Universität Zürich[UZH]

Geographisches Institut

Geomorphologische Untersuchungen im UNESCO-Welterbegebiet Tektonikarena Sardona *und* Inszenierung eines Landschaft-Lehrpfadprojektes im Gebiet Fil de Cassons, Piz Segnas und Tschingelhörner

GEO 511 Masterarbeit

Eingereicht durch

Ursina Strub

10-750-198

Betreut durch

Prof. Dr. Max Maisch

Fakultätsvertretung

Prof. Dr. Max Maisch

27.01.2016

Geographisches Institut, Universität Zürich

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Masterarbeit auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Ursina Strub

Sera Curt 6

7402 Bonaduz

ursina.s@hotmail.com

Danksagung

Das erste herzliche Dankeschön gebührt meinem Betreuer Prof. Dr. Max Maisch, der stets ein offenes Ohr für meine Fragen, Probleme und Sorgen während der Arbeit hatte. Seine aufmunternden Worte, Tipps und Tricks waren sehr hilfreich und wertvoll.

Weiter möchte ich mich herzlich bei meinen Freunden für ihre stete Unterstützung, Aufmunterungen und Begleitungen im Feld bedanken. Die schönen Stunden unter dem Sternenhimmel auf dem Crap la Tgina und die Besteigung des höchsten Berggipfels der Tektonikarena Sardona liessen Welterbe auch auf geniesserische Art und Weise erleben.

Meiner Schwester Andrea gebührt ein grosses Dankeschön. Ohne ihre Hilfe und den Erfahrungsaustausch nicht nur während der Masterarbeit, sondern währen der gesamten Studienzeit, sei es in geographischer oder persönlicher Hinsicht, wäre der Weg zum Masterdiplom bedeutend steiniger gewesen.

Ein riesiges „Danka!“ möchte ich meinen lieben Eltern, Ida und Roger aussprechen. Ohne ihre Unterstützung würde ich heute meine Masterarbeit nicht in den Händen halten. Sie begleiteten mich bis heute stets mit viel Geduld, Zuversicht und Freude.

Zürich, Januar 2017

Zusammenfassung

Als Folge des Klimawandels werden sich in den Schweizer Alpen die Bedingungen für den Winter- und Sommertourismus in der Schweiz, so auch in der Feriendestination „Flims, Laax, Falera“, spürbar ändern und die Verantwortlichen vor grosse Herausforderungen stellen. Tendenziell wärmere und niederschlagsärmere Sommermonate bieten aber auch Chancen, den Sommertourismus in den Bergregionen gezielter als bisher zu fördern und kreative Ideen für neuartige touristische Angebote zu entwickeln und umzusetzen.

Das UNESCO-Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona fällt, neben der geologisch interessanten, weltberühmten Glarner Hauptüberschiebung – deutlich sichtbar an den Tschingelhörnern – durch eine faszinierende, für den sanften Bergwander- und Bildungstourismus ausserordentlich attraktive Gebirgslandschaft auf. Zwei riesige, mit Kies und Schotter aufgefüllte Schwemmebenen, der Glatschiu dil Segnas und seine Spuren, verkarstete Felswände, Ablagerungen des Flimser Bergsturzes und weitere interessante geomorphologische Formen zieren mosaikartig das Landschaftsbild oberhalb Flims.

Im Rahmen und als Grundlage dieser Masterarbeit wurde unter glazialgeschichtlichen Aspekten zum Zeitbereich Spätglazial und Holozän eine flächendeckende geomorphologische Kartierung im ca. 14 km^2 grossen Untersuchungsgebiet erarbeitet. Karten-/Luftbildanalysen und Feldbegehungen ermöglichten das Erfassen, Aufarbeiten und Bereitstellen der wissenschaftlichen Grundlagen. Die registrierten und nach Prozessbereichen klassierten Formen wurden auf einer digital erstellten Geomorphologischen Karte im Massstab 1:25'000 visualisiert.

Die geomorphologischen Befunde dienen als primäre Wissensbasis für die Planung und didaktische Umsetzung eines neuen Landschaft-Lehrpfadprojektes: *„Erlebnisweg - Landschaftsformen im Gebiet der Tschingelhörner, der Segnesböden und des Fil de Cassons“*. Das Wissen über ausgewählte, meist eindrückliche, ja beispielhaft ausgeprägte geomorphologische Formen und deren Entstehungsprozesse wurden fachgerecht auf das Anspruchsniveau der Zielgruppe von 12-15 jährigen Schülerinnen und Schüler reduziert und an insgesamt 14 ausgewählten Points of Interest (POIs) thematisiert. Zu diesem Zweck wurden Illustrationen wie Fotos, Blockbilder und Hand-Skizzen bereitgestellt, die auf stufengerechte, d.h. auf möglichst verständliche Weise die Inhalte veranschaulichen sollen. Als Vorlage für den neuen Landschaft-Lehrpfad diente das Modell eines variantenreichen Erlebnisweges, welcher mit direkt im Gelände platzierten Nummernpflöcken (mit der jeweiligen POI-Nummer und einem QR-Code versehen), einer Begleitbroschüre und einer kleinen „Forscherbox“ ausgestattet werden soll. Dieses ermöglicht Kindern und Jugendlichen ein unmittelbares „Lernort-Erlebnis“ durch direkte Bildung in der Natur, was eines der obersten Ziele des UNESCO-Weltnaturerbes Tektonikarena Sardona darstellt. Andererseits steht der Lehrpfad selbstverständlich auch für alle anderen Touristinnen und Touristen für eine lehrreiche und spannende Bereicherung ihrer Wanderausflüge zur Verfügung. Beobachten, Fühlen, Hören und weitere Aktivitäten ermöglichen es allen Besucherinnen und

Besuchern, das einzigartige Welterbegebiet Tektonikarena Sardona auf eine eindrückliche und hoffentlich unvergessliche Art und Weise zu erleben und wahrzunehmen.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung ..... **I**

Zusammenfassung ..... **II**

Inhaltsverzeichnis ..... **IV**

1 Einleitung und Übersicht **1**

1.1 Motivation *1*

1.2 Geomorphologische Kartierung als Forschungsgegenstand 2

1.2.1 Definition von Geomorphologie *2*

1.2.2 Geomorphologische Kartierung – Entwicklung über die Zeit *2*

1.2.3 Nutzen Geomorphologischer Karten *3*

1.3 Lehrpfade 4

1.3.1 Geschichte und Definition von Lehrpfaden *4*

1.3.2 Lehrpfade als touristisches Angebot *4*

1.3.3 Lehrpfade für den Schulunterricht *5*

1.4 Ausgangslage 6

1.4.1 Die Geomorphologie im Untersuchungsgebiet *7*

1.4.2 Bereits genutzte Methoden für die Wissensvermittlung in der Tektonikarena Sardona *8*

1.5 Ziele und Fragestellungen 9

1.6 Aufbau der Arbeit 11

2 Untersuchungsgebiet **12**

2.1 UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona 12

2.1.1 Bildungsstrategien des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona *13*

2.2 Geographische Lage und Topographie des Arbeitsgebietes 14

2.2.1 Erschliessung des Arbeitsgebietes *15*

2.3 Tektonik, Geologie und Glarner Hauptüberschiebung 18

2.3.1 Tektonik und Geologie *18*

2.3.2 Glarner Hauptüberschiebung *19*

2.4 Wetterlage und Klima 20

2.4.1 Typische Wetterlage *20*

2.4.2 Temperatur *21*

2.4.3 Niederschlag *22*

3 Methodik **24**

3.1 Datenaufnahme - Geomorphologische Untersuchung 24

3.1.1 Verwendete Kartierungsgrundlagen *24*

3.1.2 Feldarbeit ... *26*
3.1.2.1 GPS-Vermessung ... *26*
3.1.2.2 Fotographische Dokumentation ... *27*
3.1.3 Schwierigkeiten und Unsicherheiten beim Kartieren ... *27*
3.2 Datenverarbeitung ... 28
3.2.1 Digitalisieren und Visualisieren in Adobe Illustrator ... *28*
3.2.1.1 Legende ... *28*
3.2.1.2 Layout ... *30*
3.2.2 Vorgehen Planung und didaktische Umsetzung des Lehrpfads ... *31*
3.2.2.1 Zielsetzung ... *31*
4 Geomorphologische Untersuchung – Ergebnisse und Interpretationen ... 32
4.1 Geomorphologische Karte als Produkt ... 32
4.2 Geomorphologische Formen und formbildende Prozesse im Untersuchungsgebiet ... 32
4.2.1 Glazialer Prozessbereich ... *33*
4.2.2 Glaziofluvialer Prozessbereich ... *38*
4.2.3 Fluvialer Prozessbereich ... *39*
4.2.4 Periglazialer Prozessbereich ... *42*
4.2.4.1 Blockgletscher ... *42*
4.2.4.2 Solifluktion ... *43*
4.2.5 Gravitativer Prozessbereich ... *45*
4.2.6 Karstischer Prozessbereich ... *49*
4.2.7 Organogen-biogener Prozessbereich ... *50*
4.2.8 Denudativer Prozessbereich ... *50*
4.2.9 Anthropogener Prozessbereich ... *51*
4.2.10 Geologie ... *53*
4.3 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes in Teilbereiche gegliedert ... 54
4.3.1 Überblick gesamtes Untersuchungsgebiet ... *54*
4.3.2 Plaun Segnas Sut ... *56*
4.3.3 Plaun Segnas Sura ... *59*
4.3.4 „Riegel“ bei Muletg Veder ... *60*
4.3.5 Felsiegel zwischen der Plaun Segnas Sut und der Plaun Segnas Sura ... *61*
4.3.6 „Riegel“ Crap la Tgina ... *62*
4.3.7 Il Vonn und Las Palas ... *63*
4.3.8 Muletg da Sterls und Pass dil Segnas ... *64*
4.3.9 Glatschiu dil Segnas und Segnas Sura ... *65*
4.4 Rekonstruktion der Gletscherstände am Glatschiu dil Segnas und am Firnfleck Las Palas ... 66

5 Planung und didaktische Umsetzung des Landschaft-Lehrpfades 71
5.1 Bereits bestehende Naturlehrpfade 71
5.1.1 Beurteilung der „Sardona Applikation“ und des Besucherpavillons 73
5.2 Vorschläge für die Gestaltung und Umsetzung eines neuen Landschaft-Lehrpfades 75
5.2.1 Thema des Lehrpfades 75
5.2.2 Modell und Struktur des neuen Landschaft-Lehrpfades 75
5.2.2.1 Modell des neuen Landschaft-Lehrpfades 75
5.2.2.2 Auswahl der POIs und deren Strukturierung 76
5.2.3 Organisatorische Aspekte 78
5.2.4 Praktische Evaluation des Lehrpfades 79
5.3 Inhalte der Points of Interest 80
5.3.1 Startpunkt 81
5.3.2 POI 1 83
5.3.3 POI 2 90
5.3.4 POI 3 93
5.3.5 POI 4 a) 95
5.3.6 POI 4 b) 97
5.3.7 POI 5 101
5.3.8 POI 6 103
5.3.9 POI 7 106
5.3.10 POI 8 a) 110
5.3.11 POI 8 b) 112
5.3.12 POI 9 a) 114
5.3.13 POI 9 b) 117
5.3.14 POI 10 119
5.3.15 POI 11 122
5.4 Kritische Reflexion zum gewählten Lehrpfad-Modell und zu den Inhalten des neuen Landschaft-Lehrpfades 124
6 Schlussfolgerung und Ausblick 126
6.1 Zusammenfassung der Geomorphologischen Untersuchungen 126
6.2 Zusammenfassung der Planung und didaktischen Umsetzung des Landschaft-Lehrpfades 127
6.3 Ausblick 128
Literatur 129
Abkürzungen 135
Abbildungen 136

Tabellen **140**

Anhang A **141**

Anhang B **147**

Persönliche Erklärung **152**

1 Einleitung und Übersicht

1.1 Motivation

In vielen Gebirgsregionen der Erde sind zurzeit markante und rasche Veränderungen zu beobachten (Keller u. a. 2011). Die steigenden Temperaturen ändern die Bedingungen für den Winter- und Sommertourismus in der Schweiz spürbar. Besonders betroffen vom Klimawandel sind Tourismus-Destinationen in den Berggebieten. Da in den Alpen die Schneesicherheit im Winter abnimmt, sind insbesondere tief gelegene Skigebiete (< 2000 Meter über Meer (m ü.M.)) ohne intensive Beschneiung gefährdet (Rebetez und Lehmann Friedli 2016; Teich u. a. 2007). In höheren Lagen, oberhalb der Waldgrenze, wo die Landschaft und die in ihr wirkenden Prozesse von Schnee und Eis geprägt sind, wirkt sich der Klimawandel auf die Gletscher und den Permafrost aus (Keller u. a. 2011). Erhöhte mittlerer Jahrestemperaturen verursachen den Anstieg der Schneegrenze, einen Rückgang der Gletscher und das Auftauen der Permafrostböden, was zu einer höheren Eintrittswahrscheinlichkeit von Felsstürzen, Rutschungen und Murgängen führt. Trotz dieser Naturgefahren könnte der Alpenraum in den tendenziell wärmeren und niederschlagsärmeren Sommermonaten zu einer interessanten alternativen Feriendestination gegenüber den heissen und trockenen Feriendomizilen im Mittelmeerraum werden (Bafu 2013; Imper und Buckingham 2010). Ausserdem ergeben sich durch die Verlängerung der Sommersaison in den Frühling und Herbst hinein Chancen für den Sommertourismus (Rebetez und Lehmann Friedli 2016). Dennoch wird der Sommertourismus nicht alleine durch den Klimawandel aufgewertet, sondern benötigt zusätzlich eine Aufpolierung des derzeitig schwachen Images des alpinen Sommertourismus im Vergleich zum Wintertourismus. Neue schneeunabhängige Traumbilder des Alpenraums, welche die Gedanken der Besucher erobern werden, sollen geschaffen werden (Bätzing 2015).

In Bonaduz aufgewachsen, bewegte ich mich von klein auf gerne in den Bündner Bergen. Die Liebe zur alpinen Gebirgswelt entdeckte ich mit sieben Jahren, als ich an meinem ersten Kinderbergsteigerlager der Sektion Piz Platta in der Länta Hütte SAC teilnahm. Durch das Bergsteigen, sowohl im Sommer als auch im Winter, kam ich der wunderbaren Schweizer aber auch ausländischen Bergwelt sehr nahe und erlebte deren atemberaubende Schönheit und Mächtigkeit jedes Mal von Neuem. Zunehmend interessierte es mich, wie diese Landschaften entstanden sind und welche Prozesse diese wunderschönen und vielfältigen Phänomene geformt haben. Dank des Geographiestudiums an der Universität Zürich lernte ich Schritt für Schritt Räume, auch aus wissenschaftlicher Sicht, zu analysieren und zu interpretieren. Erst vor eineinhalb Jahren entdeckte ich die meinem Wohnort Bonaduz so nahe gelegene alpine Bergwelt oberhalb Flims mit dem Cassonsgrat (Rätoromanisch: Fil de Cassons), Piz Segnas und den Tschingelhörnern, vorab während der schneefreien Monate. Weit gereist bin ich und Dutzende Berggipfel habe ich erklommen – wie konnte ich diese fantastische Landschaft direkt vor meiner Nase übersehen? Sofort war klar für mich, dass ich dieses Gebiet unter die

geomorphologische Lupe nehmen und meine Erkenntnisse mit der Bevölkerung teilen möchte. Ich steckte mir hohe Ziele: Durch meine Arbeit sollen Besucher unter anderem auf den meist nur indirekt beobachtbaren Klimawandel aufmerksam gemacht werden und lernen, die facettenreiche Natur zu schätzen sowie diese als schützenswerten Teil unseres Planeten zu betrachten und auch dementsprechend zu handeln.

1.2 Geomorphologische Kartierung als Forschungsgegenstand

1.2.1 Definition von Geomorphologie

Der griechische Begriff Geomorphologie bedeutet übersetzt die Lehre von der Form bzw. Gestalt der Erde (gé = Erde; morphé = Form/Gestalt; logos = Geist/Wort/Rede/Inhalt). Unter verschiedenen Gesichtspunkten beschreibt und ordnet die geomorphologische Wissenschaft Formen systematisch und erklärt deren Entstehung und Entwicklung (Louis und Fischer 1979 zit. in: Zepp 2003). Basierend auf mehreren Kriterien wie Form, Prozess, Zusammensetzung und Struktur, Chronologie, Beziehungen des Umweltsystems und räumliche Beziehungen der Landformen, kann solch eine Gliederung gemacht werden (Bishop u. a. 2012). Zu den genannten Formen gehören Oberflächenformen (Landformen) der Landgebiete wie Gletscher und Gebirge und Oberflächenformen des Meeresbodens (submarine Landformen), wie Tiefseegräben und Korallenriffe. Des Weiteren kann Geomorphologie als Bestandteil der Fachwissenschaften Geographie und Geologie betrachtete werden (Ahnert 2015).

1.2.2 Geomorphologische Kartierung – Entwicklung über die Zeit

Schon früh waren geomorphologische Prozesse der Bevölkerung, zumindest denjenigen Leuten, die direkt davon betroffen waren, bekannt. Damit gemeint sind in erster Linie Naturgefahren wie Bergstürze und Flussufererosionen. Die Auseinandersetzung mit der Landschaft geschah damals wissenschaftlich unreflektiert und nur auf die Problemlösung fokussiert. Im 19. Jahrhundert (Jh.) entstand die geomorphologische Wissenschaft aus der „dynamischen Geologie“ heraus. Formen zu entdecken und zu beschreiben, sowie die Prozesse darzustellen, waren lange Zeit Hauptgegenstand der geomorphologischen Wissenschaft (Leser 2006). Die Kartierarbeit basierte zunächst nur auf Feldbegehungen und etwas später auf der Integration multidisziplinärer Informationen, wie topographischer Karten, Feld- und Fernerkundungsdaten. Durch die Interpretation von Bildern und Karten mit kleinem Massstab wurden Formen der Landesoberfläche auf regionaler Skala klassiert. Für detaillierte geomorphologische Untersuchungen wurden in-situ Messungen und Beobachtungen durchgeführt. Aufgrund des grossen Zeitaufwandes der Feldbegehungen existierten nur in sehr wenigen Gebieten detailreiche grossmassstäbliche geomorphologische Karten (Bishop u. a. 2012).

Kürzliche Fortschritte in Fernerkundung, Geographischen Informationswissenschaften (GIScience), geographisch-räumlichen Technologien und Entwicklungen des nummerischen Modellierens von

Oberflächenprozessen, haben die Geomorphologie revolutioniert (Shroder und Bishop 2003 zit. in: Bishop u. a. 2012; Bishop und Shroder 2004a, zit. in: Bishop u. a. 2012). Diese Entwicklung ermöglicht eine quantitative Aufnahme und Analyse der Formen und formbildendenden Prozessen der Landschaft (Pike 2000 zit. in: Bishop u. a. 2012; Hengl and Reuter 2009 zit. in: Bishop u. a. 2012). Zugleich, ähnlich anderen Fachwissenschaften, begab sich auch die Geomorphologie in die Spezialisierung hinein. Das Erfassen von Makroformen und Prozessen wurde durch die „Jagd" auf immer detailliertere Daten abgelöst. Damit einher ging die Verbindung mit der traditionellen Geologie verloren und die realen Unschärfen der Formen und der natürlichen chaotisch verlaufenden Prozesse wurden ignoriert. Das Nutzen dieser vielfältigen technischen Möglichkeiten führte teilweise zu einer Vernachlässigung der Feldmethoden. Dabei wurde übersehen, dass sich Technik nur dann sinnvoll einsetzen lässt, wenn Ansatz und Methode mit den existierenden Landformen und den dort ablaufenden Prozessen in einem Kontext stehen (Leser 2006).

Heute integriert die Geomorphologie nebst der Formen und Prozesse auch deren Intensität und Wirkungsgrad sowie den zeitlichen Ablauf. Durch interdisziplinäre Sichtweisen schliesst die Erforschung der Randbedingungen (wieder) Erdgeschichte, Klima, Vegetation, Bodenentwicklung, Hydrologie und zu guter Letzt den Menschen mit ein (Leser 2006). Spätestens seit dem Hitzesommer 2003 ist die Tragweite des Klimawandels einer breiten Öffentlichkeit bewusst geworden. Ab diesem Zeitpunkt erfuhr die Anwendung geomorphologischer Forschung eine neue Dimension. Die Sensibilisierung der Bevölkerung hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen Klimawandel und Lebensraum, gewann zusehends an Bedeutung. Dank neuer Methoden, wie Geographic Information System (GIS), Global Positioning System (GPS) und Geophysik etc. wurde die geomorphologische Wissensbasis in den letzten Jahren stark erweitert. Des Weiteren wurden die technischen Geräte wesentlich verbessert und sind zu verhältnismässig günstigen Tarifen erhältlich. Die Bevölkerungsentwicklung und die zunehmende Ressourcenknappheit verlangen eine intensivere Auseinandersetzung mit bisher nicht oder wenig betrachteten Gebieten der Erdoberfläche (Keller u. a. 2011).

1.2.3 Nutzen Geomorphologischer Karten

Geomorphologisches Kartieren soll das Verständnis der Erdoberflächenprozesse, der natürlichen Ressourcen, der Naturgefahren und der Landschaftsentwicklung erhöhen (Blaszczynski, 1997 zit. in: Bishop u. a. 2012; Bishop und Shroder, 2004a zit. in: Bishop u. a. 2012). Die Rekonstruktion der Geschichte eines Gebietes und möglicherweise auch die Vorhersage werden dadurch möglich (Gustavsson u. a. 2006 zit. in: Bedenhäsig 2007). Zusätzlich können geomorphologische Karten als Datenbasis für viele Anwendungen und Produkte, wie Gefahrenkarten, die Planungen von Landnutzung und Schutzmaßnahmen für Natur- und Kulturlandschaften genutzt werden (Cooke und Doornkamp 1990 zit. in: Bedenhäsig 2007).

In dieser Arbeit wurde die geomorphologische Untersuchung als Basis(-wissen) für einen Landschaft-Lehrpfad genutzt. Die Kartierung selber wurde als Methode angewendet, um eine heutige Hochgebirgsregion und deren Entwicklung zu verstehen.

1.3 Lehrpfade

1.3.1 Geschichte und Definition von Lehrpfaden

Der erste Naturlehrpfad wurde 1925 in den USA im Palisade Interstate Park (New Jersey) eröffnet. 45 Jahre später wurden auch in der Schweiz die ersten Lehrpfade installiert (Engelhard 1995 zit. in: Universität Basel o. J.; Lindau 2004 zit. in: Universität Basel o. J.). Anfangs wurden klassische Lehrpfade mit detaillierten Informationstafeln, in der Hoffnung, dass die Besucher ihr Verhalten in ihrem Umgang mit der Natur verändern, konstruiert. Diese passive Art der Wissensvermittlung verstärkte das erwünschte Umweltbewusstsein bei den Leuten jedoch nicht. Deshalb wurden seit ca. den 1980er Jahren auf interaktive Lehrpfade unter dem Motto „Naturerlebnispfade – die Natur mit allen Sinnen erfahren“, welche die Besucher begeistern sollen, umgestellt (Megerle 2003 zit. in: Universität Basel o. J). Zudem werden seit ca. 2000 zunehmend neue Medien in die Lehrpfade integriert (Universität Basel o. J.).

Lehrpfade können als Wege mit mehreren Stationen, d.h. Points of Interest (POIs), an denen Informationen über Landschaften, Pflanzen und Tiere vermittelt werden, umschrieben werden (Zimmerli 1980 zit. in: Bartsch-Herzog 2013; Lang und Stark 2000 zit. in: Bartsch-Herzog 2013). Wissensvermittlung, Umweltbildung und die Förderung des Kontakts zwischen Mensch und Natur gelten als Ziel eines Geo-Lehrpfads (Strohschneider 1997 zit. in: Bartsch-Herzog 2013; Zimmerli 1980 zit. in: Bartsch-Herzog 2013). Diese sogenannten ausserschulischen Lernorte müssen bestimmte Qualitätsmerkmale erfüllen. Dazu gehören beispielsweise das Ermöglichen des selbstständigen Entdeckens sowie des Lernens mit allen Sinnen. Weiter sollen das Zielpublikum neugierig gestimmt und verschiedene Phänomene im Originalzusammenhang erkannt werden, wobei bei letzteren eine gute Überschaubarkeit und klare Struktur im Fokus liegen. Nicht zuletzt sollten der Erlebnischarakter gegeben sein und die Besucher für die Schönheit der Natur sensibilisiert werden (Nutz 2003 zit. in: Bartsch-Herzog 2013). In thematischer Hinsicht können Lehrpfade sehr verschieden sein.

1.3.2 Lehrpfade als touristisches Angebot

Touristisch geförderte Naturräume mit Lehrpfaden ermöglichen nebst Unterhaltung und Spass auch Bildung direkt im Gelände. Die Geomorphologie wird oft im Kontext des Klimawandels und des Gletscherschwundes thematisiert. Diese hochbrisanten Themen interessieren und berühren die Bevölkerung, insbesondere wenn sie direkt damit konfrontiert werden.

Die Landschaftsattraktivität und ein spannendes Freizeitangebot sind die wichtigsten Auslöser für die Besucherströme einer Region (Keller u. a. 2011). Räume wie Natur- bzw. Regionalpärke, Naturschutzgebiete, Biosphärenreservate, geologische Reservate und UNESCO-Weltnaturerbegebiete bieten ideale Plattformen, den nachhaltigen Sommertourismus in den Berggebieten zu aktivieren und zu vermarkten. Gemäss der Schweizer UNESCO-Kommission Welterbe befinden sich in der Schweiz aktuell elf Weltkultur- und -naturerbestätten. Davon haben drei Welterbestatus: Das UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch (seit 2001, 2007 erweitert), das UNESCO-Welterbe Monte San Giorgio (seit 2003, 2010 erweitert) und das UNESCO- Welterbe Tektonikarena Sardona (seit 2008) (Schweizer UNESCO-Kommission o. J.). Das UNESCO-Weltnaturerbe Swiss Alps Jungfrau-Aletsch zieht jährlich eine hohe Anzahl an Sommertouristen aus der ganzen Welt an. Durch die Errichtung verschiedenster Lehrpfade wird insbesondere der Sommertourismus aktiviert. So können die Gäste dieser Region beispielsweise den flächenmässig grössten und längsten Gletscher der Schweiz, den grossen Aletschgletscher, bestaunen oder die teilweise über 900 Jahre alten Arven im Aletschwald besichtigen (UNESCO-Welterbe Schweizer Alpen Jungfrau-Aletsch o. J.). In mündlicher Konversation mit Harry Keel (Geschäftsleiter der Interessengemeinschaft (IG) Tektonikarena Sardona), Andreas Bärtsch (Mitgründer der Quant AG) und Marc Woodtli („Weisse Arena AG Flims Lax Falera“) (Oktober 2015) stellte sich heraus, dass das jüngste UNESCO-Weltnaturerbe der Schweiz, die Tektonikarena Sardona (Beitritt 2008), noch viel Platz für Forschung und Bildung bietet und dadurch die Aktivierung des Sommertourismus gefördert werden kann.

1.3.3 Lehrpfade für den Schulunterricht

Gemäss dem Bündner Lehrplan 21 spielt der Themenbereich „Natur, Mensch, Gesellschaft“ (NMG) in breitem Sinne von der 4. bis zur 6. Primarschulstufe und vertiefter, auf der Sekundarstufe I, eine wichtige Rolle. Insbesondere innerhalb der Vertiefung „Räume, Zeiten, Gesellschaften (mit Geographie, Geschichte)“ werden der Klimawandel, Naturphänomene, Naturlandschaften, Naturereignisse, die Orientierung im Realraum etc. thematisiert. Dabei wird der im Schulzimmer stattfindende Unterricht idealerweise mit ausserschulischen Erfahrungen wie beispielsweise Exkursionen im Gelände kombiniert bzw. veranschaulicht (Erziehungs- Kultur- und Umweltschutzdepartement Graubünden 2016). Geomorphologische Formen und formbildende Prozesse sind in der Landschaft beobachtbar und helfen, die komplexen theoretisch vermittelten Lerninhalte zu verstehen. Die Durchführung von fachlich begleiteten Exkursionen zu genannten physisch sowie auch humangeographischen Themen erscheint deshalb wertvoll und lehrreich.

Das Lernziel 1.3.d des Bündner Lehrplans 21 zum Thema „Natürliche Grundlagen der Erde untersuchen“ lautet: „Die Schülerinnen und Schüler können Naturlandschaften und Spuren von Naturereignissen an ausserschulischen Lernorten erkennen und untersuchen (z.B. UNESCO Welterbe Tektonikarena Sardona, Flimser Bergsturz)“ (Erziehungs- Kultur- und Umweltschutzdepartement

Graubünden 2016). Somit gehört die Geomorphologie zum Pflichtschulstoff der Primarschulen und der Sekundarstufe I. Auf der Sekundarstufe II wird die Geomorphologie (in Schweizer Gymnasien) gemäss der Schweizerischen Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren (EDK) (1994) noch vertiefter behandelt (bspw. Kantonsschule Chur oder Kantonsschule Zürich Nord).

In der Geographie hat sich der empirisch gestützte Erkenntnisgewinn im Gelände als wesentlicher Bestandteil wissenschaftlichen Arbeitens etabliert (Falk 2015 zit in: Reinfried und Haubrich 2015). Die systematische Erfassung, Dokumentation und Analyse beobachteter Prozesse und Strukturen in Form von Exkursionen spielt im Geographieunterricht eine wichtige Rolle (Hemmer und Uphues 2009 zit. in: Reinfried und Haubrich 2015). In den Bildungsstandards wird dieser Unterrichtsform eine hohe Bedeutung zugeschrieben, da die Schülerinnen und Schüler (SuS) Methodenkompetenz und Handlungserfahrungen in der geographischen Realität erwerben können (Deutsche Gesellschaft für Geographie 2007 zit in: Reinfried und Haubrich 2015). Durch die Visualisierung und Veranschaulichung von Sachverhalten vor Ort, können vielfältige Interessen der SuS geweckt und ihre Beobachtungsfähigkeit geschult werden (Heintel 1998 zit. in: Reinfried und Haubrich 2015; Rinschede 2013 zit. in: Reinfried und Haubrich). Exkursionen sind oft mit einer höheren Lerneffizienz verbunden. Dabei spielen die intensive Primärbegegnung mit Phänomenen vor Ort und eine hohe Motivation der Lernenden eine entscheidende Rolle (Boyle u a. 2007 zit. in: Reinfried und Haubrich 2015). Die Nachhaltigkeit der Wissensaneignung beim Lernen an ausserschulischen Lernorten steigt mit zunehmender Schülerselbstständigkeit (Neeb 2011 zit. in: Reinfried und Haubrich 2015). Wichtig ist, dass die SuS auf Exkursionen zu Eigenaktivitäten aufgefordert werden. So erlauben Kartieren, Beobachten, Messen, Bohren oder Zählen ein forschendes Entdecken (Hattie 2013 zit. in: Reinfried und Haubrich 2015).

1.4 Ausgangslage

Das im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit untersuchte Gebiet ist Teil des UNESCO-Weltnaturerbes Tektonikarena Sardona. Um der Bildung, eines der Hauptziele des Welterbes, gerecht zu werden, können verschiedene Methoden verwendet werden. Die Landschaft bzw. die Geomorphologie des Untersuchungsgebietes wird in der vorliegenden Arbeit als Basis für das Erstellen eines Konzeptes für einen Landschaft-Lehrpfad verwendet. Der grobe Ist-Zustand der Input- und Outputflüsse des Systems Untersuchungsgebiet Flims kann mit Abb. 1 visualisiert werden.

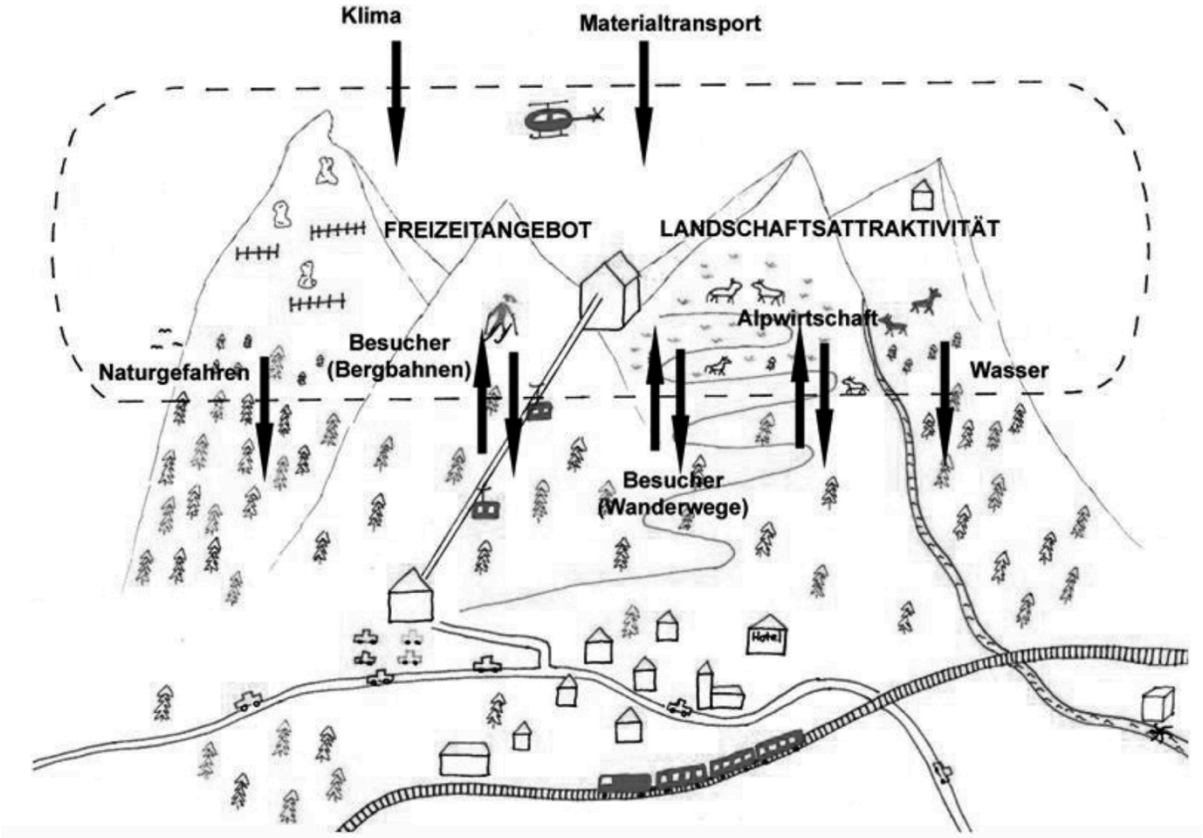


Abb. 1: Hauptkomponenten der Region Flims als System betrachtet (Keller u. a. 2011): ***Besucher (Wanderwege):*** *Wanderwege für Wandersport sind vorhanden, veraltete Informationstafeln mit teils falschen und oder nicht gut verständlichen Informationen befinden sich auf dem Cassonsgrat.* ***Besucher (Bergbahnen):*** *momentan „bester" Bergbahn-Anschluss über Flims-Foppa und weiter über Graubergbahn, oder Schuttlebus Service von Laax bis nach Nagens (Kap. 2.2.1).* ***Freizeitangebot:*** *Tourismus Branche („Weisse Arena AG Flims Lax Falera") als Gestalterin des Freizeitangebots.* ***Landschaftsattraktivität:*** *ist gegeben und die Landschaft wird durch die Zugehörigkeit zum UNESCO-Weltnaturerbe in Wert gesetzt.* ***Klima****: tendenziell wärmere und niederschlagsärmere Sommermonate.* ***Naturgefahren:*** *Felsstürze an den steilen und aktiven Felswänden der Tschingelhörner, des Atlas und des Trinserhorns sind möglich.* ***Alpwirtschaft:*** *Kühe weiden während der schneefreien Sommermonate im ganzen Gebiet.*

1.4.1 Die Geomorphologie im Untersuchungsgebiet

Eine ausgedehnte Literaturrecherche zeigt, dass in der Vergangenheit keine grossflächige oder genügend detaillierte und einem einheitlichen Konzept verpflichtete geomorphologische Untersuchung im Raum Flims durchgeführt wurde. Dies, trotz der nationalen Bedeutung dieser Landschaft:

- Schwarz-Oberholzer (1977) untersuchte im Rahmen ihrer Dissertation die Verbreitung von Solifluktionsformen im Raum Segnespass und Kistenpass.

- Spörri (1995) beschäftigte sich mit Karstgebieten im hochalpinen Gelände rund um den Vorabgletscher in Laax.
- Caprez (2008) setzte sich 13 Jahre später in seiner Masterarbeit mit dem weltbekannten Flimser Bergsturz auseinander.

Die Inhalte dieser drei Arbeiten konnte ich teilweise in meine Arbeit integrieren oder als Basiswissen nutzen.

Typische geomorphologische Phänomene, wie beispielsweise der Segnes-Gletscher (Rätoromanisch: Glatschiu dil Segnas), Moränenwälle, zwei grosse Schwemmebenen, Moorlandschaften und formbildende Prozesse der Landoberfläche (bspw. fluviale und gravitative Prozesse) sind oberhalb der Gemeinde Flims beobachtbar.

Das heutige Landschaftsbild wurde vor allem durch die letzte Eiszeit, welche vor ca. 115'000 Jahren begann und vor ca. 11'700 Jahren endete, geprägt (Bubenzer und Radtke 2007; Imper und Buckingham 2010). Des Weiteren wird die Umgebung durch Verwitterungs- und Erosionsprozesse ständig neu modelliert und verändert (Imper und Buckingham 2010).

1.4.2 Bereits genutzte Methoden für die Wissensvermittlung in der Tektonikarena Sardona

Zur Wissensvermittlung über die im Gelände beobachtbaren Phänomene existieren im Naturwelterbe Tektonikarena Sardona verschiedene Ansätze, laufende sowie bereits realisierte Projekte. Hier ein paar Beispiele dazu: Im Glarnerland bestehen seit dem 27. Januar 2012 ein Besucherzentrum in Elm und eine Welterbe-Skulptur im Bahnhofsgebäude von Glarus, während im Kanton St. Gallen und in Graubünden die Schaffung von Besucherzentren erst angestrebt wird, so auch der Bau eines UNESCO Besucherzentrums im Dorf Flims (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.). Insbesondere landschaftsbildende Prozesse wie Erosion oder Akkumulation durch Wasser, Gletscher, Wind oder Schwerkraft sollen an solchen Stellen vermittelt werden (Bärtsch u. a. 2014). Ein Info- bzw. Seminarraum mit Informationen über das UNESCO-Welterbe befindet sich seit 2013 auf dem zur Gemeinde Tamins gehörenden Kunkelspass. Im Mai 2013 wurde die "Alte Post" in Weisstannen als interaktives Museum eröffnet (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.). Jürg Meyer produzierte 2015 ein Büchlein namens „Ich bin ein Rockstar" und stellte zusätzlich einen Erlebnis-Rucksack für Kinder zusammen, um die Geologie mit verschiedensten Hilfsmitteln selber zu entdecken, erforschen und erleben (bei der Tektonikarena Sardona erhältlich). Im September 2015 wurde die Geogalerie Flumserberg eröffnet. Dort werden die Besucher entlang eines ca. 4 Kilometer langen Wegs über die Alpenbildung informiert. Ausserdem bieten „GeoGuides" (Def. folgt in Kap. 2.1.1) verschiedene Touren durch das Welterbegebiet an (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.).

Der Welterbeteil in der Region Flims wurde in einem ersten Schritt durch den Wasserweg „Trutg dil Flem", welcher von Flims bis zum Wasserfall der Plaun Segnas Sura führt, im Sommer 2013

erschlossen (Trutg dil Flem o. J.). Zwei Jahre später führte die Quant AG, mit Sitz in Flims Dorf, im Auftrag der Gemeinde Flims eine Machbarkeitsstudie durch, um das bündnerische Welterbeteilgebiet und die Umgebung Flims bekannter zu machen. Dabei wird das Ziel einer möglichst naturverbundenen Aktivierung des Sommertourismus verfolgt. Informationen sollen dabei vermehrt über Applikationen (Apps), Broschüren oder in Besucherzentren vermittelt werden. Dabei ist von kreativen Ideen wie einer App, welche einen „Infokiosk" als Basismodul enthält oder die Herstellung eines „To-do Cases" mit 3D-Brille die Rede. So könnten Besucher mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Materials, verpackt in solch einem „To-Do Case", zur selbstständigen Erforschung der Landschaft vor Ort animiert werden (vgl. „Ich bin ein Rockstar") (Bärtsch u. a. 2014). Ein erstes Projekt in diese Richtung wurde Anfang 2016 von Tourismus Flims Laax Falera lanciert. So wurde ein Besucherpavillon unter dem Motto „sehen, staunen, verstehen" Ende Juni neben dem Berghaus Segneshütte für den Sommer 2016 installiert und am 2. Juli 2016 eröffnet. Dort haben die Besucher die Möglichkeit, die Sardona App für verschiedene Lehrpfade zu Themen wie Flimser Bergsturz und Geologie herunterzuladen und den gewählten Weg abzulaufen, wobei sie ständig über ausgewählte Phänomene informiert werden. Mit dem Lehrpfad „Tektoni und der Flug durchs Martinsloch" werden Kinder im Alter von zehn Jahren angesprochen (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.).

Vielleicht ist gerade die Kombination mehrerer Ansätze die ideale Lösung, einen längerfristigen Mehrwert für die gesamte Region zu erzielen.

1.5 Ziele und Fragestellungen

Im oben vorgestellten Kontext war das Hauptziel dieser Masterarbeit, ein Teilgebiet des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona geomorphologisch und unter glazialgeschichtlichen Aspekten zum Zeitbereich Spätglazial-Holozän, zu kartieren, digital zu erfassen und zu visualisieren (Abb. 2 und 3). Dabei ging es primär um das Erfassen, die Aufarbeitung und das Bereitstellen der wissenschaftlichen Grundlagen mittels Luftbilder-/ Kartenanalyse und Feldbegehung. Das Expertenwissen über die geomorphologische Bestandsaufnahme und Analyse wurde für die Bildung der Zielgruppe „SuS der Primarschule (6. Klasse) und der Sekundarstufe I sowie Sommertouristen (insbesondere Familien)" in einem nächsten Schritt zum Schul(buch)wissen transferiert. Somit sollten die Resultate in einem zweiten Schritt in Form eines Lehrpfades didaktisch umgesetzt werden. Wobei Materialien für sogenannte POIs bereitgestellt wurden. Schulklassen und interessierte Sommertouristen sollten schlussendlich Zugang zu diesen Informationen erhalten.

Die Ziele dieser Masterarbeit sind bildlich in folgender Graphik veranschaulicht:

Abb. 2: Ziele der vorliegenden Masterarbeit (eigene Darstellung 2016)

In einem ersten Schritt sollte das akademische Wissen über die Geomorphologie unter glazialgeschichtlichen Aspekten zum Zeitbereich Spätglazial-Holozän im Gebiet Fil de Cassons, Piz Segnas, Tschingelhörner gewonnen werden (vgl. pflücken der reifen Blätter einer Teeplantage). Für eine optimale Wissensvermittlung wurde in einem zweiten Schritt die Umsetzung bzw. Übersetzung des akademischen Wissens auf ein Laienniveau durchgeführt (vgl. Dem Teebeutel die Teeextrakte entziehen). Im abschliessenden Teil folgte der Output, d.h. das konkrete Schul(buch)wissen bzw. Lernort-Erlebnis wird produziert (trinkbarer (Marsch-)Tee mit „Bündnerplättli“ als „Zückerli“ oben drauf). Das letzte Ziel (III) wurde grau eingefärbt, da dieses im Rahmen dieser Masterarbeit nicht vollumfänglich realisiert werden konnte.

Mit folgenden Fragestellungen wurde versucht, die drei oben genannten Ziele zu erreichen:

1. a) Welche geomorphologischen Formen und formbildenden Prozesse lassen sich im Arbeitsgebiet kartieren und beschreiben?

   b) Welche Entwicklung hat die Landschaft innerhalb des Arbeitsgebietes während der Zeitbereiche Spätglazial und Holozän erfahren?

   c) Wie können die gewonnenen geomorphologischen Formen und formbildenden Prozesse digitalisiert und visualisiert werden?

2. a) Welche Standorte bzw. POIs lassen sich im Feld für eine optimale Wissensvermittlung als geeignet definieren?

   b) Welche Vorschläge können für die Umsetzung von Bildungsprodukten an POIs für die Zielgruppe „Schülerinnen und Schüler der 6. Primarschulstufe und Sekundarstufe I und sonstige Sommertouristen (insbesondere Familien)“ entwickelt werden?

3. Welche Bildungsprodukte können konkret realisiert werden?

1.6 Aufbau der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wird zunächst das Untersuchungsgebiet beschrieben. Danach folgt Kapitel 3 über die Datenaufnahme und –verarbeitung. Dabei wird auf die Geomorphologische Kartierung, auf die Digitalisierung und Visualisierung der kartierten Formen und Prozesse und auf das Vorgehen beim Erstellen des Lehrpfad Konzeptes eingegangen. Anschliessend folgt Kapitel 4 mit den Ergebnissen und Interpretationen der geomorphologischen Untersuchung. In Kapitel 5 wird die Planung und didaktische Umsetzung des neuen Landschaft-Lehrpfadprojektes erläutert und reflektiert. Die Schlussfolgerung und der Ausblick runden die vorliegende Masterarbeit ab.

2 Untersuchungsgebiet

Im Folgenden wird das UNESCO-Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona kurz vorgestellt, wobei insbesondere auf dessen Bildungsstrategien eingegangen wird. Danach wird das Arbeits- bzw. Untersuchungsgebiet anhand der geographischen Lage und der Topographie umschrieben. Weiter wird die Erschliessung des Arbeitsgebietes thematisiert. Abschliessend werden die Tektonik und Geologie sowie die Wetterlage und das Klima dieser Region kurz erläutert.

2.1 UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona

Die Tektonikarena Sardona, ein über 300 km^2 grosses Gebiet (Abb. 3 und 4), befindet sich im Grenzgebiet der drei Kantone Graubünden, St. Gallen und Glarus und erstreckt sich über den Nordosten der Surselva, des Sarganser- und Glarnerlandes. Die gesamte Fläche verteilt sich auf die 13 Gemeinden Bad Ragaz, Flums, Mels, Pfäfers, Quarten, Vilters-Wangs, Flims, Laax, Tamins, Trin, Glarus, Glarus Nord und Glarus Süd (Imper und Buckingham 2010). Mit 3247 m ü.M. ist der Ringelspitz die höchste Erhebung des Gebietes (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014). Der Name der Tektonikarena Sardona wurde vom Grenzberg Piz Sardona, auch Surenstock genannt (3056 m ü.M.), abgeleitet. Im Jahr 2008 wurde das Kernstück (Abb. 3) des seit 1999 bestehenden Geoparks Sardona ins UNESCO-Welterbe aufgenommen, da es als aussergewönliches Beispiel der Prinzipien der Erdgeschichte und der geologischen und geomorphologischen Prozesse gilt (Bärtsch u. a. 2014; Buckingham u. a. 2013). Seit über zwei Jahrhunderten erforschen Wissenschaftler der ganzen Welt die Vorgänge der Gebirgsbildung in dieser Region. Sie versuchen, im Welterbe Sardona die Geheimnisse der Entstehung von Gebirgen zu lüften. Aufgrund der vor ca. 30 Mio. Jahre entstandenen, selbst für Laien gut sichtbaren Glarner Hauptüberschiebung, eignen sich hier geologische Untersuchungen im Gebirge besonders gut (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.). Allgemein sind die Welterbestätten nicht nur Orte von herausragender Schönheit, Einzigartigkeit und Authentizität, sondern bieten auch Anlass für die wissenschaftliche Forschung und die Erprobung verschiedener Formen der nachhaltigen Nutzung von Kultur- und Naturgütern. Ziel ist es, die schützenswerten Orte zu erhalten und diese möglichst unversehrt an die künftigen Generationen weiterzugeben (Schweizer UNESCO-Kommission o. J.).

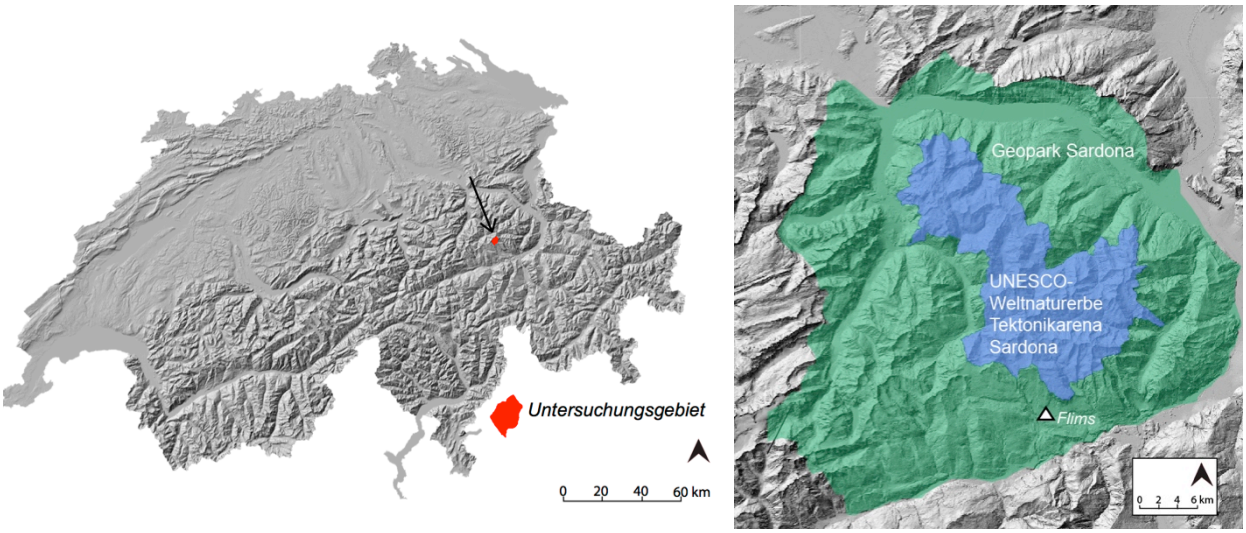


Abb. 3: ***Links:*** *Geographische Lage des Untersuchungsgebietes (rot) (Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2016, ergänzte Darstellung).* ***Rechts:*** *Geographische Lage des Geoparks Sardona (grün) und des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona (blau). Die schwarzen nach oben gerichteten Pfeile zeigen Richtung Norden. (Buckingham u. a. 2013; Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2016, ergänzte Darstellungen).*

2.1.1 Bildungsstrategien des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona

Gemäss UNESCO sind Welterbestätten auch wichtige Bildungsorte. Die Bildungsstrategie der IG Tektonikarena Sardona verfolgt deshalb das Ziel, die einzigartigen geologischen Phänomene und natürlichen Prozesse sicht- und erlebbar zu machen. Dabei ermöglicht die „Bildung nach innen“ eine Identifikation der einheimischen Bevölkerung mit der Welterberegion und deren Leitgedanken. Weiter trägt die „Bildung nach aussen“ zum nachhaltigen Tourismus bei. Zu den Zielgruppen gehören touristische Sommergäste, Studierende und Forschende von Universitäten oder Fachhochschulen sowie die einheimische erwachsene Bevölkerung und die einheimische Jugend (vor allem erreichbar über Schulen), wobei der Schwerpunkt auf Letztere gesetzt wird. Im gesamten Geopark Sardona befinden sich rund 50 Stätten wie Lehrpfade, Steinbrüche, megalithische Kultstätte, Bergwerke oder modernste Forschungsstationen, welche Interessierte entweder auf eigene Faust oder mittels geführter Exkursion durch einen sogenannten „GeoGuide Sardona“ besuchen können (Vorstand IG Tektonikarena Sardona und Vorstand Verein Geopark Sardona 2011). Als erste Umsetzungsmassnahme des Bildungskonzeptes wurden im Sommer 2011 die ersten „GeoGuides Sardona“ ausgebildet. Motivierte Einheimische wurden für die Vermittlung von Wissen über natürliche, geologische, historische und aktuelle Zusammenhänge der Welterberegion geschult, was die Verknüpfung der Bildung nach innen mit derjenigen nach aussen ermöglicht. Darüber hinaus sind diese „GeoGuides Sardona“ eine Bereicherung für das touristische Angebot der entsprechenden Ausflugsregionen (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.).

2.2 Geographische Lage und Topographie des Arbeitsgebietes

Am südwestlichen Rand des UNESCO-Welterbegebietes Tektonikarena Sardona wurde ein ca. 14 Quadratkilometer (km^2) grosses, zwischen ungefähr 2090 und 3099 m ü.M. liegendes Gebiet geomorphologisch untersucht (Abb. 4) (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014). Diese alpine Zone gehört zur Bündner Gemeinde Flims (Rätoromanisch: Flem), welche zur Trägerschaft der Tektonikarena Sardona gehört (Imper und Buckingham 2010). Der rot dargestellte Perimeter befindet sich in der UNESCO-Region und ist somit innerhalb des Geoparks Sardona vorzufinden. Mit 3099 m ü.M. ist der Piz Segnas die grösster Erhebung dieses Gebietes, während der untere Segnesboden (ca. 2090 m ü.M.) der tiefst gelegene Punkt ist. Die beiden Grate Crap la Tgina und Fil de Cassons (Deutsch: Cassonsgrat), der Piz Dolf, das Trinserhorn, der Piz Segnas, der Atlas und die Tschingelhörner definieren die natürliche Grenze des Arbeitsgebiets, dessen Form aus der Vogelperspektive an den Hufabdruck eines Pferds erinnert (map.geo.admin: swisstopo, Datenstand 2014). Südwestlich des Arbeitsgebietes befindet sich die weltbekannte Abrisskante des Flimser Bergsturzereignisses, welches sich vor datierten 9450 Jahren Before Present (BP) (cal.) ereignete (Caprez 2008).

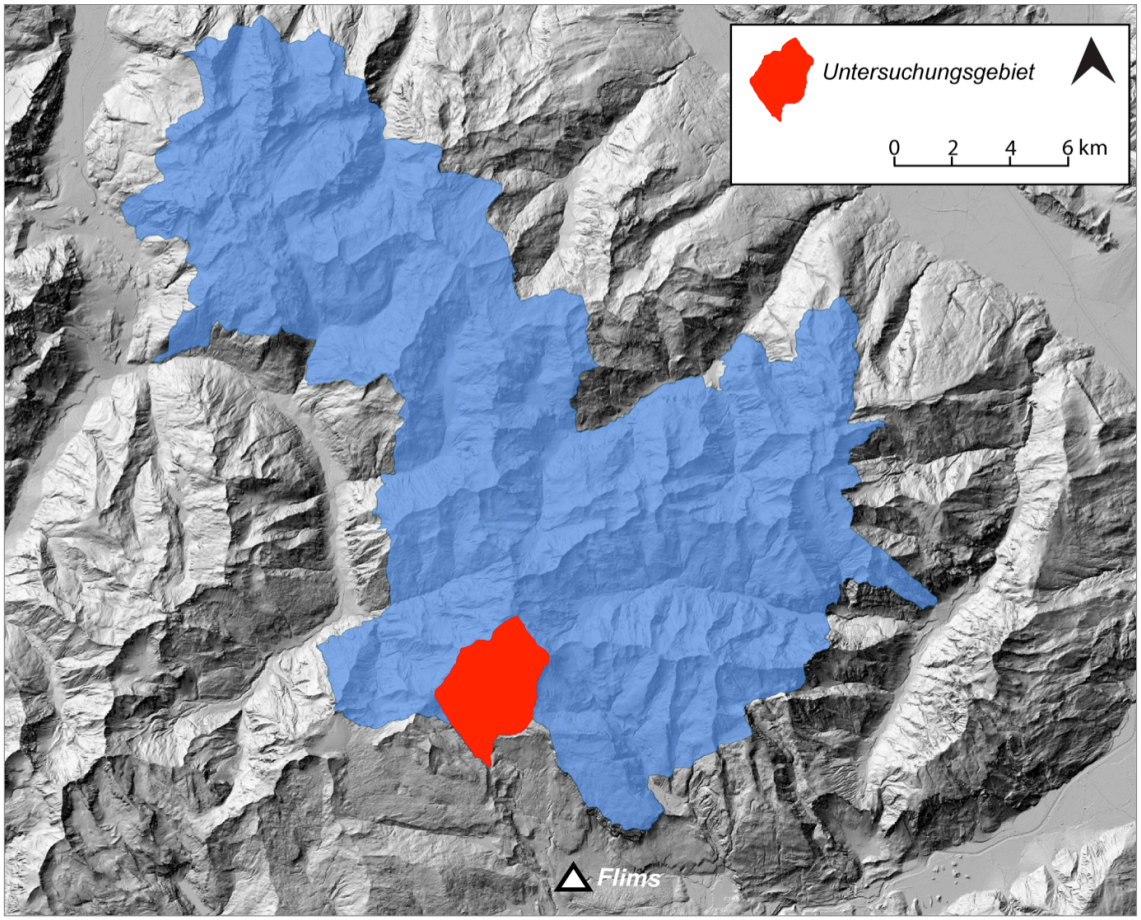


Abb. 4: Karte des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona. Blau = Perimeter des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona. Rot = Arbeitsgebiet (siehe auch Abb. 5). Der schwarze Pfeil zeigt Richtung Norden (Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2016, ergänzte Darstellung).

Oberhalb des Dorfes Flims befindet sich, nebst dem weltweit bekannten Martinsloch und der gut sichtbaren Glarner Hauptüberschiebung, eine wunderschöne hauptsächlich glazial, fluvial und gravitativ geprägte Landschaft (geographische Lage Abb. 4 und Abb. 5). Zwei mit Kies und Schotter aufgefüllte Schwemmebenen Plaun Segnas Sut (Deutsch: unterer Segnesboden) und Plaun Segnas Sura (Deutsch: oberer Segnesboden) sind deutlich erkennbar. Vom Glatschiu dil Segnas erstreckt sich ein filigranes Netz aus Gebirgsbächen zur Plaun Segans Sura und weiter hinunter bis zur tiefer gelegenen Schwemmebene Plaun Segnas Sut. Die Bäche schlängeln sich über die Segnesböden, wobei sie diese Ebenen ständig neu modellieren. Schliesslich münden die Wasserläufe in den Gebirgsbach Flem, welcher westlich von Las Palas bei Il Vonn entspringt und in der Rheinschlucht, kurz vor dem Kraftwerk Pintrun, auf den Vorderrhein trifft. Über den Segnespass (Rätoromanisch: Pass dil Segnas) gelangt man von Graubünden in den Kanton Glarus (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014). Die Vegetation in Form von alpinem Rasen reicht bis über 2500 m ü.M. und befindet sich überall dort, wo keine aktiven Schutthalden, anstehendes Gestein, Eis, Schnee und zu viel Wasser vorzufinden sind. Alpine Vegetation wie unterschiedliche Kleesorten, verschiedenste Enziane, Disteln, Heidelbeersträucher etc. bringen je nach Jahreszeit Farbe in die Hochgebirgsregion.

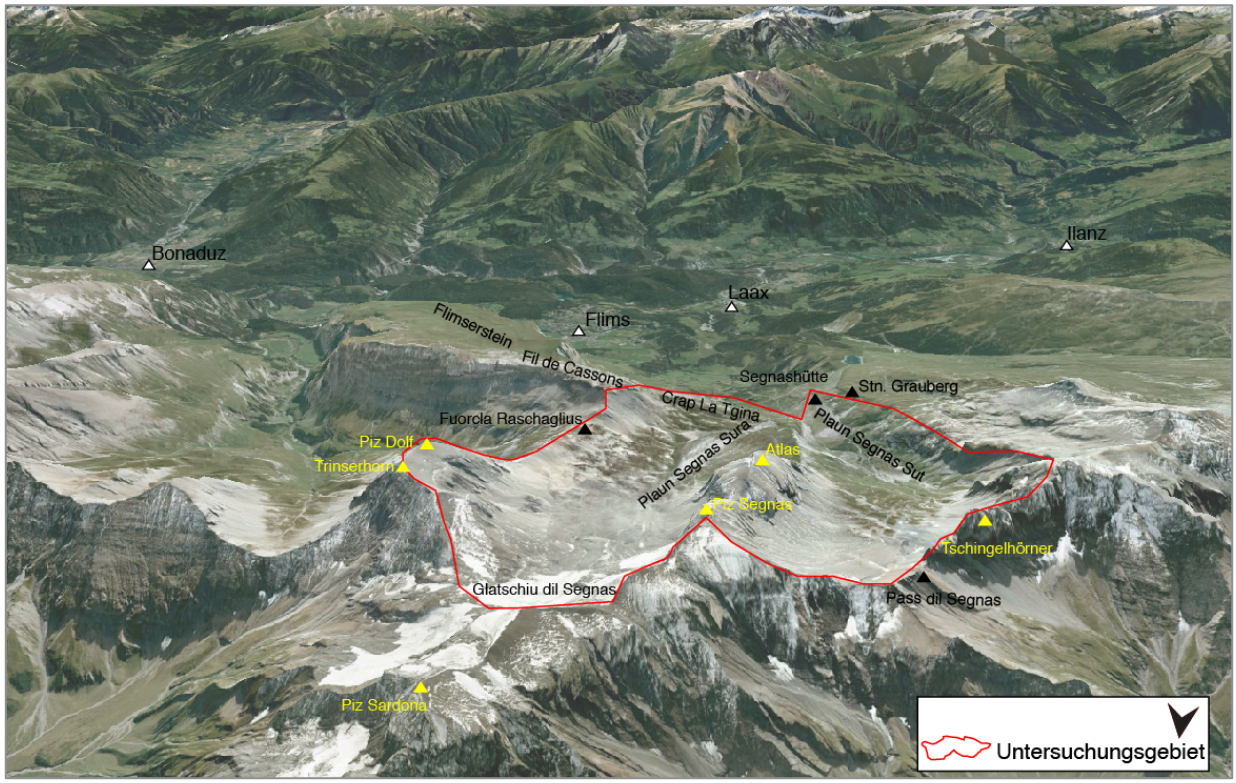


Abb. 5: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets mit Blick in Richtung Süden. Der schwarze Pfeil zeigt Richtung Norden (Google Earth, ergänzte Darstellung).

2.2.1 Erschliessung des Arbeitsgebietes

Nützlich für eine gute Erschliessung des Arbeitsgebietes ist eine schnelle, einfache und kostengünstige Erreichbarkeit der Region. Erst so ist sie für die Zielgruppen attraktiv. Leider ist der Zugang zum

Gebiet Segnesböden, Crap la Tgina, Fil de Cassons, Piz Segnas und Tschingelhörner im Zeitraum 2016 bis 2019 erschwert, da die historische, perfekt gelegene Cassonsbahn (Baujahr 1956), aufgrund der Ende 2015 abgelaufenen Konzession, am 25. Oktober 2015 eingestellt wurde (Abb. 6) (Baumann 2015; Kommunalmagazin 2015). Dadurch wird die beliebte Wanderung vom Cassonsgrat hinunter zu den beiden Segnesböden erschwert. Aktuell kann der untere Segnesboden über vier Varianten erreicht werden:

- Die erste Variante ist für physisch fitte Personen geeignet, denn sie startet bereits bei der Talstation der Flimser Bergbahnen und führt dem Flimser Wasserweg „Trutg dil Flem“ entlang, wobei die zu Fuss überwindbare Höhendifferenz gut 1000 Meter und die Distanz ca. 7 Kilometer beträgt. Ein Vorteil dabei ist, dass keine Transportkosten anfallen (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014).
- Eine körperlich weniger anstrengende Variante beginnt mit der Benutzung der Bergbahnen Flims-Foppa-Naraus. Von dort müssen ca. 3.5 km Distanz und 250 Höhenmeter bis zum Bergrestaurant Segneshütte überwunden werden (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014).
- Ein weiterer, dem Schwierigkeitsgrad nach ähnlicher Zustieg, wird durch den Transport Flims-Foppa und Startgels-Grauberg erleichtert. Die Verbindung Foppa-Startgels mit einer ungefähren Distanz von 1.7 km und ca. 300 Höhenmetern erfolgt zu Fuss. Von der Bergstation Grauberg kann die Segneshütte schlussendlich in ca. 10 Minuten (abwärts wandern) erreicht werden (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014).
- Der leichteste Zustieg zum Arbeitsgebiet erfolgt über Nagens. Während der Sommersaison fährt ein Shuttlebus bis zur Alp Nagens (Fahrzeit ab der Station „Laax Bergbahnen“ ca. 30 Minuten). Von diesem Ausgangspunkt bis zum Berghaus Segneshütte sind eine Distanz von ca. 1.5 km und ca. 150 Höhenmeter zu bezwingen (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014).
- Eine etwas umständlichere Variante führt über den Fil de Cassons (im Untersuchungsgebiet höchst gelegener, sich auf dem Wanderweg befindenden, Standort): Fahrt mit den Bergbahnen von Flims nach Naraus und dann zu Fuss ca. 800 Höhenmeter zum Fil de Cassons hochsteigen (extrem steiler und eher gefährlicher Weg, mit Schwierigkeitsgrad T2/T3 „weiss-rot-weiss“ Markierung, meiner Meinung nach ein Aufstieg der als „weiss-blau-weiss“ (T4) Wanderweg einzustufen wäre) (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014). Ein Aussichtsreicher Abstieg folgt zum unteren Segnesboden.

Eine Neuerschliessung der Tekotnikarena Sardona mittels der sogenannten "Y-Variante" wurde ins Auge gefasst. Mit dem Bau der geplanten „Y-Variante“ sollte der Perimeter neu erschlossen werden und somit wieder einfacher zugänglich sein (Pajarola 2015) (Abb. 6). Die Flimser Bevölkerung hat zum Projektierungskredit dafür bereits zugestimmt. Diese künftige Verbindungsbahn zwischen Foppa-Startgels als auch die Bergbahn Startgels-Ils Cugns sollen im besten Fall in den nächsten vier Sommern gebaut werden. Das neue Bündner Eintrittstor in UNESCO-Weltnaturerbe mit Blick zum Martinsloch

könnte so geschaffen werden (Kommunalmagazin 2015). Nun hat die „Weisse Arena AG Flims Laax Falera“ im November 2016 eine neue Idee für die optimale Erschliessung des Welterbes zur Diskussion gestellt. Innert 15 Minuten sollen Besucher von Flims bis auf den Fil de Cassons, mittels einer „futuristischen Erlebnisbahn“, befördert werden. Nähere Details dazu werden erst Anfang 2017 bekannt gegeben (Südostschweiz 2016).

Wanderwege des Schwierigkeitsgrades T2-T3 ermöglichen einen Einblick in die hochalpine Welt oberhalb der Gemeinde Flims (Abb. 3). In mindestens einem ganzen Tag sind die markierten Wanderwege für einen Durchschnittswanderer innerhalb des Perimeters (in Abb. 6 rot umrandet) begehbar.

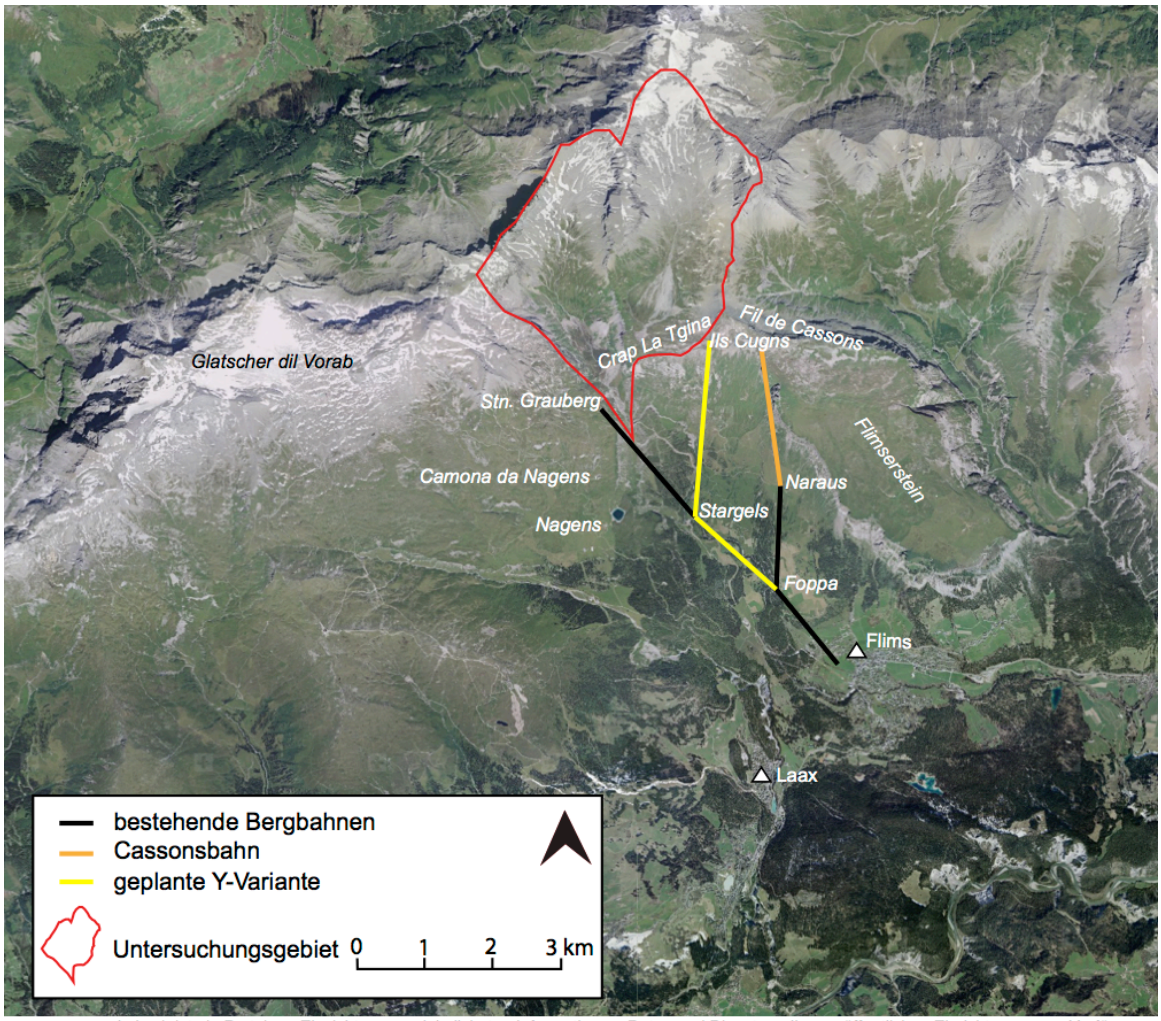


Abb. 6: Darstellung des Untersuchungsgebietes (rot, ca. 14 km^2). Es erstreckt sich zwischen ca. 2090 und 3099 m ü.M. Die schwarzen Linien kennzeichnen die bestehenden Bergbahnen, die orange Linie markiert die seit 2015 eingestellte Cassonsbahn und die gelben Linien die geplante „Y-Variante“. Der schwarze Pfeil zeigt Richtung Norden (Bildgrundlage: swisstopo, Datenstand 2014; Kommunalmagazin 2015, ergänzte Darstellung).

2.3 Tektonik, Geologie und Glarner Hauptüberschiebung

Die Grundstruktur des heutigen Reliefs im Untersuchungsgebiet wurde durch verschiedene Prozesse in der erdgeschichtlichen Vergangenheit geformt. Im Folgenden werden die Tektonik und die Geologie kurz erläutert. Die Kapitel 2.3.1 und 2.3.2 stützen sich hauptsächlich auf die Aussagen von Feldmann (2016).

2.3.1 Tektonik und Geologie

Das Untersuchungsgebiet befindet sich kleinskalig betrachtet im Bereich der östlichen Helvetischen Decken (Abb. 7) und grenzt im Süden an die Penninische Decke, bestehend aus Bündnerschiefer (Feldmann 2016).

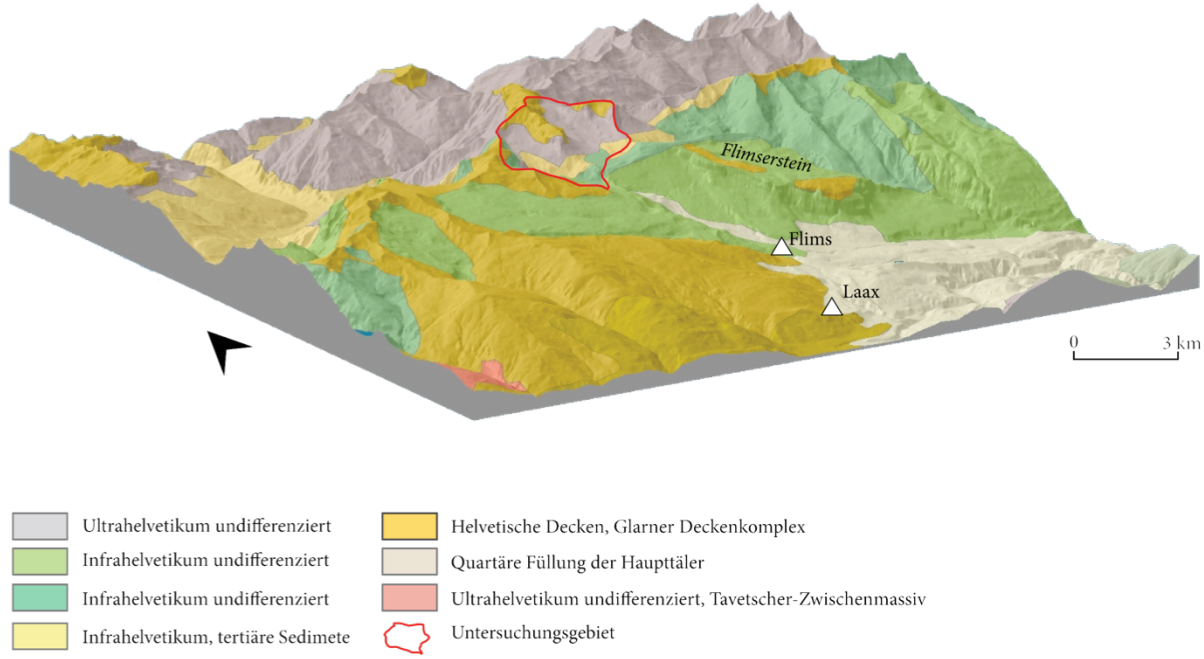


Abb. 7: Tektonik (tektonische Haupteinheiten und Decken) im und rund um das Untersuchungsgebiet. Der schwarze Pfeil zeigt Richtung Norden (Institut für Kartografie ETH Zürich u. a. 2010, Kartengrundlage: swisstopo, ergänzte Darstellung).

Grösstenteils sind tertiäre (paläogene/neogene) Sedimente (Zeitbereich 65-2.6 Mio. J.) und mesozoische Gesteine (Zeitbereich 250-65 Mio. J.) in autochthoner oder parautochthoner Position zu finden (Feldmann 2016; Institut für Kartografie ETH Zürich u. a. 2010, Kartengrundlage: swisstopo). Vulkanische Gesteine (Verrucano), Kalke (Nummulitenkalk, Lochsitenkalk) und Sandsteine (Flysch) sind im Untersuchungsgebiet vorhanden. Feldmann (2016) beschreibt die Gesteine und ihre Entstehungsgeschichte wie folgt:

- **Verrucano (Sernifit), Perm, 300-250 Mio. J.:** Entstand durch explosive Vulkanausbrüche. Pyroklastische Ströme oder Glutwolken breiteten sich mit mehreren 100 km h^{-1} aus und rissen alle losen Gesteinstrümmer mit sich. Durch darauffolgende starke Regenfällen bildeten sich

Schlammströme. Aus diesem Brei, zusammengesetzt aus glutheisser Lava, groben Gesteinsbrocken, feinster Asche und Gesteinsbruchstücken, entstand der typische Glarner Verrucano. Dessen dunkelgrüne Farbe stammt von basaltischen Bruchstücken, während die hellgrünen Partien im Verrucano-Trog als grobe Sande abgelagert wurden. Die rötliche Farbe entstand durch Oxidation von Eisenteilchen im Innern der Schlammmasse. Im Untersuchungsgebiet wurden hauptsächlich grünliche Verrucano-Gesteine entdeckt.

- **Schiefrig-tonige Gesteine (im Volksmund Flysch), Tertiär, ca. 50-35 Mio. J.):** Entstand durch Trübeströme, die lawinenartig aus dem Flachwasserbereich ins tiefe Flyschbecken stürtzen und sich schichtweise ablagerten. Jede Schicht entspricht einem Trübestromereignis. Die Ausgangssedimente zur Flyschbildung häuften sich zunächst im Flachmeer, bzw. am Kontintalabhang so stark an, bis sie sich plötzlich (bspw. durch Erdbeben) vom Untergrund loslösten und in Form eines Trübestromes ins tiefe Meeresbecken flossen. Im Untersuchungsgebiet ist der Nordhelvetische Flysch zu finden.
- **Lochsitenkalk, ca. 30 Mio. J.:** Bildet den Gleithorizont der Glarner Hauptüberschiebung. Nach neuster Theorie wurde das Kalkpaket während der Überschiebung fortlaufend aus unterschiedlichen Kalken neu auskristallisiert.
- **Verkarsteter Kalk:** Nach dem sich die Eiszeitgletscher zurückgebildet hatten und die (vorwiegend mesozoischen) Kalkfelsen frei gesetzt wurden, entstanden durch Korrosion Karstformen, wie beispielsweise Karren.

2.3.2 Glarner Hauptüberschiebung

Ursprünglich wurden die Gesteine des Helvetikums auf dem europäischen Schelf abgelagert und bei der alpidischen Gebirgsbildung mitsamt einigen Kristallinkörpern von ihrem Untergrund abgeschert und als nördlichster Teil des alpinen Deckenstapels nach Norden auf den europäischen Kontinent überschoben. Dadurch wurden die ursprünglich horizontal abgelagerten Sedimente auf komplizierte Art und Weise gefaltet und gestapelt. Die Glarner Hauptüberschiebung ist Teil der Helvetischen Hauptüberschiebung. Der Begriff Glarner Hauptüberschiebung ist mit der Grenze an der Basis der Hauptschubmasse der Helvetischen Decken gleichzusetzen. Diese umfasst die gesamte Sedimentabfolge von den permischen bis zu den kreidezeitlichen Ablagerungen (Feldmann 2016).

Bis zur Zeit vor dem Oligozän, haben sich die Glarner Gesteine in unterschiedlichen Ablagerungsräumen gebildet. Im Oligozän (37-23 Mio. J.) folgte dann die Überschiebung der Penninischen über die Helvetischen Decken. Dabei wurden die Helvetischen Decken von ihrem Untergrund abgeschert, aufgebrochen und haben sich in Form verschiedener kleiner Decken und Schuppen aufeinander gelagert. Die beiden grössten und tiefst gelegenen Helvetischen Decken werden Glarner und Mürtschen Decke genannt (Feldmann 2016). Bei diesem seit dem Oligozän aktiven Prozess wurden während mehrerer Millionen Jahre alte Gesteinsschichten (250-300 Mio. Jahre alt) bestehend

aus grünlichem bis rötlichem Verrucanogestein über eine Distanz von ca. 40 km (vom Vorderrheintal bis zum Walensee) über eine viel jüngere (35-50 Mio. Jahre alt) Gesteinsformation, zusammengesetzt aus schiefrigen Flyschgesteinen, geschoben (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.). Der Lochsitenkalk, welcher sich zwischen den beiden Gesteinsschichten befindet, bildet eine helle sehr gut sichtbare Linie, die im Süden steil aus dem Rheintal hochsteigt, unter dem Piz Sardona ihre Scheitelhöhe erreicht und sich gegen Norden wieder etwas weniger steil absenkt (Abb. 8 Tschingelhörner und Ringelspitz). Diese heute inaktive, sogenannte „Magische Linie" bildet die Überschiebungsfläche der Glarner Hauptüberschiebung (Feldmann 2016). Stetige Hebung der Kristallinmassive und Erosion der darüber liegenden Decken führten dazu, dass die Überschiebungsfläche heute domartig gewölbt und grossräumig aufgeschlossen ist.

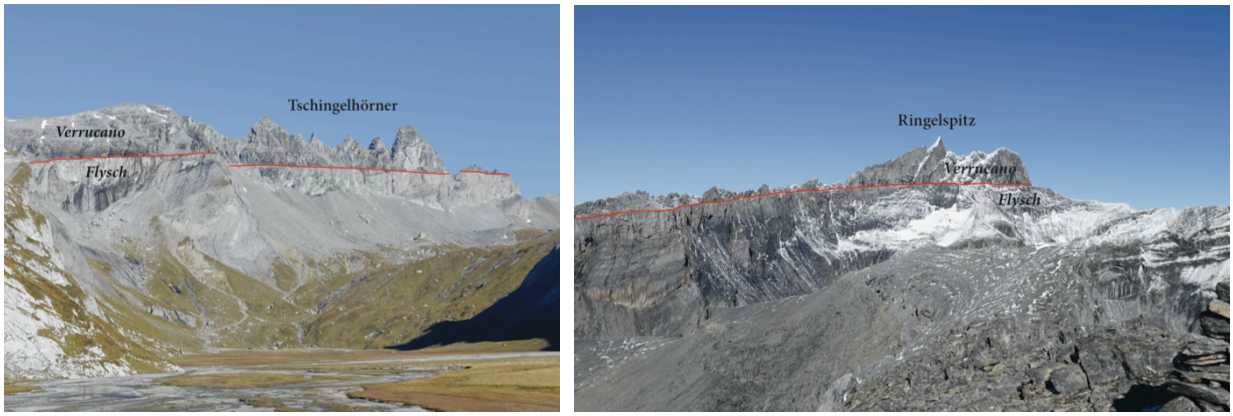


Abb. 8: ***Links:*** *Sicht von der Plaun Segnas Sut auf die „Magische Linie", welche im Untersuchungsgebiet durch die Tschingelhörner schneidet.* ***Rechts:*** *Sicht vom Crap Mats auf die Überschiebungslinie unterhalb des Ringelspitzes (Fotos U. Strub 2016, ergänzte Darstellungen).*

2.4 Wetterlage und Klima

Das Wetter und die klimatischen Verhältnisse, und temporär die vorherrschende Wetterlage, begünstigen oder schränken die Feldarbeit und die Begehbarkeit eines Lehrpfads in alpinen Gebieten stark ein. Nur während bestimmter Wochen im Jahr ist die Region oberhalb Flims schneefrei und bewanderbar. Selbst während dieser Wochen kann bewölktes Wetter und Nebel das Gebiet kurzfristig unbegehbar machen.

2.4.1 Typische Wetterlage

Aufgrund einer schriftlichen Konversation mit Dr. Stephan Bader von MeteoSchweiz kann die typische Wetterlage im Gebiet Flims folgendermassen beschrieben werden. Was oftmals beobachtet werden kann, ist der typische Effekt der Staulage. Die Bewölkung von Störungszonen aus Westen und Nordwesten, seltener auch aus Nordosten, staut sich an den Alpen. Von der Glarner Seite her muss die Luft am Gebirge aufsteigen bzw. das Gebirge überqueren. Mit dem Aufsteigen setzen die Abkühlung und die Kondensation ein, d.h. Wolken bilden sich. Diese Prozesse sind im Bereich der hohen

Kammlagen zwischen den grossen Tälern am intensivsten. Sinkt die Luft auf der Bündner Seite wieder ab, erwärmt sie sich und es kommt zur Wolkenauflösung. Beim Durchzug von Störungszonen sind somit die Kamm- und Gipfellagen und die direkt daran angrenzenden Gebiete oft am stärksten wolkenbelastet. Dies ist nicht nur in der Region Flims der Fall. Es handelt sich um ein alpenweites Phänomen. Da Gewitterfronten in der Regel aus westlicher Richtung über die Schweiz ziehen (die Schweiz liegt in der Westwindzirkulation), kommen Gewitter in der Region Plaun Segnas Sura und Plauns Segnas Sut entsprechend meist von den Tschingelhörnern her. Diese Wetterlage verhindert oft eine längerfristige Planung, denn neblige Wetterverhältnisse machen die Kartierarbeit unmöglich.

2.4.2 Temperatur

Die dem Untersuchungsgebiet am nächsten gelegene Bodenmessstation, welche die Lufttemperatur misst, befindet sich auf dem Crap Masegn (2480 m ü.M.). Die Temperaturmessung wird jeweils 1.2-2 m über Boden gemessen, da die Bodentemperatur ab diesem Höhenbereich die Lufttemperatur nicht mehr beeinflusst (Artz u. a. 2008). Über die Jahre 1994 bis 2016 wurden die Mittelwerte der Monatsmittelwerte berechnet (Abb. 9). Positive Werte (> 0°C) wurden in den Monaten Mai bis Oktober gemessen, wobei die wärmsten Monate Juli (7.5°C) und August (7.3°C) sind. Die durchschnittliche Jahresamplitude beträgt 15°C (MeteoSchweiz 2016).

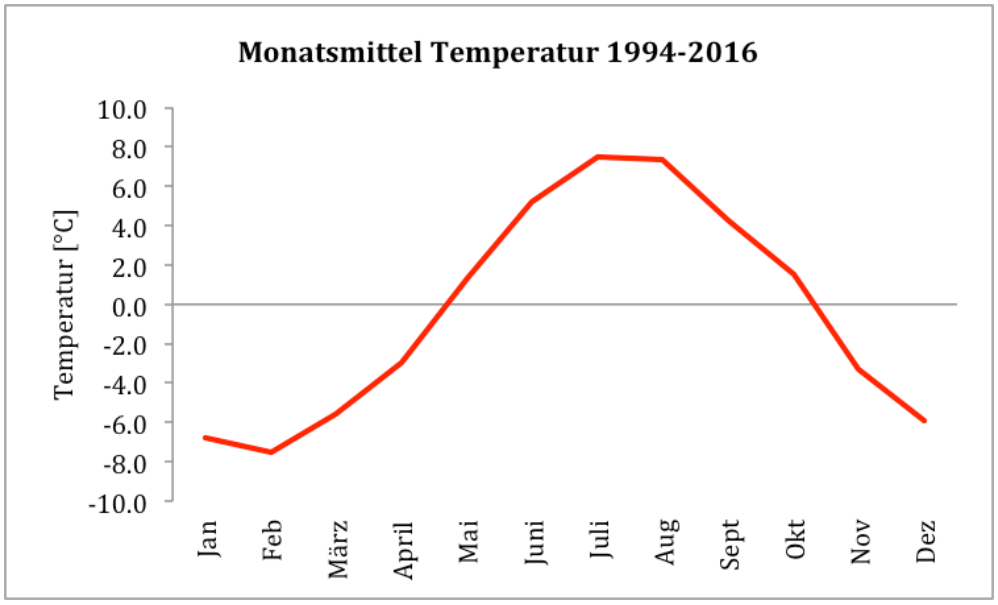


Abb. 9: Temperaturverlauf über den Zeitraum 1994-2016 gemessen an der Bodenmessstation Crap Masegn (2480 m ü.M.) (MeteoSchweiz 2016, eigene Darstellung).

2.4.3 Niederschlag

Die drei Bodenmessstationen Ilanz (GR) (698 m ü. M.), Chur (GR) (556 m ü.M.) und Elm (GL) (958 m ü.M.) messen sowohl Niederschlag als auch die Lufttemperatur und befinden sich in der Nähe des Untersuchungsgebietes. Weil Elm auf der Nordseite (Voralpen), Ilanz und Chur auf der Südseite der Tschingelhörner (Alpen) liegen, ist hier ein Niederschlagsvergleich von besonderem Interesse.

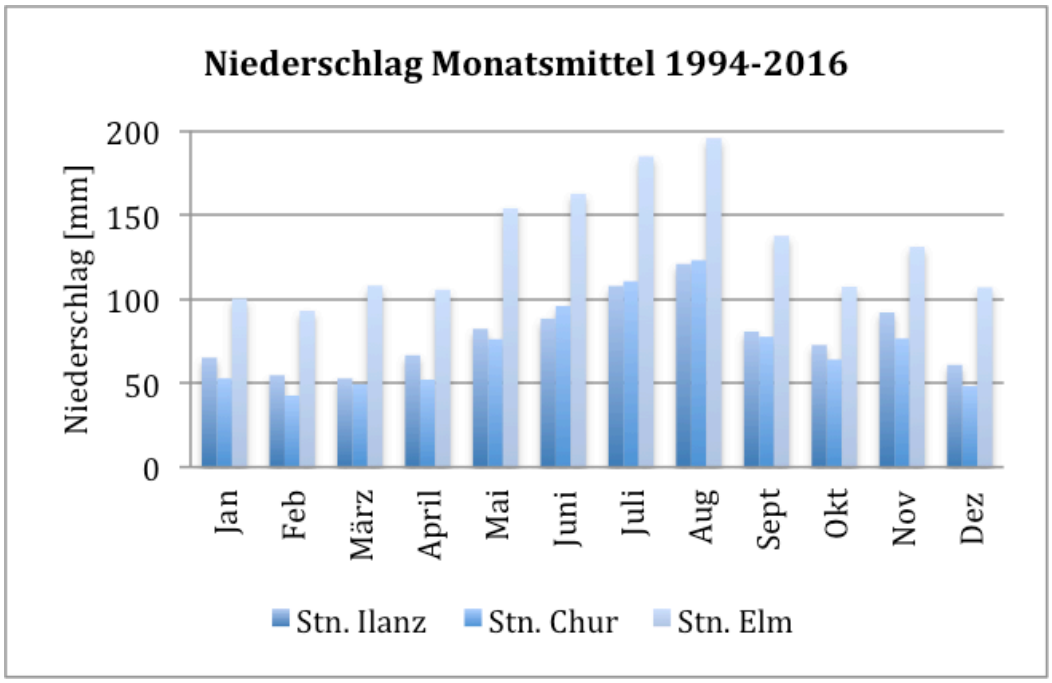


Abb. 10: Niederschlag Monatsmittel der Bodenmessstationen Illanz, Chur und Elm über den Zeitbereich von 1994-2016 (MeteoSchweiz 2016, eigene Darstellung).

In Abb. 10 ist klar erkennbar, dass Elm, im Vergleich zu den Bündner Standorten Ilanz und Chur, eine deutlich feuchtere Region ist. Sehr wahrscheinlich hängt dies mit der in Kap. 2.4.1 erläuterten Wetterlage zusammen. Die vom Westen herkommende feuchte Luft kondensiert im Bereich der Voralpen und regnet dort zu einem grossen Teil aus. Oftmals gelangen Wolken vom Westen her in den Raum des Untersuchungsgebietes, welches unmittelbar südlich der Tschingelhörner liegt. Diese Wolken lösen sich beim Sinken Richtung Talboden wieder auf. Die Station Ilanz weist im Zeitraum von 1994-2016 eine durchschnittliche Niederschlagsjahressumme von 943.9 mm, die Station Chur 867.8 mm und Elm 1585.4 mm auf (MeteoSchweiz 2016). Im Vergleich zu den durchschnittlichen Niederschlagsmengen des Schweizer Mittellandes (1000-1500 mm/J.) und den nördlichen Voralpen und der Südschweiz (2000 mm/J.), gehört das Untersuchungsgebiet eher zu einer trockenen regionalen Klimazone (MeteoSchweiz 2014).

Tab. 1: Mittelwerte der Niederschläge gemessen an den Bodenmessstationen Illanz, Chur und Elm über den Zeitraum von 1994-2016. Pro Messstation sind der trockenste und der feuchteste Monat und das Jahresmittel aufgeführt (MeteoSchweiz 2016)

Messstation	**Ilanz**	**Chur**	**Elm**
Höhe m ü.M.	698	559	958
Trockenster Monat	März (52.7 mm)	Februar (42.5 mm)	Februar (92.9 mm)
Feuchtetster Monat	August (120.8 mm)	August (122.9 mm)	August (195.5 mm)
Jahresmittel [mm]	943.9	867.8	1585.4

Die Niederschlagsmengen sind grundsätzlich im Sommer mit Ausnahme des Wallis ungefähr doppelt so hoch wie im Winter (MeteoSchweiz 2014). Vergleicht man diese Aussage mit den Messungen der Stationen Ilanz, Chur und Elm über den Zeitraum 1994-2016 konnte dies bestätigt werden. Bei allen drei Stationen ist der August der feuchteste Monat, wobei während den Wintermonate Februar bzw. März im Durchschnitt am wenigsten Niederschlag fällt (Tab. 1) (MeteoSchweiz 2016).

3 Methodik

Dieses Kapitel ist in zwei Unterkapitel aufgeteilt: Datenaufnahme (Kap. 3.1) und Datenverarbeitung (Kap. 3.2).

3.1 Datenaufnahme - Geomorphologische Untersuchung

Eine intensive Literaturrecherche im Themenfeld geomorphologischer Formen und Prozesse sowie glazialgeschichtlicher Aspekte zum Zeitbereich Spätglazial-Holozän erlaubten den Aufbau einer für die folgende Kartierung notwendigen Wissensbasis. Zusätzlich setzt eine geomorphologische Kartierung das Erkennen von Form- und Prozesssystemen voraus. Parallel dazu wurde der genaue Perimeter des Untersuchungsgebietes bestimmt (Abb. 4 und 5). Eine grobe Entscheidung konnte mittels des Studiums von Karten und Luftbildmaterialien getroffen werden. Im Feld erfolgte schlussendlich die definitive Bestimmung des Perimeters. Dabei wurde Wert darauf gelegt, dass geomorphologisch vielfältig interessante Phänomene darin enthalten sind und das Gebiet mit Bergbahnen erschlossen und über Wanderwege mit Schwierigkeitsgrad ≤ T2/T3 erreichbar ist. Schliesslich wurde bestimmt, welche geomorphologischen Formen und Prozesse kartiert und beschrieben werden sollten.

3.1.1 Verwendete Kartierungsgrundlagen

Materialien wie topographische und geologische Karten sowie Luft- und Satellitenbilder liefern wichtige Basisinformationen zur Vorbereitung und Orientierung im Gelände (Ahnert 2015). Kartierungsgrundlagen bieten topographische und thematische Karten in analoger (swisstopo: Schweizer Landeskarten) und digitaler Form (swisstopo-Kartenportal, digitaler Atlas der Schweiz, Google Earth, WebGIS Graubünden: Geo GR mapserver). Ausserdem können Luftbilder (Internet-Plattform Luftbilder-der-Schweiz; swisstopo: LUBIS-Viewer) für die primäre Kartierung und zeitliche Veränderungen der Landschaft verwendet werden. Geomorphologische „hot spots“ lassen sich dadurch identifizieren und auf der von swisstopo erstellten Landeskarte der Schweiz im Massstab 1:25’000 (LK25) markieren.

Folgende digitale Materialien wurden als Grundlage für die geomorphologische Kartierung genutzt:

Tab. 2: Digitale Kartenportale (Bundesamt für Wasser und Geologie 2005; Institut für Kartografie ETH Zürich u. a. 2010; swisstopo; Google Earth).

BUNDESAMT FÜR LANDESTOPOGRAPHIE SWISSTOPO	
Digitale Landeskarte (Datenstand 2008)	**1:25’000** (blattschnittfreier Datensatz und deswegen nicht in Blätter eingeteilt), Ausgabejahr 2016, Stand des Karteninhaltes 2014.

SWISSIMAGE (Datenstand: 2014)	Orthophoto: digitales Farborthophotomosaik der Schweiz bei dem die Neigungseinflüsse der Kamera und des Geländes korrigiert wurden. Auflösung: 0.25 m (Flachland und einige Alpentäler), 0.5 m (Berggebiete) und 2.5 m. Standardabweichungen für die Lagegenauigkeit: +/- 0.25 m für 0.25 m Bodenauflösung (in unebenem Gelände +/- 3-5 m) Flughöhe: Die 50 cm Aufnahmen werden aus der Flughöhe von rund 5000 m über Grund und die 25 cm Aufnahmen aus einer Flughöhe von ca. 2500 m über Grund gemacht. Generell erfolgen die Befliegungen in Ost-West Richtung.
SwissALTI^{3D}: (Datenstand: 2016)	Das SwissALTI3D-AV ist ein sehr präzises Höhenmodell, welches die Topographie der Erdoberfläche ohne Bewuchs und Bebauung abbildet. Nachführung Bereich Untersuchungsgebiet: 2016 Genauigkeit: • oberhalb 2000 m ü. M.: +/- 1 - 3 m mittlere Abweichung • unterhalb 2000 m ü.M.: +/- 50 cm mittlere Abweichung • manuelle Nachführung (Einzelpunkte, Bruchkanten und Flächen): 25 cm - 1 m mittlere Abweichung
CeoCover Vektor: (Datenstand: 2014)	Diese Vektorkarte wurde für die Schweiz flächendeckend im Massstab 1:25'000 digitalisiert. Der Karteninhalt basiert auf den Blättern des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000.
Dufourkarte: (Kartenausgabe: 1859)	Die Topographische Karte der Schweiz 1:100'000 ist das erste amtliche Kartenwerk, das die Schweiz landesweit abdeckt. Die Karte basiert auf den Originalaufnahmen des Messtischblattes und enthält keine Höhenlinien. Im Untersuchungsgebiet ab 1859 erhältlich.
Siegfriedkarte: (Kartenausgabe: 1874)	Die Siegfriedkarte (topographischer Atlas) ist das erste, flächendeckende Gesamtwerk der Schweiz in den Massstäben 1:25'000 (Mittelland, Jura und Südtessin) 1:50'000 (Alpenland). Die Karte enthält Höhenlinien (30 m Äquidistanz). Im Untersuchungsgebiet im Zeitraum 1874-1950 erhältlich.
Luftbilder der Schweiz (LUBIS-Viewer):	Luftbilder: Landschaftsaufnahmen, die mit analogen Kameras aus Flugzeugen erstellt werden. Digitale Bildstreifen: Landschaftsaufnahmen, die mit digitalen Kameras aus Flugzeugen erstellt werden. Dieses Luftbild-Informationssystem erlaubt es sämtliche Luftbilder der Schweiz von den 1920ern bis 2007 (analoge Bilder) bzw. ab 2005 (digitale Bildstreifen) abzurufen. Im Untersuchungsgebiet sind Luftbilder im Zeitbereich 1944-2004 und digitale Bildstreifen ab 2005 vorhanden.
BINI u. a. (2009)	
Letztes Glaziales Maximum (LGM)	Die Schweiz während des letzt eiszeitlichen Maximums (LGM) vor rund 24'000 Jahren. Kartenmassstab 1:500'000.

BUNDESAMT FÜR WASSER UND GEOLOGIE (BWG) (2005)	
Permafrosthinweiskarte (Datenstand 2011)	Stellt die Gebiete dar, in denen der Boden möglicherweise ganzjährig gefroren ist. Die Hinweiskarte wurde 2005 erstellt und 2011 aktualisiert.
INSTITUT FÜR KARTOGRAPHIE ETH ZÜRICH u. a. (2010)	
Digitaler Atlas der Schweiz, Version 3	2010 auf DVD publiziert. Über 1700 Kartenthemen sind integriert (Bspw. Tektonik). 2D- und 2.5D-Darstellungen sind möglich.
GOOGLE	
Google Earth	2D- und 2.5D-Darstellungen von Satellitenbildern.

3.1.2 Feldarbeit

Nach der genauen Planung der Feldarbeit wurde das Untersuchungsgebiet bei trockenem Wetter in den Sommer- und Herbstmonaten 2016 unter die Lupe genommen, damit die anhand der topographischen und thematischen Karten und Luftbildern nicht oder nicht eindeutig kartierten Phänomene klarer bestimmt werden konnten. Diese Methodenkombination ermöglicht es laut Leser (2006) erst, schwer oder gar nicht zugängliche Hochgebirgsgebiete geomorphologisch exakt zu definieren. Die im Feld bestimmten Formen und Prozessbereiche wurden auf mitgebrachten Landeskarten eingezeichnet. Der Detailierungsgrad wurde so gewählt, dass die kartierten Formen und Prozessbereiche auf einer Karte im Massstab 1:5'000 ersichtlich sind. Die digitale geomorphologische Karte ist jedoch in einem kleineren Massstab, 1:25'000, erstellt worden. Zusammenfassend wurde die Landschaft qualitativ auf verschiedenen Skalen (1:25'000 bis 1:5’000) betrachtet. Auf quantitative Messungen und damit verbundene Laborarbeiten wurde aus Zeitgründen verzichtet. Nebenbei wurde darauf Wert gelegt, alle möglichen Zugänge ins Gebiet mindestens ein Mal bewandert zu haben.

Zur Grundausrüstung gehörte:

- Fotokamera
- Fernglas
- GPS
- Feldbuch
- Mappe mit ausgedruckten thematischen und topographischen Karten
- Farbstifte, Bleistift und Radiergummi

3.1.2.1 GPS-Vermessung

Das Global Positioning Satellite (GPS) kann für die Lokalisierung von geomorphologischen Formen und Prozessen verwendet werden (Bishop u. a. 2012). Für die Feldarbeit wurden je nach Verfügbarkeit

die Modelle Garmin GPSmap 60CSx und Garmin Montana 650t eingesetzt. Aufgrund der guten Auflösung der verwendeten Landeskarten, wurden nur sehr wenige Objekte vermessen. Es stellte sich heraus, dass sich einzelne Objekte, wie grosse Gesteinsblöcke oder auch die POIs sehr gut mit dem GPS vermessen liessen. Nicht gebraucht wurde das GPS Gerät für das Vermessen grossflächiger (z.B. Schutthalde) oder linienförmiger (z.B. Moränen) Formen. Deren relative Lage wurde anhand von markanten Geländepunkten, wie Wanderwege und Bachverläufe bestimmt. Solche Phänomene liessen sich einfacher mit Hilfe von Karten und Luftbildern oder durch das Abschätzen mittels direkter Beobachtungen im Feld kartieren.

3.1.2.2 Fotographische Dokumentation

Parallel zur Kartierung wurden das Gebiet und die geomorphologischen Formen und Prozesse fotographisch dokumentiert und wichtige Beobachtungen und Bemerkungen im Feldbuch festgehalten. Für die fotographische Dokumentation wurde die kompakte Digitalkamera Sony RX100 III verwendet. Dank des Suchers konnten trotz der oftmals blendenden Sonne gezielte Fotoaufnahmen gemacht werden. Die Fotos und Notizen ermöglichten es die Feldarbeit zu einem späteren Zeitpunkt Revue passieren zu lassen. Nicht selten entdeckte ich Formen, die ich in-situ übersehen hatte. Zudem half die Dokumentation, die im Feld kartierten Formen und Prozesse mit Spezialisten im Büro zu besprechen und dadurch eine Zweitmeinung einzuholen. Ausserdem ist auf den von einem ähnlichen Standort aus gemachten Fotographien die Entwicklung der Landschaft, wie der Schneedecke über mehrere Wochen ersichtlich. Zu guter Letzt konnte ich einige Fotographien für die Visualisierung von interessanten Phänomenen und für das Konzept des Lehrpfades nutzen.

3.1.3 Schwierigkeiten und Unsicherheiten beim Kartieren

- Eine – in diesem Fall geomorphologische – Kartierung ist stets subjektiv geprägt, da die kartierende Person letztendlich entscheidet, in welche Klasse eine Form oder ein Prozess eingeteilt wird. Dies wiederum ist abhängig von der Perzeption, des Wissens und der Erfahrung des Kartenautors. Durch die Kombination von Feldbefunden und digitalen Daten wie Luftbildern, geologischen Karten etc. kann die Kartierung optimiert werden. So können beispielsweise Veränderungen über die Zeit mittels Luftbilder analysiert werden.
- Die Klassierung und Zuordnung eines Geländeabschnittes zu einem der vorgegebenen Prozessbereiche war anspruchsvoll, denn jeder betrachtete Ausschnitt besteht aus einem Mosaik von mehreren verschiedenen, sich teilweise räumlich und zeitlich überlappenden Formen und Prozessbereichen. In einem ersten Schritt versuchte ich das gesamte Gebiet im Überblick zu betrachten und grob zu beschreiben. Danach unterteilte ich es in sechs Regionen und analysierte und interpretierte diese auf einem grösseren Massstab.

3.2 Datenverarbeitung

Die von Hand gezeichnete geomorphologische Karte, die Beobachtungen im Feld, die Fotographien, die den Luftbildern und Kartenmaterialien entnommenen Informationen und die passende Literatur wurden gesammelt, strukturiert und für die sowohl wissenschaftliche geomorphologische Beschreibung (Kap. 4), als auch für das Planung und didaktische Umsetzung des Lehrpfades (Kap. 5) verwendet.

3.2.1 Digitalisieren und Visualisieren in Adobe Illustrator

Um die von Hand gezeichnete geomorphologische Karte digital zu erfassen wurde das vektorbasierte Graphik- und Zeichenprogramm Adobe Illustrator, welches am Geographischen Institut der Universität Zürich gratis zu Verfügung steht, verwendet. Dies erlaubte ein einfacheres und optisch schöneres Zeichnen der kartierten geomorphologischen Formen und Prozessbereiche, als dies in ArcGIS möglich gewesen wäre. Die handgezeichnete Karte wurde eingescannt und als PDF-Dokument im Adobe Illustrator platziert. Weiter wurde in Photoshop der erwünschte digitale Kartenausschnitt der Landeskarte von swisstopo im Massstab 1:25'000 als 1 Bit Tiff-Datei, mit 50% Transparenz erstellt. Das heisst, die Datei enthält nur noch zwei Abstufungen (= 1 Bit) – schwarz und den Rest, welcher zu 100% transparent ist. Diese Datei wurde anschliessend ebenfalls ins Adobe Illustrator importiert. Das layerbasierte Programm erlaubte ein strukturiertes digitales Zeichnen von Punkten, Linien und Polygonen. Die Basiskarte wurde als oberster Layer gesetzt. Dadurch wurden Orts- und Gipfelbezeichnungen nicht abgeschnitten oder unterschiedlich farbig dargestellt. Ausserdem steht die in bunten Farben dargestellte Geomorphologie des Untersuchungsgebietes dank der schwarz-weissen Basiskarte im Mittelpunkt.

Zusätzlich wurden sämtliche in vorliegender Arbeit integrierte Darstellungen (Fotographien, Karten, Blockbilder etc.) mit Adobe Illustrator und selten mit Adobe Photoshop modifiziert.

3.2.1.1 Legende

Als Basiskarte wurde die digitale Landeskarte von swisstopo im Massstab 1:25'000 verwendet. Gletscher- und Firnflächen, Felsschraffuren, Höhenkurven, das Koordinatennetz, Wanderwege, Brücken und Gebäude sind auf dieser Karte vorhanden und wurden auf der geomorphologischen Karte dargestellt.

Die verschiedenen Prozessbereichen untergeordneten geomorphologischen Formen wurden durch Signaturen und Flächenfarben, basierend auf der geomorphologischen Karte von Regine Koch (2003), dargestellt. Ergänzt wurde die Legende mit folgenden Formen:

- Glaziale Hügelform
- Karstischer Prozessbereich mit Karstgebiet
- Gebäude

- Wanderweg
- Brücke
- Deutliche Geländekante, geologisch bedigt

Nichtkartierte Formen wurden weggelassen.

Mehrere Bülten/Girlanden/Solifluktionsloben wurden als Einheit zusammengefasst. So wurde eine mit Bülten überzogene Fläche von ungefähr 700 m^2 mit einem Bülten-Symbol versehen. Drei bis vier Solifluktionsloben entsprechen einem Solifluktions-Symbol und eine mit Girlanden bedeckte Fläche von ca. 700 m^2 einem Girlanden-Symbol. Aus technischen Gründen wurde die Hydrologie mit fliessenden und stehenden Gewässern in der Legende ausgeschlossen.

In Abb. 11 ist die eigens in Adobe Illustrator erstellte Legende aufgeführt.

Abb. 11: Legende der geomorphologischen Karte (eigene Darstellung).

3.2.1.2 Layout

Auf der Linken Blattseite der beiliegenden digitalisierten geomorphologischen Karte befindet sich die Karte und direkt unterhalb sind der Masstab sowie die Angaben zu Autoren und Quellen aufgeführt. Auf der rechten Seite ist die Legende abgebildet.

3.2.2 Vorgehen Planung und didaktische Umsetzung des Lehrpfads

Das Untersuchungsgebiet wurde während der Feldarbeit nicht alleine für die geomorphologische Kartierung unter die Lupe genommen: die Erschliessung des Gebietes, die Begehbarkeit und die Distanzen der zurückzulegenden Wanderwege, geeignete POIs, Verpflegungsmöglichkeiten, die eigene Wahrnehmung der Landschaft bzw. des Welterbes etc. wurden registriert und für die Planung und didaktische Umsetzung des Lehrpfades genutzt. Mittels dem GPS wurden mögliche POIs aufgenommen. Davon wurden später fünfzehn selektioniert, um sie für das Konzept des Lehrpfads im Untersuchungsgebiet zu verwenden. In einem zweiten Schritt wurden das Thema sowie die Struktur des geomorphologischen Lehrpfades definiert. Sicherheits- und organisatorische Aspekte wurden ebenfalls ins Auge gefasst. Danach folgten Empfehlungen für die Evaluation des Lehrpfades. Schlussendlich wurden konkrete inhaltliche Vorschläge für den Lehrpfad formuliert. Dabei wurden pro POI ausgewählte geomorphologische Formen und Prozessbereiche zielgruppengerecht thematisiert.

3.2.2.1 Zielsetzung

Folgende Ziele geben dem Konzept des Lehrpfads einen Rahmen:

- Direkt in der Natur aktiv-entdeckendes Lernen fördern / das Experimentieren ermöglichen / handlungsorientiertes Lernen bieten
- Integration des vermittelten Wissens in den Alltag
- Zielgruppe: SuS der 6. Klasse und Sekundarstufe I und Sommertouristen (insbesondere Familien)

Die Förderung des Sommertourismus im Raum Flims sollte mit Hilfe eines Landschafts-Lehrpfades unterstützt werden. Einerseits wird der geomorphologische Ist-Zustand des Untersuchungsgebietes vermittelt, andererseits der Klimawandel im Hinblick auf die Landschaftsentwicklung vom Spätglazial bis heute aus Sicht eines Geomorphologen aufgezeigt. Das Oberthema Geomorphologie wurde ausserdem versucht in den Kontext zum alltäglichen Leben zu setzen. Mit dem aktiv-entdeckenden Lernen und Experimentieren soll der Besucher zum Nachdenken und Handeln motiviert werden. Dies erhöht die Nachhaltigkeit der Wissensaneignung und fördert das Interesse am Erhalt einer intakten Natur.

4 Geomorphologische Untersuchung – Ergebnisse und Interpretationen

In diesem Kapitel wurden alle hier relevanten geomorphologischen Prozessbereiche und Formen theoretisch und auf Literatur basiert erläutert sowie mit im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Beispielen ergänzt (Kap. 4.2). Die in Kap. 4.1 erwähnte digitale geomorphologische Karte resultiert als Produkt der Kartierung. Danach folgt die Betrachtung des Untersuchungsgebietes in verschiedene Bereiche unterteilt (Kapt. 4.3). Es wurde versucht, die heutige Landschaft und die in ihr stattfindenden Prozesse aus der Sicht eines Geomorphologen zu beschreiben und zu interpretieren. Dabei wurde auch auf die Gletschergeschichte seit dem letzen glazialen Maximum bis heute eingegangen (Kap. 4.4).

4.1 Geomorphologische Karte als Produkt

Die beigefügte erstellte Geomorphologische Karte ist eine Bestandsaufnahme der geomorphologischen Formen und Prozesse innerhalb des Untersuchungsperimeters zum Zeitpunkt Sommer/Herbst 2016. Sie stellt somit – nach aktueller Interpretation der Befunde - den Ist-Zustand dar.

4.2 Geomorphologische Formen und formbildende Prozesse im Untersuchungsgebiet

Die Kartierung einer komplexen Hochgebirgslandschaft zwingt einem, je nach gewähltem Abbildungsmassstab, die Befunde inhaltlich zu generalisieren, d.h. zu reduzieren und zu klassieren.

Die geomorphologischen Formen und Prozesse wurden dafür aus morphogenetischer Sicht in verschiedene Prozessbereiche gegliedert. Zugeteilt wurde anhand des aktuell dominierenden Prozesses, welcher für die Formung der beobachteten Phänomene die Hauptverantwortung trägt. Die hier verwendete Einteilung stützt sich auf die „Geomorphologische Karte Oberengadin“ von Koch (2003) und auf das in der Diplomarbeit von Imbaumgarten (2005) erörterte Kartierungsprinzip.

Nachfolgend werden die Prozessbereiche, die im Untersuchungsgebiet von Bedeutung sind mit ihren geomorphologischen Erscheinungen beschrieben und mit Beispielen visualisiert. Auf der geomorphologischen Karte sind die Prozessbereiche, Formen und Gebietsnamen dargestellt.

Da das Quartär (Eiszeitalter) in den folgenden Kapiteln eine zentrale Rolle spielt, wird hier kurz darauf Bezug genommen. Der Zeitraum erstreckt sich zwischen ca. 5.6 Mio. Jahren und heute und ist in das Pleistozän und Holozän gegliedert dargestellt (International Commission on Stratigraphy 2016). In Abb. 12 sind das alpine Spätglazial (Endphase des Pleistozäns) und das Holozän bzw. Postglazial in Pollenzonen und Gletscherstände unterteilt. Die Zeitskala basiert auf ^{14}C-Datierungen (Maisch 1982 zit. in: Veit 2002; Eicher 1987 zit. in: Veit 2002; Lotter u a. 1992 zit. in: Veit 2002). Die Grenzziehung zwischen den verschiedenen Abschnitten wird selbst in der neueren Literatur noch häufig uneinheitlich gehandhabt. So wird beispielsweise die Grenze zwischen dem Spätglazial und Holozän oft als zwischen 10’000-11’000 Jahren liegend beschrieben, was der „alten“, meist noch auf unkalibrierten ^{14}C-Daten

beruhenden Einteilung entspricht. In der neusten geologischen Zeitskala von International Commission on Stratigraphy (2016) wurde die Grenze auf 11'700 Jahre nach hinten gesetzt.

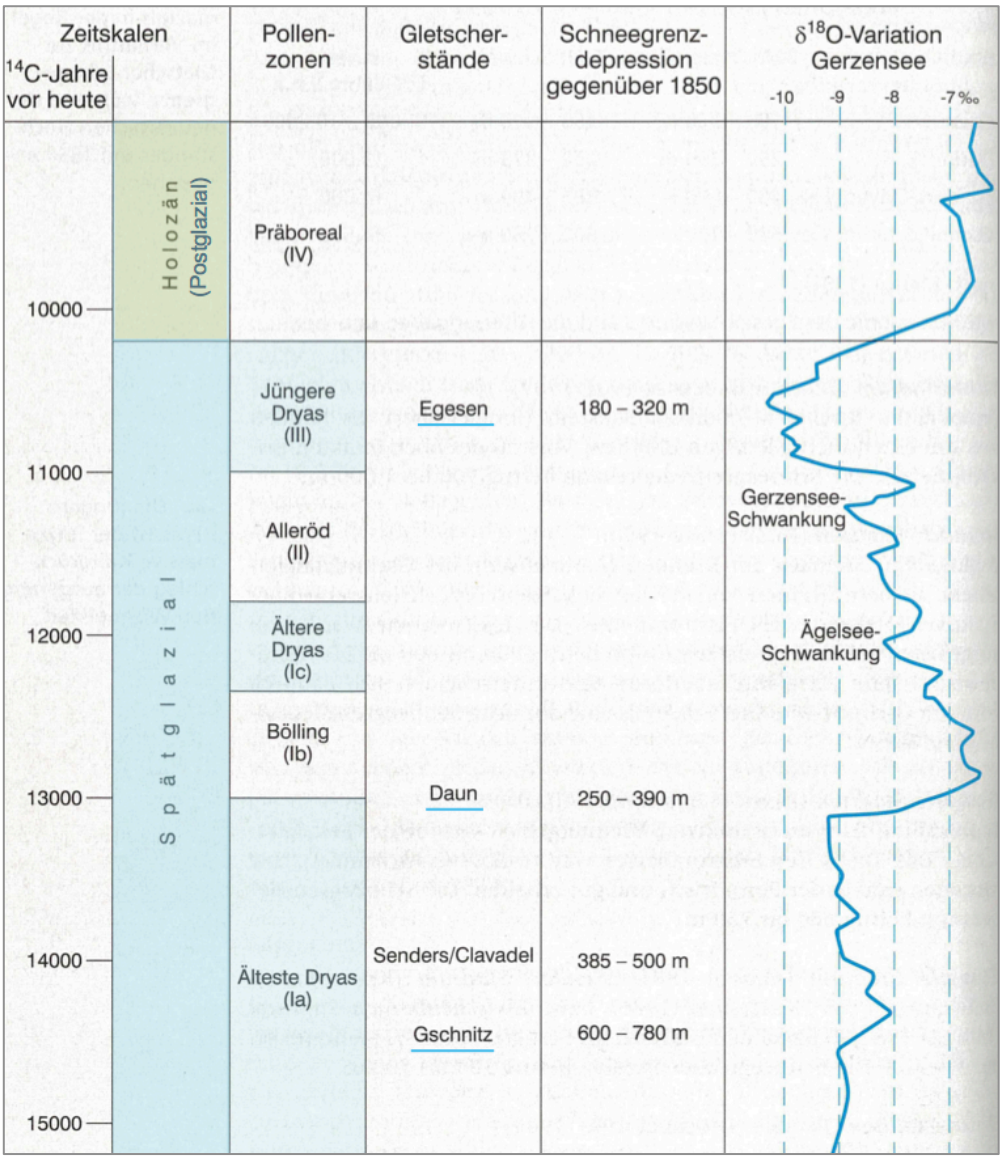


Abb. 12: Das alpine Spätglazial und Holozän (Maisch 1982 zit. in: Veit 2002; Eicher 1987 zit. in: Veit 2002; Lotter u a. 1992 zit. in: Veit 2002, modifizierte Darstellung)

4.2.1 Glazialer Prozessbereich

Zum glazialen Prozessbereich gehören Landformen, die durch die Wirkung von Gletschern geschaffen oder überprägt wurden, d.h. sie sind überall dort vorzufinden, wo Gletscher vorhanden sind oder existierten (Ahnert 2015). Einerseits kann es sich um junge, „rezente“ Formen handeln (z.B. der Hochstand 1850), andererseits können sie während der Kaltzeiten des Pleistozäns oder Holozäns gebildet worden sein (Veit 2002). Die Schmelzwasserflüsse der Gletscher transportieren Gesteinsschutt ins eisfreie Gebiet und bilden dort glaziofluviale Ablagerungen (Kap. 4.2.2). Deswegen werden glaziale

Systeme als Beziehungsgeflecht zwischen glazialen und glaziofluvialen Prozessen, dem erodierten, transportierten und abgelagerten Material und den dadurch entstandenen Landformen betrachtet (Ahnert 2015).

Gletscher: Gletscher gelten im Hochgebirge als auffällige Landschaftsformen, die markanten und gut sichtbaren Veränderungen unterworfen sind. Dies macht sie zu Schlüsselindikatoren des Klimawandels (Keller u. a. 2011). Ausserdem haben die massive Vergletscherung in den Alpen während der Eiszeiten des Pleistozäns und die Gletscherschwankungen des Holozäns das Relief stark mitgestaltet (Veit 2002).

Betrachtet man die heutigen von Gletschern bedeckten Flächen der gesamten Schweiz, umfassten diese im Jahr 2010 ca. 940 km^2 (entspricht etwa der Fläche des Kantons Schwyz), d.h. ca. 2.3% der Fläche der gesamten Schweiz war zu diesem Zeitpunkt vergletschert (Fischer u. a. 2014). Die meisten Gebirgsgletscher der mittleren und niederen Breiten gehören zu den temperierten Gletschern (Veit 2002). Deren Eistemperatur entspricht meistens dem Druckschmelzpunkt, weshalb sie leicht verformbar sind (Ahnert 2015). Dieser Gletschertyp kommt im Hochgebirge und auch in den europäischen Alpen am häufigsten vor. Laut dem new Swiss Glacier Inventory SGI2010 werden 82.1% aller Gletscher der Schweiz als sehr kleine Gletscher (<0.5 km^2) klassiert (Fischer u. a. 2014).

Im Untersuchungsgebiet wurde der Glatschiu dil Segnas kartiert. In Kap. 4.3.9 und 4.4 wird dieser näher angeschaut.

Firnfeld: Firn ist Altschnee, der mindestens eine Ablationsperiode überdauert hat. Dieser mehrjährige körnige Schnee verfestigt sich weiter zu Firn mit einer mittleren Dichte von ca. 400-800 km m^{-3} (Zepp 2003).

Das Gebiet Muletg da Sterls ist ein ehemaliges Firnfeld. Der Las Palas „Restfirnfleck" existiert heute noch. Die Entwicklung dieses Firnflecks wird in Kap. 4.4 im Detail angeschaut.

Moräne: Die Morphologie von Moränen kann mit Schuttwällen oder –streifen umschrieben werden (Imbaumgarten 2005). Das Material dieser Schuttwälle besteht aus unsortiertem, ungerundetem und ungeschichtetem Schutt- und Blockmaterial (Leser 2003). Diese vom Gletscher erodierte und abradierte Gesteinsmassen und zusätzlich herausgelöste mitgeführte Steine und Blöcke aus den umliegenden Felswänden bilden ein Gemisch aus Feinmaterial (Ton, Silt, Sand) und bis zu metergrossen Gesteinsblöcken (Zepp 2003).

Klassifikation nach dem Alter der Moräne:

- *Spätglaziale Moräne:* Dabei handelt es sich um einen Moränenwall aus den Endphasen der letzten Eiszeit. Er liegt deutlich, d.h. oft mehrere Kilometer, ausserhalb der holozänen Grössenordung. Das Alter dieser Moräne beträgt mindestens 11'500 Jahre (Grenze Spätglazial/Holozän) (Böhlert u. a. 2008).

Im Untersuchungsgebiet sind die kartierten spätglazialen Moränen bereits stark mit alpinem Grass überwachsen (Abb. 38).

- *Postglaziale Moräne:* Dieser Moränenwall wird holozäne Moräne genannt. Es handelt es sich dabei meist um Moränenwälle der Kleinen Eiszeit (hauptsächlich Hochstand um 1850) (Böhlert u. a. 2008).

  Im Untersuchungsgebiet wurde im glazialen Vorfeld des Glatschiu dil Segnas ein deutlicher postglazialer Moränenwall kartiert (Abb. 13).

Abb. 13: Postglazialer Moränenwall (gelb) (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Klassierung der Moränen nach Deutlichkeit des Vorkommens und Sicherheit des Verlaufes

- *Deutlicher Moränenwall:* Verlauf klar erkennbar und Morphologie klar ausgeprägt.
- *Undeutlicher Moränenwall:* Verlauf gut feststellbar, Form wenig ausgeprägt.

Klassierung nach der Lage:

- *Ufermoräne:* Die meist deutlichen Wälle mit teilweise scharfen Kammlinien bestehen aus vom Gletscher transportiertem Material und Hangschutt (Leser 2003; Imbaumgarten 2005). Weit ragen die Moränen über die aktuelle Eisfläche hinaus. So handelt es sich beispielsweise um Relikte früherer Hochstände (z.B. der Kleinen Eiszeit 1850), welche heute keinen Gletscherkontakt mehr haben (Leser 2003).

  Im Untersuchungsgebiet sind Ufermoränen orographisch links und rechts des Glatschiu dil Segnas erkennbar. Die Wälle zeigen die ca. 1850 seitlich erreichte Gletscherausdehnung (Kartengrundlage: swisstopo, Kartenausgabe 1859). Insbesondere an der orographisch links gelegenen Ufermoräne ist das Ausmass des seither erfolgten Gletscherschwundes deutlich erkennbar (Abb. 13).
- *Grundmoräne:* Dabei handelt es sich um Lockermaterial, welches an die Unterseite des Gletschers transportiert und abgelagert wird und dazu beiträgt, den Untergrund abzuschleifen

(Ahnert 2015). Grundmoränen können nur bei polythermalen und temperierten Gletschern gebildet werden, wo am Untergrund Schmelzprozesse stattfinden (Zemp 2002 zit in: Imbaumgarten 2005).

Im Untersuchungsgebiet wurde kein Grundmoränenmaterial kartiert. Ein Grossteil des glazialen Vorfelds, dort wo Grundmoränenmaterial vorkommt, wurde dem Postglazialen Fels- und Moränengebiet zugeteilt und dementsprechend auf der Karte rosa eingefärbt.

- *Flutes, gestreifte Grundmoräne:* Das sind längliche, stromlinienförmige Sedimentwälle oder -kämme, die nur auf Grundmoränen vorkommen. Sie verlaufen parallel zur (früheren) Gletscherfliessrichtung und weisen normalerweise eine Höhe und Breite im Dezimeter- bis Meterbereich auf (Benn und Evans 1998 zit. in: Imbaumgarten 2005). Diese Wälle bestehen aus deformiertem, subglazialem Material, welches an der Gletschersohle in Hohlräume eingeflossen ist. Diese Hohlformen haben sich auf der Leeseite von starren Hindernissen (z.B. Gesteinsblöcke), durch hohe vertikale Eisdrücke, gebildet (Boulton 1976 zit. in: Häberling 1995; Allaby und Allaby 1991 zit. in: Häberling 1995).

  Im Untersuchungsgebiet wurden vor dem Zungenende des Glatschiu dil Segnas auf der orographisch rechten Seite mehrere Flutes kartiert (Abb. 14).

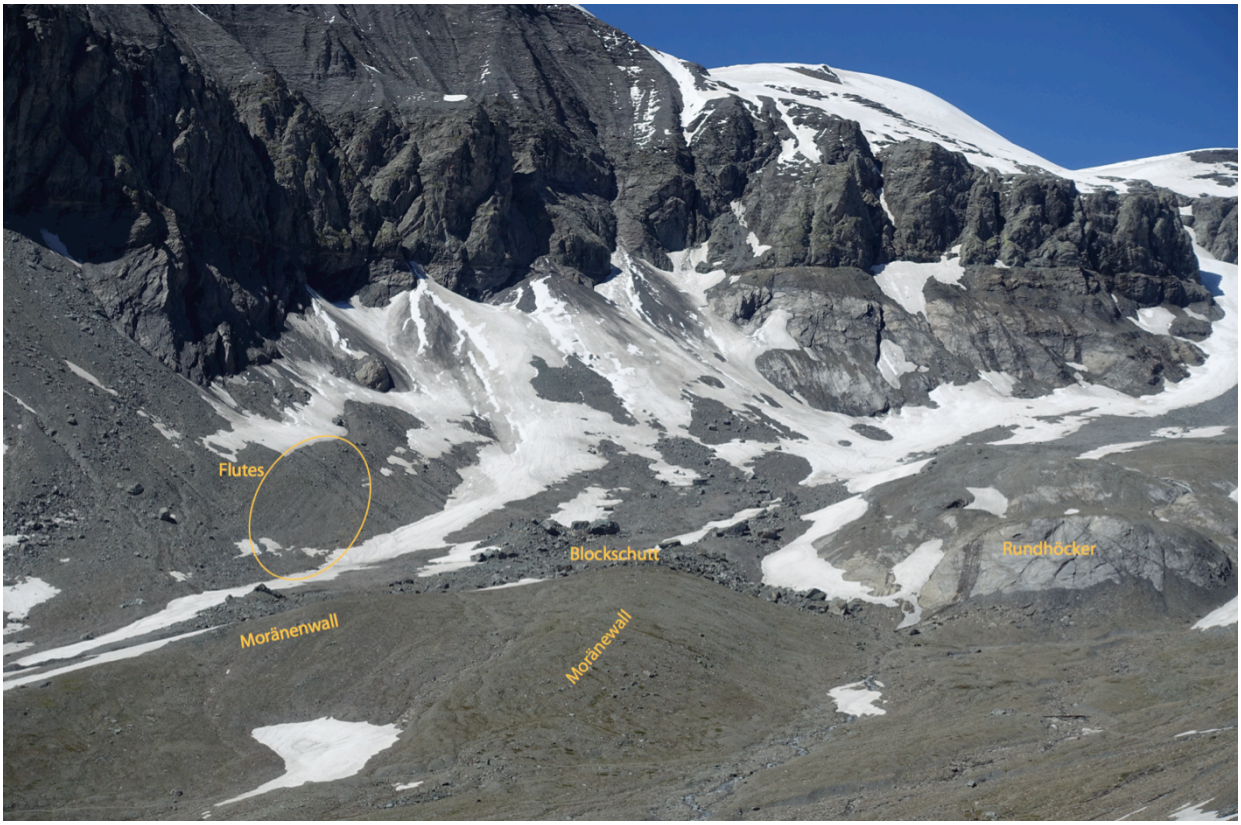


Abb. 14: Gletscher Vorfeld des Glatschiu dil Segnas mit Flutes, Moränenwällen, Blockschutt und einem Rundhöcker (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Postglaziales Fels- und Moränengebiet: Aus verschiedenen gletscherkundlichen Arbeiten aus dem Alpenraum weiss man, dass dieses Areal weitgehend den Umrissen früherer postglazialer,

vorneuzeitlicher Vorstösse entspricht. Spuren wie Gletscherschrammen, Moränen, Flutes oder Rundhöcker können für die postglaziale Gletscherausdehnung Hinweise liefern (Imbaumgarten 2005).

In vorliegender Arbeit wurde die Fläche die um 1850 noch vom Glatschiu dil Segnas bzw. vom Las Palas Firnfleck bedeckt war und somit der Ausdehnung der Kleinen Eiszeit entspricht speziell dargestellt (rosa).

Spätglaziales Fels- und Moränengebiet: Dieses Gebiet ist nicht einfach zu definieren, da dessen Ausdehnung sehr gross sein kann. Meistens wurde diese Region bereits von jüngeren fluvialen und gravitativen Prozessen überprägt.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Region zwischen Las Palas und der Plaun Segnas Sut dem Spätglazialen Fels- und Moränengebiet zugeteilt. Dort sind spätglaziale Moränenwälle vorzufinden. Zudem wurden Region des Crap la Tginas sehr wahrscheinlich glazial überschliffen.

Rundhöcker: Das ist ein asymmetrischer Felsbuckel bestehend aus anstehendem Gestein mit stromlinienförmig gerundeter, abgeflachter Stossseite (Luv-Seite) und kantiger steiler Lee-Seite (Abb. 14). Auf dieser rauen Seite hat das Eis Gesteinsbruchstücke losgerissen (Detraktion, engl. „plucking"). Auf der Luv-Seite hingegen entstehen durch hohen Druck und durch vom Eis mitgeführtem Gesteinsmaterial typische Schrammen (Detersion, Abrasion) (Ahnert 2015; Zepp 2003).

Im Untersuchungsgebiet sind zwei Rundhöcker im Gletschervorfeld des Glatschiu dil Segnas zu beobachten. Einer davon ist in Abb. 14 markiert. Im Kessel des Pass dil Segnas wurde ein weitere Rundhöcker ausgeschieden. Zudem wurde die der Übergang bzw. die Schwelle zwischen der Plaun Segnas Sura und der Plaun Segnas Sut rundhöckerartige überprägt.

(Glaziales) Blockfeld: Das (glaziale) Blockfeld befindet sich im Gletschervorfeld und besteht aus vielen grossen, ungerundeten Felsblöcken. Meistens gelangten diese Blöcke aufgrund eines Felssturzes auf den Gletscher, von dem sie bis ins Gletschervorfeld weiter transportiert wurden (Rothenbühler 2000 zit in: Imbaumgarten 2005).

Im Gletschervorfeld des Glatschiu dil Segnas befindet sich Blockschutt, wobei es sich sehr wahrscheinlich nicht um ein glaziales Blockfeld, d.h. Moränenmaterial handelt. Diese Gesteinsblöcke gelangten vermutlich durch Verwitterung von den steilen Felswänden unterhalb des Piz Segnas auf die ehemals vereiste Fläche, da der kantige Gesteinsschutt frisch zu sein scheint (Abb. 14). Nähere Informationen über den Blockschutt folgen in Kap. 4.2.5.

Drumlin: Darunter versteht man einen stromlinienförmigen Hügel, der im Ablagerungsbereich von (meist eiszeitlichen) Gletschern vorkommt und aus Lockermaterial, vorwiegend aus Moränenmaterial, besteht. Auch fluviale Schotter von Schmelzwasserabflüssen können beteiligt sein. Der Grundriss des Drumlins ist oval und in der Fliessrichtung des Eises gestreckt. Seine durchschnittliche Länge beträgt

weniger als 100 Meter, wobei seine durchschnittliche Höhe einige Zehner von Metern beträgt (Ahnert 2015).

Im Untersuchungsgebiet wurde kein typischer Drumlin gesichtet.

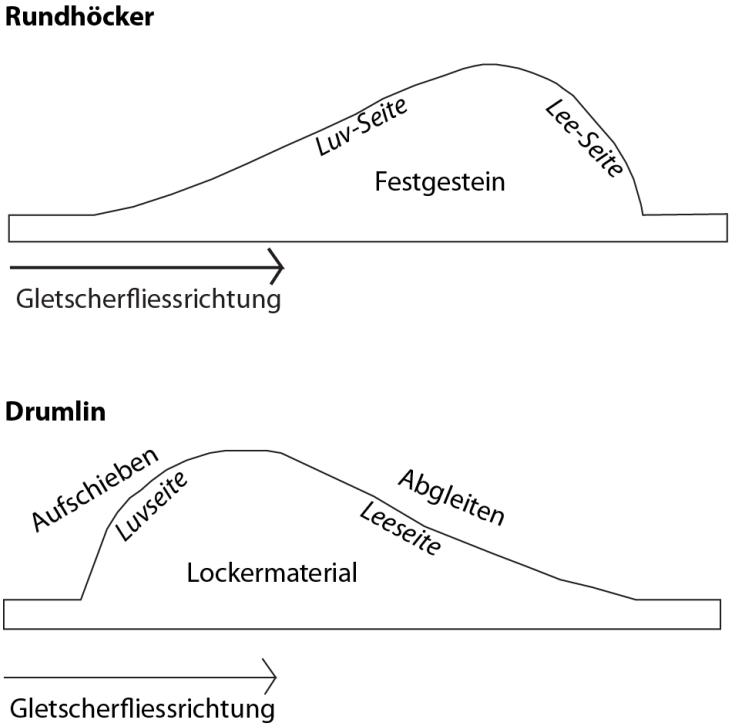


Abb. 15: Rundhöcker und Drumlin Profile im Vergleich (Freie Universität Berlin o. J., modifizierte Darstellung).

Glaziale Hügelform: Dieses im Untersuchungsgebiet beobachtete 200-250 m lange Phänomen besteht aus grobem bis feinem Schutt, wurde glazial überprägt und ähnelt einem Drumlin. Da die Unsicherheit für eine klare Zuordnung zu gross ist, wurde die Erscheinung mit dem offeneren Begriff einer „Glazialen Hügelform" umschrieben (Abb. 39 rechts).

4.2.2 Glaziofluvialer Prozessbereich

Dieser Prozessbereich kann als Schnittstelle glazialer und fluvialer Prozesse betrachtet werden.

Sander (Sanderebene): Gletscherbäche schütten im Nahbereich des glazialen Geschehens grosse, flache Schwemmkegel auf, welche Sander (auch fluvioglaziale Schotterfelder; isländisch: sandur, sandr) genannt werden. Die Korngrösse der Geschiebefracht nimmt dabei mit zunehmender Distanz zum Gletscher von Kies bis zum Feinsand ab (Leser 2003).

Im Untersuchungsgebiet wurde die am Gletschrvorfeld angrenzende Plaun Segnas Sura als Sander bezeichnet. Frische Kies- und Sandbänke sind erkennbar.

4.2.3 Fluvialer Prozessbereich

Formen und Prozesse die durch die Kraft des Wassers dominiert und gebildet wurden, gehören zur Kategorie des Fluvialen Prozessbereichs.

Flussterrasse: Dabei handelt es sich um ehemalige Talböden, welche im Wechselspiel von akkumulativer und erosiver Kraft von fliessenden Gewässern entstanden sind. Da sich der Bach bzw. Fluss in die Tiefe frisst, können die Flussterrassen als ältere Akkumulationsniveaus betrachtet werden. Fliessgewässer schneiden dabei in eigene Sedimente oder in anstehendes Gestein ein neues Flussbett ein (Leser 2003). Untergrund aus lockerem, leicht erodierbarem Sediment (oft Alluvionen) eignet sich besonders gut für die Bildung von Flussterrassen (Imbaumgarten 2005).

Im Untersuchungsgebiet wurden kleinskalige Flussterrassen überall entlang der Flüsse, insbesondere auf der Plaun Segnas Sut und Sura erkannt. Auf der grossskaligen geomorphologischen Karte (Massstab 1:25'000) wurde auf das Einzeichnen der Flussterrassen verzichtet.

Erosionsrinne: Diese entsteht auf lockerem Untergrund bei mittlerem bis steilem Gefälle. Sie ist oft vergesellschaftet mit Erosionstrichtern im Einzugsgebiet und akkumulativen Formen wie Schwemm- und Murkegeln in der Auslaufzone. Erosionsrinnen führen meist nicht ganzjährig Wasser sondern sind nur bei Starkniederschlägen mit Wasser gefüllt (Abb. 16 und 21) (Imbaumgarten 2005).

Im Untersuchungsgebiet wurden Erosionsrinnen an den meisten Steilhängen beobachtet.

Murgang (auch: Mure, Rüfe): Die Bezeichnung Murgang steht einerseits für den Begriff Prozess, andererseits für die geomorphologische Form. Ein Gemisch aus Wasser, Feinmaterial und groben Steinen bewegt sich breiartig hangabwärts von der Anriss- durch die Transport- zur Ablagerungszone. Im Anrissbereich erodiertes Material wird entlang eines Gerinnes mit erhöhten Seitenwällen („Levées“) verfrachtet und im Ablagerungsgebiet in Form eines Murkegels akkumuliert. Nebst starkem Niederschlag sind ausreichend Schuttmaterial, fehlende Vegetation und ein genügend steiles Gefälle (> 20%) ideale Voraussetzungen für ein Murgangereignis. Murgänge treten vor allem auf alpinen Schutthalden und in Wildbachgerinnen auf (Abb. 16 und 22) (WSL 2006).

Im Untersuchungsgebiet wurden mehrere Murgänge und/oder murgangartige Formen kartiert. Dabei wurde die Transportstrecke zwischen dem Erosionstrichter (Anriss) und dem Murkegel (Ablagerung) als Murgangrinne definiert. Die Steilhänge rund um den Atlas sind durch zahlreiche Murgänge mit teilweise schön ausgebildeten Levées gekennzeichnet.

Auf der Geomorphologischen Karte wurde zwischen Erosionsrinne und Murgang nicht unterschieden.

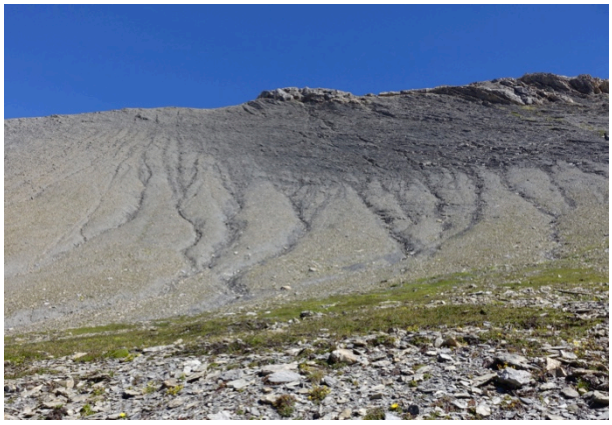


Abb. 16: ***Links:*** *Erosionsrinnen am Westhang des Fil de Cassons.* ***Rechts:*** *Eine Murgangrinne mit Levées am Südosthang des Atlas (Fotos U. Strub 2016).*

Murkegel (siehe auch Murgang): Murkegel sind durch Murgänge gebildete unregelmässige Akkumulationsformen und befinden sich somit im Auslauf- bzw. Ablagerungsgebiet eines Murganges. Im Unterschied zu Schwemmkegeln haben diese ein grösseres Gefälle, d.h. meistens > 20°, und sind zudem von gröberem Sediment geprägt. Charakteristisch für Murkegel sind die sogenannten „Léeves" (siehe Murgang). Durch das an der Front des Murganges talwärts geschobenene Sedimentgemisch sind die unteren Abschnitte der Murkegel mit grossen Felsblöcken übersät. Typischerweise sind Murkegel am Fusse von an Lockermaterial angereicherten, gut erodierbaren Steilhängen zu beobachten (Imbaumgarten 2005).

Im Untersuchungsgebiet wurden Murkegel am Hangfuss bei der orographisch rechten Seite der Plaun Segnas Sut und der orographisch rechten Seite der Plaun Segnas Sura (Abb. 22) kartiert.

Schwemmebene (auch: Alluvion): Dabei handelt es sich um eine ausgedehnte akkumulative Form, d.h. um Talfüllungen mit fluvialen Sedimenten hauptsächlich in der Kies- und Sandfraktion. Die Schwemmebenen wurden in der Regel durch das primäre Fliessgewässer des Tales gebildet. Sedimente werden von Bächen und Flüssen aus einmündenden Tälern an die Schwemmfächer geliefert und anschliessend über den Fluss des Haupttales weiter transportiert bis sie später als Material der Schwemmebene abgelagert werden. Damit sich Schwemmebenen bilden können, ist ein Talboden geringer Neigung und somit eine tiefe Wassergeschwindigkeit Voraussetzung. Im inneralpinen Raum sind verzweigte, d.h. jahreszeitlich stark schwankende Gerinne typisch für Schwemmebenen (Imbaumgarten 2005). Als Alpine Schwemmebenen gelten flache Bereiche von Alpentälern in Höhenlagen von über 1800 Metern (Bafu 2011).

Im Untersuchungsgebiet wurde die Plaun Segnas Sut als typische Schwemmebene definiert. Deren Auffüllung ist wahrscheinlich durch glaziale und fluviale Akkumulationsprozesse und mit Hilfe der zurückstauenden Funktion des „Riegels", bestehend aus Ablagerungen des Flismer Bergsturzes, im Endbereich der Schwemmebene zustande gekommen. Mit einer Gesamtfläche von ca. 53 ha ist die

Ebene eine der auffallendsten und landschaftsprägendsten geomorphologischen Formen innerhalb des Untersuchungsgebietes (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014).

Schwemmkegel/-fächer: Dort wo ein Fliessgewässer aufgrund einer abrupten Gefällsverminderung an Geschwindigkeit verliert, bilden sich häufig Schwemmfächer. Dabei beträgt die Neigung des Geländes weniger als 10°. Am Gefällsknick sind die Bäche gezwungen, das mitgeführte Geröll abzulagern. Durch die Verbauung des eigenen Flussweges, muss das Wasser seitwärts ausbrechen und verändert somit ständig seinen Lauf. Die Sedimente gehören meist der feinkörnigen Fraktion (Sand, Silt und Ton) an, wobei im oberen Bereich ebenfalls Gerölle und Blöcke vorkommen können. Im Allgemeinen nimmt die Korngrösse gegen unten ab (Busch 1986 zit. in: Zepp 2003).

Im Untersuchungsgebiet sind mehrere schön ausgebildete Schwemmfächer beobachtbar. So ist am Fusse des Fil de Cassons ein Schwemmfächer mit seiner früheren Dimension (heute inaktiv und trocken) und dem aktiven schuttreichen Bereich deutlich erkennbar (Abb. 17). Der Schwemmfächer erhält auf seiner orographisch linken Seite überdies Zufluss durch eine Erosionsrinne. Am Rande der Plaun Segnas Sut haben sich mehrere Schwemmfächer gebildet. Der grösste davon wurde durch den Wasserfall, der den Höhenunterschied zwischen der Plaun Segnas Sura und Sut überwindet, geformt.

Abb. 17: Blick vom Fil de Cassons auf den Schwemmkegel, welcher sich auf der Südostseite der Plaun Segnas Sura befindet (Foto U. Strub 2016).

4.2.4 Periglazialer Prozessbereich

Periglazialgebiete sind unvergletscherte Flächen, deren Unterboden ganzjährig oder saisonal gefroren ist (Veit 2002). In den Gebirgen der mittleren Breiten reichen mehrere Periglazialerscheinungen bis in Regionen, in welchen der Unterboden im Hoch- und Spätsommer auftaut, im Frühling und Frühsommer jedoch noch gefroren ist. Der Oberboden ist zu diesen Zeitpunkten bereist aufgetaut (Ahnert 2015).

4.2.4.1 Blockgletscher

Zu den klassischen Formen des alpinen Periglazialraums gehören Blockgletscher (aktive, inaktive und relikte), welche an Permafrostvorkommen gebunden sind.

Diese kommen indessen im Untersuchungsgebiet nicht vor. Ein Grund dafür könnte sein, dass die potentielle Permafrostverbreitung im südlich ausgerichteten Untersuchungsgebiet zu gering und auf die am höchst gelegenen Höhenintervalle beschränkt ist (Abb. 18). So sind die für die Bildung von Blockgletschern notwendigen Schutt liefernden Einzugsgebiete zu stark eingeschränkt.

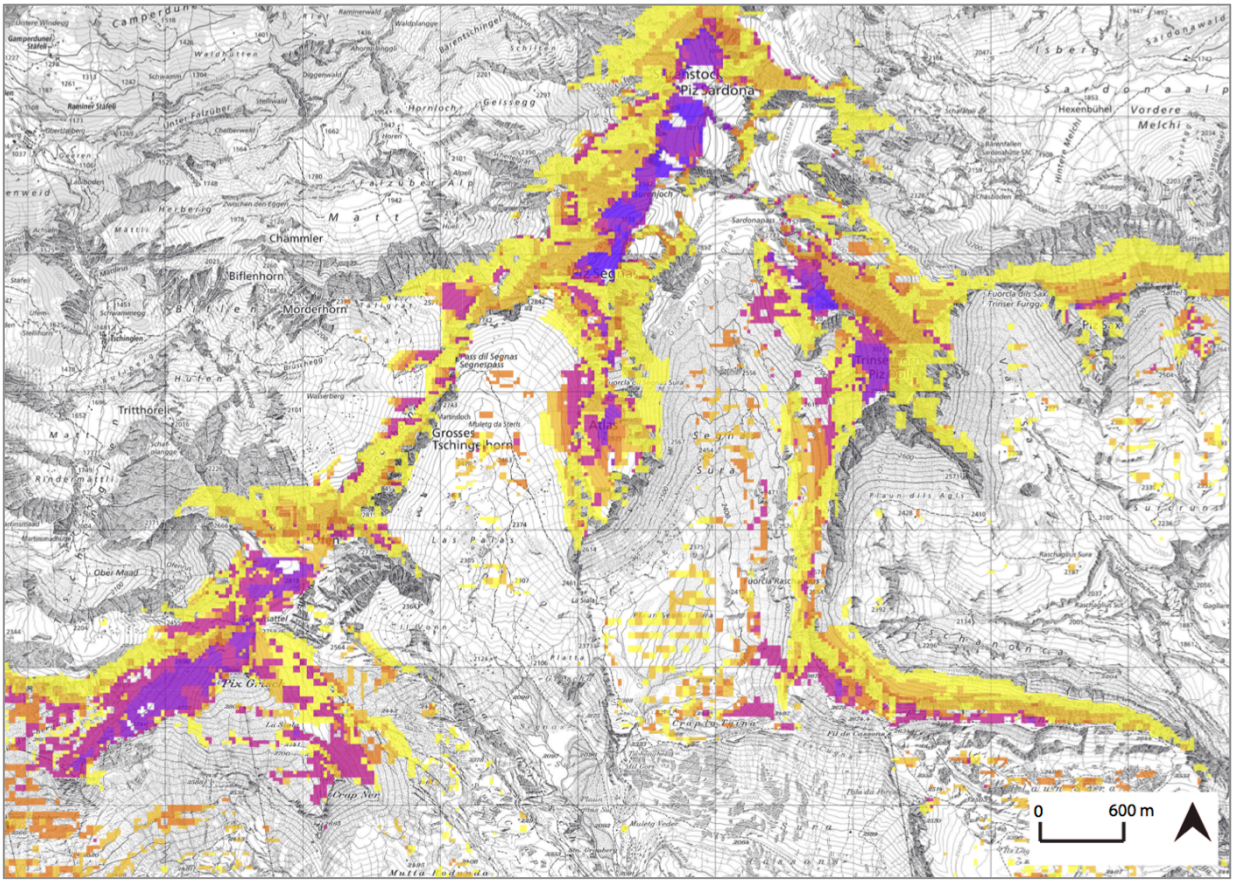


Abb. 18: Permafrosthinweiskarte mit der potentiellen Permafrostverbreitung im Raum des Untersuchungsgebietes: Je dunkler die Farbe (gelb bis dunkelviolett), desto höher ist die Wahrscheinlichkeit für Permafrostvorkommen (Kartengrundlage: swisstopo, Permafrostverbreitung nach BWG Datenstand 2011, ergänzte Darstellung).

4.2.4.2 Solifluktion

Solifluktion umfasst frostbedingte Fliessbewegung, weshalb sie dem periglazialen Prozessbereich untergeordnet wird. Sie bildet geomorphologische Kleinformen aus, welche durch wassergesättigtes Bodenkriechen hangabwärts (Solifluktionsprozesse) oberhalb der natürlichen Baumgrenze entstehen (Veit 2002). Frostwechsel und Permafrost sind in Kombination oder einzeln am Prozess beteiligt (Zepp 2003). Die Intensität und Ausprägung dieser Massenbewegung wird durch die Hangneigung und die Eigenschaften der Sedimente bestimmt (Imbaumgarten 2005). Es wird zwischen freier bzw. ungebundener, gehemmter und gebundener Solifluktion unterschieden. Erstere existiert, wenn keine Vegetation vorhanden ist. Die gehemmte Solifluktion hingegen tritt auf teilweise bewachsenen Flächen auf, während die gebundene Solifluktion auf geschlossener Vegetationsdecke zu finden ist (Zepp 2003). Die Geschwindigkeit der solifluidalen Bewegungen beträgt bei geschlossenem Rasen, d.h. bei der gebundenen Solifluktion, mehrere Millimeter pro Jahr, wobei die Geschwindigkeit in der subnivalen Höhenstufe (ca. 2400 m ü.M.) mit einigen Dezimetern pro Jahr bedeutend höher ist. Je dichter die Vegetationsdecke ist bzw. je stärker die Solifluktion gebunden ist, desto geringer ist die Geschwindigkeit der Fliessbegwegung (Veit 2002).

Bülte (auch Bulte): Dies ist eine hügelartige, trockene Erhebunge („Höcker“) aus Torfmaterial von ca. einem halben bis einem Meter Durchmesser. Vorwiegend findet man sie auf wassergesättigtem, morastigem Boden oder in Hochmooren. Zudem kommen sie meist gehäuft, als „Bülten-Fluren“ vor, was zu einem hügeligen, unebenen Terrain führt (Imbaumgarten 2005). Mit zunehmender Hangneigung gehen die Bülten in langgestreckte Kleinhügelformen über (Schwarz-Oberholzer 1977). Weidende Kühe können die Ausprägung der Erhebungen verstärken, denn aufgrund des unebenen Geländes treten die Tiere rund um die Hügel, was diese noch deutlicher von der Umgebung abheben lässt. Ausserdem meiden die Kühe die im September herbstlich rot verfärbten, auf den Hügeln wachsenden Heidelbeersträucher. Sie bevorzugen die darum herum wachsenden Gräser, wodurch die Hügel noch stärker akzentuiert werden.

Abb. 19: Mit Heidelbeersträuchern überwachsene Bülten auf dem „Riegel“ Muletg Veder ***(links)*** *und weitere Bülten auf dem Felsriegel zwischen der Plaun Segnas Sut und Sura* ***(rechts)****. In der Mitte ist eine aufgegrabene Bülte ersichtlich (Fotos U. Strub 2016).*

Im Untersuchungsgebiet können an mehreren Stellen solch hügelartige Erhebungen beobachtet werden. Sie treten sowohl auf dem Felsriegel zwischen der Plaun Segnas Sut und Sura, als auch im Bereich der Bergsturzablagerungen auf. Um deren Aufbau und Inhalt zu erschliessen, wurden einige Hügel aufgegraben. Keine dieser Hügel enthielten Gesteine im Kern sondern humushaltiges Erdreich.

Girlande: Girlanden sind als zungenförmige Fliessformen im bewachsenen Erdreich erkennbar und stellen eine Art der gehemmten Solifluktion dar. Sie entstehen durch kleinskalige Kriechprozesse, welche durch Tau-Frost-Zyklen ausgelöst werden. Das Ausmass der Girlanden bewegt sich im Bereich weniger Meter, da Pflanzen die Solifluktion abbremsen (Zepp 2002 zit. in: Imbaumgarten 2005). Die Stirn der Girlanden ist mit dichter Vegetation bewachsen.

Im Untersuchungsgebiet wurden Girlanden auf der Platta Grischa kartiert (Abb. 20).

Abb. 20: Girlanden auf der Platta Grischa (Foto U. Strub 2016)

Fliesszunge/Solifluktionslobe/Erdstrom: Diese können entstehen, wenn Permafrostböden und feinmaterialreiches Substrat zusammen vorkommen. Dabei wird das Schmelzwasser während der Auftauperiode in Feinporenraum zurückgehalten, bis die materialspezifische Fliessgrenze überschritten wird und der Auftaubereich breiartig in konvexer Form hangabwärts fliesst (Zepp 2003). Gemäss Gamper (1981) sind im Schweizerischen Nationalpark Erdströme von einigen Metern Breite und mehreren Dekametern Länge mit einer Stirn von bis zu 60 cm Höhe vorzufinden. Deren seitlichen Steilränder und seltener auch deren Stirn sind mit Vegetation bewachsen, wobei der Erdstromrücken höchstens mit einzelnen Pflanzenpolstern, hauptsächlich aber mit Feinschutt und mit bis zu 10-20 cm grossen Blöcken bedeckt ist.

Zwischen Las Palas und Muletg da Sterls wurden mehrere Solifluktionsloben beobachtet. Sie heben sich deutlich von ihrer Umgebung ab, da am Ende der Zunge jeweils auffallend viele Disteln wachsen (Abb. 20 links). Laut der Permafrosthinweiskarte ist im Gebiet der kartierten Fliesszungen Permafrost lokal, d.h. punktuell möglich (BWG, Datenstand 2011) (Abb. 18). Gampers Beschreibung der Erdstromrücken, hinsichtlich des Bedeckungsgrades der Vegetation, passt jedoch nicht vollumfänglich

zu den im Untersuchungsgebiet vorzufindenden Formen. Im Gegensatz zu den im Engadin vorgefundenen aktiven Erdströmen sind hier aufgrund der Pflanzenbedeckung wahrscheinlich inaktive Solifluktionsloben vorzufinden. Möglicherweise ist das Gebiet zwischen Muletg da Sterls und Las Palas zusätzlich aufgrund von hoher Feuchtigkeit und/oder Faktoren wie Exposition und Hangneigung besonders geeignet für Pflanzenbewuchs (v. a. alpine Gräser und Disteln).

Am Westhang des Fil de Cassons wurden ebenfalls Solifluktionsloben gefunden (Abb. 21 rechts). Deren Dimension und Form ähnelt den zwischen Muletg da Sterls und Las Palas vorgefundenen Erdströmen stark. Im Gegensatz zu letzt genannten Erdströmen weisen die sich unterhalb des Westhangs des Fil de Cassons befindenden Erdströme feine bis grobblockige Gesteine an der Oberfläche auf. Eine ansatzweise Sortierung, d.h. eine Konzentration von Grobmaterial im Stirnbereich, kann beobachtet werden. Aufgrund des ungebundenen Pflanzenbewuches, kann auf heute noch aktive Fliesszungen geschlossen werden.

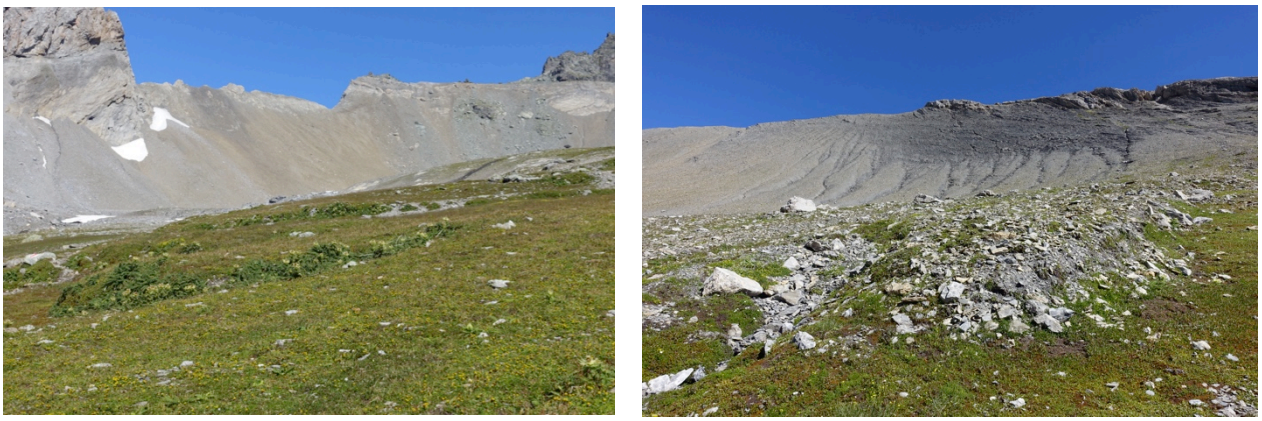


Abb. 21: ***Links:*** *Solifluktionsloben und* ***rechts:*** *Steinzungen (Fotos U. Strub 2016).*

4.2.5 Gravitativer Prozessbereich

In diesem Prozessbereich stellt die Gravitation die wichtigste treibende Kraft dar. Dies betrifft Abtragungs-, Transport- und Ablagerungsvorgänge, welche vor allem im felsigen Hochgebirge dominierend sind. Im Gegensatz zu allen anderen Prozessbereichen benötigt der gravitative Prozessbereich kein Transportmedium (Zepp 2003). Verschiedene Umweltbedingungen wie wenig Vegetation, viel Lockermaterial, steile Felswände, physikalische Verwitterung und eine hohe Reliefenergie begünstigen den gravitativen Prozessbereich. Die Dimensionen reichen vom kleinräumigen Steinschlag bis zu grossen Bergstürzen (Imbaumgarten 2005).

Felsgebiet: Dabei handelt es sich um Areale mit anstehendem Gestein. Aufgrund von Verwitterungsprozessen werden die Felswände destabilisiert und das dadurch gebildete Lockermaterial wird flächenhaft oder in Steinschlagrinnen kanalisiert abgetragen (Imbaumgarten 2005).

Bei der Abgrenzung der Felsgebiete wurden die Kartengrundlagen von swisstopo verwendet, denn auf der Landeskarte sind sämtliche Felsgebiete mit typischen Felsschraffuren dargestellt.

Steinschlagrinne: Strukturen in den Felswänden, wie beispielsweise Klüfte können die Funktion einer Steinschlagrinne erfüllen. Sie bilden die Strecke zwischen Abtragungsbereich der Felswand und dem Ablagerungsgebiet der Schuttkegel / Schutthalde (Zepp 2003).

Im Untersuchungsgebiet wurden mehrere Steinschlagrinnen an den steilen Felswänden kartiert.

Schuttkegel: Diese bilden sich aufgrund von Schutttransport durch eine Steinschlagrinne und sind am Fusse steiler Felswände zu finden. Abhängig von der Grösse der Gesteinstrümmer stellt sich eine maximale Hangneigung der kegelförmigen Schutthalde von 25-35° ein. Ein Schuttkegel weist ein typisches Muster auf, wobei die groben Gesteinsblöcke wegen ihrer Massenträgheit die grösste Distanz zurücklegen und das feinere Gesteinsmaterial den oberen Teil des Schuttkegels dominiert (Zepp 2003).

Im Untersuchungsgebiet wurden vereinzelt ausgebildete Schuttkegel beobachtet (Abb. 22). Deren Umrisse sind zudem teilweise auf dem digitalen Höhenmodell swissALTI^{3D} sichtbar. Vielmehr existieren jedoch ausgedehnte Schutthalden, welche durch mehrere, zusammenwachsende Schuttkegel gebildet wurden.

Schutthalde: Mehrere zusammengewachsene Schuttkegel bilden eine Schutthalde. Die Schuttzufuhr geschieht hier nicht über eine bestimmte Steinschlagrinne sondern durch flächigen Abtrag oder durch mehrere Transportrinnen. Deren Hangneigung beträgt wie bei den Schutthalden 25-35° (Imbaumgarten 2005; Leser 2003).

Im Untersuchungsgebiet wurden überall unterhalb der steilen anstehenden Felswänden Schutthalden gefunden. Im unteren Bereich der Tschingelhörner (Martinsloch) beträgt die Hangneigung gemäss swisstopo 30-40° (map.geo.admin: swisstopo, Datenstand 2016).

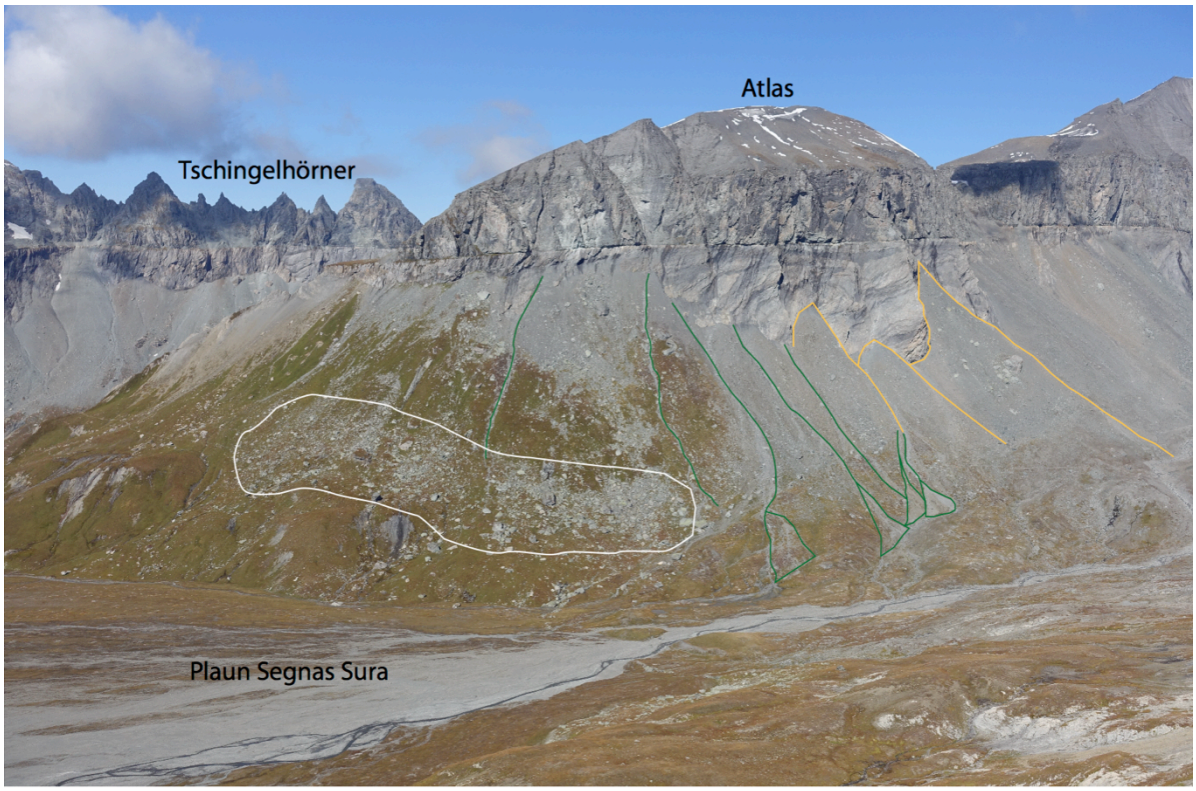


Abb. 22: Am Südosthang des Atlas ist eine grosse Fläche mit Blockschutt ersichtlich (schwarz umrahmt). Mehrere Erosionsrinnen/Murgänge und Murkegel haben sich gebildet (grün). Gelb markiert sind Ansätze von Schuttkegeln erkennbar, die zusammengeflossen sind und dadurch Schutthalden geformt haben. Links von den gelben Linien haben sich Schutthalden durch eher flächigen Abtrag gebildet (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Blockschutt: Dabei handelt es sich um Ablagerungen, bestehend aus groben, unsortierten und verstreuten Gesteinsblöcken. Im Vergleich zu Fels- und Bergsturzmassen sind Blockschuttfelder kleiner und weniger mächtig (siehe unten Dimension der Fels- und Bergstürze) (Imbaumgarten 2005). Mehr oder weniger isolierte Sturzbewegungen von Einzelkomponenten von < 100 m^3 Grösse sind charakteristisch für Stein- oder Blockschlag (PLANAT o. J.). Aufgrund der Trägheit der Masse rollen die Blöcke weiter als feiner Schutt und sind deswegen oft am Hangfuss von Schuttkegeln- und halden zu beobachten (Imbaumgarten 2005).

Im Untersuchungsgebiet wurde Blockschutt an mehreren Stellen gefunden. Auffällig ist dessen Ansammlung am südöstlichen Hangfuss des Atlas (Abb. 22). Dieser grobe Schutt könnte auch über eines oder mehrere Felssturzereignisse dort hin gelangt sein. Mithilfe von Luftbildaufnahmen (swisstopo) der Vergangenheit (bis 1958 zurück) allein, konnte nicht festgestellt werden, ob der Blockschutt mittels eines einzigen Felssturzereignisses abgelagert worden ist.

Berg- und Felssturzablagerung: Diese Akkumulationsform ist meistens chaotisch abgelagert und kann hausgrosse Gesteinsblöcke beinhalten. Bergsturzablagerungen können ganze Täler füllen und dadurch Flüsse oder Bäche stauen und sind wegen ihrer Grösse charakteristische Landschaftselemente

(z.B. Flimser Bergsturzereignis) (Imbaumgarten 2005). Im Gegensatz zu Schuttkegeln bzw. Schutthalden und Blockschutt handelt es sich bei dieser Ablagerungsform um gleichzeitig, d.h. innerhalb von kurzer Zeit (Minuten) abgelagertes Gesteinsmaterial aufgrund eines Berg- bzw. Felssturzereignisses (z.B. Flimser Bergsturzereignis) (Ahnert 2015). Der Hauptunterschied zwischen Fels- und Bergsturz ist, dass Felsstürze auf Felswände beschränkt sind, während Bergstürze auch an weniger steilen, bodenbedeckten Hängen ausgelöst werden können (Ahnert 1996 zit in: Imbaumgarten 2005). Weiter ist die bewegte Gesteinsmasse bei einem Bergsturz grösser als bei einem Felssturz. Das Volumen eines Bergsturzes beträgt > 1 Mio. m^3 (Abele 1974 zit. in: Koch 2003; PLANAT o. J.; Veit 2002), während das Volumen eines Felssturzes > 100 m^3 beträgt (PLANAT o. J.).

Im Untersuchungsgebiet wurden am südöstlichen Ende der Plaun Segna Sut Bergsturzablagerungen kartiert (Abb. 23 und 30). Das Bergsturzereignis geschah vor rund 9450 J., d.h. nach dem Gletscherrückzug (Caprez 2008; Carlson 2010). Felssturzablagerungen wurden keine kartiert, da diese nicht nachgewiesen werden konnten.

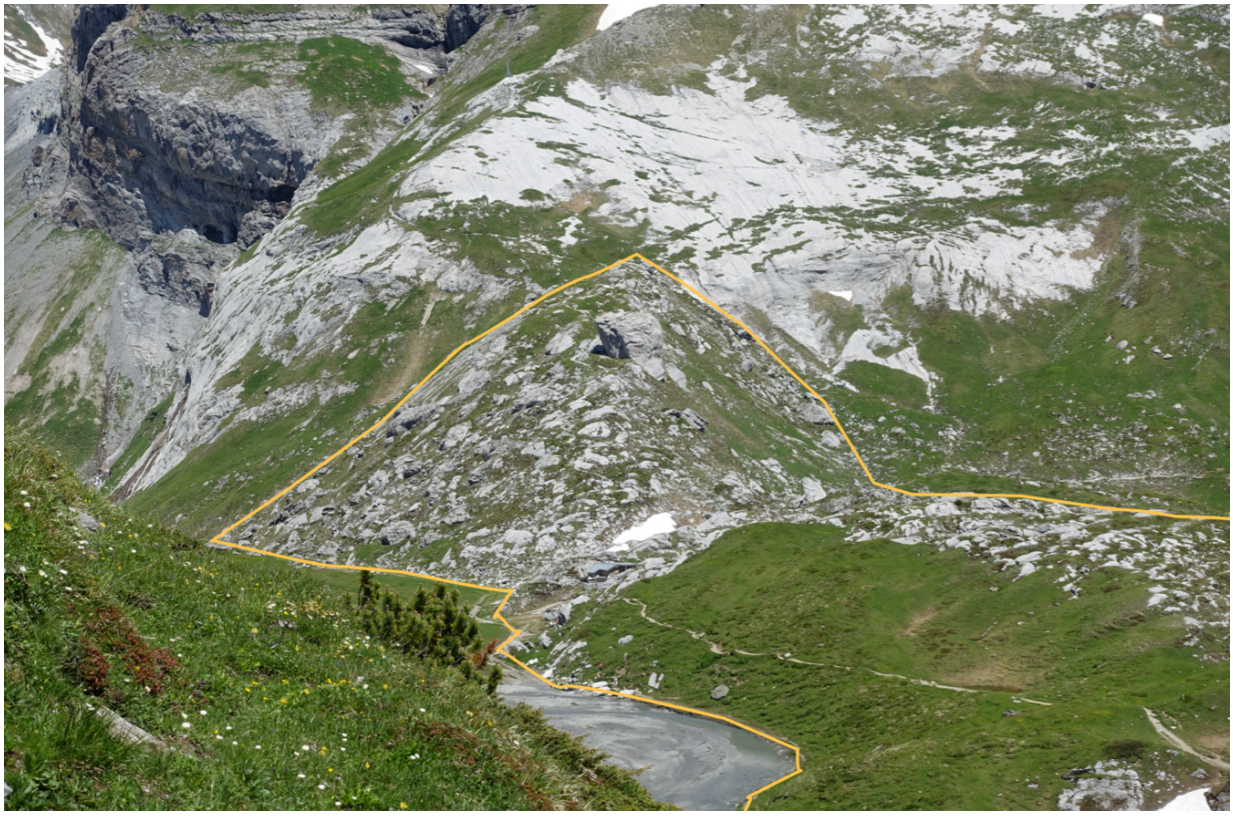


Abb. 23: Schuttriegel/Ablagerungen des Flimser Bergsturzes (gelb umrandet) (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

4.2.6 Karstischer Prozessbereich

Karstformen entstehen durch Lösungsverwitterung (Korrosion) und Abfuhr der gelösten Substanz. Der Name „Karst“ wurde von den gleichnamigen Kalkhochflächen Sloweniens übernommen (Cvijic 1893 zit. in: Ahnert 2015). Lösliche Gesteine (Kalkstein, Gips, Dolomit), ausreichend verfügbares Wasser und eine unterirdische Entwässerung sind die wichtigsten Voraussetzungen für die Karstentwicklung. Karstformen sind auf Kalkgestein am häufigsten anzutreffen, da dieses chemisch betrachtet aus Calciumcarbonat ($CaCO_3$) besteht und somit durch den chemischen Verwitterungsprozess der Karbonatisierung leicht angegriffen werden kann (Ahnert 2015). Durch die Lösung von Calcit in Wasser werden Hohlformen gebildet. Solche Holformen können sowohl an der Oberfläche (z.B. Karren, Dolinen) als auch im Untergrund (z.B. Karsthöhlen) entstehen (Imbaumgarten 2005).

Karstgebiet: Dieses Gebiet umfasst nackte bzw. entblösste Karstoberflächen, welche durch Karren (vegetationsfrei) im Zentimeter- bis Meterbereich gekennzeichnet sind. Diese Karren werden durch die Lösungsverwitterung von Oberflächenwasser gebildet. Lochkarren sind rundliche Hohlformen, die durch Regenwasser, welches in kleinen Vertiefungen stehen bleibt entstehen. Rillenkarren (cm-Bereich) sind langgestreckt, grösstenteils parallel zueinander verlaufend und bilden sich durch oberflächig ablaufendes Wasser. Rinnenkarren hingegen sind mächtiger und können zu tiefen Lösungsspalten verwittert werden (Ahnert 2015; Veit 2002).

Im Untersuchungsgebiet orographisch links und rechts der Plaun Segnas Sut, im Bereich des Wasserfalls und bei der Flimser Bergsturzgleitfläche ist nackter Karst mit Loch-, Rillen- und Kluftkarren zu finden.

*Abb. 24: **Links:** Segnas Sura Bach, der sich in den Kalk eingefressen hat. Der Wanderweg führt über diesen Flusseinschnitt. **Mitte:** Möglicherweise handelt es sich dabei um Trittkarren. Im Gebiet des Vorabgletschers hat Spörri (1995) ebenfalls solche Karstformen gefunden und diese als Trittkarren interpretiert. **Rechts:** Karstoberflächen, die von Kletterern als Kletterwand genutzt werden (Fotos U. Strub 2016).*

4.2.7 Organogen-biogener Prozessbereich

Alle organisch und biologisch entstandenen Formen fallen in diesen Prozessbereich. Dazu gehören die Moore (Imbaumgarten 2005). Faktoren wie undurchlässige mit Wasser gesättigte Böden und kühles und feuchtes Klima begünstigen die Bildung eines Moores. Aufgrund des wassergesättigten Bodens werden die Pflanzenreste nicht vollständig abgebaut, was zur Bildung von Torf führt. Je nach Herkunft und Nährstoffgehalt des Wassers werden Hoch-, Übergangs- bzw. Zwischenmoore- und Flachmoore unterschieden (WSL 2015).

Im Untersuchungsgebiet kann ein grosser Teil der Schwemmebene Plaun Segnas Sut als (Flach-) Moor klassiert werden (Bafu 2001). Flachmoore werden von mineralhaltigem Grundwasser Hangwasser und Seewasser gespeist. Hochmoore hingegen stehen nicht in Kontakt mit dem Grundwasser und werden deswegen nur vom Niederschlagswasser bewässert (WSL 2015). Gebiete der Plaun Segnas Sura weisen ebenfalls Charakteristiken von Flachmooren auf. Da die Unsicherheit hier aber zu gross ist, wurde die gesamte Ebene als Sander kartiert.

Abb. 25: (Flach-) Moor Plaun Segnas Sut (Fotos U. Strub 2016).

4.2.8 Denudativer Prozessbereich

Denudation bedeutet flächenhaft wirkende Abtragung wobei das darunter liegende anstehende Gestein entblösst wird (Ahnert 2015). Sowohl auf Makro- als auch auf Mesoebene ist Denudation zu finden. Sie wird durch das Einwirken von Wasser, Wind oder Schwerkraft geprägt. Auch anthropogene Ursachen, wie weidendes Vieh oder Wanderer, können die Denudation wegen Trittschäden begünstigen. Vegetationsfreie Flächen weisen eine höhere Denudationsrate auf als bewachsene Flächen, da die Boden stabilisierende Wirkung der Pflanzen fehlt (Imbaumgarten 2005). Im Rahmen dieser Arbeit wurden die „Restflächen", welche nicht eindeutig anderen, typischen Formungsprozessen unterliegen, dem denudativen Prozessbereich zugeordnet.

Im Untersuchungsgebiet wurden solche als denudativ klassierte Restflächen am Westhang der Fuorcla Raschaglius und am südöstlichen, an die Plaun Segnas Sura angrenzenden Hanfuss ausgeschieden.

Rutschung: Die Rutschung gehört zum allgemeineren Begriff Gleitdenudation. Beim Rutschungsanriss entsteht eine Abrissnische und am Hangfuss eine zungenförmige, konvex gewölbte Akkumulationsform. Dabei ist die Oberfläche meistens buckelig gewellt. Locker- oder wechsellagernde Sedimentgesteine, geneigte Hänge und Niederschlag gehören zu den Voraussetzungen für die Bildung einer Rutschung (Leser 2003).

Im Untersuchungsgebiet wurde ein kleiner Erdrutsch unterhalb der Platta Grischa kartiert (Abb. 26).

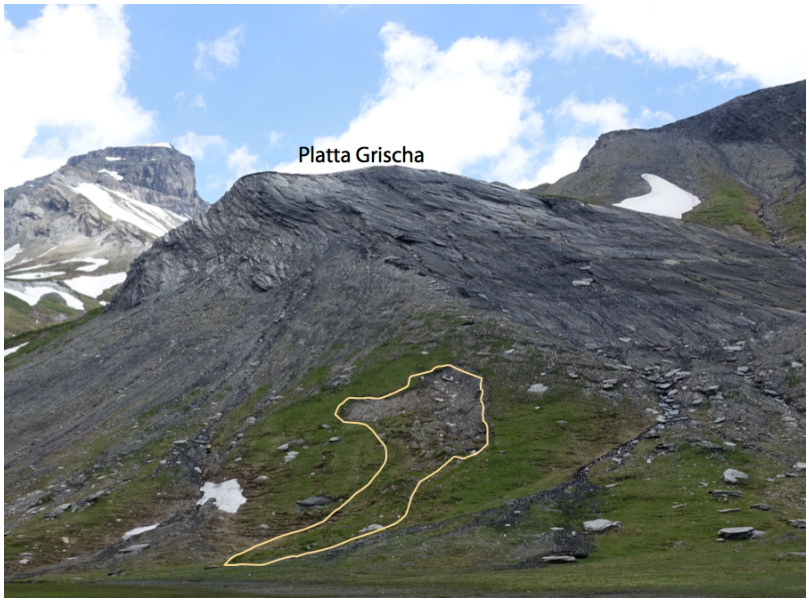


Abb. 26: Kleiner Erdrutsch unterhalb der Platta Grischa. Die Anrissnische und die gewölbte Akkumulation sind klar erkennbar (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

4.2.9 Anthropogener Prozessbereich

Dieser Bereich fasst alle Flächen zusammen, die auf menschliche Einwirkung zurückzuführen sind.

Im Arbeitsgebiet existieren keine Liftanlagen, da es sich am Rande des Wintersportgebietes Flims Laax befindet. Die Bergstation Grauberg und die Bahnseile sind jedoch vom Standort der Plaun Segnas Sura aus gut ersichtlich. Zur Sicherung der Ski- und Snowboardabfahrt vom Cassonsgrat wurden bei Tschengehl dil Gori Auffangnetze montiert. Die Segneshütte ist im Winter ein beliebtes Bergrestaurant, da die Skipiste direkt an ihr vorbeiführt. Dort ist die Planierung der Piste während der schneefreien Monate deutlich sichtbar. In geringerer Anzahl als im Winter besuchen Tages- und Mehrtagestouristen das Berggasthaus mit Übernachtungsmöglichkeiten auch während der Sommermonate. Im Sommer 2016 veranlasste die Gemeinde Flims den Bau eines Besucherpavillons unmittelbar neben der Segneshütte, als Startpunkt eines Geo-Lehrpfads. Am orographisch linken Rand der Plaun Segnas Sut befindet sich eine kleine Hütte, bei der im Sommer Bienen gehalten werden. Fahrspuren (möglicherweise eines Jeeps) führen von der Segneshütte über die Schwemmebene zu dieser Hütte. Eine kleine Ruine am Nordende der Plaun Segnas Sut zeigt die Restmauern einer weiteren kleinen Hütte (Abb. 27). Weiter befinden sich im Gebiet Wanderwege des Schwierigkeitsgrades T2-T3. An

steilen Passagen der Wanderwege ist teilweise menschenverursachte Bodenerosion zu beobachten. Auch die Kletterbegeisterten hinterliessen ihre Spuren. Laut einer Informationstafel nahe der Segneshütte wurden an den Felswänden zwischen dem unteren- und dem oberen Segnesboden und an den Ost-Karstfelswänden der Plaun Segnas Sut Haken für mehrere Kletterrouten geschlagen. Weiter wurden einige simple Holzbrücken, meistens bestehend aus Felsblöcken der Umgebung und massiven Holzbrettern, über Bäche konstruiert. Auf dem Cassonsgrat stehen das Bergbahngebäude der Cassonsgratbahn und wenige veraltete Informationstafeln über die Geologie, die Flora, die Fauna und das Panorama. Unmittelbar bei der Segneshütte informieren grosse Tafeln über den Wasserweg „Trutg dil Flem“ und die Tektonikarena Sardona. Ausserdem markieren zwei Metallbodenschwellen auf der Plaun Segnas Sut und bei der Fuorcla Raschaglius den Eintritt ins UNESCO-Weltnaturerbe. Auch die weidenden Alpkühe prägen das Untersuchungsgebiet, welches alpwirtschaftlich genutzt wird, massgeblich und hinterlassen gut sichtbare Trittspuren. Zu guter Letzt wurde die Landschaft auch vom Militär beansprucht. Auf dem Crap la Tgina befindet sich ein kleiner Bunker. Unmittelbar unterhalb der Tschingelhörner soll angeblich inmitten der Schutthalden ein Militärbunker zu finden sein. Dieser wurde während der Feldarbeit jedoch nicht entdeckt. Ausserdem diente eine Schiessscharte in den Felswänden der Tschingelhörner der Schweizer Armee zur Verteidigungs- und/oder Übungszwecken.

Gebäude: Sämtliche Gebäude wurden von der Landeskarte von swisstopo (Landeskarte, Datendstand 2014) übernommen und die Fehlenden ergänzt.

Wanderwege: Die von swisstopo (Landeskarte, Datenstand 2014) übernommenen Bergwanderwege wurden mit roten durchzogenen Linien deutlich hervorgehoben, da diese für den neuen Landschaft-Lehrpfad relevant sind.

Brücken: Diese wurden von der Landeskarte (Datenstand 2014) von swisstopo übernommen und durch eigene Beobachtungen im Feld komplettiert.

*Abb. 27: **Links:** Ruine einer kleinen Hütte am Nordende der Plaun Segnas Sut. **Rechts:** im Sommer 2016 erbaute Holzbrücke über den Flem (Baujahr 2016) (Fotos U. Strub 2016).*

4.2.10 Geologie

Die Geologie kann nicht als geomorphologische Skulpturform bezeichnet werden. Da jedoch im Raum des Crap la Tginas über die Geologie schlecht hinweg gesehen werden konnte, wurde diese näher angeschaut.

Deutliche Geländekante, geologisch bedingt: Auf dem Crap la Tgina sind Geländekanten erkennbar, die primär geologischen Ursprungs sind und somit nicht allein durch geomorphologische Prozesse entstanden sind. Mehrere Felsbänder ziehen sich parallel zum Crap la Tgina in West-Ost bzw. Ost-West Richtung. Aufgrund der GeoCover Vektordaten von swisstopo handelt es sich dabei um verschiedene Gesteinsschichten aus der Helvetischen Serie (Abb. 28). Durch unterschiedliche Verwitterungsanfälligkeit der verschiedenen geologischen Schichten entstanden an der Oberfläche des Crap la Tginas wohl solche linienartigen geologischen Strukturen.

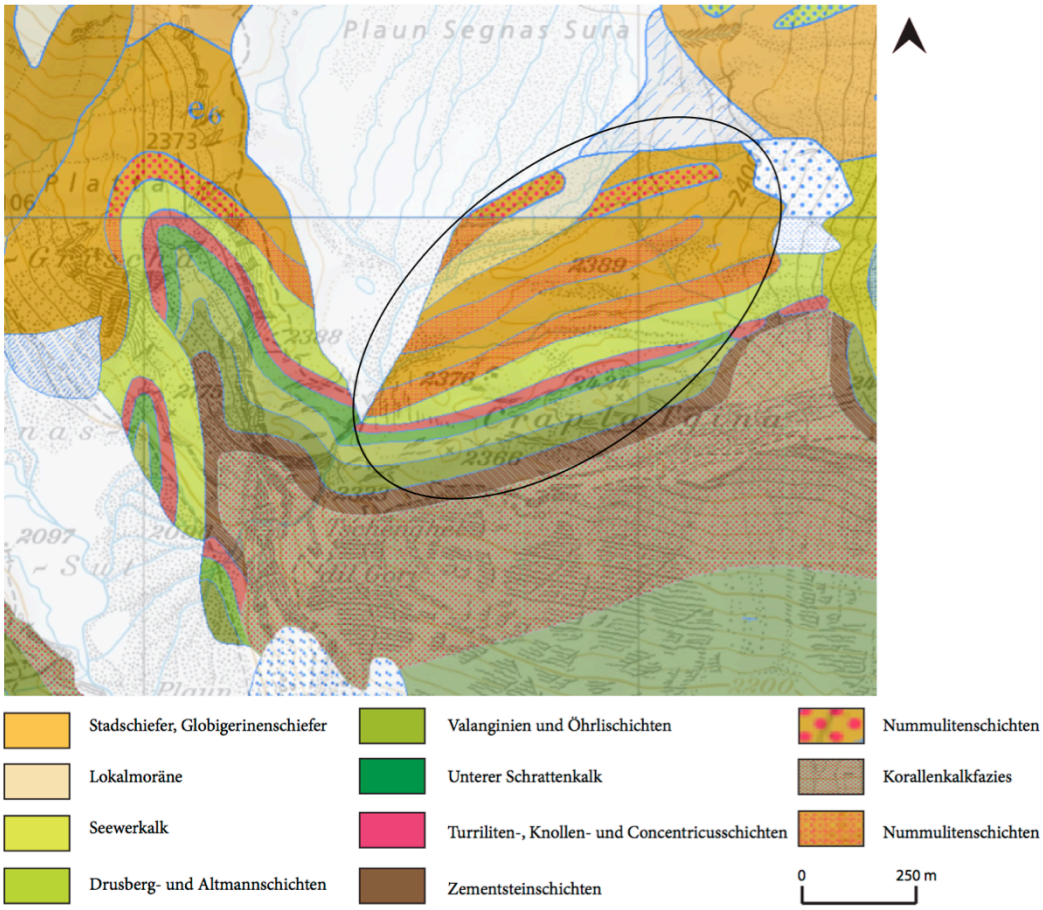


Abb. 28: GeoCover Vektordaten der Region Crap la Tgina (schwarz umkreist). Der schwarze Pfeil zeigt Richtung Norden (Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2014, ergänzte Darstellung).

4.3 Geomorphologie des Untersuchungsgebietes in Teilbereiche gegliedert

In den folgenden Kapiteln wird die Geomorphologie des gesamten Untersuchungsgebietes im Überblick und anschliessend in verschiedene Teilbereiche gegliedert, beschrieben (Abb. 29). Dabei wird die Landschaft auf diversen Skalen betrachtet. Je grösser der Massstab gewählt wird, desto eher fallen kleine Details ins Gewicht und umgekehrt.

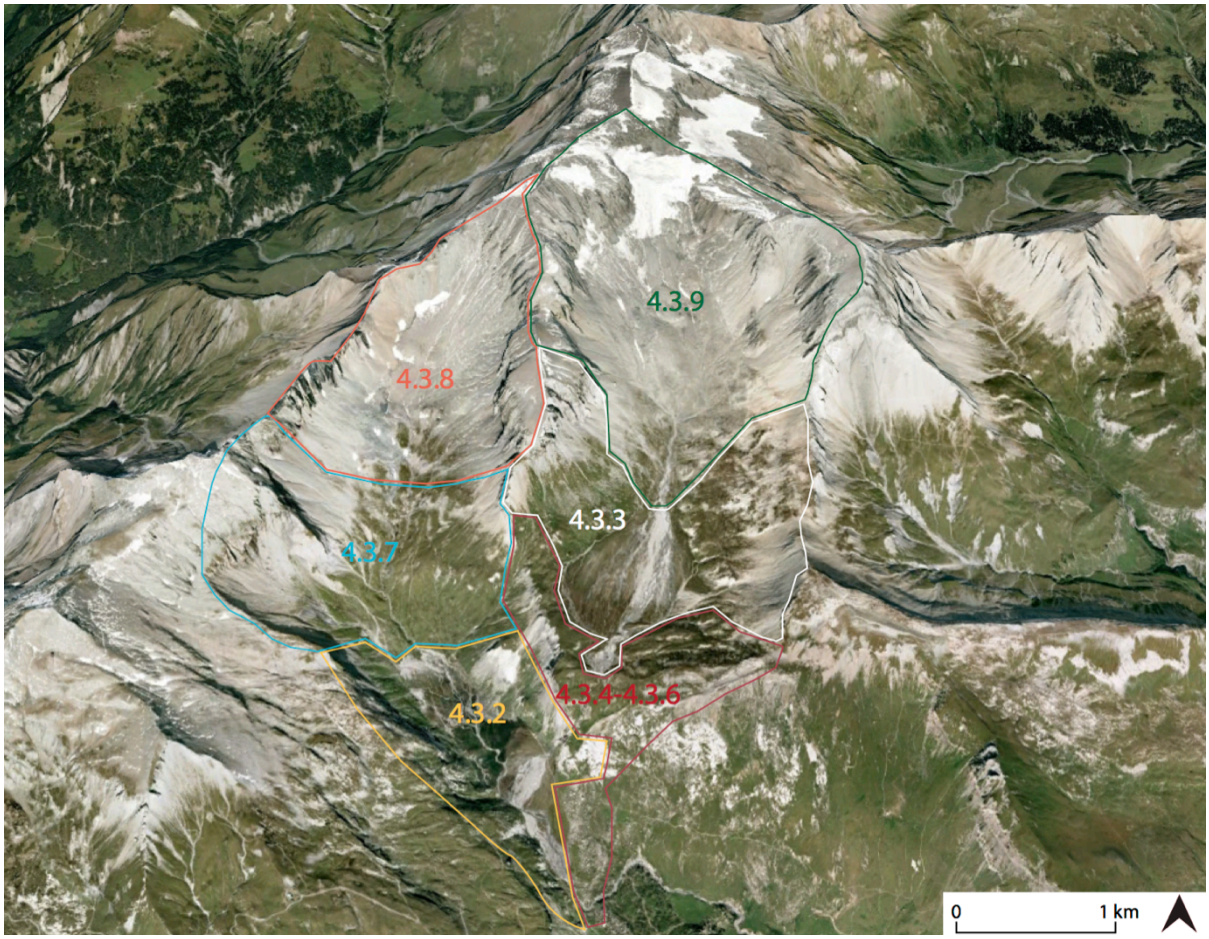


Abb. 29: Teilbereiche des Untersuchungsgebietes. Die Zahlen entsprechen den Kapitelnummern, in welchen die Teilgebiete erläutert werden. Der schwarze Pfeil zeigt Richtung Norden (Google Earth, ergänzte Darstellung).

4.3.1 Überblick gesamtes Untersuchungsgebiet

Die Gebietsgrenze ist durch folgende Bergspitzen, -ketten oder Pässe natürlich gegeben: Plaun Segnas Sut, Plaun Segnas Sura, Crap la Tgina, Fil de Cassons, Fuorcla Raschalius, Piz Dolf, Trinserhorn, Piz Segnas, Atlas, Pass dil Segnas und Tschingelhörner (Abb. 5). Die sehr steil abfallenden, leicht verwitterbaren Felswände (Tschingelhörner teilweise über 45° steil), zusammengesetzt aus Verrucano, Lochsitenkalk und Flysch, produzieren extrem viel Schutt. Riesige Schutthalden haben sich unterhalb der Tschingelhörner, auf der Westseite des Atlas, des Trinserhorns und des Piz Dolfs und an den

westlich und östlich abfallenden Steilhängen des Piz Segnas gebildet. Veit (2002) bestätigt die Erosionsanfälligkeit der helvetischen Flyschgesteine.

Gletscher und Bäche haben grosse Mengen an quartären und holozänen Lockersedimenten über tausende von Jahren talabwärts transportiert und damit die Plaun Segnas Sura und Plaun Segnas Sut aufgefüllt. Aufgrund dessen sind heute in beiden Teilgebieten die früher existierenden typischen U-Täler glazialen Ursprungs wohl noch zu erahnen, aber nicht mehr vollständig erkennbar.

Das gesamte Gebiet wurde glazial überprägt. Im Spätglazial war der Las Palas Gletscher (heute existiert nur noch ein winziger Firnfleck) vermutlich der Hauptgletscher, wobei der Segnes-Gletscher eventuell sein weniger mächtiger Nachbargletscher war. Ein Grund für die Hypothese betreffend unterschiedlicher Gletschermächtigkeit könnte die deutlich stärkere Eintiefung des tiefer gelegenen Tals Plaun Segnas Sut im Vergleich zum höher gelegenen Tal Plaun Segnas Sura sein. Eine Vermutung ist, dass der Glatschiu dil Segnas über den zwischen den beiden Ebenen liegenden Felsriegel als Seitengletscher floss und somit ein glaziales Hängetal formte. Laut Leser (2003) enden die Böden der in das Tal des Hauptgletschers einmündenden Seitengletscher, oft hoch über dem Niveau des Haupttalbodens und streichen somit teilweise mehrere 100 m über dem Haupttal aus. Aufgrund der geringeren Eismächtigkeit war die Erosionskraft des Seitengletschers geringer, was zu einer kleineren Übertiefung führte.

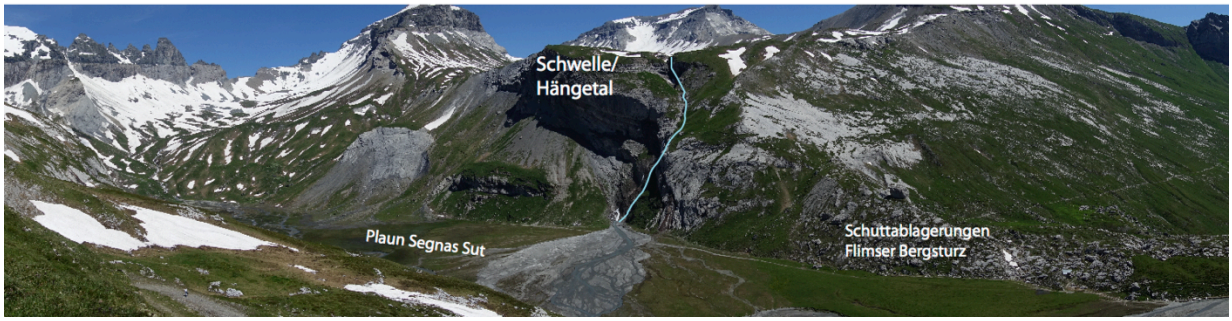


Abb. 30: Blick von der Station Grauberg auf die Plaun Segnas Sut und die Schwelle des höher gelegenen Tals Plaun Segnas Sura. Ein Wasserfall (hellblaue Linie) überwindet den Höhenunterschied der beiden Täler Plaun Segnas Sura und Sut (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Während des spätglazialen Eisrückgangs und des darauf folgenden Holozäns entstand eine Vielzahl weiterer, durch glaziale und periglaziale Prozesse hervorgerufener Landschaftsformen, wie z.B. Rundhöcker. Durch die zunehmende Verfügbarkeit flüssigen Wassers setzten verstärkt Verwitterungsprozesse ein. So wurde ein Grossteil der nordöstlich und südwestlich ausgerichteten nackten Felswände entlang der Plaun Segnas Sut im Postglazial durch den Einfluss des sauren Niederschlags verkarstet, unter der Annahme, dass die Verkarstungen den eiszeitlichen Gletscherschliff nicht überstanden hätten.

Der Schnee, welcher an bestimmten Stellen (Hangfusslagen, schattige Regionen, Lawinenkegel) bis im Sommer fleckenhaft liegen bleibt, beeinflusst das Untersuchungsgebiet massgebend: Einerseits wirkt der Schnee als Transportmittel bzw. „Rutschbahn“ für den auf dem Schnee liegenden Gesteinsschutt, andererseits kommt es durch die Schneeschmelze zu einem Abflusspeak in den Frühsommermonaten (Mitte Mai bis ca. Juli). Schnee erfüllt eine wichtige Funktion als Zwischenspeicher von Winterniederschlägen. Dies ist für die Hydrologie von grosser Bedeutung und führt zu einer saisonalen Abflussdynamik, die je nach Höhenverteilung im Einzugsgebiet unterschiedlich ausgeprägt ist (Abb. 31) (Frei u. a. 2007). Die angeschwollenen mäandrierenden Bäche, welche sich durch die Alluvialflächen schlängeln, modellieren die Plaun Segnas Sut und Plaun Segnas Sura massgebend. Weiter sind die Gletscherüberreste des Glatschiu dil Segnas von Bedeutung. Aufgrund der verhältnismässig warmen Sommermonate schmilzt jährlich ein Teil des Eises, welches wiederum die Bäche nährt und deren Pegel erhöht. Über einen Wasserfall gelangt das Wasser vom Segnas Sura Bach mit einem grossen Höhenverlust (ca. 100 m) von der Plaun Segnas Sura (Nebental) auf die Plaun Segnas Sut (Haupttal). Dieser Wasserfall hat sich in die Kalkfelsen eingefressen und dadurch wunderschöne Karstformen gebildet.

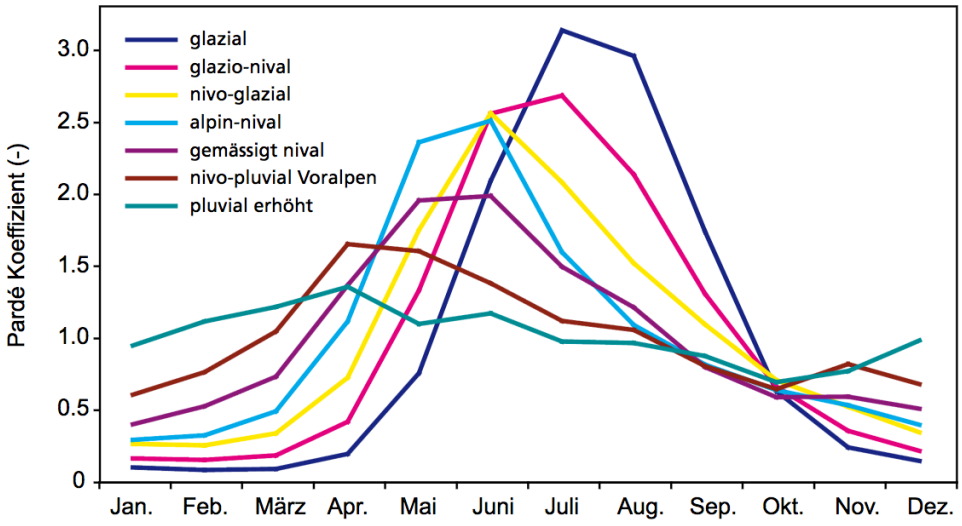


Abb. 31: Mittlere Abflussregimes von schweizerischen Einzugsgebieten mit unterschiedlicher Höhenlage. Das Regime des Untersuchungsgebietes befindet sich in den Bereichen “glazial” (2700 m ü.M.) “glazio-nival” (ca. 2400 m ü.M.) bzw. “Nivo-glazial” (2100 m ü.M.). Der Pardé Koeffizient ist das Verhältnis des mittleren monatlichen Abflusses zum mittleren jährlichen Abfluss. Nival = von Schnee geprägt, glazial = von Gletschern geprägt (Frei u. a. 2007).

4.3.2 Plaun Segnas Sut

Der Untere Segnesboden wurde wahrscheinlich am Ende des Spätglazials, der jüngeren Dryas (Egensen-Stadium), gebildet. Während des Egesen-Stadiums bzw. der Kaltphase der jüngeren Dryas erfolgte die letzte Gletschervorstossperiode vor dem Abschmelzen der Gletscher auf neuzeitliche

Grössenordnung (Maisch 1982). Das Egesenstadium beinhaltet eine Abfolge von Gletschervorstössen, die eine vielgliedrige Moränenserie hinterliess, wobei der Maximalvorstoß in den ersten Abschnitt der Jüngeren Dryas fällt (Kerschner 2009). Im Vergleich zum heutigen Talboden können durch Gletscher verursachte Übertiefungen mehrere 100 m erreichen. Heute sind diese Täler, so auch die Plaun Segnas Sut, teilweise mit einigen 100 m mächtigen quartären Ablagerungen aufgefüllt (Veit 2002). Gletscherbäche und später mehrere Flüsse verstärkten diesen Prozess der Materialablagerung.

Die mit Schuttmaterial aufgefüllte Plaun Segnas Sut wird heute von allen Seiten mit Wasser versorgt. Unterhalb des grossen Wasserfalls (Canyon) (Abb. 34), welcher sich auf der Höhe der Plaun Segnas Sut tief in den Kalkfelsen eingefressen und diesen ausgewachen sowie Schutt von der Plaun Segns Sura zur Plaun Segnas Sut transportiert hat, konnte sich ein typischer Schwemmkegel formen. Hier kann ein aktiver und ein inaktiver, trocken gelegter Bereich unterschieden werden. Vier andere auffallende Schwemmkegel haben sich am nördlichen und nordöstlichen Ende des Alluvions gebildet, wobei der eine durch den Bach Flem entstand. Schaut man deren Material genauer an, sind viele feine parallel geschichtete Schieferplättchen erkennbar. Ein weiterer Zufluss erhält die Plaun Segnas Sut über einen sanften Wasserfall beim Crap Grisch. Nördlich des Wasserfalls wurden drei Murkegel kartiert. In Abb. 32 sind diese Formen sowie zwei Schwemmkegel und das Nordende der Schwemmebene Plaun Segnas Sut ersichtlich. Der Hauptunterschied zwischen den drei fluvialen Formen ist deren Hangneigung, welche bei der Schwemmebene am geringsten und bei den Murkegeln am grössten ist.

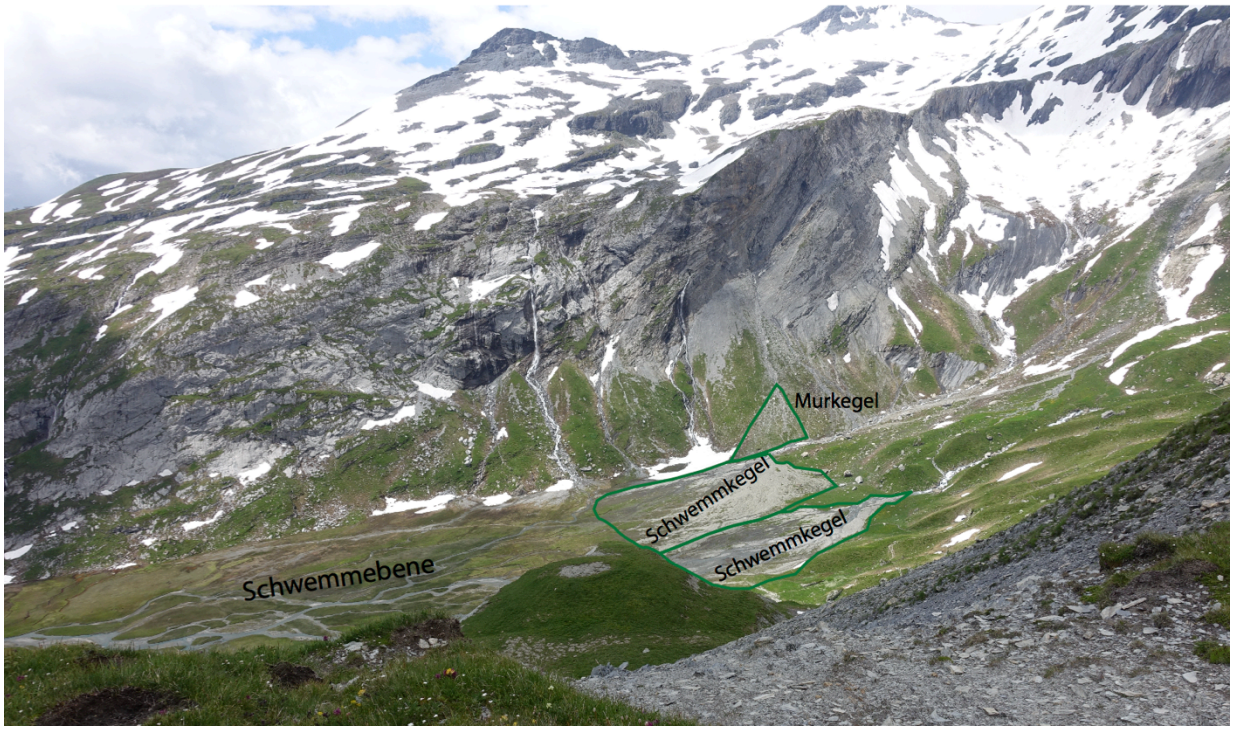


Abb. 32: Murkegel, Schwemmkegel und Schwemmebene mit abnehmender Hangneigung (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Ein filigranes Netz an mäandrierenden Bächen bahnt sich seinen Weg über die Plaun Segnas Sut. Die Flussschlingen sind als bilderbuchartig ausgeprägt zu beobachten. Mäander bilden sich bei geringem Sohlgefälle und durch gleichzeitig transportiertes Geschiebe. Durch die durch Bodenreibung verursachte Querzirkulation des Wassers von der kurvenäusseren zur kurveninneren Seite am Flussboden entlang und zurück im Oberflächenbereich des Gewässers, wird Material des Flussbodens von aussen nach innen verlagert. Dieser Prozess führt zu zunehmend grösser werdenden Kurvenradien. Somit wird Sand und Kies im Kurveninneren (Gleithang) abgelagert, während bei der kurvenäusseren Seite (Prallhang), wo die Mächtigkeit des Wasserkörpers grösser als an der Innenseite ist, zunehmend Material erodiert wird (Abb. 32) (Leser 2003).

Abb. 33: ***Links:*** *Blick vom „Riegel" zwischen der Plaun Segnas Sut und Sura mit Blick auf die Schwemmebene Segnas Sut. Ein Netz aus mäandrierenden Bächen schlängelt sich über die Ebene.* ***Rechts:*** *Mäander mit dem Gleit- und Prallhang (Fotos U. Strub 2016).*

Ein Grossteil der Plaun Segnas Sut besteht aus einem Flachmoor (ca. 21.56 ha). Seit 1996 gehört es zum Bundesinventar der Flachmoore von nationaler Bedeutung und gilt demnach als Schutzgebiet (Bafu 2001). Zum Schutzziel gehören insbesondere die Erhaltung und Förderung der standortheimischen Pflanzen- und Tierwelt und derer ökologischer Grundlagen sowie die Erhaltung der geomorphologischen Eigenart (Der Schweizer Bundesrat 2015). Das Flachmoor unterscheidet sich farblich (dunkelgrün bis dunkelbraun) von den restlichen Bereichen der Plaun Segnas Sut (hellere Grüntöne). Unterschiedliche Vegetation, während der schneefreien Monate, gibt dem Alluvialboden einen „Farb-Touch". Zusammengesetzt ist das Moor laut dem Bafu (2001) hauptsächlich aus saurem Kleinseggenried. Im Frühsommer schafft sich die Zwergsoldanelle, als typische Vertreterin der Schneetälchen-Gesellschaft, durch die geringmächtige Schneedecke.

Abb. 34: ***Links:*** *Wasserfall von der Plaun Segnas Sura hinunter zur Plaun Segnas Sut.* ***Rechts:*** *Sedimentreiches, vom Wasserfall herkommendes Wasser und klares Flemwasser treffen aufeinander (Foto U. Strub 2016).*

Im Sommer wird die Ebene von Mensch und Tier genutzt. Die in der Sonne schimmernden unzähligen mäandrierenden Bäche locken jedes Jahr zahlreiche Touristen an. Familien mit Kindern können sich stundenlang am Wasser verweilen, während die Wanderer gerne ihre Füsse in einem der Bäche abkühlen. Ausserdem bietet die Schwemmebene frisches Gras für die Alpkühe.

4.3.3 Plaun Segnas Sura

Im Vergleich zur Plaun Segnas Sut ist diese Ebene als Sander zu bezeichnen, da sie noch in Kontakt mit dem direkt oben anschliessenden glazialen Vorfeld des Glatschiu dil Segnas steht. Ihre Auffüllung und Umgestaltung schreitet bis zum heutigen Zeitpunkt stetig voran. Mehrere Quellbäche speisen den Sander. Der Hauptzufluss erfolgt über die Gletscherbäche (u. a. durch den Segnas Sura Bach), welche vor allem während den Sommermonaten viel Schutt bis zur Ebene herunter transportieren. Der Sander wird durch ein Netz von mäandrierenden Gerinnen durchflossen und ständig neu geformt. In der Schotterebene lässt sich ein aktiver Bereich erkennen, welcher von Sand und Kies geprägt ist und ständig durchflutet wird. Die restlichen Gebiete hingegen sind mehrheitlich trockengelegt. Alle fliessenden Gewässer vereinen sich am Südende der Plaun Segnas Sura zu einem Bach, welcher als Wasserfall auf die Plaun Segnas Sut stürzt.

Am östlichen Rand des Sanders ist ein idealtypischer Schwemmkegel mit aktivem und inaktivem, trocken gelegtem Bereich erkennbar. Dieser erhält Zufluss von zahlreichen Erosionsrinnen, welche sich ihren Weg vom Fil de Cassons in Richtung Plaun Segnas Sut bahnen (Abb. 17).

Drei kleine, aus Lockermaterial bestehende Erhebungen an der nordöstlich gelegenen (d.h. proximalen) Ansatzstelle der Plaun Segnas Sura wurden als Überreste der 1850er Endmoräne des Glatschiu dil

Segnas interpretiert. Die Gletscherbäche fliessen zwischen diesen Relikten auf den Sander. Eine weitere erosionsresistente inselartige Erhebung ragt am südwestlichen Ende der Plaun Segnas Sura aus der Ebene hervor. Wenn man hier die generelle Streichrichtung der Gesteinsschichten berücksichtigt, handelt es sich nicht um eine relikte Moräne, sondern primär um eine geologische Struktur. Laut der GeoCover Vektorkarte (swisstopo, Stand 2014) stehen hier Nummulitenschichten an, wobei vereinzelte Rippen der Erosion standgehalten haben (Abb. 28). Gemäss Feldmann (2016) handelt es sich dabei um Eozäne Nummulitenschichten.

Tab. 3: Vergleich der Plaun Segnas Sut mit der Plaun Segnas Sura tabellarisch aufgezeigt.

	Plaun Segnas Sut (unterer Segnesboden)	**Plaun Segnas Sura (oberer Segnesboden)**
Zeitbereich der Entstehung	ausgehendes Spätglazial	ab Beginn Holozän
Geomorphologische Form	Schwemmebene (Alluvion / Alluvionboden)	Sander
Stauendes Hindernis („Riegel“) *(in Kap. 4.3.4-4.3.6 erläutert)*	Ablagerungen des Flimser Bergsturzes	Crap la Tgina und Grat zwischen der Plaun Segnas Sura und der Plaun Segnas Sut
Fläche	ca. 53 ha (map.geo.admin.ch)	ca. 75 ha (map.geo.admin.ch)
Höhe in m ü.M.	ca. 2090 (map.geo.admin.ch)	ca. 2300 (map.geo.admin.ch)
Charakteristiken	• Von fünf Schwemmfächern und einem grossen und einem sanftere Wasserfall geprägt • von mäandrierenden Gewässern geprägt • Teilfläche ist (Flach-) Moor	• Von einem grossen Schwemmfächer geprägt • aktiver (Schotter) und inaktiver, trocken gelegter Teil • von mäandrierenden Gewässern geprägt

4.3.4 „Riegel“ bei Muletg Veder

Am südöstlichen Rande der Plaun Sut befinden sich Ablagerungen des Flimser Bergsturzes, dessen Totalvolumen auf ca. 11-13 km^3 (einer der grössten bekannten Bergstürze Europas) (PLANAT o. J.) berechnet und das Ereignis auf 9450 Jahren BP, d.h. auf das frühe Holozän datiert wurde (Caprez 2008). Jordi (1986) beschrieb in seiner Dissertation den „Riegel“ als „Wälle der Bergsturztrümmer“, wobei er davon ausging, dass diese später teilweise glazial überprägt wurden. Eine nachträgliche glaziale Überprägung der Bergsturzmassen im Raum Flims passt allerdings nicht zu den aktuellsten Datierungen des Bergsturzereignisses ins Frühholozän (warmeiszeitliches Klima). Die Bergsturzablagerungen bildeten einen sogenannten „Riegel“, der sich nach Caprez (2008) in der Verlängerung der Plaun Segnas Sut über die Platt’Alva und den Crap Tarschlin in Richtung Crest La Plugliusa erstreckt (Abb. 35). Dieser „Riegel“ wirkte an der Stelle des heutigen Berghauses Segneshütte

möglicherweise als Barriere, welche den Flembach aufstaute und damit die Bildung der grossen Schwemmebene ermöglichte. Auf dem „Riegel“ wurden an einigen Stellen Bülten kartiert.

Abb. 35: Blick vom Cassonsgrat auf den „Riegel“, der sich von Muletg Veder über die Platt'Alva, den Crap Tarschlims und Crest la Plugliusa fortsetzt (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung nach Caprez 2008) .

4.3.5 Felsiegel zwischen der Plaun Segnas Sut und der Plaun Segnas Sura

Der Felsriegel erstreckt sich von La Siala bis zum Ansatz des grossen Wasserfalls und bildet zudem die Schwelle des in Kap. 4.4.1 erwähnten Hängetals (Abb. 36 und 37). Der Glatschiu dil Segnas floss im Spätglazial über diese Schwelle in Richtung Segnas Sut und darüber hinaus, denn es ist klar ersichtlich, dass dieser Übergang rundhöckerartig überprägt wurde. Auch dieser „Riegel“ unterstützt mit seiner zurückstauenden Wirkung die Bildung des Sanders. Auf dem „Riegel“ befinden sich hauptsächlich an flachen Stellen kleine Erhebungen, welche als Bülten gedeutet und kartiert wurden.

Abb. 36: Rundhöckerartig überprägter Felsriegel zwischen der Plaun Segnas Sura (links) und der Plaun Segnas Sut (rechts) (Foto U. Strub 2016).

4.3.6 „Riegel“ Crap la Tgina

Das Gebiet um den Crap la Tgina wurde auf der Karte insgesamt als spätglaziales Felsgebiet- und Moränengebiet ausgeschieden, da es im Spätglazial wahrscheinlich glazial überprägt wurde. Glaziale Spuren sind heute jedoch nur noch andeutungsweise erkennbar. Die sichtbare hügelige Struktur ist hauptsächlich geologisch bedingt (Abb. 28 und 37). Fluviale Erosion hat die Felsrippen zusätzlich heraus modelliert, was an den saisonal trocken fallenden Flussgerinnen erkennbar ist. Zusammen mit dem in Kap. 4.3.5 erwähnten Felsriegel ermöglicht der Felsriegel Crap la Tgina aufgrund seiner zurückstauenden Abriegelung die Bildung der Plaun Segnas Sura.

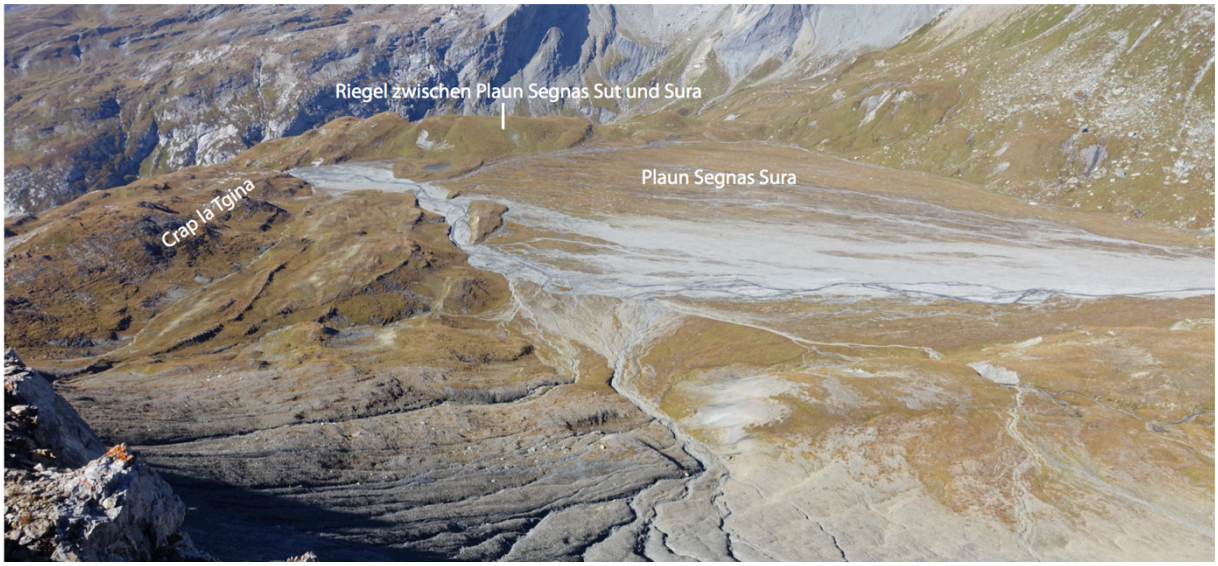


Abb. 37: Blick vom Cassonsgrat auf den geologisch sowie glazial und fluvial geprägten Abschnitt beim Crap la Tgina und dem zwischen der Sanderfläche Plaun Segnas Sura und der Plaun Segnas Sut liegenden Felsriegel (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

In der Tabelle 4 sind die drei Riegel (Kap. 4.3.4-4.3.6) im Vergleich aufgeführt.

Tab. 4: Die drei „Riegel" im Vergleich (eigene Darstellung)

	„Riegel" Crap la Tgina	**„Riegel" zwischen Plaun Segnas Sura und Sut**	**„Riegel" bei Muletg Veder**
Entstehung (Zeitbereich)	Deutliche Geländekanten, geologisch bedingt (Alpenbildung)	Rundhöckerartig überprägte Schwelle eines Hängetals (Quartär, im Spätglazial letzte Überprägung)	Flimser Bergsturzablagerung (Holozän: ca. vor 9450 J. BP)
Höhe (m ü.M.)	ca. 2350-2500 (map.geo.admin.ch)	ca. 2300-2450 (map.geo.admin.ch)	ca. 2090-2160 (map.geo.admin.ch)
Funktion als „Riegel"	Ermöglicht Bildung der Plaun Segnas Sura durch zurückstauende Abriegelung.	Ermöglicht Bildung der Plaun Segnas Sura durch zurückstauende Abriegelung.	Ermöglicht Bildung der Plaun Segnas Sut durch zurückstauende Abriegelung.

4.3.7 Il Vonn und Las Palas

Bei il Vonn entspringt der Bach Flem. Durch die geomorphologische Brille betrachtet ist eine trichterförmige scharfe Abrisskannte in der Verlängerung der Tschingelhörner erkennbar, bei welcher ständig Schutt produziert wird. Dieser Trichter wurde wahrscheinlich durch die Einwirkung von Eis zu einem Kar geformt und wird bis heute von starker Verwitterung geprägt. Der Schutt wird durch Gravitation entlang zahlreicher Erosionsrinnen und durch aktive Bäche bis weit nach unten transportiert. Ausserdem befinden sich bei Las Palas bis zu haushohe, wohl sturzbedingte Gesteinsblöcke.

Im Gelände von Las Palas bis zur Plaun Segnas Sut ist eine gebündelte Serie spätglazialer Moränenwälle zu erkennen (Abb. 38). Diese sind deutlich vor den Ablagerungen der postglazialen bzw. holozänen Gletscherhochstände (hier bei Muletg da Sterls anzunehmen) entstanden, denn spätestens seit dem frühen Holozän haben sich die alpinen Gletscher auf ungefähr heutige, bzw. neuzeitliche Grössenordnungen zurückgezogen und stiessen bis heute nie mehr viel weiter vor als während der Kleinen Eiszeit (Maisch 1982). Die mit Gras überwachsenen Moränen sind mehrheitlich längs in der ehemaligen Gletscherfliessrichtung ausgerichtet.

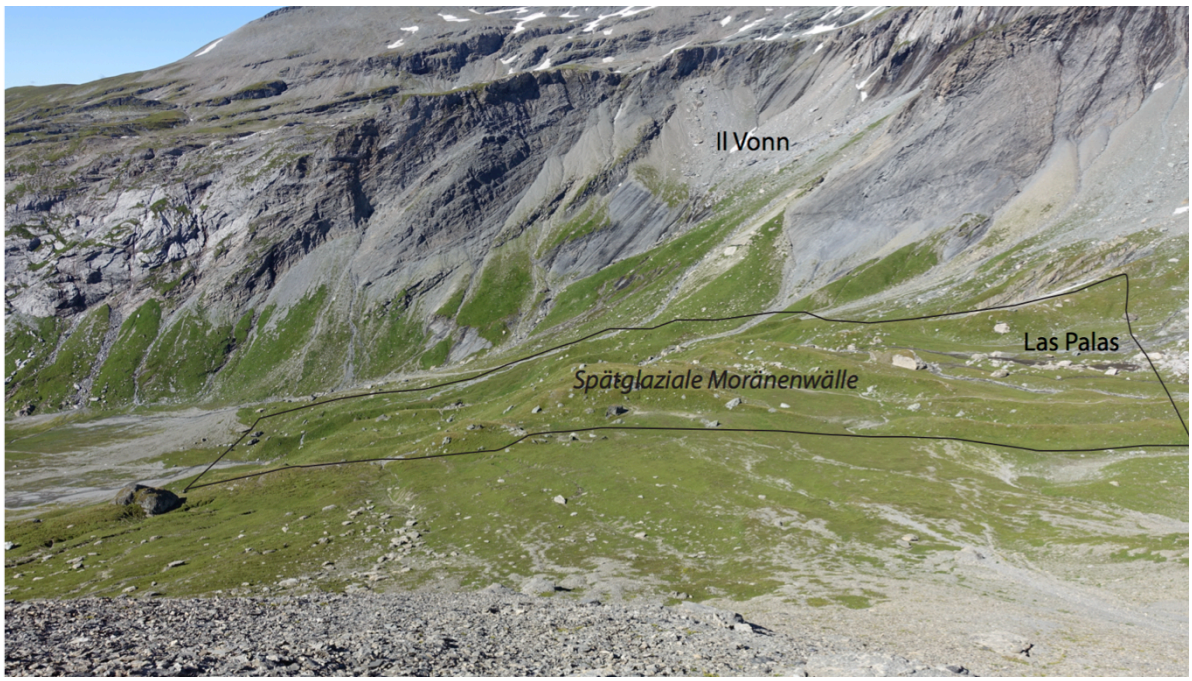


Abb. 38: Blick von la Siala auf die spätglazialen Moränenwälle bei Las Palas und Il Vonn. Die schwarze Umrandung markiert das Spätglaziale Moränengebiet mit markannten Wallformen (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

4.3.8 Muletg da Sterls und Pass dil Segnas

Im hinteren Kar-Kessel des Gebietes, am Pass dil Segnas bei Muletg da Sterls, befindet sich der Firnfleck Las Palas (siehe Kap. 4.4). Südlich des Firnflecks hat sich seit dem Eisschwund ein kleiner See gebildet. Unmittelbar daneben hebt sich eine schuttreiche glaziale Hügelform – wohl ein Moränenrest der 1850-Ausdehnung - deutlich von der umgebenden Landschaft ab (Abb. 39). Der Einfachheit halber wird das extrem schuttreiche Gebiet, vorab an den Hängen, dem gravitativen Prozessbereich (vorwiegend Steinschlag) zugeteilt.

*Abb. 39: **Links:** Alfred Eschers (1812) Zeichnung des Martinslochs und von zwei Bergsteigern, die den Gletscher Las Palas und das Martinsloch bestaunen. **Rechts:** Im Hintergrund Schutthalde unterhalb*

des Martinslochs. Im Vordergrund befindet sich gelb markiert die glaziale Hügelform (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Aufgrund des instabilen Gesteinsuntergrundes, hauptsächlich bestehend aus Flyschsedimenten, erscheint der Westhang des Atlas (2925 m ü.M.) als eine flächenhaft ausgebildete Schutthalde, auf deren Oberfläche sich durch Rüfenabgänge jedoch mehrere Erosionsrinnen gebildet haben. Der Wanderweg führt inmitten der Schutthalde durch, wobei an den Murgangrinnen typische Levées überquert werden müssen.

4.3.9 Glatschiu dil Segnas und Segnas Sura

Dieses Teilgebiet umfasst einen Bereich des Gletschervorfeldes (Segnas Sura) und den Glatschiu dil Segnas. Zwischen den Bergspitzen Piz Segnas und Piz Sardona liegt das Nährgebiet des ausserhalb des engeren Untersuchungsgebietes liegenden Sardonagletschers und des Glatschiu dil Segnas. Die Zehrgebiete sind aufgrund der Eisdiffluenz getrennt und verlaufen über einen breiten Sattel in östliche bzw. südliche Richtung (map.geo.admin: swisstopo, Datenstand 2014; Veit 2002). Im Zeitbereich der Kleinen Eiszeit 1850 dehnte sich der Segnes-Gletscher bis zu den drei Erhebungen (Endmoränenüberreste, 2370 m ü.M.) auf der Plaun Segnas Sura aus (Frank 2007; Maisch u. a. 2000). Die Vereisung ist im Allgemeinen deutlich zurückgegangen. Die im Feld beobachteten Moränen stimmen mehrheitlich mit den Gletschergrenzen der Siegfriedkarte (Kartengrundlagen: swisstopo, Kartenausgabe 1874) und der GeoCover-Vektordaten (Kartengrundlagen: swisstopo, Datenstand 2014) überein.

Im Gletschervorfeld sind durch den „Jahrhundertschwund“ weitere glaziale Formen zum Vorschein gekommen: Zwei Rundhöcker und eine Stelle mit Flutes. Direkt neben dem tiefer gelegenen Rundhöcker ist Blockschutt vorhanden, welcher vermutlich von den steilen, leicht verwitterbaren Felswänden des Piz Segnas stammt und mit Hilfe des Schnees als Gleitfläche in diese Umgebung gelangte. Kleine Schmelzwasserseen haben sich an flachen Stellen rund um die Rundhöcker gebildet. Die Bäche führen im Sommer aufgrund der Schnee- und Eisschmelze vor allem in den Nachmittagsstunden sehr viel Wasser. Damit der Wanderweg durch das Gebiet Segnas Sura bewanderbar ist, mussten drei Brücken gebaut werden. Zahlreiche Erosionsrinnen führen von Osten (Piz Dolf, Trinserhorn) und Westen (Atlas) zusätzliches Wasser zu. Weiter wurden drei Murgänge kartiert, welche vom Atlas herkommen und über den Wanderweg bis zum Gebiet Segnas Sura reichen.

4.4 Rekonstruktion der Gletscherstände am Glatschiu dil Segnas und am Firnfleck Las Palas

Im Quartär wechselten sich Kaltzeiten (Glaziale, mit Vorlandvergletscherungen inkl. Stadiale, d.h. verschiedene Gletschervorstösse) und Warmzeiten (Interglaziale bzw. Interstadiale, d.h. Wärmeschwankungen mit vorübergehendem Gletscherrückgang hinter den Alpen) ab (Veit 2002). Die alpine Vergletscherung hat besonders während der letzten Eiszeit, häufig als „Würm-Eiszeit" (neuerdings als „Birrfeld-Glazial" bezeichnet), im gesamten Alpenraum ihre Spuren hinterlassen (Keller und Krayss 2010), welche die Erscheinung der Oberflächenformen bis heute prägen. Im Folgenden wird die Gletschergeschichte des Untersuchungsgebietes zusammenfassend ab dem Hochglazial zur Zeit des Jungpleistozäns bis heute erläutert.

Während des letzten glazialen Maximums (LGM, vor ca. 25'000 Jahren) existierte im Untersuchungsgebiet und weit darüber hinaus ein zusammenhängendes Eisstromnetz (Bini u. a. 2009). Nur wenige exponierte Gipfel und Gratlinien blieben teilweise von der Vereisung verschont.

Nach den vier bekannten letzteiszeitlichen Endlagen im Alpenvorland (Linthgletscher: Killwangen/Würenlos-, Schlieren-, Zürich- und Hurden-Stadium) bildeten sich die Gletschersysteme nach und nach in verschiedenen Etappen bzw. Zwischenstadialen (sog. „Rückzugs-Stadien") ins Alpeninnere zurück (Müller 1978). Diese im Zeitraum des alpinen Spätglazials (zwischen rund 19'000 und 11'500 Jahren vor heute anzusetzen (Ivy-Ochs u. a. 2008)) erfolgten Wiedervorstösse werden in verschiedenen Stadien gegliedert und nach sogenannten „Typlokalitäten" (hier aus den Ostalpen stammend) benannt (Kerschner 2009).

Zur Zeit des Gschnitz-Stadiums (vor ca. 16'500 Jahren (Ivy-Ochs u. a. 2008)) stiessen die beiden lokalen Gletscher Vorab und Segnes gleichzeitig, möglicherweise bis unmittelbar an den Rand des Rheingletschers vor. Jedoch fehlen ausreichende Nachweise für diese Vermutung (Abb. 40) (Maisch 1984 zit. in: Jordi 1986).

Während des Daun-Stadiums (vor ca. 14'000 Jahren (Maisch 1981 zit. in: Ivy-Ochs u. a. 2008)) reichten der Hauptgletscher (hier benannt nach dem Firnfleck Las Palas) und der Nebengletscher (Glatschiu dil Segnas) nach Jordis (1986) Interpretation – gestützt auf die Forschungsarbeiten der Wissenschaftler Oberholzer (1920 zit. in: Jordi 1986), Staub (1938 zit. in: Jordi 1986), Abele (1970 zit. in: Jordi 1986) und Maisch (1982; 1984 zit. in: Jordi 1986) – bis Muletg, sprich bis weit über die Untersuchungsgebietsgrenze hinaus (Abb. 40). Diese Vermutung basiert auf vorgefundenen, aus heutiger Sicht jedoch „fragwürdigen", Moränenwallformen bei Muletg.

Die letzte bedeutende spätglaziale Vorstossperiode vor dem Abschmelzen der Gletscher auf holozäne Grössenordnung am Ende der Würm-Eiszeit (Spätwürm-Endstadial), wird dem ostalpinen Egesen-Stadium gleichgesetzt. Dieses wird mit der Kältephase der jüngeren Dryas gleichgesetzt und auf ein

Alter von 12‘900 - 11‘600 (cal.) Jahren datiert (Ivy-Ochs 2008). Während dieser Zeit soll der Glatschiu dil Segnas etwas weiter als bis zur Südspitze der Plaun Segnas Sut (Raum Platta) vorgestossen sein (Abb. 40). Wie auch bei Muletg sind dort gemäss Jordi (1986) Moränenwallformen vorzufinden. Auch die markant mehrgliedrig ausgebildeten, heute mit Vegetation überwachsenen Moränenwälle unterhalb von Las Palas wurden sehr wahrscheinlich während der Zeitphase des Egesen-Stadiums abgelagert. Die Ausdehnung des Las Palas Gletschers reichte laut Jordi (1986) zu dieser Zeitperiode knapp bis zum Nordende der Plaun Segnas Sut (siehe Abb. 40).

Die bisherige Auffassung zum Gletschergeschehen bedarf jedoch einer Revision. Eine Einordnung des Flimser Bergsturzereignisses ins Spätglazial muss nämlich aufgrund neuerer Datierungen ausgeschlossen werden (Von Poschinger und Haas 1997). Das heisst, der Flimser Bergsturz ereignete sich nach jüngster Forschung erst im frühen Postglazial (cal. 9450 BP) und war somit nicht von Gletschereinwirkungen, weder durch den Vorderrheingletscher, noch durch die lokalen kleineren Gletscher, betroffen (Caprez 2008). Aufgrund dieser Erkenntnis handelt es sich bei den angeblich vorgefundenen Moränenwällen bei Muletg und im Raum Platta wohl um andere, zumindest „moränenähnliche“ geomorphologische Formen vorläufig unbekannter Genese.

Auch wenn durch das Flimser Bergsturzereignis im frühen Postglazial die meisten Spuren der Gletschergeschichte des Spätglazials verwischt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass der Glatschiu dil Segnas die Fortsetzung der Talform der heutigen Plaun Segnas Sut benutzt haben musste (Caprez 2008). Über das Aussehen und die Charakteristik dieser einstigen, aus dem Gebiet der Plaun Segnas Sut Richtung Vorderrheintal verlaufenden und seit dem Flimser Bergsturzereignis weggebrochenen Talform – und deren Einfluss auf die damalige Gletscherzunge – kann aber nur spekuliert werden.

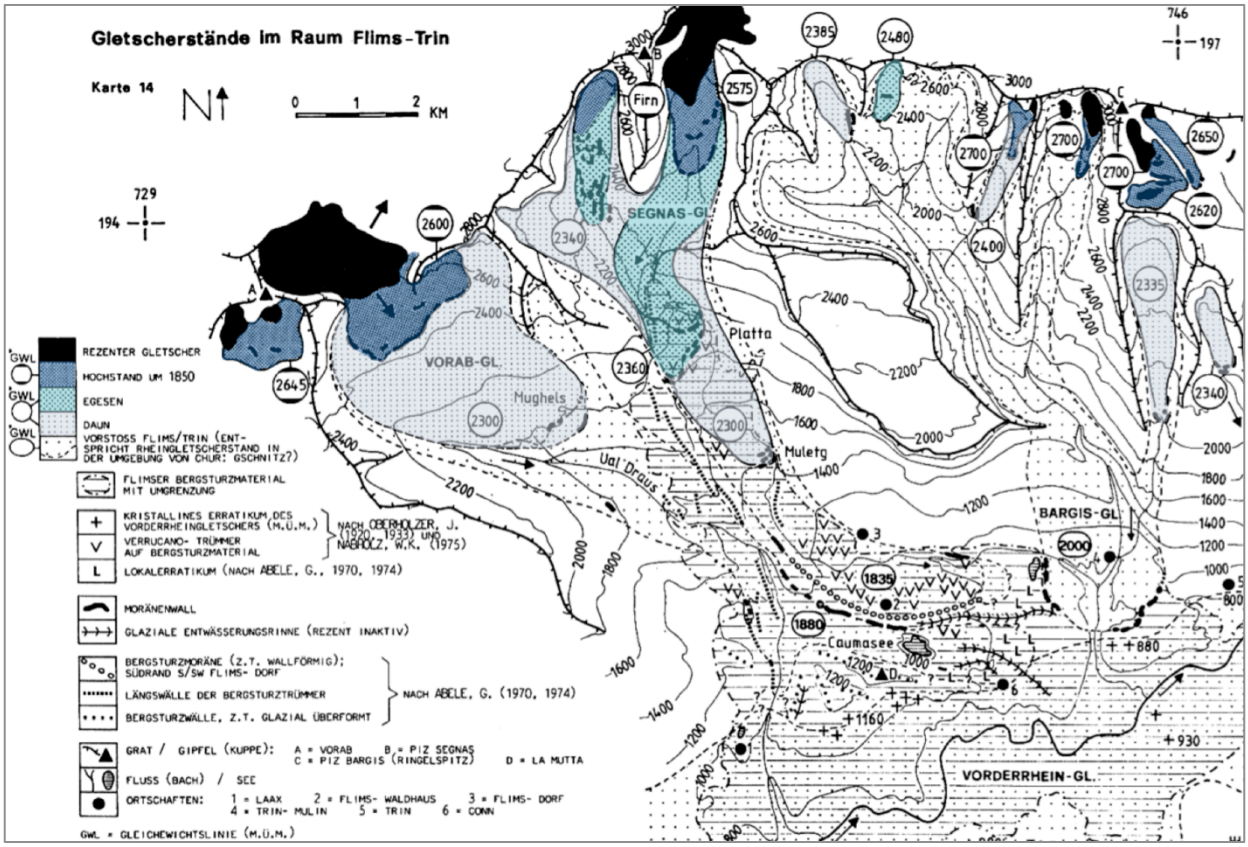


Abb. 40: Gletscherstände oberhalb Laax, Flims und Trin (Jordi 1986, ergänzte Darstellung).

Mit dem Holozän/Postglazial folgte ab rund 11'600 Jahren die aktuelle Warmzeit (Veit 2002). Auch während dieses generell „warmen" Zeitabschnittes gab es mehrere, insgesamt wohl an die acht nachgewiesene Gletschervorstoss- und Abschmelzphasen (Jordi 1986). Aufgrund geringerer Sonnenaktivität und verstärktem Vulkanismus entwickelte sich um die Mitte des 13. Jh. bis Mitte 19. Jh. die sogenannte „Kleine Eiszeit". In den Jahren 1350, 1600/1660, 1820 und 1850/1860 kam es zu deutlichen Gletschervorstössen (Feldmann 2016). Der 1850er-Hochstand ist im Untersuchungsgebiet aufgrund von äusseren Wallsystemen deutlich erkennbar. Bis zum Jahr 1873 fanden laut Jordi (1986) am Glatschiu dil Segnas mehrere Abschmelzphasen und erneute Vorstösse statt. Über die Zeitspanne von 1893 bis 1936 wurden 24 einzelne Längenmessungen durchgeführt, wobei die Längenreduktion innerhalb dieser 43 Jahre 470 m entspricht. Aufgrund fehlender Angaben zu diesen Längenmesspunkten können die jeweiligen Messwerte räumlich nicht mehr verortete und dargestellt werden (Jordi 1986).

Seit dem Ende der Kleinen Eiszeit zeichnete sich ein langfristiges Abschmelzen der Gletscher ab, welche nur durch kurze Vorstösse unterbrochen wurden (Jordi 1986). Mit Hilfe verschiedener Datenquellen, namentlich der verschiedenen swisstopo-Kartenblatt-Ausgaben (map.geo.admin via Modul „Zeitreise"), den Angaben im Atlas der Schweiz (beruhend auf dem Schweizer Gletscherinventar CH-INVGLAZ) und dem New Swiss Glacier Inventory SGI2010 wurde im Folgenden eine schrittweise differenzierte „Gletscheranalyse" durchgeführt (Abb. 41 und Anhang B).

Der Glatschiu dil Segnas sowie der Firnfleck Las Palas haben sich über die Zeitspanne der vergangenen rund 160 Jahre deutlich verkleinert, Letzterer ist nahezu vollständig von der Landkarte verschwunden.

Die Karmulde Las Palas war um 1850 im obersten Teil leicht vergletschert. Die als Drumlin ähnlich kartierte glaziale Hügelform wurde damals letztmals von dieser Eis- bzw. Firnmasse überprägt. Wie in Abb. 41 veranschaulicht, schrumpfte der Las Palas Firnfleck von 1850 bis 1973 auf eine verschwindend kleine Grösse. Nach dem Atlas der Schweiz (Themenbereich: Gletschergeschichte, Daten beruhen auf dem Gletscherinventar der Schweiz CH-INV GLAZ) wies der Firnfleck um 1850 eine Fläche von 0.5 m^2 auf und schrumpfte bis 1973 auf 0.02 km^2 (Frank 2007; Maisch u.a. 2000; Müller u.a. 1976) Aufgrund der im Rahmen dieser Masterarbeit erfolgten Kartierarbeit im Sommer 2016 existiert heute nur noch ein winziger „Restfirnfleck".

Auch der Glatschiu dil Segnas schmolz in den letzten 160 Jahren stark ab. Im Jahr 1850 wird die Fläche des Glatschiu dil Segnas mit 1.9 km^2, im Jahr 1973 mit 0.87 km^2 und im Jahr 1998 mit 0.78 km^2 angegeben (Frank 2007; Maisch u. a. 2000). Das heisst, dass sich die Gletscherfläche innerhalb von 148 Jahren um 1.12 km^2, sprich um mehr als die Hälfte seit 1850, verkleinert hat. In Abb. 41 sind die Gletscherstände der Jahre 1850 (äquivalent zur Dufourkarte von 1859), 1940, 1973 und 2010 eingezeichnet (Fischer u. a. 2014; Frank 2007; Maisch u. a. 2000; Müller u. a. 1976; Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2014). Der Glatschiu dil Segnas weist gemäss aktueller Gletscherdatenbank im Jahr 2008 folgende Kennwerte auf (Tab. 5).

Tab. 5: Kennzahlen zum Glatschiu dil Segnas, Stand 2008 (Fischer 2015 unveröffentlichte Datenbank, modifizierte Darstellung)

Name	Glatschiu dil Segnas
Tiefster Punkt [m ü.M.]	2632
Höchster Punkt [m ü.M.]	3028
Durchschnittliche Höhe [m ü.M.]	2794
Länge [km]	1.202
Durchschnittliche Hangneigung [°]	20
Exposition	Süd

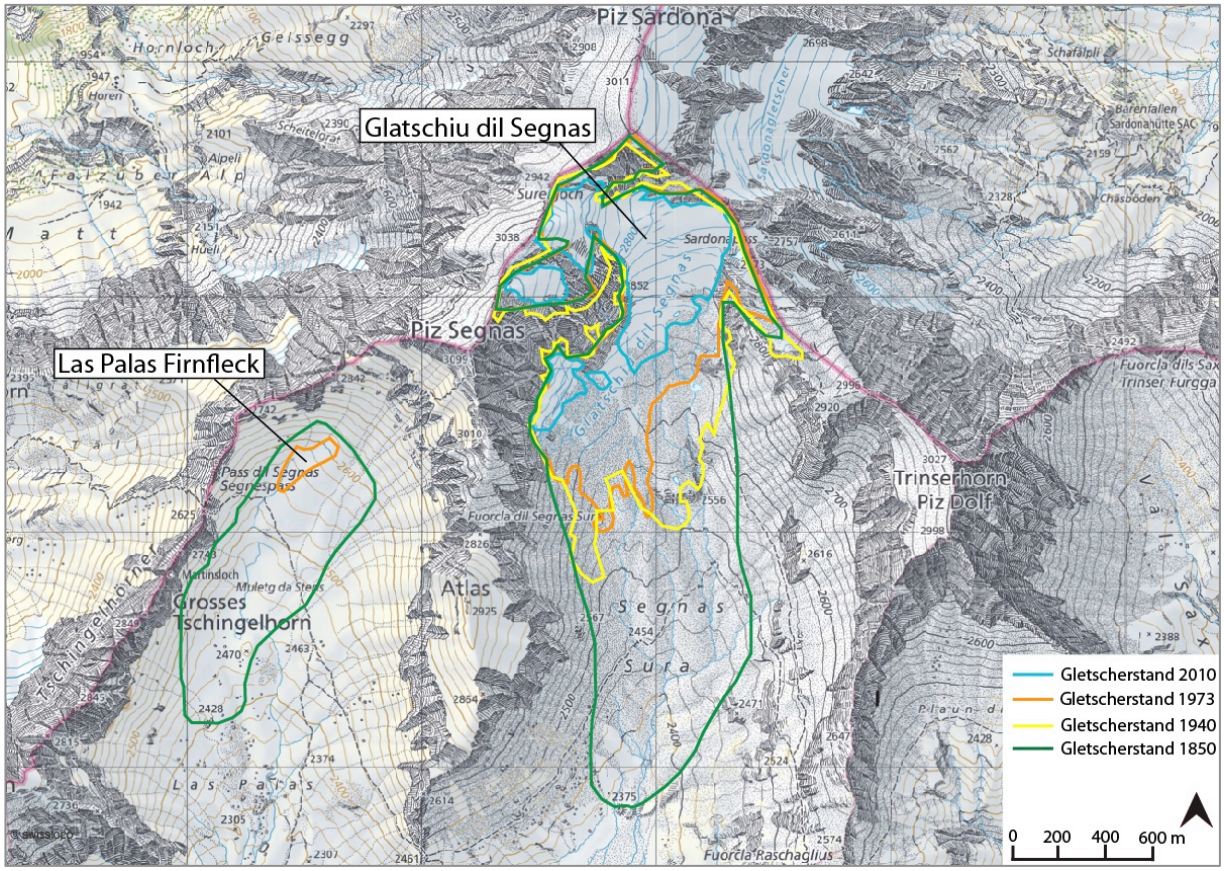


Abb. 41: Gletscherausdehnungen des Glatschiu dil Segnas während den Jahren 1850, 1940, 1973 und 2010 sowie Umrisse des Las Palas Firnflecks 1850 und 1973. (Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2014; Gletscherumrisse nach: Fischer u. a. 2014; Frank 2007; Maisch u. a. 2000; Müller u. a. 1976, modifizierte Darstellung).

5 Planung und didaktische Umsetzung des Landschaft-Lehrpfades

In diesem Kapitel wurden die in Kapitel 4 vorgestellten gewonnen geomorphologischen Befunde und weitere Beobachtungen und Erlebnisse während der Feldarbeit als Basis für die Planung und die didaktische Umsetzung eines neuen Landschaft-Lehrpfades genutzt. Bevor das Konzept und die POI-Inhalte des neuen Landschaft-Lehrpfades erläutert (Kap. 5.2 bzw. 5.3) und diese kritisch reflektiert werden (Kap. 5.4), folgt das Kapitel 5.1 mit bereits bestehenden Lehrpfaden der Schweiz. Beim ausgestalten des hier vorgeschlagenen Lehrpfades wurden als Grundlage die drei Bücher „Wie konzipiert man einen Lehrpfad“ von Bartsch-Herzog (2013), „Schritt für Schritt NaturErleben“ von Lang und Stark (2000) und „Lehrpfade - Natur und Kultur auf dem Weg“ von Eder und Arnberger (2007) zur Hand genommen und die Beschriebe mehrerer im Internet vorgefundener Lehrpfade analysiert. Basierend auf diesen Informationen wurde das am besten geeignet erscheinende Konzept für den Raum Flims abgeleitet und die Idee für den neuen Landschaft-Lehrpfad im Weltnaturerbegebiet Tektonikarena Sardona geschaffen. Für die Planung und die didaktische Umsetzung des Lehrpfades erwiesen sich die Lernziele des im Frühling 2016 publizierten Lehrplans 21 als „wegweisend“ (im doppelten Wortsinn) (Erziehungs- Kultur- und Umweltschutzdepartement Graubünden 2016).

5.1 Bereits bestehende Naturlehrpfade

Die Applikation „Science Guide – Erlebe Wissenschaft in der Schweiz“, herausgegeben von der Swiss Academy of Sciences (SCNAT) (2016), fasst sämtliche naturwissenschaftliche Angebote der Schweiz für Familien zusammen und informiert Interessierte über erlebnisreiche Freizeitangebote im naturwissenschaftlichen Bereich. Allein im Kanton Graubünden sind aktuell rund 50 Themenpfade in der App aufgeführt. Darunter werden auch Naturlehrpfade wie die „GeoGalerie Flumserberg“ oder der „Klimaweg Muottas Muragl“ portraitiert. Bei dieser Analyse zeigte sich, dass mehrere Möglichkeiten oder Modelle für das Ausgestalten eines Lehrpfad Konzeptes existieren. Einige davon sind in Tab. 6 mit Vor- und Nachteilen aufgeführt. Nähere Details zu den in der Tabelle aufgelisteten Lehrpfade können unter den angegebene Links gefunden werden.

Tab. 6: Mehrere Möglichkeiten für die Wissensvermittlung im Rahmen von Naturlehrpfaden (eigene Darstellung).

Produkt	**Beispiel**	**Modell/Inhalt**	**Vorteile**	**Nachteile**
Exkursions-broschüre	Fafleralp Klimalehrpfad Lötschental: *http://www.best-of-switzerland.net/Fafleralp_und_Klimalehrpfad/#more-382*	23 POIs, Nummernpflöcke, QR-Code, Broschüre, Buch mit vertieften (wissenschaftlichen) Informationen	Für Vor- und Nachbearbeitung geeignet Landschaftsbild bleibt praktisch unverändert	-
Applikation mit Audioguide und Informations-tafeln	Gletscherlehrpfad Morteratsch: *http://www.pontresina.ch/sommer/sport/wandern/lehrpfade/gletscherweg-morteratsch.html*	16 Infotafeln, der dazugehörende Audioguide ist mittels Bernina-Glaciers-App abrufbar, zusätzlich gibt es noch ein Begleitbuch	Mehrere Sinne werden gefördert: Visuelle und auditive Wahrnehmung	evt. durch Audio-guide Ablenkung von natürlichen Geräuschen evt. Überforderung durch Gebrauch mehrerer Medien
Forscher-rucksack und Begleitbüch-lein	Büchlein „Ich bin ein Rockstar“: *http://www.unesco-sardona.ch/News-Detailansicht.82.0.html?&L=0&tx_ttnews%5Btt_news%5D=210&cHash=fa075c911b3de6c41fdb00ffeaee69a5*	Rucksack mit Hilfsmitteln wie Hammer, Lupe, Messschnur etc. Büchlein als Anleitung/Begleiter der Forschungsarbeit	eignes Entdecken, Forschen und Erleben mit Hilfsmitteln ist möglich Büchlein kann auf beliebigen Wanderungen eingesetzt werden (ist nicht an einen bestimmten Ort/Lehrpfad gebunden)	evt. schwierig, Kinder dafür zu motivieren, da kleine Zwischenziele wie die nächste Infotafel/der nächste Nummernpflock fehlen evt. schwierig, selbstständig ein geeignetes Gebiet für Forschungsarbeit zu finden
Informations-tafeln	GeoGalerie Flumserberg: *http://www.flumserberg.ch/Sommer/Aktivitaten/Wandern/GeoGalerie* *(Abb. 42)*	>15 POIs, interaktive Informationstafeln	Infotafeln geeignet als (Motivations-) Zwischenziele der Geo-Lehrpfad Wanderung Besucher werden dazu motiviert an den POIs selber aktiv zu sein	Tafeln (künstlich) verändern das (natürliche) Landschaftsbild

Abb. 42: Interaktive Informationstafel entlang der GeoGalerie Flumserberg. Die Landschaft wird durch eine Plexiglasscheibe mit transparent aufgedruckten Gletscherumrissen betrachtet. Durch eine geeignete Standortwahl des Betrachters können die im Gelände beobachtbaren Moränenwälle mit den rekonstruierten Gletscherumrissen zur Deckung gebracht werden. Dabei sind eine ehemalige Gletscherausdehnung und Moränenwälle erkennbar (Foto M. Maisch 2015)

5.1.1 Beurteilung der „Sardona Applikation“ und des Besucherpavillons

Die „Sardona App“, welche frei heruntergeladen werden kann, enthält insgesamt sechs Themenwege für Erwachsene (1. „Alpenbildung einfach erklärt“, 2. „Der Flem – entlang des Wassers“, 3. „Flimser Bergsturz“, 4. „Trutg dil Flem – Brückenbau in wilder Natur“, 5. „Architektur in Flims, unterwegs im unteren Segnesboden“) und einen Themenweg für Kinder (6. „Tektoni und der Flug durchs Martinsloch“). Im Folgenden wird nur auf den Kinder-Lehrpfad eingegangen.

Am 2. Juli 2015 wurde ein Besucherpavillon unter dem Motto „sehen, staunen, verstehen“ unmittelbar neben der Segneshütte eröffnet. Mittels Informationstafeln zur Gebirgsbildung, Entstehung der Glarner Hauptüberschiebung, Eiszeit und zum Flimser Bergsturz können sich Besucher vor Ort selbständig informieren (UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona o. J.). Zusätzlich hat das Kompetenzzentrum Visual Narrative der Hochschule Luzern, in Zusammenarbeit mit der Netcetera AG und der Quant AG, das in der „Sardona App“ für Smartphones integrierte Abenteuer „Tektoni und der Flug durchs Martinsloch“ (für Kinder ab 10 Jahren) gestaltet und dieses Abenteuer, verpackt in kurzen Animationsfilmen, im Sommer 2016 testen lassen (Heintges 2016). Ziel des Projektes war es, eine App zu gestalten, welche die Besucher unterstützen soll, die Landschaft mit ihren Besonderheiten besser zu sehen und zu verstehen (Frei 2016 zit. in: Heintges 2016). So sollte die App beim Durchwandern der

Gebirgswelt oberhalb Flims als sinnvolle Ergänzung zum Naturerlebnis und nicht als Störfaktor betrachtet werden.

Ich selber habe die Applikation im Sommer getestet. Dazu nachfolgend einige Bemerkungen:

- Es wurden keine neuen, das Landschaftsbild störende, Infotafeln ausserhalb des Besucherpavillons installiert.
- Mit der witzigen Geschichte vom Murmeltier Tektoni und dem Bau seiner Flugmaschine wird den Kindern das Wissen auf erzählerische Art und Weise vermittelt.
- In der App sind notwendige Informationen zu Sicherheit, Ausrüstung, Verpflegung, Distanzen, Höhenmetern und benötigter Zeit integriert.

Im Bewusstsein, dass sich die App „Tektoni und der Flug durchs Martinsloch“ erst in der Testphase befindet, liste ich, die meines Erachtens nach, kritischen und verbesserungswürdigen Punkte auf.

- Leider fehlt im Pavillon die Anleitung zum Herunterladen der App. Nirgends sind der Name der App und der Hinweis, dass WLAN eingerichtet ist, aufgeführt.
- Die im App integrierten Animationsfilme sind nur vor Ort abspielbar, dadurch fehlt die Möglichkeit einer Nachbearbeitung des Erlebten zu Hause.
- Umfassende Themen, wie der Flimser Bersturz, die Glarner Hauptüberschiebung, die Gebirgsbildung und die Eiszeit werden in der App behandelt. Jedoch reichen die in kurzen Animationsfilmen und kurzen Texten verpackten Informationen teilweise für das Verständnis der erwähnten Inhalte nicht.
- Nähere in der App integrierte Erklärungen zu den kurzen Animationsfilmen oder eine ergänzende Begleitbroschüre wären sinnvoll, damit alle für das Verständnis wichtigen Informationen übermittelt werden könnten und zudem eine Nachbearbeitung zu Hause möglich wäre.
- Die Animationsfilme sind teilweise zu abstrakt, so, dass die Verknüpfung zur wirklichen Landschaft vor allem für die Zielgruppe der 10 jährigen Kinder sehr anspruchsvoll ist bzw. kaum nachvollzogen werden kann.
- Schade, es funktionierten nicht alle Animationsfilme der App an den POIs.

5.2 Vorschläge für die Gestaltung und Umsetzung eines neuen Landschaft-Lehrpfades

5.2.1 Thema des Lehrpfades

Grundsätzlich wurde der nachfolgend vorgestellte Landschaft-Lehrpfad für Kinder bzw. Jugendliche im Alter zwischen 12 und 15 Jahren entworfen, wobei die Landschaftsformen (Geomorphologie) das Oberthema bilden. Der seit dem Sommer 2016 im Untersuchungsgebiet bestehende Geo-Lehrpfad „Tektoni und der Flug durchs Martinsloch“ thematisiert vor allem die Tektonik mit der Gebirgsbildung, der Glarner Hauptüberschiebung und dem Martinsloch und das Ereignis des Flimser Bergsturzes. Da die Landschaft zudem von eindrücklichen, ja beispielhaften geomorphologischen Formen und Prozessbereichen geprägt ist, erscheint ein ergänzender geomorphologischer bzw. Landschaft-Lehrpfad als sinnvoll. Dabei kann einerseits auf sichtbare aktuelle Formen und Prozesse, andererseits auf die Entwicklung der vorzufindenden Landschaft eingegangen werden. Aufgrund seiner Aktualität soll der Klimawandel, welcher sich beispielsweise am Glatschiu dil Segnas schön veranschaulichen lässt, ebenfalls im Rahmen des neuen Lehrpfades thematisiert werden.

Im vorliegenden Konzept wird versucht, die Eigenaktivität der Besucher bei den POIs zu fördern und Erlebnisse mit realen Phänomenen so zu ermöglichen, dass die erwünschten Lerneffekte erzielt werden können.

5.2.2 Modell und Struktur des neuen Landschaft-Lehrpfades

Rahmenbedingungen: Die Begehbarkeit des Lehrpfades beschränkt sich auf die Sommer- und Frühherbstsaison (ca. Mitte Juli bis Mitte Oktober), da die alpine Landschaft während der restlichen Monate mit Schnee bedeckt ist.

Die Gestaltung des Lehrpfades im geschützten alpinen Gelände oberhalb des Dorfes Flims sollte, nebst dem Startpunkt, „tafelfrei“ realisiert werden. Dadurch wird das Landschaftsbild nicht tangiert.

5.2.2.1 Modell des neuen Landschaft-Lehrpfades

Als Modell für den neuen Landschaft-Lehrpfad im bündnerischen Welterbeteilgebiet wurde ein variantenreicher Erlebnisweg mit direkt im Gelände platzierten Nummernpflöcken (mit der jeweiligen POI-Nummer und einem QR-Code versehen), einer Begleitbroschüre und einem „To-Do-Case“ bzw. einer kleinen „Forscherbox“ gewählt. Der QR-Code kann als kodierte Abbildung einer Webadresse – hier Website der Tektonikarena Sardona mit der Broschüre zum Herunterladen verlinkt – umschrieben werden. Dies ermöglicht nebst dem konventionellen einen digitalen Zugang zu den Inhalten der POIs. In der Begleitbroschüre, welche auf der Website der IG Tektonikarena Sardona heruntergeladen, im Tourismusbüro oder im zukünftigen Besucherzentrum Flims in gedruckter Form aufgelegt und bei der/n

Startstation(en) in Metallboxen zur Mitnahme verstaut werden könnte, sollten pro POI Informationen als Input geliefert und altersgerechte interaktive Fragen und Aufgaben dazu gestellt werden.

Von der Gestaltung her unterscheiden sich Informationsbroschüren und Informationstafeln kaum. Meistens sind Broschüren jedoch umfassender. Nach Hedewig (1993 zit. in: Bartsch-Herzog 2013) sollten beide Varianten leicht verständliche Auskünfte enthalten.

Aus technischer Sicht wäre es gut möglich sämtliche POIs, anstelle der Begleitbroschüre, in das bereits bestehende „Sardona App“ zu integrieren. Bewusst wurde hier jedoch auf diese Umsetzungsvariante verzichtet. Die Lehrpfad-Nutzer sollen sich nicht zu sehr mit dem oft ablenkenden „Spielgerät“ Handy beschäftigen, sondern vielmehr in die Natur eintauchen und die einmalige Hochgebirgslandschaft durch eigene Beobachtungen und Aktivitäten mit allen Sinnen wahrnehmen.

5.2.2.2 Auswahl der POIs und deren Strukturierung

Insgesamt wurden im vorliegenden Planungsgebiet 14 Standorte (POIs) definiert, von welchen aus geomorphologisch interessante, meist eindrückliche und beispielhafte Phänomene und/oder Prozesse klar ersichtlich bzw. direkt beobachtbar sind. Zur Orientierung wurden die Wanderwege und die POIs auf einer topographischen Karte eingezeichnet, welche beim Startpunkt des Lehrpfades auf einer Tafel abgebildet werden sollte (Kap. 5.3, Abb. 45). Für das notwendige Basiswissen wurden für alle Standorte stufengerechte ein- bis mehrseitig (abhängig von der Anzahl und Grösse der beigefügten Bildern) illustrierte Fact Sheets erstellt (Kap. 5.3), die sich später in einer handlichen Broschüre zusammenfassen lassen. Die Vorschläge wurden speziell für die Primarschulkinder ab der 6. Klasse (ab 12 Jahren) bis zur Sekundarstufe I (bis 15 Jahre) ausgearbeitet. Die Lernenden sollen pro Standort durch stufengerechte Aufgabestellungen motiviert werden, zu beobachten, selber Fragen zu stellen und gestellte Aufgaben zu lösen, damit das aktiv-entdeckende Lernen gewährleistet wird. Nebst Schulklassen sollen auch anderweitige Sommertouristen von diesem Erlebnisweg profitieren können.

Wichtig ist, dass sich ein „roter Faden“ durch den Lehrpfad zieht. Dazu wurde für jeden Standort die gleiche Struktur der Wissensvermittlung verwendet.

Ein alle Themenbereiche der Geomorphologie umfassender Titel für den neuen Lehrpfad gewählt: *„Erlebnisweg - Landschaftsformen im Gebiet der Tschingelhörner, der Segnesböden und des Fil de Cassons"*

Der Aufbau sieht für jeden POI folgende Elemente vor:

- Haupttitel
- Untertitel „Hast du gewusst, dass...?“
- Untertitel „Entdecken und Erforschen“
- Untertitel „Erleben und Staunen“ (ist nicht bei allen POIs vorhanden).

Pro POI wurde versucht, einen kreativen und spannend klingenden Haupttitel auszuformulieren. So, dass die Besucher neugierig werden und erfahren möchten, was hinter diesen Titeln steckt. Die Untertitel sind alle in Kap. 5.3 aufgeführt.

Unter der einleitenden Fragestellung „Hast du gewusst, dass...?“ wird theoretisches Wissen vermittelt. Basierend auf dieser Grundlage können die Aufgaben/Fragen durch Beobachtungen direkt im Gelände gelöst werden.

Beim Leitmotto „Entdecken und Erforschen“ werden Forschungsaufgaben mit der Möglichkeit zu sehen, spüren, fühlen, hören, malen oder zeichnen gestellt – d.h. mit den eigenen Sinne wahrzunehmen, sie einzusetzen.

Unter der Rubrik „Erleben und Staunen“ sind unterhaltsame Spiele oder Wettkämpfe gemeint.

Die Art und Weise der Angebote kann von POI zu POI variieren (z.B. 3D-Modell, Foto etc.).

Bei folgenden Aussichtspunkten (POIs) kann die Landschaft im Überblick thematisiert werden:

- **Bergstation Graubergbahn (Startpunkt):** Von hier aus haben die Besucher die Plaun Segnas Sut (Moorlandschaft, Schwemmkegel und Netz aus mäandrierenden Bächen), den „Riegel“ bei Muletg Veder, die Schwelle/das Hängetal mit dem Wasserfall und dem Crap Grisch, die spätglazialen Moränenwälle, die Tschingelhörner mit dem Martinsloch und den Atlas im Blickfeld.
- **La Siala (POI Nr. 7):** Dieser Aussichtspunkt befindet sich nördlich des Felsriegels, der zwischen der Plaun Segans Sut und Sura liegt. Von dort hat der Besucher sowohl Aussicht auf den Sander Plaun Segnas Sura als auch auf die Schwemmebene Plaun Segnas Sut. Weiter sind der Crap la Tgina und der Fil de Cassons orographisch gesehen linkerhand und die Tschingelhörner, das Martinsloch, las Palas, die spätglazialen Moränen und Karstfelswände rechterhand im Blickfeld des Besuchers.
- **Westende Crap la Tgina (POI Nr. 11):** Dort steht der Besucher auf der Abrisskante des Flimser Bergsturzes. Unter ihm befinden sich mit Rillenkarren durchzogene Karstfelsflächen und weiter entfernt die Gemeinde Flims. Zudem sind die Plaun Segnas Sut, der Felsriegel bei Muletg Veder, die Segneshütte, der Besucherpavillon und die Graubergbahn zu sehen. Auf der orographisch linken Seite ist der Flimserstein im Blickfeld.
- **Fil de Cassons (POI Nr. 10):** Von diesem Grat aus können sich die Besucher einen Überblick über die Plaun Segnas Sura mit dem Schwemmkegel und den mäandrierenden Bächen und über die beiden Felsriegel (Crap la Tgina und den „Riegel“ zwischen der Plaun Segnas Sut und Sura) verschaffen. Das schuttreiche Gletschervorfeld mit den Rundhöckern und Moränenwällen und der angrenzende Glatschiu dil Segnas sind ebenfalls zu beobachten. Schlussendlich sind die umgebenden Berggipfel, Piz Dolf, Trinserhorn, Piz Sardona, Piz Segnas und Atlas mit deren Schuttkelgen/Schutthalden und im Hintergrund die Tschingelhörner gut erkennbar. Ausserdem

sind von diesem POI aus der höchste Berggipfel der Tektonikarena Sardona, der Ringelspitz, im Blickfeld.

Abb. 43: Startpunkt Landschaft-Lehrpfad: Besucherpavillon (links) und : Segneshütte (rechts) (Foto U. Strub 2016).

An den möglichen Startpunkten der Rundtour (Bergstation Grauberg, Segneshütte / Besucherpavillon und sehr wahrscheinlich ab ca. 2019 auf dem Cassonsgrat) sollte je eine Startstation mit der Wanderroute inklusive einer Landeskarte mit allen POIs und einer Anleitung für die Durchführung des Lehrpfades, installiert werden. In einer wetterfesten Metallbox könnten dort Broschüren zum Mitnehmen deponiert werden. Dies würde ein regelmässiges Auffüllen der Metallbox verlangen. Die Forscherbox hingegen müssten die Besucher im Tourismusbüro in Flims ausleihen oder allenfalls bei der Segneshütte (Startstation) abholen.

5.2.3 Organisatorische Aspekte

Informationen über die Themenbereiche des Lehrpfades, zur Anreise, Verpflegung und zu Übernachtungsmöglichkeiten sowie Distanz und Höhenmetern, Marschzeiten, Sicherheit und Ausrüstung sollten auf den beiden Webseiten „UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona“ und „Flims Laax Falera“ sowie in der Broschüre aufgeführt werden. Somit können sich Besucher vorzeitig über den Landschaft-Lehrpfad informieren und allfällige Vorbereitungen treffen. Bei der im Gelände installierten Startstation wird hier nur auf die Landschaft-Lehrpfad Routenvarianten mit Distanz, Höhenmetern und Marschzeiten eingegangen.

Anreise: siehe Kap. 2.2.1 Erschliessung des Arbeitsgebietes

Körperliche Fitness: Zu überwindende Höhenmeter, Distanz und Zeitdauer hängen davon ab, welche Route des Lehrpfades ausgewählt wird (siehe Karte Startpunkt Abb. 45). Pro POI wird eine durchschnittliche Verweilzeit von 15 Minuten gerechnet. Die geschätzte durchschnittliche Laufzeit beträgt 4 km h^{-1}.

Verpflegung/Übernachtung: Die Segneshütte befindet sich an der Nordspitze der Plaun Segnas Sut, direkt neben dem Besucherpavillon. Dort können sich die Gäste unter anderem hausgemachte Bündnerspezialitäten gönnen sowie in der neu renovierten Hütte übernachten (https://grandislaax.ch/de/Ustria-Segnes). Die 1944 gebaute, ursprünglich für Militärzwecke genutzte Segnespasshütte, befindet sich auf dem Pass dil Segnas auf der Grenze zwischen den Kantonen Graubünden und Glarus. Die sehr kleine, einfache aber heimelige Hütte bietet für maximal 12 Personen eine Schlafmöglichkeit. Über die Sommermonate wird sie bewartet (http://www.segnespass.ch/).

Sicherheit und Ausrüstung:

- Der Lehrpfad eignet sich für bergerfahrene Kinder (ab 12 Jahren) und Erwachsene.
- Trittsicherheit ist auf den Wanderwegen des Schwierigkeitsgrades T2 (weiss-rot-weiss) erforderlich.
- Der Lehrpfad ist nur während der schneefreien Sommermonate begehbar.
- Wanderschuhe, Regenschutz, warme Kleidung (auch an Sommertagen) und Verpflegung gehören zur Standartausrüstung. Das Wetter im alpinen Lehrpfadgebiet ist sehr wechselhaft. Zudem weht oftmals ein kalter Wind.

5.2.4 Praktische Evaluation des Lehrpfades

Im Rahmen dieser Masterarbeit war es nicht möglich, den hier vorgelegten Lehrpfadvorschlag praktisch evaluieren zu lassen. Mehrere Schulklassen der 6. Klasse und der Sekundarstufe I könnten die erstellten Materialien testen und Rückmeldungen geben. Es wäre hilfreich wenn auch Touristen die POIs besuchen und beurteilen würden. Evaluationsbögen könnten einerseits in der Metallbox der Startstation(en), andererseits im Flimser Tourismusbüro und im zukünftigen Besucherzentrum in Flims deponiert werden.

Der darauffolgende Schritt würde die Abklärung der Umsetzbarkeit des Landschaft-Lehrpfades bei der Tektonikarena Sardona und der Gemeinde Flims, die Kostenschätzung für die Umsetzung des Landschaft-Lehrpfades und den Antrag für das Realisieren des Lehrpfades an die Trägerschaft beinhalten.

5.3 Inhalte der Points of Interest

Auf den folgenden Seiten wurden Inhalte für den Lehrpfad erarbeitet. Dabei handelt es sich um „rohe“ Vorschläge. Diese könnten in einem nächsten Schritt in eine Exkursionsbroschüre integriert werden. Die Startstation und alle POIs sind mit inhaltlichen Vorschlägen aufgeführt. Nach dem POI 4 a) kann die kürzeste Routenvariante (blau-grün) oder die längere Variante (blau) gewählt werden. Deshalb wurde der POI 4 in a) und b) unterteilt. Diese POIs haben jedoch hinsichtlich des Inhaltes keinen engeren, aufbauenden Bezug zueinander. Dasselbe gilt für die POIs 8 a) und b) und 9 a) und b). Da sich der Wanderweg nach dem POI 7 aufsplittet (in blaue Variante und blau-rote Variante), wurde auch die Nummerierung aufgetrennt. Die Inhalte des Lehrpfades basieren einerseits auf den in Kapitel 4 erwähnten Theorien und Ergebnissen der geomorphologischen Kartierung, andererseits auf dem Lehrmittel „Leben in Graubünde, Band I“ (2008) für die Volksschule Graubünden. Was die Gestaltung der Informationen anbelangt, ist zu erwähnen, dass sämtliche Visualisierungen verfeinert werden müssten, damit sie einerseits den Richtlinien der Tektonikarena Sardona, andererseits den Vorstellungen eines Kartographen und Graphikers entsprechen würden. Der verwendete Schrifttyp für die POI-Inhalte (TradeGothic LT) entspricht den Vorgaben der Tektonikarena Sardona. Sämtliche (mögliche) Lösungen für gestellte Aufgaben/Fragen wurden mit grauer Schrift, der Einfachheit halber direkt anschliessend an die Aufgaben/Fragen, aufgeführt. Idealerweise würden die Lösungen in einer Broschüre nicht unmittelbar nach der Frage sondern auf den hinteren, für den Leser noch nicht sichtbaren Seiten vorzufinden sein. Manche verwendete Begriffe wurden mit einem roten Sternchen (*) versehen und erklärt. Solche Begriffsdefinitionen könnten allenfalls in einem kleinen, in der Broschüre integrierten, Begriffslexikon aufgeführt werden.

5.3.1 Startpunkt

Erlebnisweg – Landschaftsformen im Gebiet der Tschingelhörner, der Segnesböden und des Fil de Cassons

Startpunkt

Herzlich Willkommen! Hier kannst Du nun das Gebiet der Tschingelhörner, der beiden Segnesböden und des Fil de Cassons unter die Lupe nehmen. Werde zur Forscherin oder zum Forscher und trete ein in das Abenteuerland des faszinierenden UNESCO-Welterbes! Unterwegs wirst Du verschiedene Aufgaben und Fragen lösen, so kannst Du Landschaftsforschende, Geomorphologen genannt, bei ihrer spannenden Arbeit unterstützen. An einigen Stellen darfst Du zusammen mit Deiner Familie oder Freunden coole Geo-Spiele spielen.

Mit was befassen sich **Geomorphologen**? **„Geo“** bedeutet **„die Erde“**, **„Morphé“** auf Griechisch **„Gestalt“**. Ein Geomorphologe befasst sich also mit den Gestalten bzw. Formen der Erdoberfläche (z.B. mit Gletschern) und sucht Erklärungen für deren Entstehung (Egli u. a. 2016).

In der **Box**, welche Du beim Tourismusbüro in Flims abgeholt hast, findest Du wichtige Hilfsmittel, die Dir als Forscher oder Forscherin zur Verfügung stehen:

Fernglas

Bleistift und Radiergummi

Farbstifte

Notizblock

Korkzapfen

Lupe

Salzsäure (HCl, in verdünnter Konzentration 10%)

Abb. 44: Forscherbox (http://buntbox.com/WebRoot/Store/Shops/49630552317/MediaGallery/Web/Buntbox_Top_Bottom_Einfarbig/22.jpg)

Studiere auf der Landkarte die Route des Lehrpfades. An jedem eingezeichneten Standort, hier Point of Interest (POI) genannt, gibt es spannende geomorphologische Dinge zu erfahren, zu entdecken und zu erforschen.

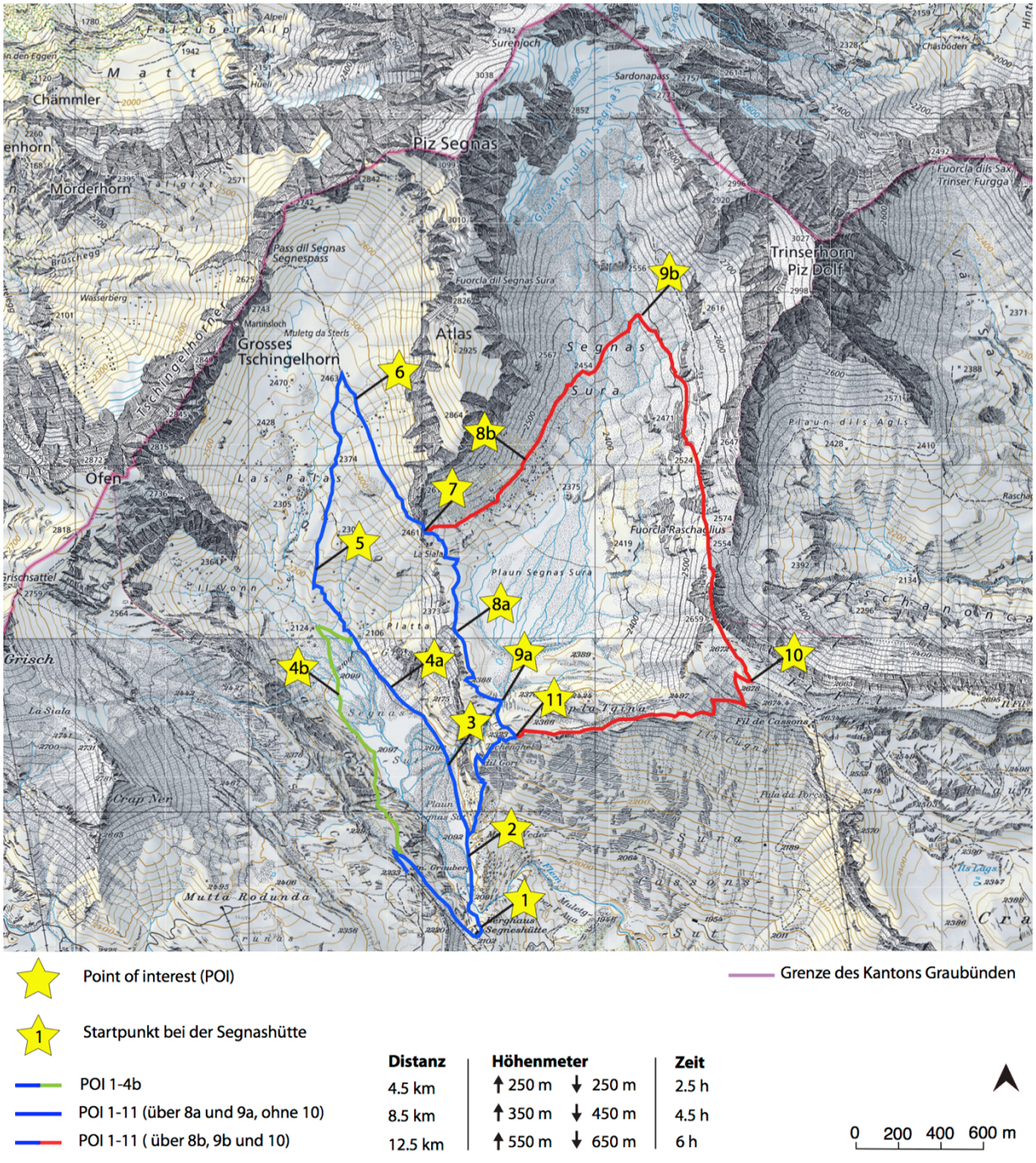


Abb. 45: Karte zum Lehrpfad mit Routenvarianten, Distanz-, Höheneter- und Zeitangaben (Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2014, ergänzte Darstellung).

5.3.2 POI 1

POI 1 Zeitreise – von der Eiszeit bis heute

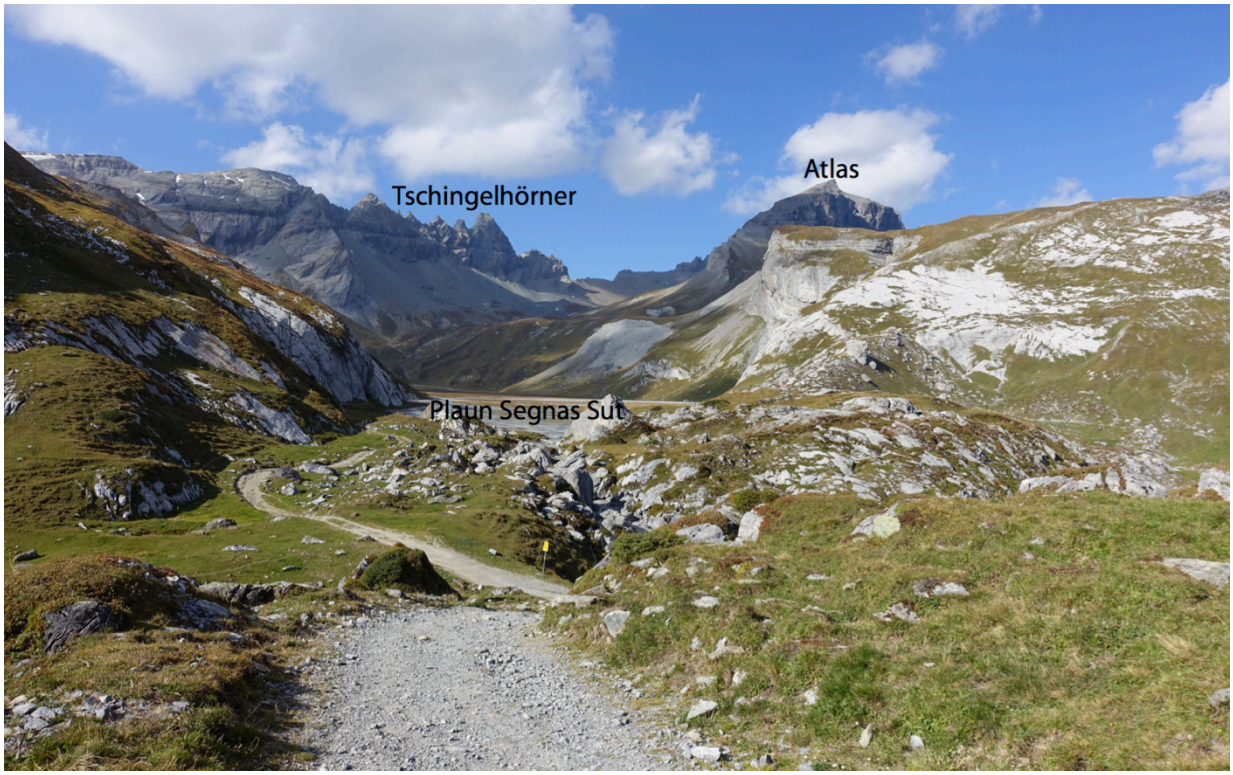


Abb. 46: Aussicht auf die Tschingelhörner, den Atlas und die Plaun Segnas Sut (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

...diese wunderschöne Landschaft mit der grossen Ebene Plaun Segnas Sut und den spitzigen Tschingelhörnern im Hintergrund vor 25'000 Jahren bedeutend anders ausgesehen hat? Mach dich auf, auf eine spannende Zeitreise in die Vergangenheit...

Zeitreise in die Vergangenheit:

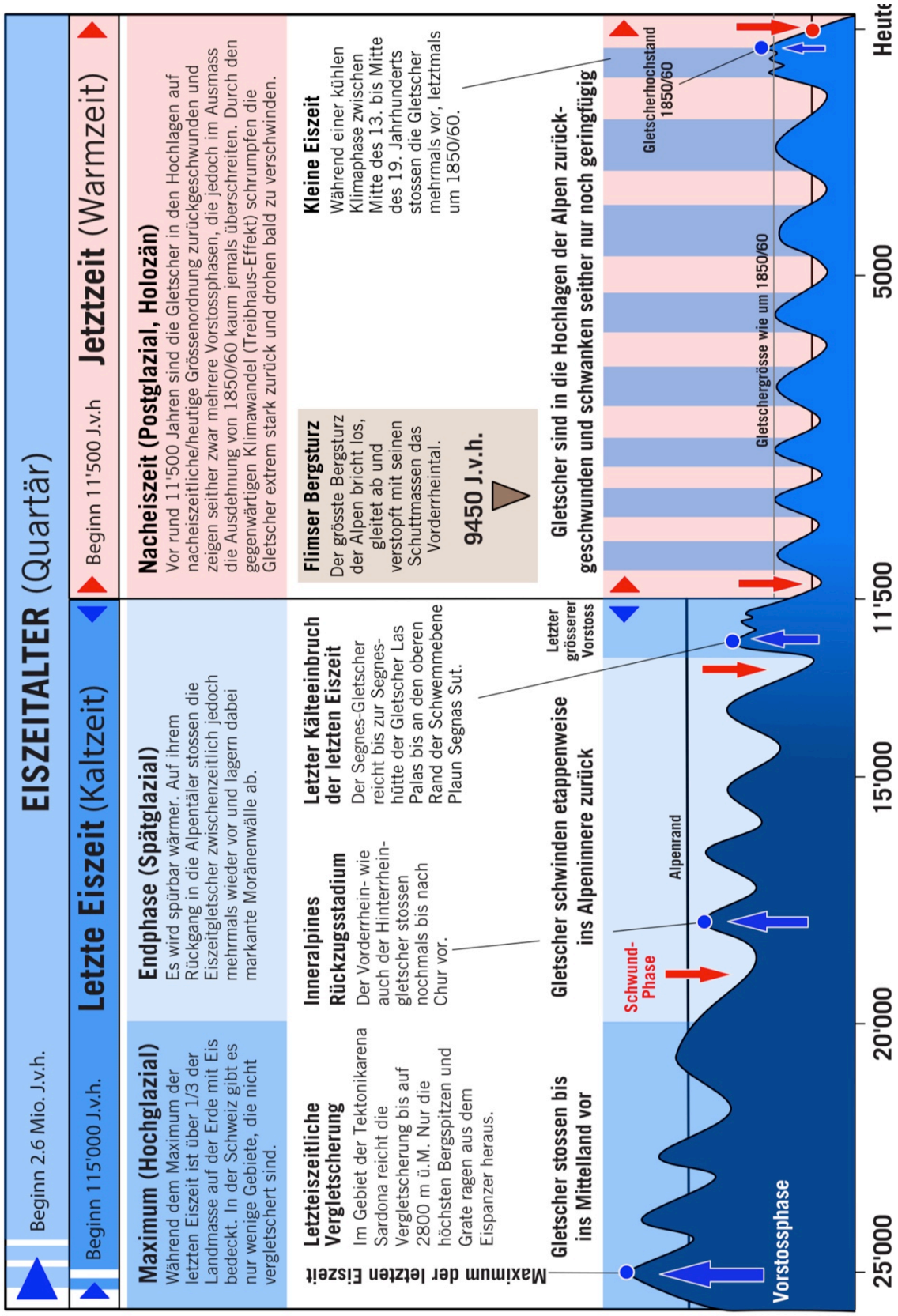


Abb. 47: Zeitstrahl, beginnend bei der letzten Eiszeit vor ca. 25'000 Jahren bis heute (Entwurf M. Maisch 2017).

Maximum der letzten Eiszeit:

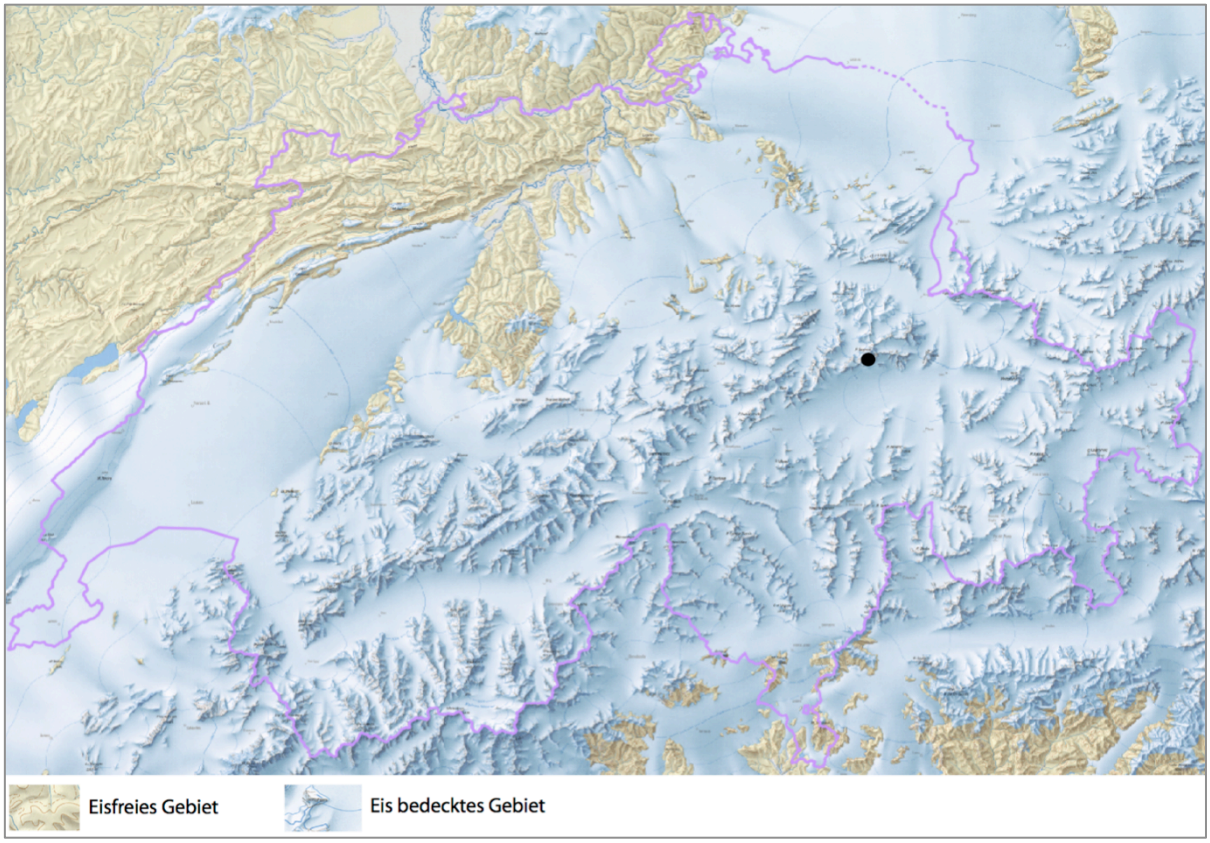


Abb. 48: Letzte maximale Ausdehnung der Gletscher: Schweiz vor 25'000 Jahren (Bini u. a. 2009).

Beim schwarzen Punkt siehst Du Deinen aktuellen Standort. Dieses Gebiet und der grösste Teil der Schweiz waren vor rund 25'000 Jahren komplett vergletschert (Bini u. a. 2009). Die violette Linie zeigt die Landesgrenze der Schweiz.

Letzter Kälteeinbruch der letzten Eiszeit:

Nach dem Maximum der letzten Eiszeit, als es wärmer wurde, schmolzen die Gletscher wieder ins Innere der Alpen zurück, dort wo sie einst herkamen.

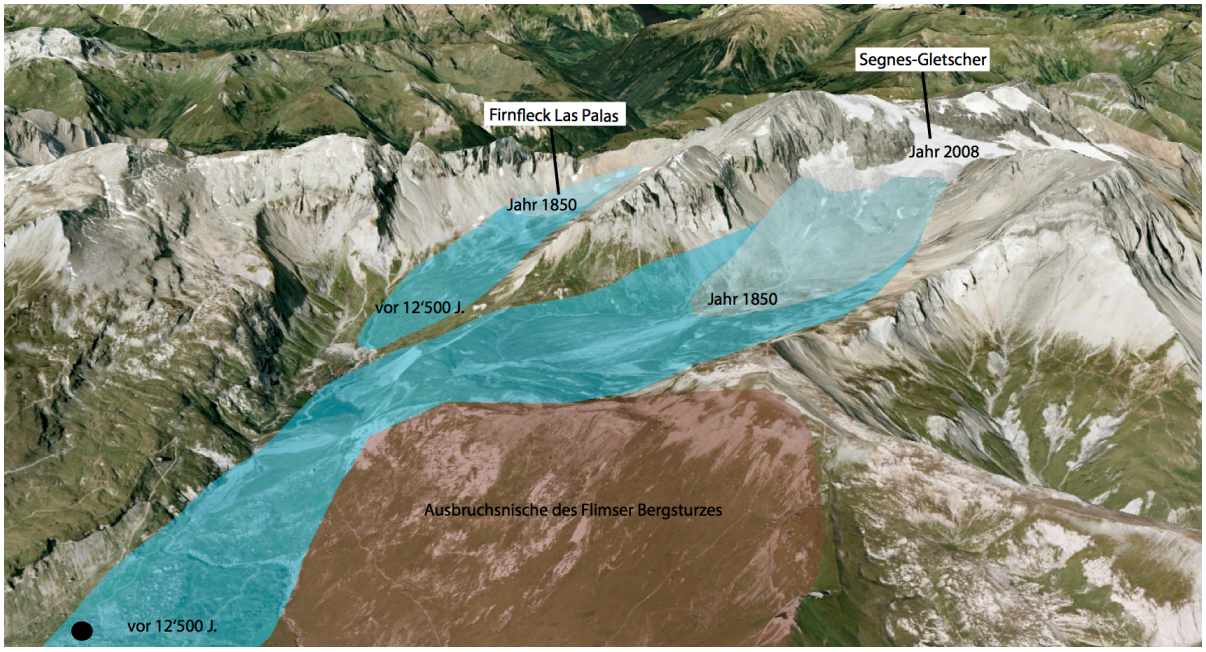


Abb. 49: Verschiedene Ausdehnungen des Segnes-Gletschers und des Firnflecks Las Palas: vor 12'500 Jahren, 1850, 2008. Beim braun gefärbten Gebiet ist der Flimser Bergsturz ausgebrochen (Google Earth; swisstopo: Siegfriedkarte 1874, Landeskarte 2014; Jordi 1986, ergänzte Darstellung).

In der Abbildung 49 siehst Du die Gletscherstände des **Segnes-Gletschers** (Rätoromanisch: Glatschiu dil Segnas) und des **Firnflecks*** **Las Palas** in unterschiedlichen Farben dargestellt. Der Glatschiu dil Segnas reichte vor ca. 12'500 Jahren bis zur Segneshütte (Abb.49) (Jordi 1986). Zu dieser Zeit war es schon etwas wärmer als vor 25'000 Jahren. Mehrere Gebiete der Schweiz waren damals bereits nicht mehr vergletschert.

Unklar ist, ob der Segnes-Gletscher auch Teile der braun gefärbten Fläche (Ausbruchsnische des Flimser Bergsturzes) überdeckte, denn bevor der Flimser Bergsturz passierte sah die Landschaft beim braun gefärbten Bereich völlig anders aus als heute. Mehr über den Flimser Bergsturz erfährst Du bei den POIs 2 und 11.

***Firn** ist Altschnee, der mindestens ein ganzes Jahr überdauert hat, d.h. auch im Sommer nicht geschmolzen ist (Imbaumgarten 2005). Heute sind nur noch ganz kleine Überreste des Firnflecks Las Palas vorhanden.

„Kleine Eiszeit":

Vor gut über 150 Jahren, war der Segnes-Gletscher von hier aus nicht mehr zu sehen, da er aufgrund wärmerer Temperaturen am Ende der letzten Eiszeit bis weit nach oben zurückgeschmolzen ist. Heute ist er sogar noch kleiner. Bei **POI 10** wirst Du eine gute Aussicht auf den Segnes-Gletscher haben und noch mehr über dessen Geschichte erfahren.

Heute gibt es mehrere Beweise für die frühere Vergletscherung dieses Gebietes:

Einer davon ist das vor Dir liegende Tal, das man aufgrund seiner typischen Querschnittform auch **U-Tal** oder auch **Trog-Tal** nennt. Die mehrere hundert Meter dicken Gletscher der Eiszeit flossen langsam talabwärts und bearbeiteten dank ihres enormen Gewichts auch die Form dieser Täler. Sie schleppten zudem Steine und Sandpartikel mit sich, die wie Schleifpapier wirken und so konnten sie den Untergrund und die Felswände an den Seiten erheblich abtragen (erodieren). Dabei wurde nach und nach die charakteristische Talform geschaffen, die im Querschnitt, dem Buchstaben **U** gleicht (hellblaue Linie Abb. 51) (Leser 2003; Melcher u. a. 2008). Auf dem in Lauterbrunnen (Kanton Bern) aufgenommenen Foto (Abb. 50) ist ein typisches U-Tal abgebildet. Leider sind solch schön ausgebildete U-Täler nur an wenigen Orten der Schweizer Alpen zu beobachten. Das vor dir liegende Tal ist aufgrund der früheren Vergletscherung wohl Trog-Tal ähnlich, jedoch ist die U-Form nicht mehr deutlich ausgeprägt (Abb. 51).

Die Gletscherbäche haben mit und nach dem Eisschwund grosse Mengen an Geröll in Richtung Tal transportiert und mit dem Gesteinsmaterial das felsige U-Tal aufgefüllt (in Abb. 51: orange/hellbraun). Deshalb sehen wir heute den Verlauf der Felsoberfläche, also den Untergrund des U-Tals nicht mehr vollständig, denn eine riesige Ebene, die Plaun Segnas Sut (in Abb. 51: grün) überdeckt diesen. Der schwarze Punkt zeigt Deinen Standort.

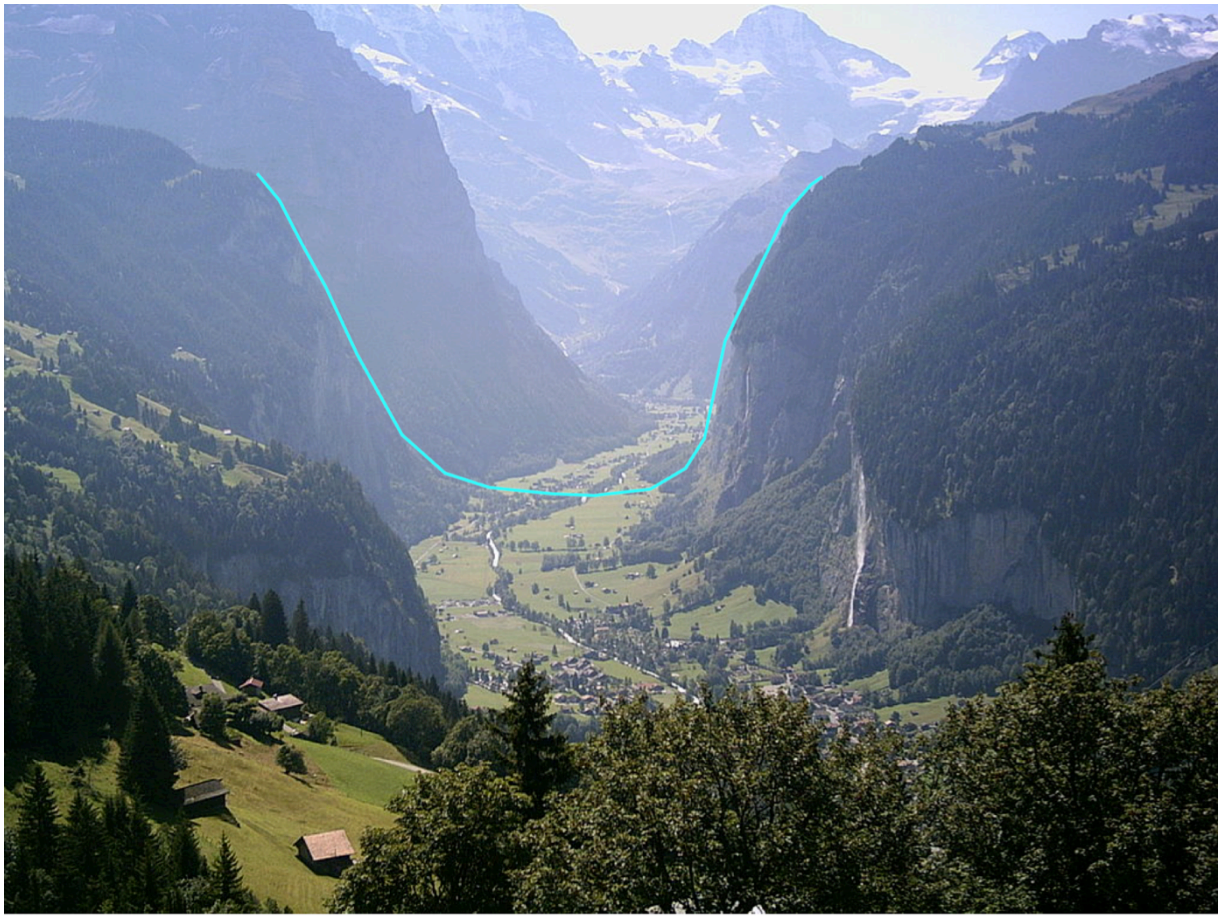


Abb. 50: Typisches Trog-/U-Tal in Lauterbrunnen, Kanton Bern (https://de.wikipedia.org/wiki/Trogtal#/media/File:Lauterbrunnental.2008.jpg).

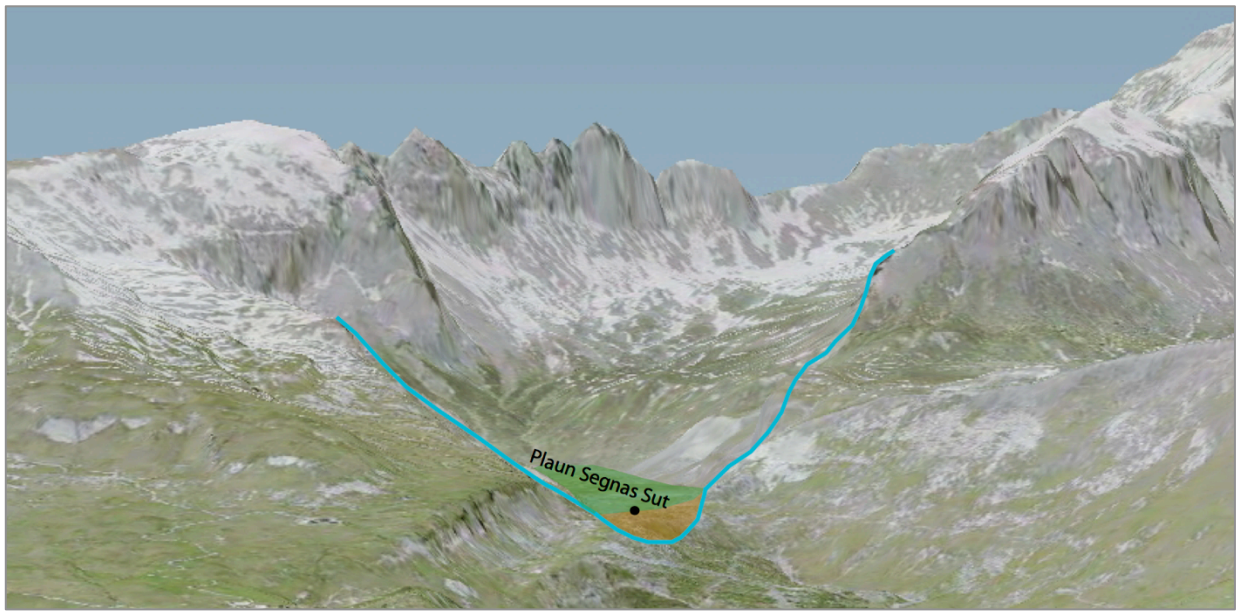


Abb. 51: U-Tal / Trog-Tal mit der Schwemmebene Plaun Segnas Sut (Google Earth, ergänzte Darstellung).

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Forscher und Forscherinnen haben immer einen Bleistift im Rucksack, um ihre Beobachtungen, die sie machen, aufzuzeichnen. Skizziere die spitzigen Tschingelhörner! Was fällt Dir besonders auf?

Diese Aufgabe ist nicht ganz einfach. Gehörst du bereits zu den „Malkünstlern“, dann versuche auch die übrige vor dir liegende Landschaft in deine Zeichnung zu integrieren.

Welcher Teil der Landschaft gefällt Dir am besten? Weshalb?

5.3.3 POI 2

POI 2 Der Flimser Bergsturz und seine Spuren

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... nicht nur einzelne Steine, sondern auch ganze Berge zu Tale donnern können und dass Du die Spuren solcher Ereignisse gerade von hier aus deutlich sehen kannst?

Vor ca. 9500 Jahren donnerte eine unvorstellbar grosse Masse – man schätzt das Volumen auf ungefähr 11 Kubikkilometer (das entsprich dem Volumen eines riesigen Würfels mit einer Breite, einer Länge und einer Höhe von je 2.2 km (= 2200 m)) – aus Felsmaterial ins Vorderrheintal hinunter, sogar viel weiter als bis nach Flims in Richtung Chur (Caprez 2008; PLANAT o. J.). Während des Bergsturzes blieb ein Teil des Materials genau hier, wo Du jetzt stehst, liegen (Caprez 2008). Einige Gesteinsblöcke sind heute noch sichtbar, andere wurden von darüber liegenden Gesteinsblöcken überdeckt oder von Gras überwachsen.

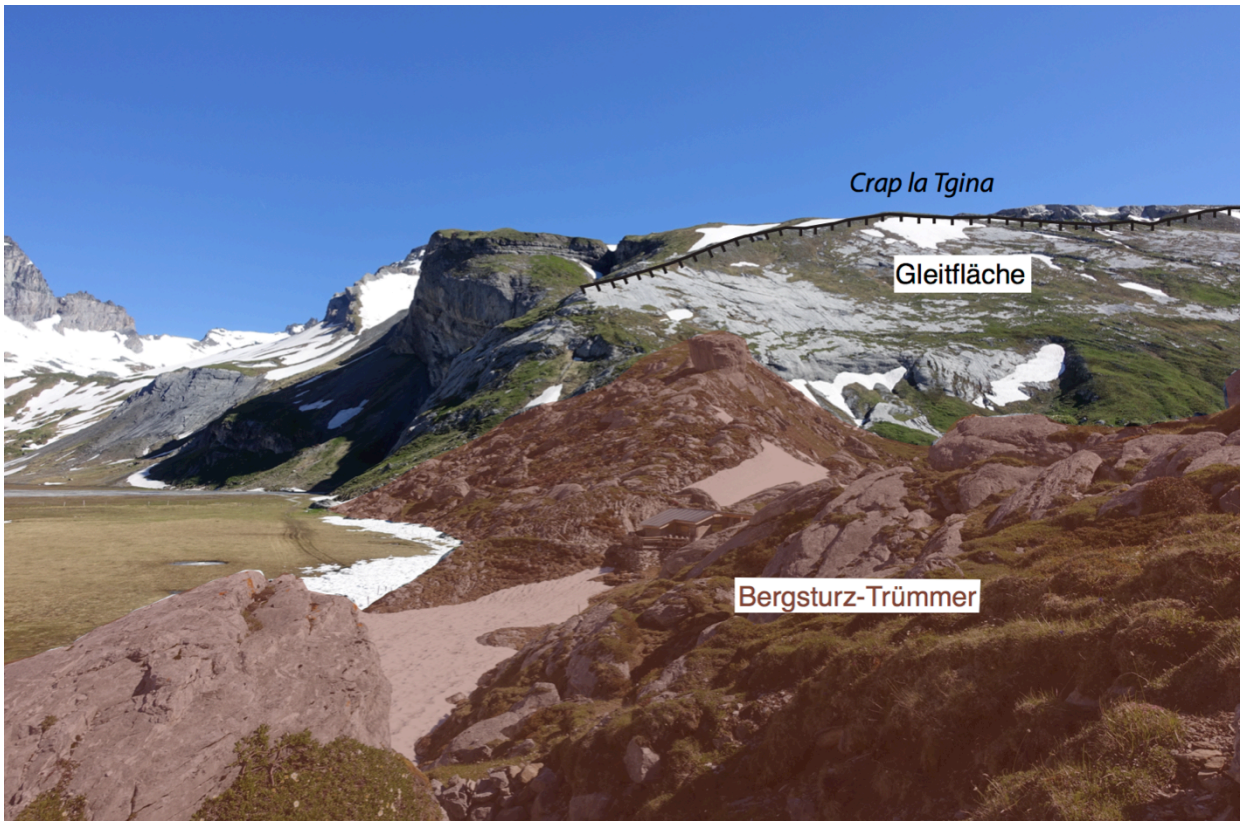


Abb. 52: Flimser Bergsturz: Abrisskante, Gleitfläche und lokale Sturztrümmer im Gebiet der Segneshütte. (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Weiter oben, wenn Du zum Crap la Tgina hinaufschaust, kannst Du die **Abrisskante** des Bergsturzes erkennen (in Abb. 52: schwarze Linien mit Strichen). Dort hat sich das Material, ein Gesteinspaket von über 300 Meter Dicke, gelöst (Caprez 2008). Übrig geblieben ist die sogenannte **Gleitfläche**. Später, bei **POI 11** wirst Du direkt auf der Abrisskante des Flimser Bergsturzes stehen.

Beobachtest Du das Gelände direkt vor Dir etwas genauer, so siehst Du, dass es aus einer grösseren Ansammlung von Sturzblöcken besteht. Die Form der Ablagerungen erinnert an einen **Staudamm/Riegel**. Etwas ähnliches ist hier vorzufinden: der Riegel staut das Wasser, welches über die Plaun Segnas Sut fliesst, so dass das von den Bächen mitgeführte Material (Kies und Sand) gestoppt und an Ort und Stelle abgelagert wird. So konnte sich hinter der Schwelle aus Bergsturz-Trümmern durch die Ablagerung von losem Gesteinsmaterial über lange Zeit eine **Schwemmebene*** bilden.

Eine ***Schwemmebene** nennt man ein flaches, mit Kies und Sand aufgefülltes Tal, welches von mehreren sich verzweigenden Bächen durchflossen und hie und da auch überschwemmt wird. Aufgrund der geringen Neigung des Bodens, wird das durch Bäche mitgeführte Schuttmaterial auf der Ebene ablagert. Der Bach verlangsamt sich auf flachen Streckenabschnitten und vermag dann die Gesteine nicht weiter zu schleppen (Zepp 2003).

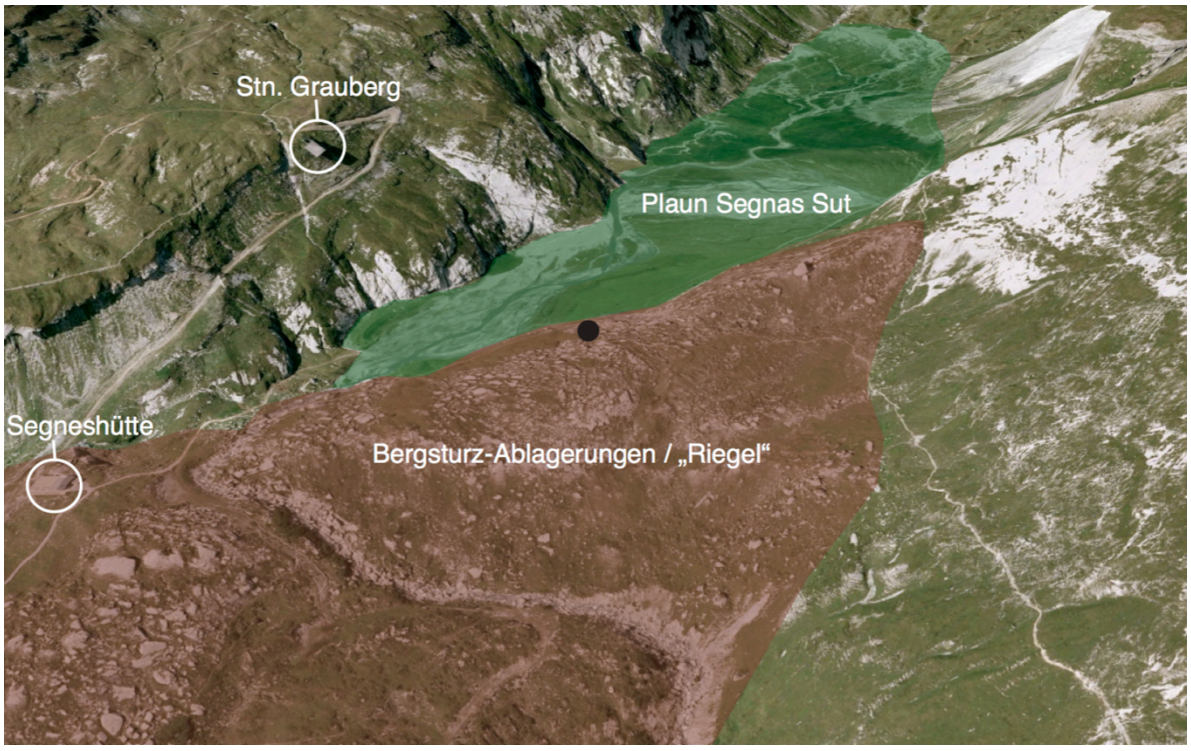


Abb. 53: Schrägansicht auf die Schwelle aus Bergsturz-Trümmern und die dadurch aufgestaute Schwemmebene Plaun Segnas Sut (Google Earth, ergänzte Darstellung).

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Mit Hilfe des Fernglases kannst Du die Abrisskante und die Bergsturz-Ablagerungen genauer ins Visier nehmen. Findest Du den grössten Felsblock? Beschreibe wo er liegt! Der wohl grösste Brocken befindet sich unmittelbar neben dem Wanderweg in Richtung Crap la Tgina (Koordinaten CH 1903+/LV95: 2'737'406, 1'193'059) (Luftbild: swisstopo, Datenstand 2014). In diesen Felsblock wurden Haken für die Klettersportler geschlagen.

Abb. 54: Der wohl grösste Felsblock inmitten der Sturz-Trümmer des Flimser Bergsturzes (Bildgrundlage: swisstopo, Datenstand 2014, ergänzte Darstellung).

5.3.4 POI 3

POI 3 Der tosende Wasserfall

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

...der Wasserfall Schmelzwasser des Schnees vom letzten Winter und des Segnes-Gletschers auf die Plaun Segnas Sut herunter transportiert?

Abb. 55: Wasserfall von der Plaun Segnas Sura auf die Plaun Segnas Sut (Foto U. Strub 2016).

Am unteren Ende der Ebene Plaun Segnas Sura musste sich der Gletscherbach einen Weg durch das Gestein bahnen und bildete dadurch eine tiefe Schlucht. Dort stürzen grosse Wassermassen fast senkrecht über eine Stufe aus Kalkstein in die Tiefe bis hin zur Plaun Segnas Sut. Damit der Wanderweg weitergeführt werden kann, wurde hier eine Brücke über den rauschenden Bach gebaut.

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Schliesse Deine Augen und versuche die Geräusche rund um Dich wahrzunehmen. Was hörst Du? Welches Geräusch ist am lautesten?

Schätze in Metern ab, wie hoch dieser Wasserfall ist! Vergleicht die Werte miteinander! Die Höhe des Wasserfalls beträgt ca. 100 m (map.geo.admin: swisstopo, Datenstand 2014).

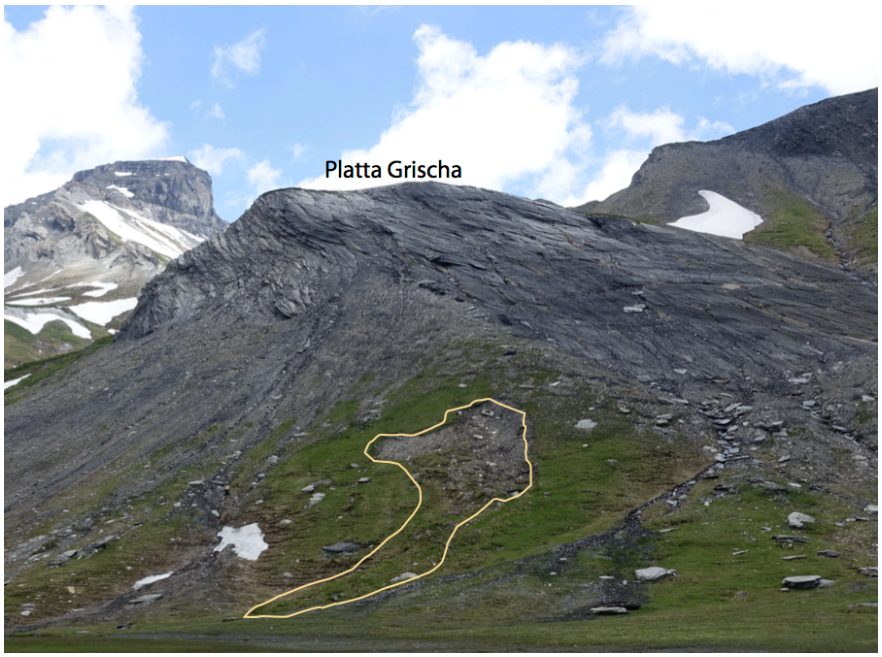
Zu welcher Jahreszeit ist der Abfluss des Wasserfalls am grössten und wann ist er am niedrigsten? Weshalb? Überlege Dir, welche Gegebenheiten der Natur (z.B. des Klimas und des Gewässernetztes) die Abflussmenge eines Flusses und dessen jahreszeitlichen Schwankungen bestimmen. Saisonale Abflussschwankungen: Während der Zeit von Mitte Mai bis Mitte Juli ist der Abfluss am grössten aufgrund der Schnee- und der etwas später einsetzenden Gletscherschmelze (Frei u. a. 2007). Im Frühling bleibt der Schnee auf dieser Höhe (ca. 2100-

2500 m ü.M.) noch liegen. Im Winter wird der Niederschlag aufgrund der kalten Lufttemperaturen im Winter (< 0°C) in Form von Schnee gespeichert und kann deshalb erst während der Schneeschmelze abfliessen. Das Gletschereis fliesst ebenfalls nicht ab, sondern bleibt während dieser Zeit in gefrorenem Zustand.

5.3.5 POI 4 a)

POI 4 a) Eine Rutschung aus Schutt und drei mysteriöse Steinplatten

„HAST DU GEWUSST, DASS...“



... alle Felswände, Felsblöcke und auch kleinere Steine durch die Erdanziehung (Schwerkraft) andauernd „nach unten“ gezogen werden?

Je nach Umständen können sich diese urplötzlich losreissen und herunterrutschen.

Abb. 56: Kleine Rutschung am Fuss der Platta Grischa (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Dirket vor deiner Nase wurde ein kleines Rutsch-Ereignis entdeckt. Die obersten Bodenschichten haben sich wahrscheinlich wegen einer grossen Wassermenge (verursacht durch z.B. starken Regen oder Schneeschmelze) gelöst und sind hangabwärts über den Wanderweg gerutscht (Leser 2003). Im oberen Bereich kannst Du am fehlenden Grasbewuchs den Anriss als nackte Narbe im Gelände gut erkennen. Im unteren Bereich hat sich der Schutt von oben gesammelt und eine buckelige Zunge gebildet.

Von Deinem Standpunkt aus sind auf der Plaun Segnas Sut zudem **drei riesige, flache Steinplatten** zu beobachten. Ursprünglich waren diese Brocken Teil der darüber aufragenden Felswand. Durch **Verwitterung*** brachen diese aus der Felswand heraus und gelangten auf irgendeine Art und Weise bis auf die Plaun Segnas Sut.

***Verwitterung**: Aufgrund des Klimas verwittert/zerfällt Gestein. In den Alpen kommt die Frostsprengung als häufigste Verwitterungsform der Gesteine vor. Dabei sickert Wasser in die mit Luft gefüllten Zwischenräume der Gesteine und gefriert an kalten Tagen und Nächten. Da

Eis ein grösseres Volumen als flüssiges Wasser hat, sprengt es die Gesteine (Das Lexikon der Erde o. J.).

Abb. 57: Drei riesige Steinplatten auf der Plaun Segnas Sut (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Den Geomorphologen ist es ein Rätsel, wie diese drei Platten bis auf die topfebene Plaun Segnas Sut hinunter gelangt sind. Ein Mensch würde es wohl nicht schaffen, diese schweren Brocken hochzuheben, geschweige denn talwärts zu tragen und diese dort wieder abzustellen. Hast Du eine Erklärung dafür? Im oberen Hangbereich, dort wo es genügend steil ist, trägt die Schwerkraft (Gravitation) die Hauptverantwortung für den Ausbruch der Felsplatten und den Transport. Im flacheren Teil überwiegt wahrscheinlich der Transport der Gesteine durch den Schnee. Dabei wirkt der Schnee als Rutschbahn.

ERLEBEN UND STAUNEN

Bewegt euch frei um diese drei markanten Felsbrocken herum. Sobald die Begleitperson „stopp“ ruft, klettert ihr schnell auf einen Stein. Wer es als Letzte/Letzter schafft, fällt aus dem Spiel. Gewonnen hat wer als Letzte/Letzer im Spiel bleibt.

5.3.6 POI 4 b)

POI 4 b) Mäander schlängeln sich durch das Moor

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... grosse Abschnitte der Plaun Segnas Sut aus einem **Moor** bestehen?

Abb. 58: Moor auf der Plaun Segnas Sut (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Moore können sich bilden, wenn der Untergrund für Wasser undurchlässig ist und dieses deshalb nicht abfliessen kann. Deswegen sind Moore, oft auch als „Sümpfe“ bezeichnet, ständig nass. Moore sind zudem sauerstoff- und nährstoffarme Gebiete. Mit diesen Eigenschaften bilden sie ideale Lebensräume für seltene und spezialisierte Pflanzen- und Tierarten. Moore sind in der Schweiz geschützt. So dürfen sie zum Beispiel nicht gedüngt werden, da sie sonst zu viele Nährstoffe erhalten, die den Tieren und Pflanzen schaden könnten (WSL 2015).

Mehrere **Mäander** durchströmen in auffallend geschwungenen Bögen die Plaun Segnas Sut. Mäander nennt man Bäche oder Flüsse die von einer zur anderen Seite pendeln. Dabei bilden sich typische Schlingen, die sogenannten Mäander (griechischer Name, benannt nach einem Fluss in der Türkei). An der Kurvenaussenseite (**Prallhang**) fliesst das Wasser etwas schneller und trägt dadurch das Ufer ab. Die langsamere Strömung auf der Innenseite (**Gleithang**) lagert Schlamm und Kies ab. Als Folge wächst die Schleife immer weiter nach aussen (Das Lexikon der Erde o. J.).

Abb. 59: *Zopfmuster: Mehrere mäandrierende Bäche haben sich verflochten (Foto U. Strub 2016).*

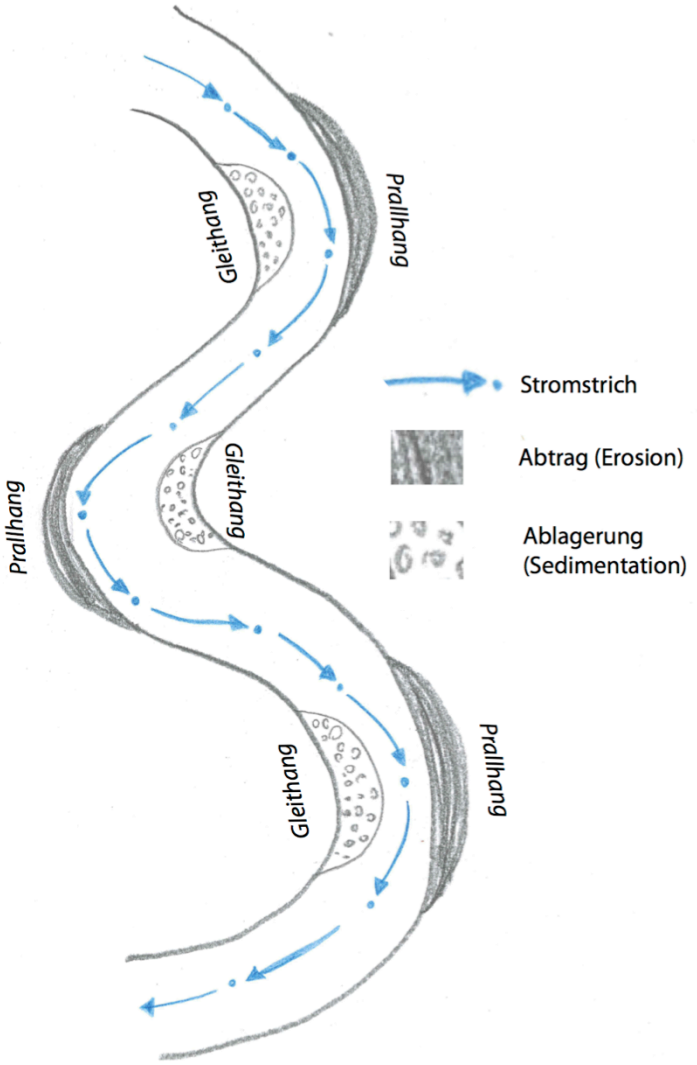


Abb. 60*: Skizze eines mäandrierenden Flusses. Entlang des Stromstrichs (blauer Pfeil) fliesst das Wasser am schnellsten (eigene Darstellung).*

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Abb. 61: Der mäandrierende Flem auf der Plaun Segnas Sut (Foto U. Strub 2016).

Wenn Du vom Wandern ein wenig ins Schwitzen gekommen bist, gönne Deinen Füssen eine Massage. Spaziere barfuss auf dem Moor herum. Wie fühlt es sich an?

Kannst Du in diesem Bild die Fliessrichtung des Baches namens Flem herausfinden? Woran erkennst Du dies? Am unteren rechten Bildrand, auf der linken Seite des Flems fliesst ein Bach in den Flem. Dessen Fliessrichtung entspricht der Fliessrichtung des Flems, d.h. das Wasser strömt vom unteren Bildrand in Richtung es oberen Bildrandes (siehe Abb. 62).

Beschrifte nun die Prall- und Gleithänge auf dem Foto (siehe Lösung Abb. 62).

Wirf einen Korkzapfen in einen Bach mit ausgeprägten Mäanderschlingen. Beobachte wie seine Schwimmbahn verläuft. Was fällt Dir auf? Der Korkzapfen schwimmt zu der kurvenäusseren Seite (Prallhang), von dort in die Mitte des geraden Flussstücks und in der Kurve wieder in Richtung des Prallhangs. Dabei ist die Zone des schnellsten Fliessens (siehe „Stromstrich“ in Abb. 60) ersichtlich.

Abb. 62: Lösungsbild: Die Fliessrichtung des Seitenbachs und des Flems sowie die markierten Gleit- und Prallhänge (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

5.3.7 POI 5

POI 5 Auf dem Rücken der Moränenwälle unterwegs

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... Du Dich genau am Rande eines ehemaligen Gletschers befindest, der vor über 12'500 Jahren bis hierher vorstiess und diese giebelartige **Wallform** schuf?

Der Wanderweg verläuft von der Plaun Segnas Sut auf dem Rücken/Grat eines **Moränenwalls** und entlang eines ausgedehnten Moränenfeldes in Richtung des höher gelegenen weltberühmten Martinslochs.

Moränenwälle bilden sich an den Rändern von Gletschern, bestehen aus ungerundeten und unsortierten Steinen und fallen durch ihre giebelartige Form auf (Leser 2003). Da diese Ablagerung vom **Las Palas Gletscher** hier schon vor mehr als 12'500 Jahren erfolgte, ist in der Zwischenzeit eine Grasdecke darüber gewachsen (Ivy-Ochs 2008). Links und rechts von Dir kannst Du noch weitere Moränenwälle aus jener Zeit beobachten.

In Abbildung 63 sind alle Moränenwälle eingezeichnet. Du befindest Dich momentan beim schwarzen Punkt.

Abb. 63: Moränenwälle des ehemaligen, heute verschwundenen Las Palas-Gletschers aus der ausgehenden letzten Eiszeit (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Von hier aus hast Du eine herrliche Aussicht auf die Schwemmebene Plaun Segnas Sut. Benutze das Fernglas um die weiter entfernten Phänomene, wie beispielsweise die mäandrierenden Bäche, den Riegel bestehend aus den Ablagerungen des Flimser Bergsturzes, die Segneshütte etc. zu erkunden. Entdeckst Du vielleicht sogar eine Gämse oder ein Murmeltier?

5.3.8 POI 6

POI 6 Murgänge haben sich über den Wanderweg gewälzt

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... es hier bei starkem Regenwetter ganz schön gefährlich werden kann?

An Stellen wie hier, wo der Schutt wie eine zähe Masse über den Wanderweg geflossen ist, spricht man in Fachkreisen von **Murgängen** oder **Rüfen**. Murgänge sind ein Gemisch aus Wasser, feinem Sand und groben Steinen, das sich in der **Schutthalde*** breiartig hangabwärts bewegt, bis es wieder flacher wird und die Masse zum Stillstand kommt. Damit sich ein Murgang bilden kann, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein (WSL 2006):

- Der Hang muss genügend steil sein.
- Es muss ausreichend lockeres Gesteinsmaterial herumliegen (z.B. in Schutthalden).
- Es tritt plötzlich viel Wasser auf, welches den Schutt in Bewegung setzt (entweder Schmelzwasser des Schnees oder starker Regenfall).

***Schutthalde:** Die Ansammlung ganz vieler Steine unterhalb einer Felswand wird Schutthalde genannt. Von den steilen Felswänden lösen sich andauernd kleinere und grössere Steine, die aufgrund der Gravitation herunter stürzen. An den Hängen unterhalb der Felswände bleiben sie liegen. Je grösser und schwerer die Steine sind, desto weiter stürzen sie herunter (Leser 2003).

Schau dich um, wo kannst du überall Schutthalden entdecken? Unterhalb der Tschingelhörner haben sich beispielsweise grosse Schutthalden gebildet. Wenn Du Glück hast, kannst Du herunterstürzende Steine hören, die sich von der Felswand lösen.

Abb. 64: Exponierte Stelle, wo sich ein frischer Murgang über den Wanderweg gewälzt und diesen mit Schutt zugedeckt hat. Am Rande der Ablagerung sind sogenannte Levées zu sehen (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Auf dem Foto ist ein frischer Murgang zu sehen. Er hat sich vermutlich vor wenigen Jahren gebildet. Die Seitenwälle, in der Fachsprache als **Levées** (französisch) bezeichnet, sind deutlich ausgebildet. Levèes bestehen aus durchmischtem Murgangmaterial. Wegen starker Reibung an den Seiten der Fliessbahn, wird dort der Schutt abgebremst und dann abgelagert (WSL 2006).

Murgänge werden für den Menschen und für die Siedlungsgebiete hie und da gefährlich. Ihre Kraft kann Gebäude zerstören und Menschenleben fordern.

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Beschreibe die hier herumliegenden Gesteine: Welche Farbe haben Sie? Sind es eher harte oder weiche Steine? Benutze die Lupe als Hilfsmittel, um sie genauer zu untersuchen. **Farbe:** hauptsächlich in grauen und grünen Farbtönen. **Härte:** eher weich, einige Steine lassen sich von Hand brechen. Wenn die Gesteine nass sind (z.B. durch Schmelzwasser oder Niederschlagswasser), fühlen sie sich schmierig an.

Suche Deinen Lieblingsstein! Als Erinnerung an Deine Forschungsarbeit, darfst Du ihn mit nach Hause nehmen.

ERLEBEN UND STAUNEN

Mit Steinen lassen sich faszinierende Kunstwerke bauen. Leute die Kunstwerke in der Natur aus natürlichen Gegenständen bauen, werden „Landart Künstler bzw. Künstlerin“ genannt, abgeleitet von den Englischen Begriffen „land = Land“ und „art = Kunst“. Dieses Steinherz wurde von solch einem Künstler/einer Künstlerin konstruiert.

Abb. 65: Ein Herz aus Steinen geformt (http://www.vitaswelt.de/resources/Y04.jpg)

Legt zusammen ein eigenes Kunstwerk aus Steinen und macht ein Erinnerungsfoto davon.

Achtung, Ausrutschgefahr! Auf diesem Wanderwegabschnitt (von hier bis zum POI 7) ist besondere Vorsicht geboten.

5.3.9 POI 7

POI 7 La Siala – Aussicht auf die Plaun Segnas Sura und Sut

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... Wasser die Kraft hat, harte Gesteinsbrocken nach und nach zu rundlichen Geröllen zu formen und schliesslich zu Sand zu zerreiben?

Flüsse tendieren dazu, ihre mitgeschleppte Schuttfracht meist in Form ausgedehnter, nahezu ebener Flächen zu deponieren. Weil die Schwemmebene Plaun Segnas Sura an ihrem Ansatzpunkt weiter oben direkt aus dem schuttreichen Vorfeld eines existierenden Gletschers – des Glatschiu dil Segnas –hervorgeht, nennt man ein derartig **gletschernahes Schotterfeld** einen **Sander** (auf isländisch Sandur oder Sandr) (Leser 2003).

Abb. 66: Aussicht von La Siala auf den Fil de Cassons, die beiden Felsriegel und die beiden Schwemmebenen Plaun Segnas Sura und Plaun Segnas Sut (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Wie die Plaun Segnas Sut verdankt auch die Plaun Segnas Sura ihre Existenz hier sogar zweier rückstauender Felsriegeln. Diese sind hier jedoch nicht durch Bergsturz-Trümmer (Lockermaterial) entstanden, sondern bestehen aus festem Felsgestein (Fels).

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Von hier aus ist sowohl die Station der Graubergbahn als auch der Fil des Cassons sichtbar. Findest Du sie? Betrachte den Kartenausschnitt (Abb. 67) und suche die Station der Graubergbahn und den höchsten Punkt des Fil des Cassons. Was schätzt Du, wie gross ist die

Distanz (Luftlinie) von hier zum Fil de Cassons und von hier zur Station der Graubergbahn? Notiere deine Vermutungen. Nun kannst Du Deine Schätzungen überprüfen, indem Du die beiden Distanzen auf der Karte (im Massstab 1:20'000) misst und anschliessend auf die reale Distanz umrechnest. Benutze das in der Forscherbox enthaltene Lineal.

Die Distanz von Deinem Standort bis zur Station Grauberg beträgt 10 cm auf der Karte. Diese 10 cm musst Du mit 20'000 multiplizieren, da die Karte im Massstab 1:20'000 abgebildet ist. Dies ergibt eine reale Distanz von 200'000 cm, d.h. 2 km.

Die Distanz von deinem Standort bis zum höchst gelegen Punkt des Fil de Cassons (2678 m über Meer) beträgt 10.4 cm auf der Karte. Dies entspricht einer realen Distant von 208'000 cm, d.h 20.8 km.

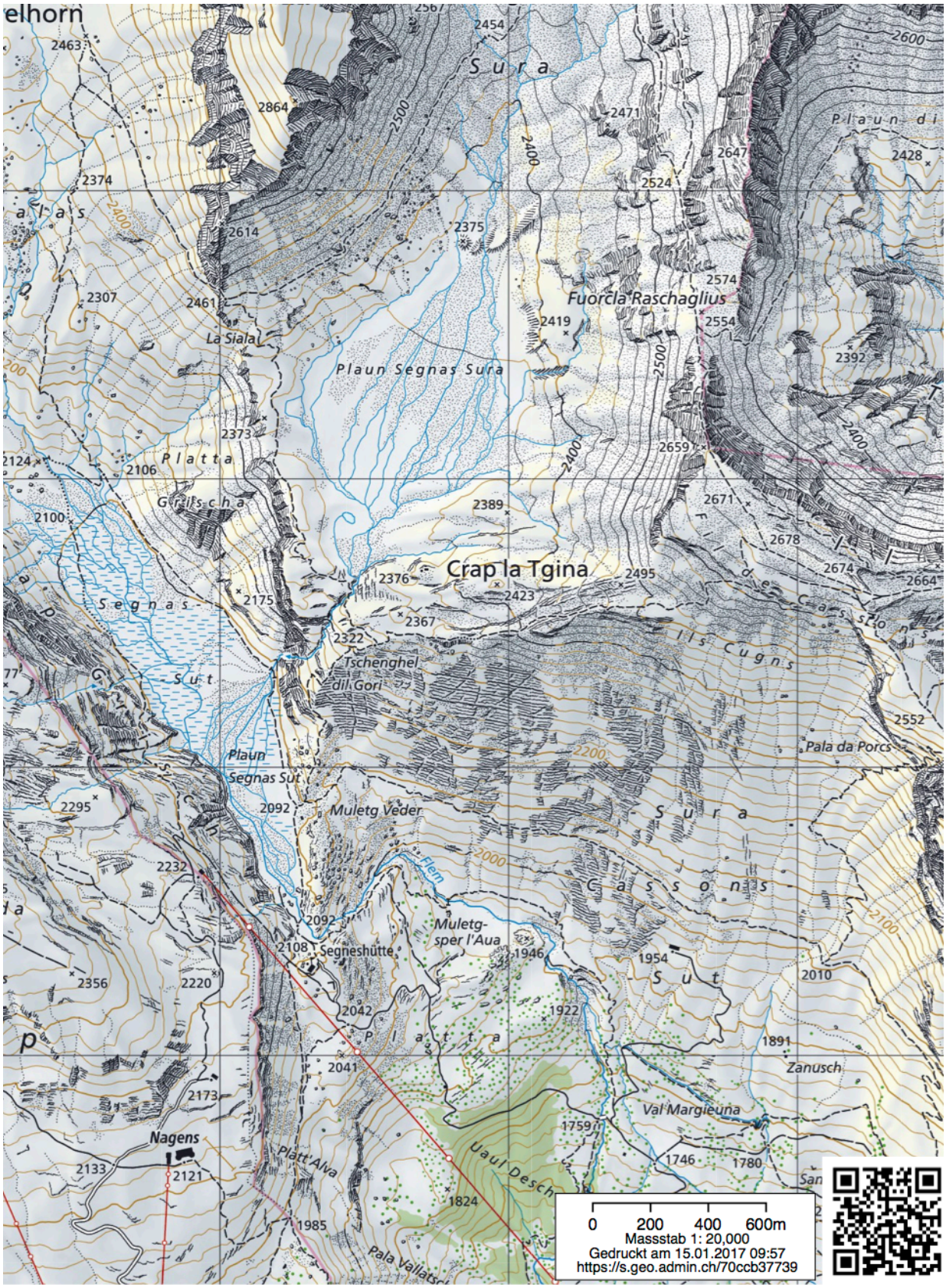


Abb. 67: Kartenausschnitt für die Aufgabenstellung beim POI Nr. 7 (Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2014)

Karte mit den eingezeichneten Standorten und Distanzen:

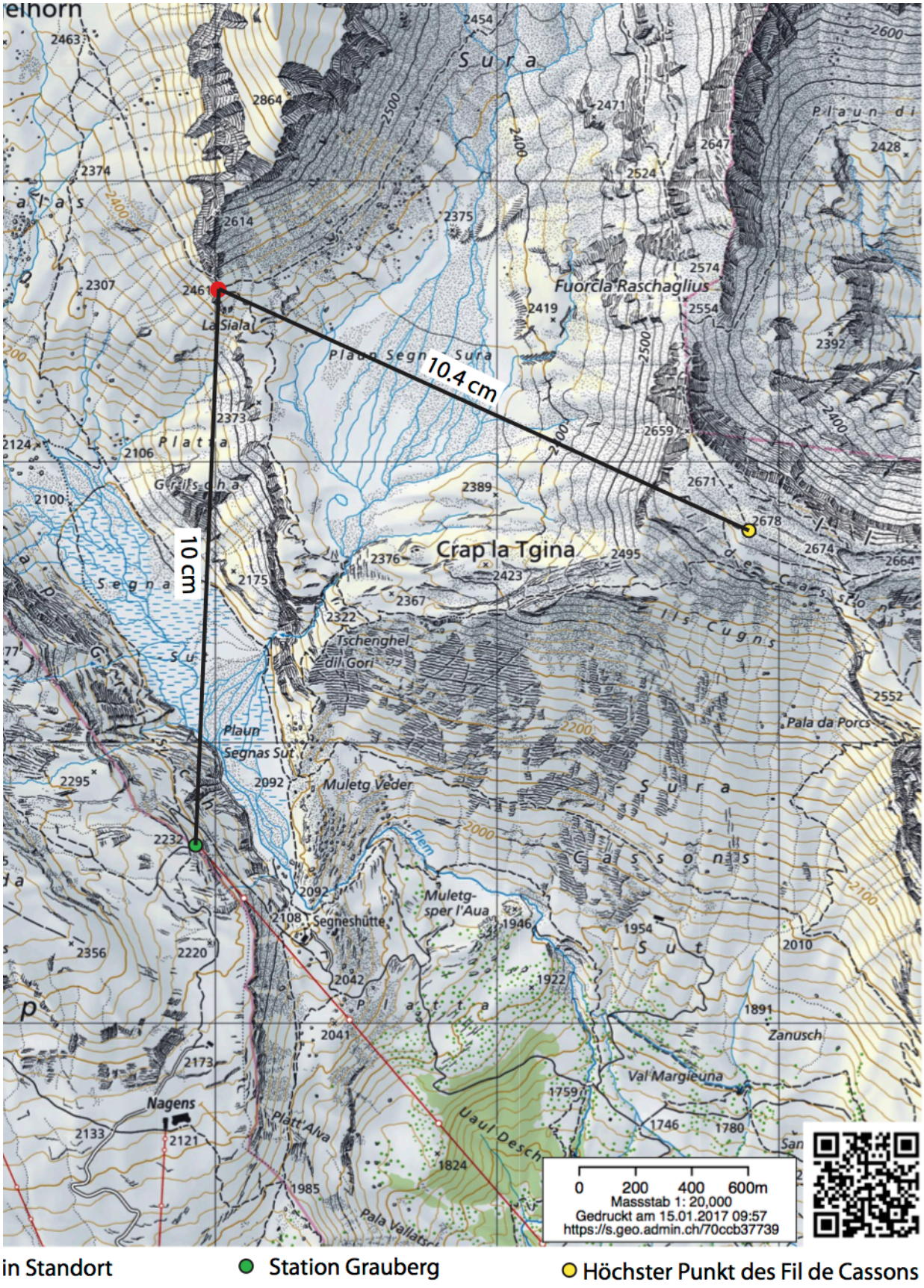


Abb. 68: Lösungen (Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2014, ergänzte Darstellung)

5.3.10 POI 8 a)

POI 8 a) Im Dschungel von Gesteinsblöcken

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... die Fachleute das in den Alpen vorkommende Gesteinsmaterial entweder als **Festgestein** (Fels) oder **Lockergestein** (Schutt) bezeichnen?

Sieh Dich um: Welche Gebiete bestehen aus hartem, stabilem Felsen, welche sehen eher locker und damit instabil und beweglich aus?

Die groben und unsortierten Gesteinsblöcke, die verstreut in der Umgebung liegen, werden als **Blockschutt** bezeichnet (Imbaumgarten 2005). Die Gesteinsblöcke haben sich von der Felswand des Berges namens Atlas gelöst und sind wegen der Schwerkraft bis in das Gebiet Deines Standortes gerollt.

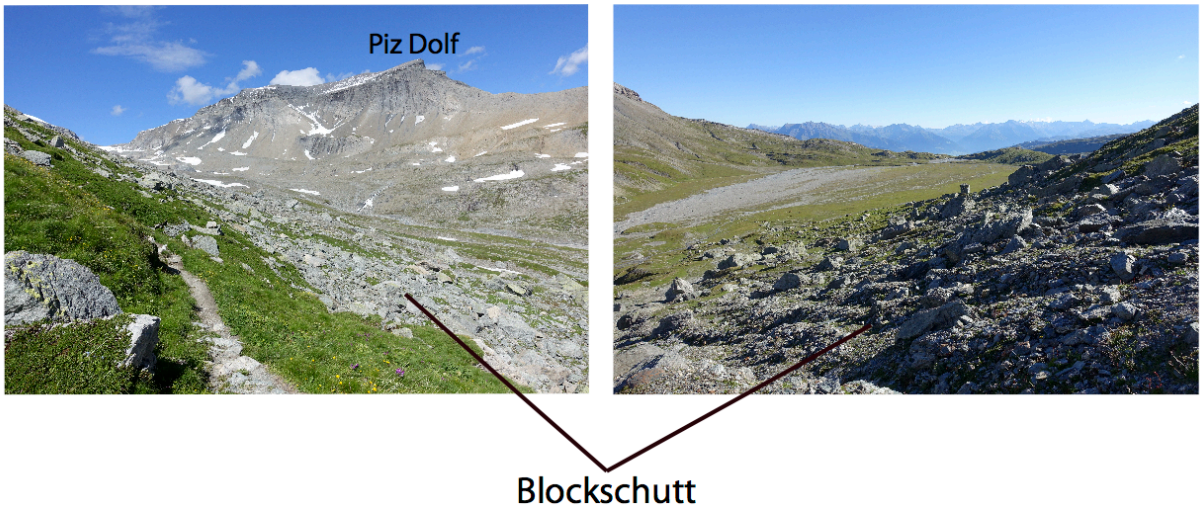


Abb. 69: Blockschutt (Fotos U. Strub 2016, ergänzte Darstellungen).

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

In der Forscherbox findest du vier ausgedruckte Luftbilder aus den Jahren 1958, 1978, 2003 und 2014 (Abb. 70). Betrachte die Aufnahmen. Zu erkennen ist, dass sich der grösste Teil des auf den Luftbildern sichtbaren Blockschuttes rund um deinen Standort (schwarzer Punkt) über die Zeit kaum verändert hat und deswegen hier schon länger als 58 Jahre abgelagert ist.

Fallen Dir Unterschiede beim Betrachten dieser vier Luftaufnahmen auf? Suche Schneeflecken auf den Bildern! Wo kannst Du Schnee erkennen? Auf den Bildern von 1958, 1978 und 2014. Weshalb hat es auf einem Bild deutlich mehr Schnee als auf den anderen? Die Bilder wurden während unterschiedlicher Tage/Monate aufgenommen (irgendwann zwischen Juni und Oktober) und/oder der Sommer/Herbst im Jahr 1978 war deutlich kühler als die anderen drei.

Auffallend ist, dass beim Bild vom Jahr 2003 kein Schnee vorhanden ist. Während diesem Sommer war es extrem heiss. Er wurde als sogenannter Hitzesommer definiert.

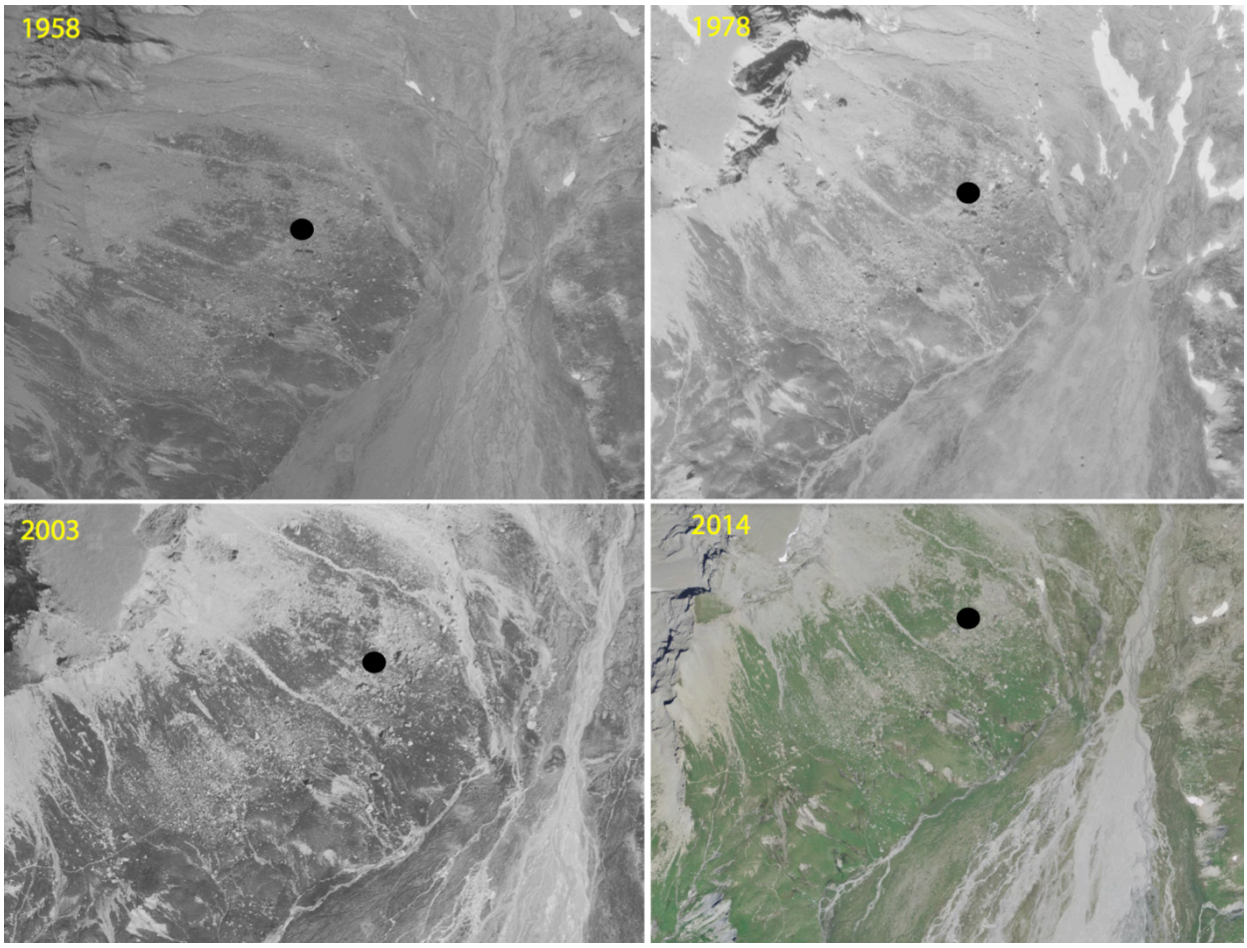


Abb. 70: Vier Luftbildaufnahmen der Jahre 1958, 1978, 2003 und 2014 (Luftbilder swisstopo).

ERLEBEN UND STAUNEN

Versteckspiel: Diese Gesteinsblöcke laden zum Versteckspiel ein. Deine Begleitperson bestimmt das Spielfeld. Achtung, Du befindest Dich im Hochgebirge! Sei aufmerksam und stolpere nicht. Wer darf sich verstecken? Wer muss suchen?

5.3.11 POI 8 b)

POI 8 b) Schwemmebene, Schwemmkegel und Murkegel im Vergleich

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... viele der kegelartigen Geländeformen vor Dir ihre Entstehung dem fliessenden Wasser zu verdanken haben?

Wasser vermag an steilen Hängen grosse Schuttmengen abzutragen (zu erodieren). Wenn die Schleppkraft eines Baches nachlässt, muss er das weggeführte Material irgendwo auch wieder ablagern. Dies passiert meist dort, wo das Bachbett flacher wird, die Fliessgeschwindigkeit also abnimmt. Das Material wird dabei fächerartig abgelagert. Je nach Situation unterscheidet man drei Arten der Fluss-Ablagerungsform: **Schwemmebene**, **Schwemmkegel** und **Murkegel**. Der Hauptunterschied zwischen den drei Arten der Fluss-Ablagerungsform liegt im Neigungswinkel des Bodens. Beim Murkegel ist die Neigung am grössten (> 20°), am geringsten ist sie bei der Schwemmebene (Imbaumgarten 2005). Das Gefälle eines Schwemmkegels beträgt meistens weniger als 10° (Busch 1986 zit in: Zepp 2003).

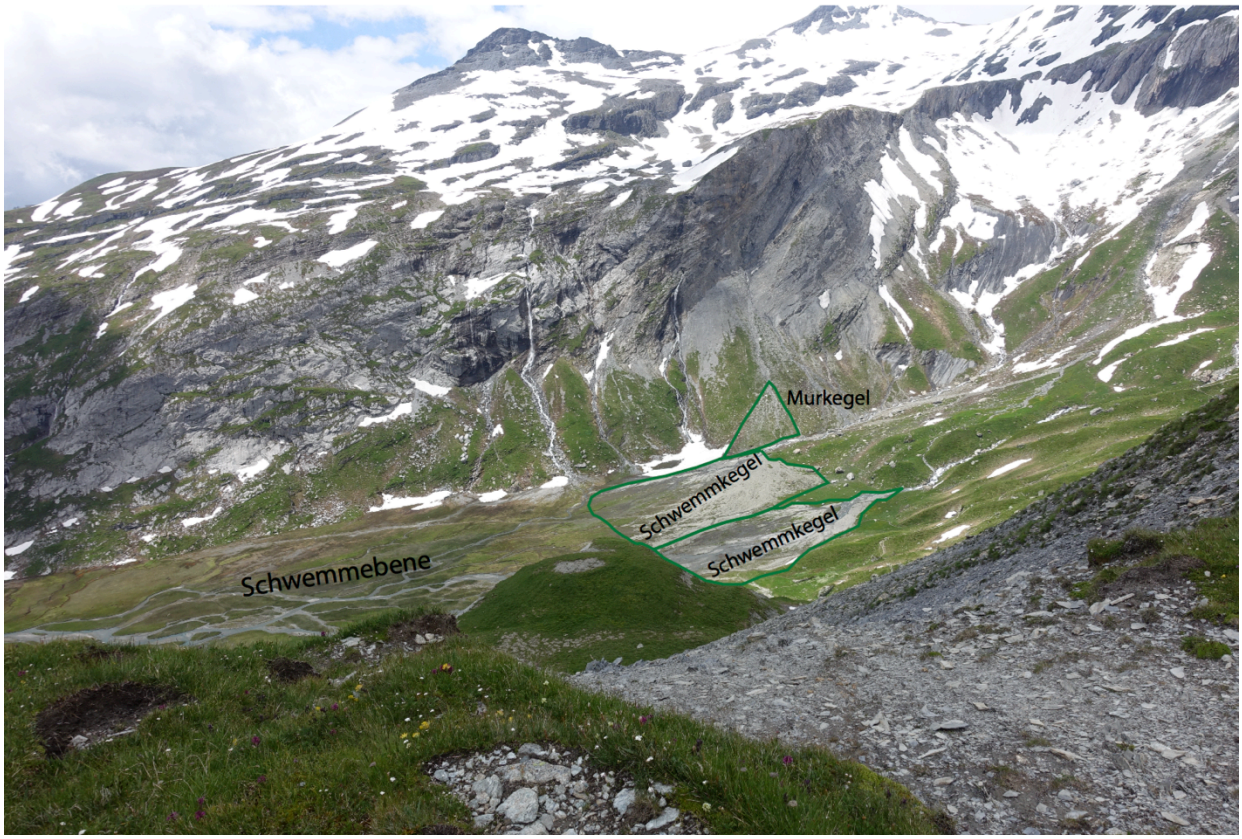


Abb. 71: Schwemmebene, Schwemmkegel und Murkegel (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Benutze das Fernglas. Suche Adjektive, die diese drei Ablagerungsformen beschreiben! **Murkegel:** dreieckig, grau (Sedimente), steinig, grob, steil; **Schwemmkegel:** dreieckig / Fächer ähnlich, grau (Sedimente), steinig, flacher als Murkegel; **Schwemmebene:** flacher und deutlich grösser als Mur- und Schwemmkegel, farbig (grau, grün und braun), flussreich, flach.

5.3.12 POI 9 a)

POI 9 a) Inmitten des Gletschervorfeldes

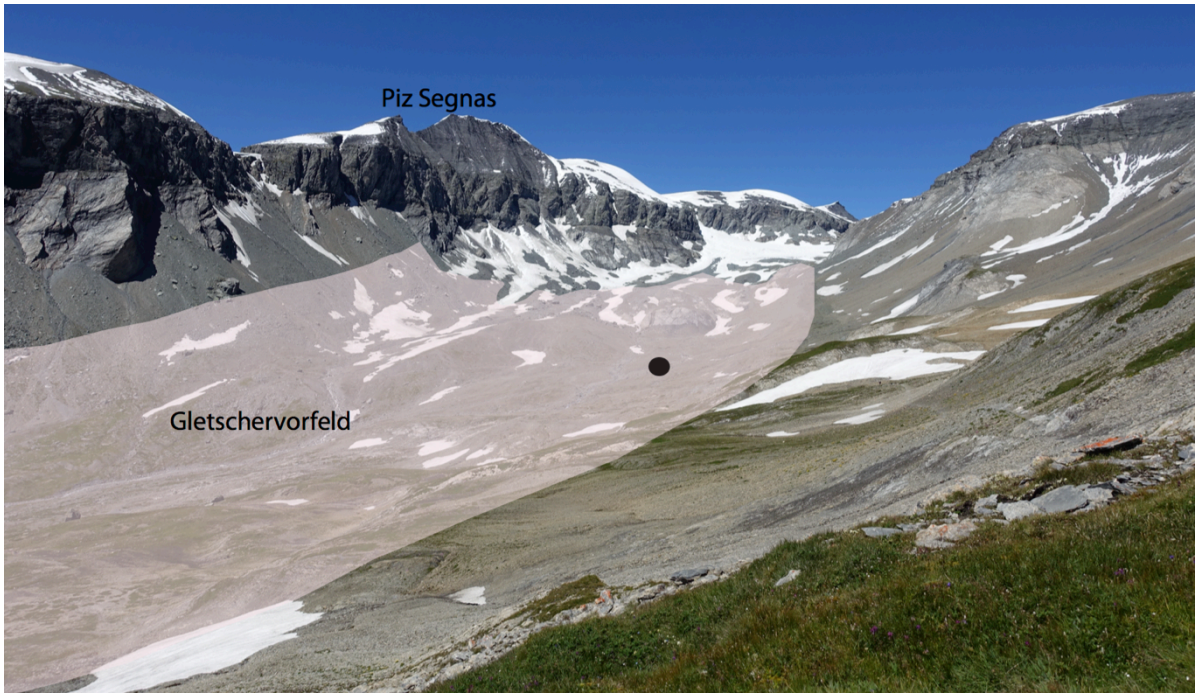


Abb. 72: Gletschervorfeld des Segnes-Gletschers (Foto U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

...der Segnes-Gletscher vor rund 160 Jahren wesentlich weiter als bis zu Deinem Standort (schwarzer Punkt) reichte?

Du befindest Dich inmitten des **Gletschervorfeldes**, welches bei der Plaun Segnas Sura endet. Die Spuren des Segnes-Gletschers sind hier noch ganz frisch und gut erkennbar:

- Wenn Du nach oben schaust, erkennst Du Teile der **Gletscherzunge,** d.h. der untere Endbereich des Gletschers.
- Mehrere **Bäche mit Gletscherschmelzwasser** fliessen durch das Gletschervorfeld bis zur Plaun Segnas Sura.
- Wenn Du zum Segnes-Gletscher hoch schaust, ist auf der rechten Seite des Gletschervorfeldes ein langgezogener **Moränenwall** erkennbar. Die Entstehung eines Moränenwalls wird bei **POI 5** erklärt.
- Ein typischer **Rundhöcker*** wurde durch die abschleifende Kraft des Eises gebildet und ist nun zum Vorschein gekommen.

***Rundhöcker:**

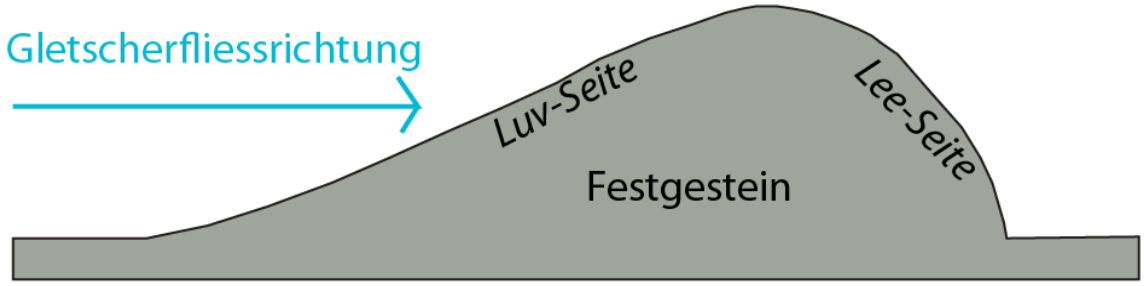


Abb. 73: Graphische Darstellung eines Rundhöckers (Freie Universität Berlin o. J., modifizierte Darstellung).

Bildung eines *Rundhöckers: Der Gletscher fliesst über einen Felsen. Auf der Luv-Seite (flache Seite) des Felsens (Festgestein) entstehen durch den hohen Druck des Eises und des mitgeführten Schuttmaterials Schrammen. Auf der Lee-Seite (steile Seite) hingegen reisst das Eis Gesteinsstücke aus dem Felsen heraus. Deshalb ist die Lee-Seite kantig (Ahnert 2015; Zepp 2003).

Die riesige Schuttansammlung hier im Gletschervorfeld stammt ursprünglich von den steilen Felswänden rund um Deinen Standort. Das lose Gestein der Felswände stürzte auf die Gletscheroberfläche und wurde durch den Gletscher und die Bäche hierher transportiert.

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Beschrifte jede Abbildung im weissen Feld mit einem der vier Begriffe (Gletscherzunge, Gletscherbach, Moränenwall, Rundhöcker). Welcher Begriff bleibt übrig? Linkes oberes Bild: Moränenwall; linkes unteres Bild: Rundhöcker; rechtes Bild: Gletscherbach.

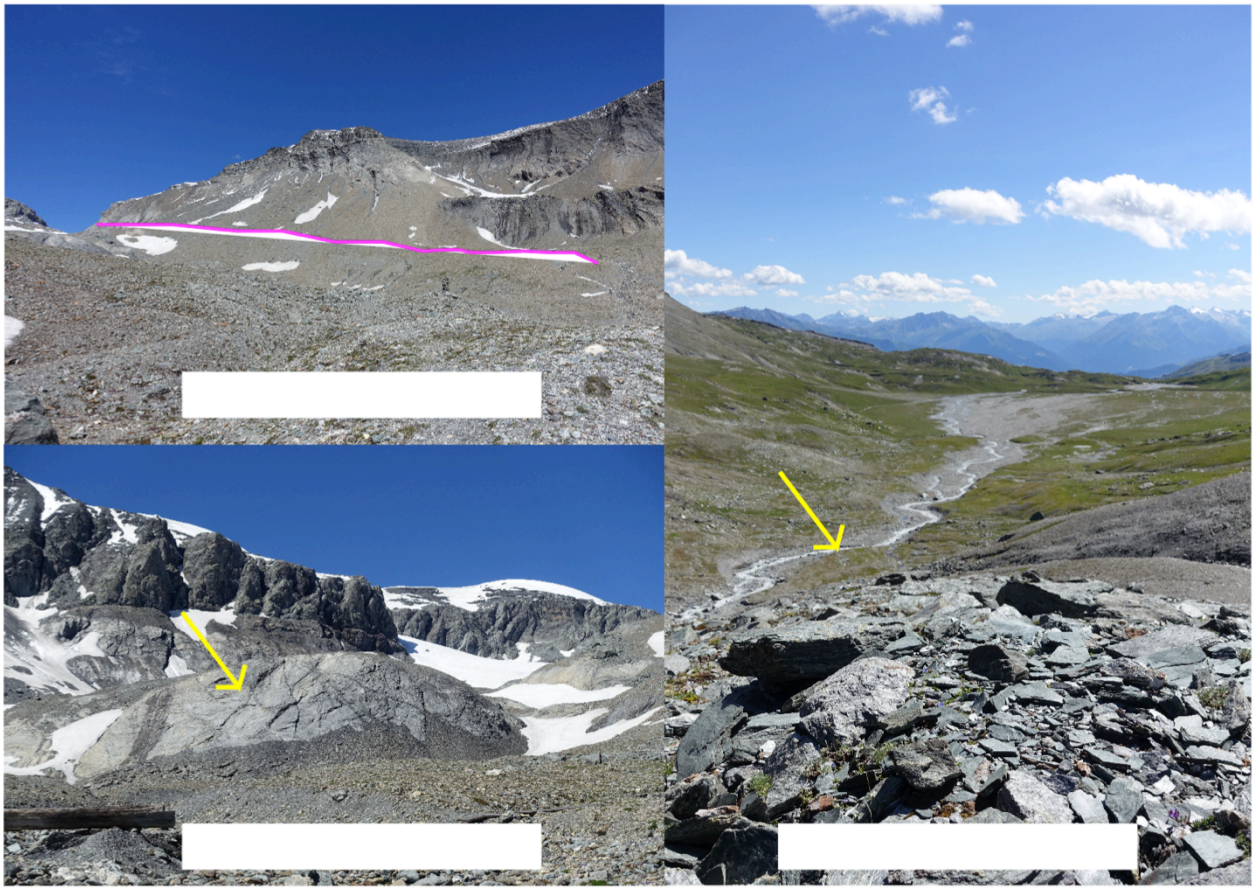


Abb. 74: Drei Fotos aus dem Gletschervorfeld mit zwei typischen Geomorphologischen Formen und einem Bachgerinne (Fotos U. Strub 2016, ergänzte Darstellung).

Bei **POI 5** hast Du bereits Moränenwälle gesehen und bist auf deren Grat hochgewandert. Erkennst Du den Unterschied zwischen den Moränenwällen bei **POI 5** und dem Moränenwall den Du **hier** beobachten kannst? Die älteren Moränenwälle bei POI 5 sind im Gegensatz zum jüngeren Moränenwall bei POI 9 a) bereits mit Gras überwachsen. Hier (POI 9 a)) sind die ungerundeten und ungeschichteten Steine, aus denen ein Moränenwall besteht, gut ersichtlich.

ERLEBEN UND STAUNEN

Versuche in 5 Minuten – aus einer einzigen Steinart – ein möglichst hohes Steinmännchen zu bauen. Wer gewinnt?

5.3.13 POI 9 b)

POI 9 b) Der Segnas Sura Bach - kurz vor dem Sturz in die Tiefe

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... sich Wasser, wenn es genügend sauer ist, durch hartes Gestein fressen kann?

Nicht weit von hier entfernt stürzt sich der Segnas Sura Bach als Wasserfall über eine Geländestufe aus Kalkgestein auf die Plaun Segnas Sut hinunter. Wenn man sein steil eingeschnittenes Bachbett genauer erkundet, sieht man überall eigenartige, löchrige Vertiefungen im Fels.

Der Fachmann bezeichnet derartige Ausbuchtungen als **Karsterscheinungen**. Den Vorgang nennt er **Kalklösung**.

Abb. 75: Karstformen (Fotos U. Strub 2016)

Wie werden solche Karstformen gebildet? Wenn Wasser leicht sauer ist, kann es Kalkstein angreifen und dabei den Kalk an der Oberfläche lösen. So entstehen verschiedenste interessante Formen wie Rillen und Löcher im Gestein (Das Lexikon der Erde o. J.). Derart verkarstete Felswände sind bei Kletterern sehr beliebt, denn die kantigen Rillen und Löcher sind geeignete Klettergriffe.

Die Auflösung des Kalks geschieht auch im Alltag: Manche Gebäude oder Gebäudeteile (z.B. Fensterbänke, Bodenplatten etc.) bestehen aus Kalkstein (der Geologe bezeichnet diese als Karbonate). So kann Regen über längere Zeit den Kalkstein angreifen und Schäden verursachen. Kalkreiniger enthalten Säure, um hartnäckigen Kalk (z.B. in der Dusche

oder im Wasserkocher) zu entfernen. Vielleicht darfst Du zu Hause zusammen mit Deinen Eltern den Kalkreiniger in der Dusche oder Küche testen.

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Nimm das Fläschchen mit Salzsäure (HCl, in verdünnter Konzentration 10%) zur Hand und gib ein paar Tropfen davon auf eine trockene Gesteinsfläche. Was passiert? Weshalb? Kalk reagiert auf HCl. Es schäumt und rauscht. Dabei löst sich Kalk auf und ein neues Produkt, Kohlendioxid (ein Gas), entsteht und entweicht (als Blasen zu sehen).

5.3.14 POI 10

POI 10 Fil de Cassons – Aussichtspunkt

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

...Du hier auf 2678 Metern über Meer, dem höchsten Punkt des landschaftkundlichen Erlebnisweges stehst (swisstopo: Landeskarte, Datenstand 2014)?

Bei **POI 1** hast Du schon einiges über die 25'000 jährige Gletschergeschichte erfahren und nun erfährst du hier, weshalb der Segnes-Gletscher, vor allem in der sehr kurzen Zeitspanne der ungefähr letzten 50 Jahre stark zurückgeschmolzen ist.

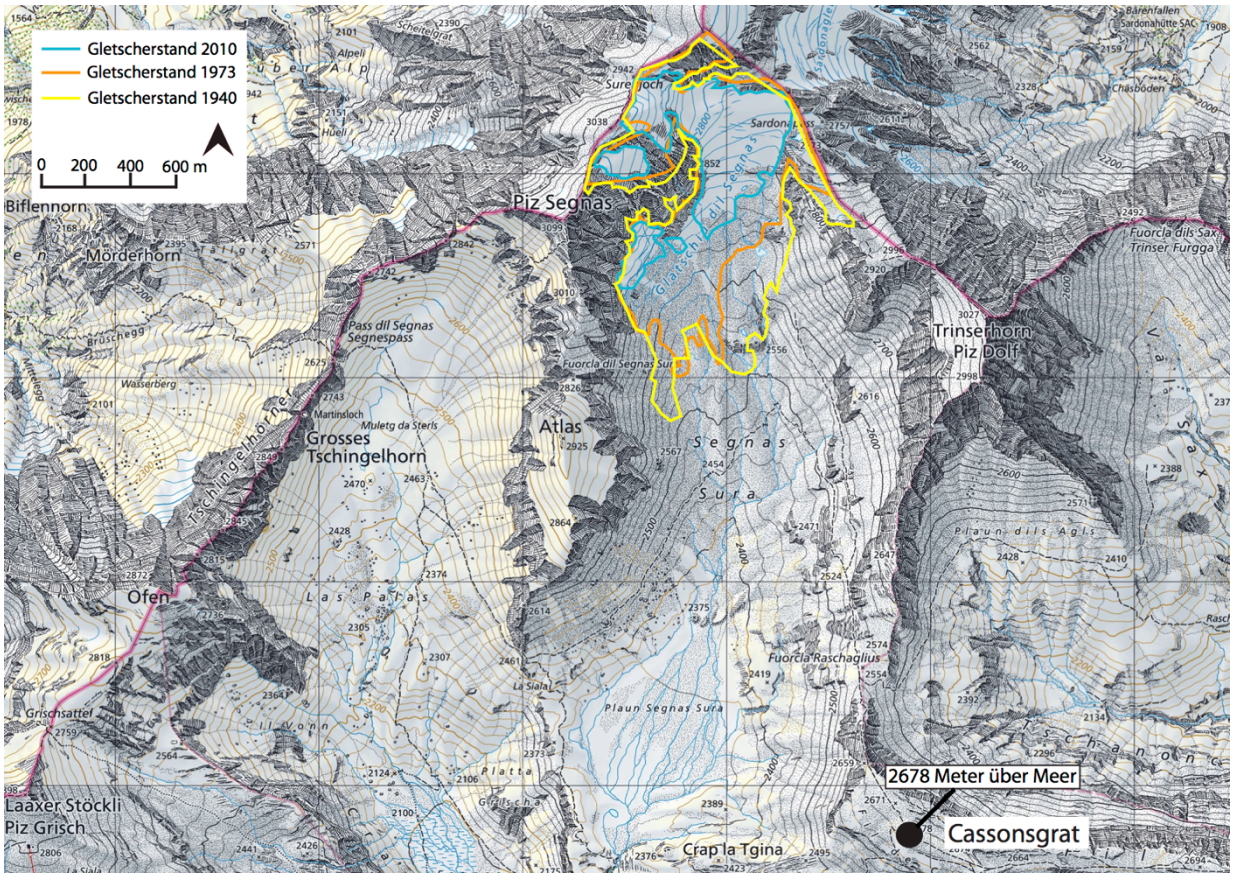


Abb. 76: Die Ausdehnung des Segnes-Gletschers während der Jahre 1940, 1973 und 2010. Der schwarze Pfeil zeigt in Richtung Norden. Du befindest Dich momentan beim schwarzen Punkt (Fischer u. a. 2014; Frank 2007; Maisch u. a. 2000; Müller u. a. 1976; Kartengrundlage: swisstopo, Datenstand 2014, modifizierte Darstellung*).*

Das Klima wandelte sich stets. So gab es immer wieder Wechsel zwischen **Warm-** und **Kaltzeiten**. Die letzte grosse Kaltzeit mit mächtigen Eisgletschern erreichte vor 25'000 Jahren ihren Höhepunkt (Bini et al. 2009).

Abb. 77: Verkehrsstau beim Kreuz Zürich Ost (Hofer 2011).

Seit dem Holozän/der Nacheiszeit, d.h. seit ca. 11'700 Jahren befinden wir uns in einer Warmzeit. Die Gletscher der Eiszeit verkleinerten sich am Ende der letzten grossen Kaltzeit. Pflanzen sprossen, Seen haben sich gebildet und Menschen besiedelten die eisfrei gewordenen Gebiete.

Seit längerem sorgen sich Klimaforschende zunehmend um unser Klima. Die durchschnittliche Lufttemperatur an der Erdoberfläche stieg in den letzten 50 Jahren stark an. Hauptschuldig am sogenannten **Klimawandel** sind die **Treibhausgase**, welche vom Menschen seit der Industrialisierung (Jahr 1770) verstärkt in die Atmosphäre entlassen werden (zum Beispiel mit unseren Autos, dem Flugverkehr, der Massentierhaltung etc.). Treibhausgase bewirken, dass die Lufttemperatur ansteigt. Zu den Treibhausgasen zählen unter anderem Wasserdampf, Kohlendioxid, Methan sowie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) (Pusch 2015). Grosse Wetterereignisse wie Stürme, heisse trockene Sommer oder heftige Regenfälle sind Folgen des Klimawandels. Der Segnes-Gletscher wurde vor allem seit den letzten 50 Jahren vom Klimawandel geprägt. Er ist zu einem kleinen Eisfleck zurückgeschmolzen.

Entwicklung des Segnas Gletschers: 1850 und 1998

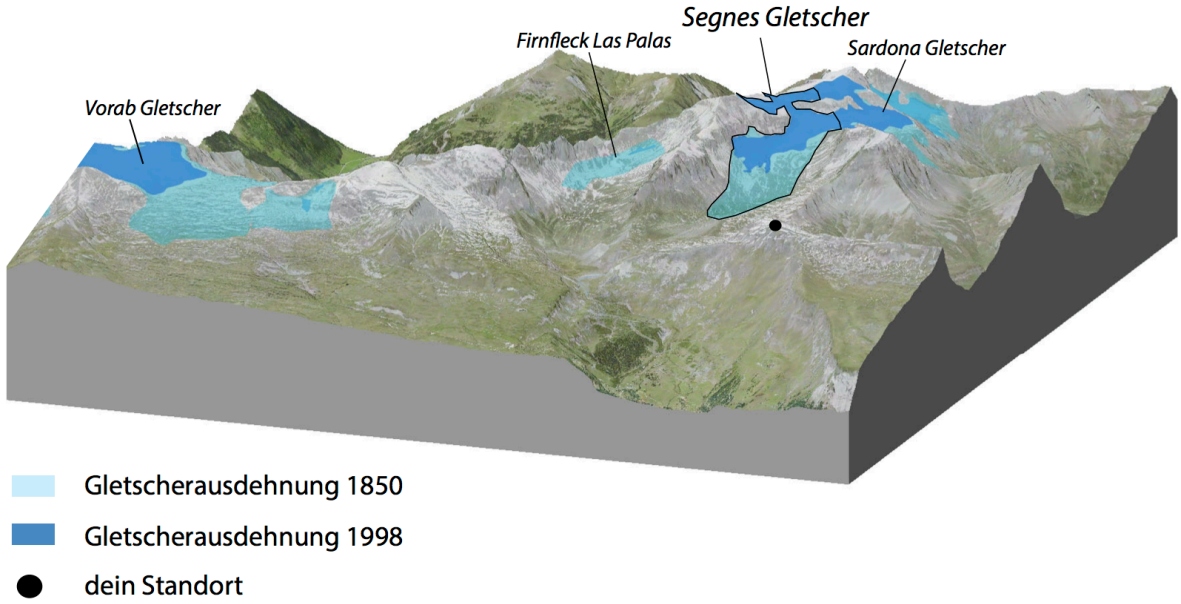


Abb. 78: Entwicklung des Segnas Gletschers und der umgebenden Gletscher seit dem Hochstand von 1850 bis 1998 (Institut für Kartografie ETH Zürich u. a. 2010, beruht auf dem Schweizer Gletscherinventar CH-INVGLAZ, ergänzte Darstellung).

Im Blockbild (Abb. 78) sind die Ausdehnungen (1850 und 1998) des Glatschiu dil Segnas und der in der Nähe liegenden Gletscher zu sehen.

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Aufgrund des Klimawandels werden die meisten Schweizer Gletscher in rund 100 Jahren komplett abgeschmolzen sein. Ausserdem wird es häufiger Naturkatastrophen wie Überschwemmungen, Murgänge, Trockenheit etc. geben (Rebetez und Lehmann Friedli 2016).

Eine wirksame Methode, dem Klimawandel entgegenzuwirken, ist das Energiesparen: in der Schule, in der Freizeit, zu Hause und in den Ferien. Denn so vermindern wir den persönlichen Ausstoss von Treibhausgasen in die Atmosphäre.

Hast Du eine Idee, wie du im Alltag Energie sparen könntest? Beispielsweise mit dem Zug anstatt mit dem Flugzeug in die Ferien fahren oder beim Verlassen eines Raumes das Licht löschen.

5.3.15 POI 11

POI 11 Abrisskante Flimser Bergsturz

„HAST DU GEWUSST, DASS...“

... Du hier am Rande und am Abgrund eines der gewaltigsten Naturschauspiele stehst, das in den Alpen je stattgefunden hat?

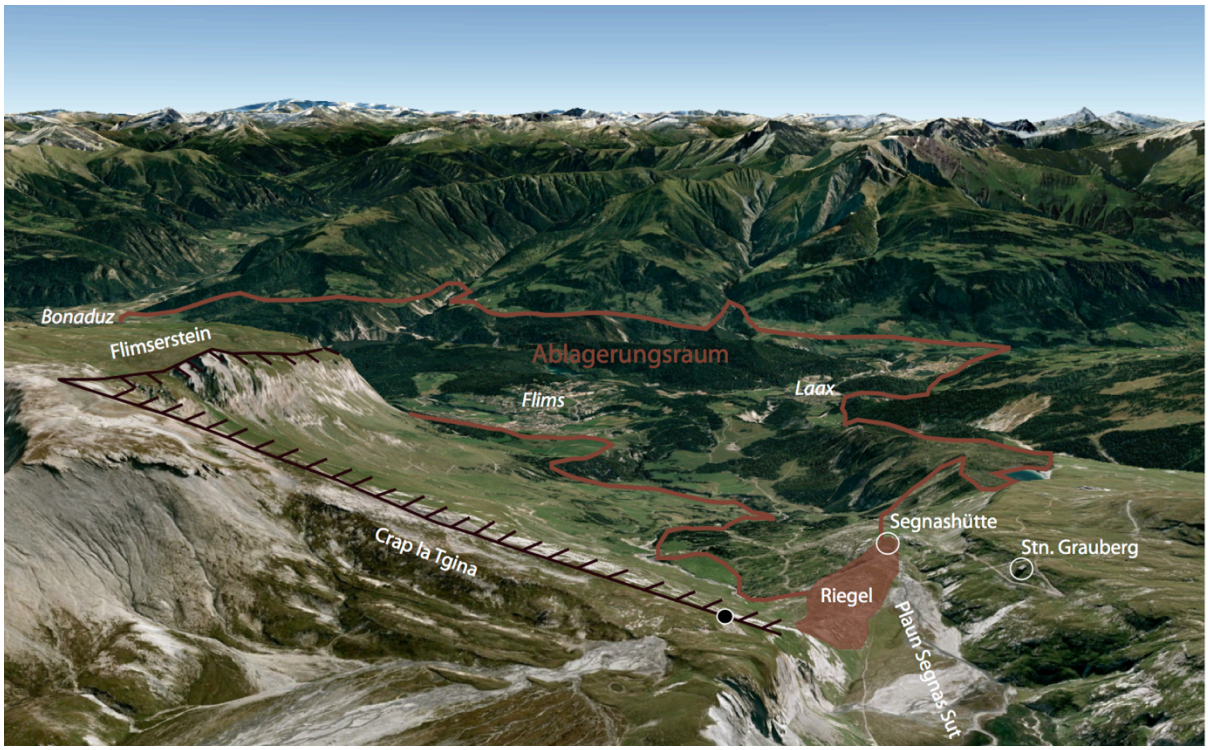


Abb. 79 Übersicht Abrisskante und Ablagerungen des Flimser Bergsturzes (Google Earth; Caprez 2008; ergänzte Darstellung).

Vor knapp 9500 Jahren hat sich nämlich genau hier eine gewaltige Felsmasse vom Flimserstein gelöst – dort wo Du die steil aufragenden nackten Felswände siehst. Ein über 300 Meter dickes Gesteinspaket glitt und rumpelte unter lautem Getöse und in eine riesige Staubwolke gehüllt zu Tale. Danach sah die Landschaft hier rund um Flims komplett anders aus. Fast ein „halber“ Berg, vom Flimserstein bis hierher zum Crap la Tgina, war weggebrochen und lag nach wenigen Minuten unten im Vorderrheintal (Caprez 2008, swisstopo: Landeskarte 2014). Hier oben bis zur Abrisskante (Linie mit kleinen Strichen) klafft seither eine riesige Lücke, die **Ausbruchsnische**. Kannst Du diese erkennen und deren Begrenzung nachzeichnen?

Heute prägen die Ablagerungen des sogenannten Flimser Bergsturzereignisses das Landschaftsbild rund um Flims ganz auffallend. Wenn Du talabwärts blickst, erkennst Du in

den dicht bewaldeten Hügelrücken rund um Flims die damals heruntergestürzte riesige Trümmermasse. Die abgelagerten Gesteinstrümmer bedecken eine Fläche von über 50 Quadratkilometern (Von Poschinger 2005) und reichen bis nach Bonaduz. Die heutigen Ortschaften Flims und Laax liegen auf den Trümmermassen dieses Bergsturzes (Caprez 2008).

Von hier aus hast Du gute Sicht auf den Riegel bei der Segneshütte, der die Bildung der Plaun Segnas Sut ermöglichte. Der Riegel erscheint als am Rande steckengebliebener kleiner Trümmerhaufen des grossen **Flimser Bergsturzereignisses**.

ENTDECKEN UND ERFORSCHEN

Stell Dir vor, eine riesige (11 Kubikkilometer) Trümmermasse verstopft nun plötzlich das Vorderrheintal und füllt dieses um rund 300 Meter auf. Was glaubst Du könnte hinter dieser Trümmerbarriere im Verlauf der nächsten Monate passieren? Durch die Verstopfung würde sich das Wasser der Flüsse stauen, was zur Bildung eines Sees führen würde.

Nun hast Du es geschafft. Dein erlebnisreicher Tag im wunderschönen Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona ist zu Ende. Du gehst nach Hause. Was erzählst Du Deinen Eltern/Kameraden vom Weltnaturerbe?

5.4 Kritische Reflexion zum gewählten Lehrpfad-Modell und zu den Inhalten des neuen Landschaft-Lehrpfades

Das hier vorgeschlagene „Rohkonzept“ (Modell und Inhalt) zum neuen Landschaft-Lehrpfad weist je nach Zielgruppe und Benutzungsart etliche Vorzüge, aber auch einzelne Einschränkungen auf.

Vorzüge:

- Mit dem neuen Lehrpfad wird die Landschaft bei Flims und ihre Geschichte auf vielfältige Art und Weise thematisiert, im Überblick und in Bezug auf die einzelnen beobachtbaren Landschaftselemente wie beispielsweise mäandrierende Bäche, Moränenwälle, eine kleine Rutschung etc., und diese den Besuchern nähergebracht.
- Durch das Vermeiden von grossen Schautafeln oder anderen fixen Installationen im Gelände, handelt es sich hierbei um ein diskret inszeniertes Lehrpfad-Modell, welches das Landschaftsbild kaum stört oder beeinträchtigt.
- Die drei vom Zeitbedarf und hinsichtlich körperlicher Fitness auch leistungsmässig unterschiedlich intensiven Wegvarianten ermöglichen eine individuelle und situativ abgestimmte Routenwahl.
- Die allenfalls in Zukunft via Website bereitgestellte und im Flimser Tourismusbüro aufgelegte Exkursionsbroschüre kann mit Gewinn sowohl zur Vor- wie auch zur Nachbearbeitung des Lehrpfades genutzt werden. Die darin enthaltenen Informationen, Illustrationen und Aufgaben, wie z.B. ein Kreuzworträtsel, lassen eine vertiefte inhaltlich breiter abgestützte und auch spielerische Auseinandersetzung mit den Lehrpfadinhalten zu.
- Der QR-Code auf den Nummernpflöcken – mit dem unmittelbaren Aufruf der verlinkten Website der Tektonikarena Sardona – ermöglicht den Besuchern an jedem POI spontan in den Lehrpfad einzusteigen, ohne vorgängiges Organisieren der dazugehörenden Broschüre.
- Für die Besucher (insbesondere für Schulklassen) steht zudem eine mit speziellen Materialien und Hilfsmitteln ausgestattete „Forscherbox“ zur Verfügung. Mitgeführt kann diese für Demonstrationen vor Ort und für das Lösen bestimmter Aufgaben unterwegs genutzt werden. Allerdings muss die „Forscherbox“ rechtzeitig und vorgängig reserviert bzw. am Ausflugstag abgeholt (und wieder retourniert) werden.
- Diese Forscherbox motiviert die Benutzer, selber aktiv tätig zu werden, angeleitet nachzudenken und die Umgebung konzentriert und damit sicher auch lustvoller zu erforschen. Dies wird bei den Kindern und Jugendlichen hoffentlich eine langfristige Verankerung der vermittelten Inhalte im Gedächtnis zur Folge haben.
- Durch die gewählte Zielgruppe (12-15 jährige Kinder/Jugendliche), werden hinsichtlich Anspruchsniveau vier Schulklassen-Jahrgänge angesprochen (6. Klassen und 1.-3. Sekundarstufe I).

- Darüber hinaus dürfte sich der Lehrpfad aber auch für andere Publikumskreise, vorab die dem Naturgeschehen persönlich zugeneigten erwachsene Wandertouristen, als eine interessante und informative Bereicherung in deren Tagesprogramm erweisen.

Mögliche Einschränkungen:

- Als hemmend könnte sich die Begleitbroschüre (bzw. die verlinkten Inhaltszugänge via Website) erweisen, da diese eine eigenmotivierte Leseleistung erfordert oder voraussetzt.
- Für eine optimale Inhaltsdarbietung bietet sich hier die vorgesehene, fachliche Begleitung durch die Lehrperson oder – für alle anderen Besuchergruppen – die Teilnahme an einem von einem ausgebildeten „GeoGuide“ begleiteten ein- oder mehrtägigen offiziellen Exkursionsangebot an.

6 Schlussfolgerung und Ausblick

Als Folge des Klimawandels werden sich in den Schweizer Alpen die Bedingungen für den Winter- und Sommertourismus in der Schweiz spürbar ändern und die Verantwortlichen vor grosse Herausforderungen stellen. Tendenziell wärmere und niederschlagsärmere Sommermonate bieten aber auch Chancen, den Sommertourismus in den Bergregionen gezielter als bisher zu fördern und kreative Ideen für neuartige touristische Angebote zu entwickeln und umzusetzen. Das UNESCO-Weltnaturerbe Tektonikarena Sardona mit dem einzigartigen Landschaftsausschnitt oberhalb des Dorfes Flims stellte sich als ideale Plattform heraus, um neue schneeunabhängige Traumbilder des Alpenraums, welche die Gedanken der Besucher erobern werden, zu schaffen.

6.1 Zusammenfassung der Geomorphologischen Untersuchungen

Das Konzept von Koch (2003) und Imbaumgarten (2005) erlaubte eine klar strukturierte geomorphologische Kartierung im vorliegenden Arbeitsgebiet. Sämtliche Formen wurden je einem von insgesamt neun Prozessbereichen (glazial, glaziofluvial, fluvial, periglazial, gravitativ, karstisch, organogen-biogen, denudativ, anthropogen) zugeteilt.

Geomorphologische Formen einem vorgegebenen Prozessbereich zuzuordnen und eine flächendeckende Kartierung zu vollziehen, stellte sich als sehr anspruchsvoll heraus. Einerseits veränderten sich die Haupteinflussfaktoren der geomorphologischen Formen je nach gewähltem Betrachtungsmassstab. Die meisten Geländeausschnitte bestehen aus einem Mosaik von mehreren verschiedenen, sich teilweise räumlich und zeitlich überlappenden Formen und Prozessbereichen. Auf der Mikroebene (und aus dem Blickwinkel des „Materials“ bzw. der „Lithologie“) betrachtet wäre beispielsweise eine Stelle des glazialen Vorfeldes als Grundmoräne zu klassieren. Auf der Mesoebene der Prozessbereiche hingegen passt dieser Geländeausschnitt eher zum „postglazialen Fels- und Moränengebiet“. Andererseits galt es, sich mit dem Blick für das regionale Ganze nicht im lokalen Detail zu verlieren und die zum Teil komplexen Befunde angemessen zu verallgemeinern und einheitlich zu generalisieren.

Sowohl unwegsame als auch leicht erreichbare Gebiete konnten mittels digitalen Kartenportalen (map.geo.admin: Karten-/Luftbildanalyse und hochaufgelöstes Geländemodell swissALTI3D, Google Earth und Atlas der Schweiz) zusätzlich analysiert werden. Dies ermöglichte eine Überprüfung und eine allfällige Anpassung der im Feld vordefinierten geomorphologischen Formen. Das Kombinieren der in-situ Untersuchungen mit den Hilfsmitteln der Fernerkundung, stellte sich hier als besonders vorteilhaft heraus und erlaubte eine verlässliche und homogene geomorphologische Kartierung.

Die Interpretation geomorphologischer Formen und Prozessbereiche im Feld stand oft unter dem Einfluss der vorherrschenden Wetterlage, welche die Feldarbeit bzw. die fachliche Objektivität begünstigte oder einschränkte. Zudem erforderte die Erschliessung bzw. Erreichbarkeit der

verschiedenen Geländeabschnitten im Untersuchungsgebiet einen erheblichen Zeitaufwand. Auch die Aspekte der körperlichen Anstrengung bzw. der eigenen Sicherheit galt es in diesem gebirgigen Gelände nicht zu unterschätzen.

Die Landschaftsentwicklung des Untersuchungsgebietes, beginnend beim Maximum der letzten Eiszeit (LGM, ca. 25'000 J.v.h.) bis heute, konnte anhand der Literatur und entlang der bruchstückhaft vorhandenen Spuren im Gelände hergeleitet werden. Sie basiert auf Auslegungen mehrerer Wissenschaftler, eigenen in-situ Beobachtungen sowie auf den durch Fernerkundung gewonnen Ergebnissen.

Das Programm-Paket „Adobe Illustrator" stellte sich als zweckmässiges Graphik- und Zeichenprogramm heraus, um die vorerst handgezeichnete Geomorphologische Karte zu digitalisieren sowie die in diese Arbeit integrierten Illustrationen zu beschriften und anschaulich auszugestalten. Falls künftig die Metadaten der wissenschaftlichen geomorphologischen Befunde für weitergehende Analysen gebraucht würden, müsste dafür die hier erstellte Karte zusätzlich z.B. in „ArcGIS" digitalisiert werden.

6.2 Zusammenfassung der Planung und didaktischen Umsetzung des Landschaft-Lehrpfades

Die Feldarbeit ermöglichte, nebst einer intensiven Beschäftigung mit den geomorphologischen Formen und Prozessbereichen, eine für das Planen eines Lehrpfades unabdingbare Rekognoszierung des Untersuchungsgebietes. Beides hätte nicht alleine durch die Auswertung von Fernerkundungsdaten vorgenommen werden können.

Basierend auf vorhandenen wissenschaftlichen Erkenntnissen zum Untersuchungsgebiet, ergänzt durch eigene Erhebungen im Welterbe Tektonikarena Sardona, resultierte ein Landschaft-Lehrpfadprojekt mit dem Titel: *„Erlebnisweg - Landschaftsformen im Gebiet der Tschingelhörner, der Segnesböden und des Fil de Cassons"*. Anhand einer Recherche und Analyse bereits bestehender Lehrpfade der Schweiz, liess sich ein passendes Konzept ableiten.

Ein Lehrpfad mit im Gelände platzierten Nummernpflöcken (mit der jeweiligen POI-Nr. und einem QR-Code versehen), einer Informationsbroschüre und einer kleinen „Forscherbox" tangiert kaum das Landschaftsbild. Im Gegensatz zu Informationstafeln können in Broschüren zusätzliche Inhalte, wie ein Kreuzworträtsel, ein kleines Begriffs-Lexikon, ein Ausmalbild etc. integriert werden. Zudem dürfen Besucher die informative Broschüre mit nach Hause nehmen, was eine Nachbearbeitung der Fachinhalte ermöglicht. Durch Aktivitäten wie Beobachten, Fühlen, Malen und Hören an den verschiedenen POIs wird ein möglichst nachhaltiges Lernerlebnis angepeilt.

Die Inhalte der POIs von der wissenschaftlichen Basis auf Schul(buch)wissen zu reduzieren und der Zielgruppe Frucht bringend anzubieten, stellte sich als sehr anspruchsvolle Aufgabe heraus.

Experten wie Lehrpersonen oder „GeoGuides Sardona“ können durch ihre eigene Begeisterung für den Lehrpfad und ihre beim Erarbeiten der POI-Inhalte unterstützende Wirkung die Motivation der Besucher steigern und für ein unvergessliches Erlebnis im Welterbe sorgen.

6.3 Ausblick

Sogenannte „rohe“ Vorschläge konnten im Rahmen vorliegender Arbeit erarbeitet werden. Diese bilden die Basis für zukünftige Erweiterungen und später für die konkrete Realisierung der Bildungsprodukte.

Insbesondere für Schulklassen wären ergänzende (digitale) Materialien wie Arbeitsblätter und Film-/Video Sequenzen für die Vor- und Nachbearbeitung des Lehrpfaderlebnisses wertvoll. Solche könnten in einem nächsten Schritt bereitgestellt werden.

Denkbar und naheliegend wäre es, das Zielgruppenspektrum hinsichtlich des Alters zu erweitern. Die bezaubernde Plaun Segnas Sut ist ein beliebtes, gut erschlossenes Ausflugsziel (Graubergbahn, Shuttlebus), welches gerade dazu einlädt sich dort zu verweilen. Im Sommer locken die mäandrierenden kühlen Gebirgsbäche und die von dort aus direkt ersichtlichen Tschingelhörner jedes Jahr zahlreiche Familien an. So könnten speziell für den Geländeabschnitt der flachen, übersichtlichen Plaun Segnas Sut, zusätzlich zu den bereits an den POIs 1-4b vorgeschlagenen Inhalten (Routenvariante blau-grün, siehe Abb. 45) weitere, dem Entwicklungsstand jüngerer Schulkinder (jünger als 12 Jahre) angepasste Inhalte, entwickelt werden. POIs am Wasser mit Aufträgen wie das Spüren der Wassertemperatur und der Sedimente mit den nackten Händen und Füssen oder Spiel und Spass mit einem fix installierten Wasserrad wären denkbar. Zudem eignen sich die verkarsteten Felswände am Rande der Plaun Segnas Sut, südlich des Wasserfalls für einfache Kletterquergänge, in der Fachsprache Bouldern genannt.

Eine Lehrpfad-Testsaison für die Evaluation des neuen Landschaft-Lehrpfades wäre sicherlich sinnvoll und notwendig. Schulklassen und weiteren Besucherkreisen sollte die Möglichkeit geboten werden, die Vorschläge zu erproben und Feedbacks zu geben.

Sobald das praktisch evaluierte Lehrpfad Konzept fest steht, würden eine Abklärung der Umsetzbarkeit, eine Kostenschätzung zum hier vorgeschlagenen Landschaft-Lehrpfad und allfällige inhaltliche Anpassungen folgen. Schlussendlich müsste ein Antrag an die betroffene Trägerschaft gestellt werden. Eine Annahme des Lehrpfad Konzeptes würde eine konkrete Realisierung des Projektes ermöglichen.

Mit dem in dieser Arbeit vorskizzierten Landschaft-Lehrpfad, platziert inmitten der Feriendestination „Flims Laax Falera“, würde das Welterbegebiet Tektonikarena Sardona ihrem oberstes Ziel, der „Bildung mit dem Schwerpunkt Arbeit mit Schulen und Jugendlichen“, einen weiteren, wichtigen Schritt näher kommen. Das erhoffte und aus Umweltsicht wohl oberste Ziel bleibt jedoch, dass die Besucher, die faszinierende und einzigartige Landschaft bei Flims auf eine eindrückliche, unvergessliche und nachhaltige Art und Weise erleben, wahrnehmen und geniessen können. Nur so lässt sich erreichen, dass sie die Natur angemessen zu schätzen und besser zu schützen lernen.

Literatur

ARTZ, R., BALL, G., BEHRENS, K., BONNIN, G.M., BOWER, C. A., ET AL. (2008): Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Hrsg: WMO (World Meteorological Association), Nr. 8.

BAFU (BUNDESAMT FÜR UMWELT) (2001): Flachmoorinventar: Objektbeschreibung. Objekt 3698. Plaun Segnas Sut.

BAFU (BUNDESAMT FÜR UMWELT) (2011): Thema Biodiversität. Alpine Auen: Wasserwelten des Hochgebirges: http://www.bafu.admin.ch/biodiversitaet/13678/13735/13761/index.html?lang=de (Zugriff: 21.11.2016).

BAFU (BUNDESAMT FÜR UMWLT) (2013): Faktenblatt zur Strategie des Bundesrates: Anpassungen an den Klimawandel der Schweiz. Anpassung an den Klimawandel: Sektor Tourismus.

BARTSCH-HERZOG B. (2013): Wie konzipiert man einen Lehrpfad? Eine Anleitung am Beispiel eines Gewässerlehrpfades mit den Schwerpunkten Naturerlebnis und Umweltbildung. AV Akademikerverlag.

BÄRTSCH, A., HALDNER, I., UND SCHIESS, T. (2014): Machbarkeitsstudie UNESCO Welterbe Sardona.

BÄTZING, W. (2015): Die Alpen: Geschichte und Zukunft einer europäischen Kulturlandschaft. 4. Aufl., Beck, München.

BAUMANN, R. (2015): Flims: Aus für die älteste Pendel-Luftseilbahn der Schweiz. Tages Anzeiger, 26.10.2015.

BEDENHÄSIG, J. (2007): Analoge und digitale geomorphologische Kartographie im Turtmanntal/Mattertal , Schweizer Alpen, Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

BINI, A., BUONCRISTIANI, J. F., COURTERRAND, S., ELLWNAGER, D., FLEBER, M., FLORINETH, D., GRAF, R., KELLER, O., KELLY, M., SCHLÜCHTER, C., SCHOENEICH, P. (2009): Die Schweiz während des letzteiszeitlichen Maxmimus (LGM). 1:500'000. Bundesamt für Landestopografie Swisstopo.

BISHOP, M. P., JAMES, L. A., SHRODER, J. F., UND WALSH, S. J. (2012): Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: Concepts, issues and research. *Geomorphology*, 137, S. 5–26.

BÖHLERT, R., EGLI, M., UND MAISCH, M. (2008): Untersuchung zur spätglazialen und frühholozänen Landschaftsentwicklung im Albulagebiet (Graubünden, Schweiz).

BUBENZER, O., UND RADTKE, U. (2007): Natürliche Klimaänderungen im Laufe der Erdgeschichte. *Der Klimawandel - Einblicke, Rückblicke und Ausblicke*, S. 17–26.

BUCKINGHAM, T. (RÜCKÜBERSETZUNG) (2010): Managementplan für das UNESCO-Welterbe Tektonik Arena Sardona. IG UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona Sargans, Schweiz, 30.09.2010.

Imper, D. (2006): Originaldokument. Management Plan for the proposed UNESCO-World Heritage Site Glarus Overthrust.

BUCKINGHAM, T., WALKER, S., MEYER, J., UND KEEL, H. (2013): UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona: Eine Region von aussergewöhnlichem, universellem Wert. Hrsg: UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona.

BWG (BUNDESAMT FÜR WASSER UND GEOLOGIE) (2005): Hinweiskarte der potentiellen Permafrostverbreitung in der Schweiz. Erläuterungen. Hrsg. BAFU (BUNDESAMT FÜR UMWELT) 2005.

CAPREZ, J. (2008): Das Flimser Bergsturzereignis 3D-Geländerekonstruktion und Volumenberechnungen mit Hilfe von GIS. Geographisches Institut, Universität Zürich.

CARLSON, A. E. (2010): Paleoclimate: What caused the Younger Dryas Event? *Geology*, 4, Vol. 38, S. 383–384.

Der Schweizer Bundesrat (2015): Verordnung über den Schutz der Flachmoore von nationaler Bedeutung (Flachmoorverordnung): https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19940213/index.html (Zugriff: 21.01.2017).

EDER, R., UND ARNBERGER, A. (2007): Lehrpfade - Natur und Kultur auf dem Weg. Lehrpfade, Erlebnis- und Themenwege in Österreich. Böhlau,Wien.

EDK (SCHWEIZERISCHE KONFERENZ DER KANTONALEN ERZIEHUNGSDIREKTOREN) (1994): Rahmenlehrplan für die Maturitätsschulen (MAR). Marcel Kürzi AG, Einsiedeln.

ERZIEHUNGS- KULTUR- UND UMWELTSCHUTZDEPARTEMENT GRAUBÜNDEN. (2016): Lehrplan 21 Graubünden - Natur, Mensch und Gesellschaft.

FELDMANN, M. (2016): Ausflug in die Glarner Geologie: 300 Millionen Jahre faszinierende Erdgeschichte. Baeschlin, Glarus.

Fischer, M. (2015): unveröffentlichte Gletscherdatenbank.

FISCHER, M., HUSS M., BARBOUX C., UND HOELZLE M. (2014): The new Swiss Glacier Inventory SGI2010: relevance of using high-resolution source data in areas dominated by very small glaciers. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 4, Vol. 46, S. 933–945.

FRANK, P. (2007): The New Swiss Galcier inventory 2000: Application of Remote Sensing and GIS. *Schriftreihe Physische Geographie*, Vol. 52, S. 210.

FREI, C., SCHÄR, C., SCHÄDLER, B., WANNER, H., SCHÄDLER, B., HAEBERLI, W., APPENZELLER, C., NEU, U., THALMANN, E., RITZ, C., UND HOHMANN R. (2007): Klimaänderungen und die Schweiz 2050. Grundlagen.

FREIE UNIVERSITÄT BERLIN (O. J.): Fachbereich Geowissenschaften. Drumlins und Rundhöcker: http://www.geo.fu-berlin.de/v/pg-net/geomorphologie/glazialmorphologie/Glazialer_Formenschatz/Drumlins/index.html (Zugriff: 03.12.2016).

GAMPER, M. (1981): Heutige Solifluktionsbeträge von Erdströmen und klimamorphologische Interpretation fossiler Böden. Geographisches Institut, Universität Zürich.

HÄBERLING, C. (1995): Glazialmorphologische Untersuchungen auf dem Vorfeld des Vadret da Porchabella (GR): geomorphologische Kartierung und Studien an glacial flutes, Geographisches Institut, Universität Zürich.

HEINTGES, V. (2016): Der Salamander in der Tektonikarena. Hochschule Luzern. Das Magazin, S. 26, 23.10.2016.

IMBAUMGARTEN, T. (2005): Kartierung und GIS-basierte Darstellung der Geomorphologie im Gebiet Val Bever/Val Saluver (GR) sowie Modellierung spät- und postglazialer Gletscherstände in der Val Muragl (GR). Geographisches Institut, Universität Zürich.

INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (2016): International Chronostratigraphic Chart: http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale (Zugriff: 28.04.2016).

JORDI, U. (1986): Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Taminatal und im Rheintalabschnitt zwischen Flims und Feldkirch (Ostschweiz/Vorarlberg), Geographisches Institut, Universität Bern.

IVY-OCHS, S., KERSCHNER, H., REUTHER, A., PREUSSER, F., HEINE, K., MAISCH, M., KUBIK, P. W. UND SCHLUCHTER, C. (2008): Chronology of the last glacial cycle in the European Alps. *Journal of Quaternary Science*, 6-7, Vo. 23, S. 559-573.

KELLER, O., UND KRAYSS, E. (2010): Mittel- und spätpleistozäne Stratigraphie und Morphogenese in Schlüsselregionen der Nordschweiz. Quaternary Science Journal, 1-2, Vol. 59, S. 88-119.

KELLER, F., MEILWES J., UND LEVY C. (2011): Kompetenzen und Herausforderungen der Geomorphologie am Beispiel entscheidungsorientierter Anwendungen im Hochgebirge. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 3, Vol. 55, S. 259–276.

KERSCHNER, H. (2009): Gletscher und Klima im Alpinen Spätglazial und frühen Holozän. In Klimawandel in Österreich, 5-26. Innsbruck University Press.

KOCH, R. (2003): Geomorphologische Kartierung im Berninagebiet sowie GIS-basierte Darstellung und Analyse der Geomorphologie im Gebiet Oberengadin (GR), Geographisches Institut, Universität Zürich.

KOMMUNALMAGAZIN (DIE UNABHÄNGIGE FACHZEITSCHRIFT FÜR ENTSCHEIDUNGSTRÄGER IM ÖFFENTLICHEN DIENST) (2015): Flims gibt grünes Licht für neue Seilbahn ins Unesco-

Weltnaturerbe. 14.09.2015.

LANG, C., UND STARK, W. (2000): Schritt für Schritt Natrur Erleben. FORUM Umweltbildung.

LESER, H. (2003): Geomorphologie. 8. Aufl., Westermann, Braunschweig.

LESER, H. (2006): Oberflächenprozesse in der Geomorphologie - Ansätze und methodische Probleme. *Geographica Helvetica*, 3, Vol. 61, S. 166–169.

DAS LEXIKON DER ERDE (O. J.): Das Lexikon der Erde - Geografie Geologie Geodäsie Topologie & Geowissenschaften: http://www.geodz.com/ (Zugriff: 02.01.2017).

MAISCH, M. (1981): Zur Gletscher- und Klimageschichte des alpinen Spätglazials. Geographica Helvetica, 2, Vol. 37, S. 93-104.

MAISCH, M., WIPF, A., DENNELER, B., BATTAGLIA, J., UND BENZ, C. (2000): Die Gletscher der Schweizer Alpen: Gletscherhochstand 1850, aktuelle Vergletscherung, Gletscherschwund-Szenarien. 2. Aufl., vdf, Hochschulverlag an der ETH Zürich.

MELCHER, D., TISCHHAUSER, F., UND ANDREOLI, H. (2008): Leben in Graubünden Band I. Lehrmittel zu Geografie, Geschichte und zu lebenskundlichen Themen. Hrsg: Amt für Volklsschule und Sport. Lehrmittel Graubünden. Südostschweiz Presse und Print AG, Chur.

METEOSCHWEIZ (2016): Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz. Datenportal für Lehre und Forschung (IDAweb).

METEOSCHWEIZ (2014): Klima der Schweiz. http://www.meteoschweiz.admin.ch /home/klima/vergangenheit/klima-der-schweiz.html (Zugriff: 24.10.2016).

MÜLLER, E. R. (1978): Aufbau und Zerfall des würmeiszeitlichen Linth- und Reussgletschers zwischen Zürich- und Zugersee. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 1, Vol. 71, S. 183-191.

MÜLLER, F., CAFLISCH, T., UND MÜLLER, G. (1976): Firn und Eis der Schweizer Alpen: Gletscherinventar. Geographisches Institut, ETH Zürich.

PAJAROLA, J. F. (2015): Die Flimser lassen das «Y» projektieren. Südostschweiz, 14.09.2015.

PLANAT (NATIONALE PLATTFORM NATURGEFAHREN (O. J.): Steinschlag und Felssturz: http://www.planat.ch/de/wissen/rutschung-und-felssturz/steinschlag-felssturz/ (Zugriff: 20.11.2016).

PUSCH (2015): Klimawandel: Die Folgen für den Menschen: http://www.pusch.ch/fuer-schulen/unterrichtsmaterial/unterrichtsvorschlaege/klimawandel-die-folgen-fuer-den-menschen-45/show/5/19/ (Zugriff 04.01.2017).

REBETEZ, M., UND LEHMANN-FRIEDLI, T. (2016): Folgen und Anpassung. Tourismus. In: Akademien der Wissenschaften Schweiz (2016): Brennpunkt Klima Schweiz. Grundlagen, Folgen und Perspektiven, 5, Vol. 11, S. 117–120.

REINFRIED, S., UND HAUBRICH, H. (2015): Geographie unterrichten lernen : die Didaktik der Geographie. Cornelsen, Berlin.

SCHWARZ-OBERHOLZER, G. (1977): Die Verbreitung von Solifluktionsformen im Raume Segnespass/Kistenpass (Glarus/Vorderrheintal). Geographisches Institut, Uiverstiät Zürich.

SCHWEIZER UNESCO-KOMMISSION (O. J.): http://www.unesco.ch/wie/kultur/welterbe/#c838 (Zugriff: 04.02.2016).

SPÖRRI, A. (1955): Geomorphologische Studien an einem hochalpinen Glaziokarstkomplex am Beispiel des Vorabgletschers, Laax. Geographisches Institut, Universität Zürich.

SÜDOSTSCHWEIZ (2016): Gurtner plant futuristische Erlebnisbahn. 21.11.2016.

SWISS ACADEMY OF SCIENCES (SCNAT) (2016): ScienceGuide Explore science in Switzerland: https://itunes.apple.com/us/app/scienceguide-explore-science/id990687676?mt=8 (Zugriff: 13.12.2016).

TEICH, M., LARDELLI, C., BEBI, P., GALLATI, D., KYTZIA, S., POHL, M., PÜTZ, M., UND RIXEN, C. (2007): Klimawandel und Wintertourismus: Ökonomische und ökologische Auswirkungen von technischer Beschneiung. Hrsg: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL, Birmensdorf, 2007.

TRUTG DIL FLEM (O. J.): Trutg dil Flem - Flimser Wasserweg: https://www.trutg-dil-flem.ch/ (Zugriff: 28.12.2016).

UNESCO-WELTERBE SCHWEIZER ALPEN JUNGFRAU-ALETSCH. (O. J.): https://www.jungfraualetsch.ch/de/welterbe/ (Zugriff: 31.03.2016).

UNESCO-WELTERBE TEKTONIKARENA SARDONA (O. J.): UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona. Wie Berge sich erheben. http://www.unesco-sardona.ch/Wie-Berge-sich-erheben.das_welterbe.0.html (Zugriff: 03.01.2017).

UNIVERSITÄT BASEL (O. J): Geschichte der Lehrpfade: https://www.biogeography.unibas.ch/quellenlehrpfad/geschichte.html (Zugriff: 24.11.2016).

VEIT, H. (2002): Die Alpen: Geoökologie und Landschaftsentwicklung. Eugen Ulmer UTB, Stuttgart.

VON POSCHINGER, A. (2005): Der Flimser Bergsturz als Staudamm. Bulletin für Angewandte Geologie, 1, Vol. 10, S. 33–47.

VON POSCHINGER, A., UND HAAS, U. (1997): Der Flimser Bergsturz, doch ein warmzeitliches Ereignis? *Bulletin für angewandte Geologie*, 1, Vol. 2, S. 35–46.

VORSTAND IG TEKTONIKARENA SARDONA., UND VORSTAND VEREIN GEOPARK SARDONA (2011): Bildung im UNESCO-Welterbe Tektonikarena Sardona. Hrsg: IG UNESCO Welterbe

Tektonikarena Sardona, Sargans.

WSL (EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALD, SCHNEE UND LANDSCHAFT) (2006): Definition „Murgang“. Information zu „Murgang“ (Mure/Rüfe).

WSL (EIDGENÖSSISCHE FORSCHUNGSANSTALT FÜR WALD, SCHNEE UND LANDSCHAFT) (2015): http://www.wsl.ch/junior/landschaft/moore1_was_sind/index_DE (Zugriff: 12.12.2016).

ZEPP, H. (2003): Geomorphologie : eine Einführung. 2. Aufl., F. Schöningh, Paderborn.

Digitale Kartenportale:

DIGITALER ATLAS DER SCHWEIZ (ADS3, AUF DVD): Interaktive Karten, Blockbilder, Panoramabilder etc für die Visulalierung verschiedener raumbezogener Daten zur Verfügung. Hrsg. Institut für Kartografie ETH Zürich., Bundesamt Für Landestopografie., und Bundesamt für Statistik. 2010.

GOOGLE EARTH: Software (kostenfrei zum Herunterladen), die eine virtuellen Globus darstellt.

SWISSTOPO-KARTENPORTAL (MAP.GEO.ADMIN.CH): Landeskarten in mehrern Massstäben, GeoCover Vektorkarte, Lufbtilder (LUBIS-viewer), Permafrosthinweiskarte, etc. erhältlich. 2D bis 2.5D-Visualisierungsmöglichkeiten (https://map.geo.admin.ch/).

WEBGIS GRAUBÜNDEN: Geoportal der kantonalen Verwaltung Graubünden. GEO GR mapserver (https://geogr.mapserver.ch/viewer/geogr/).

Abkürzungen

BP	Before present (d.h. before 1950) (Deutsch: vor heute, d.h. vor 1950)
cal.	kalibriert
GIS	Geographic Information System (Deutsch: Geoinformationssystem)
GPS	Global Positioning System (Deutsch: Globales Positionsbestimmungssystem)
HSL	Hochschule Luzern
IG	Interessensgemeinschaft
NMG	Natur, Mensch, Gesellschaft
POI	Point of Interest (Deutsch: „Ort von Interesse“)
QR-Code	Quick Response Code (Deutsch: „schneller Antwort-Code“)
SuS	Schülerinnen und Schüler
T2	Berwandern, Markierung: weiss-rot-weiss (http://www.sac-cas.ch/unterwegs/schwierigkeits-skalen.html).
T3	Anspruchsvolles Bergwandern, Markierung: weiss-rot-weiss http://www.sac-cas.ch/unterwegs/schwierigkeits-skalen.html).
T4	Alpinwandern, Markierung: weiss-blau-weiss http://www.sac-cas.ch/unterwegs/schwierigkeits-skalen.html)

Abbildungen

Abb. 1: Hauptkomponenten der Region Flims als System betrachtet. 7

Abb. 2: Ziele der vorliegenden Masterarbeit. 10

Abb. 3: Links: Geographische Lage des Untersuchungsgebietes. Rechts: Geographische Lage des Geoparks Sardona (grün) und des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona (blau). 13

Abb. 4: Karte des UNESCO-Welterbes Tektonikarena Sardona. 14

Abb. 5: Übersichtskarte des Untersuchungsgebiets mit Blick in Richtung Süden. 15

Abb. 6: Darstellung des Untersuchungsgebietes (rot, ca. 14 km^2). 17

Abb. 7: Tektonik (tektonische Haupteinheiten und Decken) im und rund um das Untersuchungsgebiet 18

Abb. 8: Links: Sicht von der Plaun Segnas Sut auf die „Magische Linie“. Rechts: Sicht vom Crap Mats auf die Überschiebungslinie unterhalb des Ringelspitzes. 20

Abb. 9: Temperaturverlauf über den Zeitraum 1994-2016. 21

Abb. 10: Niederschlag Monatsmittel über den Zeitbereich von 1994-2016. 22

Abb. 11: Legende der geomorphologischen Karte. 30

Abb. 12: Das alpine Spätglazial und Holozän. 33

Abb. 13: Postglazialer Moränenwall. 35

Abb. 14: Gletscher Vorfeld des Glatschiu dil Segnas. 36

Abb. 15: Rundhöcker und Drumlin Profile im Vergleich. 38

Abb. 16: Links: Erosionsrinnen. Rechts: Eine Murgangrinne mit Levées. 40

Abb. 17: Blick vom Fil de Cassons auf den Schwemmkegel. 41

Abb. 18: Permafrosthinweiskarte. 42

Abb. 19: Bülten auf „Riegel“ Muletg Veder und auf Felsriegel zwischen Plaun Segnas Sut und Sura .. 43

Abb. 20: Girlanden auf der Platta Grischa. 44

Abb. 21: Links: Solifluktionsloben und rechts: Steinzungen. 45

Abb. 22: Blockschutt, Erosionsrinnen/Murgänge, Murkegel, Schuttkegel und Schutthalden. 47

Abb. 23: Schuttriegel/Ablagerungen des Flimser Bergsturzes. 48

Abb. 24: Links: Segnas Sura Bach, Mitte: Möglicherweise Trittkarren. Rechts: Karstoberflächen. 49

Abb. 25: (Flach-) Moor Plaun Segnas Sut. 50

Abb. 26: Kleiner Erdrutsch unterhalb der Platta Grischa. 51

Abb. 27: Links: Ruine einer kleinen Hütte. Rechts: Holzbrücke über den Flem. 52

Abb. 28: GeoCover Vektordaten der Region Crap la Tgina. 53

Abb. 29: Teilbereiche des Untersuchungsgebietes. 54

Abb. 30: Plaun Segnas Sut und die Schwelle des höher gelegenen Tals Plaun Segnas Sura. 55

Abb. 31: Mittlere Abflussregimes von schweizerischen Einzugsgebieten mit unterschiedlicher Höhenlage. 56

Abb. 32: Murkegel, Schwemmkegel und Schwemmebene. 57

Abb. 33: Links: Blick auf die Schwemmebene Segnas Sut. Rechts: Mäander. 58

Abb. 34: Links: Wasserfall von der Plaun Segnas Sura hinunter. Rechts: Sedimentreiches, vom Wasserfall herkommendes Wasser und klares Flemwasser treffen aufeinander. 59

Abb. 35: Blick vom Cassonsgrat auf den „Riegel“. 61

Abb. 36: Rundhöckerartig überprägter Felsriegel. 62

Abb. 37: Geologisch sowie glazial und fluvial geprägter Abschnitt beim Crap la Tgina und zwischen der Sanderfläche Plaun Segnas Sura und der Plaun Segnas Sut liegender Felsriegel. 62

Abb. 38: Blick von la Siala auf die spätglazialen Moränenwälle bei Las Palas und Il Vonn. 64

Abb. 39: Links: Alfred Eschers (1812) Zeichnung des Martinslochs und von zwei Bergsteigern Rechts: Schutthalde unterhalb des Martinslochs und glaziale Hügelform. 64

Abb. 40: Gletscherstände oberhalb Laax, Flims und Trin. 68

Abb. 41: Gletscherausdehnungen des Glatschiu dil Segnas während den Jahren 1850, 1940, 1973 und 2010 sowie Umrisse des Las Palas Firnflecks 1850 und 1973. 70

Abb. 42: Interaktive Informationstafel entlang der GeoGalerie Flumserberg. 73

Abb. 43: Startpunkt Landschaft-Lehrpfad: Besucherpavillon (links) und Segneshütte (rechts). 78

Abb. 44: Forscherbox 81

Abb. 45: Karte zum Lehrpfad mit Routenvarianten, Distanz-, Höheneter- und Zeitangaben. 82

Abb. 46: Aussicht auf die Tschingelhörner, den Atlas und die Plaun Segnas Sut. 83

Abb. 47: Zeitstrahl, beginnend bei der letzten Eiszeit vor ca. 25'000 Jahren bis heute. 84

Abb. 48: Letzte maximale Ausdehnung der Gletscher: Schweiz vor 25'000 Jahren. 85

Abb. 49: Verschiedene Ausdehnungen des Segnes-Gletschers und des Firnflecks Las Palas: vor 12'500 Jahren, 1850, 2008. 86

Abb. 50: Typisches Trog-/U-Tal in Lauterbrunnen, Kanton Bern (https://de.wikipedia.org/wiki/Trogtal#/media/File:Lauterbrunnental.2008.jpg). 88

Abb. 51: U-Tal / Trog-Tal mit der Schwemmebene Plaun Segnas Sut. 88

Abb. 52: Flimser Bergsturz: Abrisskante, Gleitfläche und lokale Sturztrümmer im Gebiet der Segneshütte. 90

Abb. 53: Schrägansicht auf die Schwelle aus Bergsturz-Trümmern und die dadurch aufgestaute Schwemmebene Plaun Segnas Sut. 91

Abb. 54: Der grösste Felsblock inmitten der Sturz-Trümmer des Flimser Bergsturzes. 92

Abb. 55: Wasserfall von der Plaun Segnas Sura auf die Plaun Segnas Sut. 93

Abb. 56: Kleine Rutschung am Fuss der Platta Grischa. 95

Abb. 57: Drei riesige Steinplatten auf der Plaun Segnas Sut. 96

Abb. 58: Moor auf der Plaun Segnas Sut. 97

Abb. 59: Zopfmuster: Mehrere mäandrierende Bäche haben sich verflochten. 98

Abb. 60: Skizze eines mäandrierenden Flusses. 98

Abb. 61: Der mäandrierende Flem auf der Plaun Segnas Sut. 99

Abb. 62: Lösungsbild: Die Fliessrichtung des Seitenbachs und des Flems sowie die markierten Gleit- und Prallhänge. 100

Abb. 63: Moränenwälle des ehemaligen, heute verschwundenen Las Palas-Gletschers aus der ausgehenden letzten Eiszeit. 101

Abb. 64: Exponierte Stelle, wo sich ein frischer Murgang über den Wanderweg gewälzt und diesen mit Schutt zugedeckt hat. Am Rande der Ablagerung sind sogenannte Levées zu sehen. 104

Abb. 65: Ein Herz aus Steinen geformt. 105

Abb. 66: Aussicht von La Siala auf den Fil de Cassons, die beiden Riegel und die beiden Schwemmebenen Plaun Segnas Sura und Plaun Segnas Sut. 106

Abb. 67: Kartenausschnitt für die Aufgabenstellung beim POI Nr. 7. 108

Abb. 68: Lösungen. 109

Abb. 69: Blockschutt. 110

Abb. 70: Vier Luftbildaufnahmen der Jahre 1958, 1978, 2003 und 2014. 111

Abb. 71: Schwemmebene, Schwemmkegel und Murkegel. 112

Abb. 72: Gletschervorfeld des Segnes-Gletschers. 114

Abb. 73: Graphische Darstellung eines Rundhöckers. 115

Abb. 74: Drei Fotos aus dem Gletschervorfeld mit zwei typischen Geomorphologischen Formen und einem Bachgerinne. 116

Abb. 75: Karstformen. 117

Abb. 76: Die Ausdehnung des Segnes-Gletschers während der Jahre 1940, 1973 und 2010. 119

Abb. 77: Verkehrsstau beim Kreuz Zürich Ost (Hofer 2011). 120

Abb. 78: Entwicklung des Segnas Gletschers und der umgebenden Gletscher seit dem Hochstand von 1850 bis 1998. 121

Abb. 79 Übersicht Abrisskante und Ablagerungen des Flimser Bergsturzes). 122

Tabellen

Tab. 1: Mittelwerte der Niederschläge gemessen an den Bodenmessstationen Illanz, Chur und Elm über den Zeitraum von 1994-2016. Pro Messstation sind der trockenste und der feuchteste Monat und das Jahresmittel aufgeführt. 23

Tab. 2: Digitale Kartenportale. 24

Tab. 3: Vergleich der Plaun Segnas Sut mit der Plaun Segnas Sura tabellarisch aufgezeigt. 60

Tab. 4: Die drei „Riegel“ im Vergleich. 63

Tab. 5: Kennzahlen zum Glatschiu dil Segnas, Stand 2008. 69

Tab. 6: Mehrere Möglichkeiten für die Wissensvermittlung im Rahmen von Naturlehrpfaden. 72

Anhang A

Feldarbeitstage

Im Zeitbereich von dreieinhalb Monaten wurde die gesamte Feldarbeit sporadisch innert 13 Tagen verrichtet. In der unten aufgeführten Tabelle sind alle Feldarbeitstage kurz zusammengefasst.

Feldarbeitstage zwischen dem 18. Juni und 01. Oktober 2016

Datum	Zustieg ins Gebiet	Untersuchtes Gebiet	Schwierigkeiten
18.06.2016	Von Flims bis zum zur Segnashütte (über den Wanderwasserweg „Trutg dil Flem“)	Plaun Segnas Sut bis zum Wasserfall.	Grossteil des Gebiets war schneebedeckt. Halbwegs schneefreier Zugang zum Wasserfall war aber möglich.
23.06.2016	Mit dem Privatauto bis zur Alp Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Segnashütte.	Plaun Segnas Sura, Las Palas	Überall Schneeflecken, oberhalb Las Palas und Plaun Segnas Sura komplett unter Schnee
01.07.2016	Mit Bergbahnen von Flims bis Foppa, danach zu Fuss bis zur Segnashütte	Plaun Segnas Sut	-
07.07.2016	Mit Bergbahnen von Flims-Grauberg	Plaun Segnas Sut und Plaun Segnas Sura	Plaun Segnas Sura voll mit Schneeflecken
09.07.2016	Mit dem Schuttle Bus von den Laaxer Bergbahnen bis Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Bergstation Grauberg	Plauns Segnas Sut, Il Vonn, Las Palas La Siala	Teilweise Nebelschwaden, d.h. schlechte Sichtverhältnisse
08.08.2016	Zu Fuss von Flims bis auf den Fil de Cassons	Plaun Segnas Sura; Segnas Sura	-
13.08.2016	Mit dem Schuttle Bus von den Laaxer Bergbahnen bis Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Bergstation Grauberg.	Plaun Segnas Sura; Segnas Sura (bis zum Glatschiu dil Segnas)	Tosende Gletscherbäche erschwerten Zugang zur Gletscherzunge
19.08.2016	Mit dem Schuttle Bus von den Laaxer Bergbahnen bis Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Bergstation Grauberg.	Segnas Sut, Las Palas, Passo dil Segnas Bestehender Geo-Lehrpfad getestet	Bewölktes bis nebliges Wetter, sehr kalte Lufttemperaturen
24.08.2016	Mit dem Schuttle Bus von den Laaxer Bergbahnen bis Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Bergstation Grauberg.	Plaun Segnas Sura	-

25.-26.2016 (Übernachtung im Gebiet)	Mit dem Schuttle Bus von den Laaxer Bergbahnen bis Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Bergstation Grauberg.	Crap la Tgina, Plaun Segnas Sura, La Siala, Las Palas	-
30.09.2016	Mit dem Schuttle Bus von den Laaxer Bergbahnen bis Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Bergstation Grauberg.	Crap la Tgina, Fil de Cassons, Segnas Sura, Plaun Segnas Sura; La Siala, Las Palas	-
01.10.2016	Mit dem Schuttle Bus von den Laaxer Bergbahnen bis Nagens. Von dort zu Fuss bis zur Bergstation Grauberg.	Plaun Segnas Sut, Las Palas, La Siala	Wolkendecke, dafür kein Schattenwurf

Über die Zeit der Feldarbeit wurde sowohl die Dynamik der Landschaft (insbesondere die Schneedecke und Vegetation), als auch des Wetters deutlich erkennbar. In der folgenden Bildabfolge sind die Plaun Segnas Sut und Plaun Segnas Sura mittels an mehreren Feldarbeitstagen von mehrheitlich demselben Standort aus aufgenommener fotographischer Schnappschüsse veranschaulicht.

Plaun Segnas Sut (Fotos U. Strub 2016):

18.06.2016

23.06.2016

01.07.2016

07.07.2016

09.07.2016

13.08.2016

24.08.2016

30 09.2016

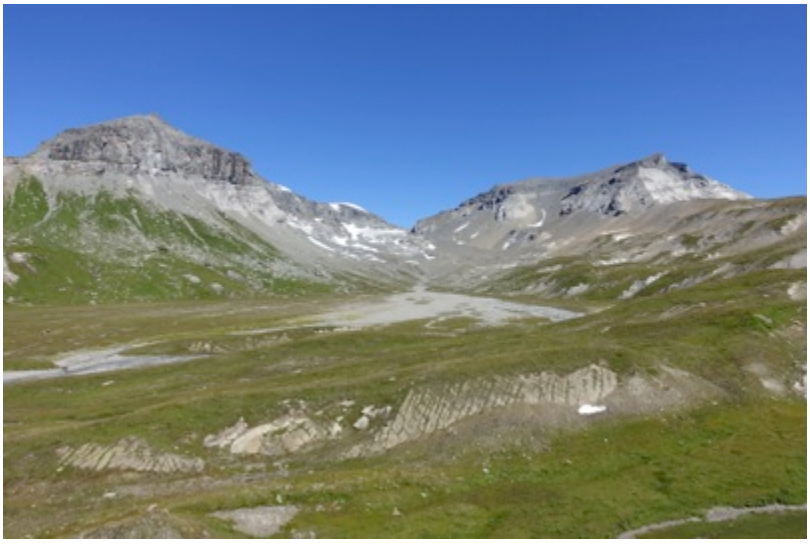
Plaun Segnas Sura (Fotos U. Strub 2016):

09.07.2016

08.08.2016

13.08.2016

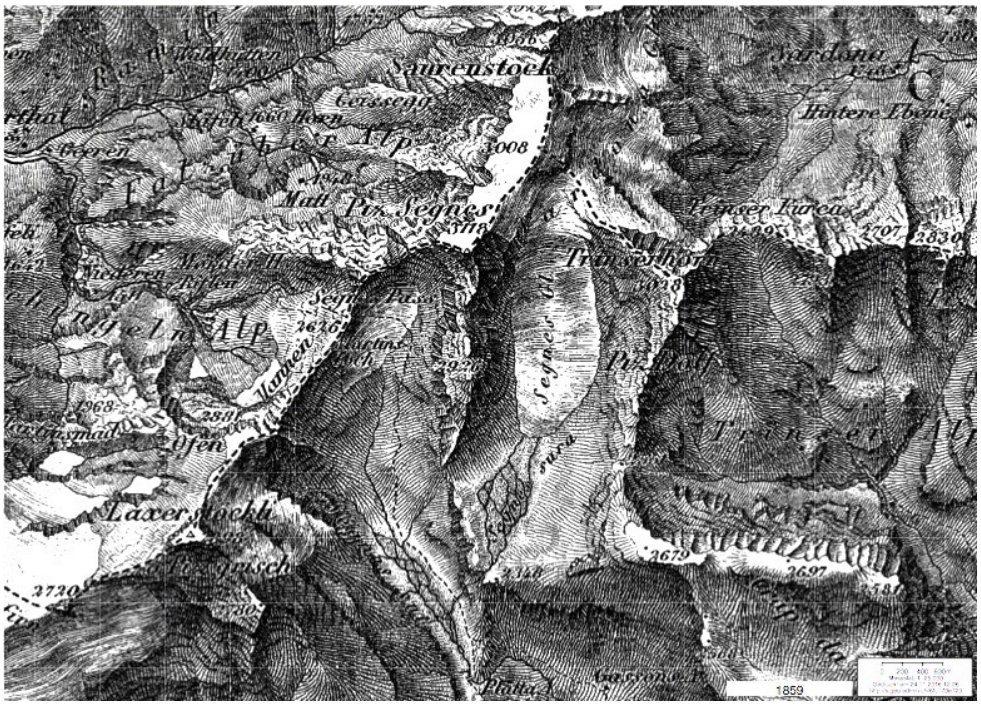
24.08.2016



01 10.2016

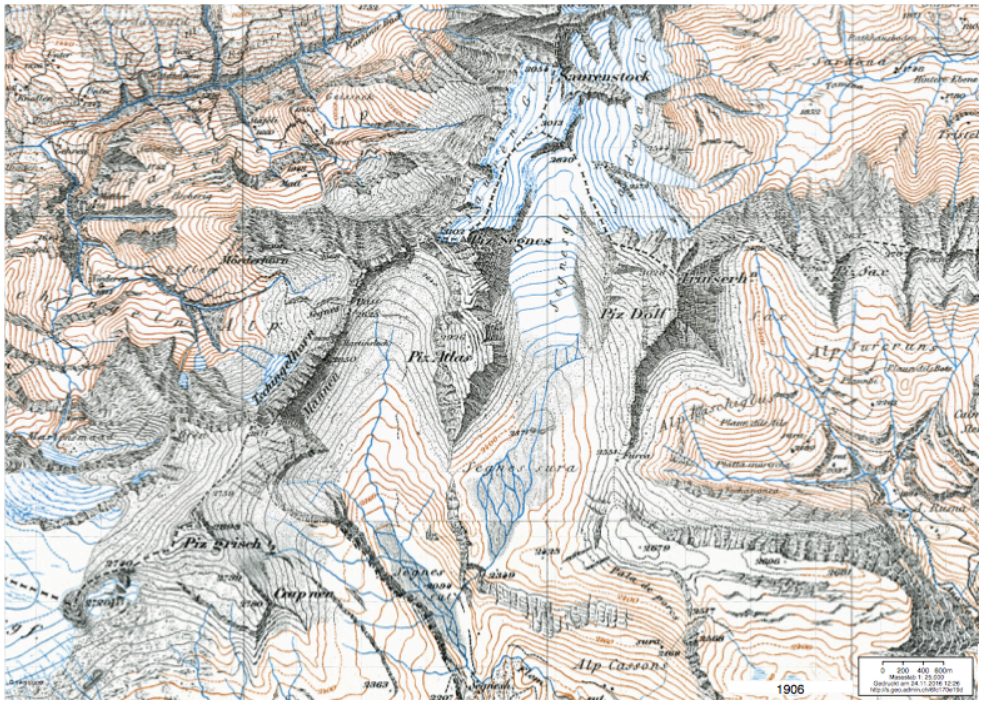
Anhang B

Zeitreise von 1859-2008 (Jahre der Kartenausgaben) basierend auf den Kartenblättern von swisstopo im Massstab 1:25'000.

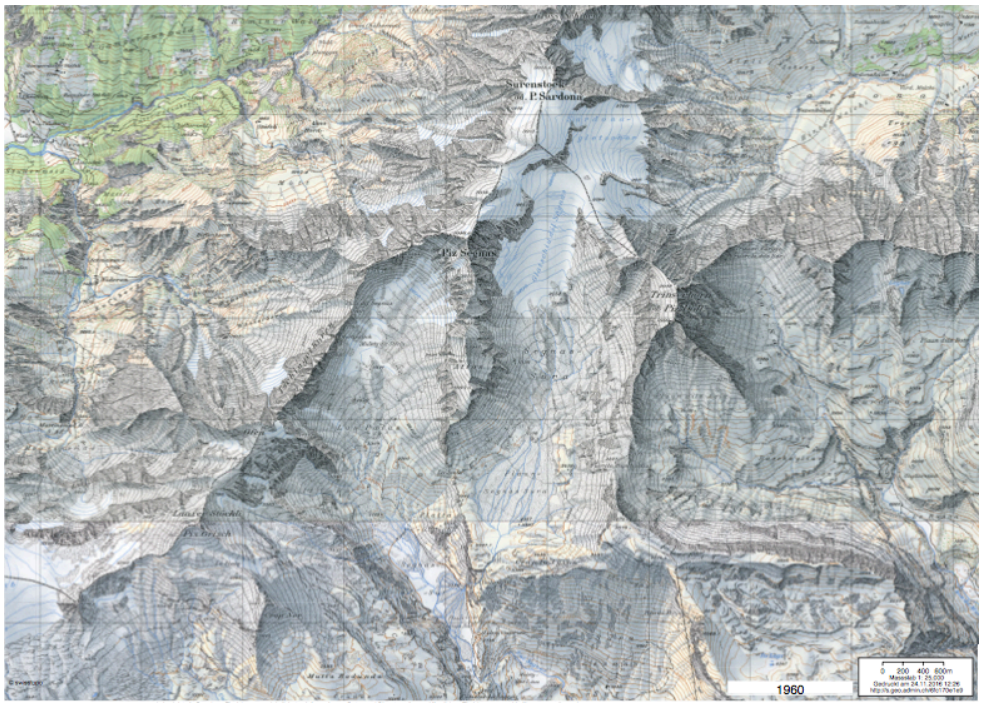


1859

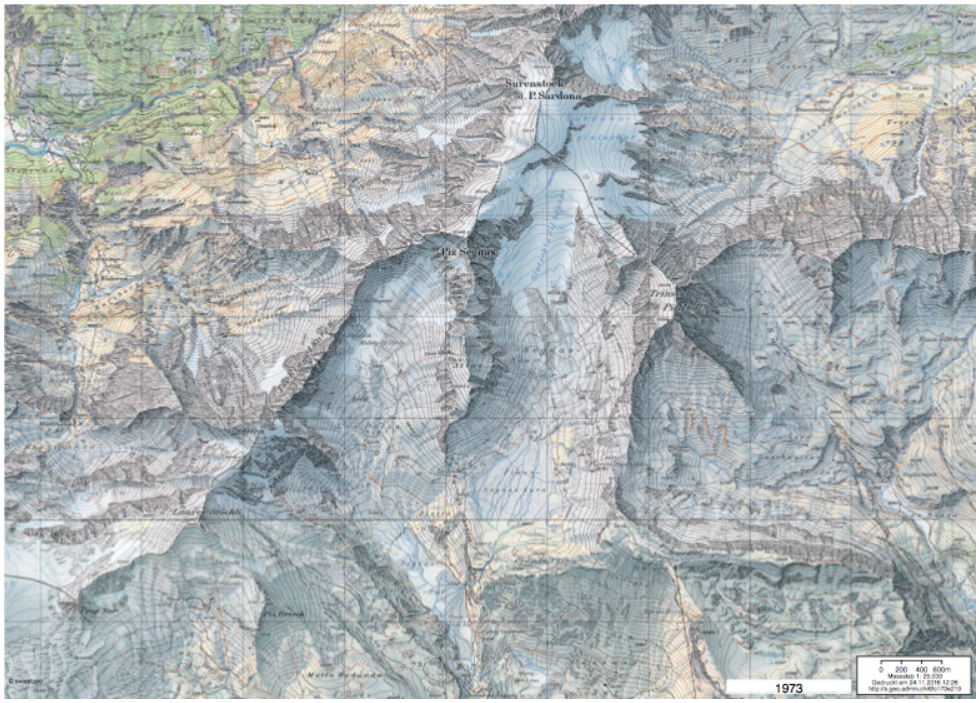
1874


Piz Segnes
Piz Dolf
Piz Atlas
Piz Grisch
Alp Cassons
1906

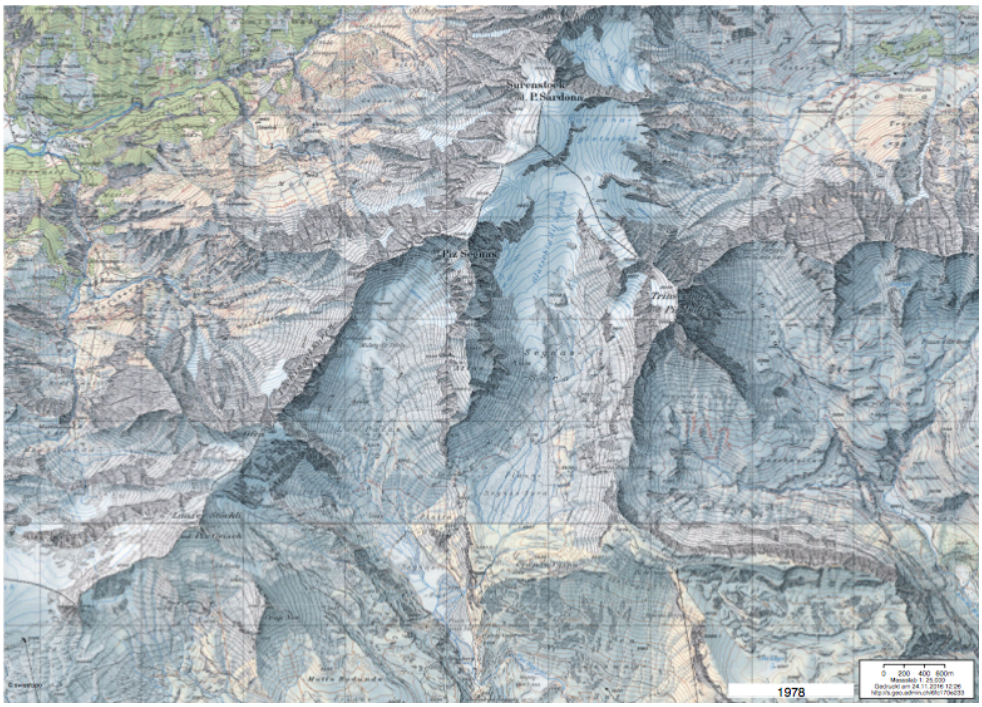
1906


Surenstock
P. Sardona
Piz Segnes
1960

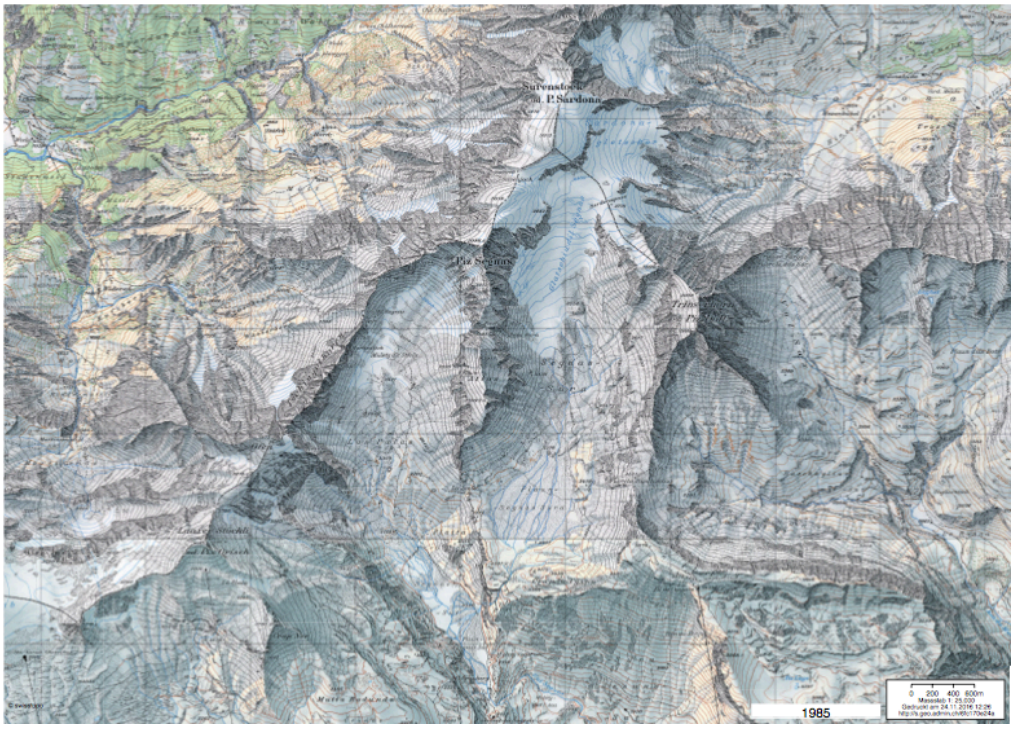
1960


Surenstock
P.Sardona
Piz Segnas
1973

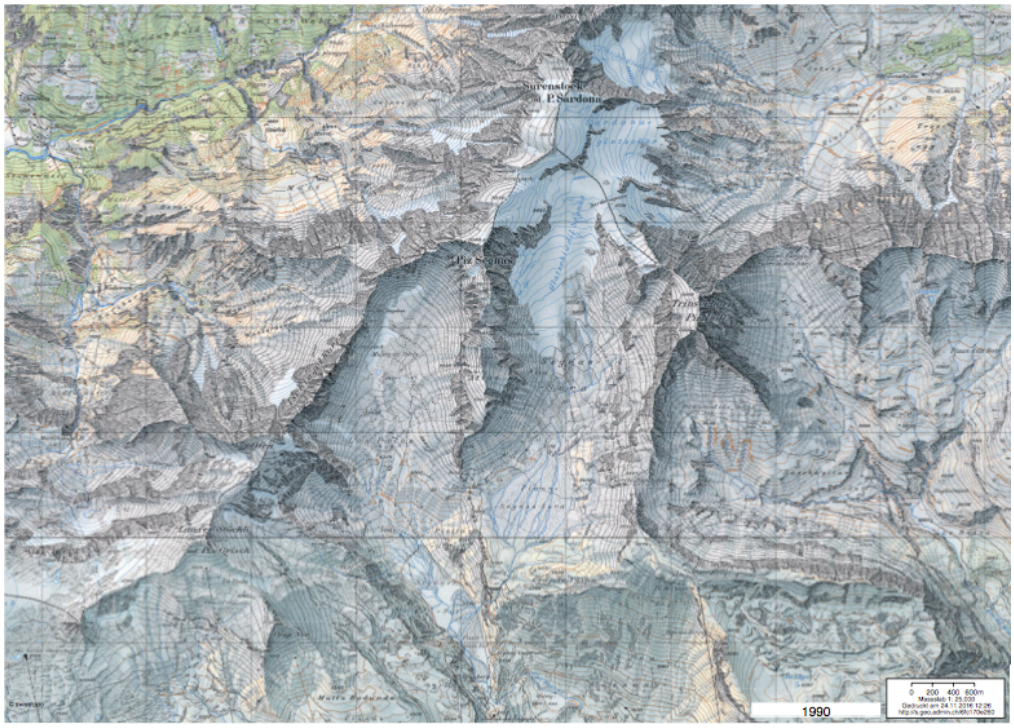
1973


Surenstock
P.Sardona
Piz Segnas
1978

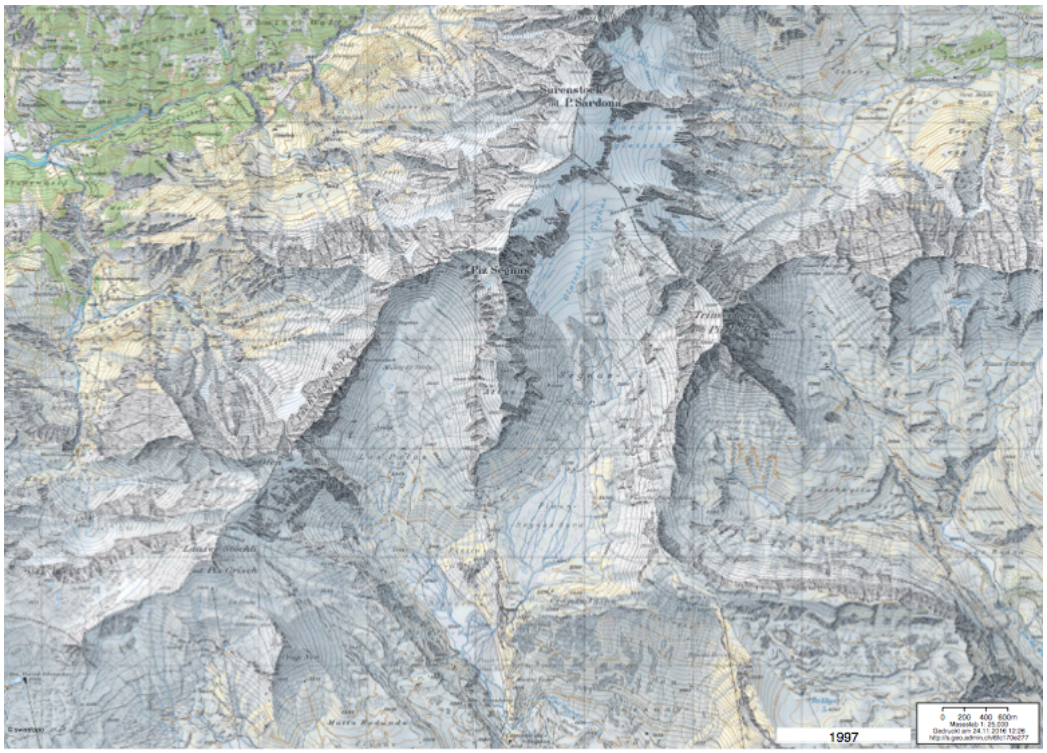
1978



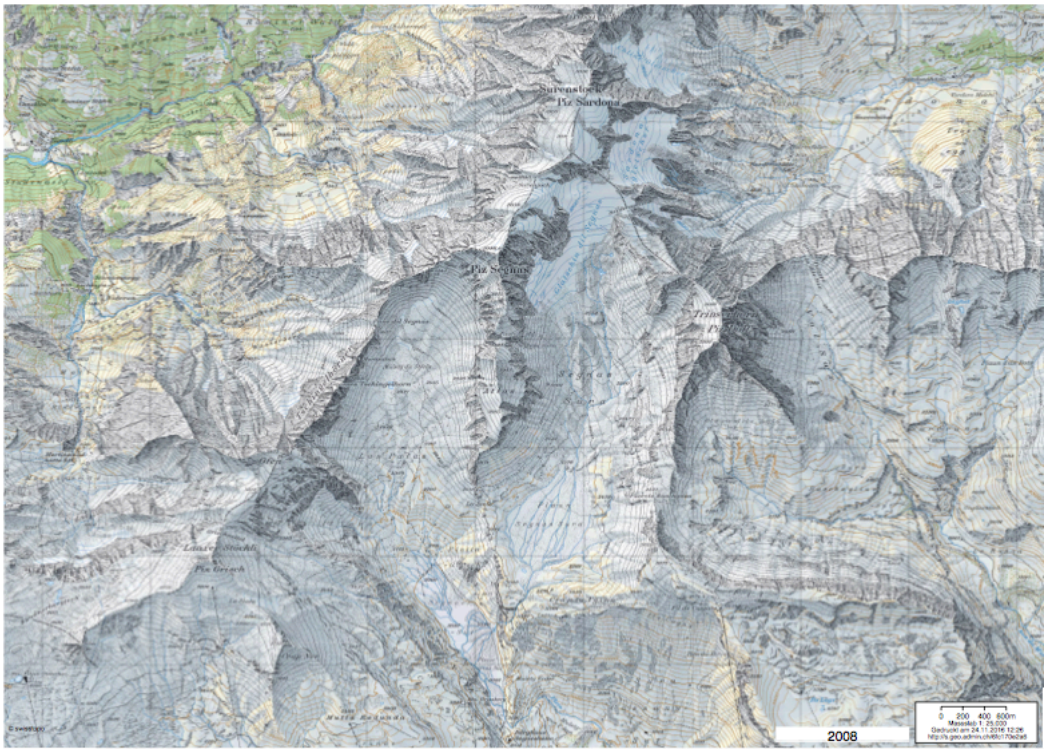
1985



1990



1997



2008

Persönliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ursina Strub