



verrutscht

Eine Analyse des Briener Rutschs und dessen
Auswirkungen auf die lokale Bevölkerung



2020/2021

Noelia Denzler

Betreuer: Jost Rinderknecht

Expertin: Andrea Jauss

Titelblatt

Abbildung 1: Der Blick zur Abrisskante und der Geröllhalde darunter vom Dorf aus (eigenes Bild)

Abbildung 2: Das Dorf Brienz (GR) von Westen (eigenes Bild)

Einleitung

Motivation und Themenfindung

Als begeisterte Alpinistin bin ich häufig im Gebirge unterwegs. Ob ich nun wandere oder klettere, staune ich über die Schönheit der mächtigen Gletscher, jäh abfallenden Felswände und glitzernen Bachläufe. Dieses Staunen weckt Interesse daran, wie diese Landschaften entstanden sind und bis heute geformt werden. Geologie fasziniert mich: Obwohl trockene Gesteinslehre wenig nützlich erscheint, sind geologische Kenntnisse in Berggebieten von grossem Nutzen. Profilschnitte ermöglichen einen Blick unter die Erdoberfläche. Die teils verschiedenfarbigen Gesteinsschichten geben vielen Landschaften ein besonderes Aussehen. Durch blosser Betrachtung kann man von Talformen und Felsformationen auf deren Entstehung und Beschaffenheit schliessen.

Abgesehen davon interessiert mich die Region um Brienz (GR)¹ speziell, da meine Wurzeln in Filisur und Arosa liegen. Ich war schon als Kind häufig in der Gegend unterwegs, habe aber erst durch diese Arbeit Näheres über den *Brienzer Rutsch* erfahren. Der zündende Funke war ein Gespräch mit meinem Onkel, der als Journalist über Brienz berichtete. Das Thema erschien mir spannend, aktuell und gut eingegrenzt. Ausserdem war es eine ideale Kombination meiner oben beschriebenen Interessen.

Fragestellung

Diese Arbeit stellt sich die Frage: Wieso rutschen Hänge überhaupt? (Leitfrage 1) Welches sind die entscheidenden beeinflussenden Faktoren? Und wie geht ein solches Ereignis vonstatten? Um dieser Frage nachzugehen, muss man auf die Entstehung der Alpen zurückschauen und die geologischen Prozesse nachvollziehen, die bis heute im Gebirge verlaufen. In der Gegenwart angekommen, wird der Fokus auf das Dorf Brienz und den Brienzer Rutsch gelegt. Welches sind die spezifischen Ursachen für die Hanginstabilität in Brienz? (Leitfrage 2) Ist es möglich die Rutschung zu stoppen? (Leitfrage 3) Diese Fragen müssen dringend beantwortet werden, um zu ermitteln was getan werden kann und muss, um die heikle Situation der Brienzerinnen² zu entschärfen. Antworten darauf sind für viele von existenzieller Bedeutung. Deshalb stellt sich die Frage: Hat die Bedrohung Effekte auf die Einwohnerinnen? (Leitfrage 4) Wenn ja, welche? Wie wurde ihr Leben durch die Rutschung verändert? Abschliessend sollen verschiedene Personen zu Wort kommen, die sich alle über das Gleiche den Kopf zerbrechen: Welche Zukunft hat Brienz? (Leitfrage 5) Wird das Dorf bewohnbar bleiben? Oder werden die schlimmsten Befürchtungen wahr und die Siedlung wird unter einem Bergsturz begraben?

Bevor spezifische Hypothesen aufgestellt werden, sollen im ersten Kapitel Grundlagen zu Brienz und Hanginstabilitäten erläutert werden.

¹ Im Folgenden wird das Kürzel «(GR)» weggelassen.

² In der ganzen Arbeit wird das generische Femininum verwendet. Mit der femininen Form ist also immer auch die maskuline Form gemeint.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
<i>Motivation und Themenfindung</i>	2
<i>Fragestellung</i>	2
Inhaltsverzeichnis	3
1 Grundlagen	5
1.1 <i>Brienzenz/Brinzauls</i>	5
1.2 <i>Der Brienzenz Rutsch</i>	6
1.3 <i>Massenbewegungen</i>	7
2 Hypothesen zu den Leitfragen	10
2.1 <i>Wieso rutschen Hänge überhaupt?</i>	10
2.2 <i>Welches sind die spezifischen Ursachen für die Hanginstabilitäten in Brienzenz?</i>	10
2.3 <i>Ist es möglich die Rutschung zu stoppen?</i>	10
2.4 <i>Hat die Bedrohung einen Effekt auf die Einwohnerinnen?</i>	10
2.5 <i>Welche Zukunft hat Brienzenz?</i>	11
3 Methoden	12
3.1 <i>Hypothesenfindung</i>	12
3.2 <i>Recherche</i>	12
3.2.1 <i>Geologische Grundlagen</i>	12
3.2.2 <i>Wissenschaftliche Studien</i>	12
3.2.3 <i>Aktueller Bericht zum Brienzenz Rutsch</i>	13
3.2.4 <i>Bevölkerungsinformation der Gemeinde Albula</i>	13
3.2.5 <i>Internetrecherche mit SWISSDOX</i>	13
3.2.6 <i>Weitere Recherche</i>	13
3.3 <i>Feldarbeit</i>	14
3.3.1 <i>Interviews</i>	14
3.3.2 <i>Besuch in Brienzenz</i>	15
4 Resultate und Analyse	16
4.1 <i>Resultate zur Hypothese 1</i>	16
4.2 <i>Resultate zur Hypothese 2</i>	17

4.2.1	Wasser.....	18
4.2.2	Ungleichgewicht des Hangs.....	20
4.3	<i>Analyse der Resultate zu den Hypothesen 1 und 2.....</i>	<i>21</i>
4.4	<i>Resultate zur Hypothese 3.....</i>	<i>24</i>
4.5	<i>Analyse der Resultate zur Hypothese 3.....</i>	<i>25</i>
4.6	<i>Resultate zu den Hypothesen 4.1, 4.2 und 5.....</i>	<i>28</i>
4.7	<i>Analyse der Resultate zu den Hypothesen 4.1, 4.2 und 5.....</i>	<i>31</i>
4.7.1	Hypothese 4.1.....	31
4.7.2	Hypothese 4.2.....	32
4.7.3	Hypothese 5.....	32
5	Diskussion	33
5.1	<i>Leitfragen und Hypothesen</i>	<i>33</i>
5.1.1	Wieso rutschen Hänge überhaupt?.....	33
5.1.2	Welches sind die spezifischen Ursachen für die Hanginstabilität in Brienz?.....	34
5.1.3	Ist es möglich die Rutschung zu stoppen?.....	35
5.1.4	Hat die Bedrohung einen Effekt auf die Einwohnerinnen?.....	35
5.1.5	Welche Zukunft hat Brienz?.....	36
5.2	<i>Methoden</i>	<i>36</i>
5.3	<i>Schlusswort.....</i>	<i>38</i>
6	Quellenverzeichnis	39
6.1	<i>Bücher.....</i>	<i>39</i>
6.2	<i>Skripte.....</i>	<i>39</i>
6.3	<i>Texte aus dem Internet.....</i>	<i>39</i>
6.3.1	Bevölkerungsinformation der Gemeinde Albula.....	40
6.3.2	Zeitungsartikel.....	41
6.4	<i>Geologische Berichte.....</i>	<i>41</i>
6.5	<i>Interviews.....</i>	<i>41</i>
7	Abbildungsverzeichnis.....	42
8	Anhang.....	42
8.1	<i>Eindrücke aus Brienz.....</i>	<i>44</i>



Abbildung 3: Der Blick auf Brienz von Westen. Was auf dem Foto weniger offensichtlich ist als vor Ort: der schiefe Kirchturm. (eigenes Bild)

1 Grundlagen

Vorab soll erstens ein grobes Portrait von Brienz gezeichnet werden, zweitens die Problematik des Briener Rutschs aufgezeigt werden und letztlich soll eine kurze Einführung ins Thema Massenbewegungen gegeben werden.

1.1 Brienz/Brinzaults



Abbildung 4: Die Lage von Brienz wird durch den roten Punkt markiert.³

³ Abbildung 4: swisstopo. 2020. www.map.geo.admin.ch (22.2.2021)

Ein idyllisches Bergdorf auf einer Sonnenterrasse über dem Albulatal, berühmt für den prächtigen Altar der Pfarrkirche St. Calixtus. Viele der gut 100 Einwohnerinnen sprechen Deutsch, ein Drittel zusätzlich Surmeirisch, eine Form des Romanischen (Wikipedia, 2020a). Daher kommen auch die zwei Namen: Deutsch – Brienz und Räteromanisch – Brinzauls. Neben den ganzjährig bewohnten Häusern befinden sich in Brienz auch viele Ferienwohnungen. So zählt das Dorf zeitweise bis zu 300 Bewohnerinnen. Brienz liegt oberhalb von Tiefencastel und der Albulastrecke der Rhätischen Bahn (RhB) an der Kantonsstrasse zwischen Davos und der Lenzerheide. Bis Ende 2014 bildete es zusammen mit dem Weiler Vazerol eine eigene Gemeinde. Heute gehört Brienz zur fusionierten Gemeinde Albula.

1.2 Der Brienzner Rutsch

Schon 1932 beschrieb der Geologe Albert Heim die Rutschung in Brienz. Ungeachtet seines Vorschlags, den Hang zu entwässern, wurde nichts unternommen. Er befürchtete, dass die Strasse oder das Bahn Trasse unterhalb zerstört werden könnten. (Heim, 1932) Die Grafik rechts zeigt, wie sich die Rutschung nach Heims Zeit bis ins Jahr 2000 mit konstant tiefer Geschwindigkeit fortbewegte. Seitdem hat sie sich aber bis zum heutigen Tag rasant beschleunigt.

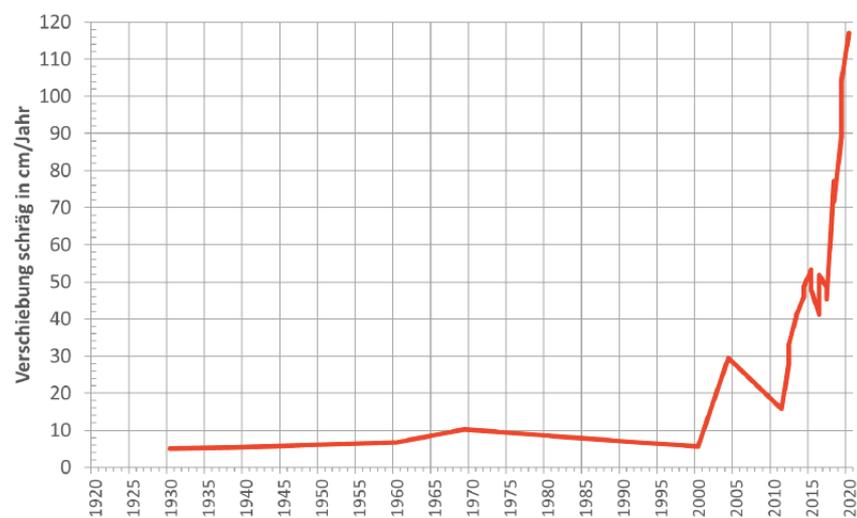


Abbildung 5: Entwicklung der Geschwindigkeit der Rutschung Dorf von 1930 bis 2020⁴

Die Rutschung nach Heims Zeit bis ins Jahr 2000 mit konstant tiefer Geschwindigkeit fortbewegte. Seitdem hat sie sich aber bis zum heutigen Tag rasant beschleunigt.

Auf der nächsten Seite befindet sich ein Kartenausschnitt von Brienz. Das auf der Karte rot eingefärbte Rutschgebiet ist östlich und westlich recht klar begrenzt. Auf der Höhe von Brienz reicht es im Westen gerade bis zu den ersten Häusern von Vazerol. Das Gebiet wird in zwei Bereiche aufgeteilt: Die *Rutschung Dorf* bewegt sich heute mit ungefähr 120 Zentimetern pro Jahr talwärts. Sie erstreckt sich von der Albula am Talboden bis auf die Höhe der Kantonsstrasse oberhalb des Dorfes. Durch die Verschiebungen des Bodens entstehen Schäden an den Gebäuden, Strassen, Leitungen und Landwirtschaftsflächen. Der nördliche Teil wird *Rutschung Berg* genannt und bewegt sich bedeutend schneller, nämlich stellenweise bis zu sechs Meter pro Jahr. Aus der mächtigen Felsmasse, die über Brienz hängt, lösen sich immer wieder Blöcke, die teilweise erst kurz vor den äusseren Häusern und der Kantonsstrasse zum Stehen kommen. Dies entspricht dem harmlosesten von drei Gefährdungsbildern. In den zwei gravierenderen Szenarien würden vier

⁴ Abbildung 5: Führungsstab der Gemeinde Albula. 2020. Präsentation Informationsanlass. 16.4.2020b. <http://www.albula-alvra.ch/files/BXMediaPlusDocument6707file.pdf> (5.8.2020)

oder gar 22 Millionen Kubikmeter Gestein das Dorf unter sich begraben. Um solche Ereignisse vorauszusagen, wird der Berg durch einen Frühwarndienst genau überwacht. (Bevölkerungsinformation, 16.4.2020a)

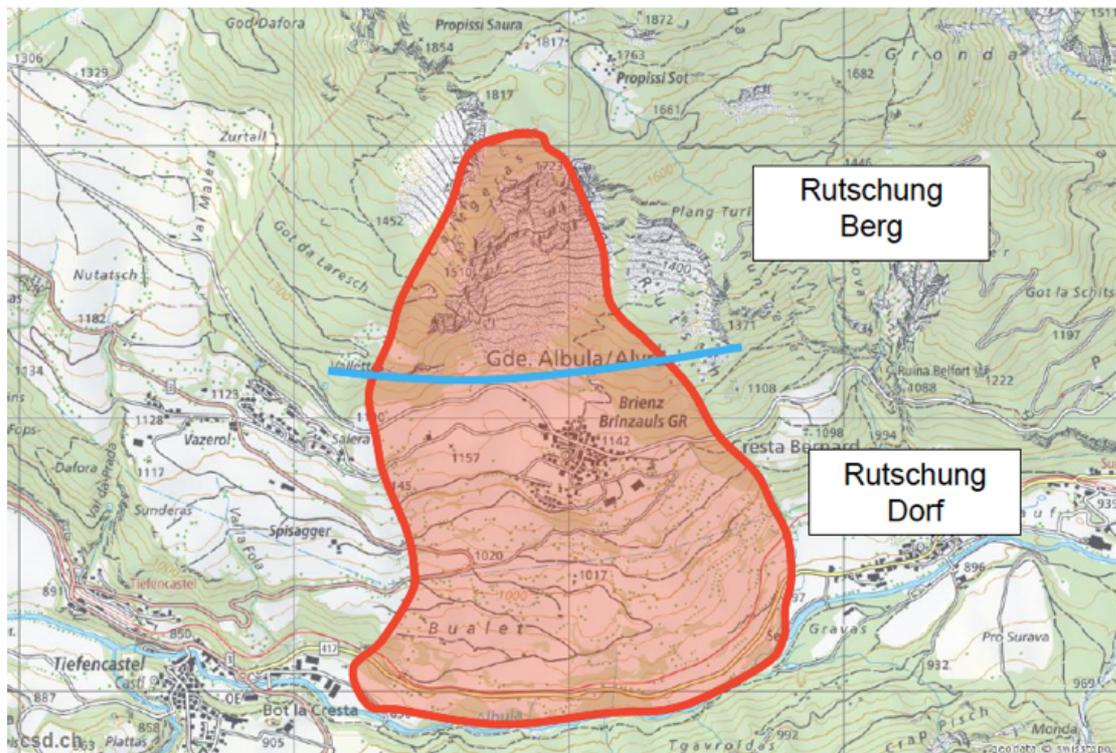


Abbildung 6: Einteilung der Rutschung in zwei Bereiche⁵

Im geologischen Sinne ist die *Rutschung Berg* genau genommen eine Sackung. Der Begriff bezeichnet eine Rutschung, bei der ein grosser Gesteinskomplex sich am Stück talwärts bewegt (Schneider, 2020). Deshalb wird die *Rutschung Berg* im weiteren Verlauf der Arbeit als Sackung und die *Rutschung Dorf* als Grossrutschung bezeichnet.

1.3 Massenbewegungen

Im Folgenden soll kurz erklärt werden, was Massenbewegungen sind, in welcher Form sie in Erscheinung treten und wie und unter welchen Umständen sie ausgelöst werden.

«Massenbewegungen sind Gleit-, Fliess- oder Sturzbewegungen großer Massen von Material hangabwärts unter dem Einfluss und als Folge der Schwerkraft.» (Press und Siever, 1995)

Sie werden genauer klassifiziert anhand der Geschwindigkeit, der Art des Materials und der Art der Bewegung. Im Begriff Massenbewegungen ist nämlich das Kriechen eines Hangs mit nur wenigen Zentimetern pro Jahr ebenso enthalten wie ein Bergsturz, der innerhalb weniger Sekunden zu Tale donnert (Press und Siever, 1995). Das Material variiert zwischen Festgestein,

⁵ Abbildung 6: Führungsstab der Gemeinde Albula. 2020. Präsentation Informationsanlass. 16.4.2020b. <http://www.albula-alvra.ch/files/BXMediaPlusDocument6707file.pdf> (5.8.2020)

Geröll und Erde. Weiter bewegen sich alle Massen unterschiedlich: manche fallen, andere kippen, rutschen oder fließen (Ludwig, 2011). Zur Veranschaulichung zwei ganz verschiedene Beispiele:



Abbildung 7: Rutschung im Lugnez (GR). Von Auge ist keine Bewegung zu erkennen. Eine Rutschung (hier die rot markierte Fläche) bewegt sich meist nur mit wenigen Zentimetern pro Jahr fort.⁶



Abbildung 8: Bei einem Murgang wird Schlamm und Geröll durch einen reissenden Strom ins Tal befördert. Dabei kann eine Geschwindigkeit von bis zu 70 km/h erreicht werden (Press und Siever, 1995).⁷

Wie im Lugnez handelt es sich auch in Brienz um eine Rutschung. Ein grundsätzliches Merkmal von solchen ist, dass die oberste(n) Schicht(en) des Hangs über eine Fläche ins Tal gleitet. Diese Gleitfläche kann sich dabei nur einige Meter, aber auch 200 Meter unter der Oberfläche befinden. (Breitenmoser, 2020)

Drei Faktoren, die Massenbewegungen beeinflussen, sind: die Beschaffenheit, die Steilheit und der Wassergehalt eines Hangs. Der Hang kann nämlich aus konsolidiertem⁸ oder unkonsolidiertem⁹ Material bestehen, flach daliegen oder steil abfallen, trocken oder feucht sein. Alle diese Faktoren lassen sich gut am Beispiel eines Sandhaufens aufzeigen: Bis zu einer gewissen Steilheit ist der Haufen (aus unkonsolidiertem Material) stabil. Wenn jedoch ein bestimmter Winkel zur

⁶ Abbildung 7: Comet Photo AG. Bündner Alpen, Lugnez. <http://doi.org/10.3932/ethz-a-000041024> (10.9.2020)

⁷ Abbildung 8: Picture-alliance. 2019. SchlammLawine im chinesischen Szechuan. <https://www.br.de/wissen/mure-schlammLawine-bergsturz-100.html> (11.9.2020)

⁸ zusammenhängend, fest

⁹ lose, nicht zusammenhängend

Horizontalen überschritten wird, rieselt Sand herab, bis wieder ein stabiler Zustand erreicht ist. Diesen Winkel nennt man natürlicher Böschungswinkel. Nun kommt der Wassergehalt ins Spiel: Im Sandkasten lernt schon ein Kind, dass feuchter Sand besser zusammenhält als trockener. Wenn er jedoch zu viel Wasser enthält, zerläuft eine prächtige Burg schnell zu einer Pfütze. Die Stabilität wird wegen der Oberflächenspannung des Wassers erhöht, aber nur solange die Reibung zwischen den einzelnen Körnern erhalten bleibt. Ist der Porenwasserdruck – der Wasserdruck in den Zwischenräumen, den Poren – zu hoch, werden die Sandkörner auseinandergedrückt und die Reibung wird enorm verringert. (Press und Siever, 1995)

Konsolidiertes Material weist keinen natürlichen Böschungswinkel auf, weil die Teilchen fest aneinanderhaften und sich, wenn, dann als Ganzes bewegen. So entstehen steilere Hänge, bei denen äussere Einflüsse zu einem übersteilten Böschungswinkel führen können. Zum Beispiel kann ein Fluss den Hangfuss erodieren und so zu einem Erdbeben führen, das wieder einen kleineren Böschungswinkel bewirkt. Wurzeln, Kräfte zwischen den kleinsten Teilchen und Zementation¹⁰ halten das Material zusammen. Wasser begünstigt Massenbewegungen, weil es wie ein Schmiermittel auf das Gestein wirkt: Es verringert die innere Reibung. So werden Massenbewegungen oft durch starke Niederschläge oder durch die Schneeschmelze ausgelöst. Zusätzliche Gründe für Massenbewegungen können Vegetationsrückgang oder eine Übersteilung des Hangs sein. (Press und Siever, 1995)

Mit diesem Basiswissen können die folgenden Hypothesen einfacher nachvollzogen werden. Später in Kapitel 4 wird auf diesen Grundlagen aufgebaut. So helfen sie beispielsweise, die Ursachen des Brienzer Rutschs zu verstehen, aber auch die verschiedenen Beispiele in den grösseren Kontext einzuordnen.

¹⁰ Zementation entsteht, indem in Wasser gelöste Mineralien in Porenräume eindringen und dort ausgefällt werden. So werden die Steine miteinander verkittet. (Wikipedia, 2018)

2 Hypothesen zu den Leitfragen

Nachdem ich mir einen Überblick verschafft hatte, stellte ich zu jeder Leitfrage mehrere Hypothesen auf. Diese Sammlung, die durch ein Brainstorming entstand, wurde dann auf Qualität geprüft und kondensiert. Das Ergebnis wird im Folgenden vorgestellt und begründet.

2.1 Wieso rutschen Hänge überhaupt?

Damit eine Massenbewegung in festem Material entstehen kann, müssen dessen Schichten in die gleiche Richtung wie der Hang abfallen. (Hypothese 1)

So können nämlich die oberen Schichten durch die Schwerkraft bewegt über die unteren Schichten talwärts gleiten, wenn die Reibung klein genug ist.

2.2 Welches sind die spezifischen Ursachen für die Hanginstabilitäten in Brienz?

Der Hang ist instabil, weil die Rutschmasse durch den Wasserspiegel im stabilen Felsen Auftrieb erhält und deshalb an der Gleitfläche nicht genug Reibung entsteht. Deshalb gleitet die Rutschmasse talwärts ab. (Hypothese 2)

Denn durch die hangparallele Schichtung sind bereits viele Schwachstellen vorhanden, die zu Gleitflächen werden können.

2.3 Ist es möglich, die Rutschung zu stoppen?

Es ist möglich die Rutschung abzubremesen. (Hypothese 3)

Wenn durch einen Drainagestollen Wasser aus dem Berginnern abgeleitet wird, senkt sich der Wasserspiegel und der Auftrieb auf die Rutschmasse wird verringert. Somit entsteht genug Reibung, dass der Hang bedeutend langsamer weitergleitet.

2.4 Hat die Bedrohung einen Effekt auf die Einwohnerinnen?

Die Einwohnerinnen haben sich damit abgefunden, dass sie Brienz verlassen müssen, falls es durch die Rutschung oder durch einen Bergsturz nicht mehr bewohnbar ist. (Hypothese 4.1)

Die Rutschgeschwindigkeit der Grossrutschung hat sich in den letzten drei Jahren mehr als verdoppelt. Auch die Sackungsmasse bewegt sich in verschiedenen Bereichen von zwei bis sechs Metern pro Jahr und in Messungen der Geschwindigkeit zeichnet sich ein Aufwärtstrend ab (Führungsstab der Gemeinde Albula, 16.4.2020a). Die Bevölkerung wird von der Gemeinde zuverlässig über den aktuellen Zustand informiert und vorsorglich genau instruiert für eine allfällige Evakuierung. So werden die Brienerinnen nun immer wieder damit konfrontiert, dass eine Umsiedelung in Zukunft unabdingbar werden könnte.

Die Rutschung hat kaum psychische Effekte auf die Dorfgemeinschaft. (Hypothese 4.2)

Die Bewohnerinnen sind alteingesessen und lassen sich nicht aus der Bahn bringen, da der Berg seit Generationen rutscht. Zudem setzen sie grosses Vertrauen auf die Behörden und Spezialistinnen, die den Hang engmaschig überwachen und mit Hochdruck an einer Lösung arbeiten.

2.5 Welche Zukunft hat Brienz?

Brienz wird spätestens in zehn Jahren nicht mehr bewohnbar sein und zu einem Geisterdorf werden. (Hypothese 5)

Wenn das Tempo der Rutschung nicht genug gedrosselt werden kann, können Wasser- und Stromzufuhr nicht mehr gewährleistet werden wegen stark beschädigter Leitungen. Auch werden die Häuser derart Schaden nehmen, dass Reparaturen auf die Dauer finanziell nicht tragbar sind.

Im nächsten Kapitel werden die Methoden dargelegt, mit denen die oben formulierten Hypothesen überprüft werden sollen.

3 Methoden

3.1 Hypothesenfindung

Im Hypothesenkapitel wurde kurz erläutert, wie eine erste Hypothesensammlung zustande kam. An dieser Stelle sollen zwei Änderungen erwähnt werden. Im Wissen, dass schliesslich nicht alle Hypothesen behandelt werden können, wägte ich die Hypothesen gegeneinander ab. Es wurden diejenigen gewählt, welche die passendsten Resultate und die ergiebigste Diskussion hervorbringen würden. Im Laufe der Recherche entschied ich mich ausserdem, eine der anfänglich sechs Leitfragen wegzulassen: Wie gingen die Bewohnerinnen vor 100, 50, 20 Jahren mit der Rutschung um? (Leitfrage 6) Obschon äusserst spannend, schien mir diese Leitfrage, die nochmals in eine andere Richtung führt, den Rahmen der Arbeit zu sprengen. Das Entfernen dieser Frage hinterliess keine Lücke in der Fragestellung, sondern begrenzte sie sinnvoll.

3.2 Recherche

Mein Ziel bei der Recherche war, die grundlegende Theorie zu Massenbewegungen zu verstehen und so konkrete Beispiele einordnen zu können. Es war mir wichtig, ein möglichst tiefes Verständnis des Briener Rutschs zu bekommen. So konnte ich mich gut vorbereiten auf die Gespräche mit den Geologen. Nicht zuletzt galt es auch, gut informiert zu sein über die aktuelle Situation in Brienz. Bis zu den Sommerferien habe ich mich in das Thema Massenbewegungen eingelesen. Parallel dazu habe ich mithilfe von Zeitungsartikeln und den Informationen der Gemeinde Albula recherchiert.

3.2.1 Geologische Grundlagen

Mit den Büchern «Allgemeine Geologie» (Press und Siever, 1995) und «Landschaften und Geologie der Schweiz» (Pfiffner, 2019) erarbeitete ich die geologischen Grundlagen. So konnte ich mir Fachbegriffe, Kenntnisse verschiedener Hangformen, Bewegungstypen und Ursachen von Hanginstabilitäten aneignen. Beide Bücher waren ideal, da sie das Thema Massenbewegung kurz und trotzdem fachlich fundiert behandeln. Auf dieser Basis konnte ich nun aufbauen und habe drei wissenschaftliche Studien ausgewählt.

3.2.2 Wissenschaftliche Studien

Gefunden habe ich die Studien einerseits mithilfe der Suchmaschine «Google Scholar». Andererseits habe ich, nachdem ich Kontakt mit den Experten aufgenommen hatte, gefragt, ob sie mir eine Lektüre zu Brienz empfehlen könnten.

Die Studie «Mechanik des Kriechens von Böschungen und Hängen» (Goldschneider, 2014) behandelt die physikalischen Gesetze innerhalb eines kriechenden Hangs. Auch wird die Berechnung von Grössen wie zum Beispiel der mechanischen Spannungen innerhalb Massenbewegungen und der Kriechgeschwindigkeit erklärt. Das Ziel dabei war wichtigste Grundsätze und Fachbegriffe kennenzulernen.

Die zweite Studie beschreibt die Rutschung in Les Buges (NE): «Long-term effects of deep-seated landslides on transportation infrastructure: a case study from the Swiss Jura Mountains» (Preisig,

2017). Darin werden zuerst die verwendeten Fachbegriffe eingeführt, um über geologische Konzepte sprechen zu können. Es folgt eine detaillierte Ausführung zu Geologie, Kinematik und Hydrogeologie der Rutschung in Les Buges. Der Effekt auf die Infrastruktur wird diskutiert, denn durch das Rutschgebiet führen eine Bahnlinie, eine Stromleitung, ein Wanderweg sowie ein Aquädukt, welches Neuchâtel mit Wasser versorgt (Preisig, 2017). Durch diese Lektüre machte ich es mir zur Gewohnheit, Grafiken und geologische Karten zu erfassen und lernte ein zusätzliches Beispiel einer Rutschung kennen.

Die Fallstudie, die am besten zum Thema passt: «Kinematische Analyse der Hanginstabilität von Brienz/Brinzauls GR» (Ludwig, 2011). Von dieser 80-seitigen Arbeit las ich einzelne Ausschnitte: Die geologische Beschreibung des Untersuchungsgebiets, ein Kapitel zur Definition von Massenbewegungen und deren Klassifikation in verschiedene Bewegungstypen und zum Schluss die Ergebnisse der Untersuchungen und die Diskussion.

3.2.3 Aktueller Bericht zum Brienzer Rutsch

Grosszügigerweise stellte mir Stefan Schneider, einer der Geologen, einen aktuellen Bericht seiner Firma zur Verfügung: «Sackungsmasse Brienz/Brinzauls» (Schneider et al., 2019). Darin werden Untersuchungen ausgewertet und mithilfe von vielen Karten und Profilschnitten wird ein tektonisches sowie ein kinematisches Modell aufgestellt. Ausserdem werden verschiedene Gefährdungsbilder in Bezug auf die Bergsturzgefahr oberhalb des Dorfes gezeichnet. Dieser Bericht und Andreas Ludwigs Arbeit eigneten sich wegen der akkuraten Profilschnitte und der Erklärungen dazu gut, um den Brienzer Rutsch vertieft zu studieren.

3.2.4 Bevölkerungsinformation der Gemeinde Albula

Eine weitere Quelle stellt die Bevölkerungsinformation der Gemeinde Albula dar. Diese geschieht einerseits durch monatliche Bulletins auf der Website der Gemeinde und andererseits durch Veranstaltungen. Die Bulletins habe ich regelmässig gelesen, um auf dem neusten Stand zu bleiben. Wegen des Lockdowns wurden im Frühling zwei Anlässe über einen Livestream durchgeführt, so konnte ich sie mir auf YouTube anschauen. Der Gemeindepräsident und ein Team von Geologen informierten über den aktuellen Stand der Dinge und erklärten die neusten Untersuchungsergebnisse.

3.2.5 Internetrecherche mit SWISSDOX

Mithilfe der Suchmaschine SWISSDOX habe ich die Zeitungsartikel der letzten Jahre durchforstet. Die, die von jenem «märchenhaften Bergdorf», der «dramatischen Rutschung» und der «furchtlosen Bevölkerung» handelten, nahm ich genauer unter die Lupe. Diese Artikel flossen einerseits direkt in die Arbeit ein und andererseits inspirierten sie die Fragen in den Interviews.

3.2.6 Weitere Recherche

Nach der ersten Phase des Recherchierens kam noch eine grosse Anzahl Quellen dazu. Auftauchende Wissenslücken wurden durch Internetrecherche, das Wiederausleihen eines Buchs und je einem Telefongespräch mit Thomas Breitenmoser und Stefan Schneider gestopft.

3.3 Feldarbeit

Die Recherche vor Ort, half mir noch tiefer ins Thema einzutauchen, weil ich so mit eigenen Füßen auf der Rutschung stand. Ich erlebte, dass hinter allen Fakten und Theorien ein Dorf und seine Menschen stehen. Am ersten Tag führte ich je ein Gespräch mit den Geologen Thomas Breitenmoser und Stefan Schneider. Danach besuchte ich die Familie Simeon in Vazerol, einem Dorf unweit von Brienz, um mit ihnen darüber zu sprechen, wie sie die Situation erleben. Am folgenden Tag unterhielt ich mich mit Daniel Albertin, dem Präsidenten der Gemeinde Albula.

3.3.1 Interviews

Die Interviews waren ein wichtiger Teil meiner Recherche, weil ich sehr nahe an der Informationsquelle war und unmittelbar meine Fragen stellen konnte. Das Ziel im Gespräch mit den Geologen war, Unklarheiten zum Thema Massenbewegungen zu klären und die Hanginstabilität in Brienz besser zu verstehen. Ihre Ausführungen haben sehr geholfen, die Mechanismen, die für den Brienzener Rusch verantwortlich sind, nachzuvollziehen. Durch die Interviews mit dem Gemeindepräsidenten und der Familie wollte ich einen Einblick ins Leben mit der Rutschung erhalten und herausfinden, was für einen Effekt diese Bedrohung auf die Bevölkerung von Brienz hat. Obwohl die Aussagen dreier Einzelpersonen nur einen kleinen Teil des Meinungsspektrums abbilden, war es trotzdem wertvoll, mit diesen Leuten zu sprechen. So gewann ich zusätzlich eine persönliche Sichtweise. Die Gespräche habe ich mit meinem Smartphone aufgezeichnet¹¹. So konnte ich mich auf die Gesprächsführung konzentrieren. Während der Interviews folgte ich einer Liste mit Fragen.

Vorbereitung der Interviews

Im Mai 2020 fragte ich die zwei Geologen und Daniel Albertin an, ob ich mit ihnen ein Interview machen dürfe. Sie sagten erfreulicherweise sofort zu. Auf der Suche nach Brienzenerinnen, die bereit wären, mit mir zu sprechen, habe ich an verschiedene Vereine in der Umgebung von Brienz geschrieben. Nach langer Funkstille nahm schliesslich Sonja Simeon mit mir Kontakt auf. Als inhaltliche Vorbereitung erstellte ich für jedes Gespräch eine Liste mit Fragen, die in verschiedene Themenbereiche gegliedert waren.

Interviews

Thomas Breitenmoser wuchs in Herisau auf und studierte an der ETH Zürich Geologie. Heute ist er Leiter der Büros für Technische Geologie (BTG) in Sargans und Chur. Seit 2018 beschäftigt er sich intensiv mit dem Brienzener Rutsch und ist nun verantwortlich für die geologischen Untersuchungen des Brienzener Rutschs. In diesem Rahmen koordiniert und interpretiert er unter anderem Bohrungen, um den Untergrund bei Brienz besser zu verstehen. (Führungsstab der Gemeinde Albula, 7.5.2020)

Stefan Schneider kommt aus Affoltern am Albis und wohnt heute in Scharans (GR). An der ETH Zürich studierte er Erdwissenschaften und arbeitet heute bei der CSD Ingenieure AG in Thusis.

¹¹ Die Aufzeichnungen sind in einem persönlichen Archiv abgelegt.

Seit fast zehn Jahren setzt er sich mit dem Brienzer Rutsch auseinander und ist jetzt Leiter des Frühwarndienstes. Der Hang oberhalb des Dorfs wird mit vielen Messgeräten überwacht. Die Aufgabe des Frühwarndienstes besteht darin, diese Daten auszuwerten und im Falle eines Bergsturzes Alarm auszulösen. (Führungsstab der Gemeinde Albula, 9.3.2020)

Daniel Albertin ist Gemeindepräsident der Gemeinde Albula. Er ist Landwirt und wohnt auf der gegenüberliegenden Talseite in Mon. Einerseits kennt er die Gemeinde, deren Geschichte und Einwohnerinnen gut. Andererseits ist er auch engagiert im grossen Projekt der Sanierung des Hangs.

Durch den Samariterverein Belfort konnte ich mich mit Sonja Simeon in Verbindung setzen. Sie lebt mit ihrem Mann Patrick Simeon und ihren zwei Kindern in Vazerol, einem Weiler westlich von Brienz. Sie kennen die Brienzerinnen, denn sie wohnten fünf Jahre lang in Brienz und haben dann 2010 in Vazerol ein Haus gebaut. Nur wenige Meter neben ihrem Garten verläuft die Grenze zur Rutschung. Ihr Haus steht also auf stabilem Grund, doch von oben her droht trotzdem ein Bergsturz.

3.3.2 Besuch in Brienz

Auf dem Spaziergang von Vazerol nach Brienz erhielt ich einen ersten Eindruck des Dorfes. Ich schaute zur eindrücklichen Rutschmasse hoch (siehe Titelbild) und erkundete das Dorf. Am zweiten Tag kehrte ich bei schönerem Wetter nochmals zurück. Meine Eindrücke habe ich schriftlich in meinem Journal und fotografisch festgehalten. Die Journaleinträge schrieb ich vor Ort, damit meine Erinnerung noch frisch und möglichst unbeeinflusst festgehalten war. Eine Auswahl der Bilder ist im Anhang enthalten, um einen Eindruck von Brienz zu gewinnen, das, «wenn es nicht rutschen würde, ein ganz normales Dörfchen wäre» (Hablützel, 2019).

4 Resultate und Analyse

Im letzten Kapitel wurden die angewendeten Methoden erläutert. Auf den kommenden Seiten sind nun die Ergebnisse zusammengestellt und den zugehörigen Hypothesen beigeordnet. Dazwischen wird analysiert, ob es die Hypothesen angesichts der Faktenlage zu bestätigen oder zu verwerfen gilt.

4.1 Resultate zur Hypothese 1

«Damit eine Massenbewegung in festem Material entstehen kann, müssen dessen Schichten in die gleiche Richtung wie der Hang abfallen.» (Hypothese 1)

Die Gesteinsschichten, die die Alpen heute prägen, entstanden im Erdmittelalter vor 100 Millionen Jahren. Das Gebiet der heutigen Schweiz war von einem Meer bedeckt, auf dessen Grund sich fortwährend Sedimente ablagerten. (Essig et al., 2011) Typisch für solche Ablagerungen sind Schichten, die unterschiedliche Mineralien enthalten und sich in Farbe, Grösse der einzelnen Partikel und in ihrer Textur unterscheiden (Wikipedia, 2020b). Im Laufe der Zeit verfestigten sich die Sedimente zu Sedimentgesteinen. Vor 10 Millionen Jahren wurden die Schichten angehoben und gefaltet, als sich die Afrikanische Platte über die Europäische Platte schob (Essig et al., 2011). Die ursprünglich ebenmässig horizontal verlaufenden Schichten wurden verbogen, übereinander geschoben, aufgestellt und dabei teilweise metamorphisiert¹². So entstand eine Landschaft mit den unterschiedlichsten tektonischen Situationen – die Alpen.

Für Massenbewegungen sind vor allem die Grenzen zwischen diesen Schichten von Bedeutung. Sie stellen nämlich «potenzielle Schwächezonen» dar, da sie sich in Beschaffenheit und der Fähigkeit, Wasser aufzunehmen unterscheiden (Press und Siever, 1995). Die verschiedenen Materialien können miteinander eine weniger stabile Verbindung eingehen als homogenes Gestein.

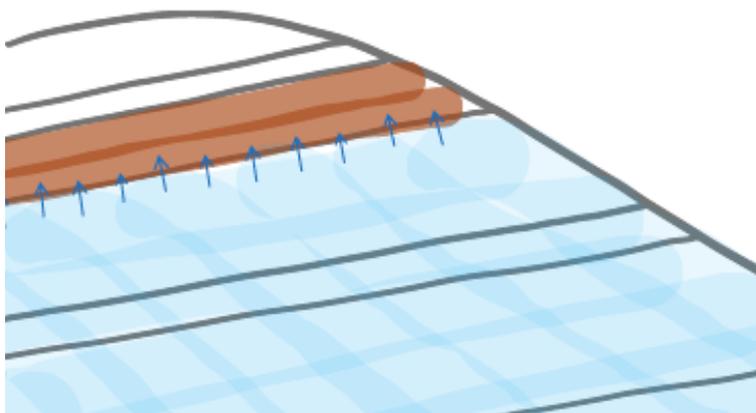


Abbildung 9: Der hohe Grundwasserspiegel drückt von unten auf die braune, undurchlässige Schicht. (eigenes Bild)

Ist eine bestimmte Schicht schlecht durchlässig, kann das Wasser einerseits nicht weiter ins Gebirge hineinsickern, sondern wird aufgehalten und verringert dort die Reibung zwischen den Schichten. Andererseits kann auch von unten kaum Wasser ins Material eindringen. Bei einem hohen Grundwasserspiegel kommt folglich ein Druck auf diese Schicht zustande, wie die nebenstehende Skizze zeigt. (Breitenmoser, 2020)

¹² unter hohem Druck und/oder hoher Temperatur verändert

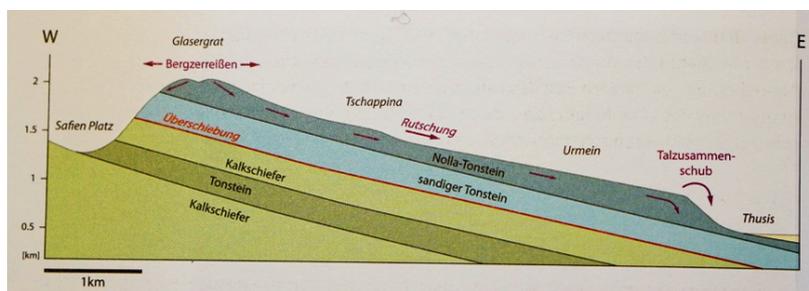
Warum der so entstehende Auftrieb ein Gleiten begünstigt, kann mit dem physikalischen Gesetz zur Haftreibung aufgezeigt werden:

$$F_{HR} = \mu_H \cdot F_N$$

Damit eine Masse zu rutschen beginnt, muss die maximale Haftreibung F_{HR} überwunden werden. Diese ist abhängig vom Haftreibungskoeffizienten μ_H , der je nach Material verschieden ist, und von der Normalkraft F_N . Die Normalkraft gibt an, wie stark ein Objekt an etwas angepresst wird. In diesem Fall ist sie von der Gewichtskraft abhängig, die die Anziehung eines Objekts durch die Erde beschreibt. Wenn also durch den vorher beschriebenen Auftrieb ein Teil der Gewichtskraft kompensiert wird, wird auch F_N und somit F_{HR} verkleinert. Bei einer kleineren maximalen Haftreibung ist der Punkt, an dem talwärts gerichtete Kräfte eine Masse zum Rutschen bringen können, folglich schneller erreicht. (Leupold, 2019)

An einer Grenze zwischen unterschiedlichen Schichten ist es also möglich, dass sich Gesteinspakete gegeneinander verschieben. Das passiert jedoch nicht ausschliesslich an tektonischen Grenzen, sondern auch an anderen Trennflächen. Diese können durch Zerklüftung bei der Gebirgsbildung oder durch Verwitterung entstanden sein. (Schneider, 2020)

Wenn die Schichtung parallel zum Hang einfällt, begünstigt das eine Massenbewegung stark. Sobald der Zusammenhalt zwischen den Schichten nachlässt, rutschen die oberen Lagen wegen der Schwerkraft ab (Press und Siever, 1995). Tatsächlich sind die meisten grossen Massenbewegungen in der Schweiz an Orten, wo es solche Schichtflächen hat, entstanden – zum Beispiel der



Bergsturz von Goldau 1806 (Schneider, 2020). Auch am Heinzenberg bei Thusis wird eine Rutschung durch hangparallele Schichtung begünstigt, wie sich im Profilschnitt gut erkennen lässt.

Abbildung 10: Profilschnitt durch den Heinzenberg vom Glasergrat bis nach Thusis¹³

4.2 Resultate zur Hypothese 2

«Der Hang ist instabil, weil die Rutschmasse durch den Wasserspiegel im stabilen Felsen Auftrieb erhält und deshalb an der Gleitfläche nicht genug Reibung entsteht. Deshalb gleitet die Rutschmasse talwärts ab.» (Hypothese 2)

Nun zum zentralen Beispiel dieser Arbeit: dem Hang bei Brienz. Der Profilschnitt auf der nächsten Seite zeigt: Die Schichtung in Brienz ist komplexer als die Schichtung des Heinzenbergs. Der Teil oberhalb der blauen, gekrümmten Linie entspricht der Sackung. Dort fallen die Schichten

¹³ Abbildung 10: Pfiffner, O. Adrian. 2019. Landschaften und Geologie der Schweiz. Haupt, Bern.

ebenfalls in die gleiche Richtung ab wie der Hang. Der Bereich oberhalb der dicken, roten Linie entspricht der Grossrutschung. Es wird vermutet, dass diese Masse sich vorher auf der Höhe der Sackung befand und nach dem Rückzug des Landwassergletschers abgesackt ist (Schneider et al., 2019). Das erscheint plausibel, achtet man auf die Abfolge der Schichten im unteren Teil, der leicht an den oberen angesetzt werden könnte.

NNW

SSE

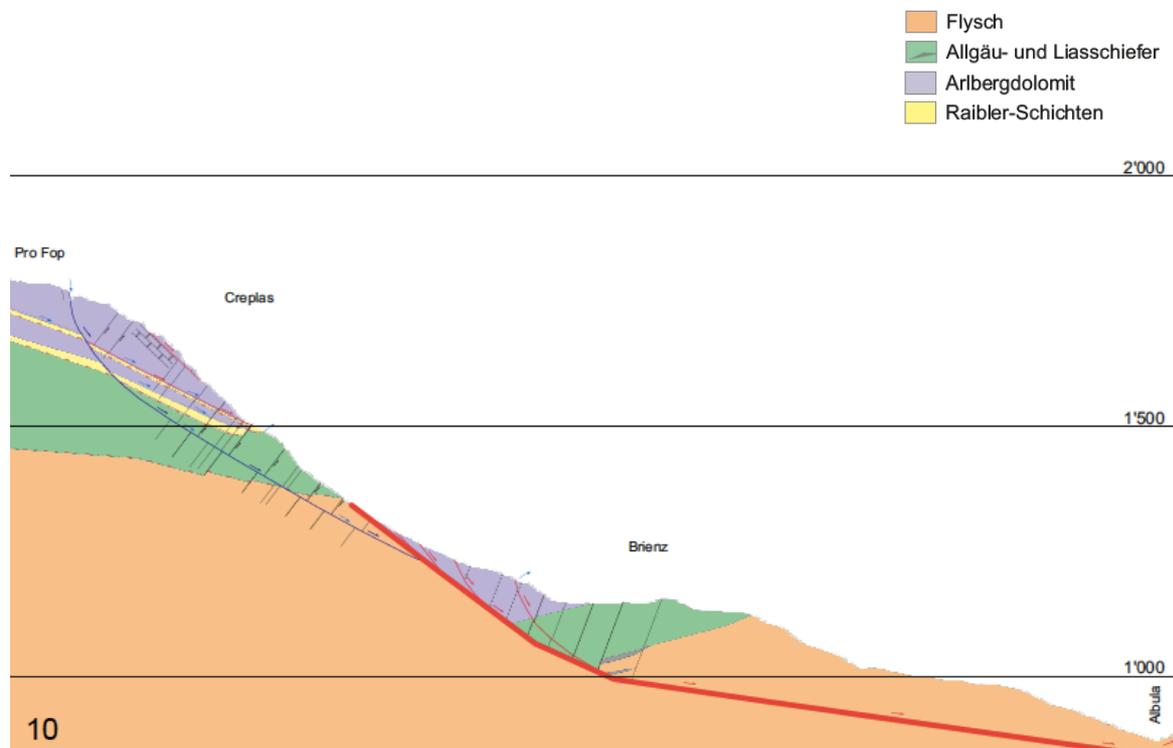


Abbildung 11: Geologischer Profilschnitt der Flanke des Piz Linard von Pro Fop bis zur Albula¹⁴

Obgleich eine solche Grafik Licht in die Angelegenheit zu bringen scheint, tappt man in mancher Hinsicht noch im Dunkeln. So könnten auch in diesem Profilschnitt noch viele Fragezeichen gesetzt werden, meint Stefan Schneider (Schneider, 2020). Im Folgenden werden zwei Mechanismen aufgezeigt, die die Rutschung verursachen könnten: die Rolle des Wassers und die eines Ungleichgewichts des Hangs. Beide Ideen werden von den Expertinnen laufend geprüft, untersucht und weiterverfolgt.

4.2.1 Wasser

Stefan Schneider bezeichnet Wasser als den Treiber der Rutschung. Deren Ursache liege im Flysch, der aus Kalk- und Tonschiefern besteht. Dort befinde sich eine lehmige, undurchlässige Schicht, die durch Wasser zu einer Gleitfläche werde. Diese ist mehrere Meter dick und im Profilschnitt rot eingezeichnet (Breitenmoser, 2020). Ob die dünne, blaue Linie ebenfalls eine

¹⁴ Abbildung 11: Schneider, Stefan et al.. 2019. Sackungsmasse Brienz/Brinzauls. Geologisches und Kinematisches Modell. CSD Ingenieure. Thusis.

Gleitfläche darstellt, wird im Verlauf des Jahres 2020 mithilfe von Bohrungen untersucht. (Schneider, 2020)

Einerseits sieht man in Brienz ein gutes Beispiel für den Auftrieb, wie er in Abbildung 9 dargestellt ist. Der Auftrieb drückt bei der im Profilschnitt roten Linie von unten auf die Rutschung Dorf, verringert die Reibung und führt zu einem Gleiten. Andererseits dringt durch die spröde Oberfläche des Arlbergdolomits viel Niederschlag in die Sackung ein. Dieses Wasser beginnt ins Gebirge hineinzusickern, wird jedoch im Flysch aufgehalten. Von dort aus sucht das Wasser einen Weg abwärts, fließt entlang der Gleitfläche in Richtung Albula und begünstigt so die Rutschung. So wird die Gleitfläche «geschmiert». (Breitenmoser, 2020)

Schwierig zu klären ist, warum die Rutschung genau in den letzten zwei Jahren so stark beschleunigt. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Wasserwege im Untergrund durch die Bewegung des Hangs und durch Erosion verändert worden sind. So könnte in kurzer Zeit ein Zustand entstanden sein, in dem sich das Wasser staut, was den Porenwasserdruck vergrößert und folglich die Reibung reduziert. (Schneider, 2020)

Wenn nun Wasser der Treiber der Rutschung ist, könnte man meinen, die Geschwindigkeit sei von der Niederschlagsmenge abhängig. Nach genauer Betrachtung von Abbildung 12 erweist sich diese Vermutung aber als falsch. In den kalten Jahreszeiten zeichnet sich jeweils eine Beschleunigung ab. In der Schweiz herrscht allerdings ein sommerfeuchtes Klima. Würden grosse Wassermengen zu einer Beschleunigung führen, müssten diese also im niederschlagsreicheren Sommer auftreten. Dass die Rutschung beschleunigt, hängt vielmehr mit dem Porenwasserdruck zusammen. Im Winter wird dieser erhöht, weil sich das Gestein wegen der Kälte zusammenzieht.



So wird der Porenraum kleiner, das darin enthaltene Wasser hat weniger Platz und übt einen größeren Druck aus. Dieser Porenwasserdruck bewirkt einen Auftrieb auf die Rutschmasse und begünstigt so die Rutschung. (Schneider, 2020)

Abbildung 12: Geschwindigkeit der Rutschung Dorf in Brienz von 2012 bis 2020¹⁵

¹⁵ Abbildung 12: Führungsstab der Gemeinde Albula. 2020. Aktuelle Lage Rutschung Dorf. Präsentation Informationsanlass. 30.7.2020b. <http://www.albula-avvra.ch/files/BXMediaPlusDocument6844file.pdf> (5.8.2020)

4.2.2 Ungleichgewicht des Hangs

Dieser Begriff lässt vielleicht an einen unbeholfen taumelnden Berg denken. Eigentlich gemeint ist aber, dass die Masse des Hangs seit dem Rückzug des Landwassergletschers nicht genügend Halt hat. Der Gletscher höhlt das Tal aus, wodurch steile Flanken entstanden, wie Abbildung 13 zeigt. Ohne das Eis weisen diese nun einen übersteilten Böschungswinkel auf (Breitenmoser, 2020). Da das Material konsolidiert ist, kommt es nicht zu einem

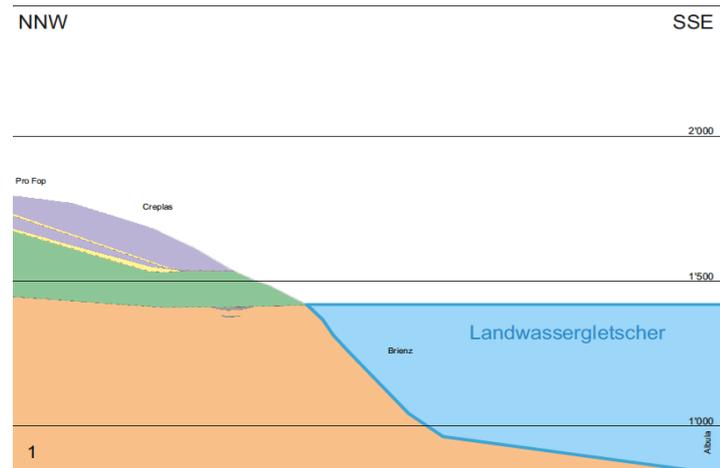


Abbildung 13: Der Gletscher hat das Tal ausgehöhlt und sorgt für die Stabilität des Hangs¹⁶.

Ausgleich wie in einem Sandhaufen. Dort würden Sandkörner herunterrieseln, was bei festem Stein nicht geschieht, weil es keine losen Teilchen hat. Auf das Gestein wirken starke Kräfte, weil alle Teilchen, die im Sandhaufen herunterfallen würden, talwärts gezogen werden. Wie bereits erwähnt, kam es so zu einer postglazialen¹⁷ Sackung, wodurch die Landschaft gestaltet wurde, wie wir sie heute kennen (Schneider, 2020). Dieser Vorgang führte allerdings nicht zu einem Gleichgewicht, obwohl es die über dem Tal hängende Masse verkleinerte.

Gemäss Thomas Breitenmoser werde dieses Ungleichgewicht verstärkt durch die Albula. Der Fluss transportiere nämlich kontinuierlich Material ab und verhindere so, dass sich eine Stütze bilde. Würde sich der untere Teil der Rutschmasse im Tal ablagern, entstünde ein besserer Halt für den Hang. Für Breitenmosers These spricht, dass die tektonische Grenze zwischen dem Flysch und der darunterliegenden Schamser-Decke der Erosion durch die Albula ausgesetzt ist (Ludwig, 2011). Stefan Schneider meint dagegen, dass die Flusserosion vernachlässigbar sei, weil das erodierte Material, wäre es noch dort, dem Hang nicht genug Halt geben würde (Schneider, 2020). Seiner Meinung nach wird die Rutschung vorwiegend von oben verursacht (Schneider, 2020). (Breitenmoser, 2020)

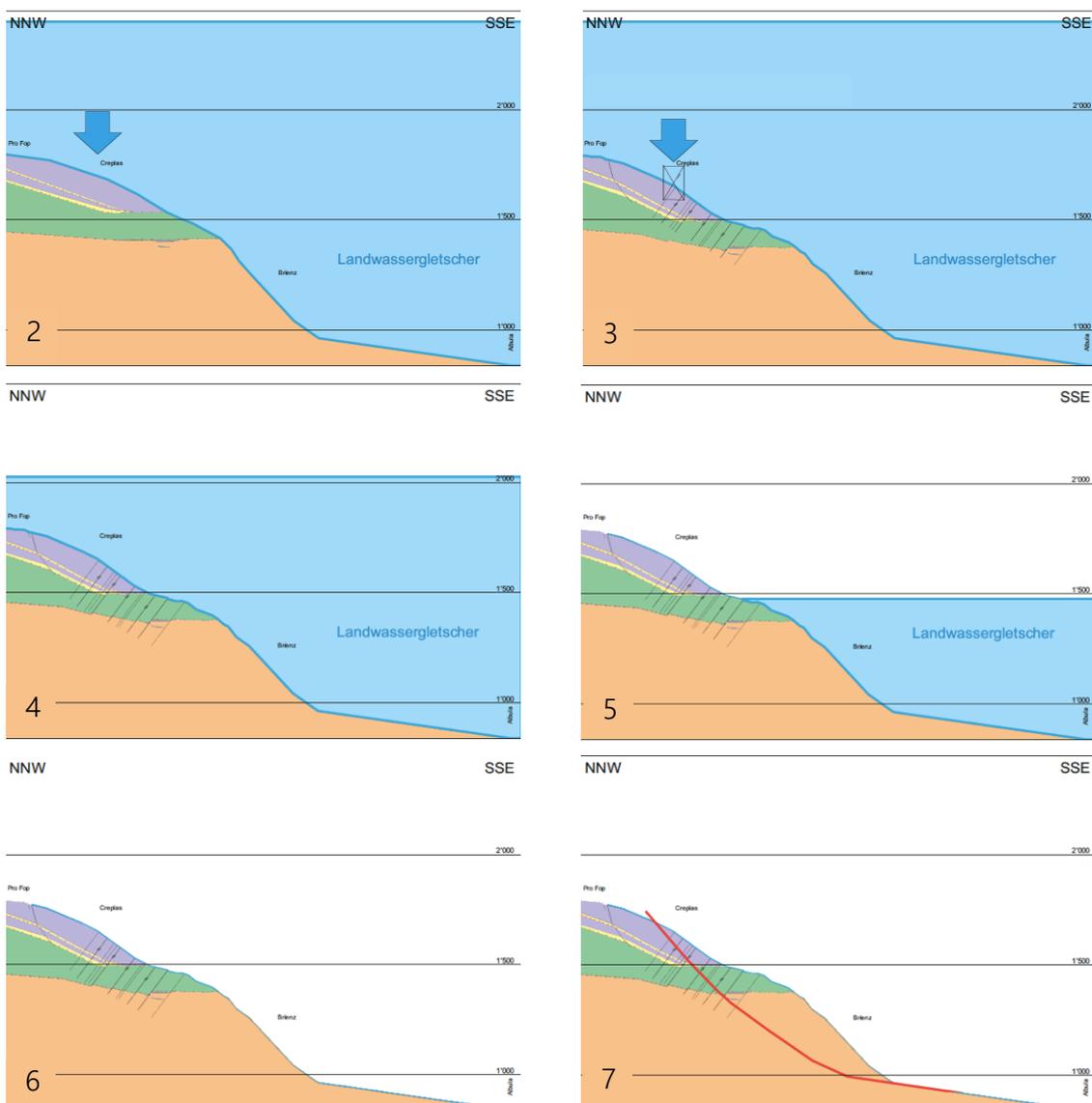
Der Zusammenhang zwischen den beiden Rutschmassen ist ebenfalls umstritten. Breitenmoser hält es für wahrscheinlicher, dass durch das Abgleiten der Grossrutschung der Sackung der Halt entzogen werde (Breitenmoser, 2020). Schneider dagegen argumentiert, dass die Sackung einen Druck auf die Grossrutschung ausübe (Schneider, 2020). Für letzteres würden die deutlich höheren Geschwindigkeiten der Sackung oberhalb des Dorfes sprechen (Schneider, 2020). Geplante Bohrungen sollen auch diesbezüglich Klarheit bringen.

¹⁶ Abbildung 13: Schneider, Stefan et al.. 2019. Sackungsmasse Brienz/Brinzauls. Geologisches und Kinematisches Modell. CSD Ingenieure. Thisis.

¹⁷ nacheiszeitlichen

4.3 Analyse der Resultate zu den Hypothesen 1 und 2

Die erste Hypothese wird verworfen. Obwohl eine hangparallele Schichtung eine Massenbewegung stark begünstigt, ist sie keine Voraussetzung für ebendiese. In konsolidiertem Material sind nämlich auch andere Schwachstellen zu finden, an denen sich Material lösen kann, sodass eine Massenbewegung entsteht, unabhängig davon, wie die Schichten liegen. In der Sackung bei Brienz fungieren tatsächlich tektonische Grenzen zwischen Arlbergdolomit und Raibler-Schichten als Gleitflächen. Doch die beiden basalen¹⁸ Gleitflächen verlaufen teils quer durch die tektonischen Schichten. Wie bereits erwähnt, sackte nach der letzten grossen Vergletscherung bereits ein grosser Teil des Hangs, auf dem Brienz gebaut ist, ab. Die Verschiebung geschah aber keineswegs entlang der tektonischen Grenzen. Mit der folgenden Bildserie¹⁹ wird ein vermuteter Verlauf der Sackung illustriert.



¹⁸ die Basis bildend

¹⁹ Die Serie beginnt mit Graphik 2, da Graphik 1 bereits in Kapitel 4.2.2 gezeigt wird. Graphik 10 ist am Anfang des Kapitels 4.2 zu finden.

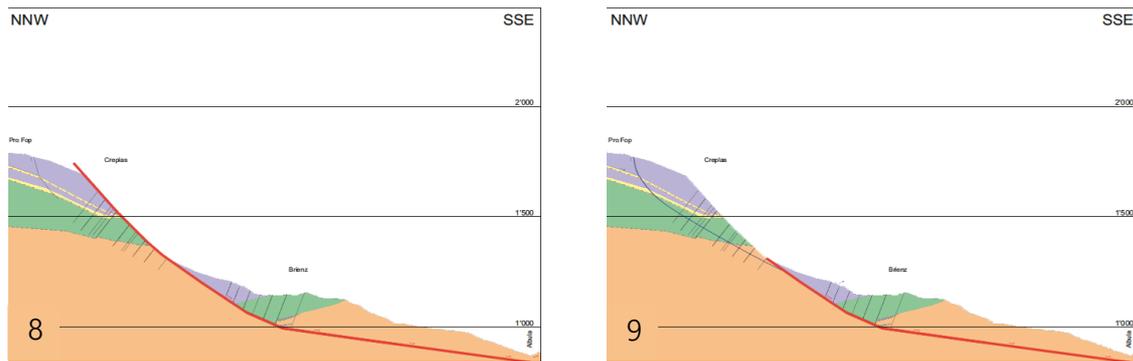


Abbildung 14: Vermuteter Verlauf der postglazialen Sackung beim heutigen Brienz²⁰

Das Gewicht des Gletschers drückte den Arlbergdolomit (violett) in den weicheren Schiefer darunter. Das Gestein wurde talwärts gekippt, dabei entstanden steil einfallende Trennflächen, die in Bild 3 durch feine Linien angedeutet werden. Weitere Schwachstellen entstehen in Bild 5 bis 7, beim Rückzug des Gletschers. Es handelt sich dabei um Entlastungsklüfte, die parallel zur Oberfläche verlaufen. Entlang dieser Trennflächen bildet sich schliesslich eine Gleitfläche aus, die dann zum Absacken (Bild 8) führt. Im letzten Bild werden im oberen Bereich erneut Entlastungsklüfte gebildet, weil die abgerutschte Masse nun nicht mehr aufliegt. (Schneider et al., 2019) Es können sich also nicht nur an tektonischen Grenzen Gleichflächen ausbilden.

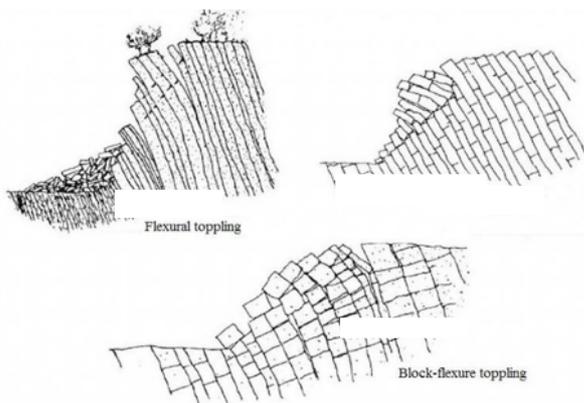


Abbildung 15: Verschiedene Arten von Kippen²¹



Abbildung 16: Instabiler Fels neben einer Strasse in der Nähe der kroatischen Siedlung Bribir²²

Mit dem Kippen, einer spezifischen Art von Massenbewegung, kann nochmals aufgezeigt werden, dass die Schichten nicht in gleicher Richtung abfallen müssen wie der Hang, damit eine Massenbewegung entstehen kann. Denn «Kippbewegungen sind charakteristisch für hartes Gestein mit steil gegen den Hang einfallenden Trennflächen» (Ludwig, 2011). Entlang dieser

²⁰ Abbildung 14: Schneider, Stefan et al.. 2019. Sackungsmasse Brienz/Brinzauls. Geologisches und Kinematisches Modell. CSD Ingenieure. Thusis.

²¹ Abbildung 15: Abbildung 15: Goodman, R.E. und Bray, J.W.. 1976. Toppling of Rock Slopes. <https://www.geotech.hr/en/block-toppling/> (29.9.2020)

²² Abbildung 16: Geotech. 2020. <https://www.geotech.hr/en/block-toppling/> (29.9.2020)

Trennflächen rutscht die Masse nicht ab, sondern bricht oder schält sich ab. In der Abbildung 15 rechts ist die senkrecht zum Hang stehende Schichtung mit Linien hervorgehoben.

Schwachstellen können auch durch Verwitterung entstehen, weil diese Reibung und Kohäsion²³ des Materials herabsetzt (Thuro et al., 2005). Ebenso verliert der Berg durch tauenden Permafrost an Stabilität. Einerseits sickert das Schmelzwasser tiefer ins Material hinein, wodurch die innere Reibung verringert wird. Andererseits werden Spalten und Klüfte vergrössert, wenn das Schmelzwasser wieder gefriert und in Form von Eis mehr Platz in Anspruch nimmt. (Pfiffner, 2019)

Aus den bisherigen Untersuchungen in Brienz (August 2020) schliessen die Expertinnen, dass der Auftrieb des Grundwassers der zentrale Grund für die Grossrutschung ist. Wegen dem unwegsamen Gelände wurde in der Sackung bis jetzt jedoch kaum gebohrt. Deshalb ist dort die Gleitfläche noch nicht genau lokalisiert und es kann folglich kein Auftrieb auf ebendiese ausgemacht werden. Wählt man Breitenmosers Version des Zusammenhangs zwischen Sackung und Grossrutschung, bewegt sich Erstere aber wegen der Zweiten. Die Sackung wird also indirekt vom Auftrieb auf die Grossrutschung verursacht. Somit kann diese Hypothese bestätigt werden. Allerdings sollte dabei das Ungleichgewicht des Hangs nicht ausser Acht gelassen werden. Wäre aber das vom Gletscher abtransportierte Material noch dort, wäre die ganze Flanke weniger steil und dadurch stabiler.

Welcher Mechanismus nun bedeutender ist, ist schwierig auszumachen. Klar ist aber, dass man das Problem der Übersteilung nicht schnell genug lösen könnte. Dazu müsste der Talboden aufgeschüttet werden. Bis genügend Material dafür gesammelt wäre, vergingen Jahrzehnte und die Rutschung hätte Brienz schon unbewohnbar gemacht. Auch würde ein solches Unterfangen ein ungeheures Budget verlangen. Denn die berühmte Albula-Linie der RhB, Strassen und der Fluss Albula selbst müssten umgeleitet oder in Tunnels verlegt werden. (Breitenmoser, 2020)

Der Fokus wird deshalb aufs Wasser gelegt, weil man glaubt, dieses Problem lösen zu können. Wie das vonstatten gehen soll, wird Thema des nächsten Kapitels sein.

²³ «Kräfte, die den Zusammenhalt von Atomen und Molekülen der gleichen Art bewirken» (Rudolph, 2017)

4.4 Resultate zur Hypothese 3

«Es ist möglich die Rutschung abzubremsen.» (Hypothese 3)

Es wurde nun schon mehrmals festgestellt, dass Wasser Massenbewegungen begünstigt. Deshalb wird in vielen Fällen versucht, dem Boden Wasser zu entziehen. Dies geschieht entweder von oben mithilfe von Pumpen oder es wird von unten in den Berg hineingebohrt, damit das Wasser durch den entstandenen Stollen abfließen kann. Auch in Brienz kommt nun ein solches Projekt ins Rollen. Man hat sich für Tiefenentwässerung durch einen Drainagestollen entschieden. Oberflächenentwässerung wäre wenig geeignet, da die Pumpen schon nach kurzer Zeit durch die Rutschbewegung beschädigt würden (Breitenmoser, 2020). Die beiden Möglichkeiten sind in Abbildung 17 schematisch dargestellt.

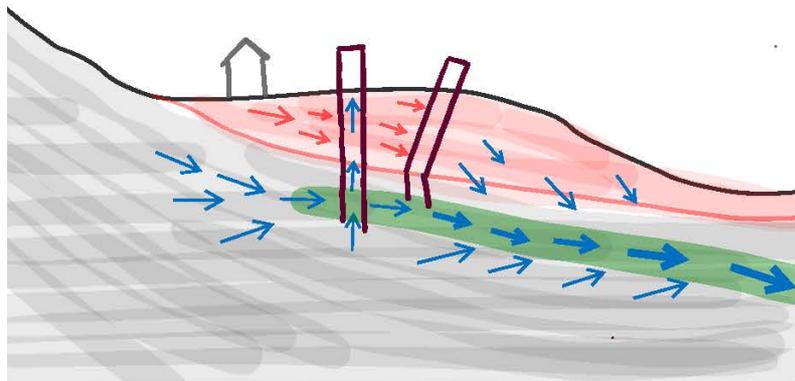


Abbildung 17: Oberflächen- und Tiefenentwässerung. Rote Pfeile deuten die Rutschbewegung an, blaue die des Wassers. Pumpen (violett) würden durch die Rutschbewegung zerstört. Ein Stollen (grün), der un-

In Abbildung 18 sind vier angedachte Stollenverläufe zu sehen, von denen die pinke Variante südwestlich von Brienz umgesetzt werden soll. Der geplante Stollen ist 600 Meter lang und könnte allenfalls bis unter Dorf verlängert werden, wie die gestrichelten Linien anzeigen. Der Eingang befindet sich von Brienz aus weiter unten im Tal in Richtung Tiefencastel, in der Abbildung links unten. Von dort

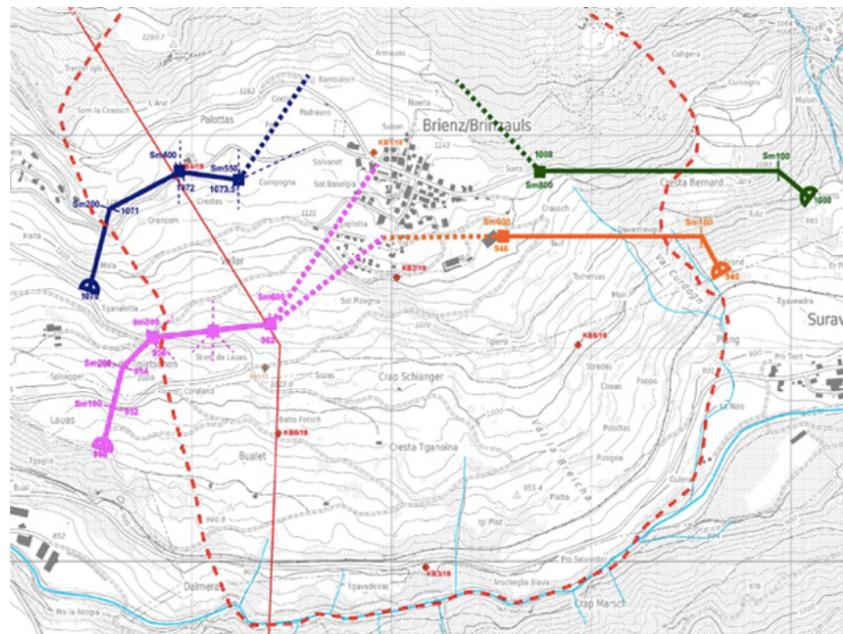


Abbildung 18: Vier mögliche Stollenverläufe rund um Brienz. Als geologisch am günstigsten erwies sich die pinke Version.²⁴

²⁴ Abbildung 18: Führungsstab der Gemeinde Albula. 2020. Präsentation Informationsanlass. 30.7.2020b. <http://www.albula- Alvra.ch/files/BXMediaPlusDocument6844file.pdf> (5.8.2020)

verläuft der Stollen im stabilen Felsen unter der Rutschmasse zuerst nach Norden, dann nach Osten und stets ein wenig aufwärts, sodass das Wasser abfließen kann. (Führungsstab der Gemeinde Albula, 30.7.2020a) Die pinke Variante wird unter anderem bevorzugt, weil Bohrungen im Westen kürzer ausfallen, da die Rutschmasse dort weniger dick ist. Das heisst, dass man nicht zu weit unten im Tal mit Bohren beginnen muss, um unter die Rutschung zu gelangen. Ausserdem sind im Westen die Rutschbewegungen schneller. Dies ist günstig, weil so eine Verlangsamung deutlicher zu erkennen wäre. (Breitenmoser, 2020)

Konkret wird seit August 2020 ein Sondierstollen geplant, dessen Bau im April 2021 beginnen soll. Dieser temporäre Stollen dient dazu, zu ermitteln, ob das Gebirge in und unterhalb der Rutschung drainierbar²⁵ ist. Dazu werden Felsanalysen, Wasseruntersuchungen und Bohrungen in die Rutschmasse vorgenommen. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden bis Ende Juni 2021 in einem geologischen Bericht vorliegen. Wird die Drainierbarkeit bestätigt, kann der Sondierstollen ab Juli 2021 zu einem Drainagestollen ausgebaut werden. (Führungsstab der Gemeinde Albula, 30.7.2020a)

4.5 Analyse der Resultate zur Hypothese 3

Ein Team von Geologinnen beschäftigte sich intensiv mit anderen sanierten Rutschungen, um die für Brienz geeignete Methode zu finden. Brienz am ähnlichsten sei das Tessiner Bergdorf Campo im Valle Maggia, meint Thomas Breitenmoser. (Breitenmoser, 2020).

Rund 800 Millionen Kubikmeter rutschten zusammen mit dem Dorf durchschnittlich 30 Zentimeter pro Jahr auf eine Kerbe zu, die die Rovana²⁶ unterhalb in die Landschaft geschnitten hatte.



Abbildung 19: Campo, Valle Maggia²⁷

Somit befand man sich in einer prekären Situation. Die Meinungen der Fachleute, wie die Rutschung zu sanieren sei, gingen stark auseinander. Schliesslich einigte man sich 1991 auf einen Stollen durch den Berg, der Wasser ableiten sollte. 1995 wurde das 1800 Meter lange Bauwerk nach zwei Jahren Bauzeit fertiggestellt. Der Stollen zeigte Wirkung: Der Porenwasserdruck sank bedeutend und die Rutschung wurde nachhaltig verlangsamt. (Eberhardt et al., 2007)

²⁵ so beschaffen, dass Wasser entzogen werden kann

²⁶ Fluss

²⁷ Abbildung 19: ©Dia_303-00594

Die Rutschung in Brienz hat Ähnlichkeiten mit der in Campo. Beide Rutschungen weisen sehr tiefliegende Gleitflächen auf. Brienz verzeichnet 150 und Campo sogar 300 Meter Tiefe. Zudem liegen sie nicht weit voneinander entfernt und auch das Volumen der Rutschungen ist vergleichbar gross.²⁸ Genau deshalb werden in Brienz grosse Hoffnungen auf die Tiefenentwässerung gesetzt. Doch da die Kalk- und Tonschiefer in Brienz andere Eigenschaften haben als der Gneis in Campo, kann man sich noch nicht sicher sein, ob der Drainagestollen auch in Brienz zum Erfolg führt. Entscheidend ist, ob das Gebirge genügend durchlässig ist, dass das Wasser durch den Stollen abfließen kann. (Breitenmoser, 2020) Ein solches Projekt will sorgfältig geplant sein, doch Stefan Schneider befürchtet, dass die Zeit davonläuft. Denn mit der jetzigen Verschiebung des Dorfs von über einem Meter pro Jahr entstehen die Schäden viel schneller als vor 5 Jahren, als die Rutschung noch halb so schnell war. (Schneider, 2020)

Die Zeit drängt. Das zeigt auch folgende Beobachtung: In den letzten Monaten konnte man bei starken Regenfällen ungewöhnlich grosse Ausschläge auf den Messgeräten beobachten. Die markantesten Spitzen sind in Abbildung 19 orange eingekreist. Das ist in diesem Jahr 2020 erstmals vorgekommen und hängt vermutlich damit zusammen, dass die Sackungsmasse zunehmend aufgelockert wird. So versickert mehr Wasser schnell und beschleunigt die Rutschung. (Führungsstab der Gemeinde Albula, 19.10.2020a)

Gemäss jetzigem Wissen über den Hang bei Brienz ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass die Rutschung durch Drainage zu bremsen ist. Auch Beispiele wie Campo sprechen dafür. Man kann aber nicht hundertprozentig sicher sein, ob sich das Wasser durch den gebauten Stollen ableiten lässt. Auch wenn Letzteres gelingt, ist es unsicher, ob die Rutschung genug und in absehbarer Zeit verlangsamt werden kann. Diese Hypothese kann also nicht vollkommen bestätigt werden. Denn trotz vieler genauer Untersuchungen, kann man den Berg nie ganz durchschauen.

²⁸ Eine weitere Gemeinsamkeit: Albert Heim hat auch in Campo Untersuchungen angestellt. In den 1890er-Jahren schlug er den Bau eines Drainagestollens vor, traf jedoch auf politischen Widerstand. (Eberhardt et al., 2007)

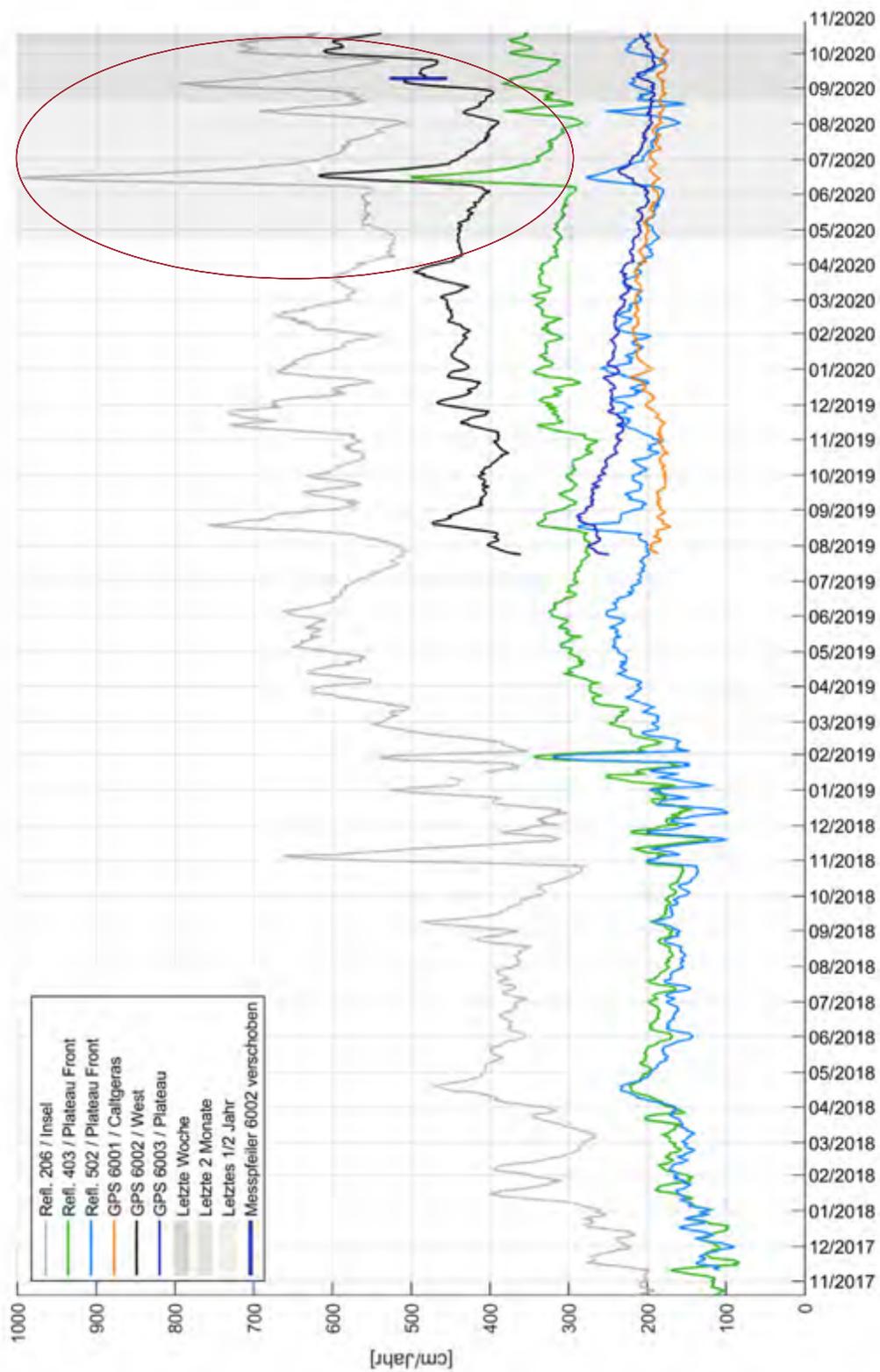


Abbildung 20: Geschwindigkeiten verschiedener Bereiche der Sackung von 2017 bis 2020.²⁹

²⁹ Abbildung 20: Führungsstab der Gemeinde Albula. 2020. Präsentation Informationsanlass. 19.10.2020b. <http://www.albula-alvra.ch/files/BXMediaPlusDocument6918file.pdf> (20.10.2020)

4.6 Resultate zu den Hypothesen 4.1, 4.2 und 5

«Die Einwohnerinnen haben sich damit abgefunden, dass sie Brienz verlassen müssen, falls es durch die Rutschung oder durch einen Bergsturz nicht mehr bewohnbar ist.»

(Hypothese 4.1)

«Die Rutschung hat kaum psychische Effekte auf die Dorfgemeinschaft.» (Hypothese 4.2)

«Brienz wird spätestens in zehn Jahren nicht mehr bewohnbar sein und zu einem Geisterdorf werden.» (Hypothese 5)

Brienz ist in vieler Hinsicht ein Spezialfall. Von oben droht ein Bergsturz und gleichzeitig wird die Infrastruktur langsam durch die Rutschung zerstört. Zudem ist eine Umsiedlung, die im Ernstfall nötig wäre, in diesem Ausmass in der Schweiz noch nie vorgekommen (Albertin, 2020). Was hat diese einzigartige Situation nun für eine Auswirkung auf die Brienerinnen? Liest man einen Zeitungsartikel über Brienz, kommt man um dieses Stichwort kaum herum: Schäden. Ein Haus, dessen lädierte Fassade oft in den Medien erschien, wurde inzwischen wegen Totalschaden zurückgebaut (Simeon, 2020). Auch bei anderen Gebäuden fallen kleinere Risse an den Wänden auf. Doch nicht alle Schäden sind auf den ersten Blick erkennbar. Oft lassen sich einfach Türen und Fenster nicht mehr richtig schliessen oder die Fensterläden klemmen (Albertin, 2020).

Abbildung 23: Die Strasse zwischen Brienz und Vazerol. Beim Rutschhorizont muss sie bis zu zehn Mal pro Jahr geflickt werden. Unter den Brettern befinden sich Leitungen, die so einfacher ausgebessert werden können. (Albertin, 2020) (eigenes Bild)



Abbildung 22: Risse in einer Strasse im Dorf (eigenes Bild)



Abbildung 21: Risse an einer Hauswand im Dorf (eigenes Bild)

Abgesehen von den Gebäuden merkt man auf den Wiesen, dass der Hang in Bewegung ist. Jeden Frühling sieht es ein wenig anders aus, wenn sie unter dem Schnee hervorkommen. Oft hat es Spalten im Boden, die Gletscherspalten ähneln. Sie sind oben durch eine dünne Brücke abgedeckt und so nicht zu erkennen. Das gefährdet die Tiere auf den Weiden sowie Bauern, die mit Maschinen über die Felder fahren. Dazu kommen Strassen und Leitungen, die vor allem am Rutschhorizont³⁰ mehrmals im Jahr repariert werden müssen. (Albertin, 2020)

Glücklicherweise werden Totalschäden von Gebäuden, die durch eine Rutschung entstehen, seit 2019 von der Gebäudeversicherung Graubünden abgedeckt (Nay, 2019). Doch damit sind nicht alle Probleme gelöst. Denen, die gerne ihr Haus verkaufen und wegziehen würden, wird nämlich so mancher Stein in den Weg gelegt. Brienz befindet sich wegen der Gefährdung in einer roten Zone. Das bedeutet einerseits, dass keine Neubauten errichtet werden dürfen, was manche Leute davon abhält, dort Eigentum zu erwerben (Albertin, 2020). Es hat aber auch zur Folge, dass die Banken einer potenziellen Käuferin keinen Kredit geben (Simeon, 2020). Für Leute, die in Brienz ein Eigenheim besitzen, ist es also schwierig, dieses zu verkaufen und oft finanziell nicht möglich, ein zweites zu erwerben (Albertin, 2020).

Neben dem Drainageprojekt läuft auch ein Umsiedlungsprojekt für den Fall, dass der Stollen keine Wirkung zeigt oder sogar ein Bergsturz droht. Den Brienerinnen würde Bauland zur Verfügung gestellt, das sich möglichst nah am Dorf befindet. Die von der Siedlungskommission anvisierten Flächen liegen in Tiefencastel, Vazerol, Alvaneu und Surava. Das würde bei den Standorten in Tiefencastel und Surava bedeuten, dass die Sonnenterrasse gegen das schattige Tal getauscht werden muss. (Bevölkerungsinformation, 19.10.2020)

«Respekt,
aber keine
Angst»
(Zinsli, 2020)

Was die Bedrohung von oben anbelangt, herrscht der Grundton, dass man Respekt vor dem Berg habe, aber keine Angst. Elisabeth Arpagaus, eine altingesessene Brienerin, meint gegenüber der Bündner Zeitung, man gewöhne sich an das Rumpeln der Steine (Zinsli, 2020). Georg Bonifazi findet sogar, die polternden Blöcke seien faszinierend. Man hoffe aber immer, dass sie rechtzeitig bremsen würden. (Hablützel, 2019)



Abbildung 25: Einige Blöcke kullern bis kurz vor den Dorfeingang. (eigenes Bild)



Abbildung 24: Die Felsmasse hängt eindrucksvoll über dem Dorf. (eigenes Bild)

³⁰ an der Grenze zwischen Rutschung und ruhigem Boden

Ausserdem wird grosses Vertrauen in den Frühwarndienst gesetzt. Dieser hat bereits zuverlässig kleinere Ereignisse angekündigt und würde Alarm auslösen, falls sich die Geschwindigkeiten exponentiell vergrössern würden (Schneider, 2020). Denn so würde sich schon Tage oder Wochen im Voraus ein grösseres Bergsturzereignis ankündigen und eine Evakuierung würde rasch in die Wege geleitet (Schneider, 2020). Sonja und Patrick Simeon haben vorsorglich einen Notfallkoffer mit den wichtigsten Dokumenten und Habseligkeiten gepackt (P. Simeon, 2020). Die Arbeit des Frühwarndienstes wird im Dorf sichtbar durch Messhäuschen und ein Lichtsignal an der Kantonsstrasse.



Abbildung 26: Vom Messhäuschen im Dorfkern wird der Hang genau beobachtet. (eigenes Bild)



Abbildung 27: Bemerkte die Kamera Steinschlagaktivität, schaltet das Lichtsignal auf Rot. (eigenes Bild)

«sie sind wia bitz
graizt – ez muas
öppis passiere!»
(S. Simeon, 2020)

Mittlerweile macht sich auch eine gewisse Ungeduld und Müdigkeit breit. Sonja Simeon meint, die Bevölkerung sei erschöpft, es werde immer nur gebohrt, geforscht, man sei ein wenig gereizt – jetzt müsse etwas passieren (S. Simeon, 2020). Patrick Simeon fügt an, das Ganze sei ein wenig träge, obwohl man schon lange wisse, dass man den Hang entwässern sollte (P. Simeon, 2020). Daniel Albertin meint, die Brienerinnen könnten mit der Situation umgehen, für die direkt Betroffenen gehe es aber häufig viel zu langsam (Albertin, 2020).

Abgesehen davon wird sehr geschätzt, dass die Gemeinde zuverlässig informiert über die Rutschung, den Stand der verschiedenen Projekte sowie die logistische Planung einer allfälligen Evakuierung (P. Simeon, 2020). Jeden Monat erscheint ein Bulletin mit den wichtigsten Neuigkeiten und an Infoveranstaltungen geben die Geologen und Projektleiter Auskunft.

Die Auseinandersetzung mit der Rutschung findet Patrick Simeon zuweilen auch spannend. Die geologischen Konzepte hätten bei mancher Interesse geweckt. Am Stammtisch werde häufiger über die Rutschung diskutiert als früher. Und die Baustellen bei den Bohrstandorten und die grossen Helikopter, die Material antransportieren, seien faszinierend. (P. Simeon, 2020)

Welche Auswirkungen wird die Rutschung nun in Zukunft auf die Brienerinnen haben? Niemand will sich mit Voraussagen auf dünnes Eis wagen. So schwanken die Aussagen zur Zukunft von Brienz zwischen Zuversicht und Hoffnung. Was das Drainageprojekt anbelangt, zeigen sich Daniel Albertin, Thomas Breitenmoser sowie Sonja und Patrick Simeon zuversichtlich.

«Wenn ma d Rutschig
ka stoppa, de kunnt
dr Berg au nüma so
schnell da oben aba.»

(S. Simeon, 2020)

Stefan Schneider meint, die Chancen stünden gut, wenn der Stollen von Erfolg gekrönt sei, bezweifelt aber, dass im Dorf je neue Dorfquartiere dazukommen können (Schneider, 2020). Möglicherweise beruhige sich der Berg plötzlich wieder, oder aber die Gleitfläche bilde sich durch die Verformung des Hangs immer stärker aus, sodass eine negative Rückkopplung entstehe (Schneider, 2020). In einem Teufelskreis würden sich die stärkere Ausbildung der Gleitfläche und die Rutschbewegung gegenseitig begünstigen. Bei solchen Szenarien kommt die Hoffnung ins Spiel. Denn obwohl zur Sicherheit eine Umsiedlung geplant wird, ist es das Letzte, was man will.

4.7 Analyse der Resultate zu den Hypothesen 4.1, 4.2 und 5

4.7.1 Hypothese 4.1

Von einer Evakuierung im Ernstfall ist seit 2019 die Rede. Die Umsiedlung wird erst dieses Jahr (2020) konkret. Deshalb ist die Begründung der Hypothese, die Bevölkerung sei schon häufig damit konfrontiert worden, unzureichend. Denn diese Monate und Informationsanlässe wiegen wenig im Vergleich zur Verbundenheit zum Ort, in dem man seit Jahren lebt und der Heimat ist. Könnten sich die Brienerinnen trotzdem mit einer Umsiedlung abfinden? Auf dieser Seite sollen einige Betroffene zu Wort kommen.

Anette Bonifazi, Landwirtin: «Unser Land ist unsere Lebensgrundlage, wir können nicht einfach wegziehen!» (Degonda, 2019)

Georgin Bonifazi, Landwirt: «Wir haben viel in Haus, Boden und Betrieb investiert. Ich will auf keinen Fall gehen.» (Hablützel, 2019)

Sonja Simeon: «Das Problem ist, dass das Land nicht versichert ist. Bei einem Totalschaden könnte man zwar das Haus an einem anderen Ort wiederaufbauen, aber das Land ginge verloren.» (Simeon, 2020)

Fränzi und René Bötschli: «Wir fühlen uns wohl hier und wollen Brienz nicht verlassen.» (Lutzer, 2019)

Patrick Simeon: «Ich blende die Möglichkeit einer Evakuierung häufig aus. Man lebt normal weiter und denkt höchstens, wenn es regnet, «Oh, jetzt rutscht es wieder schneller!.»» (P. Simeon, 2020)

Sonja Simeon: «Ich liebe unser Zuhause, es ist unser kleines Paradies! Ich hoffe sehr, dass wir hier bleiben können.» (Simeon, 2020)

Daniel Albertin meint, die Brienerinnen würden lieber nicht ins schattige Tal ziehen, wo die meisten der von der Siedlungskommission abgeklärten Gebiete lägen. Das sei verständlich, wenn man an der Sonne aufgewachsen sei. (De Vos, 2020)

Schliesslich ist es schwierig festzulegen, ab wann man sich «mit etwas abgefunden hat». Denn es ist naheliegend, dass man nicht von Brienz wegziehen will. Man kann sich darauf einstellen, aber diesen Prozess macht jeder Mensch individuell durch. Der Gemeindepräsident meint, als der Bevölkerung im Oktober Genaueres zum Siedlungsprojekt mitgeteilt worden sei, sei vielen der Ernst ihrer Lage bewusster geworden (Albertin, 2020). Abschliessend wird diese Hypothese verworfen, weil die Umsiedlung erst seit kurzem fassbarer wird. Und weil viele der erwähnten Personen bekunden, dass sie nicht umziehen möchten oder dass das Thema «ausgeblendet» wird (P. Simeon, 2020).

4.7.2 Hypothese 4.2

Diese Hypothese kann sicherlich verworfen werden. Denn obwohl viele Brienerinnen sich an die Steinschläge gewöhnt haben, stellen Schäden und die dauernde Ungewissheit über die Zukunft eine finanzielle und psychische Belastung dar. In den Zeitungen wird häufig erwähnt, man fürchte nicht um das eigene Leben. Jedoch mache man sich Sorgen um Versicherung, Umsiedlung und die Beschleunigung der Rutschung. Diese Sorgen mag der Journalismus zwar dramatisch übertreiben, dennoch sind und bleiben diese schweren Gedanken ein Teil der Lebenswelt der Bewohnerinnen.

«D'Ungwüssheit, die fordert natürlivili Brienerinne und Briener use»

(Albertin, 2020)

4.7.3 Hypothese 5

Erfolgreiche Drainage könnte für Brienz die Rettung bedeuten. Die Chancen dafür stehen gut, ruft man sich den Erfolg in Campo im Maggiatal in Erinnerung (Breitenmoser, 2020). Zudem hat nicht nur die Gemeinde Albula Interesse an einer erfolgreichen Sanierung. Unterhalb von Brienz verlaufen essenzielle Verkehrs- und Versorgungslinien zum Engadin durch das Tal. Ausserdem wurde die Albula-Linie der RhB von der UNESCO zum Welterbe erklärt. Vor allem an den Grenzen der Rutschung werden Strassen und Bahn Trasse beschädigt. Und in den gravierendsten Szenarien würde der Bergsturzkegel bis ins Tal reichen, sodass der Fluss gestaut würde (Bevölkerungsinformation, 30.7.2020). Dadurch würden alle vorher genannten Linien unterbrochen. So tragen sowohl Kanton als auch das Tiefbauamt Graubünden und die RhB die Kosten der Sanierung mit (Führungsstab der Gemeinde Albula, 16.4.2020a). Und es wird mit Hochdruck am Drainageprojekt gearbeitet.

«D'Hoffnig isch da.»

(Breitenmoser, 2020)

Dies stimmt optimistisch. Die Antworten auf die Frage, ob Brienz in 10 Jahren noch bewohnbar sei, widerspiegelten diese Zuversicht.

Diese letzte Hypothese wird verworfen, jedoch mit Vorbehalten. Ein gewisses Mass an Hoffnung ist unabdingbar. Sie hilft allen Beteiligten, die Ungewissheit auszuhalten und sie spendet Energie, ob nun berechtigterweise oder nicht. Auch Daniel Albertin bemerkt, dass sich viele Brienerinnen «am goldenen Faden des Sondierstollens» festhielten und hoffen würden, dass eine Umsiedlung nicht nötig sein werde (Albertin, 2020). Schliesslich meinten die beiden Geologen, man könne den Berg nie vollkommen verstehen (Schneider & Breitenmoser, 2020). Deshalb seien alle Voraussagen mit Vorsicht zu geniessen (Schneider & Breitenmoser, 2020).

5 Diskussion

Zum Schluss ziehe ich Bilanz. Nachdem die Resultate präsentiert und analysiert wurden, sollen die Hypothesen in Bezug auf die Leitfragen diskutiert werden. Darauf folgen die Diskussion der Methoden und ein persönliches Schlusswort.

5.1 Leitfragen und Hypothesen

Die einzelnen Hypothesen definierten kleine Bereiche im grossen Feld der fünf Leitfragen. So waren sie im Rahmen dieser Arbeit zu bewältigen. Nachdem nun diese einzelnen Punkte genau unter die Lupe genommen worden sind, soll der Blick wieder etwas ausgeweitet werden. Inwiefern wurden die Leitfragen beantwortet? Waren die Hypothesen geeignet? Es werden auch einige Aspekte aufgezeigt, mit denen man sich weiter beschäftigen könnte.

5.1.1 Wieso rutschen Hänge überhaupt?

In der Hypothese 1 wird behauptet, die Schichten müssten in festem Material in die gleiche Richtung abfallen wie der Hang, damit eine Massenbewegung entstehen könne. Diese Hypothese schränkt die Leitfrage stark ein, da sie sehr spezifisch aufgestellt ist. Sie betrifft ausschliesslich Massenbewegungen in «festem Material» und untersucht den Einfluss der Schichtneigung. Dass die Hypothese widerlegt wird, hat einen ausweitenden Effekt. Denn dazu müssen Beispiele angeführt werden, bei denen die Schichten nicht hangparallel verlaufen. In diesen Fällen braucht es andere Voraussetzungen, wie zum Beispiel Klüfte, die durch Verwitterung entstanden sind. Trotzdem werden Szenarien mit unkonsolidiertem Material – zum Beispiel eine Geröllhalde – nicht genauer behandelt.

Weiter gibt es verschiedene Antworten auf die Frage «Wieso?». Die Grenzen können nicht immer klar gezogen werden, doch man könnte die Antworten in folgende Kategorien einteilen: Voraussetzungen (Schwachstellen im Gestein), begünstigende Faktoren (hoher Wassergehalt), Auslöser (starker Niederschlag). Es wurde gezeigt, dass hangparallele Schichtung keine Voraussetzung, sondern ein begünstigender Faktor ist. Um die Frage vollständig zu beantworten, müssten aber die Elemente jeder Kategorie berücksichtigt werden. Im Grundlagenkapitel wurden verschiedene Auslöser angesprochen und vor allem die begünstigenden Faktoren sind zahlreich. Dazu kommt, dass es in einer konkreten Situation schwierig ist, zu beurteilen, welche Faktoren begünstigend waren oder aber nur zufällig vorlagen und mit der Massenbewegung keinen Zusammenhang hatten.

Ein weiterer Faktor: Gesteinsarten. Kombiniert mit der Mineralogie³¹ könnte man Massenbewegungen auch aus chemischer Sicht betrachten. Dabei läge der Fokus beispielsweise auf Verwitterung, die die Stabilität eines Felshangs reduzieren kann. Je nach stofflichen Eigenschaften des Gesteins ist er mehr oder weniger angreifbar. Wenn Wasser in den Ritzen einer Felswand gefriert,

³¹ Gesteinslehre

die wegen Verwitterung bereits einen weniger guten Zusammenhalt hat, können sich leicht Blöcke oder Platten lösen. (Press und Siever, 1995).

Es wurde gezeigt, dass ein hoher Grundwasserspiegel zu einem Auftrieb auf gewisse Schichten führen kann, die sich so besser bewegen können. Das ist jedoch nur ein Mechanismus von vielen. Wasser spielt in verschiedener Weise eine Rolle – zum Beispiel dann, wenn Eis im Boden schmilzt. Bei der Problematik des tauenden Permafrosts sind wir im Bereich des Klimawandels angelangt. Was für Auswirkungen hat er auf die Alpen? Treten seinetwegen häufiger Massenbewegungen auf? Diese Fragen könnten Teil einer weiteren Arbeit sein.

Würden auch Erdbeben als Auslöser in Betracht gezogen, ergäben sich ganz neue Dimensionen. Zwar ist die Schweiz nicht bekannt für Erschütterungen in grösserem Ausmass, dennoch hat der Schweizerische Erdbebendienst bereits über 1000 Erdbeben seit Anfang Jahr 2020 gezählt³². Es wäre hochkomplex, aber sicherlich spannend zu untersuchen, wie sich ein Hang oder Berg unter diesen Kräften verformt. Was würde ein spürbares Erdbeben in Brienz wohl bewirken? Ein mehr oder weniger grosser Bergsturz aus der Sackungsmasse ist denkbar. Interessant wäre, wie (sehr) der Frühwarndienst Erdbeben bereits miteinberechnet. Auch denkbar ist, dass sich unterirdische Wasserwege so verändern, dass das Wasser besser ins Gebirge hineinsickern kann. So würde der Hang gewissermassen von innen drainiert und die Rutschung würde verlangsamt.

5.1.2 Welches sind die spezifischen Ursachen für die Hanginstabilität in Brienz?

Die dazugehörige Hypothese besteht aus einer spezifischen Behauptung. Nämlich, dass es am hohen Grundwasserspiegel liege, der von unten auf die rutschenden Schichten drücke, die so schneller abgleiten. Ich habe diese Hypothese nicht ohne Vorwissen aufgestellt, aber ohne tieferes Verstehen. Der Auftrieb als Ursache der Hanginstabilität wird in vielen Zeitungsartikeln und auch in der Bevölkerungsinformation erwähnt. Genauer verstanden habe ich diesen Mechanismus aber erst im Gespräch mit den Experten. In diesen Gesprächen galt es – gemäss der Leitfrage – auch nachzuhaken, ob es noch andere Gründe gebe. So tauchte auch die Problematik des Ungleichgewichts auf. Von der Hypothese wird lediglich eine Bestätigung verlangt, dass der Auftrieb die Rutschung bedingt. Eine etwas überspitzte Formulierung der Hypothese, die den Auftrieb als einzige Ursache darstellt, hätte eine spannendere Analyse erfordert. Denn so hätten zur Widerlegung andere Ursachen aufgeführt werden müssen. Auch wäre es spannender gewesen, die verschiedenen die Rutschung begünstigenden Faktoren und Mechanismen gegeneinander abzuwägen.

Beim Bearbeiten der zweiten und dritten Leitfrage habe ich mich grösstenteils auf die Erkenntnisse der Geologinnen gestützt, die den Hang im Moment untersuchen. Das rührt zum einen daher, dass ich selbst keine Messungen gemacht habe, was im Rahmen dieser Arbeit kaum möglich gewesen wäre. Zudem liegt nicht viel spezifische Literatur vor wie bei anderen Themen, weil der Hang erst seit wenigen Jahren intensiv erforscht wird. Weiterführend könnte man sich, statt

³² Schweizerischer Erdbebendienst (2020). Erdbebenzähler Schweiz. <http://www.seismo.ethz.ch/de/home/> (16.11.2020).

mit den Ursachen, damit beschäftigen, wie die Expertinnen zu diesen Schlüssen gekommen sind. Zum Beispiel wurden mehrere Markerversuche durchgeführt, bei denen mit gefärbtem Wasser die unterirdischen Wasserwege untersucht wurden. Auch die Wahl der Bohrstandorte und die Interpretation der Bohrkerne³³ sind ein wichtiger und spannender Teil der Forschung. So könnte man aus bestehenden Messergebnissen eigene Schlüsse ziehen. Allerdings wären dazu sehr vertiefte Kenntnisse erforderlich.

5.1.3 Ist es möglich, die Rutschung zu stoppen?

Das Wesen dieser Leitfrage scheint banal, da sie wie alle Alternativfragen nur mit Ja oder Nein beantwortet werden kann. Aber kann sie das wirklich? Die Frage hat trotzdem viel zu bieten: Sie kann aus verschiedenen Gründen bejaht oder verneint werden. Zur Argumentation gehört auch, zu erklären, wie die Rutschung saniert werden soll. Neben der Erklärung des «wie» fand das Abwägen der Argumente, die für oder gegen den Erfolg der Drainage sprechen, weniger Platz. Mit Letzterem könnte man sich noch weiter beschäftigen und mehr Fachmeinungen einholen.

In der Hypothese hatte ich absichtlich «abbremsen» anstatt «stoppen» gewählt, da die Rutschmasse höchstwahrscheinlich nicht plötzlich vollkommen stillstehen wird. Abbremsen ist aber weniger klar definiert. Deshalb würde ein kleines Wort die Hypothese um einiges spannender machen: genug. Ist es möglich die Rutschung genug abzubremsen, sodass Brienz bewohnbar bleibt? Wie viel ist «genug»? Diese Leitfrage reicht über die Zeit, in der diese Arbeit geschrieben wird weit hinaus. Es bleibt spannend. Zum Beispiel können im nächsten Jahr beim Bau des Sondierstollens wieder neue Erkenntnisse gewonnen werden und damit neue Prognosen gewagt werden.

5.1.4 Hat die Bedrohung einen Effekt auf die Einwohnerinnen?

Das Wort «Bedrohung» leitet die Gedanken in Richtung der psychischen Auswirkungen. Um psychische Effekte geht es in der Hypothese 4.2. Es wird nämlich deren Abwesenheit behauptet. Es war nicht schwierig, diese Behauptung für falsch zu erklären. Die Frage, die darauf folgt – Welche psychischen Effekte hat die Rutschung auf die Dorfgemeinschaft? – würde eine zweite Arbeit füllen. In der Hypothese 4.1 wird vermutet, die Briener hätten sich damit abgefunden, dass sie Brienz vielleicht verlassen müssen. Das ist ein wenig spezifischer, aber auch im Bereich der psychischen Effekte. Wie in der Analyse angetönt, war es wegen dem schwammigen Begriff «sich mit etwas abfinden» schwierig, ein klares Urteil zu fällen, ob die Hypothese bestätigt oder verworfen werden sollte.

Obschon oder gerade weil beide Hypothesen nicht abschliessend behandelt werden können, stellen sie einen sehr spannenden Teil der Arbeit dar. Die direkt Betroffenen kommen zu Wort, es geht um die Beziehung zwischen Natur und Mensch. Während meiner Recherche kam ich

³³Die langen Steinzylinder, die bei den Bohrungen aus dem Berg befördert werden. So wird die Mächtigkeit der einzelnen Schichten ersichtlich.

einige Male in Berührung mit dem Thema, wie ein Naturereignis, wenn Menschen betroffen sind, zur Naturkatastrophe wird.³⁴ Das ist im Kontext von Brienz ebenfalls ein interessantes Feld.

Abgesehen von den psychischen Effekten könnten auch finanzielle Auswirkungen interessieren. Wie steht es mit den Finanzen der Gemeinde Albula? Muss an anderen Orten gespart werden, weil in Brienz so hohe Kosten anfallen? Dieses Sparen könnte wiederum von unerwarteten Seiten Einfluss auf das Leben der Bevölkerung nehmen. Es ist auch denkbar, dass das politische Engagement der Brienerinnen zunimmt, da man merkt, dass gewisse Entscheide einen sehr direkt betreffen. Ob Pandemie oder Berggrutsch – die Entscheide der Behörden erhalten in Krisensituationen viel Aufmerksamkeit. Auf Kantons- und Bundesebene stellt sich ausserdem die Frage, wie stark Dörfer wie Brienz finanziell unterstützt werden sollen. Als Brienerin hat man also persönliches Interesse an dieser Diskussion.

5.1.5 Welche Zukunft hat Brienz?

Wenig überraschend ist die Frage nach der Zukunft sehr offen. Man könnte sie in Bezug auf Raumplanung, auf Wirtschaft oder auf das Leben jeder einzelnen Brienerin stellen. Die Hypothese begrenzt die Frage auf ein bestimmtes, extremes Szenario: In 10 Jahren werde Brienz zu einem Geisterdorf werden. Auch zielt sie darauf ab, ob das Dorf weiterhin bewohnbar sein wird, was alle oben genannten Bereiche beeinflusst. Dabei stellt sich jedoch die Frage, ab wann man Brienz für nicht mehr bewohnbar erklären würde. Ein Bergsturz wäre natürlich ein klarer Fall. Doch was wäre, wenn die Rutschgeschwindigkeit konstant hoch bliebe? Ab wann würde entschieden, dass die Schäden an den Leitungen und Strassen nicht mehr tragbar sind? Und wären alle Bewohnerinnen gezwungen umzuziehen, wenn es zwar nicht gefährlich wäre in Brienz zu leben, aber die Gemeinde die Strom- und Wasserversorgung nicht gewährleisten könnte?

In den Interviews hat sich die Drainage als Schlüsselement entpuppt. «Wenn die Drainage Wirkung zeigt, dann wird Brienz in 10 Jahren noch bewohnbar sein.» Die meisten Antworten entsprachen diesem Schema. Deshalb fallen die Resultate und die Analyse (Kapitel 4.6 und 4.7.3) ziemlich knapp aus. Die Frage, ob der Drainagestollen zum Erfolg wird – im Rahmen der dritten Leitfrage eigentlich bereits behandelt – hätte umgangen werden können. Zum Beispiel, indem man in der Interviewfrage die Annahme, die Drainage funktioniere (nicht), integriert hätte. So hätten die Szenarien gesammelt werden können, die sich die verschiedenen Gesprächspartner ausmalen.

5.2 Methoden

Im Folgenden wird diskutiert, ob die angewendeten Methoden zielführend waren. Zuerst wird die Wahl der Personen für die Interviews besprochen. Anschliessend werden die Quellen, die für die Recherche konsultiert wurden, bewertet.

³⁴ Gravitative Massenbewegungen – Vom Naturereignis zur Naturkatastrophe.
<https://homepage.univie.ac.at/thomas.glade/Publications/Glade&Dikau2001.pdf> (21.11.2020)

Entgegen der Chronologie möchte ich mit den Interviews und dem Besuch in Brienz beginnen. Denn sie waren Treiber meiner restlichen Arbeit. Einerseits freute ich mich darauf, das Rutschgebiet, über das ich schon viel gelesen hatte, mit eigenen Augen zu sehen. Die Eindrücke der Reise machen die Arbeit bis jetzt lebendig und spannend. Andererseits waren die Interviews mit den Geologen ein grosser Ansporn für mich, meine geologischen Kenntnisse weit auszubauen und zu vertiefen. Die zwei Tage verliefen dank guter Planung reibungslos. Mit zwei Tageskarten von der Gemeinde war es möglich preiswert und flexibel zu reisen. Es hat sich bewährt, jeweils auf der Zugfahrt zur nächsten Person das Gespräch im Kopf durchzuspielen. «Lägerehüpfl³⁵» als Dankeschön erwiesen sich als gute Überbrückung von Begrüssung zum eigentlichen Gespräch. Das Fotografieren war eine gute Dokumentationsmöglichkeit und während des Schreibens war es entlastend, eigene Bilder ohne grosses Suchen und Quellen-Angeben einfügen zu können. Die Eindrücke, die in meinem Journal festgehalten sind, haben allerdings eher persönlichen als empirischen Wert für diese Arbeit.

Die Wahl der Interviewpartner war im Falle von Thomas Breitenmoser und Stefan Schneider sehr treffend. Beide beschäftigen sich seit Jahren mit dem Briener Rutsch und sind jetzt an vorderster Front im Frühwarndienst und dem Drainageprojekt. Das Gespräch mit Sonja und Patrick Simeon ermöglichte einen Einblick ins Leben mit der Rutschung. So lieferte es auch viele Informationen, die die Effekte der Rutschung auf die Brienerinnen betreffen. Das Interview zeigt aber nur eine Perspektive von vielen auf und ist nicht repräsentativ für die ganze Dorfgemeinschaft. Trotzdem war es sehr wertvoll, mit direkt Betroffenen zu sprechen. Ich bin froh, dass überhaupt jemand dazu bereit war. Mir wurde nämlich davon abgeraten, Interviews zu führen, weil die Einwohnerinnen wegen dem vielen Medieninteresse keine Auskunft mehr geben würden. Eine gute Lösung, um ein allgemein gültigeres Bild zu erhalten, war es, das Gespräch mit dem Gemeindepräsidenten, Daniel Albertin, zu suchen. Er beschäftigt sich mit den Problemen in Brienz und ist mit der Bevölkerung im Gespräch. Das Spannungsfeld zwischen Geologie und Mensch, das in dieser Arbeit zum Vorschein kommt, betrifft ihn tagtäglich.

Einige Bemerkungen zur Recherche: Das Buch «Landschaften und Geologie der Schweiz» (Pfiffner, 2019) bot einen guten Einstieg und faszinierte durch konkrete Beispiele und eindruckliche Bilder. Es legte eine gute Grundlage mit Fachbegriffen der Geologie und Wissen zu verwandten Themen wie beispielsweise Talformen. Um das Thema Massenbewegungen zu vertiefen, war das entsprechende Kapitel in «Allgemeine Geologie» (Press und Siever, 1995) sehr hilfreich. Auch manche Teile der wissenschaftlichen Arbeiten waren aufschlussreich. Jedoch war es schwierig, die richtigen Teile auszuwählen, nicht stur weiterzulesen, sondern sich zu fragen, ob die Lektüre überhaupt zielführend sei. So wäre die Zeit, in der ich mir über die «Mechanik des Kriechens von Hängen und Böschungen» (Goldschneider, 2014) den Kopf zerbrach, anders besser investiert gewesen. Denn die komplexen physikalischen Zusammenhänge übersteigen meine kognitiven Fähigkeiten und sprengen den Rahmen dieser Arbeit. Die Zeitungsartikel konnte ich gut verwenden als Quellen für die vierte Leitfrage und als Inspiration für die Fragen in den Interviews.

³⁵ kleines Gebäck der Bäckerei Fleischli

Lohnenswert war es, die Geologen nach Berichten über den Brienzer Rutsch zu fragen. «Sackungsmasse Brienz/Brinzauls» (Schneider et al., 2019) und die Masterarbeit von Andreas Ludwig waren zusammen mit den Grundlagen zu Massenbewegungen die zielführendsten Texte. Es war praktisch, aktuelle Modelle und Darstellungen aus erster Hand zur Verfügung zu haben. Schliesslich war die offensive Informationspolitik der Gemeinde Albula ein Glücksfall, da man sich auch als Aussenstehende auf der Website auf dem Laufenden halten kann. Das monatliche Bulletin ist schnell gelesen und liefert kurz und knapp die wichtigsten Neuigkeiten. Und in den drei Livestreams wurden die verschiedenen Projekte sowie geologischen Untersuchungen genauer erklärt.

Abschliessend war ein grosser Vorzug meiner Methoden ihre Vielfalt. Vom persönlichen Gespräch zur trockenen Lektüre, von dramatischen Zeitungsartikeln zum öffentlichen Informationsanlass war alles dabei. Das bereichert die Arbeit mit verschiedensten Perspektiven und Dimensionen.

5.3 Schlusswort

Nach wie vor bin ich mit meiner Themenwahl sehr zufrieden. Mein Interesse an Geologie und der Situation in Brienz hat nicht nachgelassen. Ich konnte sowohl viel fachliches Wissen erwerben als auch Interviews führen und eine spannende Reise unternehmen. Es war abwechslungsreich und befriedigend, da die Theorie immer von einem Beispiel begleitet wurde. Auch wurden die geologischen Konzepte spannend, weil sie einen direkten Einfluss auf das Leben der Brienzerinnen haben. Massenbewegungen bleiben nicht nur in Siedlungsgebieten, sondern auch auf Wanderwegen eine Herausforderung (Banz, 2018). Wenn ich in Zukunft davon höre, werde ich schon über ein gewisses Vorwissen verfügen.

Rückblickend bin ich davon fasziniert, wie sich eine vage Idee nach und nach zu einem Projekt und schliesslich zu diesem Produkt entwickelt hat. Am Anfang dieses Prozesses konnte ich mir nicht vorstellen, wie ich zum Ziel kommen würde. Doch sobald das Unterfangen in einzelne Phasen eingeteilt war, fiel es mir leichter den Überblick zu behalten. Ich konnte mich auf das konzentrieren, was im Moment erledigt werden musste. Spätere Phasen – wie zum Beispiel das Schreiben – konnte ich einfach auf mich zukommen zu lassen. Am Anfang war es eine Herausforderung, eine Balance zwischen dieser Gelassenheit und dem Planen zu finden. Dies konnte ich mit der Zeit aber gut meistern.

Auf diesem Weg wurde ich von vielen Personen unterstützt, denen ich an dieser Stelle danken möchte: Jost Rinderknecht, mein Betreuer, hat mir viel Raum gegeben, um selbstständig zu arbeiten. Aber er hat speditiv und präzise Rückmeldung gegeben und die nächsten Schritte mit mir besprochen, wenn ich ihn darum gebeten habe. Thomas Breitenmoser, Stefan Schneider, Daniel Albertin und Sonja und Patrick Simeon haben sich Zeit genommen und sich meinen Fragen gestellt. Annakathrina und Hanspeter Geiger haben mich auf meiner Reise beherbergt. Meine Eltern unterstützten mich finanziell. Und zu guter Letzt haben mir meine Lektorinnen – Seraina Denzler, Franziska Denzler-Relly und Marianne Relly – bei der Überarbeitung der Arbeit sehr geholfen. Euch allen, vielen Dank!

6 Quellenverzeichnis

6.1 Bücher

Essig, Martin et al. 2011. Diercke Geographie. Bildungshaus Schulbuchverlage. Braunschweig.

Pfiffner, O. Adrian. 2019. Landschaften und Geologie der Schweiz. Haupt. Bern.

Press, Frank und Siever, Raymond. 1995. Allgemeine Geologie. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg.

6.2 Skripte

Leupold, Florian. 2019. 3 Dynamik.

6.3 Texte aus dem Internet

Eberhardt, E. et al. (2007). Long-term investigation of a deep-seated creeping landslide in crystalline rock. Part II. Mitigation measures and numerical modelling of deep drainage at Campo Vallemaggia. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43738466/07EE_CanGeotechJ-Campo-Part2.pdf?1458024265=&response-content-](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43738466/07EE_CanGeotechJ-Campo-Part2.pdf?1458024265=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLong+term+investigation+of+a+deep+seated.pdf&Expires=1608565639&Signature=XmsYLB0uqZum4PTGcwrWojODhDrZqoM04aaEvCSYNBFaSBYzrF10uO3P8SkMXJiDa4axDxqn9lrGmLv5NSEjFopO-7MIDQLFh6LliCd2VVK9ckLxznUwXo93cFbkl-zMrYtGLEowU0si-b46rEx2DI-RqaAbsinTO6yS5-QV4pKtDSGbZszOGbQJEQkEpkzfCZCrkn-F7qvd~IR~8G3VfuZa16LnULd0BJVahlz9rENT9ow3Z4yo4xzM5lfbz01nHbStCE~kbgcDMkr3TINH5KvOU5c1lz1qqyNHUUBU8DBIs-Ph6t7LFh7jDKmA6NI2ZjsC3kTsfqlEQcAMWmqQQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)

[disposition=inline%3B+filename%3DLong term investigation of a deep seated.pdf&Expires=1608565639&Signature=XmsYLB0uqZum4PTGcwrWojODhDrZqoM04aaEvCSYNBFaSBYzrF10uO3P8SkMXJiDa4axDxqn9lrGmLv5NSEjFopO-7MIDQLFh6LliCd2VVK9ckLxznUwXo93cFbkl-zMrYtGLEowU0si-b46rEx2DI-RqaAbsinTO6yS5-QV4pKtDSGbZszOGbQJEQkEpkzfCZCrkn-F7qvd~IR~8G3VfuZa16LnULd0BJVahlz9rENT9ow3Z4yo4xzM5lfbz01nHbStCE~kbgcDMkr3TINH5KvOU5c1lz1qqyNHUUBU8DBIs-Ph6t7LFh7jDKmA6NI2ZjsC3kTsfqlEQcAMWmqQQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/43738466/07EE_CanGeotechJ-Campo-Part2.pdf?1458024265=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLong+term+investigation+of+a+deep+seated.pdf&Expires=1608565639&Signature=XmsYLB0uqZum4PTGcwrWojODhDrZqoM04aaEvCSYNBFaSBYzrF10uO3P8SkMXJiDa4axDxqn9lrGmLv5NSEjFopO-7MIDQLFh6LliCd2VVK9ckLxznUwXo93cFbkl-zMrYtGLEowU0si-b46rEx2DI-RqaAbsinTO6yS5-QV4pKtDSGbZszOGbQJEQkEpkzfCZCrkn-F7qvd~IR~8G3VfuZa16LnULd0BJVahlz9rENT9ow3Z4yo4xzM5lfbz01nHbStCE~kbgcDMkr3TINH5KvOU5c1lz1qqyNHUUBU8DBIs-Ph6t7LFh7jDKmA6NI2ZjsC3kTsfqlEQcAMWmqQQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA) (20.10.2020)

Goldschneider, Michael (2014). Mechanik des Kriechens von Böschungen und Hängen. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/gete.201400011> (2.6.2020).

Heim, Albert (1932). Bergsturz und Menschenleben. https://gra-nat.ch/system/media/2410/original/77BB20_0.pdf?142202271 (8.9.2020)

Preisig, Giona (2017). Long-term effects of deep-seated landslides on transportation infrastructure: a case study from the Swiss Jura Mountains.

https://doc.rero.ch/record/324324/files/Preisig_G-Long-term_effects_of_deep-seated-20190325164415-RK.pdf (11.6.2020).

Rudolph, Dennis (2017). Kohäsion/Adhäsion. <https://www.frustfrei-lernen.de/mechanik/kohaesion-adhaesion.html> (28.9.2020).

Thuro, Kuroschi; Berner, Christoph und Eberhardt, Erik. (2005). Der Bergsturz von Goldau 1806 – Versagensmechanismen in wechsellagernden Konglomeraten und Mergeln.

http://www.goldauerbergsturz.ch/pdf/2005_nti15_goldau1806.pdf (28.9.2020).

Wikipedia (2018). Zementation. https://de.wikipedia.org/wiki/Zementation_%28Geologie%29 (10.9.2020)

Wikipedia (2020a). Brienz/Brinzauls. <https://de.wikipedia.org/wiki/Brienz/Brinzauls> (7.9.2020).

Wikipedia (2020b). Schichtung. <https://de.wikipedia.org/wiki/Schichtung> (15.9.2020)

6.3.1 Bevölkerungsinformation der Gemeinde Albula

Bulletins

Führungsstab der Gemeinde Albula (2019). Information zum Brienzer Rutsch. 6.12.19.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6489file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 7.1.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6498file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 10.2.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6531file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 9.3.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6639file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 17.4.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6708file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 7.5.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6742file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 11.6.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6795file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 14.7.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6824file.pdf> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 6.8.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6863file.pdf> (15.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 11.9.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6887file.pdf> (26.9.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Information zum Brienzer Rutsch. 9.10.2020.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6901file.pdf> (20.10.2020)

Livestreams

6. Bevölkerungsinformation zum Brienzer Rutsch (16.4.2020a).

<https://www.youtube.com/watch?v=Lon7mBRUnwo> (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Präsentation Informationsanlass. 16.4.2020b.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6707file.pdf> (5.8.2020)

7. Bevölkerungsinformation zum Brienzer Rutsch (30.7.2020a).

https://www.youtube.com/watch?v=yMs_EKS2dqQ&feature=youtu.be (5.8.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Präsentation Informationsanlass. 30.7.2020b.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6844file.pdf> (5.8.2020)

8. Bevölkerungsinformation zum Brienzer Rutsch (19.10.2020a).

<https://www.youtube.com/watch?v=h7b7JpprV-c&feature=youtu.be> (20.10.2020)

Führungsstab der Gemeinde Albula (2020). Präsentation Informationsanlass. 19.10.2020b.

<http://www.albula-avra.ch/files/BXMediaPlusDocument6918file.pdf> (20.10.2020)

6.3.2 Zeitungsartikel

Banz, Esther (2018). Wandern in Zeiten bröckelnder Berge. Nr.19. Seiten 42-45.

Degonda, Silvana (2019). Ein harter Brocken. Schweizer Illustrierte. Nr.37. Seite 34.

De Vos, Valentina (2020). Brienzen und der Bange Blick auf den Berg.

<https://www.srf.ch/news/schweiz/dorf-im-albulatal-brienzen-und-der-bange-blick-auf-den-berg> (27.10.2020)

Hablützel, Stefanie (2019). Brienzen – ein Dorf rutscht ab.

<https://www.srf.ch/news/regional/graubuenden/leben-in-der-gefahrenzone-brienzen-ein-dorf-rutscht-ab> (18.6.2020).

Kessler, Silvia (2019). «Igl Rutsch» schweisst die Brienzen zusammen. Bündner Tagblatt (17.5.2019). Seite 3.

Krummenacher, Jörg (2019). Der Berg kommt. Neue Zürcher Zeitung (9.7.2019). Seite 12.

Latzer, Marco (2019). Sie verlieren den Boden unter den Füßen. Blick (27.7.2019). Nr. 172. Seite 2.

Nay, Andri (2019). Brienzen sind jetzt gegen Totalschaden versichert. Bündner Zeitung (9.8.2019). Seite 5.

Pfaff, Isabel (2019). Dieses Dorf rutscht immer schneller ins Tal. <https://www.bazon-line.ch/schweiz/dieses-dorf-rutscht-immer-schneller-ins-tal/story/30354469> (18.6.2020)

Zinsli, Seraina (2019). Respekt, aber keine Angst. Bündner Zeitung (4.7.2019). Seite 3.

6.4 Geologische Berichte

Die hier aufgelisteten Quellen wurden mir von Thomas Breitenmoser und Stefan Schneider vermittelt.

Ludwig, Andreas. 2011. Kinematische Analyse der Hanginstabilität von Brienzen/Brinzauls GR.

Schneider, Stefan; Wurster, Daniel; Broggi, Ramiro und Dunst, Robert. 2019. Sackungsmasse Brienzen/Brinzauls. Geologisches und Kinematisches Modell. CSD Ingenieure. Thusis.

6.5 Interviews

Die Aufnahmen der Gespräche mit Stefan Schneider, Thomas Breitenmoser, Daniel Albertin sowie Patrick und Sonja Simeon sind in einem persönlichen Archiv abgelegt. Stattgefunden haben sie alle am 10. August, abgesehen vom Interview mit Daniel Albertin, das am 11. August geführt wurde.

7 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Der Blick zur Abrisskante und der Geröllhalde darunter vom Dorf aus (eigenes Bild).....</i>	<i>1</i>
<i>Abbildung 2: Das Dorf Brienz (GR) von Westen (eigenes Bild).....</i>	<i>1</i>
<i>Abbildung 3: Der Blick auf Brienz von Westen. Was auf dem Foto weniger offensichtlich ist als vor Ort: der schiefe Kirchturm. (eigenes Bild).....</i>	<i>5</i>
<i>Abbildung 4: Die Lage von Brienz wird durch den roten Punkt markiert.</i>	<i>5</i>
<i>Abbildung 5: Entwicklung der Geschwindigkeit der Rutschung Dorf von</i>	<i>6</i>
<i>Abbildung 6: Einteilung der Rutschung in zwei Bereiche.....</i>	<i>7</i>
<i>Abbildung 7: Rutschung im Lugnez (GR). Von Auge ist keine Bewegung zu erkennen. Eine Rutschung (hier die rot markierte Fläche) bewegt sich meist nur mit wenigen Zentimetern pro Jahr fort.</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 8: Bei einem Murgang wird Schlamm und Geröll durch einen reissenden Strom ins Tal befördert. Dabei kann eine Geschwindigkeit von bis zu 70 km/h erreicht werden (Press und Siever, 1995).</i>	<i>8</i>
<i>Abbildung 9: Der hohe Grundwasserspiegel drückt von unten auf die braune, undurchlässige Schicht. (eigenes Bild).....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 10: Profilschnitt durch den Heinzenberg vom Glasergrat bis nach Thusis</i>	<i>17</i>
<i>Abbildung 11: Geologischer Profilschnitt der Flanke des Piz Linard von Pro Fop bis zur Albula.....</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 12: Geschwindigkeit der Rutschung Dorf in Brienz von 2012 bis 2020.....</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 13: Der Gletscher hat das Tal ausgehöhlt und sorgt für die Stabilität des Hangs.....</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 14: Vermuteter Verlauf der postglazialen Sackung beim heutigen Brienz.....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 15: Verschiedene Arten von Kippen.....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 16: Instabiler Fels neben einer Strasse in der Nähe der kroatischen Siedlung Bribir</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 17: Oberflächen- und Tiefenentwässerung. Rote Pfeile deuten die Rutschbewegung an, blaue die des Wassers. Pumpen (violett) würden durch die Rutschbewegung zerstört. Ein Stollen (grün), der unter der Gleitfläche verläuft, jedoch nicht. Zur besseren Erkennbarkeit wurden die Grössenverhältnisse ausser Acht gelassen. (eigenes Bild)</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 18: Vier mögliche Stollenverläufe rund um Brienz. Als geologisch am günstigsten erwies sich die pinke Version.</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 19: Campo, Valle Maggia.....</i>	<i>25</i>
<i>Abbildung 20: Geschwindigkeiten verschiedener Bereiche der Sackung von 2017 bis 2020.</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 23: Risse an einer Hauswand im Dorf (eigenes Bild).....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 22: Risse in einer Strasse im Dorf (eigenes Bild).....</i>	<i>28</i>

<i>Abbildung 21: Die Strasse zwischen Brienz und Vazero. Beim Rutschhorizont muss sie bis zu zehn Mal pro Jahr geflickt werden. Unter den Brettern befinden sich Leitungen, die so einfacher ausgebessert werden können. (Albertin, 2020) (eigenes Bild).....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 25: Die Felsmasse hängt eindrücklich über dem Dorf. (eigenes Bild).....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 24: Einige Blöcke kullern bis kurz vor den Dorfeingang. (eigenes Bild).....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 26: Vom Messhäuschen im Dorfkern wird der Hang genau beobachtet. (eigenes Bild).....</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 27: Bemerkt die Kamera Steinschlagaktivität, schaltet das Lichtsignal auf Rot. (eigenes Bild) .</i>	<i>30</i>
<i>Abbildung 30: Kornleuchter und Altar im Innern der Kirche (eigenes Bild)</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 31: Der Blick zwischen den Häusern hindurch auf die Kirche St. Calixtus (eigenes Bild).....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 29: Hauseingang an der Kantonsstrasse (eigenes Bild).....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 28: Enge Wege und Treppen zwischen den Häusern (eigenes Bild).....</i>	<i>44</i>
<i>Abbildung 32: Hängematte am Dorfrand (eigenes Bild).....</i>	<i>44</i>

8 Anhang

8.1 Eindrücke aus Brienz



Abbildung 32: Hängematte am Dorfrand (eigenes Bild)

Abbildung 31: Enge Wege und Treppen zwischen den Häusern (eigenes Bild)

Abbildung 30: Hauseingang an der Kantonsstrasse (eigenes Bild)



Abbildung 29: Der Blick zwischen den Häusern hindurch auf die Kirche St. Calixtus (eigenes Bild)

Abbildung 28: Kornleuchter und Altar im Innern der Kirche (eigenes Bild)

Ich, Noelia Denzler, erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Maturitätsarbeit eigenständig und ohne unerlaubte Hilfe erstellt habe und dass alle Quellen, Hilfsmittel und Internetseiten wahrheitsgetreu verwendet wurden und belegt sind.

Ich bin damit einverstanden, dass eine Kopie meiner Maturitätsarbeit bei einer Anfrage nach aussen abgegeben wird.