch und spontan. Dadurch können nicht solch enorm grosse Lawinen entstehen, wie im Jahr 1999. In diesem Fall war die Schneedicke sehr stabil aufgebaut. Durch Optimalen Bedingungen konnte sich der Schnee nach jeder angesprochenen Staulagen festsetzen, dies durch Temperaturschwankungen. Dies führte dazu, dass es keine ausgeprägten Schwachstellen in der Schneeschicht bildete. Am 23. Februar 1999 gab die Verbindung zum Altschnee schliesslich nach und es kam zum einem Jahrhundertereignis.

Man sieht auf dem Bild ein Teil des zerstörten Dorfes Galtür. Die Lawine war 400m breit, mit einer 100m hohen Staubwolke mit einer Geschwindigkeit von etwa 250Km/h. Man geht davon aus das Schneemasse um die 300`000 Tonnen wog. Leider waren die Häuser für solch ein Ereignis nicht ausgebaut und fielen ohne grossen Schutz für den Menschen zusammen.



Abbildung 46 Ausmass der Zerstörung / Jahr 1999 (walsermuseum)



Abbildung 45 Friedhof Gedenkstätte
Lawinenunglück (Wikipedia)

Leider forderte dieses Unglück insgesamt 38 Todesopfer.
Die meisten von Ihnen waren Touristen.

Das Ziel war so schnell wie möglich einen Schutzdamm zu bauen. Dies tat man auch. Man baute die 3 Schutzmauern. Die Schutzmauer Nummer 1 und 2 ist 360m lang und im Durchschnitt 6 – 8 Meter hoch. Die Höhe variiert in der gesamten Länge, dies wurde durch den Geländeverlauf und der Gefahreinstufung entschieden.

Die Schutzmauer Nummer 3 wurde optimiert und wurde auf insgesamt 12 Metern erhöht.

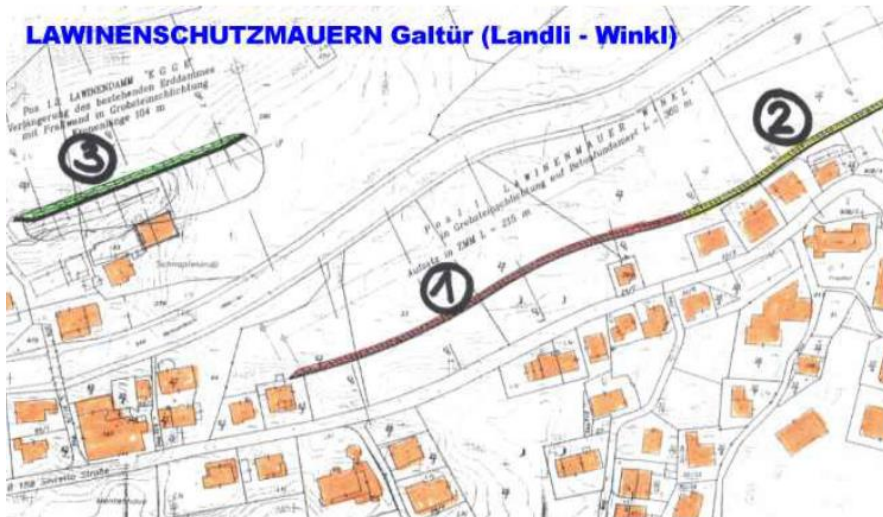


Abbildung 47 Schutzbauten Galtür (galtür.gv.at)



Abbildung 48 Schutzverbauungen Grieskopf (Wikipedia)



Abbildung 49 Schutzmauer unterhalb des Grieskogles (Wikipedia)

Auf dem linken Bild zusehen ist der Grieskopf und Grieskogel auf deren man Schutzdämme erbaut hat. Auf dem rechten Bild zusehen ist eine Lawinenschutzmauer unterhalb des Grieskogels, mit Blick auf den Predigtberg.

12.2.2 Risikoanalyse

In der Risikoanalyse wird aufgezeigt, welche Faktoren ein Risiko haben. Darunter wird dann noch unterschieden, wie stark diese Risiken die Variante beeinflussen kann oder sogar verunmöglichen.

Gefahrenkarte

Lawinen: Besiedlung nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand möglich

Lawinen: Bebauung nur eingeschränkt und unter Einhaltung von Auflagen möglich

Raumrelevante Bereiche (Gestrichelte Linien)

WLV Einzugsgebiete Lawine (Durchgezogene Linien)

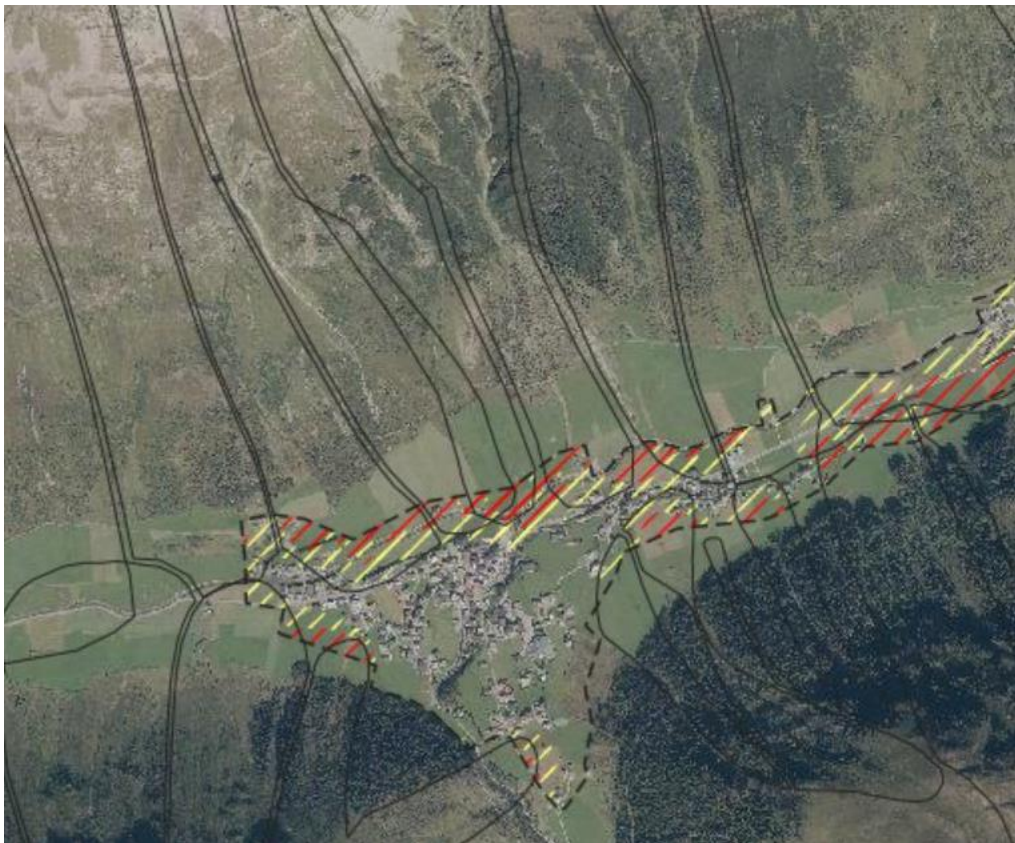


Abbildung 52 Gefahrenkarte Galtür (hora.gv.at)

Die rot markierten Bereiche signalisieren, dass dieser nicht oder nur durch unverhältnismässigen Aufwand möglich wäre. Man kann daraus schliessen, dass dieser Bereich nicht mehr bewohnbar ist. Im gelben Bereich müssen die Vorgaben der Bauten eingehalten werden, sonst kann die Sicherheit nicht gewährleistet werden. Die Durchgezogene Linie markiert uns den Bereich, an dem eine Lawine niedergehen könnte und in welchem Ausmass.

Risikofaktoren

- Gelände
- Niederschlag (Stark und langanhaltende)
- Temperaturschwankungen
- Wind

Bewertung der Risikofaktoren

Nr.	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	Auswirkung	Folgen
1	Gelände	Sicher	Fördert Lawinennieder- gänge	Schwer
2	Niederschlag	Wahrscheinlich	Ansammlung von enor- mer Schneemasse	Schwer
3	Temperatur- schwankungen	Sicher	Instabile Schneedecken	Schwer
4	Wind	Sicher	Verfrachtung von Schnee, Ansammlung	Schwer

Visualisierung der Risiken

Sicher				1,3,4
Wahrscheinlich				2
Eher unwahrscheinlich				
Unwahrscheinlich				
	Keine	Gering	Mässig	Schwer

Fazit Risikoanalyse

Der Faktor, Gelände ist für eine Entstehung einer Lawine essenziell wichtig. Je steiler das Gefälle, je höher das Risiko. Durch den 2. Faktor, stark und langanhaltende Niederschläge bilden sich meistens grosse Lawinen. Je mehr Neuschnee, desto mehr Schnee kann sich an gewissen Berglagen ansetzen. Mit dem Wind kommt ein weiteres Risiko, dieser kann den Schnee an gefährliche Berghänge ablagern. Dadurch können grosse Mengen an Schnee aufgetürmt werden. Mit den Temperaturschwankungen kann dann plötzlich eine Lawine ausgelöst werden. Dies weil durch die Schwankungen ein Teil des Schneebrettes löst. Diese Risiken werden in Zukunft den Alpen Winter beeinflussen. Das schwierige, diese Schneemengen richtig einzuschätzen und somit die richtigen Massnahmen zu treffen. Was man sagen kann, dass wir viel über Lawinen wissen und dieses auch in Schutzmassnahmen und Warnsystemen einbinden und umsetzen können. Jedoch könne die Folgen sehr schwer sein und das Leben in den betroffenen Gebieten stark beeinflussen. Auch hier ist es wichtig, dass wir mit den Gefahrenkarten und Bauzonen arbeiten, vergleichen, analysieren und die richtigen Schritte einleiten. Die Schutzmassnahmen die wir hier treffen, können nur die Folgen, das Ausmass beeinflussen. Die Risiken bleiben erhalten, hierfür müssen wir unsere Treibhausgase (CO₂) reduzieren.

12.3 Analyse der Lawine in Galtür Arlberg Österreich

12.3.1 Naturgefahr

Die Naturgefahr hier ist die Lawine. Lawinen entstehen, wenn sich die Schneeschichten nicht mehr zusammenhalten können und abreisen. Der Grund, enorme Schneemassen, zu schwer, Windablagerungen an einer Krete, Temperaturschwankungen oder auch steile Gelände.

12.3.2 Faktor Klimawandel

Lawinen gab es schon immer in den Alpen. Hier spielen vor allem die Faktoren mit: Starke und langanhaltende Niederschläge, extreme Temperaturschwankungen, Windablagerung, Verwehungen, Neigung des Geländes usw. Durch die starken und langanhaltenden Schneefälle können enorme Mengen auf den Bergen sich auf tummeln. Diese sich durch das Gewicht nicht mehr halten können und zu Thal gehen. Wenn jetzt noch die Temperaturen und der Wind mitspielt, können wieder enorme grosse Lawinen entstehen. Diese im ganzen Alpenraum ausgelöst werden könnten und diese zu immensen Schäden führen könnte. Diese Tragödie in Galtür war ein Jahrhundert oder sogar ein Jahrtausend Ereignis. **Durch den Klimawandel solche Monster Lawinen vermehrt bilden.** Da sich das Klima die Gegebenheiten in den Alpen verändert. Der Klimawandel fördert solch eine Grosswetterlage wie im Jahr 1999. Eines dürfen wir nicht vergessen, auch wenn die letzten Winter Schneearm waren, können die nächsten zu den Schneereichsten werden. Der Klimawandel besagt nicht nur, dass die Winter wärmer und trockener werden, sondern können auch Schneereicher sein. Diese Extremen Schwankungen werden nur durch den Klimawandel gefördert.

Ja der Klimafaktor hat einen grossen Einfluss für die Bildung von Lawinen, die grosse Auswirkungen haben.

12.3.3 Schutzmassnahmen

- I. Gefahrenhinweis Informationstafel für Wintersportler (Tourismus)
- II. Schutzmauern vor dem Dorf
- III. Verstärkung der Bauten (Wohn, Öffentliche)
- IV. Stützverbauungen an den Berghängen
- V. Schutzdämme in höheren Lagen
- VI. Warnsystem

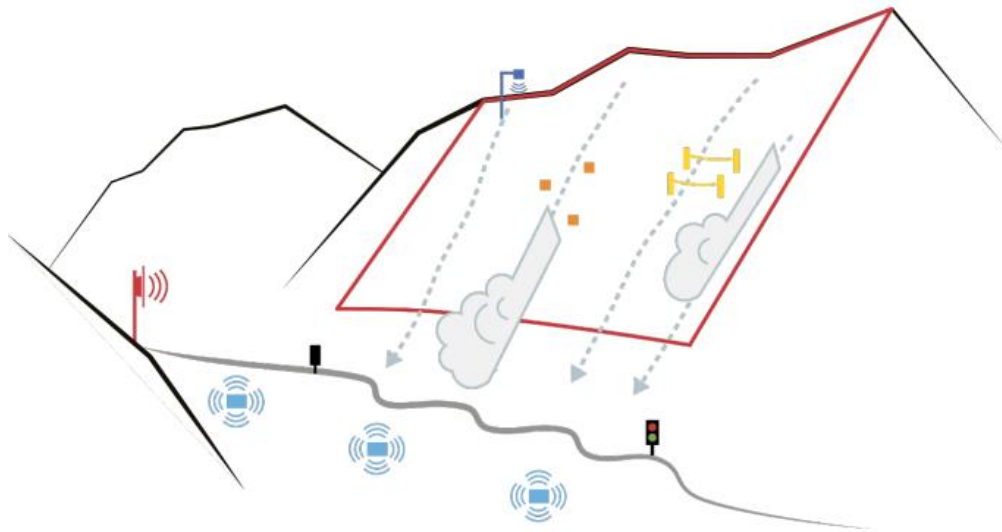


Abbildung 53 Sicherheitsmassnahmen Galtür (BAFU)



Lawinenradar	Geophone Seismik	Infraschall	Schneehöhe
Doppelradar de- tektiert sich bewe- gende Schnee- massen im gan- zen Lawinenhang	Erschütterungs- messung. Lawine wird erkannt an- hand der erzeug- ten Erschütterung	Lawine erzeugt Infraschall, wel- che von Sensoren im Thal gemessen wird	Detektion bei plötzlichem Abfall der Schneehöhe im Anrissgebiet

Zusätzliche Massnahmen / Vorschläge / Ideen

- I. Aufforstung Schutzwald
- II. Auffangnetze
- III. Sprengmast

12.3.4 Fazit

Galtür konnte aus diesem tragischen Naturereignis lernen und Schutzmassnahmen hinzufügen und optimieren. Jedoch müsste Galtür noch mehr Schutzmassnahmen treffen, um das Risiko und deren Folgen zu mindern. Dieses Ereignis gehört definitiv zu einem Jahrhundert oder sogar zu einem Jahrtausendereignis. Jedoch muss man sich bewusst sein, dass dieser Fall sich wiederholen könnte, auch in diesem Jahrhundert. Nicht nur in Galtür, sondern überall in den Alpen besteht diese Gefahr. Daher können wir von dem Ereignis in Galtür viel dazu lernen. Mit den richtigen und optimalen Warnsystemen und Schutzmassnahmen können wir ein sicheres und Wohlführendes Leben führen. Diese Gefahr ist sehr schwer zu bändigen. Umso wichtiger ist es, dass wir die Gefahrenzonen verstehen und die Bauzonen anpassen. Durch diese Anpassung können wir Massnahmen ergreifen, um die Sicherheit zu erhöhen. Jedoch besteht immer ein Restrisiko, vor allem bei solch einem Naturereignis.

Unser Primär Ziel: Die Risiken und die Folgen mindern. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen wir unseren Treibhausgasausstoss (CO₂) reduzieren!

13 Gletscher Randa Wallis

Lage

Seinen Ausgangspunkt nimmt der Bisgletscher in den steilen Felswänden östlich des Nordgrats des Weissorns. Auf rund 3800 m ü. M. vereinigen sich die vom Weissorns und vom Ostgrat des Bishorns kommenden Eismassen in einer Karmulde. Gegen Norden hat der Gletscher über den firnbedeckten Passübergang des Bisjochs (3549 m ü. M.) Verbindung mit dem Bruneggletscher. Der Bisgletscher fliesst nach Osten über den stark abfallenden westlichen Talhang des Mattertals hinunter und hat dabei ein Gefälle von zeitweise mehr als 60 %. In diesem Bereich ist er wild zerklüftet. Die Gletscherzunge befindet sich derzeit auf einer Höhe von etwa 2000 m ü. M. Hier entspringt der Bisbach, der bei Randa in die Matter Vispa mündet.

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bisgletscher>

Eislawinen

Wegen der starken Neigung des unteren Gletscherteils lösten sich immer wieder grössere Eismassen und stürzten ins Tal. Die verheerendste bekannte Eislawine ereignete sich am 13. Januar 1636. Sie forderte im Bergdorf Randa 37 Menschenleben. Zahlreiche Eisstürze und Gletscherlawinen gab es aber auch im 19. und 20. Jahrhundert, diese forderten jedoch nur selten Todesopfer. Oftmals blockierten die Eismassen den Abfluss der Vispa, wodurch ein See aufgestaut wurde, der manchmal den unteren Dorfteil von Randa überschwemmte. Bei der letzten grossen Eislawine vom 5. Februar 1980 wurden Bahnlinie und Strasse im Mattertal verschüttet und ein See mit einem Wasservolumen von 500.000 m³ aufgestaut. Dieser See entleerte sich allmählich wieder, so dass es nicht zur Ausbildung einer Flutwelle kam.

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bisgletscher>

13.1 Randa Bilddokumentation Ausmass, Schutzmassnahmen?



Abbildung 54 Gletscherzunge von Randa ausgesehen (eigene Darstellung)

Dieses Foto wurde von Randa aufgenommen. Was wir hier sehen, ist die Zunge des Bisgletscher. Dieser Teil wird überwacht jedoch besteht nicht nur an dieser Stelle grosse Gefahr für einen Gletscherabbruch, sondern weiter oben liegt ein Teil des Gletschers an einem sehr steilen Berghang. An dieser Stelle gab es schon mehrere Abbrüche des Gletschers. Der letzte wurde im Jahr 2005 aufgezeichnet. Dieser verursachte jedoch keinen Schaden.

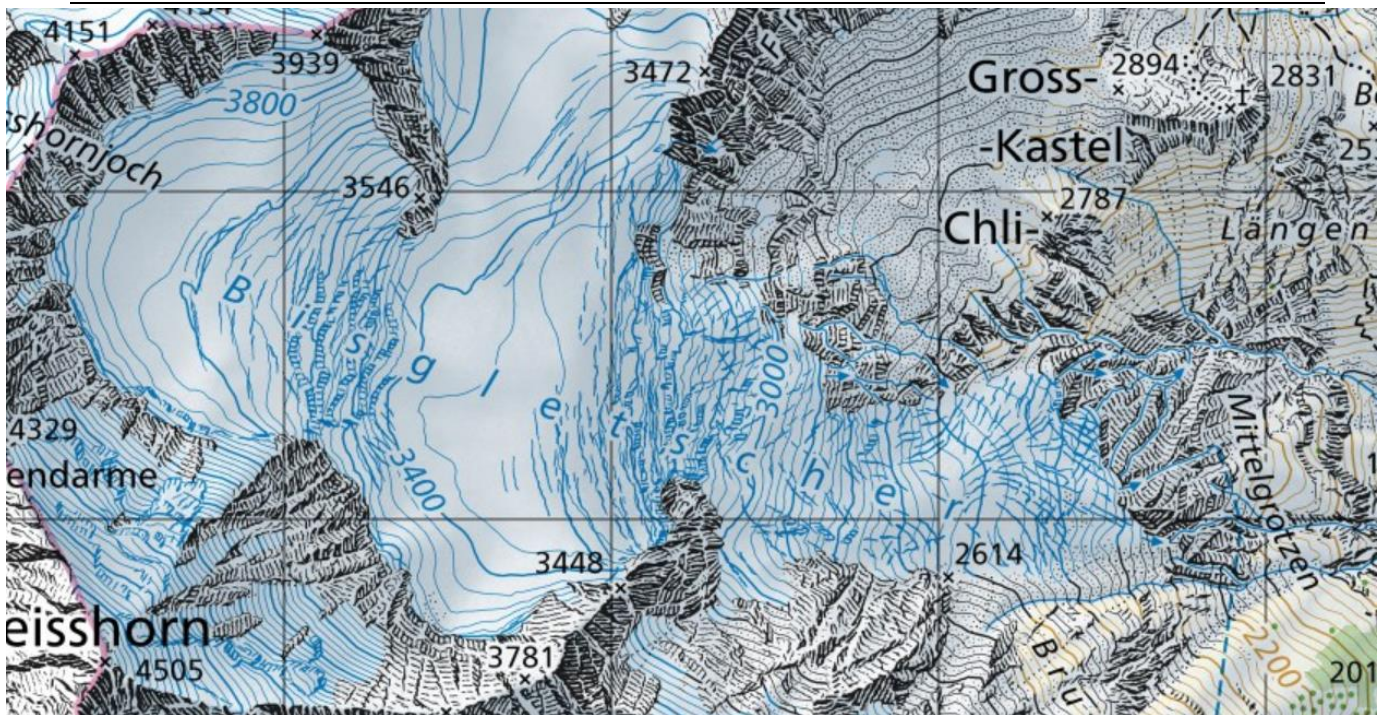


Abbildung 55 Situationsplan Bisgletscher (Map Geo Admin)

Gut erkennbar auf dem Bild ist der Gletscher Teil am Weisshorns. Von diesem Teil könnten grössere Massen ins Thal abstürzen und enorme Schäden zufügen. Daher ist hier die Überwachung des kompletten Gletschers sehr wichtig.

Abstürze von der steilen Nordost-Flanke des Weisshorns 4505 m.ü.M

Am 4. Februar 1986 verschüttet eine Eislawine vom Bisgletscher die Strasse von Visp nach Täsch. Das Bahngleis wurde auf einer Länge von 200m verschüttet.

Im März 1999 erreichte ein Eis und Schneelawine wieder das Ufer der Vispa im Talgrund von Randa. Diese Gletscherabbrüche können sich über das ganze Jahr verteilen. Daher ist ein Abbruch zu jeder Jahreszeit möglich und muss stets überwacht werden

Ende März 2005 ist der instabile Hängegletscher aus der Nordostflanke des 4505 Meter hohen Weisshorns abgebrochen. Die Gemeinde Randa im Kanton Wallis liegt unterhalb des Bisgletschers. Forscher der ETH hatten den Abbruch vorhergesagt, jedoch hatten sie den Abbruch zu einer späteren Zeit erwartet. Insgesamt wurden 460`000m³ Eis in zwei Teilstücken abgebrochen an dieser Stelle des Hängegletschers.



Abbildung 56 Weisshorn mit Bisgletscher (raonline)

Zu diesem Zeitpunkt bestand für die Gemeinde Randa keine Gefahr aus. Dies weil in der 3000 Meter langen sturzbahn nur wenig Schnee lag. Dadurch konnte sich keine Eis-Schneelawine bilden, die bis ins Thal gelangen konnte. Wegen der schlechten Witterung, Sicht, war für eine genaue Prognose erschwert.

13.2.2 Risikoanalyse

In der Risikoanalyse wird aufgezeigt, welche Faktoren ein Risiko haben. Darunter wird dann noch unterschieden, wie stark diese Risiken die Variante beeinflussen kann oder sogar verunmöglichen.

Gefahrenkarte

Legende

Lawinen

Permafrost

Erdbeben

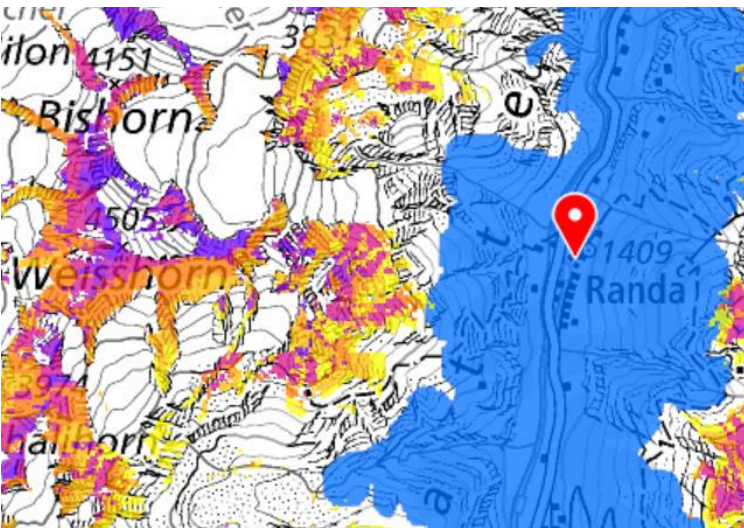


Abbildung 60 Gefahrenkarte (BAFU)



Abbildung 59 Gefahrenkarte (BAFU)

Mit der Gefahrenkarte können wir optimal arbeiten. Mit dieser Karte ist gut erkennbar, welche Risiken, Gefahren in diesem Gebiet herrschen. Das ganze Gebiet ist stark von Lawinen und Eislawinen betroffen. Auch wenn ein Erdbeben unwahrscheinlich ist, liegt Randa samt Bisgletscher in einer gefährdeten Zone. In den oberen Lagen des Gebietes, sind vor allem der Permafrost, der auftaut. Dadurch verlieren die Berge ihre Stabilität und durch die Witterungen, die sie ausgesetzt sind, bröckeln und fallen auseinander. Auch die Gletscher sind deren ausgesetzt und verlieren ihre Standfestigkeit. Dies führt zu Gletscherabbrüchen, die enorme Schäden zufügen könnten. Die Priorität in diesen Gebieten besteht aus der Überwachung und ihrem Warnsystem.

13.2.3 Risikofaktoren

- Gelände
- Niederschlag (Stark und langanhaltende Regen oder kein)
- Temperaturschwankungen
- Erdbeben
- Langanhaltende Hitzeperiode

Bewertung der Risikofaktoren

Nr.	Risiko	Eintrittswahrscheinlichkeit	Auswirkung	Folgen
1	Gelände	Sicher	Fördert Gletscherabbrüche	Schwer
2	Niederschlag	Wahrscheinlich	Kein Aufbau des Eises Durch Regen, fördert abschmelzen des Eises	Schwer
3	Temperaturschwankungen	Sicher	Gletscher kann sich nicht erholen, Abbau des Eises schreitet voran	Schwer
4	Erdbeben	Eher unwahrscheinlich	Rissbildung Instabilität Abbruch	Schwer
5	Hitzeperioden	Sicher	Schmelzen des Eis Schnellerer Abbau des Eises	Schwer

Visualisierung der Risiken

Sicher				1,3,5
Wahrscheinlich				2
Eher unwahrscheinlich				4
Unwahrscheinlich				
	Keine	Gering	Mässig	Schwer

Fazit Risikoanalyse

Die Faktoren 1,2 und 5, diese haben enormen Einfluss auf den Gletscher. Das Gelände, Hitzeperioden und extreme Temperaturschwankungen, die Folgen bei diesen 3 sind sehr schwer. Das Gefälle des Berghanges an sich wäre nicht das Problem, sondern der Einfluss des Klimawandels macht es zu einem Problem. Mit den weiteren 2 Risiken wird der Gletscherabbau und daraus die Folge eines Abbruches erhöht. Je wärmer, desto schneller schmilzt das Eis und das Schmelzwasser erwärmt weiter das Eis. Es entsteht ein Teufelskreis. Zusammen mit den Temperaturschwankungen können sich weitere Risse bilden oder ausdehnen. Diese können dann zu einem Abbruch führen des Gletschers. Der Niederschlag, vor allem in der Sommerzeit, wird durch Regen fallen. Durch den gefallenen Regen erwärmt sich das Eis und schmilzt schneller. Mit Schutzmassnahmen vor allem bei der Überwachung können wir die Folgen, das Ausmass mindern. Die Massnahmen hier dienen nur für eine Evakuierung der Bewohner. Durch den Klimawandel werden diese Risiken noch einen grösseren Einfluss besitzen als ohne. Was wir aber Wissen, mit dem Klimawandel werden diese Risiken zunehmen und unsere Gletscher werden darunter leiden.

13.3 Analyse des Bisgletschers in Randa Kanton Wallis

13.3.1 Naturgefahr

Die Naturgefahr hier ist ein Gletscherabbruch. Gletscherabbrüche entstehen, wenn sich zu grossen Rissen bilden und ihre Stabilität, Festigkeit des Eises verloren geht. Verschiedene Faktoren können diesen Prozess beschleunigen.

13.3.2 Faktor Klimawandel

Gletscherabbrüche gab es schon in den Alpen, aber nicht in dieser Anzahl und in deren Grösse, die heutzutage stattfindet. Folgende Faktoren beschleunigen diesen Prozess: Starke und langanhaltende Niederschläge in der Sommerzeit und auch in der Winterzeit. Wenn in der Winterzeit vermehrt Regen fällt als Schnee, können die Gletscher nicht mehr wachsen und können keine Schutzschicht bilden. Diese wäre für die Sommerzeit sehr bedeutsam, damit der Gletscher nicht zu schnell wegschmilzt. Zu hohe und langanhaltende Hitzeperioden sorgen in der Sommerzeit, dass der Gletscher mit einer hohen Geschwindigkeit zurückbildet. Dazu kommt das Schmelzwasser das nicht nur oberirdisch fliesst und das Eis zum Schmelzen bringt, sondern auch unterirdisch. Dieses kann sich aufstauen und von unten den Gletscher aushöhlen, bis der Gletscher nachgibt. Die Temperaturschwankungen haben auch negative Auswirkungen und verhelfen den schnelleren abschmelzen.

Das Gelände des Gletschers spielt bei diesem eine grosse Rolle, dass sich ein Teil an einem sehr steilen Berghang befindet.

Ja, der Klimawandel spielt bei einem Gletscherabbruch eine grosse Rolle.

Der Faktor Klimawandel beschleunigt ein Abschmelzen der Gletscher und die zu Abbrüchen führen können.

Daher ist es wichtig, dass wir den Klimawandel durch unsere Massnahmen schwächen können und auch müssen.

13.3.3 Schutzmassnahmen

- I. Gefahrenhinweis Informationstafel für (Tourismus)
- II. Überwachungssystem
- III. Warnsystem

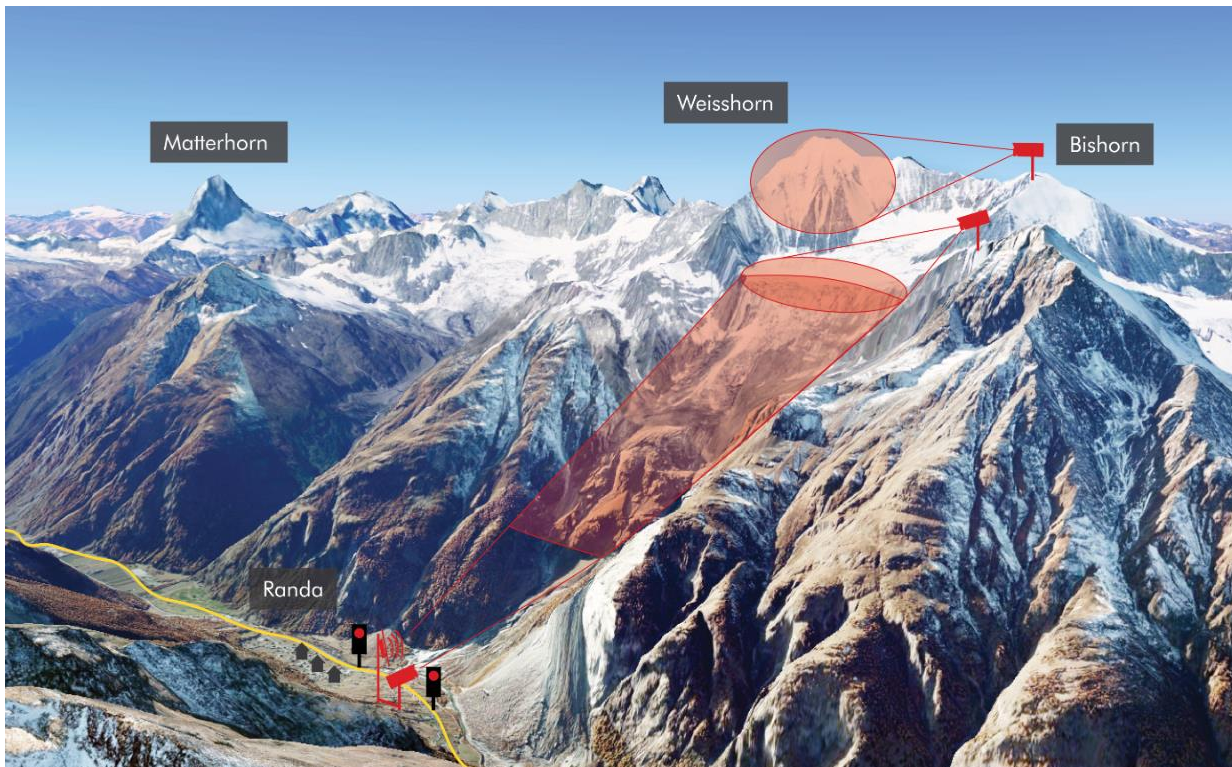


Abbildung 61 Sicherheitsmassnahmen Randa (geopraevent)



Lawinenradar	Deformationskamera
Doppelradar detektiert sich bewegende Schneemassen im ganzen Lawinenhang	<i>Automatisierte Bildanalyse basierend auf hochaufgelösten Fotoaufnahmen zur Erkennung von Deformationen</i>

Zusätzliche Massnahmen / Vorschläge / Ideen

- I. Aufforstung Schutzwald
- II. Auf fang Netze
- III. Schutzmauer/Damm vor dem Dorf
- IV. Schutzverbauungen unterhalb der Gletscherzunge
- V. Erderwärmung, Klimawandel schwächen (Klimaziele)

13.3.4 Fazit

Die Massnahmen die Randa bis heute durchgeführt haben für die Sicherheit, können nur durch eine dauernde Überwachung gewährleistet werden. Wie wir auf den Bildern gesehen haben, wird der Gletscher gut übersichtlich überwacht. Jedoch wurden keine weiteren Schutzmassnahmen durchgeführt. Warum? Die Lage, in der sich Randa befindet, ist sehr schwierig. Da das Thal schmal und von und über 4000m Berge umzingelt ist. Wieder ist es schwierig, Schutzmassnahmen für einen Gletscherabbruch aufzustellen, herzustellen. Einen 100-prozentigen Schutz gegen eine Eislawine gibt es nicht, sondern kann nur durch eine gute Überwachung erfolgen. Deswegen ist es wichtig, dass wir unser CO₂ Ausstoss verringern und das so schnell wie möglich.

Unser Primär Ziel: Die Risiken und die Folgen mindern. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen wir unseren Treibhausgasausstoss (CO₂) reduzieren!

13.4 Gesamtfazit

Die vier Ortschaften in den Alpen konnten sich gut durch Schutzmassnahmen verhelfen. Jeder dieser Orte ist von den Naturereignissen betroffen. Die einen mehr und die anderen weniger. Grundsätzlich kann man sagen, dass diese aufgelisteten Gefahren in Zukunft vermehrt auftreten. Durch die Optimalen Schutzmassnahmen, die man getroffen hat, ist man zur heutigen Zeit gut abgesichert. Man darf jedoch nicht vergessen, dass es keine 100-prozentige Sicherheit in den betroffenen Ortschaften gewährleistet werden kann. Da viele verschiedene Gegebenheiten zusammenspielen, dies erschwert die Analysen und Auswertungen. Dadurch können keine genaue Prognose vorhergesagt werden. Dies kann wiederum zu gefährlichen Situationen führen.

Meine Frage war, die ich mir anfangs dieser Arbeit gestellt habe:

Welche Auswirkung hat der Klimawandel in den Alpen?

Der Klimawandel fördert diese verschiedenen Naturereignisse in den verschiedenen Jahreszeiten. Die Ereignisse werden häufiger auftreten und die Ausmasse werden extremer. Jahrhundert oder Jahrtausendereignisse werden vermehrt auftreten, da sich unser Klima verändert. Bedeutet, langanhaltende Hitze- und Dürreperioden, stark und langanhaltende Niederschläge usw. Diese Faktoren führen eben dazu, dass die Naturereignisse in den Alpen vermehrt auftauchen und die Ausmasse extremer werden. Häufigere Murgänge, Bergstürze-Felsstürze, Lawinen usw. Gletscherabbrüche gab es noch nicht so oft, durch den Klimawandel wird sich dies ändern. Die Folgen dadurch sind katastrophal. Kostbares Trinkwasser geht verloren und die Berge werden instabiler. Die Gletscher drücken an die Berghänge, ohne diesen Druck können enorm grosse Flächen ins Rutschen kommen mit fatalen Folgen. Lawinen werden unsere Wintertage beeinflussen. Sind aber Wetterabhängig. Jeder kommende Winter kann unterschiedlich sein. Der eine wärmer mit Schneemangel und die anderen kälter und mit enormen Schneemassen. Bergstürze und Felsstürze werden in Zukunft zunehmen. Der Klimawandel setzt den Bergen zu. Diese sind ihm schutzlos ausgeliefert. Murgänge oder Hangrutsche werden auch häufiger niedergehen. Diese Gefahr wird im ganzen Alpenraum stattfinden. Mit den richtigen oder optimierten Schutzmassnahmen können wir die Folgen vermindern. Um die Risiken zu senken, müssen wir den Ausstoss des CO₂ reduzieren. **Das ist unser Primärziel!**

14 Projektabschluss

14.1 Weg zum Ziel

Zeitplan

Zu Beginn meiner Arbeit musste ich 4 Fallbeispiele auswählen, über die ich vertieft schreiben möchte. Diese 4 konnte ich schnell ausfindig machen, da jeder dieser Orte eines Naturereignisses betroffen war. Der Fehler war aber, dass ich mir zu wenig Zeit genommen habe, um diese für längere Zeit auszukundschaften. Daher waren es nur Tagestouren. Danach fing ich mit der Suche von Informationen an. Diese Zeit hatte ich etwas unterschätzt und hatte dafür etwas länger. Der kleine Fehler hier war, dass ich ohne Ablaufplan anfang zu schreiben. Dadurch verlor etwas an Zeit, konnte jedoch bis zum Schluss mit dem Soll-Wert mithalten, mit einer kleinen Verspätung.

Hauptteil

Der Hauptkern dieser Arbeit besteht aus den 4 Fallbeispielen. Diese analysiert wurden und fachlich beschrieben wurden. Welche Gefahren sie ausgesetzt sind und welche Massnahmen getroffen wurden. Zudem wurde bei allen ein Fazit gezogen, wie die aktuelle Lage aussieht. Diese wurden auch bildlich dargestellt, damit man die Auswirkungen versteht. Über den Faktor Klimawandel wurde zu jedem Beispiel die Auswirkungen erläutert und wie die Zukunft aussieht. Zum Ende wurde ein Gesamtfazit von der gesamten Arbeit gezogen, von den 4 Fallbeispielen.

Schluss

Ich bin mit meiner Arbeit und dem Ergebnis zufrieden. In diesen 6 Wochen konnte ich mich mit dem Thema vertieft befassen und vieles neues dazu erlernen. Nun ist mir umso klarer geworden, wie stark und welche gravierenden Folgen der Klimawandel besitzt. Daher sollten wir uns alle bewusst sein, dass wir alle auf dem gleichen Planeten leben.

15 Eigenständigkeitserklärung

Die Die Verfasserinnen und Verfasser bestätigen mit ihrer Unterschrift, dass die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als die angegebenen Hilfsmittel erstellt wurde.

Die aus fremden Quellen (einschliesslich elektronischer Quellen) direkt oder indirekt übernommenen Inhalte sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht vorgelegt worden.

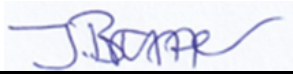
Name / Vorname

Datum/Ort:

Brunner Jan

15.10.2023/Oberbuchsiten

Unterschrift:



16 Verzeichnisse

16.1 Abbildungsverzeichnis

Titelbild (Bund-Naturschutz/Planet-Wissen/YouTube/TT)	1
Abbildung 1 Ablaufplanung (eigene Darstellung)	13
Abbildung 2 Alpen (unibas.ch)	15
Abbildung 3 Klimawandel Auswirkung (BAFU)	17
Abbildung 4 Naturgefahr Waldbrand (BAFU)	18
Abbildung 5 Naturgefahr Rutschung (BAFU)	21
Abbildung 6 Naturgefahr Hochwasser/Murgang (BAFU)	23
Abbildung 7 Naturgefahr Felssturz (BAFU)	25
Abbildung 8 Naturgefahr Lawine (BAFU)	27
Abbildung 9 Illgraben Situationsplan (BAFU)	29
Abbildung 10 Illgraben (eigene Darstellung)	31
Abbildung 11 Illgraben Richtung Susten (eigene Darstellung)	32
Abbildung 12 Gefahrenhinweis Illgraben (eigene Darstellung)	33
Abbildung 13 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)	34
Abbildung 14 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)	34
Abbildung 16 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)	35
Abbildung 15 Schutzmassnahme Illgraben (eigene Darstellung)	35
Abbildung 17 Waage Illgraben (eigene Darstellung)	35
Abbildung 18 Präferenzmatrix Illgraben (eigene Darstellung)	36
Abbildung 19 Nutzwertanalyse Illgraben (eigene Darstellung)	36
Abbildung 20 Gefahrenkarte (BAFU)	37
Abbildung 21 Gefahrenkarte (BAFU)	37
Abbildung 22 Sicherheitsmassnahme Illgraben (BAFU)	40
Abbildung 23 Bondo Situationsplan (BAFU)	42
Abbildung 24 Bergsturz Val Bondasca (gr.ch)	44
Abbildung 25 Abbruchstelle Piz Cengalo (gr.ch)	45
Abbildung 26 Schutzbauten Bondo (eigene Darstellung)	46
Abbildung 27 Schutzbauten Bondo (eigene Darstellung)	46
Abbildung 28 Schutzbauten Bondo (epazium.ch)	46
Abbildung 29 Schutzbauten Bondo (espazium.ch)	46
Abbildung 30 Modell Bondo 2.0 (grheute.ch)	47
Abbildung 31 Bergsturz Bondo / vor und nach (gr.ch)	47
Abbildung 32 Präferenzmatrix Bondo (eigene Darstellung)	48
Abbildung 33 Nutzwertanalyse Bondo (eigene Darstellung)	48
Abbildung 34 Gefahrenkarte (BAFU)	49
Abbildung 35 Gefahrenkarte (BAFU)	49
Abbildung 36 Sicherheitsmassnahmen Bondo	52
Abbildung 37 Sicherheitsmassnahmen Bondo (BAFU)	53
Abbildung 38 Bauzonen Bondo (geo.gr.ch)	54
Abbildung 39 Gefahrenkarte Hochwasser Bondo (geo.gr.ch)	55
Abbildung 40 Gefahrenkarte Fels-/Bergsturz Bondo (geo.gr.ch)	55
Abbildung 41 Schutzbauten Bondo (geo.gr.ch)	56
Abbildung 42 Situationsplan Galtür (mapcarta)	57
Abbildung 43 Wetterlage über Europa/Jahr 1999 (uwr.de)	60
Abbildung 44 Situationsplan Grieskopf (uwr.de)	61

Abbildung 45 Friedhof Gedenkstätte Lawinenunglück (Wikipedia)	62
Abbildung 46 Ausmass der Zerstörung / Jahr 1999 (walsermuseum).....	62
Abbildung 47 Schutzbauten Galtür (galtür.gv.at)	63
Abbildung 48 Schutzverbauungen Grieskopf (Wikipedia)	63
Abbildung 49 Schutzmauer unterhalb des Grieskogles (Wikipedia)	63
Abbildung 50 Präferenzmatrix Galtür (eigene Darstellung).....	64
Abbildung 51 Nutzwertanalyse Galtür (eigene Darstellung).....	64
Abbildung 52 Gefahrenkarte Galtür (hora.gv.at).....	65
Abbildung 53 Sicherheitsmassnahmen Galtür (BAFU)	69
Abbildung 54 Gletscherzunge von Randa ausgesehen (eigene Darstellung)	72
Abbildung 55 Situationsplan Bisgletscher (Map Geo Admin).....	73
Abbildung 56 Weisshorn mit Bisgletscher (raonline)	74
Abbildung 57 Nutzwertanalyse Randa (eigene Darstellung).....	75
Abbildung 58 Präferenzmatrix Randa (eigene Darstellung).....	75
Abbildung 59 Gefahrenkarte (BAFU).....	76
Abbildung 60 Gefahrenkarte (BAFU).....	76
Abbildung 61 Sicherheitsmassnahmen Randa (geopraevent)	80

16.2 Literatur- und Quellenverzeichnis

https://www.wetteronline.de/?ireq=true&pid=p_wotexte_multimedia&src=wotexte/vermarktung/snippets/gallery/2009/02/23/image_20090223_ga_640x426_adea1e7f2d8129105ea4f02819351835.jpg

https://www.wetteronline.de/?ireq=true&pid=p_wotexte_feature&src=wotexte/vermarktung/xml2html/special/avalanchewinter1999/2007/07/special-image_20070705_lw_01_400x346.jpg

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/dossiers/klimaerwarming-und-bergstuerzen.html#:~:text=Der%20Bergsturz%20von%20Bondo%20im%20Bergell%20%28GR%29%20ist,Gesteinsmaterial%20zu%20Tal%20und%20t%C3%BCrmen%20sich%20meterhoch%20auf.>

Monitoring Bisgletscher, Randa - GEOPRÆVENT AG – Elektronische Überwachung von Naturgefahren (geopraevent.ch)

Murgangtestgelände Illgraben - WSL

Vor 20 Jahren: Die Lawinenkatastrophe von Galtür (uwr.de)

Der Lawinenwinter 1999 in der Schweiz - SLF

Die Lawine von Galtür – Gemeinde Galtür (galtuer.gv.at)

Karten der Schweiz - Schweizerische Eidgenossenschaft - map.geo.admin.ch
Hochwasserschutzprojekt rund um Bondo ist gestartet – GRHeute – Die Bündner Online-Zei-
tung
wel_2_Juni 2019.indd (gr.ch)

https://edit.geo.gr.ch/theme/Basisinfo?lang=de&tree_groups=Basisinfo.Basisinfo%2CBasisinfo.Namen%2CBasisinfo.Ortschaften%2CBasisinfo.Seen%2CBasisinfo.Fluesse&tree_group_layers_Basisinfo.Basisinfo=Basisinfo.Grundstuecksnummer%2CBasisinfo.Liegenschaften&tree_group_layers_Basisinfo.Namen=&tree_group_layers_Basisinfo.Ortschaften=&tree_group_layers_Basisinfo.Seen=Basisinfo.Seen_alle%2CBasisinfo.Seen_1%2CBasisinfo.Seen_2%2CBasisinfo.Seen_3&tree_group_layers_Basisinfo.Fluesse=Basisinfo.Fluesse_alle%2CBasisinfo.Fluesse_1%2CBasisinfo.Fluesse_2%2CBasisinfo.Fluesse_3

<https://uwr.de/de/a/die-lawinenkatastrophe-von-galtuer-2>

https://de.wikipedia.org/wiki/Lawinenkatastrophe_von_Galt%C3%BCr#Die_Katastrophe

<https://galtuer.gv.at/unser-galtuer/lawine-1999/97-massnahmen-schutzdaemme>

<https://www.espazium.ch/de/aktuelles/das-bergell-bondo-und-der-cengalo>
file:///C:/Users/janbr/Downloads/%C3%9Cberwachungssysteme%20f%C3%BCr%20gravita-
tive%20Naturgefahren.pdf

<https://www.geopraevent.ch/project/monitoring-bisgletscher-randa/>

<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/naturgefahren/fachinfo-daten/BAFU%20Ueberwachungssysteme%20201222.pdf.download.pdf/%C3%9Cberwachungssysteme%20f%C3%BCr%20gravitative%20Naturgefahren.pdf>
file:///C:/Users/41796/Downloads/klimawandel_bmu.pdf

<https://www.nationalgeographic.de/umwelt/2021/09/kippen-die-alpen>

<https://www.unibas.ch/de/Aktuell/News/Uni-Research/Die-Folgen-des-Klimawandels-in-den-Alpen-sind-vom-Weltall-aus-sichtbar.html>
<https://css.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/gess/cis/center-for-securities-studies/pdfs/CSSAnalyse290-DE.pdf>

<https://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php>

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/naturgefahren/fachinformationen/naturgefahrensituation-und-raumnutzung/gefahrenprozesse.html>

<https://www.planat.ch/de/wissen/>

https://www.gr.ch/DE/institutionen/verwaltung/diem/awn/dokumentenliste_afw/SLF_G2017_20_Modellierung_Cengalo_Bergsturz_030418_A.pdf

https://www.dora.lib4ri.ch/wsl/islandora/object/wsl%3A19981/datastream/PDF/Wilhelm-2019-Bergsturz_Cengalo_und_Murg%C3%A4nge_Bondo-%28published_version%29.pdf

<https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/vaw/vaw-dam/documents/das-institut/mitteilungen/2000-2009/182.pdf>

[https://map.geo.admin.ch/?Y=622265&X=106645&zoom=7&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&time_current=latest&lang=de&topic=ech&layers=ch.swisstopo.zeitreihen,ch.bfs.gebaeude_wohnungen_register,ch.bav.haltestellen-oev,ch.swisstopo.swisstlm3d-wanderwege,ch.astra.wanderland-sperrungen_umleitungen&layers_opacity=1,1,1,0.8,0.8&layers_visibility=false,false,false,false,false&layers_timestamp=18641231,](https://map.geo.admin.ch/?Y=622265&X=106645&zoom=7&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-farbe&time_current=latest&lang=de&topic=ech&layers=ch.swisstopo.zeitreihen,ch.bfs.gebaeude_wohnungen_register,ch.bav.haltestellen-oev,ch.swisstopo.swisstlm3d-wanderwege,ch.astra.wanderland-sperrungen_umleitungen&layers_opacity=1,1,1,0.8,0.8&layers_visibility=false,false,false,false,false&layers_timestamp=18641231)

<https://www.raonline.ch/pages/edu/nat/glacier01G01g.html>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Bisgletscher>

<https://www.wsl.ch/de/ueber-die-wsl/versuchsanlagen-und-labors/naturgefahren-anlagen/murgang-anlagen/murgangtestgelaende-illgraben-susten-leuk-vs.html>

<https://www.wsl.ch/de/newsseiten/2019/02/der-lawinenwinter-1999-in-der-schweiz.html>

https://de.wikipedia.org/wiki/Lawinenkatastrophe_von_Galt%C3%BCr

Titelbilder

<https://www.bund-naturschutz.de/alpen/klimawandel>

<https://www.planet-wissen.de/natur/gebirge/alpen/bergsturz-muren-100.html>

<http://www.youtube.com/watch?v=YGuPifTftheo>

<https://www.tt.com/artikel/13368344/bergsturz-in-bondo-waren-touristen-ausreichend-gewarnt>

Quelle: Quelle: Christian Wilhelm, Gian Cla Feuerstein, Andreas Huwiler und Roderick Kühne
Amt für Wald und Naturgefahren, Kanton Graubünden, Loestr. 14/16, CH-7000 Chur
WSL-Berichte, Heft 78, 2019

Seite 41

Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Lawinenkatastrophe_von_Galt%C3%BCr

Seite 56

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bisgletscher>

Seite 68

Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Bisgletscher>

Seite 68