

KOLLAPS DER BERGE

4 DER HALT VON EIS UND SCHNEE

ALPENKLIMA

8 Zukunftsprognose: Wallis

12 Null Grad Grenze

24 Permafrost

WANDEL UND LOSLÖSUNG

28 Fragiles Gestein

34 Geologische Gefahren

42 Historische Sturzprozesse

KULTUR UND KONSEQUENZ

52 Reibung

54 Neuordnung

60 ST. NIKLAUS

64 Ökonomie der Gefahr

65 Investition in Schutzmassnahmen

66 Kosten der Schäden und des Wiederaufbaus

68 FRAGESTELLUNG

70 APPENDIX

88 INDEX

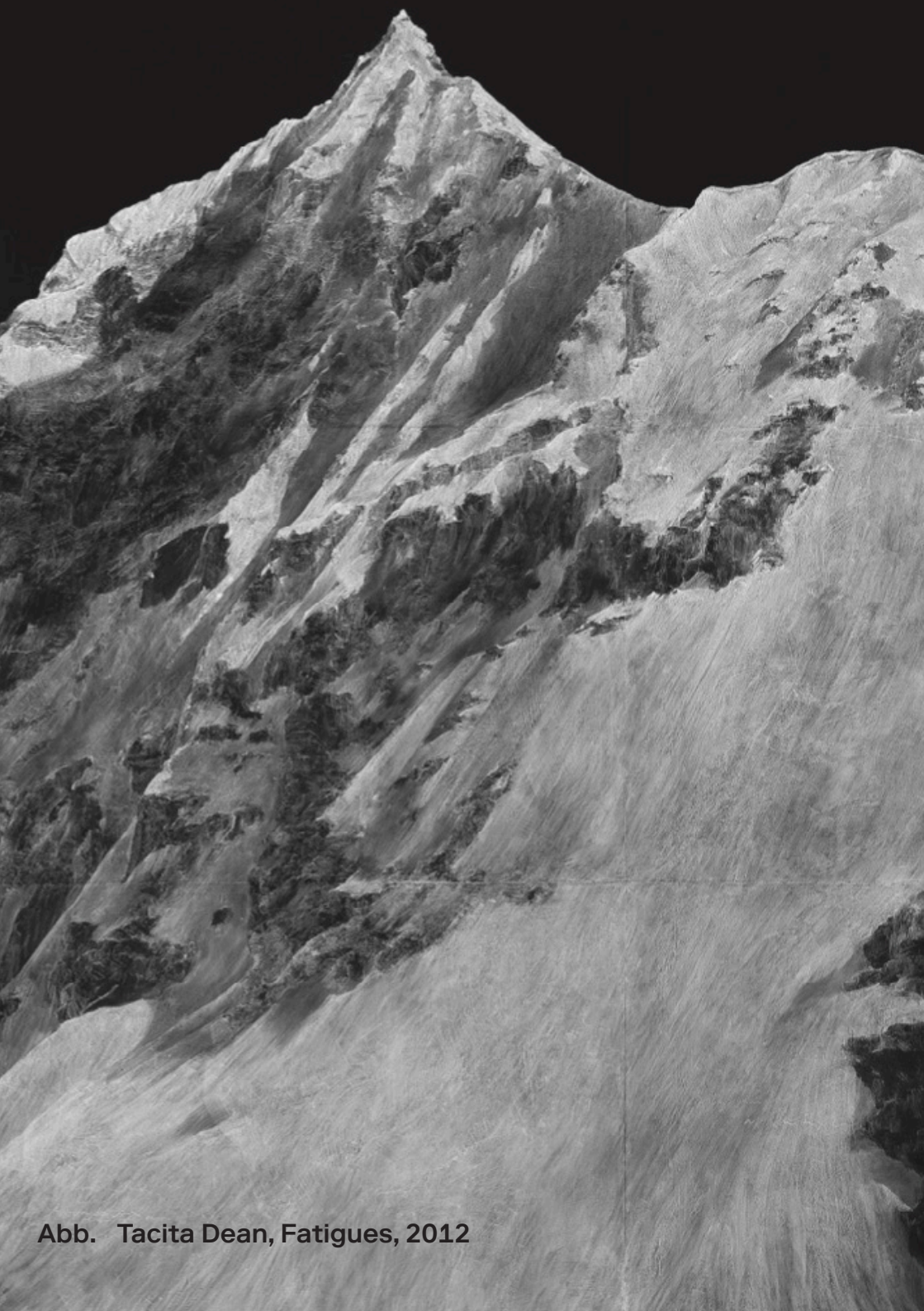


Abb. Tacita Dean, *Fatigues*, 2012



DER HALT VON EIS UND SCHNEE

Einleitung

Gefahr und Kultur sind in den Alpen unweigerlich miteinander verknüpft.

Erst mit Einzug und Entwicklung der Kultur in der Alpenregion wandelten sich die Naturphänomene zu einer Bedrohung. Sie bildet die Schnittstelle zwischen Natur und Mensch.

Der Berg, erhaben und gefürchtet zugleich – seine innere und äussere Natur wird zum führenden Narrativ und leitenden Motiv für die Frage nach der Koexistenz zwischen Naturphänomenen und Kultur.

Der Klimawandel trägt wesentlich zu den Veränderungen und dem Anstieg der Naturkatastrophen im Alpenraum bei. Die Bergwelt zeichnet sich nicht nur durch ihre Ausserordentlichkeit und Eigenständigkeit aus, sondern auch durch ihre Fragilität und Unberechenbarkeit. Auf die Trockenheit folgt Feuer und auf den Starkregen eine Flut aus Wasser und Geröll. Schnee verflüssigt sich und die Gletscher schwinden. Der Fels kommt zum Vorschein und Stein windet sich nach unten. Alle Ereignisse sind Teil eines steten Prozesses und Austausch von Natur, Kultur und Klima.

Mit den stetig steigenden Temperaturen werden die Winter in Zukunft stärker durch Regen anstelle von Schnee geprägt sein, im Sommer wiederum führen sie zu einem höheren Anteil an Verdunstung.

Die Gletscher schwinden.

Der direkte Abfluss im Winter nimmt zu und jener, bedingt durch Schneeschmelze im Frühjahr, nimmt zukünftig ab. Diese Veränderung ist besonders im Alpenraum spürbar und zeigt sich im Abschmelzen der Gletscher und dem langsamen Auftauen des Permafrost.

Der Wasserhaushalt der Schweiz verflüssigt sich.

Die Null Grad Grenze windet sich langsam nach oben und nähert sich der Spitze. Was unter Schnee und Eis verborgen lag macht sich eine neue Vegetation zu eigen. Der Schneefallgrenze auf der Spur windet sich die Baumgrenze langsam nach oben. Permafrost Schmelze und Rückzug der Gletscher entziehen dem darunter liegenden Fels seine Festigkeit.

Der Stein verliert an Halt.

Welche Rolle nehmen wir als Architektinnen in diesem Szenario ein und wie Agieren wir zwischen den Bollwerken der Ingenieurskunst und den Gewalten der Natur. Wo findet die Kultur ihren (zukünftigen) Platz? Eine Entscheidung zwischen steter Gefahr oder Rückzug. Gibt es das Dauerhafte in einer Zeit in der das vermeintlich dauerhafte, unsere Natur zu bröckeln beginnt?



Zukunftsprognose: Wallis

Schweizweit ist in den Alpen mit der stärksten Erwärmung zu rechnen, besonders wenn die globalen Treibhausmissionen weiterhin, ohne senkende Massnahmen, steigen. Die Durchschnittstemperatur im Wallis wird sich bis mittelfristig um weitere 1-5 Grad erhöhen, je nach Jahreszeit und Höhenlage.¹ Diese Schätzungen ergeben sich unter Berücksichtigung der Klimazielen und den Forschungsständen der zu erwartenden Klimaszenarien für die Zukunft.²

Risiken und Folgen ausgehend vom Klimawandel werden besonders in den alpinen Höhenlagen in der Schnittstelle der 0 Grad Grenze spürbar. Akteure dieser Grenze sind Schnee und Regen, Gletscher und Permafrost, Wald und Fels. Sie kommen sich näher, verschwinden oder überschneiden sich mitunter und haben damit einen physischen Einfluss auf die Plastizität des Berges und seine Oberfläche. In den Höhenlagen unterhalb von 1300 Meter ü.M. ist zukünftig mit einer deutlichen Abnahme von Schneefall zu rechnen. In mittleren Lagen zwischen 1000-2000 Meter ü. M. wird sich der Schnee vermehrt zu Regen wandeln. Diese Veränderung ist auch in Höhenlagen oberhalb von 2500 Meter ü. M. spürbar, durch einen vermehrten Anteil an Regen gegenüber Schnee um 10-20 Prozent. Die Anzahl der Frosttage nimmt ab und die Gletscherflächen ziehen sich zurück.³

- 1 Das Wallis angesichts des Klimawandels, Synthesepapier**
- 2 2021: Klimawandel im Kanton Wallis – Was geschah bisher und was erwartet uns in Zukunft? (Version 1.0) National Centre for Climate Services, Zürich,**
- 3 Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer, BAFU 2021**

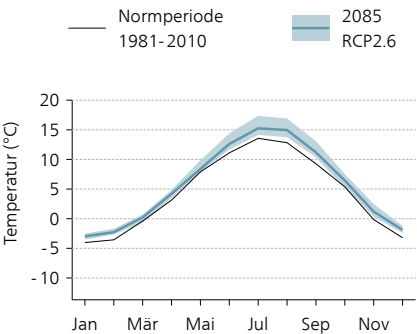
Bis Ende des Jahrhunderts dürften nach aktuellen Annahmen 2/3 der bestehenden Walliser Gletscher geschmolzen sein. Einzelne Gletscher werden aufgrund ihrer Lage und Grösse vollkommen verschwinden, von anderen werden nur noch kleine Reste übrig sein. Gegenüber dem Stand 2010 dürften die Fläche der Gletscher bis Ende des 21. Jahrhunderts um 59% bis 90% ihres Volumens verlieren.⁴

4 National Centre for Climate Services, Klimaszenarien CH2018, Technical Report;

Konsequenter Klimaschutz

Temperatur

Zermatt

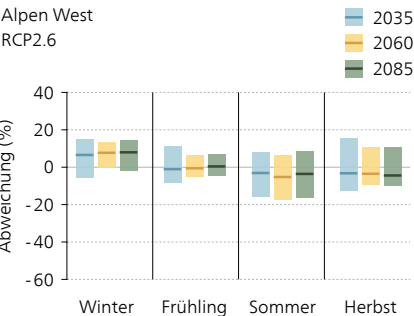


Niederschlag

Abweichung von der Normperiode 1981-2010

Alpen West

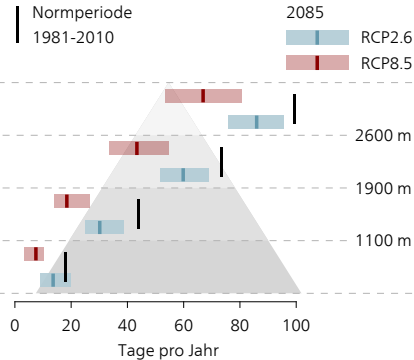
RCP2.6



Neuschneetage

Kt. Wallis

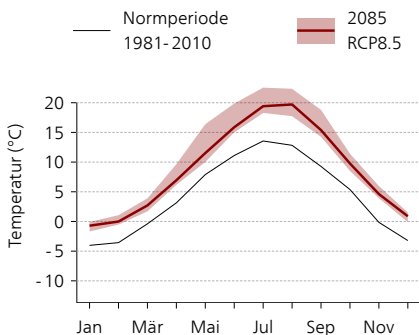
Normperiode 1981-2010



Ausbleibender Klimaschutz

Temperatur

Zermatt

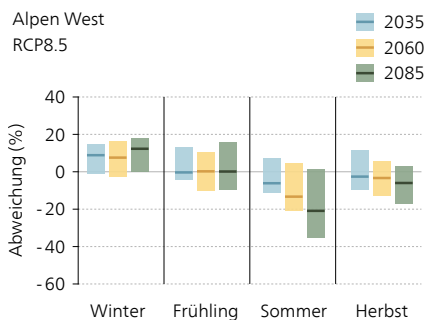


Niederschlag

Abweichung von der Normperiode 1981-2010

Alpen West

RCP8.5



Neuschneetage

Kt. Wallis

Normperiode 1981-2010

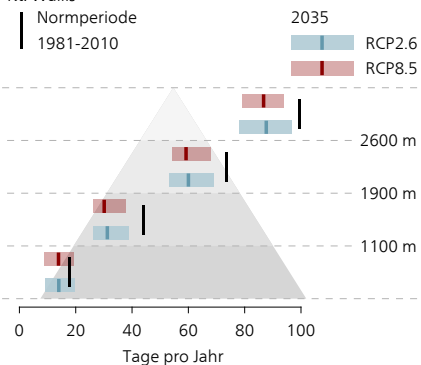
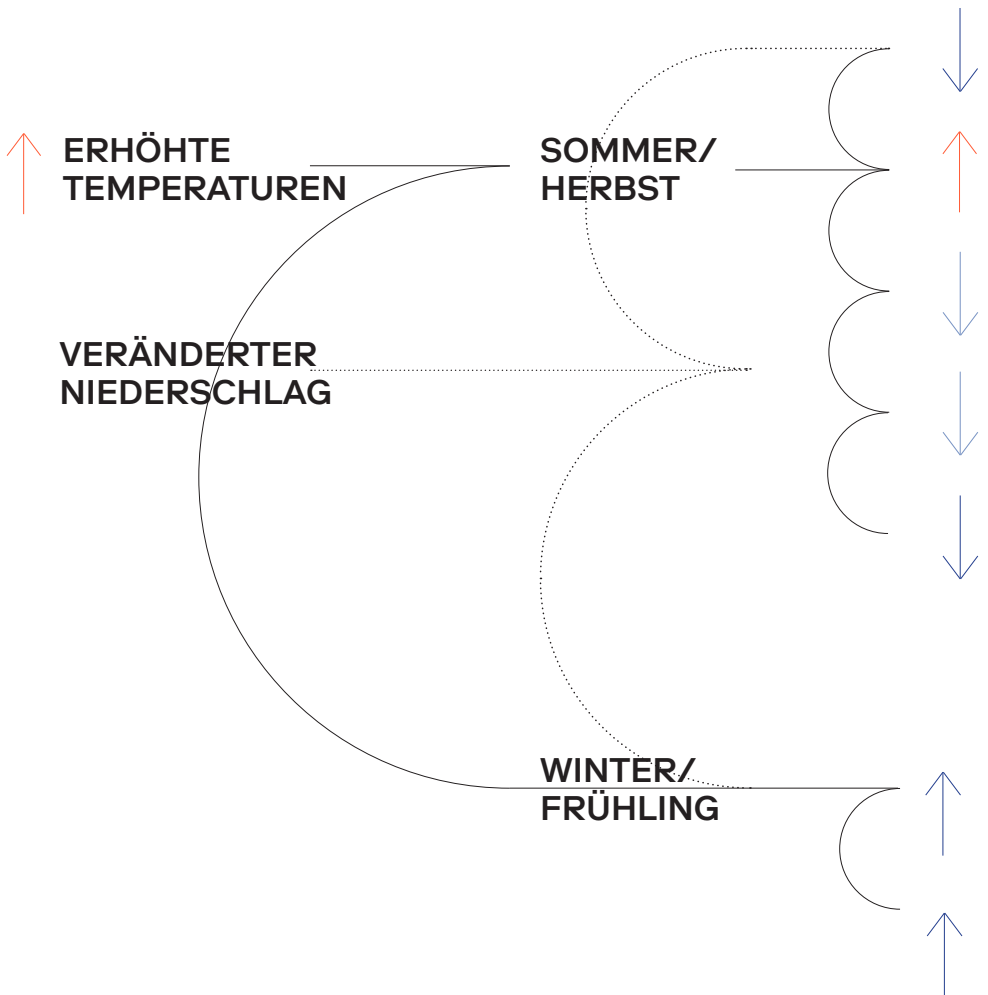


Abb. National Centre for Climate Services,
Klimaszenarien CH2018, Webatlas



Vgl. Abgeleitet aus: Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer, BAFU 2021

**ABNAHME
SOMMERNIEDERSCHLÄGE**

ERHÖHTE EVAPORATION

**ABNAHME
GLETSCHERSCHMELZE**

**ABNAHME
SCHNEESCHMELZE**

**ABNAHME
DER BODENFEUCHTE**

**ERHÖHTE
WINTERNIEDERSCHLÄGE**

ERHÖHTER ABFLUSS



**NIEDRIGWASSER-
PERIODEN**



**RÜCKLÄUFIGER
SOMMER-
ABFLUSS**



**VERMEHRT
REGEN/
SCHNEERÜCKGANG**

Null Grad Grenze

Destabilisierung des Alpenraums

**«Mit dem Klimawandel verändern sich
in den Gebirgsräumen Grenzen: Nullgradgrenze,
Schneegrenze, Gleichgewichtslinien bei Gletschern,
Untergrenze des Permafrosts, Beginn und Ende der
Skisaison, Grenzen der Gefahrengebiete.»⁵**

**5 Rolf Weingartner, «Die alpine Landschaft im Wandel», in:
Fest, Flüssig, Biotisch: Alpine Landschaften im Wandel,
Zürich 2021, S.100**



Abb. Sophie Taeuber Arp, 1934

Die Verschiebung der Null Grad Grenze hat einen wesentlichen Einfluss auf die Naturprozesse des Alpenraums. Ein Temperaturanstieg von 1°C hat eine Verschiebung von 150-200 Meter ü. M. zur Folge.⁶ Ein Anstieg der Temperatur um die 5°C würde im Extremfall demnach eine Verschiebung der Null Grad Grenze von bis zu 1000 Metern bedeuten. Beobachtungen und Datenanalysen der letzten 50 Jahre verzeichneten einen Anstieg von 100m pro Jahrzehnt. Der Temperaturanstieg hat einen relevanten Einfluss auf die Permafrost Gebiete in Höhenlagen um die 2400-2700 Meter ü. M. Mit dem Schmelzen des Untergrundes verlieren Fels, Schutthalden und Moränen in den Hochalpinen gebieten an Stabilität. Folgen sind u. A. Steinschläge, Felsstürze und Murgänge.

Das Schmelzen des Permafrostes und das Auftauen der Gletscher wird Geröll- und Schuttflächen freilegen, die, in der Überschneidung mit Regenfällen in gleicher Höhenlage, drohen ins Tal gespült zu werden.

Für den Winter prognostiziert man derzeit bis Mitte dieses Jahrhunderts eine Verschiebung der Null Grad Grenze von heute 850 Meter auf bis zu knapp 1500 Meter über dem Meer.⁷ Mit dem Anstieg wächst auch das Einzugsgebiet der Regenfälle. Die Niederschläge tragen direkt zu den Hochwasserabflüssen bei und werden nicht mehr als Schnee zwischengespeichert. Die daraufhin fehlenden Wasserabflüsse im Frühjahr führen zu erhöhter Trockenheit und Wasserknappheit in den Sommermonaten.

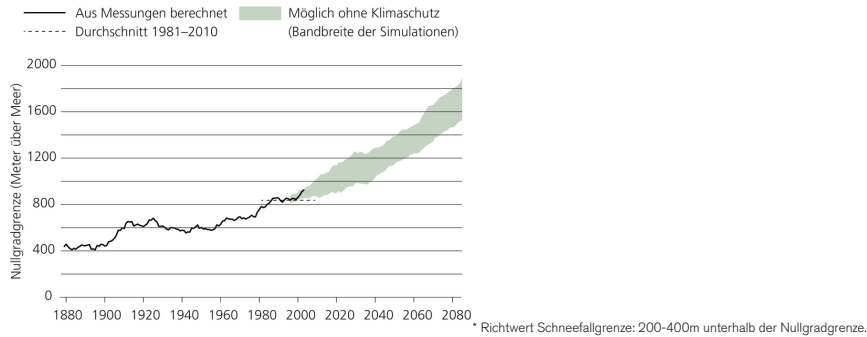
- 6 2021: Klimawandel im Kanton Wallis – Was geschah bisher und was erwartet uns in Zukunft? (Version 1.0) National Centre for Climate Services, Zürich, Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer, BAFU 2021
- 7 Das Wallis angesichts des Klimawandels, Synthesepapier

Es treffen zwei Naturgewalten aufeinander, Stein und Wasser, die abseits der rein geologischen Gefahr wie Bergsturz, Felssturz und Steinschlag, die in ihrer Symbiose eine weitere Gefahr in Form von Murgängen nach sich ziehen.

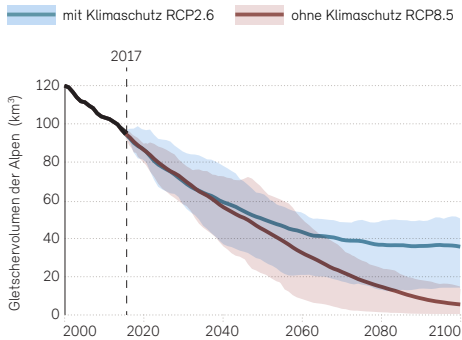
Mit dem Verschwinden von Schnee und Gletscher wird die Bergoberfläche zukünftig vermehrt von Grautönen geprägt sein. Das dadurch entstehende Bild rückt die Bedrohlichkeit des Berges wieder in den Vordergrund. Nicht nur visuell, sondern auch spürbar.⁸

8 Rolf Weingartner, «Die alpine Landschaft im Wandel», in: Fest, Flüssig, Biotisch: Alpine Landschaften im Wandel, Zürich 2021

Nullgradgrenze im Winter



Gletscherrückgang



Schneewassermenge

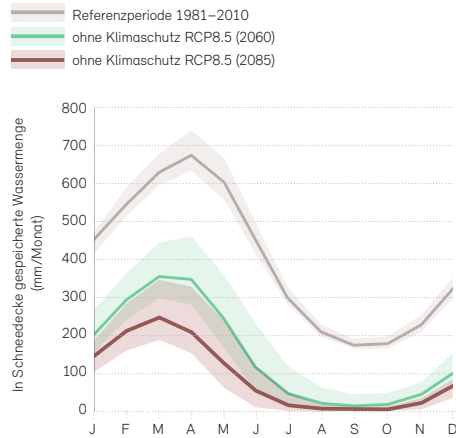
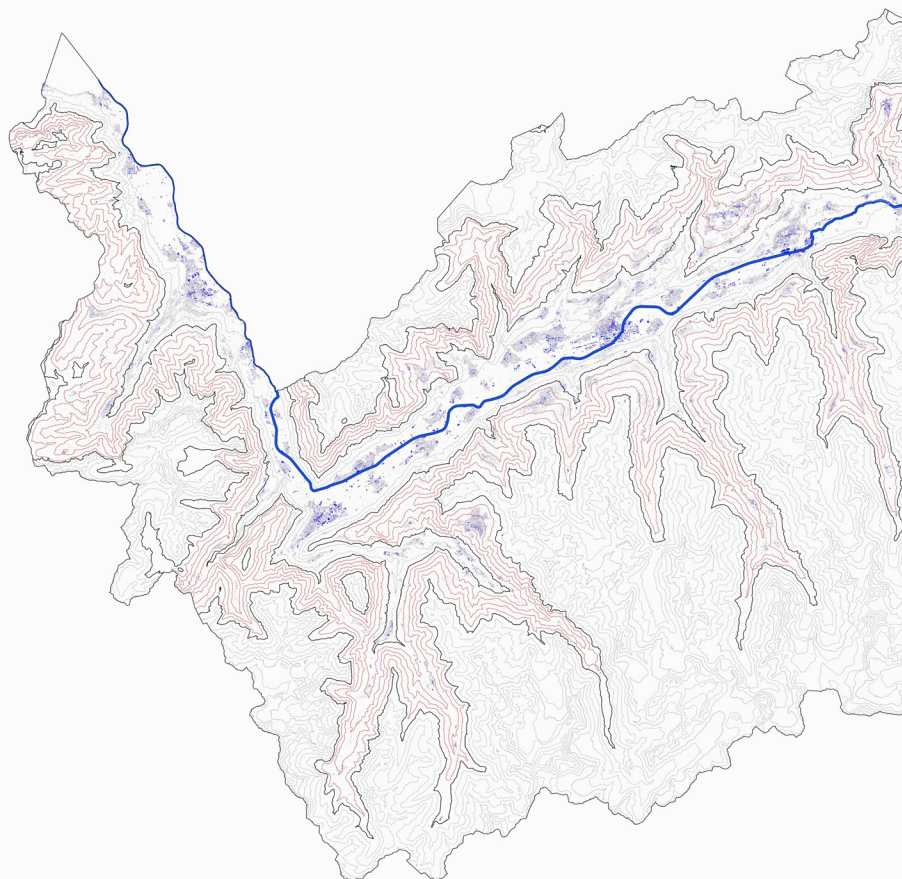
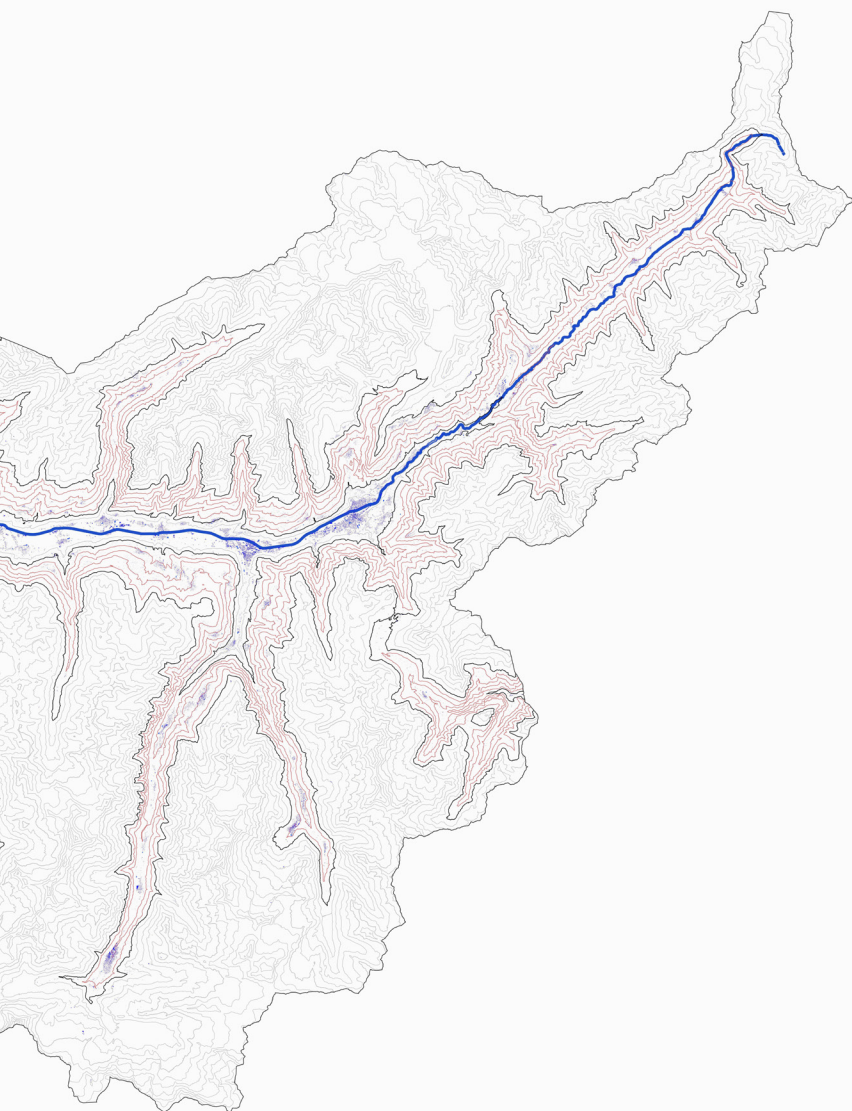


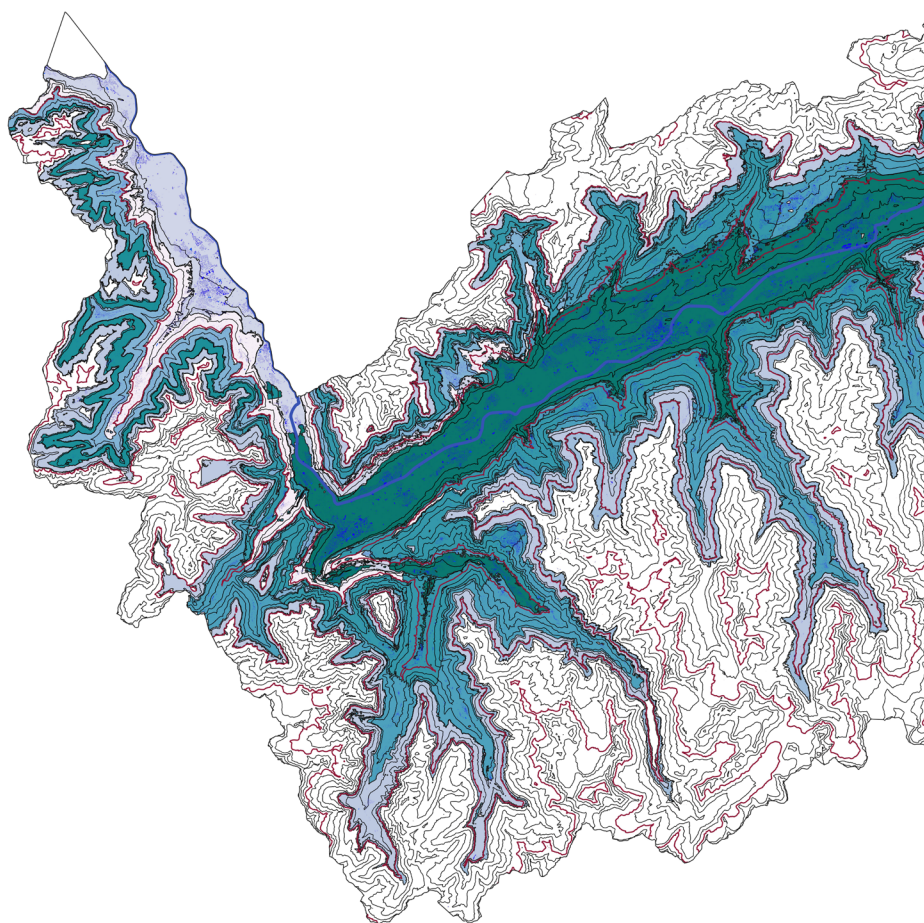
Abbildung 5.1 | Mittlere Änderung der in der Schneedecke gespeicherten Wassermenge ohne Klimaschutz bis Ende Jahrhundert für Höhenlagen über 1500 m ü. M.

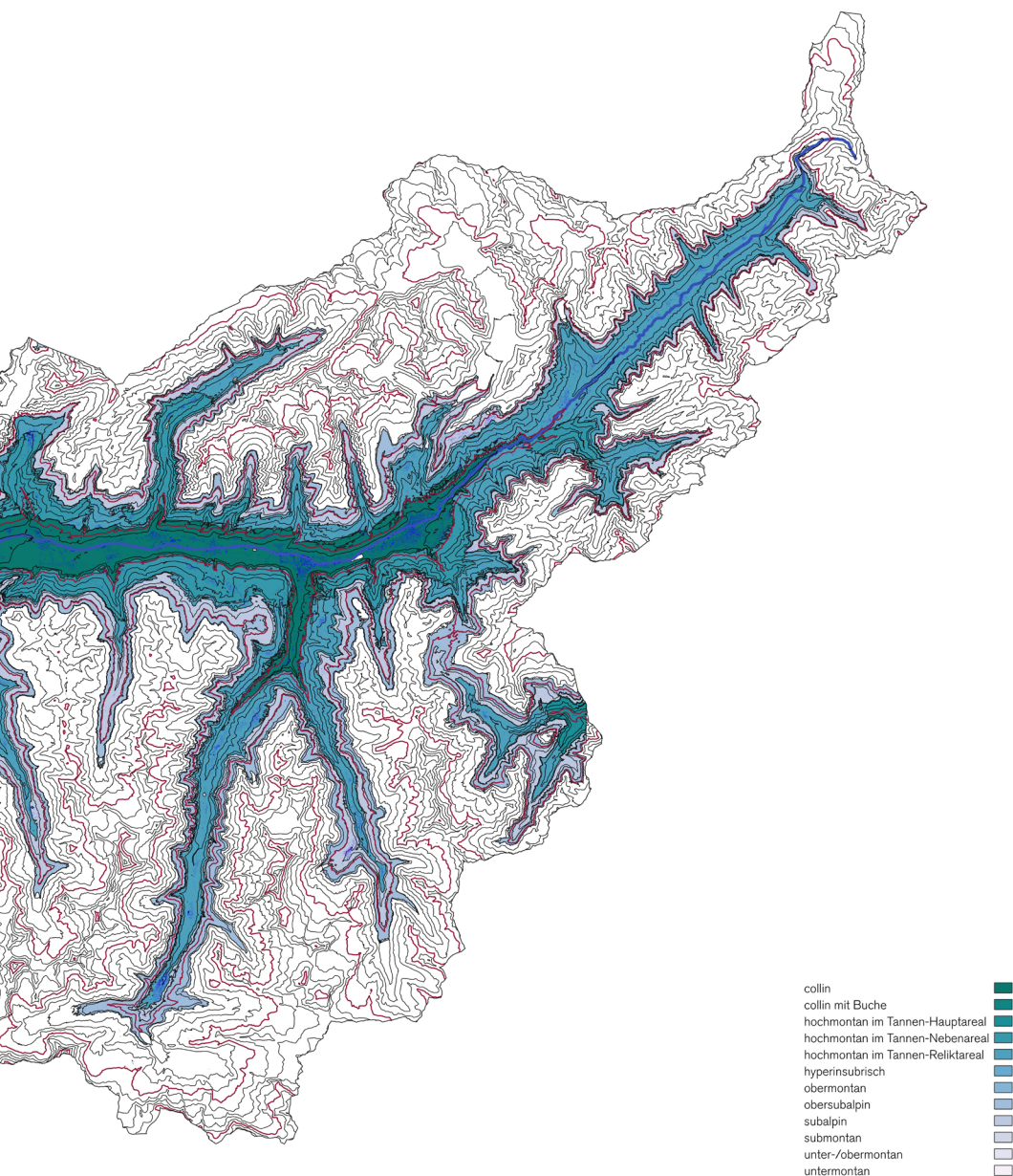
Der Anteil des als Schnee zwischengespeicherten Wassers nimmt in allen Jahreszeiten bis zum Ende des 21. Jahrhunderts ab. Die Veränderungen bei einem Szenario ohne Klimaschutz (RCP8.5) gegenüber der Referenzperiode (1981–2010) zeigen, dass auch in höheren Lagen Ende Sommer nur noch wenig Wasser im Schnee gespeichert wird. Fehlender Schnee bedeutet auch geringerer Abfluss durch Schneeschmelze. Zudem steht auch weniger Schnee für die Nahrung von Gletschern zur Verfügung.

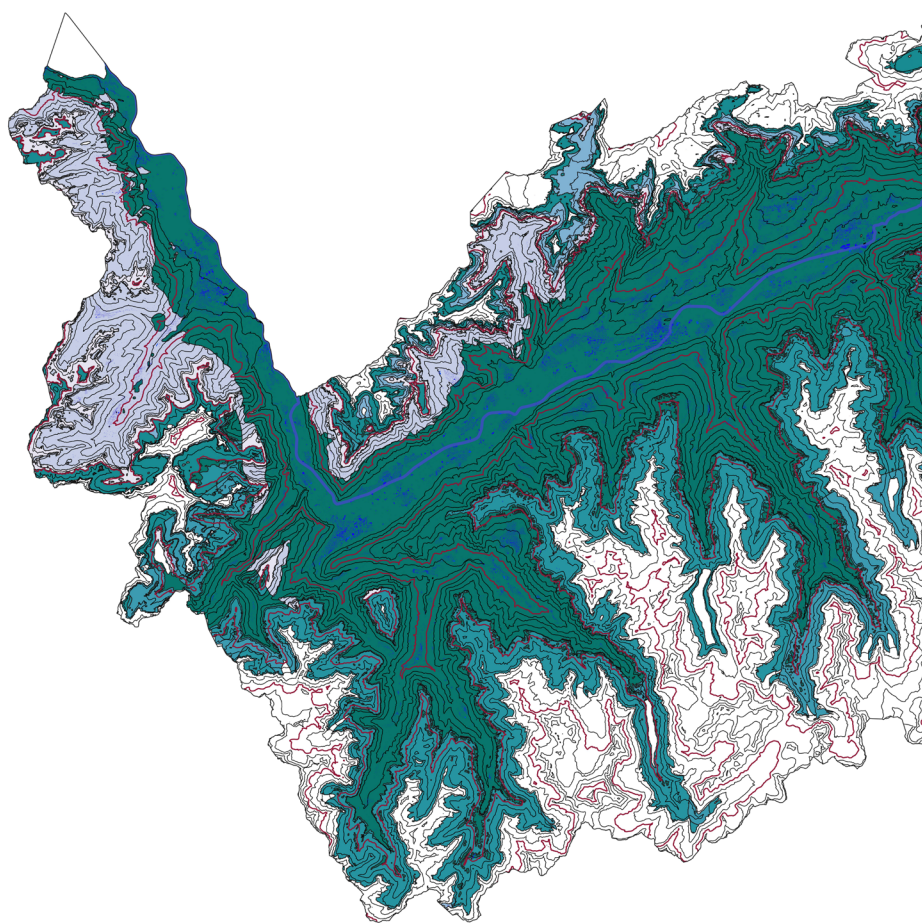
Abb. 2021: Klimawandel im Kanton Wallis – Was geschah bisher und was erwartet uns in Zukunft? (Version 1.0)
National Centre for Climate Services, Zürich,
Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer, BAFU 2021

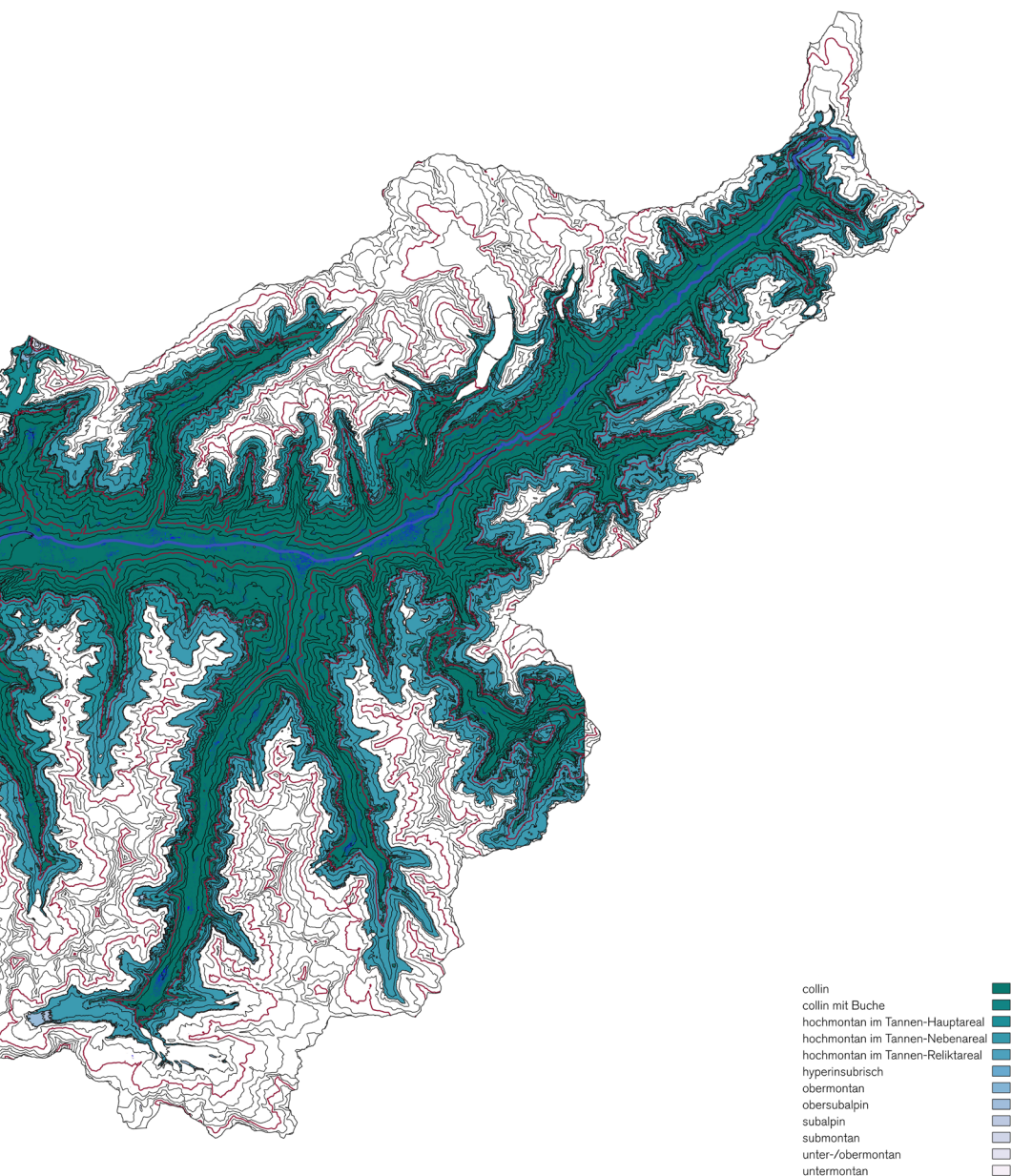












Permafrost

Permafrost bezeichnet dauerhaft gefrorene Boden aus Fels, Schutt und Moräne, mehrere Meter unter der Oberfläche. Sein Aufkommen beginnt in Höhenlagen ab 2400 Metern ü. M. und seine Ausdehnung umfasst etwa 5% der Landesfläche der Schweiz (vgl. Gletscher 2.5%). Geschützt unter einer mehreren Meter tiefen Auftauschicht, steht die Temperatur des Permafrostes in einem direktem Austausch mit der Bodenschicht an der Oberfläche. Diese Auftauschicht weist im jahreszeitlichen Wechsel positive und negative Temperaturen auf, während die des Permafrostes während mindestens einen Jahres unter 0°C bleibt.

„Für den Permafrost ist nicht in erster Linie die Lufttemperatur, sondern die Temperatur an der Bodenoberfläche entscheidend. Diese wird stark von der Sonneneinstrahlung und der Mächtigkeit und Dauer der Schneebedeckung beeinflusst.“⁹

Seit dem regelmässigen Monitoring von Permafrost innerhalb der letzten 20 Jahre liess sich in einer Tiefe von 10 Meter eine Erwärmung des Permafrostes von rund 0.4°C pro Jahrzehnt feststellen.

Gleichzeitig ist in der Auftauschicht ein Temperaturanstieg von 0.8°C während der Sommermonate beobachtet werden. Der Einfluss der Klimaveränderungen und der Temperaturanstieg innerhalb der letzten 100 Jahre hat sich auch auf die Höhenlagen der Alpen ausgewirkt und die Permafrost Grenze ist um 150-200 Meter weiter nach oben gewandert. Es ist anzunehmen, dass sich diese Grenze im Laufe des Jahrhunderts um weitere 200 bis 750 Meter nach oben verschieben wird.¹⁰

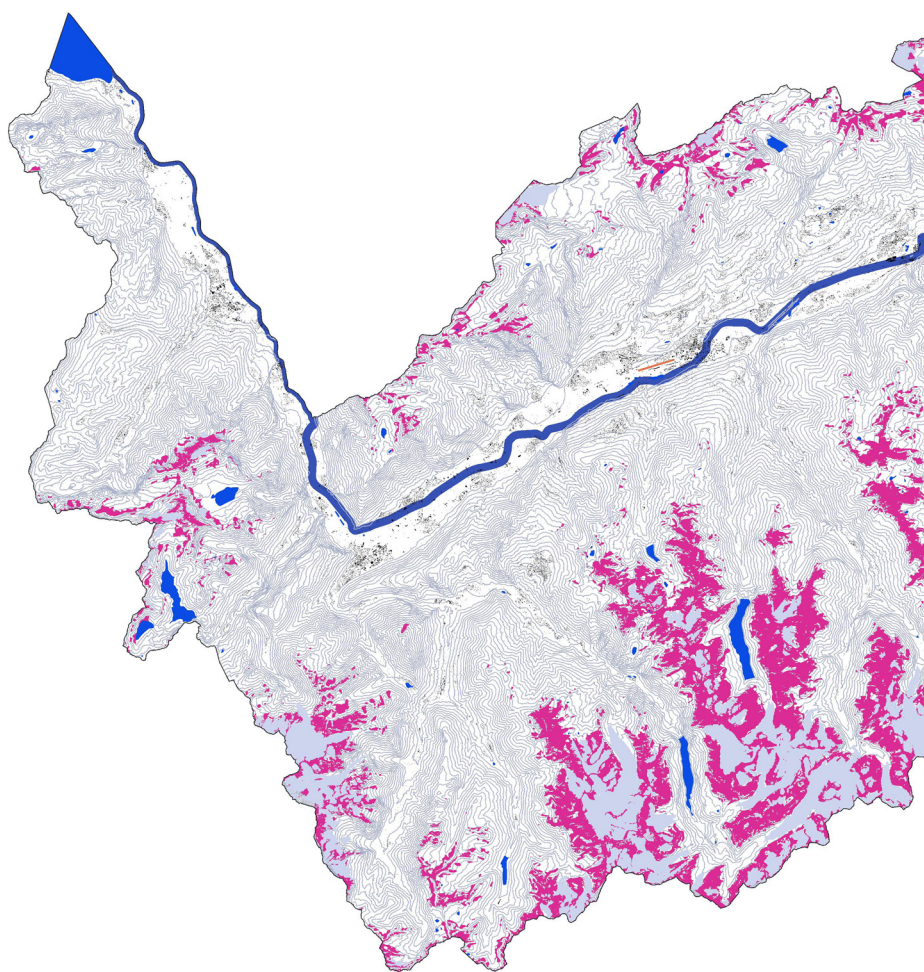
9 Das Wallis angesichts des Klimawandels, Synthesepapier

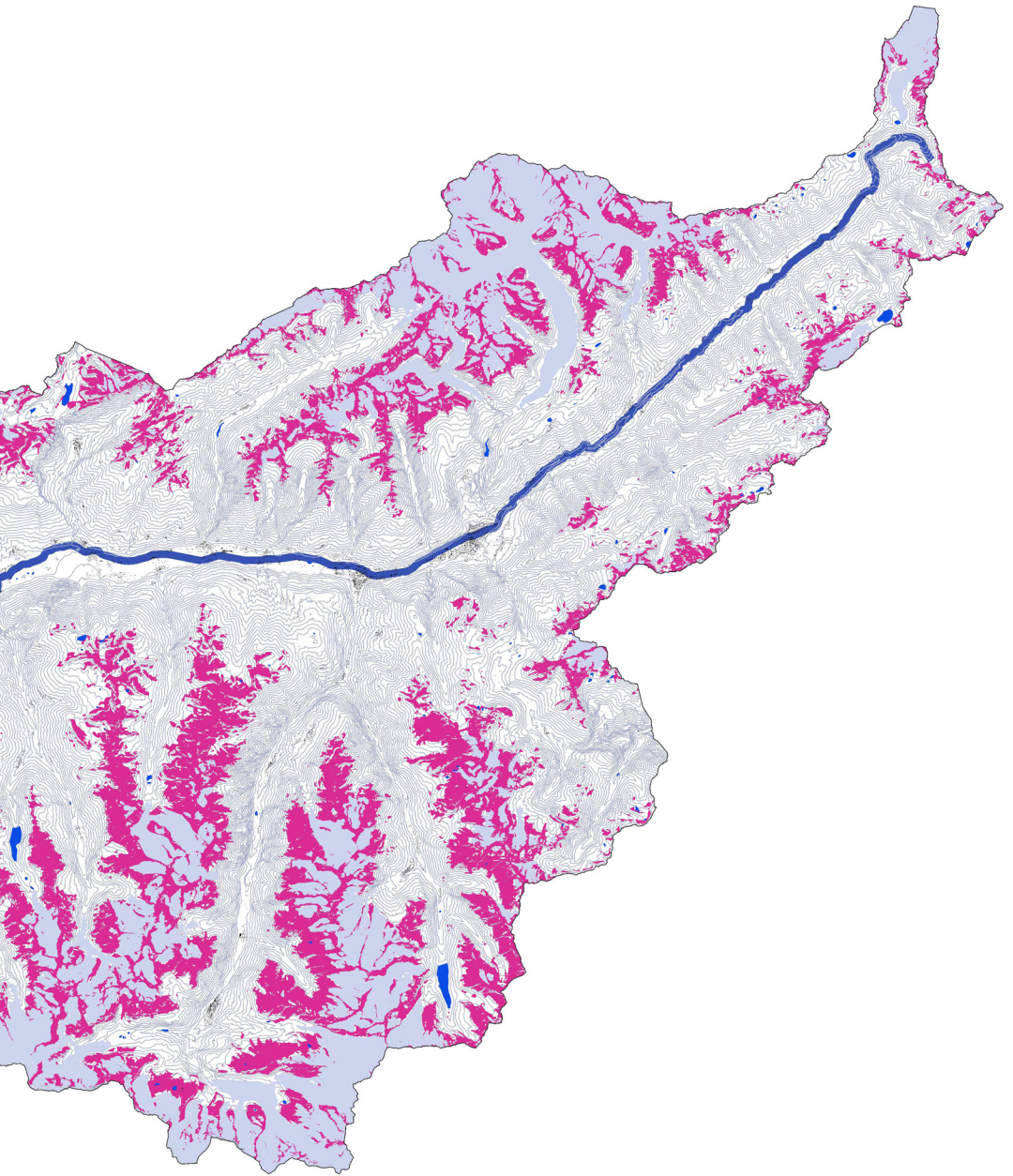
10 <https://www.slf.ch/de/permafrost.html>

„Bis zum Ende des 21. Jahrhunderts könnte der Gebirgspermafrost in der Schweiz in eisreichem Untergrund bis in eine Tiefe von etwa 10 m und im steilen Fels oberhalb von 3500 m ü. M. verschwunden sein. In steilen und sehr hoch gelegenen Felsgipfeln degradiert der Permafrost am schnellsten, da nur wenig Eis im Untergrund vorhanden ist und die Wärme von mehreren Seiten in den Boden eindringen kann.“¹¹

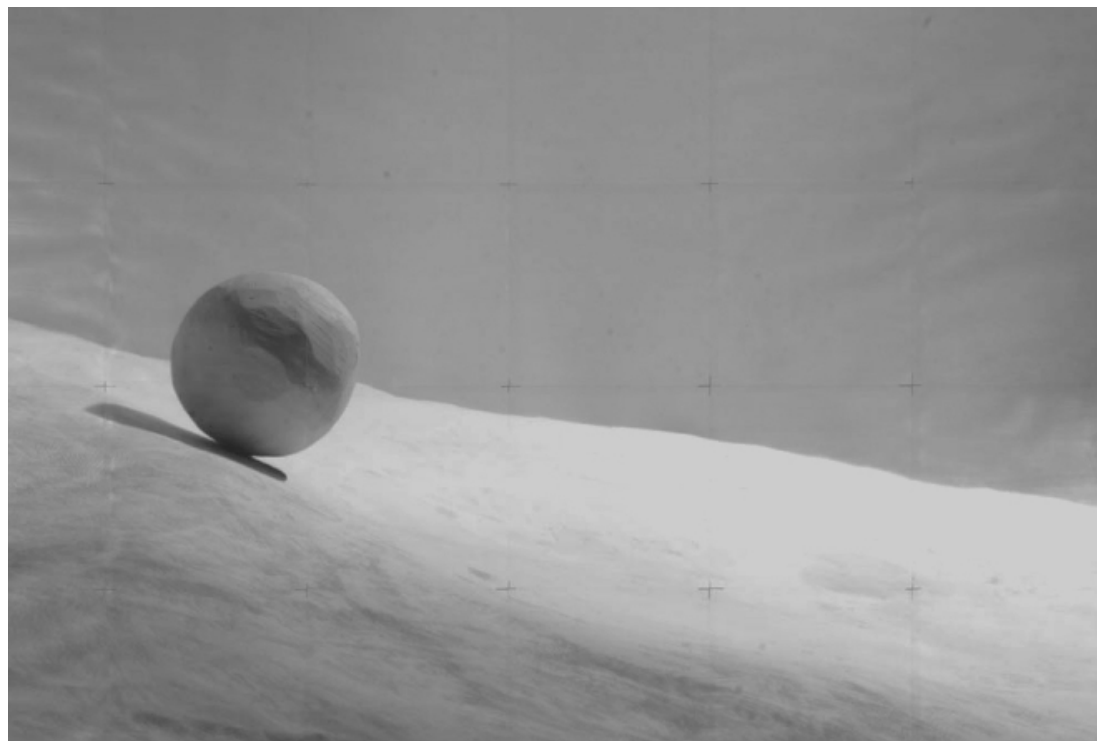
Abhängig von den Einflussfaktoren der Untergrundtemperatur. Sprich, die Exposition eines Gebiets, seine Topografie und Hydrologie und der Schneebedeckung des Gesteins.

- 11 Noetzli, J. and Phillips, M. 2019. Mountain permafrost hydrology. Hydro-CH2018 Project. Comissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN), Ber Noetzli, J. and Phillips, M. 2019. Mountain permafrost hydrology. Hydro-CH2018 Project. Comissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN), Bern**









Fragiles Gestein

Die Form und Oberfläche des Hochgebirges ist stark durch das Vorkommen von Permafrost geprägt.

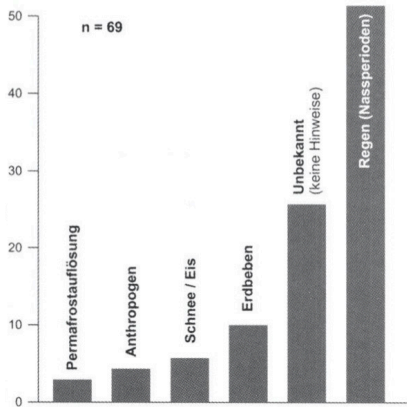
Blockgletscher, Eiskügel und Hanggletscher bestehen durch diese Festigkeit gefrorenen Gesteins unterhalb der Oberfläche. Gletscher und Permafrost erweisen sich einen gegenseitigen Dienst. Während die Gletscheroberfläche für eine Stabilität der Temperatur sorgt, hält der Permafrost das darunterliegende Gestein zusammen.¹²

In der Analyse der Instabilität und Loslösung von Gestein lassen sich verschiedene Ursachen benennen. Es spielen sowohl die geologische Disposition als auch die lithologischen Eigenschaften einer jeden Gesteinsart eine Rolle. Diese beschreiben die Art des Felsens, dessen Beschaffenheit, Schichtaufbau und Schichtneigung. Neben der geologischen Disposition ist auch die tektonische Vorkonditionierung eine wichtige Rolle. Faktoren, die bei der langsam fortschreitenden Destabilisierung der Berge zum Tragen kommen haben eine indirekte Wirkkraft und sind auf verschiedene Einflüsse in Raum und Zeit zurückzuführen. Entscheidend für einen instabilen Felsverband bis zur Loslösung sind der geologische Zeitraum der Schwächung bzw. Entfestigung des Gebirges.

Nur allmählich entsteht ein stark „zerrütteter“ Berg.

Das Klima und einzelne Wetterereignisse wirken sowohl progressiv als auch akut auf die tektonische und geologische Disposition des Berges ein. Relevant sind dabei, Temperaturen, Niederschlagsmenge und -intensität, die Schneemenge und das Gletschervorkommen.

Jahreszeitliche Verteilung der historischen Bergstürze (%)



Auslösungsfaktoren der historischen Bergstürze (%)

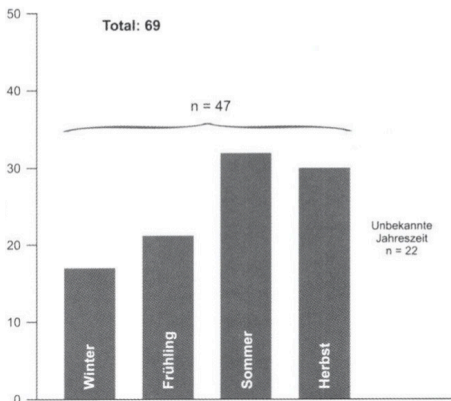


Abb. Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren,
Professur für forstliches Ingenieurwesen
ETH Zürich, 2007 (nach Popescu 2002)

Verwitterungs- und Erosionsprozesse bedingt durch Niederschlag, Schnee- und Gletscherschmelze, sowie die allmähliche Hangentlastung durch das Schmelzen des Permafrostes und der Rückgang der Gletscher tragen dazu bei, dass einerseits die Bergflanken immer steiler werden und andererseits die Schwerkraft der Felsmasse stärker zum Tragen kommt.¹³

Der Stein rollt ins Tal.

Durch den Rückgang der Gletscher und das Schmelzen des Permafrost verliert der Berg seinen Mörtel.

Die Zunahme des Wassereinflusses durch Schneeschmelze und erhöhten Regenvorkommen in Hochalpinen Lagen führt mitunter zu einer langsam fortschreitenden Erhöhung des Kluft- und Bergwasserdrucks und provoziert schliesslich eine Loslösung des Gesteins.¹⁴

13 20181000_AGN_Bergsturz_GrunetEtAl.pdf

14 Uli Gruener, Klimatische und meteorologische Einflüsse auf Sturzprozesse, 2006

Veränderung des Sicherheitsfaktors vs. Zeit in einem fiktiven Beispiel einer grossen Felsinstabilität

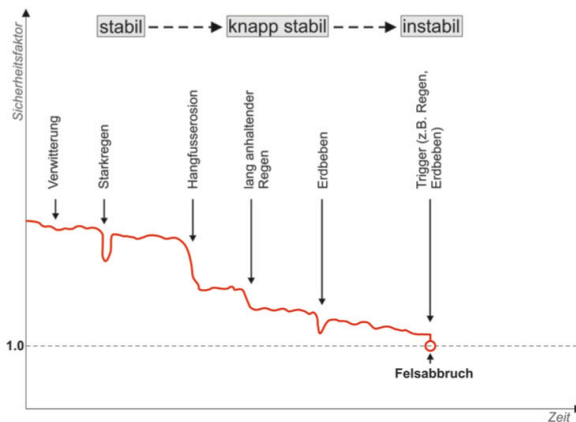


Abb. Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren,
 Professur für forstliches Ingenieurwesen
 ETH Zürich, 2007 (nach Popescu 2002)



Geologische Gefahren

Aufgrund ihrer geologischen und tektonischen Disposition sind Sturzprozesse in den Alpen allgegenwärtig. Mit der fortschreitenden Veränderung der klimatischen Verhältnisse verschiebt sich diese Allgegenwart in eine neue Größenordnung und ist neu zu beurteilen.

In ihrer Art und Masse lassen sie sich in verschiedene Typen unterteilen. Prozesse die lediglich Einzelkomponenten von mehreren Kubikmetern betreffen werden als Stein- und Blockschlag definiert. Formen sich diese Einzelkomponenten zu einer Masse von über 100 Kubikmeter werden sie allgemein als Felssturz bezeichnet. Bergstürze umfassen in ihrer Masse ein Volumen von mehr als 1 Millionen Kubikmeter. Sie gelten als die gewaltigste Kraft der Berge und sind in Ihrer Masse mit technischen Schutzmassnahmen kaum mehr zu beherrschen.¹⁵

Besonders in der Erforschung und Beobachtung von Steinschlägen und Felsstürzen lässt sich eine Verknüpfung zu den Veränderungen des Klimas und seinen Auswirkungen feststellen. Mit zunehmendem Gletscherrückgang und dem Auftauen des Permafrostes wird sich Ihre Aktivität und Häufigkeit mit aller Wahrscheinlichkeit deutlich erhöhen.¹⁶

15 Gerber-2017-Bergstürze,_Steinschläge_und_andere_Sturzereignisse-(published_version).pdf

16 20181000_AGN_Bergsturz_GrunetEtAl.pdf;
PLANAT_2008_-_Teil_C__Sturzprozesse

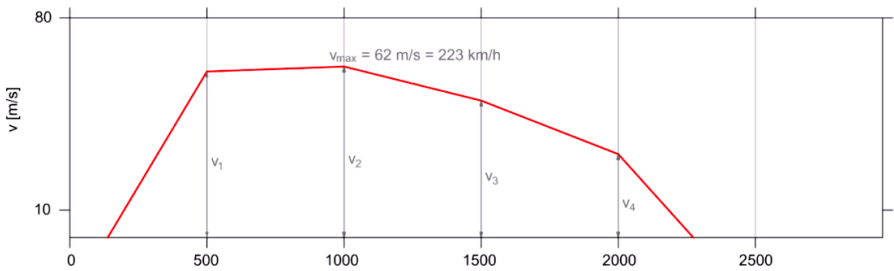


Abb. Berechnung des Geschwindigkeitverlaufs mit Hilfe des Pauschalgefälles: Alexander Preh, Felsstürze – Sturzprozess, TU Wien, Institut für Geotechnik, Forschungsbereich für Ingenieurgeologie, 2018

Aktuelle Forschungsständen deuten darauf hin, das Permafrost vor allem Gesteinsmassen bis zu einem Volumen von bis zu 100'000 m³ frei setzt. Einen Zusammenhang mit Grossereignissen in Form von Bergstürzen lässt sich (noch) nicht ausmachen, was darauf zurückzuführen ist, das Permafrost möglicherweise nicht genügend weit in das Berginnere reicht und so keine grösseren Instabilitäten, die über einen Felssturz hinaus gehen, verursachen kann.¹⁷

Neben einer erhöhten Gefahr für Steinschläge und Felsstürze stellt das Auftauen der Schuttmassen und das schwinden der schützenden Gletscherschicht auch neues Material für Murgänge zur Verfügung.

Neben dieser neuen Verfügbarkeit von Feststoffen hängt die Murgangaktivität im Wesentlichen von Niederschlagsmustern ab. Deren zukünftige Häufigkeit und das jahreszeitliche Auftreten von Starkniederschlägen kann nicht eindeutig bestimmt werden.

Es ist aber anzunehmen, dass der steigende Wechsel von Niederschlag in Form von Regen anstelle von Schnee, besonders in den Höhenlage für vermehrte Murgänge sorgen wird.¹⁸

17 <https://www.slf.ch/de/permafrost/permafrost-und-naturgefahren.html>

18 Das Wallis angesichts des Klimawandels, Synthesepapier

Die Ursachen der Bergstürze.

Die allgemeinen Ursachen der Bergstürze haben wir schon auf den ersten Seiten dieser Schrift dargetan. Es gilt nun aber, einige Gesichtspunkte noch etwas schärfer zu fassen. Als Ursachen der Bergstürze können wir angeben:

1. Existenz von Gebirgen mit Gehängen. Ur-Ursache davon ist die Stauung in der Erdrinde, die Tektonik des Gebirgsbaues, die vulkanische Tätigkeit.

2. Das Fortschreiten in der Umformung durch: Unterschneiden, Belasten und Verwitterung (Lookerungszustand der Gesteine), fortwährend neu abdeckende Vorgänge, Denudation.

3. Fortgang in den gebirgsbildenden Bewegungen der Erdrinde.

Beim Absturz handelt es sich um eine Gleichgewichtsfrage zwischen Gewicht einerseits und Reibung (inklusive Adhäsion und Kohäsion) anderseits.

Ein Gleichgewicht kann niemals dauernd erreicht werden, weil, so lange noch Gefälle existiert, manche Faktoren in diesem Gleichgewicht ständige Veränderungen erleiden. So:

Das Flussgefälle durch Einschneiden (Vertiefen)

Die mögliche Seitenhöschung durch Verwitterung

Die innere Reibung und die Reibung auf der Unterlage durch Wechsel von Nässe oder Trockenheit. Dazu kommen noch neben-sächlichere, geringere Gleichgewichtsstörer wie Belastung oder Abtrag, Wärme oder Frost, Bewachsung oder Kahlschlag etc.

Als Schuld am Niedergang eines Bergsturzes sind zu unterscheiden: Ursache und Auslösung. Eine Auslösung allein genügt nicht, es muss eine viel mächtigere Ursache vorangehen. Sehr häufig übersieht man die Ursachen oder lässt sie in der Besprechung als selbstverständlich unerwähnt, während man die Auslösung überschätzt und allein beschuldigt — oft zu vollem Unrecht. Die Ursache hat bei grösseren Bergstürzen oft nicht nur Wochen, sondern noch viel länger gearbeitet, um den Bergsturz vorzubereiten; ihre Bedingungen waren zum Teil dem Berge angeboren. Die Auslösung aus den letzten Hemmnissen ist ein Kind des Augenblickes, das man erst kurze Zeit vor der Katastrophe an der Arbeit findet. Praktisch kann man sagen, dass die Ursache das Ereignis fordert und seine Zeit im grossen ganzen bestimmt. Die Auslösung dagegen bestimmt, innerhalb vielleicht eines Jahrzehntes oder einer Jahreszeit, nur den Tag. Und wenn der Bergsturz innerhalb der betreffenden Jahreszeit doch nicht erfolgt, so wartet er eben nur noch auf die nächste Veranlassung zur Auslösung, die nicht ausbleiben kann. Die Auslösung regiert also nicht das Geschehen eines Bergsturzes, das besorgt die Ursache, die Auslösung entscheidet nur den Tag innerhalb eines kleineren Zeitraumes.

Man kann das Verhältnis von Ursache und Auslösung auch so ansehen: Die Ursache ist oft eine durch lange Zeit angehäuften Wirkung der gleichen kleineren Ursachen, welche zuletzt als Auslösung eingreifen können. Erreichen sie noch keinen Absturz, so sind sie

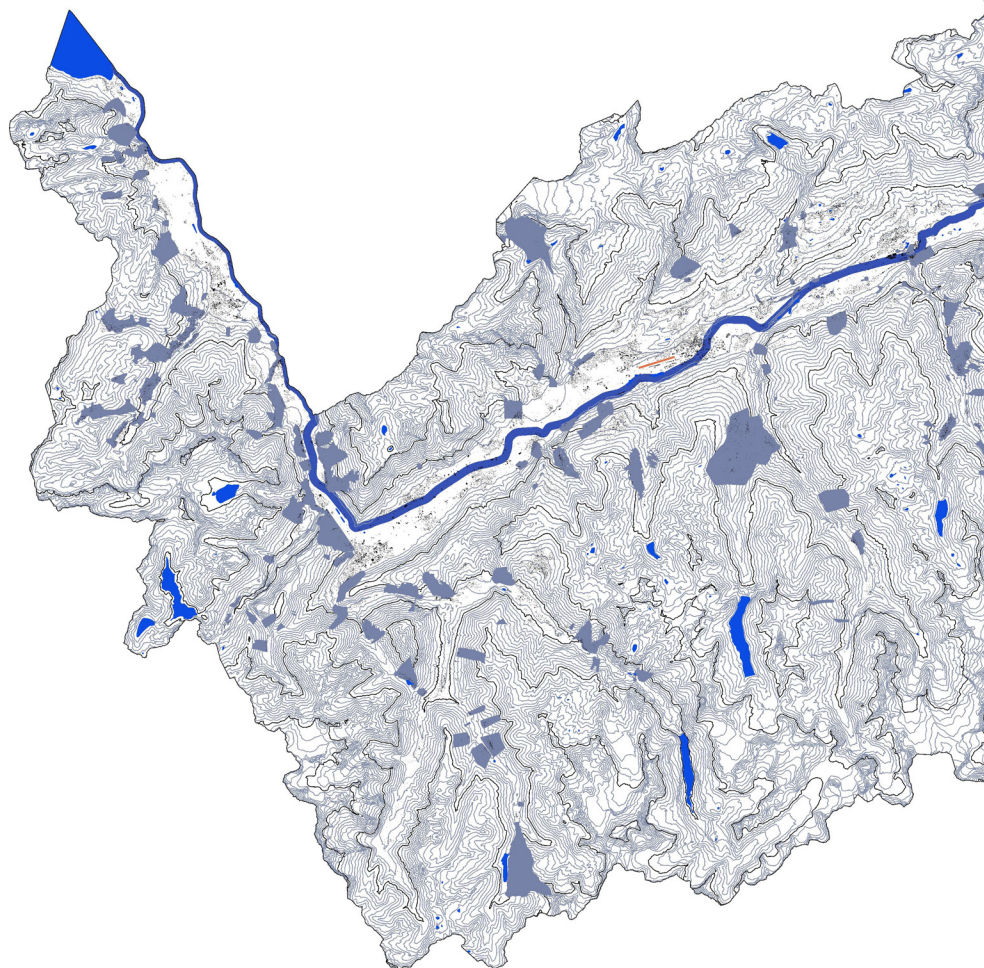
noch verfrüht und gehören in den grossen Sammelkasten der Ursache. Hat die Ursache den Bergsturz schon ausgereift, so besorgt ein ursächliches Moment die Auslösung. Ursache ist lange gehäufte Veranlassung, Auslösung ist ein letzter Ausläufer der Ursache. Es gibt aber auch Fälle, wo Ursache und Auslösung sich ganz unterscheiden: z. B. eine Unterschneidung des Gehänges ist Ursache; ohne diese wäre der Bergsturz nicht entstanden. Grosse Nässe bringt Auslösung, so dass der Absturz schon jetzt und nicht erst nach einigen Wochen eintritt.

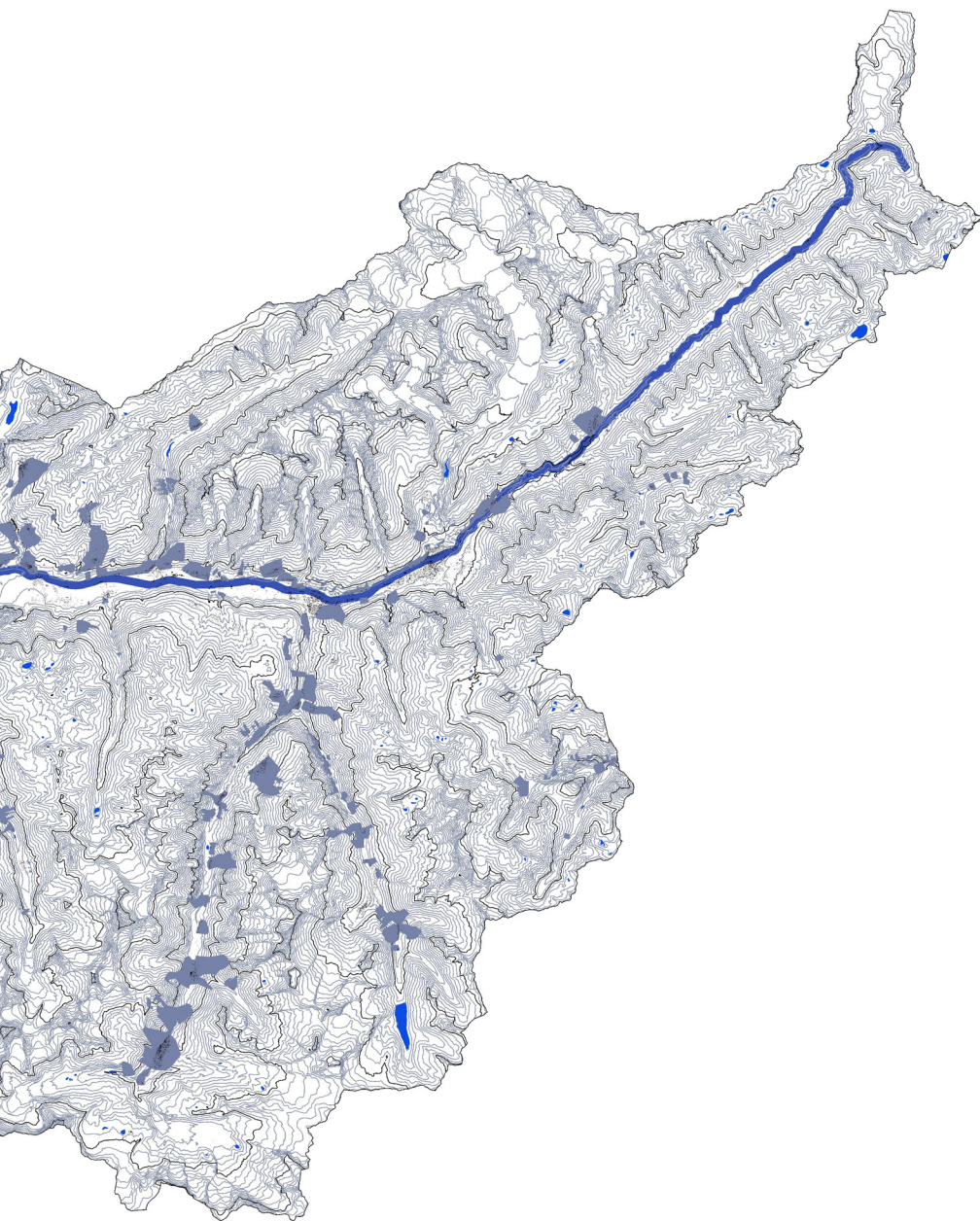
Veranlassungen zu Auslösungen sind **Witterung**, störende Eingriffe des Menschen, Erdbeben.

Wenn man z. B. sagt: Die Ursache des Bergsturzes von Goldau war gegeben durch die starken Regenfälle im vorhergehenden August, so ist hier eben das Auslösungswerk für die Ursache gesetzt. Der Bergschliff Goldau hatte sich langsam schon seit mehr als 30 Jahren vorbereitet — immer öffneten sich mehr Spalten; in den Nagelfluhbänken erweiterten sich die schon vorhandenen; und solche Vorbereitungen zeigen immer eine Beschleunigung oder Verstärkung, wenn sich die Katastrophe nähert. Ohne die starken Augustregen des Jahres 1806, also im Falle eines trockenen August, hätte die Felsmasse ruhig gewartet, bis zu der nächsten nassen Periode, vielleicht nur noch einen Monat, vielleicht ein Jahr. Die tiefliegende Ursache beherrscht das Geschehen, die Auslösung veranlasst nur den Zeitpunkt in kleinem Ausmass.

Die Witterungserscheinungen unterliegen einer gewissen Periodizität, die sich dann auch in der Statistik der Bergstürze abbildet: Viele Schuttrutschungen finden bei uns im Monat Juni statt, grosse Bergstürze fallen meistens auf September oder Oktober — eventuell noch etwas später. In den Alpen gelangen alle Bergsturzbewegungen im Januar, Februar und März in eine Art Winterschlaf, sie stehen vielfach ganz still. Wenn der Frühling in die Berge steigt (Tauwetter), so erscheinen am zahlreichsten die Steinschläge und Steinlawinen und kleineren Bergstürze. Dazwischen fällt noch mancher zu „unrechter Zeit“; die Regeln sind nicht ohne viele Ausnahmen. Auch bei Veranlassungen folgt die Wirkung immer erst mit etwelcher Verspätung, und die Veranlassungen zur Auslösung sind launenhaft wie das Wetter.

Sehr auffallend ist die Häufung der ganz grossen Bergstürze auf den September:





Historische Sturzprozesse



1806	Goldau (Schwyz) <i>36 Mio Kubikmeter</i>
1881	Elm (Glarus) <i>10 Mio Kubikmeter</i>
1939	Flims (Graubünden) <i>720'000 Kubikmeter</i>
1991	Randa (Valais) <i>33 Mio Kubikmeter</i>
2017	Bondo (Graubünden) <i>33 Mio Kubikmeter</i>



Abb. David Alois Schmid, Bergsturz von Goldau 1806, Aquarell

„(..) ein Windstoss geht ihm voran, der das Wäldchen unterhalb der „Bleiggen“ fast bis auf den Boden niederdrückt und am Haus rüttelt, dass die Scheiben klirren und irgendwo Ziegel vom Dach fallen, und dann erfüllt ein Krachen das Tal, als gingen hundert Gewitter gleichzeitig nieder, und durch die riesige Staubwolke, die nun den Plattenberg verhüllt, sieht Katharina einen gewaltigen, pechschwarzen Felsblock durch die Luft niedersausen, als wäre er ein Stück morsches Holz, er fliegt weit über das Untertal hinaus, und da weis sie, dass alles verloren ist (..).“¹⁹

19 Franz Hohler, Die Steinflut, btb Verlag, München, 1998, S. 172

stürzen und plötzlich in rasendes Dahinfahren und Dahinstürzen. Auf der Höhe der Kapelle Röthen und über der Nagelfluhwand ob Grossweiher folgte ein Sprung durch die Luft, einige Stellen blieben unberührt. Und nun raste die Steinflut in radialen Strahlen sich fächerförmig verbreitend, hinüber an die Rigi. Der östlichste Stromstrich war gegen den Lowerzersee gerichtet und hatte eine furchtbare Überschwemmung der Ufer zur Folge.

In Goldau gab es nur im Randstauwall, in welchen die zertrümmerten Häuser vorgestossen wurden, 6 bis 10 Vergrabene, Eingeklemmte zu retten. Wer vom Trümmerstrom selbst erreicht worden ist, ist verschwunden, zermalmt, begraben.

Es wird noch berichtet über die Staubwolken, das Getöse, blitzartiges Aufleuchten im dahinfahrenden Gestein, und Windschlag vor der Steinwelle. Zwei Mädchen und zwei Knaben, die Ziegen hüteten, wurden wirbelnd hoch in die Luft gehoben und fielen dann in den Trümmerstrom zurück, Häuser wurden abgedeckt oder vorangerollt.

Von Elm möchte ich zunächst nur die Aussagen der Augenzeugen über die Strombewegung des Schuttes hervorheben. Nirgends stehen dieselben untereinander in Widerspruch. Da ist zu sagen:

Vorzeichen gingen wochen-, tage- und stundenlang reichlich voran.

Der Bergsturz vollzog sich dann in zwei Vorstürzen und einem Hauptsturz. Vergleichen T Fig. 19 und 20:

1. Der erste Sturz, eine „Steinlawine“, brach aus dem östlichen Rande des Abrissgebietes herab am 11. Sept. 1881, nachmittags 5¹⁵ Uhr. Er verschüttete die Schiefermagazine und das Haus „Wirtschaft zum Martinsloch“ und staute den Tschingelbach und Raminerbach; Schuttfläche „etwa vier Jucharten“.

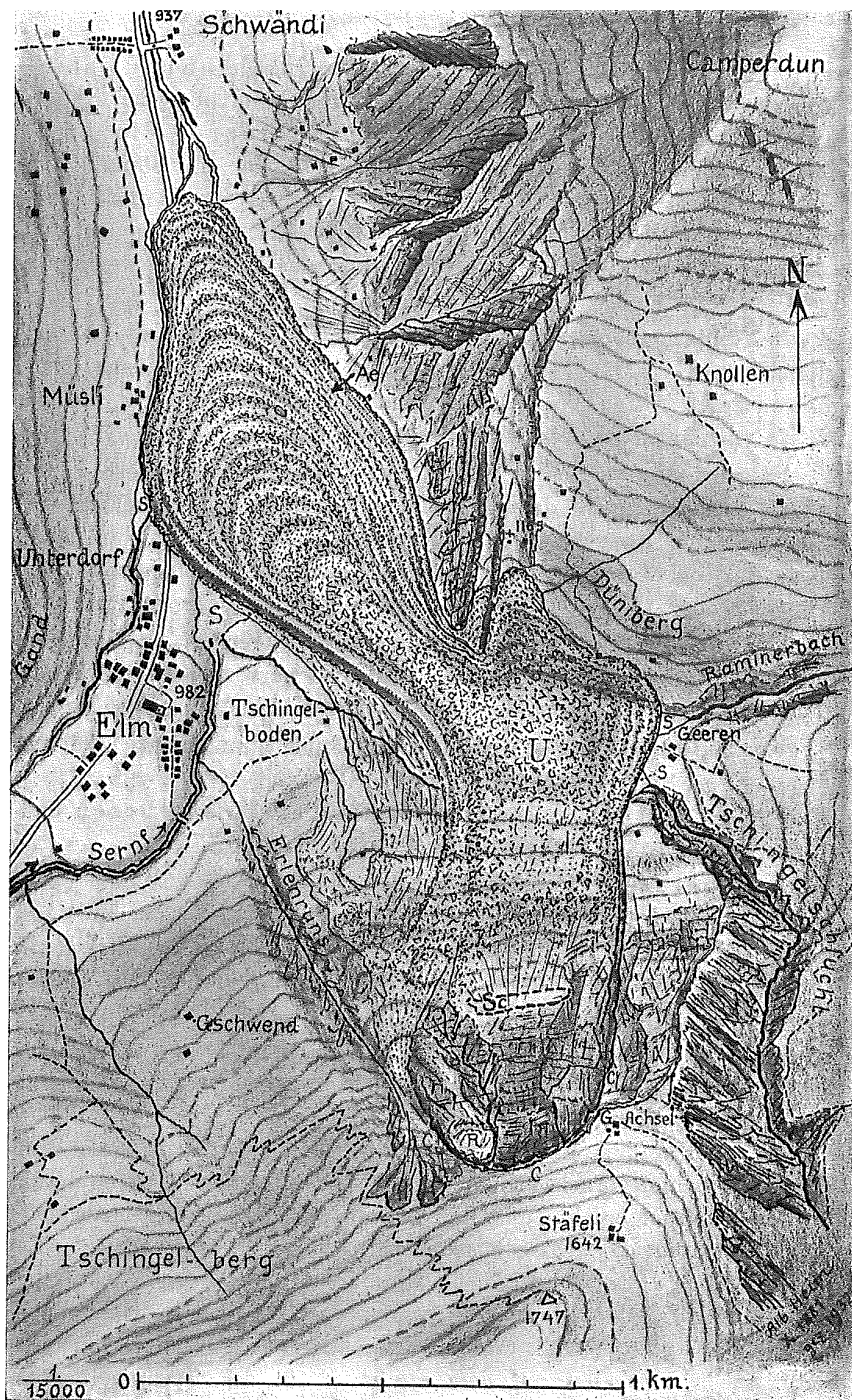
2. Der zweite Sturz, eine grössere Steinlawine, brach aus dem westlichen Rande des Abrissgebietes um 5³², zerstörte fünf Häuser und neun Ställe.

3. Nun war der „Plattenbergkopf“, die Felsmasse über dem Plattenbergschieferbruch, vollständig herausgeschnitten — unten durch den Schieferbruch, rechts und links durch die zwei Flankenausbrüche und oben durch die grosse Nischenspalte: Der „grosse Chlagg“. Es ging nur noch vier Minuten bis diese ganze Felsmasse 5³⁶ Uhr herunterbrach. Dabei sahen die Augenzeugen folgendes: Der ganze Plattenbergkopf fuhr von N gesehen senkrecht, von der Seite gesehen parallel auf dem steilen Profil des Tschingelberges

direkt mit ungeheurer Geschwindigkeit hinab. Er schlug auf der Terrasse des Schieferbruches auf. Von da schoss die schwarze Steinwolke horizontal nach N in die Luft hinaus, vom nachfolgenden Fels wie weggespickt. Nach unten war die Steinwolke scharf begrenzt, nach oben in Staubwolken aufwirbelnd. Man sah unter dem Sprung der Felsmasse hindurch die Landschaft und die Fliehenden. Im Bogen schlug die Hauptmasse am Fuss des Düniberges und im Gut Alpegli, am Fuss des Knollen, auf den Boden. Der östliche Teil brandete am Düniberg auf dem Abhang gegen N 110 bis 115 m hoch über den Unterhalboden hinauf; der westliche Teil und wohl auch noch die Mitte des Stromstriches wurden von dem schief nach NW streichenden Abhang des Düniberg—Knollen aus S—N in N—65°—W Richtung abgelenkt und fuhr nun, flach über den kaum 2° abfallenden ebenen Talboden sich ausbreitend, noch 1½ km weit talwärts. Von Müsli, unterhalb Elm-Dorf, sah man plötzlich die „einige Meter hohe schwarze Trümmersmasse unter der Staubwolke“ „ähnlich einem Eisenbahnzug“ „herausfahren“. Sie fuhr auf dem Boden, schlug die Gebäude in ihren untersten Mauern ein, stiess manche Häuser ein Stück weit vor sich her, bis sie rückwärts auf den Trümmerstrom fielen, der sie dann rasch einwickelte. Der Trümmerstrom fuhr auch unter das Widerlager der eisernen Brücke über den Sernft, stellte dadurch die Brücke auf, überwältzte, zerquetschte und zerriss sie. Alle Augenzeugen hatten kaum Zeit, anzusehen, was geschah, bis „ganz plötzlich“ die gesamte Steinmasse „wie durch einen Zauberschlag erstarnte“.

Über eine Menge interessanter Einzelheiten ist hier nicht der Raum zu berichten. Ich bitte, dafür die genannten Publikationen nachzusehen. Die Untersuchung des Elmer Trümmerfeldes wie die Aussagen der Augenzeugen lehren also übereinstimmend kurz:

Die vom Schieferbruch unterhöhlte Felsmasse des Plattenbergkopfes ist 1. gegen N abgestürzt über und auf den Abhang hinab bis auf die Schieferbruchterrasse, dann 2. hinausgesprungen durch die Luft in Richtung S—N bis an den Fuss des Düniberges—Knollen, sofort 3a am Düniberg über 100 m hinaufgebrandet und 3b vom Düniberg, um 65° nach links abgelenkt, als flacher Schuttstrom, über den flachen Talboden sich ausbreitend, gefahren bis 1½ km vom Fuss des Plattenberges entfernt. Es lassen sich also in der Bewegung deutlich unterscheiden: Fall des Felsens, Sprung durch die Luft, Brandung am Düniberg empor, Ablenkung zum flachen Trümmerstrom nach NW.



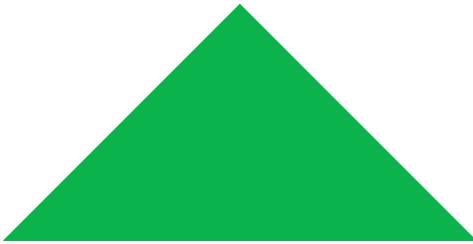
Der Bergsturz von Elm am 11. IX. 1881.

Ae. Aeschen. ccc. Grosser Chlaß. R. Risikonf. G. Gelber Konf.



Behausung

Sturm-masse



**Goldau
(Schwyz)**

36 Mio Kubikmeter



**Elm
(Glarus)**

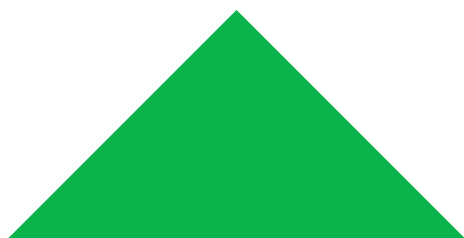
10 Mio Kubikmeter

(G



**Flims
(Graubünden)**

720'000 Kubikmeter



**Randa
(Valais)**

33 Mio Kubikmeter



**Bondo
(Graubünden)**

4 Mio Kubikmeter

KULTUR UND KONSEQUENZ

Über Berge, Menschen und insbesondere Bergschnecken

Berge sind hoch und fies. Sie sind aus sehr grossem Stein, stehen da und zwingen sich auf. Berge sind ungemein selbstbezogen und dominant. Wenn man einen Berg ärgert, schickt er Lawinen. Im Winter aus Schnee und im Sommer aus Schlamm und Geröll.

Die kleinen Freunde der Berge sind die Bergbäche. Einzig sie werden vom Berg geduldet. Alle anderen hasst er. Die Bergbäche haben sich über Jahrtausende langsam eine kleine Zuneigung des Berges erschleichen können. Wobei erschleichen nicht ganz korrekt ist. Sie waren einfach da und sind geblieben, ohne auch nur einmal zu widersprechen. So lange spielten sie sein Spiel mit, dass sie eigentliche Lakaien des Berges wurden. Die Bergbäche tun alles, was der Berg ihnen befiehlt.

Am Berge merkt man, wer man ist. Manche sagen, am Berg vergisst man sich selbst. Die, die das sagen, haben sich dem Berg ebenfalls unterworfen. Sie akzeptieren, ja, huldigen der Dominanz des Berges. Sie sagen, sie finden das toll, und ziehen ihre Schneeschuhe an. Das tun sie, weil sie Angst haben. Menschliche Liebe zum Berg ist immer ein Sich-vor-ihm-verbeugen. Die Menschen ducken sich vor dem Berg, obwohl der Berg viel höher ist als die Menschen. Es wäre an ihm, sich zu ducken.

„«Jedes Gebirge hat das Bestreben, flach zu werden».

Diese aus erdwissenschaftlicher Perspektive auf den ersten Blick eigentlich banale Erkenntnis, welche *Albert Heim* geäußert haben soll, enthält eine für den Menschen einschneidende Erfahrung: Gravitative Prozesse lassen sich auf längere Sicht nicht aufhalten und manche natürliche Prozesse können für den Menschen den Keim des Zerstörerischen in sich bergen.

Die Natur ist dynamisch. Natürliche Vorgänge und Veränderungen verlaufen nicht immer kontinuierlich, sondern oft schubweise. Erst durch den Menschen erlangen diese natürlichen Prozesse eine negative, mithin schicksalsschwere Bedeutung, indem der Mensch Verluste erleiden kann; sei es an Menschenleben, an Nutztieren, an Lebensräumen, Lebensgrundlagen oder an Kulturwerten. So werden natürliche Prozesse zur «Naturkatastrophe».²⁰

Die Katastrophe äussert sich erst in dem Zusammentreffen der Natur mit der Kultur des Menschen. Immer wieder übertritt die Natur die künstliche Grenzziehung des Menschen durch Mauern und Zäune. Erst mit dem Feuer kam die Behausung, aber wird unwiderruflich auch zu seiner Bedrohung. So fragil wie die Natur selbst ist auch die menschliche Ordnung die wir Heimat nennen. Zerbricht die Natur an einer sensiblen Stelle ihrer Oberfläche, nicht zuletzt auch durch das Einwirken des Menschen, wird der Kollapse zu einer Katastrophe.

20 Alexander Bollinger, *Bulletin für angewandte Geologie: Der Bergsturz von Goldau 1806 : Rückblick und Ausblick*, (11) 2006

21 Max Frisch, 1979

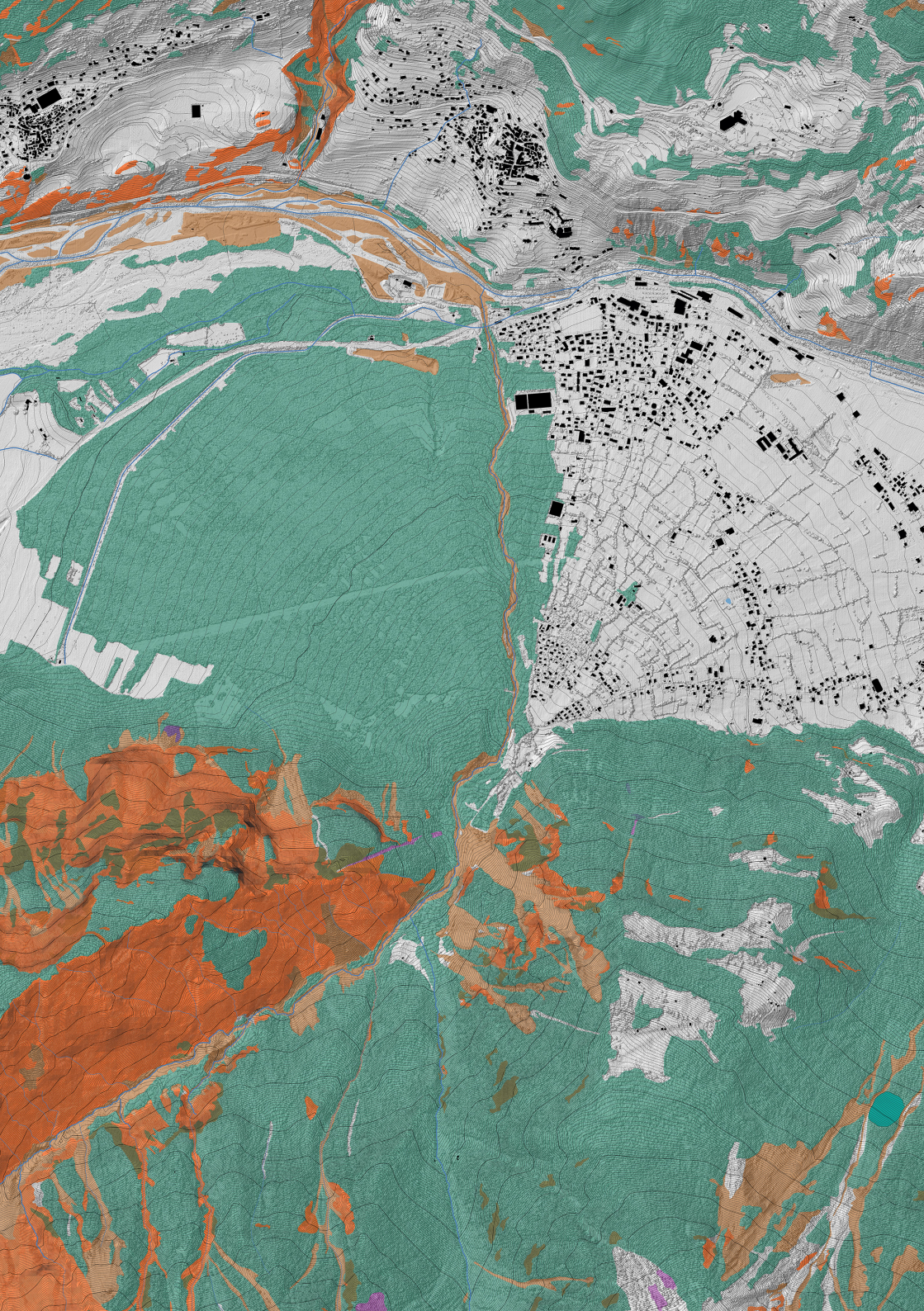
**«Katastrophen kennt allein der Mensch, sofern er sie
überlebt.
Die Natur kennt keine Katastrophen.»⁶**

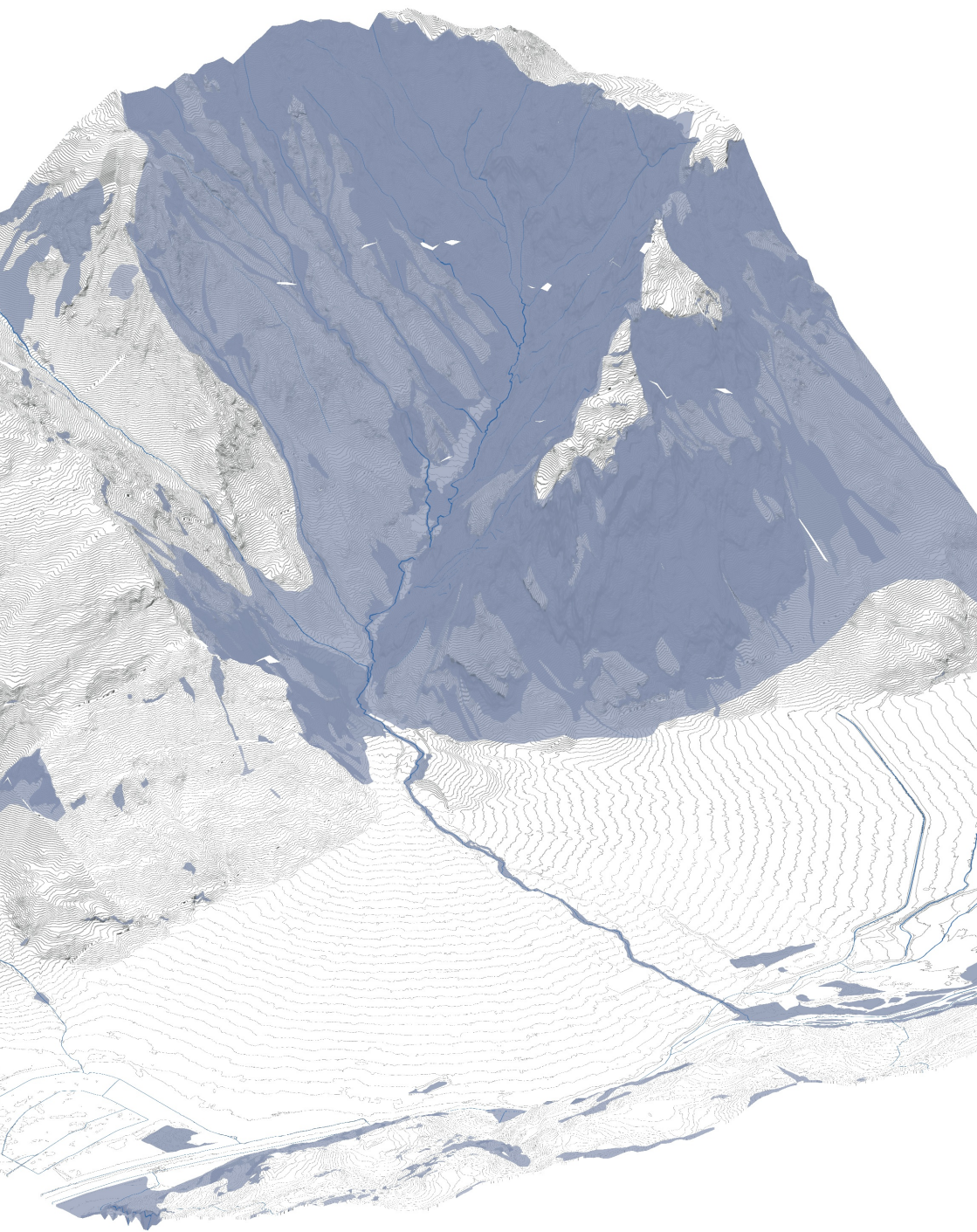
Neuordnung

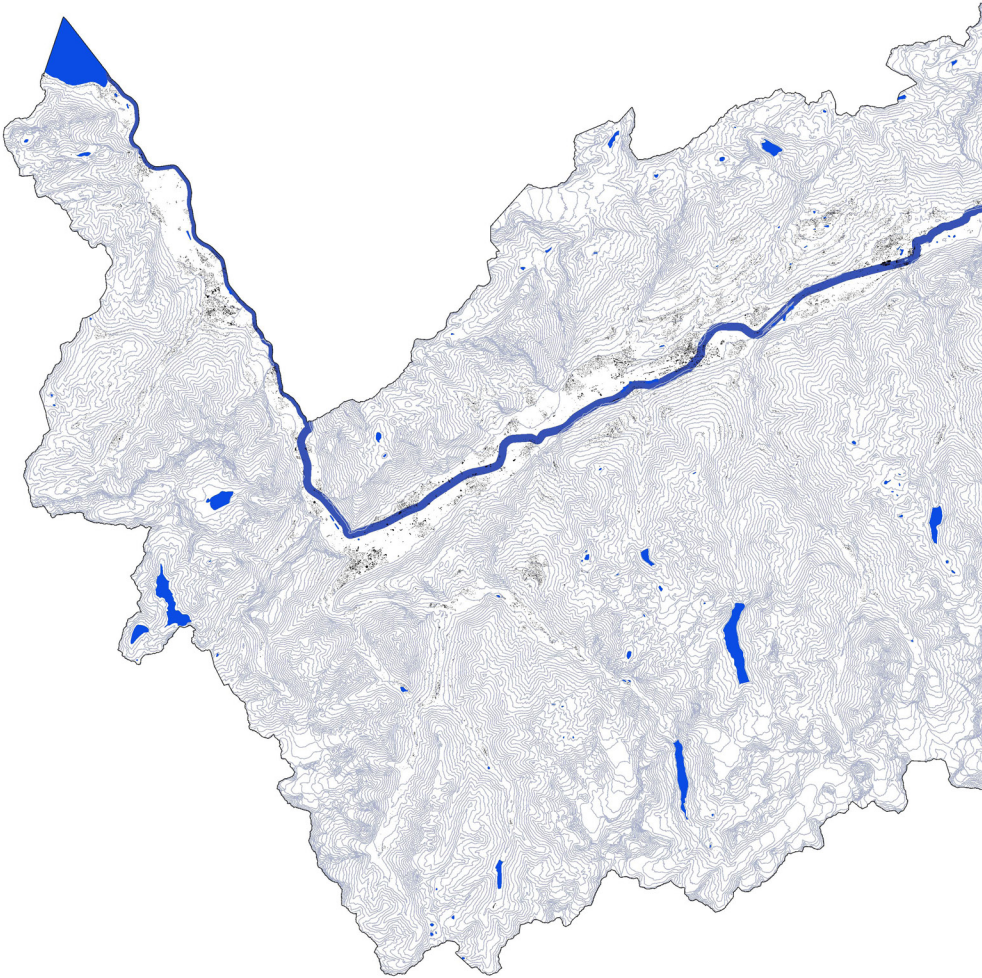
„Die natur- und kulturräumliche Vielfalt ist für Gebirgsregionen charakteristisch. Sie entsteht aufgrund der alpinen Höhenstufen und der sich damit veränderten Vegetation und Landnutzung, aufgrund des kleinkammerten Reliefs, der Unterschiede in Exposition und Hangneigung und aufgrund gegensätzlicher klimatischer, pedologischer und geologischer Bedingungen“²²

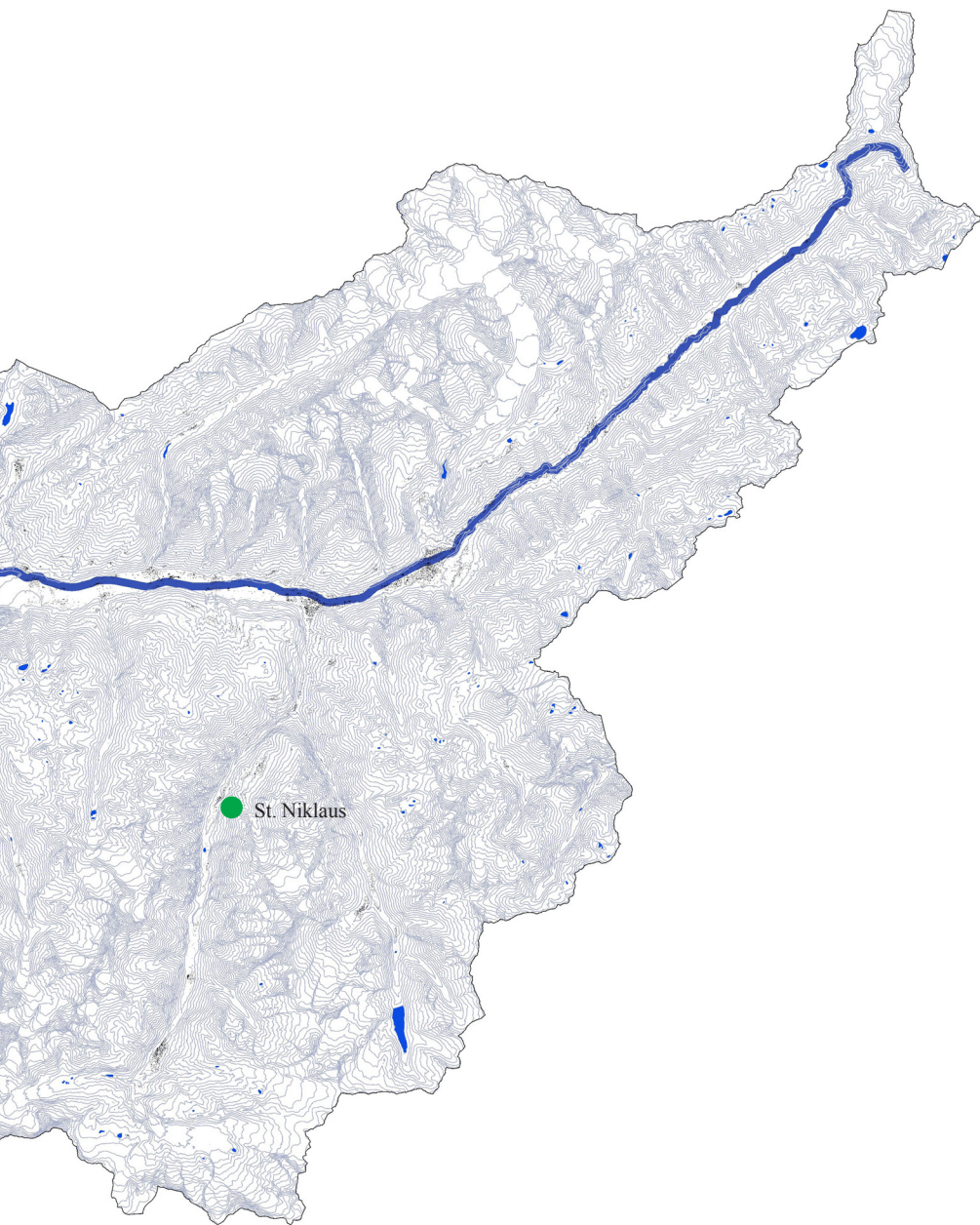
Sie ist aber auch Geprägt von steter tektonischer Veränderung. Jedes Naturphänomen und seine Katastrophe verändert den Ort des Niedergangs und seine Bergflanken über die Jahrhunderte sind so Wälder und Urwälder entstanden, es haben sich Flüsse zu Seen aufgestaut. Aus der Katastrophe wächst mancherorts ein Potenzial. Und nicht jede Katastrophe lässt sich aufhalten. Die Gewalt mächtiger Fels- und Bergstürze gehören zur Geschichte der Alpen. Was der Mensch nicht zu verräumen vermag bleibt an Ort und Stelle.

22 Rolf Weingartner, «Die alpine Landschaft im Wandel», in: Fest, Flüssig, Biotisch: Alpine Landschaften im Wandel, Zürich 2021, S.93









Die Gemeinde St. Niklaus inmitten im Mattertal, zwischen Visp und Zermatt, zählt um die 2'200 Einwohner. Auf 900 bis 1'200 Metern ü. M. liegt der Ort in einem von Süden nach Nord ausgerichteten Walliser Seitental. Das Tal wird von Süden nach Norden von der Vispa durchflossen, die anschliessend 20 km Nördlich in der Rhone mündet. Der tief eingeschnittene Talboden erhebt sich nach Westen hin zur Weisshornkette, und nach Norden zur Mischabelgruppe bis auf 4'300 Meter (Höchster Punkt: Nadelhorn 4'327 Meter ü. M.).

Der Ort weist, nach aktuellen Forschungsständen, innerhalb des Wallis die höchste direkte Gefährdung von Mensch und Bauten durch Felsstürze auf.

Diese erhöhte Gefährdung trifft auch auf weitere Orte unterhalb und Oberhalb von St. Niklaus zu. Das Mattertal von Visp bis Zermatt ist von mächtigen Gletscherflanken und einem hohen Permafrostauftreten umgeben. Mit zunehmenden Temperaturen und dem Rückzug der Gletscher, sowie das Auftauen des Permafrost zur Folge dürften das Tal und seine Bewohner, aufgrund ihrer ungünstigen Disposition zukünftig noch stärker durch Felsstürze gefährdet sein.

In einer umfangreichen Risikoanalyse von 2007 sind zuletzt 31 Gefährdungsquellen für Stein- und Blockschlag und Felssturz verzeichnet worden.²³

Die Gefahrenstufen leiten sich diagrammatisch von der Intensität und Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Gefahrenarten ab. Die auf dieser Grundlage entstandenen Gefahrenkarten entscheiden über das Ausscheiden von Gefährdungszonen aus der Nutzungsplanung und dienen der Planung von Schutzmassnahmen. Die Gefährdungsstufe 1 bedeutet eine erhebliche Gefährdung für Personen und Bausubstanz.

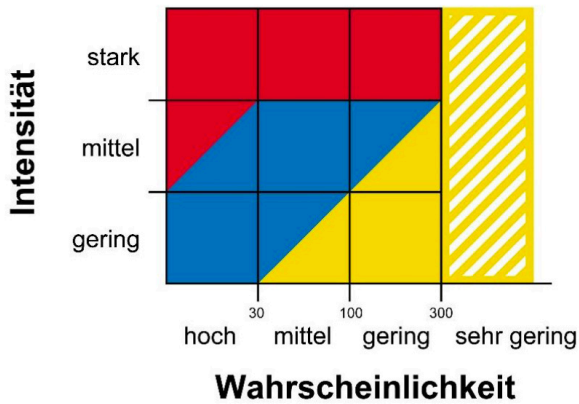


Abb. Gefahrenstufen: Ergebnis von Intensität und Wahrscheinlichkeit

Rot: erhebliche Gefährdung

Personen sind sowohl innerhalb als auch ausserhalb von Gebäuden gefährdet.

Mit der plötzlichen Zerstörung von Gebäuden ist zu rechnen.

Verbotsbereich: Keine Ausscheidung neuer Bauzonen; Rückzonung bzw. Auszonung nicht überbauter Bauzonen; keine Errichtung oder Erweiterung von Bauten und Anlagen; Erlass der notwendigen Nutzungsbeschränkungen bei bestehenden Bauten; Wiederaufbau zerstörter Bauten nur in Ausnahmefällen und nur mit Auflagen; Umbauten und Zweckänderungen nur mit Auflagen zur Risikoverminderung

Blau: mittlere Gefährdung

Personen sind innerhalb von Gebäuden kaum gefährdet, jedoch ausserhalb davon.

Mit Schäden an Gebäuden ist zu rechnen, jedoch sind plötzliche Gebäudezerstörungen in diesem Gebiet nicht zu erwarten, falls gewisse Auflagen bezüglich Bauweise betrachtet werden.

Gebotsbereich: Ausscheidung neuer Bauzonen nur nach Prüfung von Alternativen und Vornahme einer Interessenabwägung; Baubewilligungen nur mit Auflagen; keine Erstellung von sensiblen Objekten; Erlass der notwendigen Nutzungsbeschränkungen bei bestehenden Bauten

Gelb: geringe Gefährdung; Restgefährdung

Personen sind kaum gefährdet.

Mit geringen Schäden an Gebäuden bzw. mit Behinderungen ist zu rechnen, zudem können erhebliche Sachschäden in Gebäuden auftreten.

Hinweisbereich: Hinweis auf die Gefahrensituation; Empfehlungen für bestehende Bauten; Erwägung von Auflagen für Neubauten (z.B. verstärkte bergseitige Wände gegen Lawinendruck), sensiblen Nutzungen oder grösseren Überbauungen / grossem Schadenpotenzial²⁴

Ökonomie der Gefahr

Die im Alpenraum angesiedelte „Katastrophenkultur“ ist direkt mit einer daraus entstandenen Gefahrenökonomie verknüpft.

Neben den jährlichen Kosten für Schutzmassnahmen, getragen vom Bund, den Kantonen und Gemeinden und privaten Trägern, kommen jedes Jahr weitere Kosten für die Beseitigung von Schäden, den Wiederaufbau von Strassen und Häusern (..), und die Instandsetzung von Schutzwäldern und Schutzstrukturen hinzu.

Investition in Schutzmassnahmen

Berechnungen zufolge gibt die Schweiz jährlich 2.9 Milliarden Franken, bzw. ein halbes Prozent des Landesweiten BIP für den Schutz von Naturgefahren aus.

1.2 Milliarden Franken dieser Kosten werden von öffentlichen Geldern durch Bund, Kantone und Gemeinden finanziert, 1.7 Millionen steuern private Institutionen bei – wovon 830 Millionen Franken von Versicherungen und die übrigen 870 Millionen Franken von private Unternehmen und Privathaushalte getragen werden.²⁵

25 PLANAT, Naturgefahren, Was kostet Sicherheit, BAFU, 2007

Kosten der Schäden und des Wiederaufbaus Beispiel Bondo, Bergell (GR)

2017 wurde das Dorf Bondo bei Bergell von einem 4 Millionen Kubikmeter mächtigen Bergsturz des Piz Cengalo überrascht – es folgten mehrere schwere Murgänge. Die danach entstandene Schadenssumme beläuft sich auf etwa 41 Millionen Franken. Sie lässt sich in Ihrem Umfang, in jenen für Ereignisbedingte Sofortmassnahmen, bauliche Eingriffe und Ausgleichszahlungen für Bauschäden durch Versicherungen unterteilen. Nicht in diese Kostenrechnung mit inbegriffen sind u.a. Kosten von Lebensversicherungen und jene, die bei dem Ausfall von Infrastrukturen entstehen, die für die Wirtschaft und das alltägliche Leben wichtig sind. Für das Wiederaufbauprojekt „Bondo II“, das Anfang 2021 von der Bevölkerung angenommen wurde, belaufen sich die Kosten auf eine Summe von 42 Millionen Franken. Zusammen mit den aufgewandten Kosten für Schäden ergeben sich – unter Vorbehalt fehlender Quellen und zukünftiger Zusatzkosten des Wiederaufbaus – Kosten von derzeit 83 Millionen Franken.²⁶

Bilanz der Schäden

Kostenträger	Kostenursache	41'000'000
Gemeinde	Ereignis	300'000
	Sofortmassnahmen und Räumung	10'000'000
	Gemeindeinfrastruktur	10'100'00
Kanton	Gefahrenbeurteilung	600'000
	Kantonspolizei	20'000
	Tiefbauamt (Strassen)	4'030'000
	Zivilschutz	250'000
Elektrizitätswerk der Stadt Zürich		3'000'000
Versicherung	Gebäudeversicherung	11'500'000
	Elementarschadenskasse	1'200'000

Abb. Abgeleitet aus: (<https://www.suedostschweiz.ch/politik/2017-12-14/bei-den-murgaengen-bei-bondowurden-99-gebaeude-beschaedigt>)

Investition in den Wiederaufbau

Aufteilung der Gesamtkosten Projekt Bondo II in Mio. CHF	100%	42.0
Landschaftsgestaltung	9.5%	4.0
Gemeindestrassen, Infrastruktur, Bereich Punt, Haltestelle, Langsamverkehr	10%	4.2
Kantonsstrassen: Malojastrasse mit Kreisel und Verbindungsstrasse Promontogno – Spino / Soglio	29%	12.2
Brücken Bondasca, Spizarun, Punt Fussgängerunterführung Bondo und Unterführung Manäla Dumper	25%	10.4
Hochwasserschutzbauten Bondasca und Maira	16.5%	6.9
Vorprojekt, Wettbewerb, Arbeiten Spezialisten, Landerwerb, Rodungen	10%	4.3

Abb. Informationsblatt Abstimmung – Kreditgesuch und Teilrevision Wiederaufbau Bondo
 (https://comunedibregaglia.ch/images/Comune/Votazioni-Elezioni/2021/messaggio-votazioni_31.01.2021_DE_34ef7.pdf)

FRAGESTELLUNG

Für den Betrachtungsperimeter St. Niklaus, stellt sich auf Grundlage der vorangegangenen Gefahrenanalyse und Kostenrechnungen am Beispiel Bondo die Frage, ab wann Rückzug, Rückbau und Umsiedlung einzelner Liegenschaften, oder grösserer Siedlungsstrukturen in der Kosten und Nutzen Rechnung sinnvoller sind, als eine fortlaufende Investition hoher Summen in Präventionsmassnahmen. Dabei spielen nicht nur Geldwerte eine Rolle, sondern auch die Abwägung der technischen und organisatorischen Möglichkeiten zur Abwehr von Naturgefahren.²⁷

Während man die Kosten für die Zerstörung baulicher Substanzen bemessen kann, kann man jene von Menschenleben weder gegen Wert aufwiegen, noch in Vergleich stellen.

Im Fall von der derzeitigen Gefahrenkartierung und deren Schlüsselerkenntnisse für bestimmte Bauzonen ist abzuwägen inwiefern eine Kosten-Nutzen-Analyse in Bezug auf Gefahrenprävention und potenzielle Schäden überhaupt sinnvoll ist und der Mensch in Lage ist Bollwerke zu bauen, die eine Naturkatastrophe mit der Mächtigkeit und dem Ausmass eines Felssturzes standhalten.²⁸

Im Kanton Luzern wurde bereits Entscheide in diesem Kontext getroffen. Aufgrund eines zu hohen Gefahrenpotenzials (Gefahrenstufe 1) entschieden Gemeinde und Kanton, 2014 dass fünf Liegenschaften Rückgebaut und Umgesiedelt werden mussten.

27,

28 TEC21, Kreislaufwirtschaft, Gefahren erkannt – und die Risiken?, Rudolf Heim, 2016, S. 2

Der Beschluss stützt sich auf der Grundlage des Planungs- und Baurechts des Kantons Luzern (PBG).

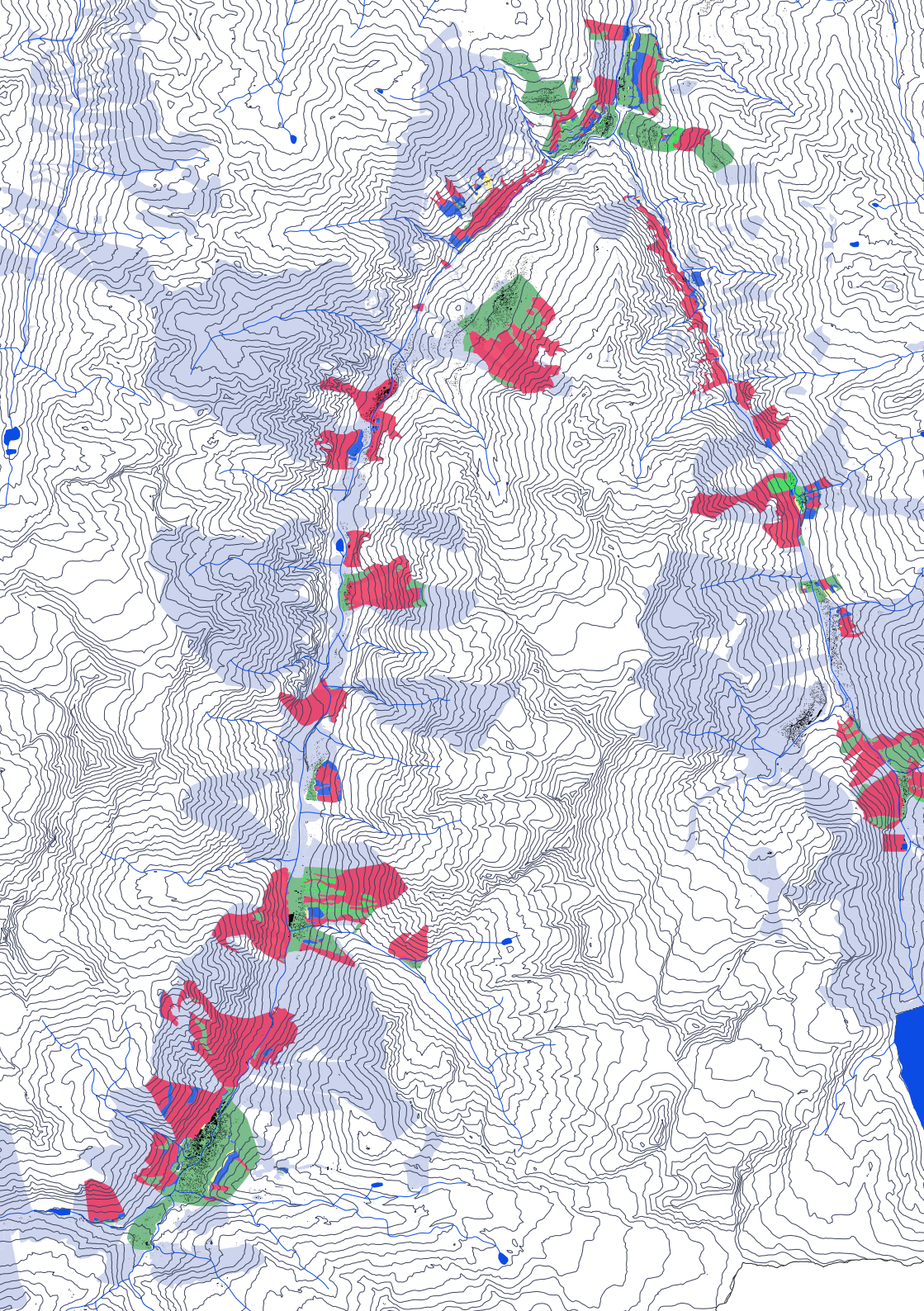
„Es schreibt vor, dass Bauten die für ihren Zweck notwendige Sicherheit erbringen müssen und so zu erstellen und unterhalten sind, dass weder Menschen noch Sachen gefährdet werden.

In Gebieten, in denen Rutsch- und Steinschlaggefahr besteht, dürfen grundsätzlich keine Bauten erstellt werden, und Ausnahmen fallen nur in Betracht, wenn hinreichende Sicherungsvorkehrungen getroffen werden. Auch für das ausgesprochene Betretungs- und Nutzungsverbot besteht eine Grundlage im erwähnten Gesetz, wonach die Gemeinde die Benützung von Räumen zu verbieten hat, wenn eine solche gesundheits-schädigend ist, oder mit Gefahr verbunden ist. Das Kantonsgericht hält fest, dass der Schutz von Personen im öffentlichen Interesse liegt und grundsätzlich einen schweren Eingriff in die Eigentumsgarantie rechtfertigen kann.

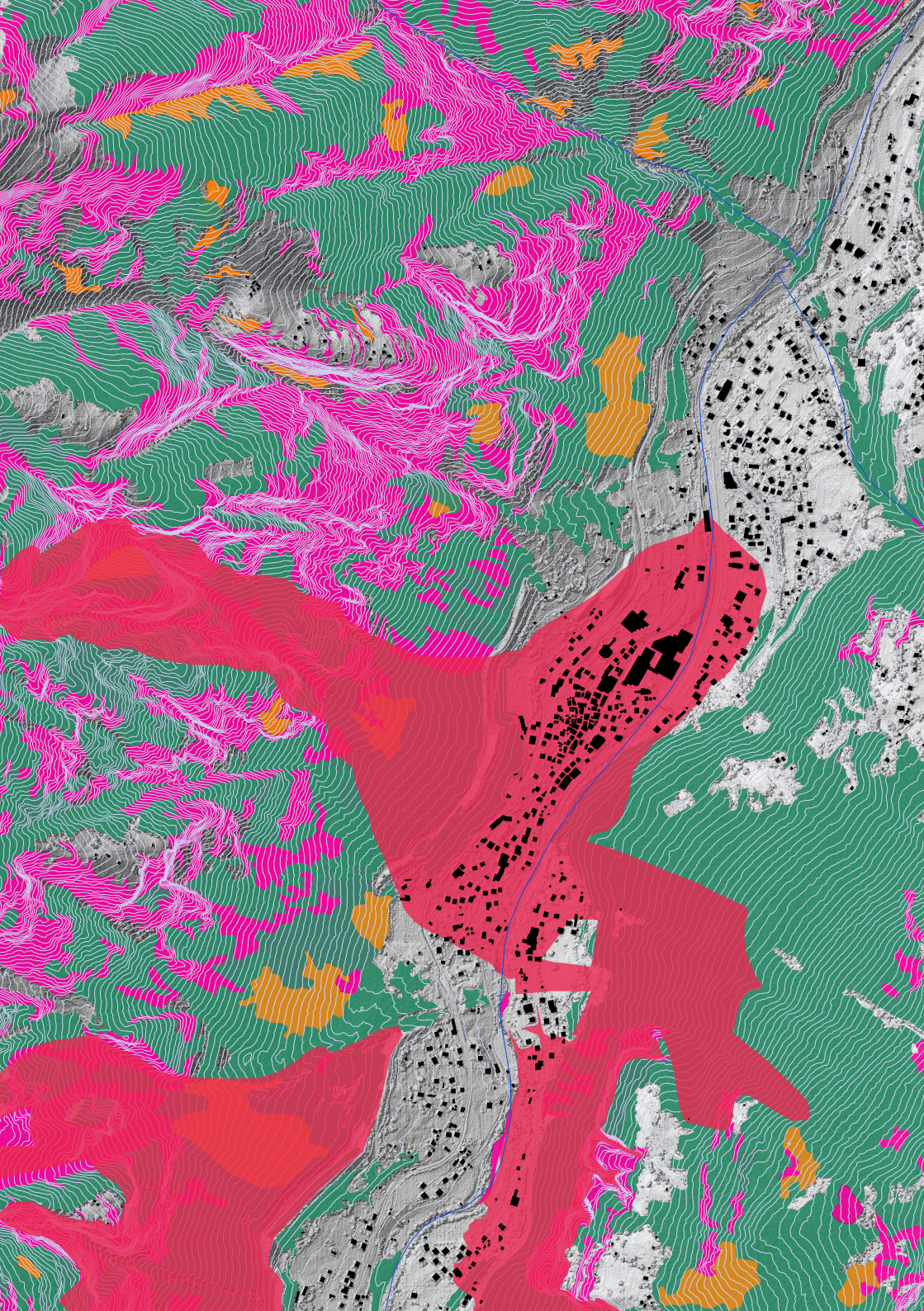
Das Bundesgericht spricht sogar von einem gewichtigen öffentlichen Interesse. Das primäre Ziel aller von der Gemeinde veranlassten Massnahmen sei der Schutz der sich im Gebiet aufhaltenden Personen vor Stein- und Blockschlag, Felsstürzen und spontanen Rutschungen.“²⁹

Eine frühzeitige Umsiedlung aus Gefahrengebieten könnte in Fall St. Niklaus nicht nur Menschen schützen, sondern langfristig auch Kosten für Schadensbeseitigung und Wiederaufbau einsparen. Ein eintretender Felssturz würde keine Gefahr mehr für das betreffende Talgebiet bedeuten und die Naturkatastrophe wäre wieder Naturphänomen und wandelt sich von dem Narrativ der Gefahr zu einem neuen, landschaftsbildenden Potenzial.

29 TEC21, Kreislaufwirtschaft, Rückbau wird zur Option, Lukas Denzler, 2016, S.2



●	Höchste	Gefährdung	<30	Jahre
●	Mittlere	Gefährdung	<100	Jahre
●	Leichte	Gefährdung	<300	Jahre
●	Keine	Gefährdung		



APPENDIX

















Der Urwald von Derborence

(Kanton Wallis/Schweiz)

Von Rolf Fehr, Zürich

Daß es in verschiedenen osteuropäischen Staaten noch größere Urwaldgebiete gibt, ist wohl allgemein bekannt. Daß aber in den Schweizer Alpen ein Urwald von 50 ha Fläche bestehen soll, ist nicht so selbstverständlich. Dieser Urwald ist im Kanton Wallis, im Süden der eisgepanzten Gruppe des Diablerets zu finden und begeistert jeden Besucher durch seine Wildheit und Unberührtheit in der sonst so technisierten Natur.

Wie war es nun überhaupt möglich, daß sich eine solche Fläche erhalten hat, da doch heute der hinterste Gebirgswald bewirtschaftet und genutzt wird?

Es sind dafür zwei Hauptgründe verantwortlich.

Der natürliche Ausgang des Talkessels von Derborence gegen das Haupttal (Rhonetal) führt durch eine wilde, tief eingeschnittene Schlucht. Ein schmaler Fußweg, der auf Umwegen hinaufleitet und oft in den Felsen eingehauen werden mußte, ermöglichte Mensch und Tier einen Zugang nach Derborence. Ein Holztransport war bei diesen Wegverhältnissen unmöglich. Weitere Zugänge sind zwar über Pässe möglich, doch verhinderten die Höhendifferenzen einen rationellen Holztransport.

In diesem schwer zugänglichen Talkessel lagen jedoch fruchtbare Alpweiden. Für die Bewirtschaftung und für den Bau der Ställe ist wohl Holz genutzt worden, doch sind sicher nur die nächstgelegenen Bestände verwendet worden. Auf alle Fälle sind die Hirten nicht die steilen Wände gegen den Vérouet hinaufgestiegen.

Die Stille dieses Alpentales ist im Jahre 1714 jäh unterbrochen worden. Von den Hängen des Diablerets (3213 m) lösten sich riesige Felsmassen, stürzten gegen die Alpweiden und zerstörten 100 Hütten. Viele Menschen und Tiere sind damals unter den Schuttmassen begraben worden. Der zweite, noch größere Felssturz vom Jahre 1749 begrub nochmals 40 Hütten mit Menschen und Vieh. Nachher trat wieder eine große Stille in das Tal. Die Alpweiden waren zerstört. Durch den Trümmerstrom hat sich die Derbonne zu einem kleinen See aufgestaut. Was aber für den Wald von Derborence wichtig war, die kleine alpwirtschaftliche Nutzung blieb nun aus, und der Wald entwickelte sich nur noch nach den Gesetzen der Natur.

Der Talkessel von Derborence wurde ab und zu von Naturfreunden und Touristen, meist als Abschluß einer Paßwanderung, besucht. Aber erst vor einigen Jahren sind Forstleute und Naturwissenschaftler auf den Urwaldbestand aufmerksam geworden. Derborence wurde durch eine kühne Straße mit Tunnels und Galerien erschlossen,

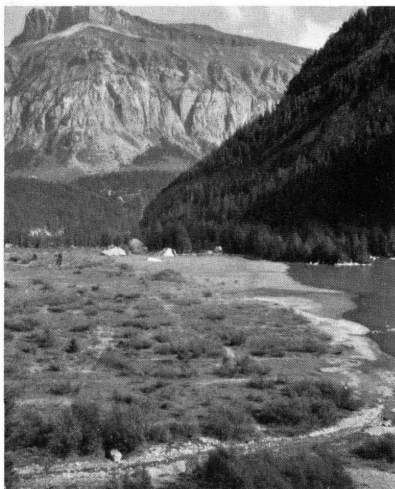


Abb. 1 Delta am See mit einer lichten Weiden-, Lärchenbestockung; rechts Teile des Urwaldes

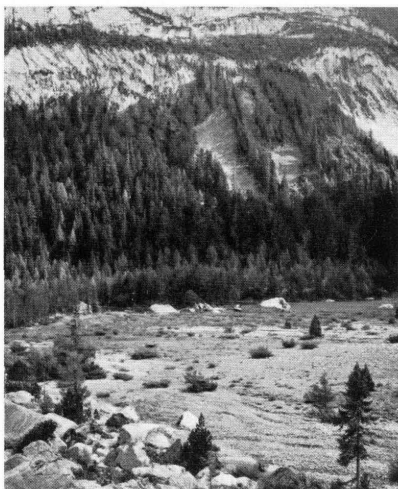


Abb. 2 Mittlerer Teil des Urwaldes: am Hang Tannenbestände, in der Ebene Pionierwälder aus Kiefer und Fichte. Am linken Bildrand Blöcke des Bergsturzes

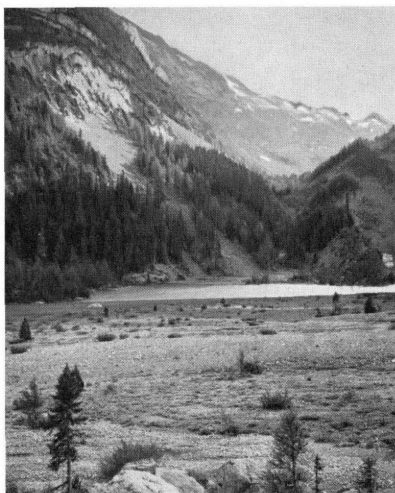


Abb. 3 Blick vom Bergsturz über das Delta

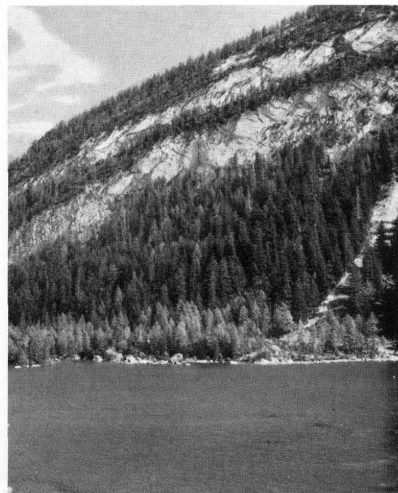


Abb. 4 Östlicher Teil des Urwaldes. Man sieht deutlich die Grenze zwischen dem jahrhundertealten Tannenbestand und dem Pionierwald unten am See

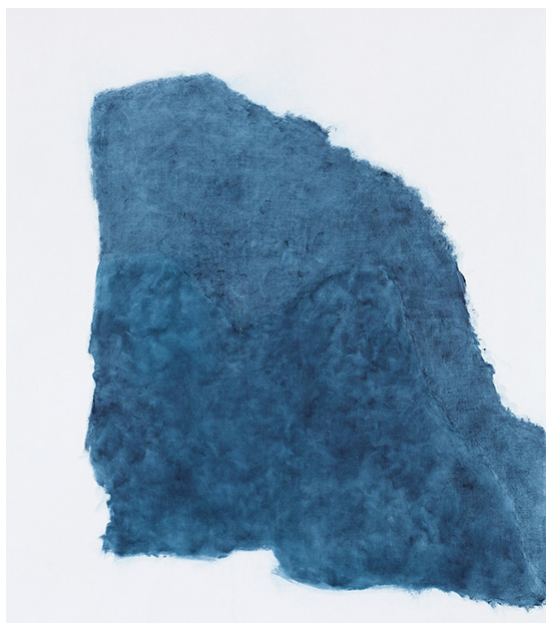
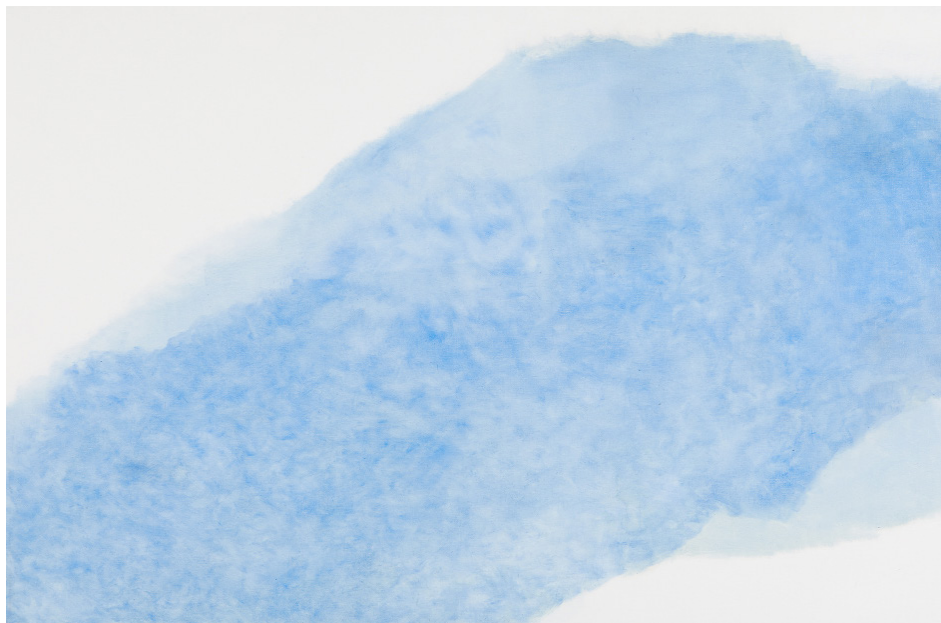
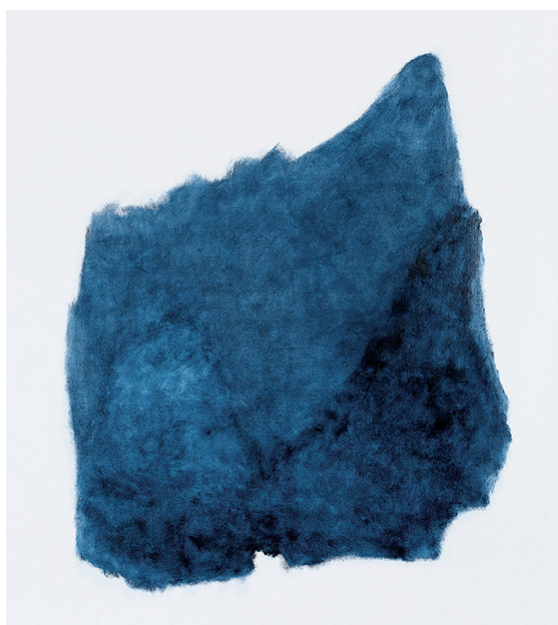
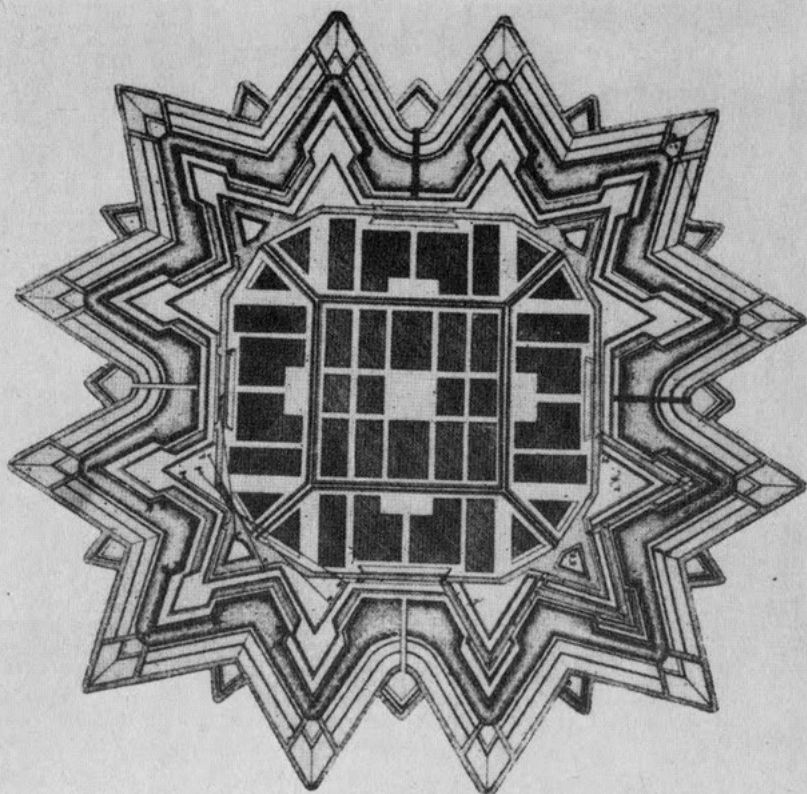


Abb Elisabeth Straessle, Derborence, 2018







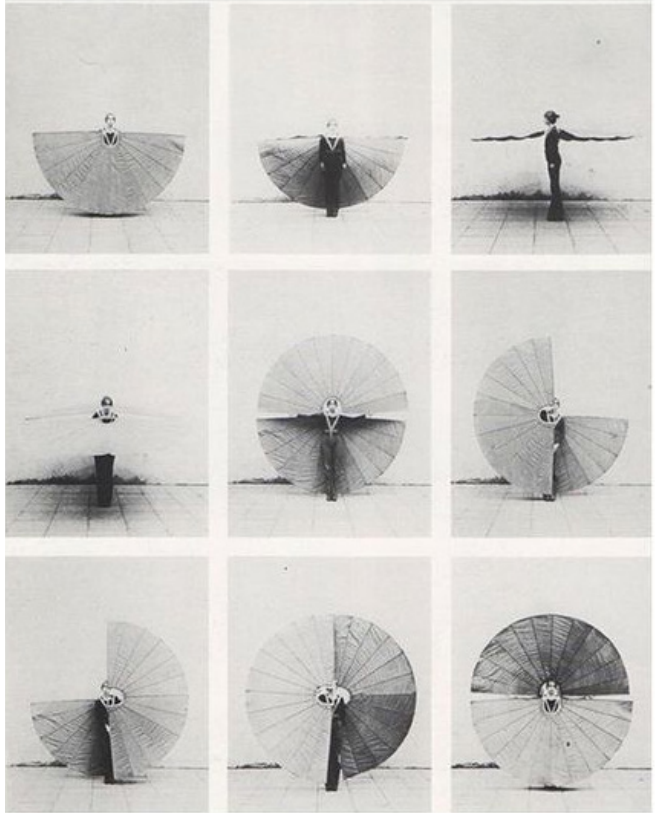


Protection



Schutz





101 Abb Mechanischer Körperfächer, 1972, Rebecca Horn

Das Wallis angesichts des Klimawandels, Synthesepapier

2021: Klimawandel im Kanton Wallis – Was geschah bisher und was erwartet uns in Zukunft? (Version 1.0)
National Centre for Climate Services, Zürich,
Auswirkungen des Klimawandels auf die Schweizer Gewässer, BAFU 2021

National Centre for Climate Services, Klimaszenarien CH2018, Technical Report;

Rolf Weingartner, «Die alpine Landschaft im Wandel», in: Fest, Flüssig, Biotisch: Alpine Landschaften im Wandel, Zürich 2021, S.100

<https://www.slf.ch/de/permafrost.html>

Noetzli, J. and Phillips, M. 2019. Mountain permafrost hydrology. Hydro-CH2018 Project. Comissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN), Ber Noetzli, J. and Phillips, M. 2019. Mountain permafrost hydrology. Hydro-CH2018 Project. Comissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN), Bern

Alpiner Permafrost – ein Überblick von Jeannette Nötzli und Stephan Gruber 2005

Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, Professur für fürstliches Ingenieurwesen ETH Zürich, 2007 (nach Popescu 2002)

20181000_AGN_Bergsturz_GrunetEtAl.pdf

Uli Gruener, Klimatische und meteorologische Einflüsse auf Sturzprozesse, 2006

Gerber-2017-Bergstürze,_Steinschläge_und_andere_Sturzereignisse-(published_version).pdf

PLANAT_2008_-_Teil_C__Sturzprozesse

Berechnung des Geschwindigkeitverlaufs mit Hilder des Pauschalgefälles: Alexander Preh, Felsstürze – Sturzprozess, TU Wien, Institut für Geotechnik, Forschungsbereich für Ingenieurgeologie, 2018

Albert Heim, Bergsturz und Menschenleben, 1932

Franz Hohler, Die Steinflut, btb Verlag, München, 1998, S. 172

Anais Meier, Über Berge, Menschen und insbesondere Bergschnecken, 2020

Alexander Bollinger, Bulletin für angewandte Geologie: Der Bergsturz von Goldau 1806 : Rückblick und Ausblick, (11) 2006

Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren, Professur für förstliches Ingenieurwesen ETH Zürich, 2007

Gefahrenstufen: Ergebnis von intensität und Wahrscheinlichkeit

PLANAT, Naturgefahren, Was kostet Sicherheit, BAFU, 2007

Abgeleitet aus: (<https://www.suedostschweiz.ch/politik/2017-12-14/bei-den-murgaengen-bei-bondo-wurden-99-gebaeude-beschaedigt>)

Informationsblatt Abstimmung – Kreditgesuch und Teilrevision Wiederaufbau Bondo (https://comune-dibregaglia.ch/images/Comune/Votazioni-Elezioni/2021/messaggio-votazioni_31.01.2021_DE_34ef7.pdf)

TEC21, Kreislaufwirtschaft, Gefahren erkannt – und die Risiken?, Rudolf Heim, 2016,

TEC21, Kreislaufwirtschaft, Rückbau wird zur Option, Lukas Denzler, 2016



Abb. Fischli und Weiss, Rock on top of another rock, 2013

Master Thesis

Frühling Sommer 2022

**Departement Architektur ETH Zürich
Prof. Dr. Elli Mosayebi**

**Kooperationspartner:
Prof. Dr. Guillaume Habert
Prof. Günther Vogt**

**Violeta Burckhardt
Lukas Burkhart
Yasmine Priore**

Anna Greta Kochhäuser

**Zweite
Moderne**