

Schweizerischer
Nationalpark
Abteilung Rauminformation
Nationalpark-Haus
7530 Zernez

Geographisches Institut
Universität Zürich
Abteilung GIS
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich

GIS-Praktikum im Schweizerischen Nationalpark

Barbara Naegeli

Februar bis Mai 2007



Das GIS-Praktikum von Barbara Naegeli im Schweizerischen Nationalpark fand vom 7. Februar bis am 16. Mai 2007 in Zernez statt. In diesem Bericht werden die Inhalte des Praktikums zusammengefasst.

Betreuer:
Ruedi Haller
Nationalpark-Haus
7530 Zernez
rhaller@nationalpark.ch

Autorin:
Barbara Naegeli
Badenerstrasse 5
8180 Bülach
pieps-pieps@gmx.ch

Inhaltsverzeichnis

Abbildungen		iii
Tabellen		iv
1 Einführung		1
1.1 Persönliches Vorwort		1
1.2 Schweizerischer Nationalpark		1
1.3 Blockgletscher		1
1.4 Weitere Aufgaben		2
1.4.1 Ereignisprotokoll		2
1.4.2 Besucherbefragung		2
1.4.3 Alpencom		2
1.4.4 Vorträge		2
1.4.5 Zusätzliches		2
2 Zusammenfassung		3
2.1 Blockgletscher		3
2.1.1 Vorgehen		3
2.1.2 Ergebnisse		5
2.1.3 Diskussion		5
2.2 Ereignisprotokoll		5
2.2.1 Vorgehen		5
2.2.2 Ergebnisse		6
2.2.3 Diskussion		6
2.3 Karte der Besucherbefragung		6
2.3.1 Vorgehen		6
2.3.2 Ergebnisse		6
2.3.3 Diskussion		6
2.4 Alpencom		6
2.4.1 Vorgehen		6
2.4.2 Ergebnisse		7
2.4.3 Diskussion		7
3 Schlussworte		8
3.1 Fachliches Fazit		8
3.2 Persönliches Fazit		8
3.3 Dank		8
A Blockgletscher		9
A.1 Einführung		9
A.1.1 Vorwort		9
A.1.2 Fragestellung		9
A.1.3 Datenlage		9
A.1.4 Aufbau und Struktur der Daten		13
A.2 Vorgehen		13
A.2.1 Forschungsfrage - Val Sassa		13
A.2.2 Forschungsfrage - Val da l'Acqua		19
A.2.3 WebPark - allgemein		21
A.2.4 WebPark - Val Sassa		21
A.2.5 WebPark - Val da l'Acqua		21
A.3 Ergebnisse		22
A.3.1 Forschungsfrage - Val Sassa		22

A.3.2	Forschungsfrage - Val da l'Acqua	25
A.3.3	WebPark - Val Sassa	25
A.3.4	WebPark - Val da l'Acqua	27
A.4	Diskussion	28
A.4.1	Forschungsfrage - Val Sassa	28
A.4.2	Forschungsfrage - Val da l'Acqua	29
A.4.3	WebPark - Val Sassa	30
A.4.4	WebPark - Val da l'Acqua	30
A.4.5	WebPark - Ausblick	30
B	Ereignisprotokoll	31
B.1	Einführung	31
B.2	Vorgehen	31
B.3	Ergebnisse	34
B.4	Diskussion	35
C	Besucherbefragung	36
C.1	Einführung	36
C.2	Vorgehen	36
C.3	Ergebnis	37
C.4	Diskussion	37
D	Vortrag Solar Radiation	38
E	Vortrag ArcScan	40
F	Literaturübersicht Permafrost	43
F.1	Permafrost allgemein	43
F.2	Blockgletscher, Bewegung und Messung	43
F.3	Vegetation	44
F.4	GIS und Fernerkundung	44
F.5	Untersuchungsstandorte	44
F.6	Einige Fragestellungen bzw. Forschungsthemen	45
F.7	Offene Forschungsfragen	45
G	Literatur	46

Abbildungen

1	Der blau-grüne Bereich (siehe auch Abbildung 13 auf Seite 22) stellt das Gebiet der 1951er-Karte und somit auch das Untersuchungsgebiet dar. Der gesamte Blockgletscher in der Val Sassa ist aber ungefähr doppelt so lang. Weshalb die Karte nur den oberen Teil abdeckt, ist nicht bekannt. Der Blockgletscher fließt in nordnordöstlicher Richtung von links unten nach rechts oben.	4
2	Der Grenzverlauf des Nationalparks Hohe Tauern ist rot dargestellt, darunter befinden sich die Luftbilder (die leeren Kacheln sind stellvertretend für die nicht benötigten Luftbilder).	7
3	Die topographische Karte des Blockgletschers in der Val Sassa aus dem Jahr 1951.	11
4	Das Luftbild 6776 aus dem Jahr 1963 des Blockgletschers in der Val da l'Acqua.	12
5	Die <i>Link Table</i> der Georeferenzierung der topographischen Karte des Blockgletschers in der Val Sassa aus dem Jahr 1951.	14
6	Die <i>Vectorization Settings</i> , welche für die Vektorisierung der topographischen Karte des Blockgletschers in der Val Sassa verwendet wurden.	15
7	Das Resultat der ersten Vektorisierung. Die schwarzen Linien sind die Höhenlinien im Bild, die blauen Linien sind die angewählten Vektoren. So konnte festgestellt werden, ob die Vektoren durchgehend sind oder nicht.	16
8	Das Dialogfenster, in welchem man <i>Features</i> zu <i>3D</i> konvertieren kann. Das <i>Input feature</i> ist <i>1951.shp</i> und das <i>Input feature attribute</i> ist <i>Z</i> , das neu erstellte <i>Field</i> in der <i>Attribute Table</i>	17
9	Das Dialogfenster, in welchem man aus einem <i>Feature</i> ein <i>TIN</i> erstellen kann. Als <i>Layer</i> wurde das File <i>1951_3d.shp</i> gewählt, die <i>Height source</i> sind die <i>Feature Z Values</i> (diese wurden ja bereits bei <i>Convert Features to 3D</i> festgelegt) und bei der <i>Triangulation</i> wurden die <i>Features</i> als <i>hard lines</i> verwendet.	17
10	Die Erstellung eines <i>Rasters</i> aus einem <i>Shapefile</i> (als <i>Input feature data</i> wurde das File <i>1951_3d.shp</i> gewählt).	18
11	Die <i>Link Table</i> der Georeferenzierung des Bildes <i>BGVDA_1963_6776_LZW.tif</i>	20
12	<i>Link Table</i> der Georeferenzierung des Bildes <i>BGVDA_1973_3264_LZW.tif</i>	20
13	Das Resultat der Subtraktion <i>dtm4_mask</i> minus <i>1951_3d_mask = 1951_minus2</i> , hinterlegt mit der Landeskarte.	22
14	Im Hintergrund ist das Luftbild aus dem Jahr 2000 sichtbar. Darüber wurden die Höhenlinien (also das File <i>1951_3d.shp</i>) gelegt.	24
15	Im Hintergrund ist auch hier das Luftbild aus dem Jahr 2000 sichtbar. Im Vordergrund dagegen sind die beiden Polygone, welche die Positionen der oberen Kante der Stirn in den Jahren 1951 und 2000 abbilden.	24
16	Im Hintergrund ist das Luftbild aus dem Jahr 2000 sichtbar und im Vordergrund die drei Polygone, welche die Positionen der Stirn in den Jahren 1963, 1973 und 2000 abbilden.	25
17	Der Ablauf der Bild-Auswahl für die Karte des Ereignisprotokolls.	32
18	Die Unterteilung der Kategorie <i>Wetter</i>	33
19	Die Karte des Ereignisprotokolls (verkleinert, 6.18%).	34
20	Die Karte der Besucherbefragung in der Region des SNPs.	37

Tabellen

1	Übersicht über die Georeferenzierung der Karten aus den Jahren 1952 - 54, 1958 und 1963.	15
2	Die ausgewählten Ereignisse.	33

1 Einführung

1.1 Persönliches Vorwort

Vom 7. Februar bis am 16. April 2007 machte ich im Schweizerischen Nationalpark ein Praktikum im Bereich Rauminformation unter der Leitung von Ruedi Haller. Dieses Praktikum machte ich im Rahmen des Geographie-Masterstudiums an der Uni Zürich.

Dieser Praktikumsbericht ist zweigeteilt: der erste ist eine Übersicht über meine Tätigkeiten im SNP (Kapitel 1, 2 und 3). Details werden in der Zusammenfassung bewusst weg gelassen und wo dies geschieht, wird auf die detaillierteren Dokumentationen im zweiten Teil des Berichtes verwiesen, welche sich im Anhang befinden.

Mein Praktikum im SNP gliederte sich in verschiedene Aufgabenbereiche, weshalb die Einführung und auch der restliche Bericht gleichermassen unterteilt werden. Das Hauptthema meines Praktikums durfte ich selber bestimmen und wählte den Themenbereich Permafrost. Der Grund dafür ist, dass ich mich in meiner Bachelorarbeit bereits mit Permafrost beschäftigt habe und mich in dieser Richtung in Kombination mit GIS spezialisieren möchte.

1.2 Schweizerischer Nationalpark

Der Schweizerische Nationalpark im Engadin wurde im Jahr 1914 gegründet. Er war der erste Nationalpark in den Alpen und in Mitteleuropa. Gemäss dem 1980 erlassenen Nationalparkgesetz ist der Nationalpark „ein Reservat, in dem die Natur vor allen menschlichen Eingriffen geschützt und namentlich die gesamte Tier- und Pflanzenwelt ihrer natürlichen Entwicklung überlassen wird.“ (Nationalparkgesetz). Ausserdem ist der Nationalpark „Gegenstand dauernder wissenschaftlicher Forschung“ (Nationalparkgesetz). Dabei wird besonders der Langzeitforschung ein grosses Gewicht beigemessen, weil damit die Veränderungen im Nationalpark dokumentiert und das Verständnis für natürliche Prozesse gefördert werden können. Nebst der Forschung gibt es auch noch die Abteilung Rauminformation, wo mit geographischen Informationssystemen (GIS) raumbezogene Daten analysiert und verwaltet werden können.

Eine weitere wichtige Aufgabe des Nationalparks ist die Umweltbildung. Mit einer Dauerausstellung, Lehrpfaden und anderen Angeboten können die Besucher ihr Wissen vertiefen. Dazu gehört auch der digitale Wanderführer WebPark. Dies ist ein Taschencomputer, mit welchem die Besucher zum Beispiel Wanderrouen anzeigen, Pflanzen bestimmen und einen Lehrpfad besuchen können.

1.3 Blockgletscher

Der SNP besitzt topographische Karten der Blockgletscher in der Val Sassa und in der Val da l'Acqua, welche bis in die 1920er Jahre zurück reichen (Beispiel siehe Abbildung 3 auf Seite 11). Zusätzlich dazu sind Luftbilder vorhanden, bei welchen die ältesten aus den 1940er Jahren stammen (Beispiel siehe Abbildung 4 auf Seite 12). Aufgrund dieser Datengrundlage wurde beschlossen, dass die folgende Forschungsfrage beantwortet und die dazu gehörenden Aufgaben gelöst werden sollten:

Die übergeordnete Frage lautete: *Wie haben sich die Blockgletscher in der Val Sassa und in der Val da l'Acqua seit den 1950er bzw. 1960er Jahren bis ins Jahr 2000 verändert?* und die daraus abgeleitete Hauptaufgabe war diese:

**Wie hat sich das Volumen des Blockgletschers,
welches aus dem entsprechenden DEM abgeleitet wird,
in der Val Sassa seit dem Jahr 1951 bis ins Jahr 2000 verändert?**

Die weiteren Aufgaben waren die folgenden:

- Evaluation der Veränderungen der Stirn des Blockgletschers in der Val da l'Acqua von 1963 bis ins Jahr 2000.
- Evaluation der Veränderungen der Stirn des Blockgletschers in der Val Sassa von 1951 bis ins Jahr 2000.

- Literatur-Recherche und Textentwurf für die Erstellung eines Informations-Beitrages zu den Themen Blockgletscher und Klimaänderung für WebPark.

1.4 Weitere Aufgaben

1.4.1 Ereignisprotokoll

Seit dem Jahr 1987 werden bei aussergewöhnlichen Ereignissen und Beobachtungen im Nationalpark von den Parkwächtern Protokolle ausgefüllt, welche dann in einer Datenbank gesammelt und ausgewertet werden. Die Aufgabe war, aus diesen sehr zahlreichen Meldungen die spektakulärsten und aussergewöhnlichsten auszuwählen und in einer Karte darzustellen. Für weitere Informationen siehe Dokumentation „Ereignisprotokoll“, Anhang B.

1.4.2 Besucherbefragung

Im Sommer 2006 wurde im Nationalpark und in der angrenzenden Region eine Besucherbefragung durchgeführt. Die Resultate dieser Befragung wurde anlässlich der Zernerzer Nationalparktage (20.4. und 21.4.2007) in einem Vortrag präsentiert. Die Aufgabe war, für diese Präsentation eine Karte zu erstellen, welche aufzeigt, wieviele Besucher wo in der Region welche touristischen Aktivitäten unternommen haben. Für zusätzliche Informationen siehe Dokumentation „Besucherbefragung“, Anhang C.

1.4.3 Alpencom

Im SNP gibt es seit dem Jahr 2006 einen Flugsimulator, mit welchem man über das Gebiet des SNPs fliegen kann. Dies soll im Rahmen des Alpencom-Projektes u.A. auch für andere Nationalparke die bei Alpencom dabei sind - z.B. Hohe Tauern, Vanoise etc. - realisiert werden. Die Aufgabe war, bei drei Pärken (Hohe Tauern, Vanoise, Les Écrins) die Grenze den natürlichen Gegebenheiten anzupassen. Für weitere Informationen siehe www.alpencom.org.

1.4.4 Vorträge

Vorbereitung und Vortragen von zwei Referaten:

- Berechnung der Sonneneinstrahlung in *ArcMap* mit dem Tool *Solar Radiation* (Folien siehe Anhang D)
- Die Extension *ArcScan* und ihre Anwendung in *ArcMap* (Folien siehe Anhang E)

1.4.5 Zusätzliches

Administrative Arbeiten (z.B. Sortieren und Aufräumen des CD-Archivs) und Mithilfe unterschiedlicher Art (z.B. Einscannen von Bildern und Karten).

2 Zusammenfassung

2.1 Blockgletscher

2.1.1 Vorgehen

Forschungsfrage Zuerst wurden sämtliche topographischen Karten und Luftbilder der Blockgletscher in der Val Sassa und in der Val da l'Acqua eingescannt. Für die Beantwortung der Forschungsfrage waren jedoch nicht alle brauchbar und so wurden die folgenden Bilder und Karten (unpublizierte Daten ohne Autor aus dem Archiv SNP, Schachtel 410.102) ausgewählt:

- Val Sassa
 - topographische Karten: *Val Sassa 1921.tif*, *Val Sassa 1951.tif*, *Val Sassa 1952-54.tif*, *Val Sassa 1954.tif*, *Val Sassa 1958.tif* und *Val Sassa 1963.tif*
 - Luftbilder: *BGVS_1963_6766.tif*, *BGVS_1963_6768.tif* und *BGVS_1968_9113.tif*
- Val da l'Acqua
 - topographische Karten: *Val da l'Acqua 1921.tif* und *Val da l'Acqua 1951.tif*
 - Luftbilder: *BGVDA_1948.tif*, *BGVDA_1963_6775.tif*, *BGVDA_1963_6776.tif*, *BGVDA_1963_6777.tif* und *BGVDA_1973_3264.tif*

Die topographischen Karten wurden anschliessend georeferenziert: Mit *Add Control Points* wurden jeweils mindestens vier gut verteilte Passpunkte ausgewählt und per Doppelklick positioniert. In der *Link Table* war dann die Genauigkeit der Positionierung der Punkte ersichtlich und konnte bei Bedarf noch verbessert werden. Die Residuen bewegten sich im Bereich von 0.02469 bis 0.69658 Meter. Beim *Resampling* wurde dann die *Cubic Convolution*-Methode angewandt und die neu entstandenen Bilder wurden durch die Ergänzung CC gekennzeichnet (Beispiel: *Val Sassa 1951 CC.tif*).

Für die Erstellung de Höhenmodells wurde die Karte aus dem Jahr 1951 aus der Val Sassa verwendet. Zu beachten ist hier, dass diese Karte die kleinste Fläche abdeckt und nicht den gesamten Blockgletscher abbildet, sondern nur den oberen Teil dessen (siehe Abbildung 1). Weshalb dies so ist, konnte nicht festgestellt werden. Wo im folgenden Text vom gesamten Blockgletscher die Rede ist, wird dies explizit erwähnt, ansonsten kann davon ausgegangen werden, dass es sich um den Bereich der Karte handelt.

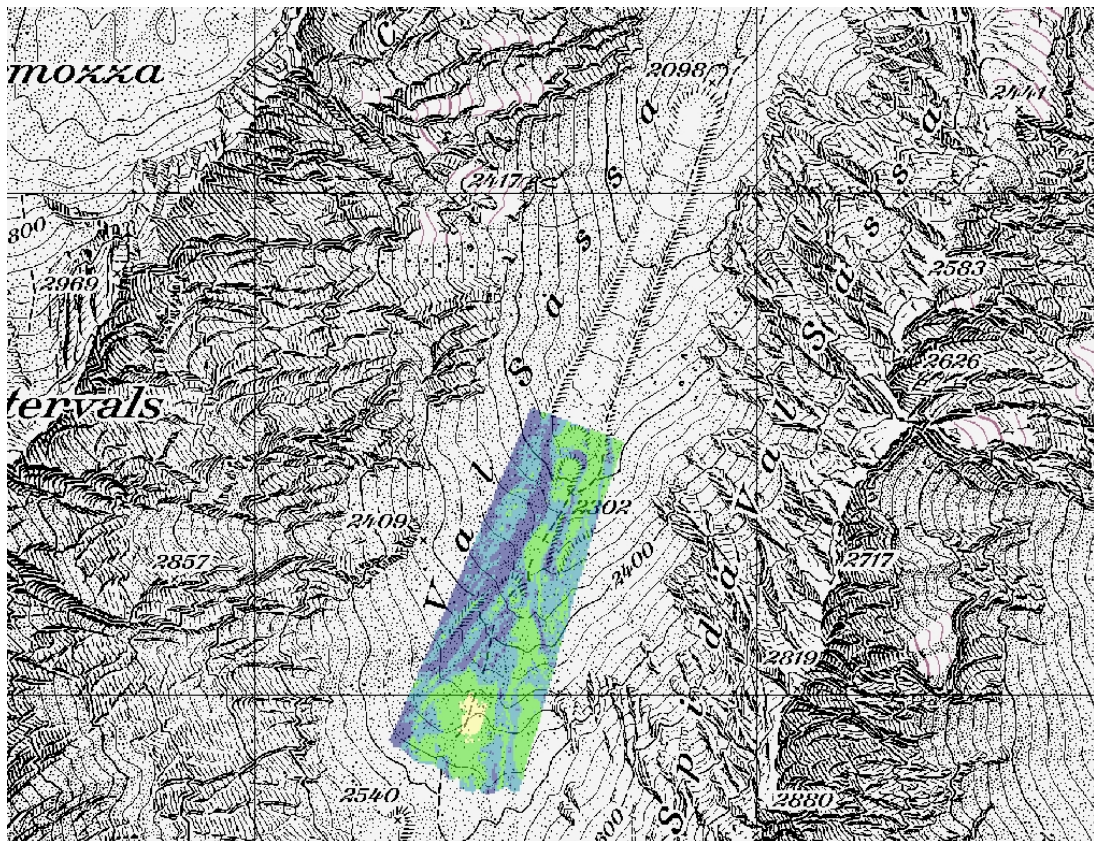


Abbildung 1: Der blau-grüne Bereich (siehe auch Abbildung 13 auf Seite 22) stellt das Gebiet der 1951er-Karte und somit auch das Untersuchungsgebiet dar. Der gesamte Blockgletscher in der Val Sassina ist aber ungefähr doppelt so lang. Weshalb die Karte nur den oberen Teil abdeckt, ist nicht bekannt. Der Blockgletscher fliesst in nordnordöstlicher Richtung von links unten nach rechts oben.

Um ein Höhenmodell zu erstellen, wurden die Höhenlinien des Bildes mit dem Tool *ArcScan* vektorisiert. Zuvor wurde eine Kopie des Bildes der Karte mit dem Raster Cleanup so bearbeitet, dass nach der Vektorisierung jede Höhenlinie durch einen Vektor dargestellt wurde. In der Attributtabelle wurden im *Field Z* die entsprechenden Werte (Meter über Meer) eingefügt. Anschliessend wurden in der *3D Analyst Toolbar* mit dem Tool *Convert Features to 3D* die Werte der Z-Koordinate aktiviert, damit das File überhaupt zur Erstellung eines Höhenmodells verwendet werden konnte. Aus dem somit neu entstandene File (*1951_3d.shp*) wurden zwei Höhenmodelle erstellt: ein TIN und ein Raster, wobei das TIN aus Gründen der Auflösung nicht für den Vergleich verwendet wurde. Das Raster wurde mit der Funktion *Topo to Raster* erstellt. Das Höhenmodell aus dem Jahr 2000 (*dtm4_inside*), mit welchem dasjenige aus dem Jahr 1951 (*1951_3d_topo*) verglichen wurde, umfasst den gesamten Bereich des SNPs. Aus diesem Grund wurde eine Maske erstellt, mit welcher beide Höhenmodelle maskiert wurden. Zusätzlich wurde dabei beim File *1951_3d_topo* die *Cell Size* von 1.86 auf 4 Meter angepasst, damit am Schluss beide Höhenmodelle über die gleiche *Cell Size* verfügten.

Im *3D Analyst* konnten anschliessend mit dem Tool *Area and Volume* die Volumina der beiden Höhenmodelle über einer Referenzebene (welche auf die Höhe von 2267 M.ü.M. festgelegt wurde) und deren Differenz berechnet werden. Ausserdem wurde mit dem Tool *Minus* aus den *Spatial Analyst Tools* das Höhenmodell aus dem Jahr 1951 von demjenigen aus dem Jahr 2000 subtrahiert, um zu sehen, wie sich die Oberfläche verändert hat. Zu guter Letzt wurden noch die Positionen der Stirn zu diesen Zeitpunkten mit einander verglichen, indem die Bilder übereinander gelegt und Polygone gezeichnet wurden, welche die Form und Position der jeweiligen Stirn abbildeten.

In der Val da l'Acqua wurden mit der gleichen Methode die Positionen der Stirn in den Jahren 1963, 1973 und 2000 miteinander verglichen.

Die Resultate befinden sich im Anhang A auf den Seiten 9 bis 30.

WebPark Als WebPark-Beitrag wurde ein Lehrpfad zum Thema Blockgletscher und Permafrost erstellt. Als Vorlage diente dabei der Lehrpfad über Waldbrände und als Datengrundlage wurde Fachliteratur verwendet. Die erstellte Struktur und die Texte sind in der jetzigen Form nur als Entwurf zu verstehen, welcher weiter überarbeitet werden muss.

Für weitere Informationen siehe Dokumentation „Blockgletscher“, Anhang A.

2.1.2 Ergebnisse

Forschungsfrage Die Resultate der Forschungsfrage befinden sich in der Dokumentation „Blockgletscher“, Anhang A.

WebPark Die Resultate des WebPark-Beitrages befinden sich in der Dokumentation „Blockgletscher“, Anhang A.

2.1.3 Diskussion

Forschungsfrage Erwartet wurde, dass der Blockgletscher in der Val da l'Acqua aktiv und weiter vorgestossen ist. Der Blockgletscher in der Val Sassa hingegen ist inaktiv und ist deshalb auch nicht weiter vorgestossen und hat einen Volumenverlust erlitten. Die Beantwortung der Forschungsfrage lieferte erfreuliche und teilweise auch über-raschende Resultate. Es konnte gezeigt werden, dass sich die Positionen der Stirn der beiden Blockgletscher seit den 50er- bzw. 60er-Jahren weiter talwärts bewegt haben. In der Val Sassa konnte der Blockgletscher ausserdem sein Volumen um 4.1% vergrössern. Eine Fehleranalyse wurde aber aus Zeitgründen nicht gemacht. Ausserdem wurde klar ersichtlich, dass bei beiden Blockgletschern weiterer Forschungsbedarf besteht. Für Vorschläge zur Bearbeitung (weiterführende Fragestellungen, Forschungsfragen etc.) siehe Dokumentation „Blockgletscher“, Anhang A.

Die Vektorisierung hätte auch direkt am Digitalisierungstisch durchgeführt werden können, indem mit der Digitalisierungsmaus den Höhenlinien entlangefahren worden wäre. Welche Methode schneller und effizienter ist, konnte aus Zeitgründen nicht festgestellt werden, weshalb man sich für die Vektorisierung mit *ArcScan* entschied. Die Anpassung der *Cell Size* hätte ebenfalls mit anderen Methoden durchgeführt werden können. Bei den Recherchen in der *ESRI Webhelp* wurden jedoch keine passenden Lösungen gefunden.

WebPark Der Entwurf des Lehrpfades muss weiter überarbeitet werden. Zudem fehlt noch das Bildmaterial und auch andere Details müssen noch geklärt werden.

Die besondere Herausforderung bei der Formulierung der Texte war, die komplexen Zusammenhänge auf ein Niveau zu bringen, welches ohne Vorwissen verstanden werden kann. Die Besucher dürfen dabei weder unter- noch überfordert werden und gleichzeitig müssen sie die nötigen Informationen bekommen. Die Anknüpfung des Themas an aktuelle Beispiele (Sommer 2003, „An inconvenient truth“) ist wichtig, damit sich die Besucher angesprochen fühlen und sich überhaupt für das Thema interessieren.

Eine Erweiterung des Lehrpfades in Form eines FOCUS-Faltblattes, Unterrichtsmaterialien etc. ist denkbar. Für weitere Informationen bezüglich der Diskussion siehe Dokumentation „Blockgletscher“, Anhang A.

2.2 Ereignisprotokoll

2.2.1 Vorgehen

Um die spektakulärsten Ereignisse auszuwählen wurde folgendermassen vorgegangen: Die Parkwächter mussten bei jedem von ihnen gemeldeten Ereignis angeben, wie häufig oder selten diese sich wiederholen (*Wiederkehr*). Diejenigen Ereignisse, deren *Wiederkehr* als *ausserordentlich* klassiert wurde, kamen in die engere Auswahl. Das nächste Kriterium war, ob ein Foto vorhanden ist. Danach wurde die Qualität der mitgelieferten Fotos beurteilt. Somit standen am Schluss die dreizehn Ereignisse fest, die in der Karte dargestellt werden sollten. Für weitere Informationen bezüglich der Vorgehensweise siehe Dokumentation „Ereignisprotokoll“, Anhang B.

2.2.2 Ergebnisse

Die Karte des Ereignisprotokolls befindet sich in der Dokumentation „Ereignisprotokoll“, Anhang B.

2.2.3 Diskussion

Die Karte des Ereignisprotokolls verfügt über eine gute Lesbarkeit und stellt die ausgewählten Ereignisse in einem angemessenen Rahmen dar. Die Auswahl der Ereignisse hätte insofern verbessert werden können, indem sämtliche Ereignisse betrachtet und bezüglich ihrer Besonderheit beurteilt worden wären. Dies wurde aber aus Zeitgründen abgelehnt und auf die Beurteilung der Parkwächter vertraut. Es ist klar, dass somit die Gefahr besteht, dass noch spektakulärere Ereignisse nicht beachtet werden. Dieses Risiko unter diesen Umständen aber vertretbar. Für weitere Informationen siehe Dokumentation „Ereignisprotokoll“, Anhang B.

2.3 Karte der Besucherbefragung

2.3.1 Vorgehen

Als Datengrundlage stand eine Tabelle zur Verfügung, worin die Menge der Besucher für die genannten touristischen Destinationen und Aktivitäten ersichtlich waren. Davon ausgehend wurden die Aktivitäten in sieben Klassen eingeteilt:

1. Aussichtspunkte
2. Dorfbesichtigung
3. Natur
4. Museen
5. Tessanda
6. Bad
7. Minieras

Dann wurden die Besuchermengen pro Klasse mit Balken in der Karte dargestellt. Für weitere Informationen bezüglich der Vorgehensweise siehe Dokumentation „Besucherbefragung“, Anhang C.

2.3.2 Ergebnisse

Die Karte der Besucherbefragung befindet sich in der Dokumentation „Besucherbefragung“, Anhang C.

2.3.3 Diskussion

Die Karte der Besucherbefragung erfüllt die Aufgabenstellung auf anschauliche Weise. Leider fehlen sämtliche Wertangaben. Der Betrachter kann die einzelnen Balken lediglich relativ zueinander vergleichen und hat keine absoluten Werte zur Verfügung. Besser wäre gewesen, wenn zumindest der kleinste und der grösste Wert in der Karte erschienen wären - dies wurde jedoch vom Auftraggeber nicht gewünscht. Für zusätzliche Informationen siehe Dokumentation „Besucherbefragung“, Anhang C.

2.4 Alpencom

2.4.1 Vorgehen

In *ArcMap* wurden die Luftbilder und das Shapefile mit der Grenze des betreffenden Nationalparks eingefügt. Anschliessend wurde in die Bilder hineingezoomt, damit sichtbar war, inwiefern und wie die Grenze einen natürlichen Verlauf hat. Oft lief sie entlang eines Grates oder eines Flussufers und war aber relativ ungenau digitalisiert worden. Die Aufgabe war dann, die Grenze den natürlichen Gegebenheiten anzupassen, indem die *vertices* verschoben und neue eingefügt wurden.

2.4.2 Ergebnisse

Das Resultat der Arbeit war, dass die Grenzen der betreffenden Nationalparke besser an die natürlichen Gegebenheiten angepasst waren. So konnten dann die Luftbilder entlang dieser Grenze auseinander geschnitten werden und so konnte man sie dann für den erwähnten Flugsimulator verwenden.

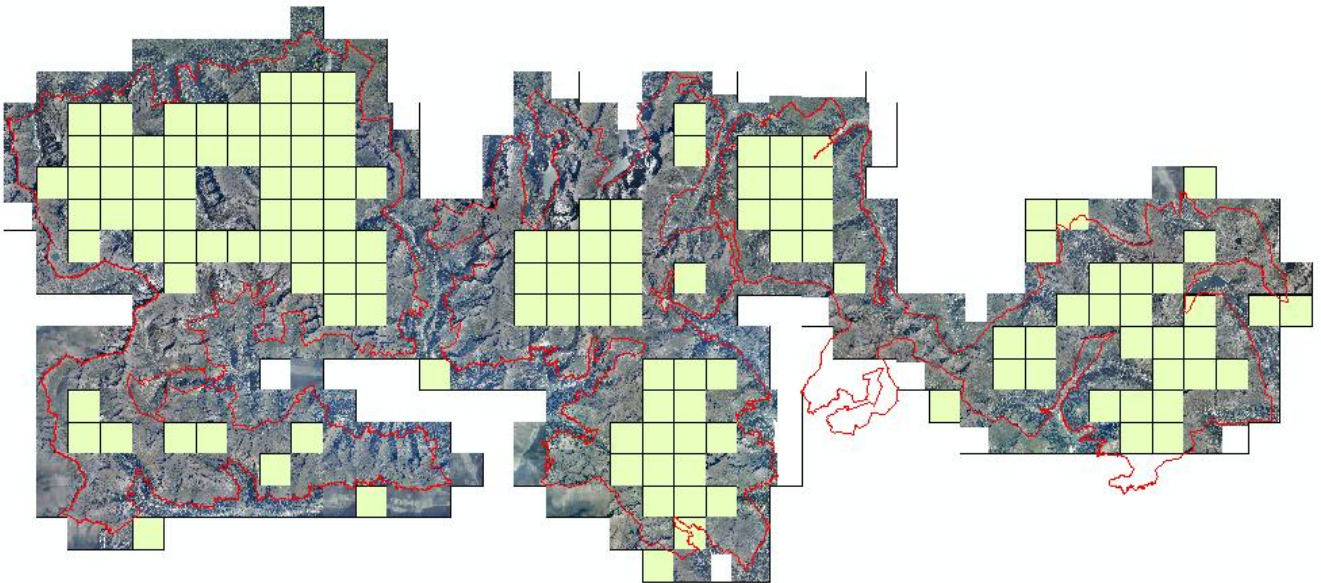


Abbildung 2: Der Grenzverlauf des Nationalparks Hohe Tauern ist rot dargestellt, darunter befinden sich die Luftbilder (die leeren Kacheln sind stellvertretend für die nicht benötigten Luftbilder).

2.4.3 Diskussion

Die Umsetzung des Auftrages generierte diverse Probleme: die Computerkapazität stiess an ihre Grenze, weil derart viele Luftbilder geladen werden mussten und deshalb dauerte dieser Prozess Stunden; das Anpassen der Grenze war nicht immer einfach, weil die Luftbilder oft an entscheidenden Stellen ungenau bzw. unscharf waren; die Tätigkeit war sehr monoton und deshalb ist das Risiko gross, dass Stellen, die verbessert hätten werden müssen, übersehen wurden. Ausserdem sollte nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Entscheidung, ob an einer Stelle der Grenzverlauf angepasst werden muss, eine individuelle Beurteilung widerspiegelt. Jemand anders hätte an manchen Stellen bestimmt anders entschieden.

3 Schlussworte

3.1 Fachliches Fazit

In fachlicher Hinsicht konnte ich sehr viel profitieren: Durch die vertiefte Auseinandersetzung mit *ArcMap* und *ArcCatalog* erarbeitete ich mir eine erhöhte Selbständigkeit im Umgang mit dieser Software. Ich lernte, wie ich die Hilfedateien gezielter für meine Zwecke nutzen kann. Ausserdem wurde ich geübter wenn es darum ging, wie ich eine gestellte Aufgabe am Besten lösen sollte. Somit stellt dieses Praktikum für mich den gewünschten Schritt dar, welcher mich weg von den Übungen an der Uni, welche oft mit Hilfe von mehr oder weniger genauen „Kochbuchanleitungen“ durchgeführt wurden, hin zu einer selbständigeren und kreativeren Arbeitsweise führte.

Zusätzlich zur GIS-Software konnte ich mich mit *Photoshop*, *EndNote* und *LaTeX* etwas genauer auseinandersetzen und mir neues Wissen aneignen, welches ich in Zukunft noch weiter vertiefen möchte.

Auch im Bereich der Blockgletscher konnte ich wertvolle Erfahrungen sammeln. Zum Einen war es die Arbeit mit den Karten und Luftbildern, welche mich vor diverse Herausforderungen stellte (z.B.: Wie vektorisiere ich die Höhenlinien?). Andererseits war es die vertiefte Auseinandersetzung mit der Fachliteratur, in welcher ich auch auf kontroverse Aussagen stiess und mich dementsprechend weiter informierte und eine persönliche Meinung bildete.

Die Kombination von GIS und Glaziologie/Permafrost war ideal und bestärkte mich in meinem Ziel, diese beiden Fachbereiche in meinem Masterstudium und in der dazu gehörenden Masterarbeit zu kombinieren und zu vertiefen.

3.2 Persönliches Fazit

Mit viel Freude und Stolz blicke ich auf mein Praktikum im SNP zurück. Die Zeit im Engadin hat mir gut gefallen, auch wenn es nicht immer einfach war. Die Erfahrung, für eine begrenzte Zeit alleine in einem Berggebiet zu leben, hat mir aber gut getan. Das erste Mal alleine wohnen, sich nicht in der gewohnten Umgebung zu befinden und deshalb Freundschaften und Beziehungen neu definieren zu müssen waren wertvolle Erfahrungen, die ich nicht mehr missen möchte.

3.3 Dank

Zuallererst möchte ich meinem Betreuer, Ruedi Haller, herzlich danken - dafür, dass ich das Praktikum überhaupt machen durfte und dass er sich trotz seines vollen Terminkalenders immer wieder Zeit nehmen konnte für mich. Seine fachlich kompetenten Korrekturen und Vorschläge habe ich sehr geschätzt. Auch beim restlichen Nationalpark-Team möchte ich mich hiermit herzlich für die schöne Zeit und die kurzweiligen Kaffeepausen bedanken.

Mein Praktikum in Zernez hätte ich nicht machen können, wenn ich nicht irgendwo hätte wohnen können und deshalb möchte ich auch meinen Vermietern, Claudia und Mario Bezzola, herzlichst danken. Ihre Grosszügigkeit, mich für eine geringe Miete in einer grossen und schönen Ferienwohnung wohnen zu lassen, und auch ihr stets offenes Ohr und die zahlreichen Gespräche mit ihnen habe ich sehr geschätzt. Last but not least gehört mein Dank auch meiner Familie und meinem Freund, die mich stets unterstützt und in Krisenmomenten wieder aufgemuntert haben. Danke!

A Blockgletscher

A.1 Einführung

A.1.1 Vorwort

In meiner Bachelorarbeit, welche ich im Sommer 2006 verfasst habe, habe ich mich mit dem Thema „Stabilitätsprobleme von Hochgebirgsinfrastruktur im Permafrost“ beschäftigt. Die Faszination für das Thema Permafrost ist geblieben und die damit verbundenen Fragestellungen und Forschungsthemen interessieren mich stark. Aus diesem Grund möchte ich mich im kommenden Masterstudium in dieser Richtung in Kombination mit GIS spezialisieren und habe deshalb diese Themenkombination für mein Praktikum im Schweizerischen Nationalpark gewählt.

A.1.2 Fragestellung

Die übergeordnete Frage lautete: *Wie haben sich die Blockgletscher in der Val Sassa und in der Val da l'Acqua seit den 1950er bzw. 1960er Jahren bis ins Jahr 2000 verändert?* und die daraus abgeleitete Hauptaufgabe war diese:

**Wie hat sich das Volumen des Blockgletschers,
welches aus dem entsprechenden DEM abgeleitet wird,
in der Val Sassa seit dem Jahr 1951 bis ins Jahr 2000 verändert?**

Zusätzlich wurden die Veränderungen der Stirn der Blockgletscher in der Val Sassa und der Val da l'Acqua von 1951 bis ins Jahr 2000 bzw. von 1963 bis ins Jahr 2000 evaluiert und Texte für einen WebPark-Beitrag entworfen.

A.1.3 Datenlage

Welche Daten, die im Zusammenhang mit Permafrost relevant sind, besitzt der Nationalpark? Diese Frage galt es als Erstes zu klären. Die folgenden Daten (unpublizierte Daten ohne Autor aus dem Archiv SNP, Schachtel 410.102) sind vorhanden:

- Val Sassa
 - bearbeitete Daten
 - * Topographische Karte aus den Jahren 1921, 1951, 1954, 1958 und 1963
 - * Punktkarte mit Daten aus den Jahren 1952, 1953 und 1954
 - * Luftbilder aus den Jahren 1963 (Film-Nummer 6766, 6768) und 1968 (Film-Nummer 9113)
 - nicht bearbeitete Daten
 - * Luftbilder aus dem Jahr 1963 (Film-Nummer 6763, 6764, 6765, 6769, 6770, 6771, 6772)

- Val da l'Acqua
 - bearbeitete Daten
 - * Topographische Karten aus den Jahren 1921 und 1951
 - * Luftbilder aus den Jahren 1963 (Film-Nummer 6775, 6776, 6777) und 1973 (Film-Nummer 3264)
 - * Luftbildmosaik aus dem Jahr 1948
 - nicht bearbeitete Daten
 - * Luftbilder aus dem Jahr 1963 (Film-Nummer 6773, 6774, 6778, 6779, 6780, 6781)
 - * weitere Luftbilder aus dem Jahr 1973, welche aber auseinander geschnitten wurden und deshalb nicht mehr rekonstruierbar sind
 - * diverse Panoramabilder aus dem Jahr 2006 (von Jonathan Raper, GIS-Professor an der City University of London, welcher im Frühjahr 2007 im SNP ein Sabbatical verbrachte)

Sämtliche Luftbilder sind schwarz-weiss.

Ausserdem verfügt der Nationalpark über diverse Daten, insbesondere digitale Höhenmodelle und Karten, die später dann auch verwendet wurden:

- Ortho2000 (*m806_166.tif* und *m808_166.tif*)
- *dtm4_inside* (Höhenmodell mit 4m Auflösung, basierend auf Daten aus dem Jahr 2000)
- *snp.tif* (Karte der Region des Nationalparks)

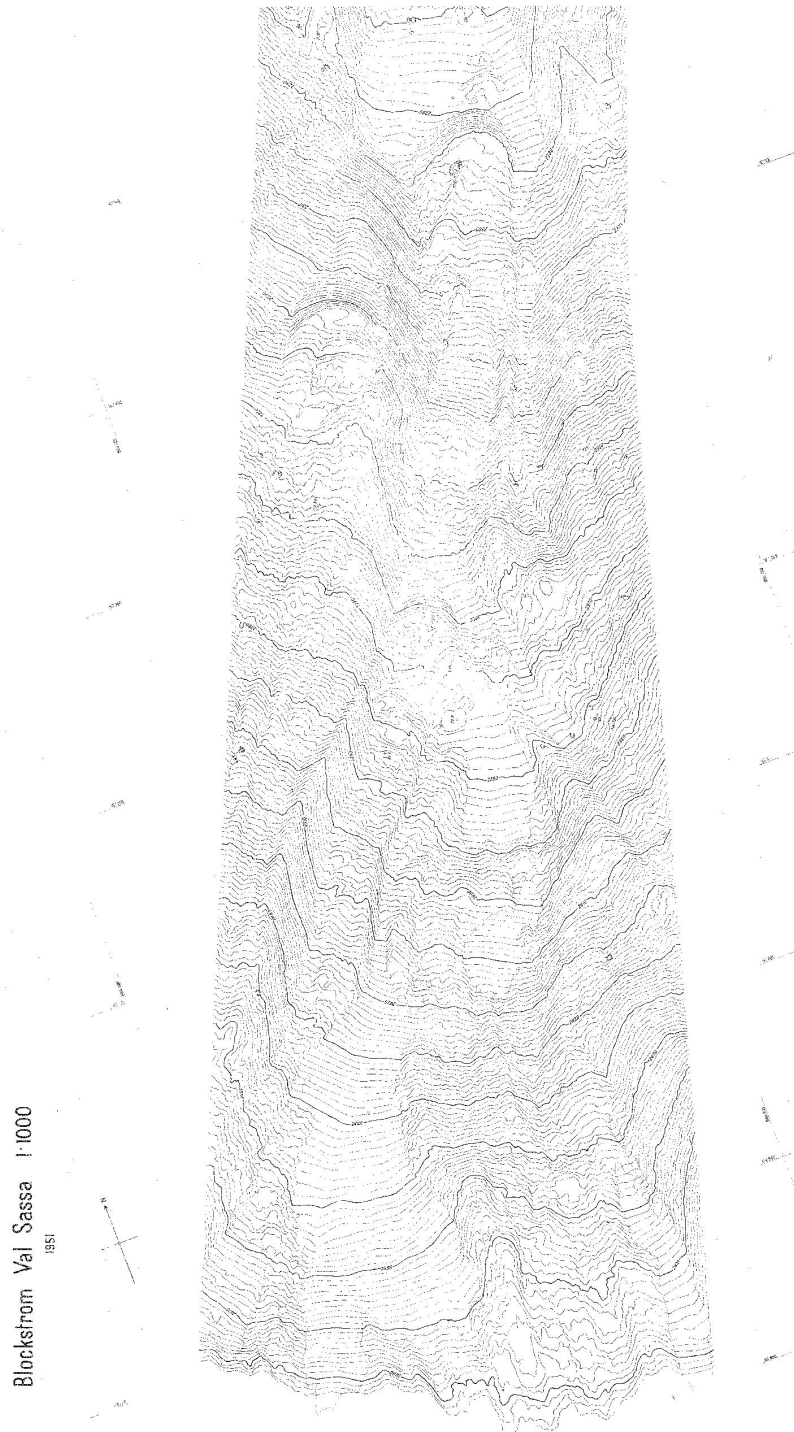


Abbildung 3: Die topographische Karte des Blockgletschers in der Val Sassa aus dem Jahr 1951.

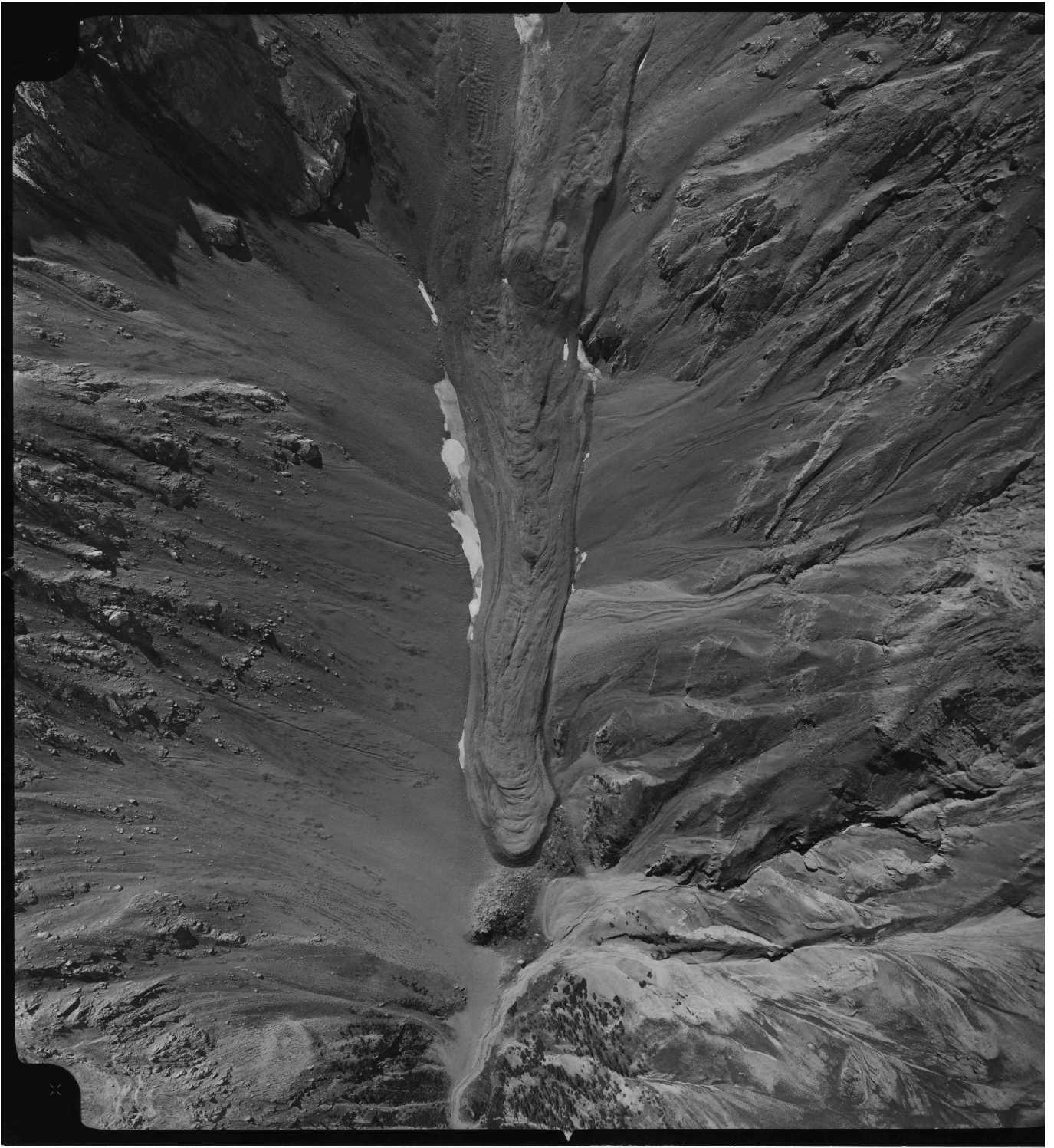


Abbildung 4: Das Luftbild 6776 aus dem Jahr 1963 des Blockgletschers in der Val da l'Acqua.

A.1.4 Aufbau und Struktur der Daten

Sämtliche Daten, die für diese Arbeit verwendet wurden, befinden sich in diesen Ordnern (detailliertere Angaben bzgl. des Inhalts siehe Metadaten):

- Q:\prjdata\prj\gis_snp\Blockgletscher
→ Übergeordneter Projektordner, worin sämtliche Blockgletscher-Daten enthalten sind
- Q:\prjdata\prj\gis_snp\Blockgletscher\Val Sassa
→ Daten (Bilder, *ArcMap*-Dokumente etc.) des Blockgletschers aus der Val Sassa
- Q:\prjdata\prj\gis_snp\Blockgletscher\Val da l'Acqua
→ Daten (Bilder, *ArcMap*-Dokumente etc.) des Blockgletschers aus der Val da l'Acqua
- Q:\prjdata\prj\gis_snp\Blockgletscher\Ortho2000
→ Zwei Teile des Orthophotos aus dem Jahr 2000, welche das Gebiet des Blockgletschers in der Val da l'Acqua abdecken
- Q:\prjdata\prj\gis_snp\Blockgletscher\Publikationen
→ Publikationen, welche die Blockgletscher in der Val Sassa und der Val da l'Acqua betreffen

A.2 Vorgehen

Zuallererst wurde eine Literaturübersicht über Permafrost erstellt, in welcher der Forschungsstand und offene Fragen dargelegt wurden (siehe Anhang F). Es zeigte sich dabei, dass die Blockgletscher im Schweizerischen Nationalpark in jüngerer Zeit relativ wenig erforscht wurden. So ist zum Beispiel nicht bekannt, ob die Blockgletscher aktiv oder inaktiv sind.

Als Nächstes wurden die Daten gesichtet, die dem SNP zur Verfügung stehen (Luftbilder etc.), anhand ihrer Brauchbarkeit beurteilt und die passenden ausgewählt (siehe A.1.3 Datenlage).

A.2.1 Forschungsfrage - Val Sassa

Um am Schluss die Volumina vergleichen zu können, wurde das Vorgehen folgendermassen geplant:

1. Die Bilder und die Karten einscannen und **georeferenzieren**,
2. eine topographische Karte auswählen und **vektorisieren**,
3. daraus ein **Höhenmodell erstellen**
4. und dieses dann mit aktuellen Daten **vergleichen**

Gemäss diesen Arbeitsschritten wurde dieses Kapitel strukturiert.

Georeferenzierung Die Karten und die Luftbilder aus der Val Sassa wurden mit der höchst möglichen Auflösung (1200dpi) eingescannt, wobei die Karten aus den Jahren 1951, 1952 - 54, 1958 und 1963 wegen ihrer Grösse extern eingescannt wurden. Daraus ergaben sich die folgenden .tif-Bilder:

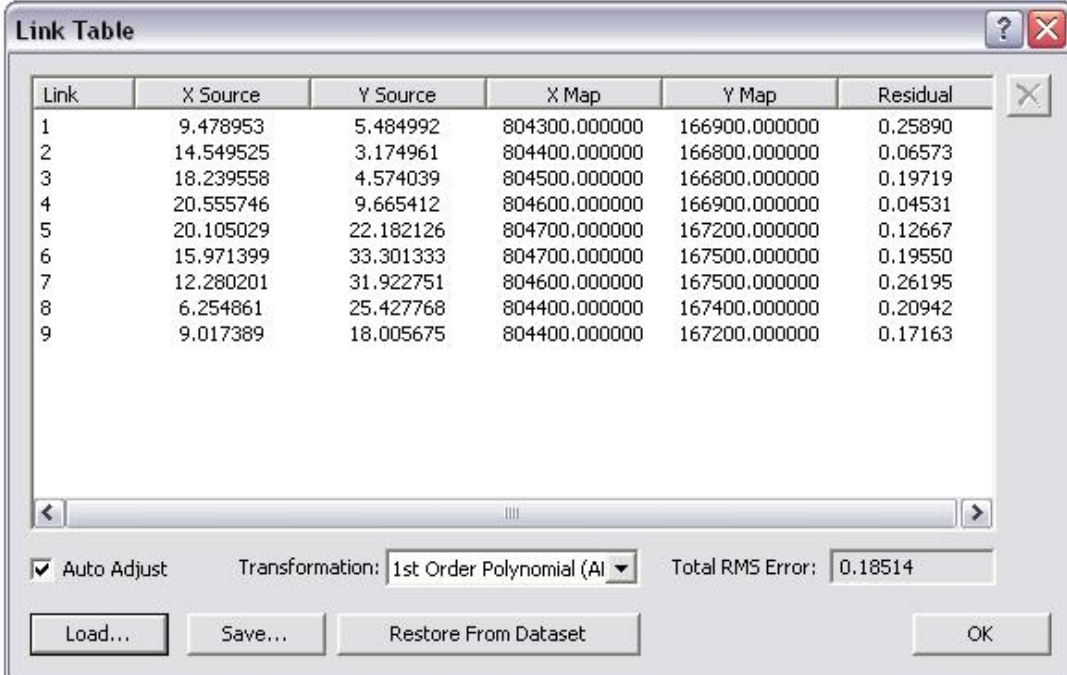
- *Val Sassa 1921.tif*, *Val Sassa 1951.tif*, *Val Sassa 1952-54.tif*, *Val Sassa 1954.tif*, *Val Sassa 1958.tif* und *Val Sassa 1963.tif*
- *BGVS_1963_6766.tif*, *BGVS_1963_6768.tif* und *BGVS_1968_9113.tif*

Kommentar zur Benennung der Bilder: BGVS bedeutet **B**lockgletscher in der **V**al **S**assa, 1963 bezeichnet das Jahr der Aufnahme und die danach folgende vierstellige Zahl (z.B. 6766) bezeichnet die Film- bzw. die Bild-Nummer. So kann jedes Bild identifiziert werden. Manche Bilder wurden auch noch mit der LZW-Komprimierung abgespeichert, was sich dann folgendermassen äussert: *BGVS_1963_6768_LZW.tif*.

Es wurde dann entschieden, nur die Karten aus den Jahren 1951, 1952 - 54, 1958 und 1963 zu georeferenzieren und daraus dann eine passende Karte für den Volumenvergleich auszuwählen. Grund: sie verfügen über eine Äquidistanz von einem oder zwei Metern und sind dank ihrer enormen Grösse ziemlich genau. Ausserdem fehlen der Karte aus dem Jahr 1921 Passpunkte. Die Karte aus dem Jahr 1954 verfügte zwar über Passpunkte, sie war aber ziemlich klein, hätte stark bearbeitet werden müssen und war wegen ihrer Äquidistanz von 10 Metern zu ungenau.

Danach wurden die ausgewählten Karten folgendermassen georeferenziert (hier das Beispiel der Karte aus dem Jahr 1951):

Mit *Add Control Points* wurden neun möglichst gut verteilte Punkte (die auf der Karte bereits eingezeichnet waren und deren Koordinaten bekannt waren) per Doppelklick an der entsprechenden Stelle grob eingegeben und dann in der *Link Table* nachbearbeitet (die Nachbearbeitung der Punkte hatte zur Folge, dass die *Map*-Koordinaten keine Kommastellen mehr hatten). In der *Link Table* waren dann die folgenden Daten sichtbar:



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	9.478953	5.484992	804300.000000	166900.000000	0.25890
2	14.549525	3.174961	804400.000000	166800.000000	0.06573
3	18.239558	4.574039	804500.000000	166800.000000	0.19719
4	20.555746	9.665412	804600.000000	166900.000000	0.04531
5	20.105029	22.182126	804700.000000	167200.000000	0.12667
6	15.971399	33.301333	804700.000000	167500.000000	0.19550
7	12.280201	31.922751	804600.000000	167500.000000	0.26195
8	6.254861	25.427768	804400.000000	167400.000000	0.20942
9	9.017389	18.005675	804400.000000	167200.000000	0.17163

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (AI) Total RMS Error: 0.18514
 Load... Save... Restore From Dataset OK

Abbildung 5: Die *Link Table* der Georeferenzierung der topographischen Karte des Blockgletschers in der Val Sassa aus dem Jahr 1951.

Die *Link* (Punktnummer) nummeriert die Kontrollpunkte. *X Source* bezeichnet die X-Koordinate des (unbekannten) Quellpunktes, *Y Source* bezeichnet die Y-Koordinate des Quellpunktes. Der *X Map*-Wert steht für die X-Koordinate des (bekannten) Punktes in der Karte und *Y Map* bezeichnet die Y-Koordinate des (bekannten) Punktes in der Karte. Die *Residuals*-Werte bezeichnen die Abweichungen. Vereinfacht kann gesagt werden, dass: je kleiner die Residuen sind, desto besser und genauer ist die Messung bzw. die Georeferenzierung. Die *Link Table* wurde abgespeichert (*1951.txt*), damit sie einfach wieder in das Projekt hineingeladen werden kann.

Sobald sämtliche Punkte zugewiesen worden sind, wurde die gescannte Karte rektifiziert bzw. georeferenziert. Dazu wird bei *Georeferencing* die Funktion *Rectify* angewählt, und danach wird mit der *Nearest Neighbour*-, der *Bilinear Interpolation*- und der *Cubic Convolution*-Methode das Bild georeferenziert.

Als Resultat entstanden aus jeder georeferenzierten Karte drei Bilder (zum Beispiel: *Val Sassa 1951 NN.tif*, *Val Sassa 1951 BI.tif* und *Val Sassa 1951 CC.tif*), wobei die Ergänzungen *NN*, *BI* und *CC* für die Resampling-Methode stehen. Es wurden dann die Bilder, die mit der *Cubic Convolution*-Methode georeferenziert worden sind, verwendet.

Jahr	Anzahl Punkte	Residuen
1952 - 54	11 Punkte	0.50199
1958	19 Punkte	0.28913
1963	17 Punkte	0.69658

Tabelle 1: Übersicht über die Georeferenzierung der Karten aus den Jahren 1952 - 54, 1958 und 1963.

Vektorisierung Welche topographische Karte sollte nun verwendet werden? Die Wahl fiel auf diejenige aus dem Jahr 1951 und zwar aus den folgenden Gründen: von denjenigen Karten die zur Verfügung standen, deckte diese Karte die kleinste Fläche ab und aus Zeitgründen war es deshalb die einzige, die überhaupt in Frage kam. Es ist dabei wichtig zu wissen, dass diese Karte nicht den ganzen Blockgletscher, sondern nur einen oberen Teil zeigt. Weshalb dies so ist, konnte nicht festgestellt werden. Dieser gesamte Bericht bezieht sich somit auf den Bereich der Karte - ausser, es wird explizit erwähnt, dass vom gesamten Blockgletscher die Rede ist.

Um nun aus einem .tif-Bild mit Höhenlinien ein Höhenmodell zu erstellen, kann in *ArcMap* das Tool *ArcScan* verwendet werden, mit welchem man die Höhenlinien vektorisieren kann. Zuerst musste aber das Raster mit dem *Raster Cleanup* bearbeitet und für die Vektorisierung vorbereitet werden. Dazu wurde das Bild nicht als Graustufen sondern schwarz-weiss in *ArcMap* eingefügt. Dann wurden mit den Werkzeugen aus der *Raster Cleanup Toolbar* fehlerhafte Pixel gelöscht und fehlende Pixel hinzugefügt, damit die Höhenlinien im Bild durchgängig sind. Wichtig ist, dass man dazu eine Kopie des Originalbildes verwendet, weil die Änderungen direkt in das Bild geschrieben werden. Die Dauer des *Raster Cleanup* hängt stark von der Qualität des zu bearbeitenden Bildes ab. Hier wurde das Bild *Val Sassa 1951 CC Vektor.tif* verwendet.

Nachdem der erste Durchlauf des *Raster Cleanup* abgeschlossen war, wurden die *Vectorization Settings* festgelegt und als eigenen *Style* abgespeichert (somit müssen die *Settings* nicht bei jedem Durchlauf neu angegeben, sondern können einfach hineingeladen werden). Für weitere Informationen bzgl. der *Settings* siehe Vortrag „ArcScan“ (Anhang E) oder *ESRI WebHelp*.

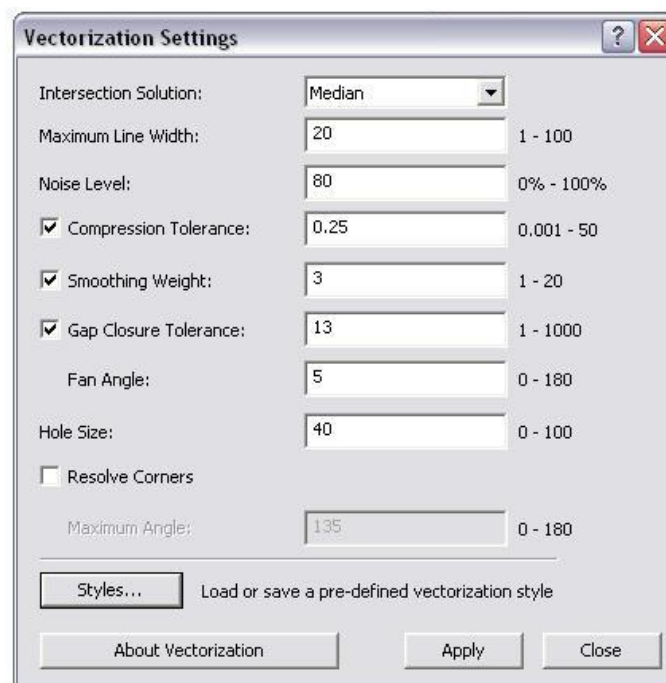


Abbildung 6: Die *Vectorization Settings*, welche für die Vektorisierung der topographischen Karte des Blockgletschers in der Val Sassa verwendet wurden.

Das Resultat der ersten Vektorisierung sah dann folgendermassen aus:

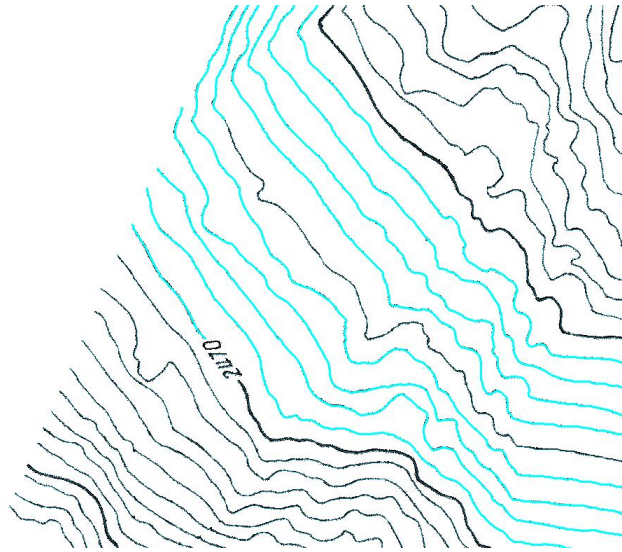


Abbildung 7: Das Resultat der ersten Vektorisierung. Die schwarzen Linien sind die Höhenlinien im Bild, die blauen Linien sind die angewählten Vektoren. So konnte festgestellt werden, ob die Vektoren durchgehend sind oder nicht.

Dadurch, dass die Vektoren noch Lücken aufwiesen wurde klar, dass der *Raster Cleanup* noch verbessert werden musste, damit am Schluss jede Höhenlinie von einem einzigen Vektor repräsentiert wird. Die nachträgliche Bearbeitung der Vektoren (zusammenfügen, ergänzen etc.) stellte sich als sehr zeitraubend heraus und wurde somit verworfen. Ausserdem kann die Vektorisierung beliebig wiederholt werden, wenn die Höhenlinien im Ausgangsbild keine Lücken mehr aufweisen. Somit wurde der *Raster Cleanup* in mehreren Durchgängen weiter verbessert und das Resultat wurde laufend auf Lücken und Fehler kontrolliert.

Das Resultat der abschliessenden und definitiven Vektorisierung war das Shapefile *1951.shp* (*Settings* bei der Erstellung des *Shapefiles: Polyline, contains Z values*). Nun war jede einzelne Höhenlinie als Vektor vorhanden, nur die Höhenangaben fehlten noch. Dazu wurde in der *Attribute Table* ein neues *Field* eingefügt (mit dem Namen *Z*), in welches anschliessend die Höhenangaben von Hand eingetragen wurden.

Damit das Shapefile für die Erstellung eines Höhenmodells verwendet werden konnte, mussten zuerst noch die Werte der *Z-Koordinate* aktiviert werden. Dies geschah folgendermassen, indem in der *3D Analyst Toolbar* das Tool *Convert features to 3D* gewählt wurde.

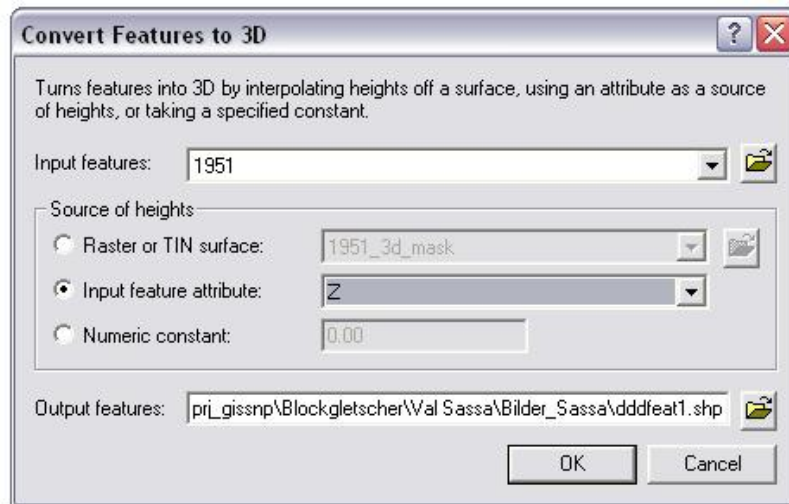


Abbildung 8: Das Dialogfenster, in welchem man *Features* zu *3D* konvertieren kann. Das *Input feature* ist *1951.shp* und das *Input feature attribute* ist *Z*, das neu erstellte *Field* in der *Attribute Table*.

Bei diesem Prozess wurde ein neues Shapefile erstellt, welches fortan für die Erstellung eines digitalen Höhenmodells verwendet werden konnte (*1951_3d.shp*).

Erstellung des Höhenmodells Dann wurden zwei Höhenmodelle erstellt: Als erstes ein *TIN* und als zweites ein *Raster*.

Um das *TIN* zu erstellen in der *3D Analyst Toolbar* das Tool *Create TIN from Features* gewählt.

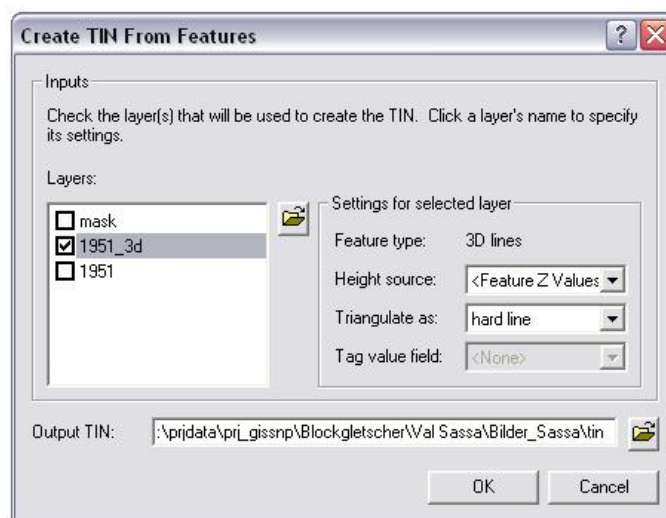


Abbildung 9: Das Dialogfenster, in welchem man aus einem *Feature* ein *TIN* erstellen kann. Als *Layer* wurde das File *1951_3d.shp* gewählt, die *Height source* sind die *Feature Z Values* (diese wurden ja bereits bei *Convert Features to 3D* festgelegt) und bei der *Triangulation* wurden die *Features* als *hard lines* verwendet.

Mit den gewählten Settings (siehe Abbildung 8) wurde das *tin_1951_3d* erstellt. Auf den Vergleich mit dem *TIN* des Nationalparks wurde jedoch verzichtet, weil die Auflösung (Kantenlänge) des SNP-*TIN* viel größer war als diejenige vom soeben erstellten *TIN*. Aus diesem Grund wurde beschlossen, den Vergleich mit einem *Raster* zu erstellen.

Um das *Raster* zu erstellen wurde in der *Arc Toolbox* im Bereich *Raster Interpolation* die Funktion *Topo to Raster* (Settings siehe Abbildung 9) gewählt.

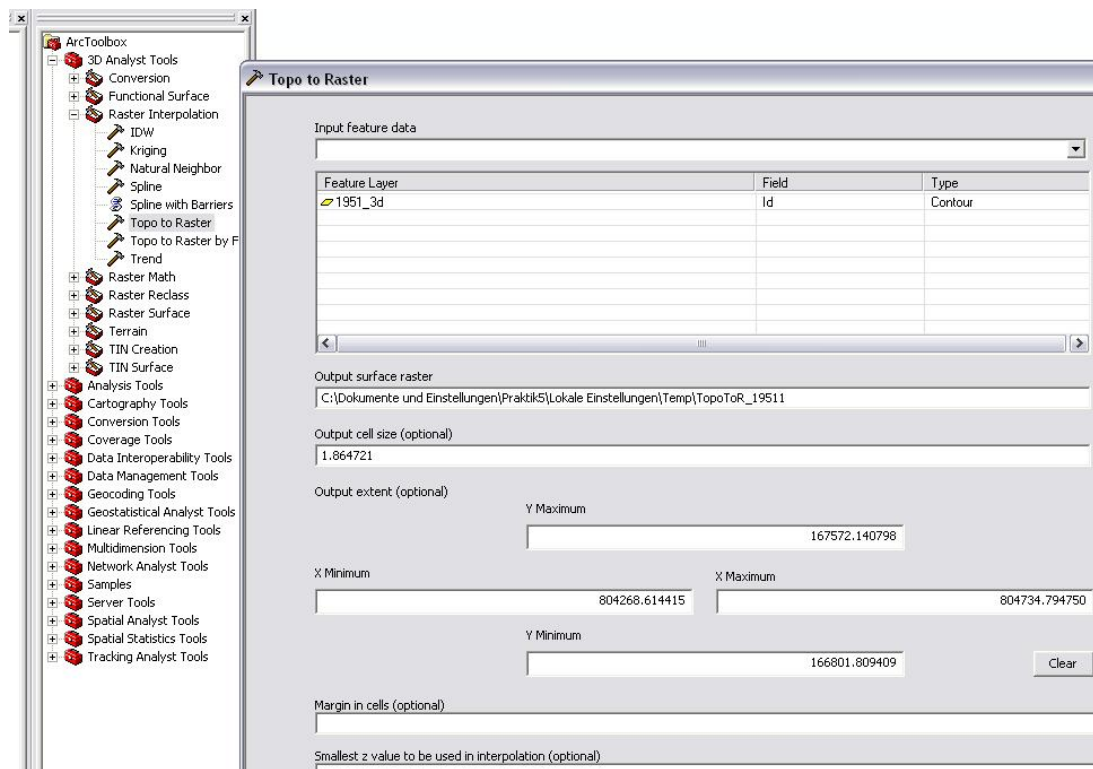


Abbildung 10: Die Erstellung eines *Rasters* aus einem *Shapefile* (als *Input feature data* wurde das File *1951_3d.shp* gewählt).

Als Resultat entstand das File *1951_3d_topo*. Dessen *Cell size* betrug 1.86 Meter und entsprach somit nicht dem Höhenmodell des Nationalparks mit der kleinsten Auflösung (4 Meter), dem *dtm4_inside*. Ausserdem musste noch aus dem *dtm4_inside* der Bereich des Blockgletschers ausgeschnitten werden. Dazu wurde das Shapefile *mask.shp*, eine Maske mit einem von Hand gezeichneten Polygon, verwendet. Dann wurde in der *Arc Toolbox* in den *Spatial Analyst Tools* die Funktion *Extract by Mask* ausgewählt und den Bereich des *mask.shp* aus dem File *dtm4_inside* herausgeschnitten. Als Resultat entstand das File *dtm4_mask*.

Als Nächstes wurde auch aus dem File *1951_3d_topo* den Bereich der Maske ausgeschnitten (ebenfalls mit *Extract by Mask*). Das Resultat hier war das File *1951_3d_mask*. Gleichzeitig mit der Maskierung wurde auch die *Cell size* des Output-Files angepasst (von 1.86 auf 4 Meter), damit die beiden Höhenmodelle dann auch verglichen werden konnten.

Verglichen wurde dann folgendermassen: die beiden Files *1951_3d_mask* und *dtm4_mask* verfügten nun über die gleiche *Cell size* und deckten auch genau das gleiche Gebiet ab. Dann wurde das File *1951_3d_mask* vom File *dtm4_mask* subtrahiert, indem die Funktion *Minus* aus dem Bereich der *Spatial Analyst Tools* aus der *Arc Toolbox* verwendet wurde. Das Resultat war das File *1951_minus2*.

Vergleich Die Volumina wurden folgendermassen verglichen: Im *3D Analyst* in der *Surface Analysis* gibt es die Funktion *Area and Volume*, mit welcher Flächen und Volumen berechnet werden können. Für die Volumenberechnung muss man eine Ebene angeben, welche als Ausgangspunkt der Volumenberechnung verwendet wird. Somit wurde in den *Settings* festgelegt, welches File verwendet wird, den *File type (Raster)*, die Ebene bzw. *Plane height* (2267 M.ü.M.) und die Angabe, ob das Volumen über- oder unterhalb der Ebene berechnet werden soll (*above plane*).

Schlussendlich wurden noch die Positionen der Stirn im Jahr 1951 und im Jahr 2000 miteinander verglichen, indem das Bild- bzw. Kartenmaterial übereinandergelegt wurde. Dazu wurden zwei Polygone erstellt, welche die Positionen der Stirn abbilden.

A.2.2 Forschungsfrage - Val da l'Acqua

Um am Schluss die Positionen der Stirn vergleichen zu können, wurde das Vorgehen folgendermassen geplant:

1. Die Bilder und die Karte einscannen und **georeferenzieren**,
2. und die Bilder dann miteinander **vergleichen**

Gemäss diesen Arbeitsschritten wurde dieses Kapitel strukturiert.

Georeferenzierung Aus der Val da l'Acqua sind nur zwei topographische Karten, dafür eine Reihe von Luftbildern vorhanden. Diese mussten wieder mit der höchst möglichen Auflösung (1200dpi) eingescannt werden. Anschliessend wurden sie mit der Auto-Tonwert- und Kontrast-Korrektur korrigiert. Daraus entstanden die folgenden Bilder:

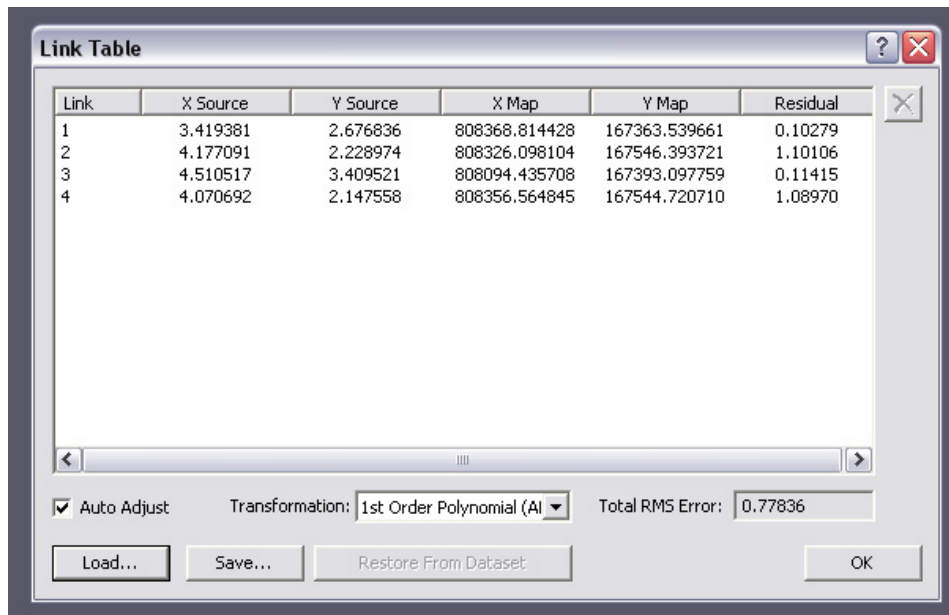
- *Val da l'Acqua 1921.tif, Val da l'Acqua 1951.tif*
- *BGVDA_1948.tif, BGVDA_1963_6775.tif* (auf diesem Bild sind sechs Passpunkte (siehe Jäckli 1978) eingezeichnet), *BGVDA_1963_6776.tif, BGVDA_1963_6777.tif* (dieses Bild zeigt einen grösseren Ausschnitt als das Bild mit der Nummer 6776), *BGVDA_1973_3264.tif* (dieses Bild wurde von Jäckli zur Anfertigung eines Panorama-Bildes auseinandergeschnitten - es zeigt den Blockgletscher trotzdem in voller Länge)

Die Bilder wurden nach dem gleichen Prinzip benannt wie bei denjenigen aus der Val Sassa, wobei BGVDA für die Val da l'Acqua steht.

Anschliessend wurden sämtliche Bilder georeferenziert. Bei der topographischen Karte wurde gleich vorgegangen wie bei denjenigen aus der Val Sassa und es wurden dabei vier Punkte verwendet. Die Residuen betragen 0.02469m.

Bei den Luftbildern gestaltete es sich etwas anders. Zur Georeferenzierung wurden die folgenden Bilder ausgewählt, weil auf ihnen der Blockgletscher weitgehend und in guter Qualität sichtbar ist: *BGVDA_1963_6776_LZW.tif* und *BGVDA_1973_3264_LZW.tif*. Als Referenz für die Passpunkte wurde ein Teil des Ortho2000, das Bild *m808_166.tif*, verwendet. Für die Luftbilder wurden Punkte gesucht, die jeweils im Bild aus dem Jahr 1963 bzw. 1973 und im Jahr 2000 sichtbar sind. Diese Suche gestaltete sich besonders im Jahr 1973 etwas schwierig, weil dieses Bild viel Schatten aufweist. Eine weitere Schwierigkeit war, dass Punkte gefunden werden mussten, die sich im Laufe der Zeit nicht bewegen.

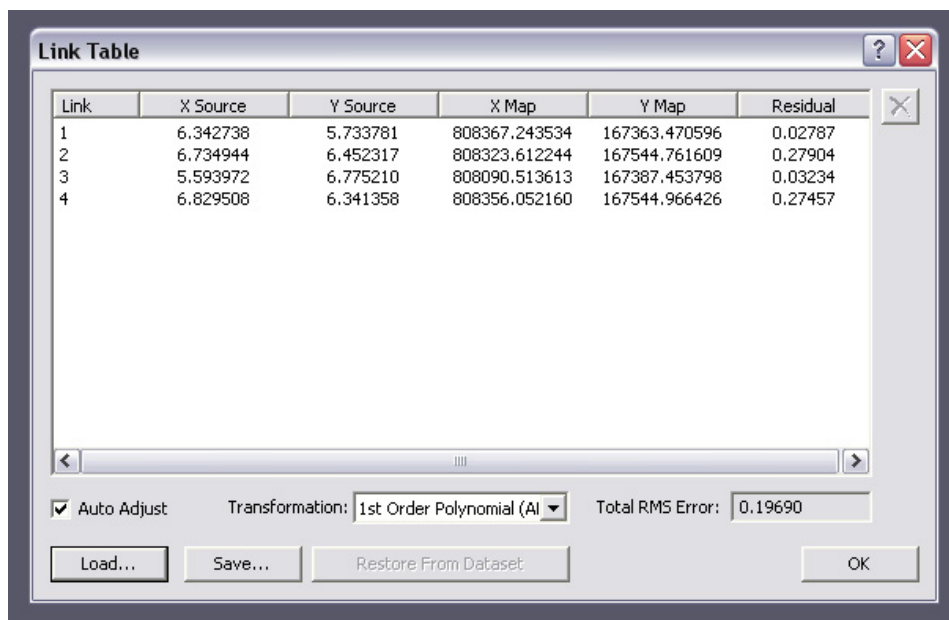
In *ArcMap* wurden die Bilder dann übereinander gelegt und es wurden Passpunkte gesucht. So bald einer gefunden wurde, ging es im Prinzip gleich weiter wie bei den Karten mit dem Unterschied dass zuerst im 1963er- bzw. 1973er-Luftbild der Punkt gesetzt wurde und dann in das 2000er Bild gewechselt wurde, um dort ebenfalls den Punkt zu setzen. Die folgenden *Link Tables* waren das Resultat:



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	3.419381	2.676836	808368.814428	167363.539661	0.10279
2	4.177091	2.228974	808326.098104	167546.393721	1.10106
3	4.510517	3.409521	808094.435708	167393.097759	0.11415
4	4.070692	2.147558	808356.564845	167544.720710	1.08970

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (AI) Total RMS Error: 0.77836

Abbildung 11: Die *Link Table* der Georeferenzierung des Bildes *BGV-DA_1963_6776_LZW.tif*.



Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual
1	6.342738	5.733781	808367.243534	167363.470596	0.02787
2	6.734944	6.452317	808323.612244	167544.761609	0.27904
3	5.593972	6.775210	808090.513613	167387.453798	0.03234
4	6.829508	6.341358	808356.052160	167544.966426	0.27457

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (AI) Total RMS Error: 0.19690

Abbildung 12: *Link Table* der Georeferenzierung des Bildes *BGV-DA_1973_3264_LZW.tif*.

Vergleich So bald die beiden Luftbilder georeferenziert waren, wurden sie abermals übereinander gelegt und somit konnte festgestellt werden, wie sich die Stirn des Blockgletschers in den Jahren verändert hat. Dazu wurden in *ArcMap* drei Polygone erstellt, welche die Form der Stirn zu den drei Zeitpunkten abbilden. Diese Polygone wurden dann übereinander auf das Luftbild aus dem Jahr 2000 gelegt.

A.2.3 WebPark - allgemein

Den Entwurf eines WebPark-Beitrages in der Form eines Lehrpfades wurde primär für die Val Sassa erstellt, weil in diesem Tal ein Wanderweg entlang führt. Man kann also den Blockgletscher in seiner gesamten Länge bewandern. Die folgenden Quellen wurden verwendet:

- NÖTZLI, J. & St. GRUBER (2005): Alpiner Permafrost - ein Überblick. – = Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt 70, München: 111-121.
- HAEBERLI, W. (2000): Modern research perspectives relating to permafrost creep and rock glaciers: a discussion. – In: Permafrost and Periglacial Processes 11: 290-293.
- HAEBERLI, W., HALLET, B., ARENSON, L., ELCONIN, R., HUMLUM, O., KÄÄB, A., KAUFMANN, V., LADANYI, B., MATSUOKA, N., SPRINGMAN, S. & D. VONDER MÜHLL (2006): Permafrost creep and rock glacier dynamics. – In: Permafrost and Periglacial Processes 17: 189-214.
- IPCC (2007): Fourth assessment report, Working group 1. Cambridge: Cambridge University Press.

A.2.4 WebPark - Val Sassa

Zuallererst wurde ein Überblick über die Wanderung in der Val Sassa erstellt (gemäss dem offiziellen Wanderführer des Schweizerischen Nationalparks). Dann wurde entschieden, dass der Lehrpfad auf der Fuorcla Val Sassa beginnen soll. Er besteht aus acht POIs (Points of Interest - Posten des Lehrpfades), verläuft talwärts entlang dem Blockgletscher und hört nach dem Ende seiner Stirn auf.

Die Informationen, die im Lehrpfad vermittelt werden, sind auf die erwähnte Fachliteratur abgestützt und so aufbereitet, dass sie auch von Laien verstanden werden können.

A.2.5 WebPark - Val da l'Acqua

Den Blockgletscher in der Val da l'Acqua kann man nicht bewandern. Man kann ihn aber vom Gipfel des Munt la Schera aus wunderbar betrachten. Aus diesem Grund wurde dort einen POI erstellt, der die Wanderer auf das Phänomen aufmerksam macht und auf den Lehrpfad in der Val Sassa verweist. Als Alternative zum Gipfel des Munt la Schera wurde auch auf der Alp la Schera ein POI gesetzt.

A.3 Ergebnisse

A.3.1 Forschungsfrage - Val Sassa

Subtraktion der Höhenmodelle Bei der Subtraktion wurden die Höhenwerte (in Metern) von einander subtrahiert und dies bedeutet, dass die Werte im File *1951_minus2* die gleiche Einheit haben.

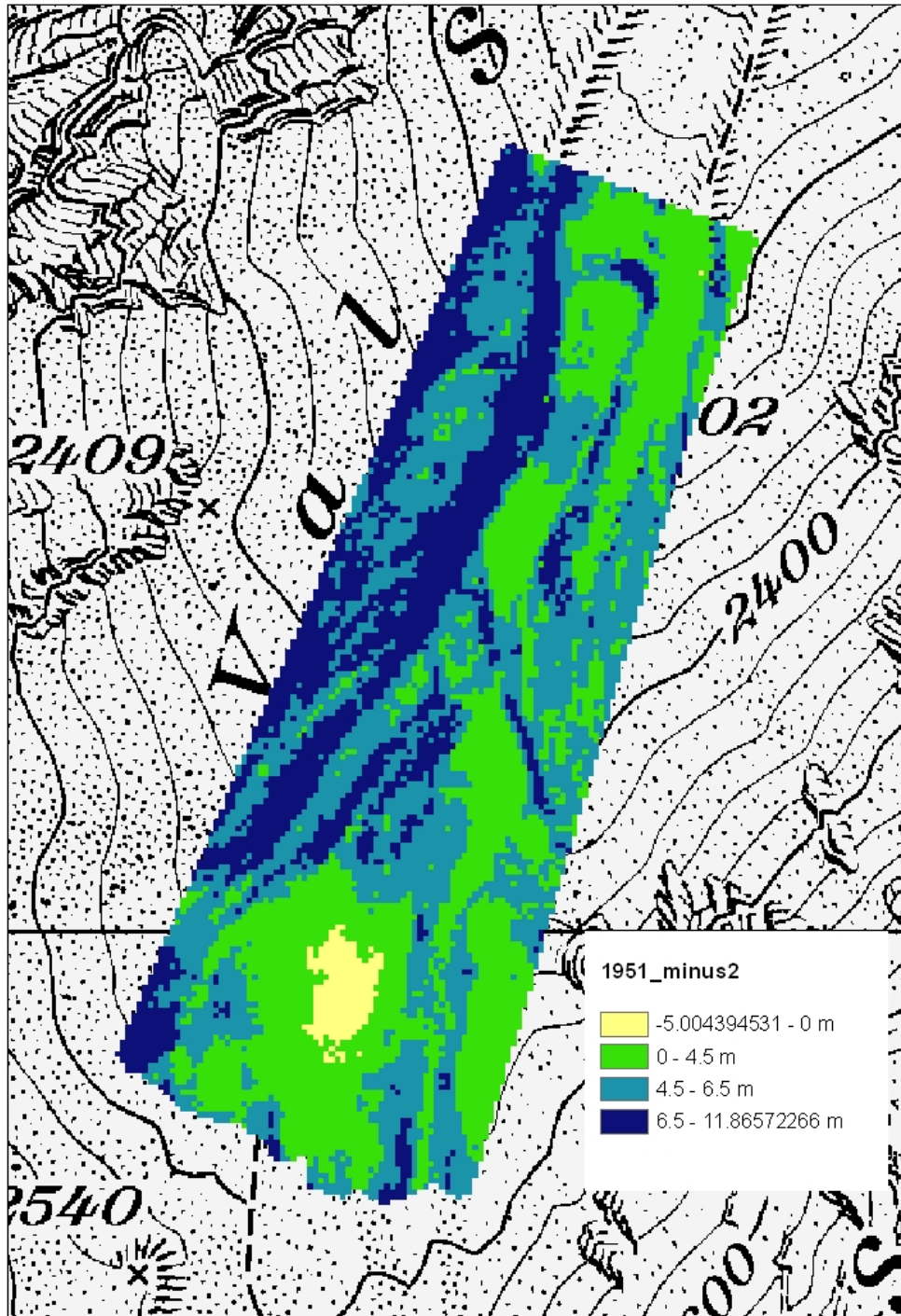


Abbildung 13: Das Resultat der Subtraktion $dtm4_mask$ minus $1951_3d_mask = 1951_minus2$, hinterlegt mit der Landeskarte.

In der Abbildung 13 ist ersichtlich, wie sich das Volumen des Blockgletschers vom Jahr 1951 bis ins Jahr

2000 verändert hat. Die blauen Flächen stellen eine deutlich positive Bilanz dar - das heisst, das Volumen über der Referenzfläche war im Jahr 2000 grösser als im Jahr 1951. Die grünen Flächen stellen ebenfalls eine positive (jedoch weniger stark ausgeprägt) und die gelben eine negative Bilanz dar.

Der Bereich, wo die meisten negativen Werte auftreten, befindet sich im oberen Teil des Blockgletschers. Zudem gruppieren sie sich dort und bilden eine Fläche mit fast durchgehend negativen Werten. Im restlichen Blockgletscher finden sich bis auf ein einziges gelbes Pixel in der rechten oberen Ecke keine weiteren negativen Werte. Die am stärksten positiven Werte befinden sich im unteren Teil des Blockgletschers und auf seiner orographisch linken Seite.

Volumenberechnung 1951 Der Output der Volumenberechnung aus dem Jahr 1951 ist ein .txt-File (*1951_3d_vol.txt*) mit folgendem Inhalt:

```
DATASET: C:\Dokumente und Einstellungen\Praktik5\Desktop\Vektor_1951\1951_3d_mask
TYPE: RASTER
ZFACTOR: 1.00
PLANE_HEIGHT: 2267.00
REFERENCE: ABOVE_PLANE
2D_AREA: 168'896.00
3D_AREA: 182'167.62
VOLUME: 20'268'509.97
```

Volumenberechnung 2000 Der Output der Volumenberechnung aus dem Jahr 2000 ist ein .txt-File (*1951_dtm4_vol.txt*) mit folgendem Inhalt:

```
DATASET: C:\Dokumente und Einstellungen\Praktik5\Desktop\Vektor_1951\dtm4_mask
TYPE: RASTER
ZFACTOR: 1.00
PLANE_HEIGHT: 2267.00
REFERENCE: ABOVE_PLANE
2D_AREA: 168'896.00
3D_AREA: 184'434.68
VOLUME: 21'112'881.16
```

Volumenvergleich Beide Volumenberechnungen haben die Einheit m^3 . Der Unterschied beträgt $844371.19m^3$. Das bedeutet, dass sich das Volumen vom Jahr 1951 bis ins Jahr 2000 um 4.1% erhöht hat. Eine Fehleranalyse wurde aus Zeitgründen nicht erstellt.

Vergleich der Position der Stirn Die Positionen der Stirn in den Jahren 1951 und 2000 wurden miteinander verglichen.

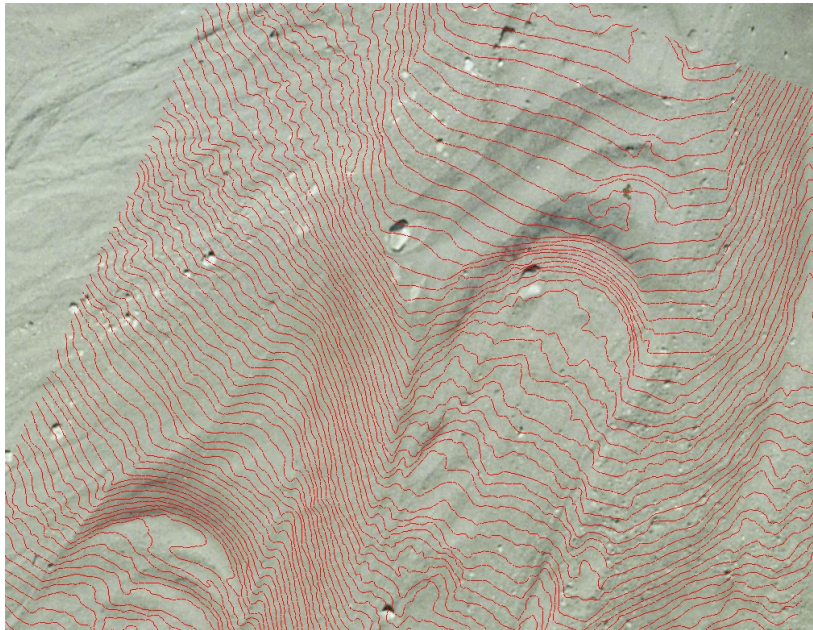


Abbildung 14: Im Hintergrund ist das Luftbild aus dem Jahr 2000 sichtbar. Darüber wurden die Höhenlinien (also das File *1951_3d.shp*) gelegt.

In der Abbildung 14 ist ersichtlich, wie bei der Stirn des Hauptstromes (rechts oben) die steilste Stelle, welche die Höhenlinien markieren nicht mit derjenigen im Luftbild (erkennbar durch den Schatten an der Stirn) übereinstimmen. Vom Jahr 1951 bis ins Jahr 2000 hat sich die Stirn weiter talwärts verschoben. Im Nebenstrom (links unten) stimmen die Höhenlinien und das Luftbild überein.

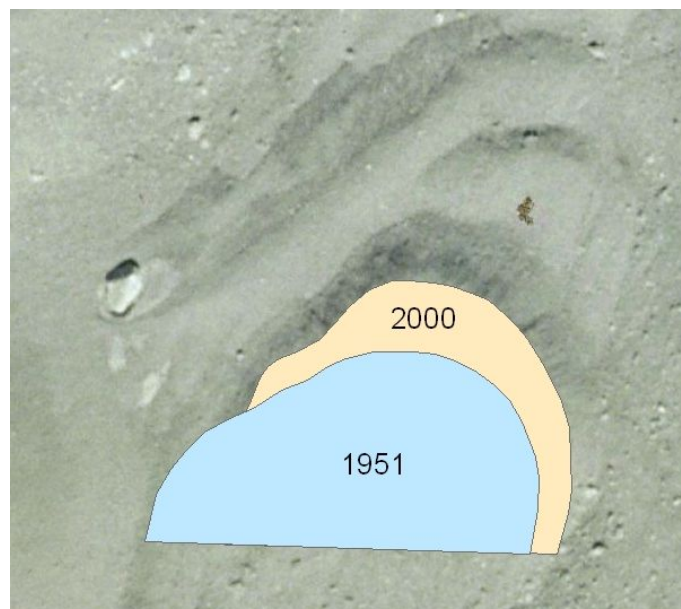


Abbildung 15: Im Hintergrund ist auch hier das Luftbild aus dem Jahr 2000 sichtbar. Im Vordergrund dagegen sind die beiden Polygone, welche die Positionen der oberen Kante der Stirn in den Jahren 1951 und 2000 abbilden.

Besser sichtbar sind die unterschiedlichen Positionen der Stirn des Blockgletschers in den Jahren 1951 und 2000 in der Abbildung 15. Vom Jahr 1951 bis ins Jahr 2000 hat sich die Stirn weiter talwärts verschoben

und wurde auch etwas schmaler. Grobe Messungen haben ergeben, dass sich die Stirn während diesen 49 Jahren um etwa 10 – 11 Meter talwärts verschoben hat (das sind ca. 0.2 Meter pro Jahr).

A.3.2 Forschungsfrage - Val da l'Acqua

Die Positionen der Stirn in den Jahren 1963, 1973 und 2000 wurden miteinander verglichen.



Abbildung 16: Im Hintergrund ist das Luftbild aus dem Jahr 2000 sichtbar und im Vordergrund die drei Polygone, welche die Positionen der Stirn in den Jahren 1963, 1973 und 2000 abbilden.

In der Abbildung 16 ist ersichtlich, dass sich die Position der Stirn des Blockgletschers in der Val da l'Acqua vom Jahr 1963 bis ins Jahr 2000 talwärts verschoben hat. Grobe Messungen haben die folgenden Bewegungsraten ergeben:

- 1963 bis 1973: ca. 5.5 Meter (pro Jahr ca. 0.55 Meter)
- 1973 bis 2000: ca. 10 Meter (pro Jahr ca. 0.4 Meter)
- 1963 bis 2000: ca. 20 Meter (pro Jahr ca. 0.5 Meter)

Die Form der Stirn ist grösstenteils gleich geblieben, wobei sie etwas breiter wurde.

A.3.3 WebPark - Val Sassa

Der Einfachheit halber werden hier nur die Texte aufgeführt.

POI 1 - auf der Fuorcla Val Sassa

- **Titel:** Hochgebirgsphänomene: Permafrost und Blockgletscher
- **Text Intro:** Herzlich willkommen auf der Fuorcla Val Sassa! Hier beginnt der Blockgletscher-Lehrpfad, der Sie auf Ihrer Wanderung von S-chanf über die Fuorcla Val Sassa zur Chamanna Cluozza mit einem wichtigen Hochgebirgsphänomen, dem Permafrost, bekannt machen wird.
- **Text Main:** Wussten Sie, dass man im Schweizerischen Nationalpark nicht nur Tiere beobachten und herrliche Wanderungen unternehmen kann? Der Nationalpark birgt noch viele und wenig bekannte Schätze der Gebirgswelt, die es zu entdecken gibt. Einer davon ist der Permafrost: Er ist zwar oft nicht sichtbar, ist aber trotzdem ein wichtiger Faktor der das Erscheinungsbild der Alpen prägt wie fast kein zweiter. Auf dieser Entdeckungsreise werden sie ihn kennen lernen, über seine Bedeutung Bescheid wissen und im Gelände Permafrostspuren erkennen können. Wir wünschen Ihnen dabei viel Spass!

POI 2 - unterhalb der Fuorcla Val Sassa, Blick in die Val Sassa

- **Titel:** Permafrost - eine neue Glacesorte?
- **Text Intro:** Erinnern Sie sich an den Sommer 2003? Damals wurde in zahlreichen Zeitungsartikeln die erhöhte Felssturzaktivität beschrieben und kommentiert und die Themen Permafrost und Klimawandel waren in aller Munde.
- **Text Main:** Aber - was ist Permafrost? Wenn der Untergrund (zum Beispiel Fels oder Schutt) während mindestens einem Jahr gefroren ist, handelt es sich dabei um Permafrost (permanenter Bodenfrost). Entscheidend dabei ist nur die Temperatur - das Material des Untergrundes spielt keine Rolle. Dadurch, dass der Untergrund gefroren ist, enthält er oft Eis. Dieses Eis kann in unterschiedlichen Mengen vorkommen: von sehr geringen Mengen, die nur unter dem Mikroskop sichtbar sind bis zu massiven Eiskörpern. Dieses Eis verändert die Eigenschaften des Untergrundes (Stabilität, Vegetation etc.).

POI 3

- **Titel:** Wo man Permafrost findet
- **Text Intro:** In der Schweiz kommt Permafrost im Hochgebirge vor. Im hohen Norden (zum Beispiel in Sibirien oder in Alaska) gibt es ebenfalls Permafrost, weil dort die Temperaturen das ganze Jahr über auch sehr tief sind.
- **Text Main:** In den Alpen gibt es aber nicht überall Permafrost, weil dessen Verteilung stark von der Höhenlage und von der Exposition abhängig ist: In südlichen Lagen gibt es erst ab etwa 3000m.ü.M. Permafrost, in nördlichen Lagen tritt er ungefähr ab ungefähr 2500m.ü.M. auf.

POI 4

- **Titel:** Blockgletscher als Zeigerphänomene
- **Text Intro:** Permafrost verändert die Eigenschaften des Untergrundes und dies führt dazu, dass der Untergrund dann auch aussergewöhnliche Formen aufweisen kann. Ein gutes Beispiel dafür sind die Blockgletscher.
- **Text Main:** Diese sind nicht wieder Name vermuten lässt Gletscher, die von Steinblöcken bedeckt sind. Es sind Schutt- und Geröllansammlungen im Permafrost die dank dem Eis in ihren Innern langsam talwärts kriechen und mit der Zeit eine Form haben, die an einen Lavastrom erinnert. Wenn man also einen aktiven Blockgletscher sieht, deutet das darauf hin, dass dort Permafrost vorkommt.

POI 5

- **Titel:** Wie entsteht ein Blockgletscher?
- **Text Intro:** Damit ein Blockgletscher entstehen kann, braucht es vier Dinge - haben Sie eine Idee, welche es sind?
- **Text Main:** Zuerst einmal braucht es Permafrost. Als Nächstes braucht es viel Schutt und Geröll sowie Felswände, aus denen Felsstürze immer wieder den nötigen Nachschub liefern. Schlussendlich muss die so entstandene Schutthalde genügend Eis enthalten, damit sie zu kriechen beginnt und zu einem Blockgletscher wird.

POI 6 - an der Stirn

- **Titel:** Wie funktioniert ein Blockgletscher?
- **Text Intro:** Obwohl ein Blockgletscher sehr langsam fließt, sind seine Struktur und seine Funktionsweise sehr kompliziert.

- **Text Main:** Ein Blockgletscher besteht primär aus zwei Dingen: aus Eis und Schutt, wobei sich das Eis verformen kann. So bald eine Schutthalde durch das viele Eis in ihrem Innern zu kriechen beginnt, entsteht aus der Kombination dieser zwei Bestandteile und dem Gelände die typische Form eines Blockgletschers. Ein Blockgletscher bewegt sich aber nicht gleichmässig. An gewissen Stellen kriecht er schneller als an anderen. Manchmal scheint es dann daran zu liegen, dass an Stellen wo der Blockgletscher schneller kriecht das Gelände einfach steiler ist, manchmal aber auch nicht. Warum dies so ist, lässt sich bis jetzt jedoch nicht mit Sicherheit sagen, weil man über die innere Struktur eines Blockgletschers noch zu wenig weiss.

POI 7 - unterhalb der Stirn

- **Titel:** Klimawandel
- **Text Intro:** Der Film von Al Gore und auch der neueste Klimabericht der Uno zeigen: ein Klimawandel findet statt und wird uns in naher Zukunft stark beschäftigen. Was heisst das nun für den Permafrost und die Blockgletscher?
- **Text Main:** Gemäss dem neuesten Klimabericht der UNO wird es in Zukunft wärmer werden, wobei die Temperaturänderung nicht überall gleich gross sein wird. Diese Erwärmung wird auch den Permafrost beeinflussen. Seit den 80er Jahren haben sich die Permafrosttemperaturen in der Arktis bis um 3 Grad Celsius erhöht. Gleichzeitig hat sich die Permafrostfläche auf der Nordhalbkugel um etwa 7% verkleinert. Es scheint also definitiv etwas im Gange zu sein und dass dies nicht ohne Folgen bleiben kann, leuchtet ein. Ein Teil des Permafrostes wird abschmelzen und davon sind auch die Blockgletscher betroffen: je wärmer es wird, desto mehr Eis wird schmelzen bis der Blockgletscher nur noch wenig Eis (oder gar kein Eis mehr) enthalten wird. Früher oder später wird dann das Kriechen aufhören und der Blockgletscher wird in sich zusammensacken.

POI 8

- **Titel:** Herzlichen Dank für Ihren Besuch des Blockgletscher-Lehrpfades!
- **Text Intro:** Hier endet nun der Lehrpfad. Wir hoffen, dass Sie viel Interessantes über Blockgletscher und Permafrost erfahren konnten. Halten Sie auch auf den kommenden Wanderungen im Park die Augen offen, denn es gibt noch viele weitere Permafrostspuren zu entdecken!
- **Text Main:** Über Rückmeldungen und Fragen zum Lehrpfad freuen wir uns sehr. Schreiben Sie an webpark@nationalpark.ch.

A.3.4 WebPark - Val da l'Acqua

POI 1 - auf dem Gipfel des Munt la Schera

- **Text Intro:** In südwestlicher Richtung gibt es auf der gegenüberliegenden Talseite etwas zu entdecken: eine lavastromähnliche Masse in der Val Sassa welche aussieht, als würde Honig den Berg hinunter fliessen. Was ist das?
- **Text Main:** Es handelt sich dabei um einen Blockgletscher. Dies ist eine grosse Schuttansammlung, welche nebst Gestein auch Eis enthält, deshalb zu kriechen beginnt und sich langsam in Richtung Tal bewegt.
- Link zum Lehrpfad Val Sassa: Unter diesem Link finden Sie weitere Informationen über Blockgletscher: ihre Entstehung, Bedeutung und ihre Funktionsweise werden erklärt und mit einem Blick in die Zukunft wird auch der Klimawandel zum Thema.

POI 2 - auf der Alp la Schera, als Alternative zum Gipfel

- **Text Intro:** gleich wie bei POI 1
- **Text Main:** gleich wie bei POI 1
- Link zum Lehrpfad Val Sassa: gleich wie bei POI 1

A.4 Diskussion

A.4.1 Forschungsfrage - Val Sassa

Technisches Vorgehen (GIS) Das Vorgehen, mit welchem die Volumen- und Stirnvergleiche erstellt wurde, hat sehr zufriedenstellende und interessante Resultate geliefert. Die Fragestellungen konnten beantwortet werden und somit wurden die Ziele erreicht.

Der Ablauf der Vektorisierung hätte auch ohne das Tool *ArcScan*, nämlich direkt am Digitalisierungstisch, gemacht werden können. Dabei wäre man mit der Digitalisierungsmaus auf der Originalkarte den Höhenlinien entlang gefahren und hätte sie so digitalisiert. Ob dieses Verfahren bei dieser enormen Kartengrösse schneller und effizienter gewesen wäre, liesse sich nur durch einen direkten Vergleich feststellen. Für den blieb dann aber nicht mehr genügend Zeit, weshalb die Entscheidung auf *ArcScan* fiel. Der Vorteil dieses Verfahrens ist ausserdem, dass eine wiederverwendbare Vorlage geschaffen wurde, welche die Vektorisierung mit anderen *Settings* ermöglicht.

Die Anpassung der Rastergrösse von 1.86 auf 4 Meter hätte auch mit einer anderen Methode (z.B. *Resampling*) gemacht werden können. Es konnte jedoch bei den Recherchen in der *ESRI Webhelp* keine passende Methode, die den Anforderungen genügt, gefunden werden. Aus diesem Grund wurde die Zellgrösse bei der Maskierung geändert.

Eine Fehleranalyse wurde aus Zeitgründen nicht durchgeführt.

Ergebnisse Die Hypothesen waren die folgenden: Der Blockgletscher in der Val da l'Acqua ist weiterhin aktiv und ist vorgestossen. Der Blockgletscher in der Val Sassa hingegen ist inaktiv, hat einen Volumenverlust erlitten und ist nicht weiter vorgestossen.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten: Die Hypothese über den Blockgletscher in der Val da l'Acqua konnte bestätigt werden. Diejenige über den Blockgletscher in der Val Sassa hingegen konnte nicht bestätigt werden, weil ein Volumenzwachs festgestellt wurde und weil er weiter vorgestossen ist. Das bedeutet, dass die Ergebnisse erfreulich und teilweise überraschend waren weil nicht erwartet wurde, dass der Blockgletscher in der Val Sassa weiter vorgestossen ist und dass er an Volumen zulegen konnte.

Wodurch wurde der Volumenzwachs beim Blockgletscher Val Sassa verursacht? Es gibt verschiedenen Möglichkeiten: Vorhandensein von Schnee, Vergrösserung des Eis- und/oder des Geröllvolumens. Jahreszeitliche Einflüsse sind auszuschliessen, da die Daten zu einem schneefreien Zeitpunkt erfasst wurden. Somit wurde das Volumen grösser, weil der Blockgletscher sein Eisvolumen vergrösserte und/oder weil mehr Schutt auf ihm abgelagert wurde. Letzteres scheint bei der orographisch linken Seite des Blockgletscher vermehrt der Fall zu sein, weil dort auch neben dem Blockgletscher eine Volumenzunahme festgestellt wurde. Ob jedoch beide Prozesse oder nur einer alleine für die Volumenzunahme verantwortlich ist konnte nicht festgestellt werden.

Gleichzeitig wurde im oberen Teil des Blockgletschers eine negative Volumenbilanz festgestellt. Die Gründe hierfür sind entweder ein talwärtiger Massentransport ohne genügend Geröllnachschub oder das Schmelzen des Eises. Dass dort das Eis geschmolzen ist und dass deshalb das Volumen kleiner geworden ist, macht wenig Sinn, weil sich das betroffene Gebiet im oberen Bereich des Blockgletschers befindet. Wenn, dann wäre wegen der Höhenlage eher in tieferen Gebieten das Eis geschmolzen (je tiefer - desto wärmer - desto weniger Eis). Somit wird dieser Volumenverlust durch den Abtransport der Masse und dem fehlenden Nachschub aus den umliegenden Felswänden zu erklären sein.

Diese Aussagen bzw. Erkenntnisse müssen aber relativiert werden. Zum Einen wurde keine Fehleranalyse gemacht und das bedeutet, dass die Möglichkeit besteht, dass der Volumenzwachs ganz oder teilweise durch Fehler der Karte und in der Bearbeitung verursacht worden ist. Zum Anderen wurden für die Untersuchung (besonders in Bezug auf den Blockgletscher Val Sassa) grosse Zeitspannen gewählt. Ob sich die beiden Blockgletscher zum heutigen Zeitpunkt weiterhin talwärts bewegen und noch aktiv sind, konnte somit nicht bewiesen werden - wobei beachtet werden muss, dass die festgestellten Kriechraten (Val Sassa: ca. 0.2 Meter/Jahr; Acqua: 0.5 Meter/Jahr) gemäss Haeberli 2006 (Permafrost Creep etc.) im üblichen Bereich liegen und somit darauf hindeuten, dass die Blockgletscher zum heutigen Zeitpunkt immer noch aktiv sind. Um dies zweifelsfrei festzustellen und um die Ergebnisse dieser Untersuchung weiter zu präzisieren ist weitere Forschungsarbeit nötig.

So sind vertiefere Kenntnisse über die Felssturzaktivität der umliegenden Wände nötig, um bessere Aus-

sagen über die Volumenänderungen zu treffen. Zusätzlich muss das Untersuchungsgebiet in der Val Sassa auf den gesamten Blockgletscher ausgeweitet werden. Da über die Eigenschaften (Fels- bzw. Eisgehalt, thermische Bedingungen, Kriechverhalten) der beiden Blockgletscher nichts bekannt ist, sind folgende Untersuchungen nötig: Bohrlöcher zur Deformationsmessung und um mit den entsprechenden Sensoren die inneren thermischen Bedingungen zu messen und um zusammen mit geophysikalischen Messungen die innere Struktur zu ermitteln. Positionierung von Dataloggern an der Oberfläche der Blockgletscher zur Temperaturmessung, Ermittlung der Dauer der Schneebedeckung, etc. Photogrammetrische Untersuchungen, um das Kriechverhalten an der Oberfläche zu ermitteln.

Natürlich machen diese Messungen erst dann wirklich Sinn, wenn sie nicht nur einmal erhoben werden, sondern in einem Monitoring während Jahren fortgesetzt werden. Dies führt dann nicht nur zu einer vertiefteren Kenntnis über die beiden Blockgletscher, sondern dient auch der gesamten Permafrost- und Blockgletscherforschung.

Die Luftbilder und die Karten der Blockgletscher, welche der SNP besitzt, sind besonders in der Photogrammetrie von Nutzen. Ausserdem ist die weitere Verwendung der Karten zur Ermittlung der Volumina in den Jahren 1921, 1954, 1958 und 1963 (Sassa) und 1921 und 1951 (Acqua) weiterhin von Interesse, weil dies für die gesamten Untersuchungen in Bezug auf das Fliessverhalten und den Zustand der Blockgletscher nützliche Hinweise liefert. Dies führt zudem zu einer weiteren Unterteilung der Untersuchungszeiträume und lässt sich mit aktuellen Messungen kombinieren, um ein vollständigeres Bild des Verhaltens der Blockgletscher in der Val Sassa und der Val da l'Acqua seit den 1920er Jahren bis heute zu erhalten.

Ausgehend von den obigen Überlegungen bieten sich folgenden Forschungsfragen an:

- Wie haben sich das Volumen und die Position der Stirn des gesamten Blockgletschers in der Val Sassa seit dem Jahr 1921 bis ins Jahr 2000 bzw. 2007 verändert (Zeitschritte gemäss dem vorhandenen Kartenmaterial: 1921, 1951, 1952-54, 1954, 1958, 1963)?
- Wie haben sich das Volumen und die Position der Stirn des Blockgletschers in der Val da l'Acqua seit dem Jahr 1921 bis ins Jahr 2000 bzw. 2007 verändert (Zeitschritte gemäss dem vorhandenen Kartenmaterial: 1921, 1951)?
- Wie sieht das Fliessverhalten der beiden Blockgletscher aus und wie hat es sich vom Jahr 1921 bis heute verändert?
- Was für thermische Bedingungen im Innern und an der Oberfläche weisen die beiden Blockgletscher auf und wie verändern sich diese?
- Über welche innere Strukturen verfügen die beiden Blockgletscher? Welche für Schlüsse für das Fliessverhalten lassen sich daraus ziehen?
- Worin unterscheiden sich diese beiden Blockgletscher von anderen, was haben sie gemeinsam und was für Schlüsse in Bezug auf ihr Fliessverhalten können daraus gezogen werden?
- Worin unterscheiden sich die beiden Blockgletscher voneinander, was haben sie gemeinsam und was für Schlüsse in Bezug auf ihr Fliessverhalten können daraus gezogen werden?

Feldarbeit fand keine statt, weil das Praktikum im Frühjahr stattgefunden hat.

A.4.2 Forschungsfrage - Val da l'Acqua

Vorgehen Am Vorgehen der Georeferenzierung und des Vergleichs kann ausgehend von der Datenlage nicht viel kritisiert werden - anders hätte man nicht vorgehen können. Natürlich wäre es vorteilhafter gewesen, wenn bessere Daten (zum Beispiel topographische Karten, Luftbilder ohne Wolken etc.) vorhanden gewesen wären, daran lässt sich aber nichts ändern.

Ergebnisse Auch hier zeigen die Ergebnisse klar, dass die Stirn des Blockgletschers in der Val da l'Acqua vorgestossen ist. Leider können aufgrund der Datenlage keine Aussagen über den gesamten Blockgletscher (zum Beispiel in Bezug auf das Volumen, die Oberfläche etc.) getroffen werden.

A.4.3 WebPark - Val Sassa

Einen Lehrpfad zum Thema Blockgletscher und Permafrost anzubieten, macht Sinn. Besonders im Zusammenhang mit der Klimadiskussion und dem Hitzesommer 2003 wurde dieses Thema in den Medien immer wieder erwähnt. Somit ist es sinnvoll, interessierten Teilen der Bevölkerung diese Themen direkt am Anschauungsobjekt näher zu bringen und zu erklären.

Die Schwierigkeit bei der Ausarbeitung der Texte bestand hauptsächlich darin, die teilweise komplexen Zusammenhänge und Sachverhalte auf ein allgemein und ohne Vorwissen verständliches Niveau zu bringen. Es musste ein Mittelweg gefunden werden zwischen einer Unter- und Überforderung, was bei einem heterogenen Publikum nicht einfach ist. Gleichzeitig mussten Anknüpfungspunkte gefunden werden zwischen dem Thema und den Besuchern des Lehrpfades - denn, was einen selber betrifft, ist interessant. Schlussendlich musste auch die Formulierung stimmen - kein Fachchinesisch, sondern Texte, die nicht nur Fakten enthalten, sondern auch spannend formuliert sind. Das Ziel ist, dass die Besucher diesen Lehrpfad anschauen, ihn durcharbeiten und dass sie für solche Phänomene sensibilisiert werden.

Die Texte des Lehrpfades bedürfen besonders auch aus didaktischer Hinsicht noch einer weiteren Überarbeitung (in der momentanen Form sind sie lediglich als Entwurf zu verstehen) und die Bildmaterialien müssen ebenfalls noch erstellt werden, bis der Lehrpfad im WebPark besucht werden kann.

A.4.4 WebPark - Val da l'Acqua

Für den Blockgletscher in der Val da l'Acqua lohnt es sich nicht, einen eigenen Lehrpfad zu erstellen, da dieser Blockgletscher nicht bewandert werden kann. Da man ihn aber vom Munt la Schera aus wunderbar sehen kann ist es sinnvoll, von dort aus auf den Lehrpfad in der Val Sassa zu verweisen. So lernen auch diejenigen Besucher, die nicht die Wanderung über die Fuorcla Val Sassa machen, den Blockgletscher-Lehrpfad kennen. Dies ist speziell wichtig, da die Wanderung über die Fuorcla Val Sassa seltener begangen wird als diejenige über den Munt la Schera.

A.4.5 WebPark - Ausblick

Eine Überarbeitung des Lehrpfades soll so bald wie möglich erfolgen, damit der WebPark-Beitrag bald aufgeschaltet werden kann. Eine Ergänzung durch ein FOCUS-Faltblatt wäre dabei ebenfalls sehr wünschenswert, wobei dies sehr aufwendig ist. Ausserdem muss sich zuerst noch die Forschungskommission des SNPs dazu äussern und die Erstellung eines solchen Faltblattes ausdrücklich verlangen.

Bei einer erfolgreichen Veröffentlichung im WebPark könnte der Lehrpfad auch weiter ausgebaut werden. Auf der einen Seite könnten weitere Texte angefügt werden, welche thematisch mehr in die Tiefe gehen und den besonders wissensdurstigen Besuchern die nötigen Informationen bieten. Andererseits könnten auch interaktive Elemente eingefügt werden, so zum Beispiel einen kleinen Fragebogen am Schluss des Lehrpfades, mit welchem die Besucher selber eine kleine Lernkontrolle durchführen können. Des Weiteren ist die Erstellung von Unterrichtsmaterial (Arbeitsblätter etc.) für Schulklassen denkbar.

B Ereignisprotokoll

B.1 Einführung

Seit 1987 werden im SNP bei besonderen Ereignissen und Beobachtungen im Nationalpark von den Parkwächtern Ereignisprotokolle ausgefüllt. Diese werden in einer Datenbank gesammelt. Ruedi Haller gab den Auftrag, ausgewählte Ereignisse aus dieser Datenbank auf einer Karte darzustellen und mit den dazu gehörenden Fotos zu illustrieren. Er verwendete diese Karte anlässlich eines Parkwächter-Rapportes am 18.4.2007.

B.2 Vorgehen

Als Datengrundlage wurde die Datenbank *Ereignisprotokolle.mdb* (erstellt von Pius Hauenstein im Jahr 2007) verwendet. Die Dokumentation von P. Hauenstein wurde gelesen und die Geodatabase bzw. das Feature Class *Ereignis_P* in ArcMap geöffnet.

Welche Ereignisse sollten dargestellt werden? Da die Datenbank 585 Ereignisse umfasst, wurde beschlossen, auf eine einzelne Betrachtung und Beurteilung der Ereignisse zu verzichten und stattdessen bei der Auswahl anders vorzugehen. Die Parkwächter müssen bei jedem Ereignis, welches sie melden, die *Wiederkehr* beurteilen. Somit wurde beschlossen, diejenigen Ereignisse auszuwählen, deren *Wiederkehr* als *ausserordentlich* bezeichnet wurde. Dieser Entscheid bildete die Grundlage für den gesamten Auswahlprozess (Ablauf siehe Abbildung 16).

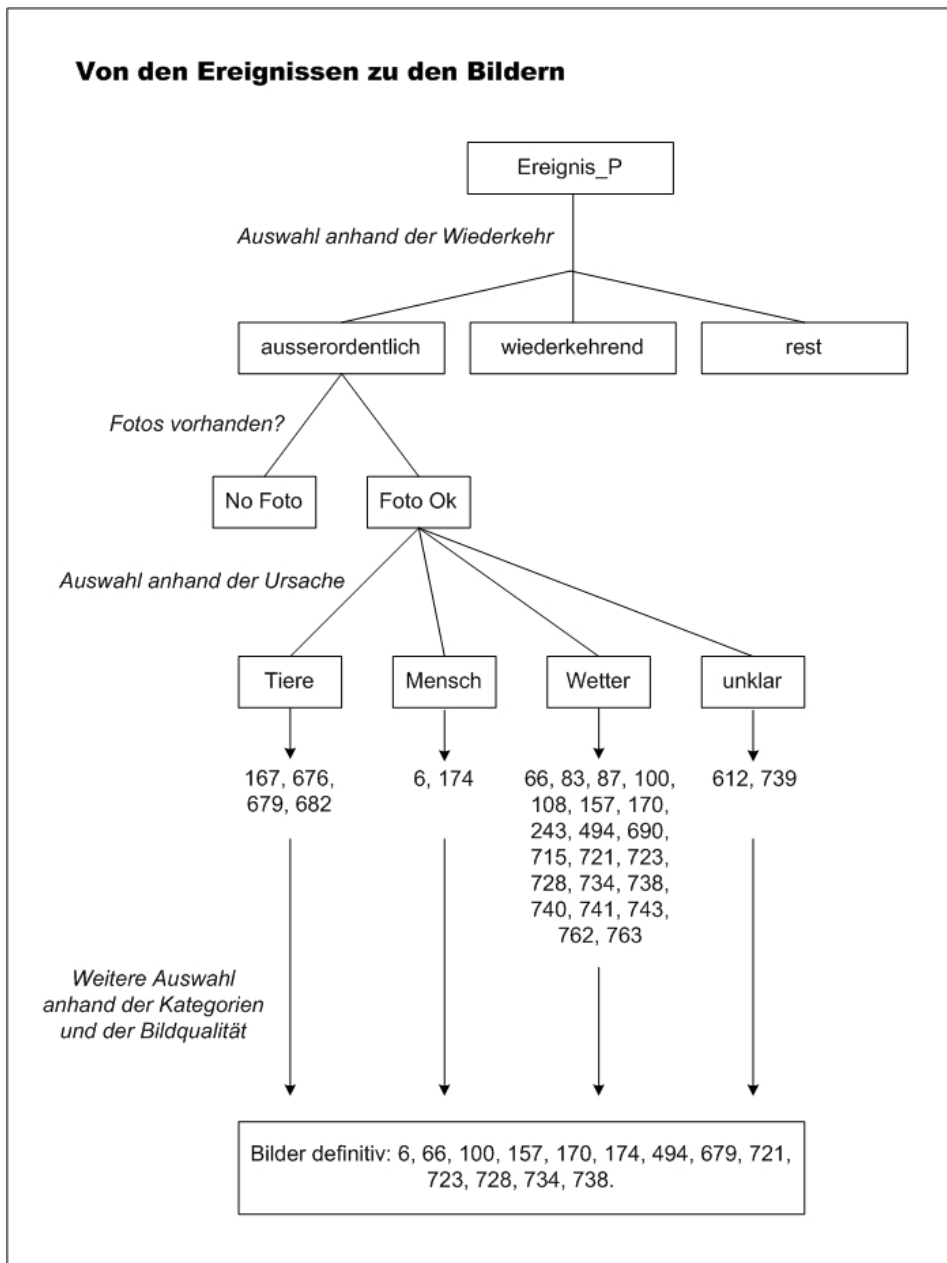


Abbildung 17: Der Ablauf der Bild-Auswahl für die Karte des Ereignisprotokolls.

In der Geodatabase *Ereignis_P* wurden in der Attributtabelle mit *Select by Attributes* diejenigen Ereignisse ausgewählt, deren *Wiederkehr ausserordentlich* ist:

```
SELECT *FROM Ereignis.Ereignis_P WHERE: [WIEDERKEHR] = 101
```

Der Code *101* steht für *ausserordentlich*.

Anschliessend wurden von den ausserordentlichen Ereignissen diejenigen ausgewählt, bei denen ein Foto vorhanden ist. Diese wurden dann anhand der Ursache des Ereignisses eingeteilt: *Tiere*, *Mensch*, *Wetter*, *unklar*. Die Ereignisse in der Kategorie *unklar* wurden weggelassen. In der Abbildung X ist ersichtlich, welche Ereignisse (Nummer) zu welchen Kategorien gehören. Danach wurde die Kategorie *Wetter* in Bezug auf die Ursache noch weiter unterteilt: Sommer 2003, Gewitter und Murgang, Schneedruck auf Föhre, Lawine, Windwurf (siehe Abbildung 17).

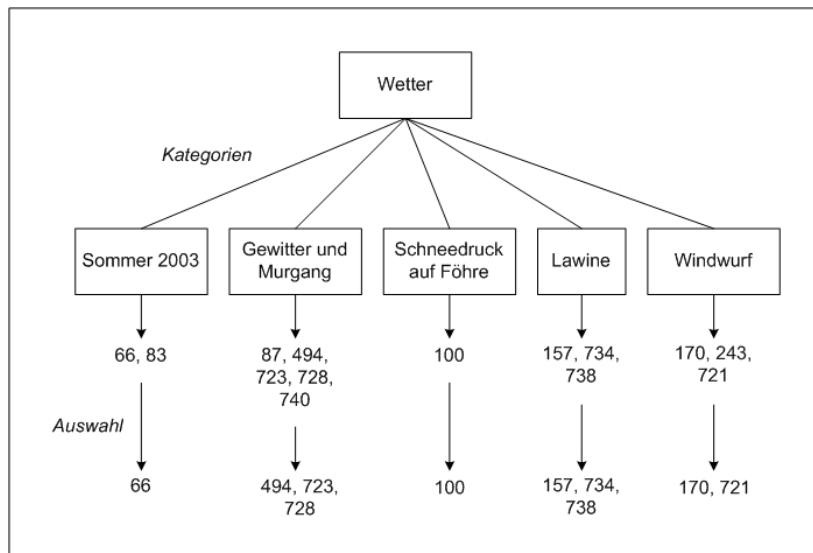


Abbildung 18: Die Unterteilung der Kategorie *Wetter*.

Als letztes Auswahlkriterium wurde die Bildqualität beurteilt und eine abschliessende Auswahl getroffen (siehe Abbildung 17). Die folgenden Bilder bzw. Ereignisse wurden dargestellt:

Nr. in Karte	Ereignis-Nr.	Datum	Ereignis	Ort	Beobachter
1	738	25.2.1999	Lawinenniedergang	Val da Barcli	F. Bott
2	728	5.8.1999	Murgänge	Val Cluozza	N. A. Willy
3	679	16.10.1988	Tod eines Spiessers	God Dschembrina	A. a Porta
4	734	8.3.1999	Lawine	Punt la Drossa	F. Bott
5	66	14.8.2003	Trockenheit	Il Fuorn	F. Bott
6	494	14.10.2003	Murgang	Val Chavagl	G. Clavuot
7	723	6.8.1999	Hochwasser	Val Naira	N. A. Willy
8	6	16.7.1988	Verkehrsunfall	Pass-Strasse	P. Roth
9	721	14.8.2000	Blitzschlag	Mingèr Dadaint	D. Godly
10	100	Oktober 1993	Schneedruck	Mingèr Dadaint	R. Mösle
11	174	Datum unbekannt	Abfall	Hütte Mingèr	R. Mösle
12	170	Winter 1991	Windwurf	God Spi da Foraz	R. Mösle
13	157	23.3.1991	Lawine	Piz Clemgia	R. Mösle

Tabelle 2: Die ausgewählten Ereignisse.

Nachdem die Bilder ausgewählt worden waren, folgte die kartographische Darstellung. Als Vorlage wurde ein Template von A. Istratescu (*A1_Quer_Uebersicht*) verwendet.

Die Ereignisse wurden dann aus dem gesamten Punktdatensatz ausgewählt und in den neuen Layern (*mensch.lyr*, *tiere.lyr* und *wetter.lyr*) abgespeichert. Diese Punkte wurden dann nummeriert und die Bilder wurden am Kartenrand im Uhrzeigersinn eingefügt und ebenfalls nummeriert. Abschliessend wurde unter jedem Bild noch eine kurze Beschreibung eingefügt.

B.3 Ergebnisse

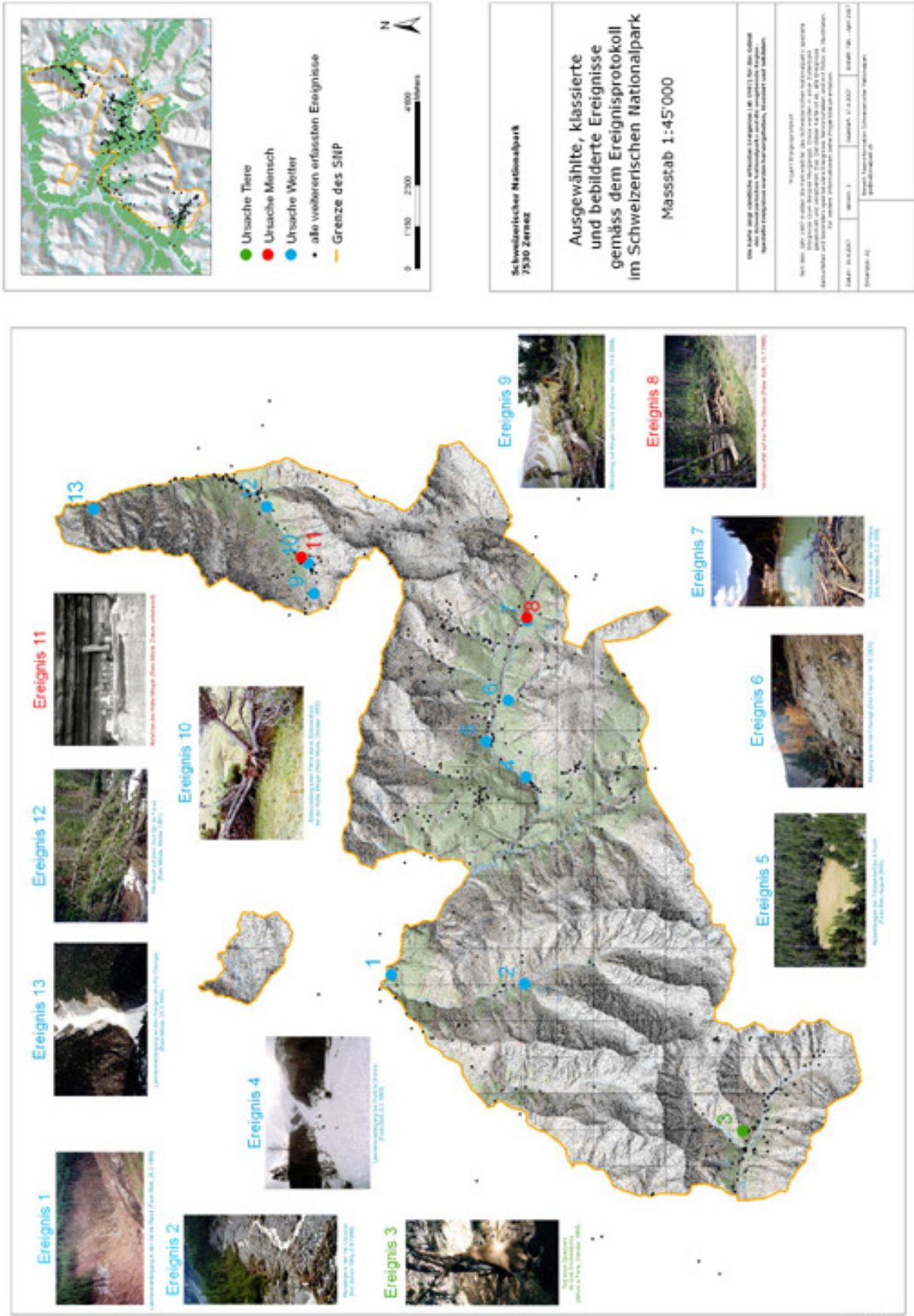


Abbildung 19: Die Karte des Ereignisprotokolls (verkleinert, 6.18%).

B.4 Diskussion

Die Auswahl der Bilder beruht vollständig auf der individuellen Beurteilung der Parkwächter und somit ist das Risiko, dass einige genauso spektakuläre und aussergewöhnliche Ereignisse nicht beachtet wurden, gross. Aus Zeitgründen wurde es aber als vertretbar erachtet, so vorzugehen.

Die Karte erfüllt den Zweck, dass die Ereignisse und die dazu gehörenden Bilder schnell sichtbar und übersichtlich dargestellt werden. Der Platz auf der Karte wurde optimal genutzt und die Karte verfügt über eine gute Lesbarkeit.

C Besucherbefragung

C.1 Einführung

Flurin Filli und Veronica Lafranchi gaben den Auftrag, ausgewählte Resultate der Besucherbefragung 2006 in einer Karte darzustellen. Aus der Karte sollte ersichtlich sein, welche touristischen Aktivitäten die Feriengäste während ihrem Aufenthalt in der Region des SNPs unternommen haben. Die Karte wurde in einem Vortrag anlässlich der Schweizerischen Nationalparktage (20. - 21.4.2007) verwendet.

C.2 Vorgehen

Als Datengrundlage diente die Tabelle „Welche der folgenden touristischen Aktivitäten haben Sie besucht?“ (Resultat der Besucherbefragung aus der Region des SNPs). Die dort aufgeführten Orte wurden anschliessend mit Hilfe von Hans Lozza und Veronica Lafranchi klassiert:

- *Aussichtspunkte*: Hof Zuort, Reschensee, Schatzalp Davos, Diavolezza, Val d’Uina, Bernina Express Tirano, Muottas Muragl
- *Dorfbesichtigung*: Ardez, Stadt Glurns, Guarda, Zollfreigebiet Samnaun, Scuol
- *Natur*: Nationalparkhaus Zernez, Aquaprad Prad
- *Museen*: Schmelzra S-charl, Segantini Museum St. Moritz, Museum d’Engiadina Bassa Scuol, Kloster St. Johann Müstair, Berry Museum St. Moritz, Nietzschehaus Sils, Museum Chasa Jaura Valchava, Schloss Tarasp, Nairs Kulturzentrum, Kirchner Museum Davos
- *Tessanda*: Tessanda Sta. Maria
- *Bad*: Bogn Engiadina Scuol
- *Minieras*: Minieras S-charl, Minieras Buffalora

Die Kategorie „Anderes“ wurde wegen fehlenden räumlichen Angaben weggelassen.

Nach der Klassierung wurden die Daten in der Karte dargestellt (siehe Resultat). Dabei wurde folgendermassen vorgegangen:

Zuerst wurden Shapefiles gesucht, welche die in der Tabelle erwähnten Ortschaften enthielten. Gefunden wurden dabei zwei Datensätze:

1. *sn_25_kt_gr*
2. *Ortschaftsnamen_carto_region*

Die relevanten Orte wurden ausgewählt und in zwei neuen Shapefiles abgespeichert. Nirgends vorhanden waren die Orte *Reschensee*, *Glurns*, *Prad* und *Tirano*. Diese Orte mussten deshalb selber digitalisiert werden, indem in einem neuen Shapefile ihre Koordinaten eingegeben und in der Attributtabelle die nötigen Informationen eingefügt wurden.

Schlussendlich waren alle Orte beisammen und nun wurden mit dem Befehl *merge* die drei verschiedenen Shapefiles zusammengefügt. Anschliessend wurde die Attributtabelle des neu entstandenen Shapefiles so bearbeitet, dass zu jedem Ort und jeder touristischen Aktivität (manchmal gab es pro Ort mehrere Aktivitäten) klar war worum es sich handelte und wie viele Besucher dort gewesen waren. Diese Mengenangaben wurden schlussendlich mit Balken dargestellt, wobei darauf geachtet wurde, dass die Balkengrössen bei gleichen Werten einheitlich waren und dass somit die Vergleichbarkeit gewährleistet ist. Nun wurden die Balken und die Beschriftungen zu Grafiken konvertiert und verschoben, um die Leserlichkeit zu verbessern.

C.3 Ergebnis

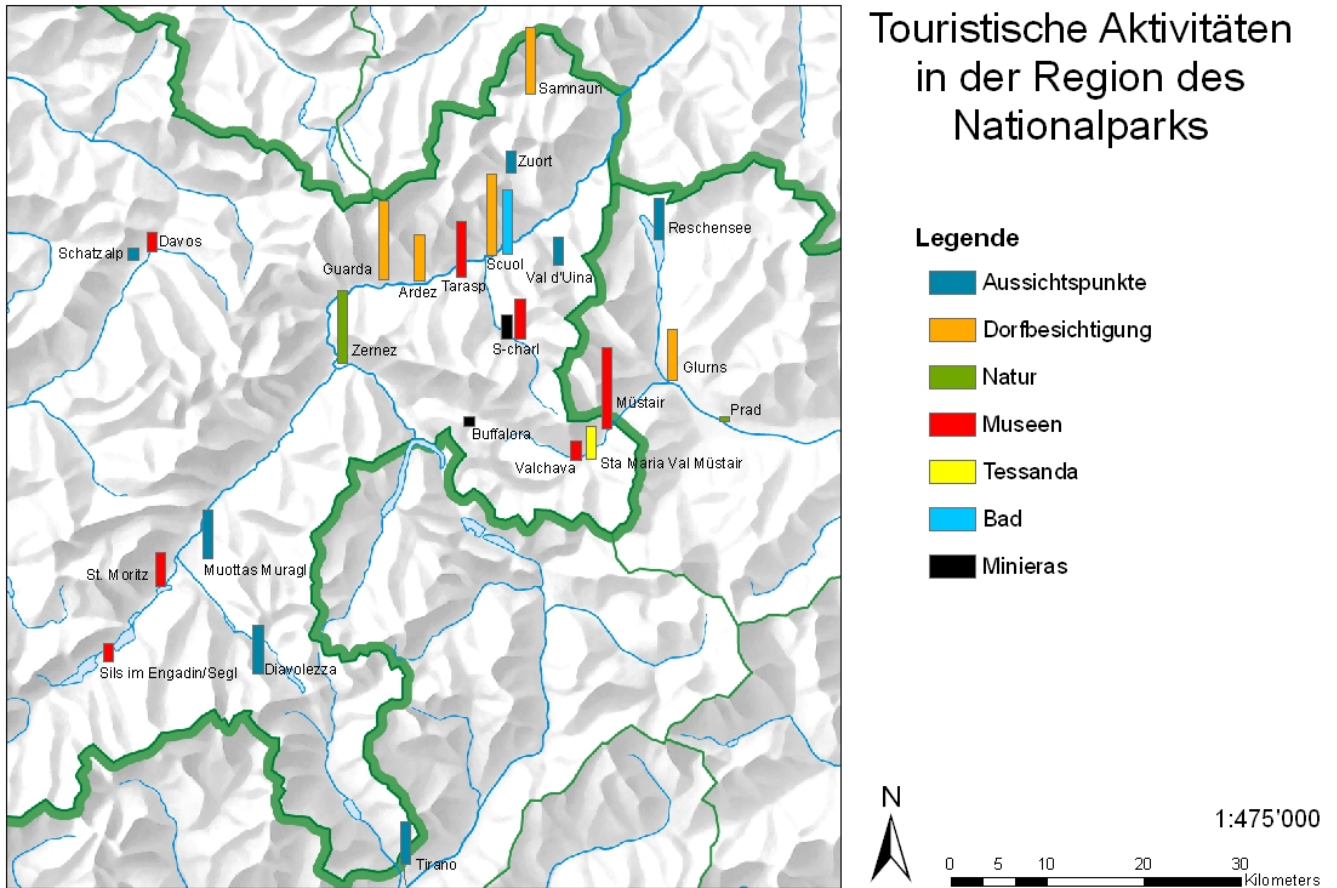


Abbildung 20: Die Karte der Besucherbefragung in der Region des SNPs.

C.4 Diskussion

Die Karte enthält keine Mengenangaben. Dies bedeutet, dass der Betrachter die einzelnen Kategorien nur relativ zu einander vergleichen kann und keine absoluten Zahlen zur Verfügung hat. Die Darstellung mit Mengenangaben wurde vom Auftraggeber ausdrücklich nicht gewünscht. Im Vortrag wurde dann auch vor dieser Karte die Tabelle („Welche der folgenden touristischen Aktivitäten haben Sie besucht?“) gezeigt und auf dieser waren die Mengenangaben ersichtlich. Als Kompromiss kann man dies gelten lassen - aber wenn die Karte ohne die Tabelle verwendet worden wäre, hätten die Mengenangaben unbedingt dazu gehört.

Ansonsten erfüllt die Karte die gestellten Anforderungen: sie verfügt über eine gute Lesbarkeit, ist übersichtlich und die Aussage ist - besonders im Kontext des Vortrages - klar.

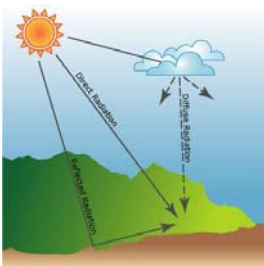
D Vortrag Solar Radiation

Berechnung der Sonneneinstrahlung in ArcMap

Inhalt

1. Überblick über die Berechnung der Sonneneinstrahlung
2. Wie wird die Sonneneinstrahlung in ArcMap berechnet?
3. Wie gehe ich vor? (Beispiel 1)
4. Variation der Einstellungen (Beispiele 2 und 3)

1. Überblick



Sonneneinstrahlung an einem Punkt =
direkte Strahlung +
reflektierte Strahlung +
diffuse Strahlung

In ArcMap wird die reflektierte Strahlung weg gelassen!

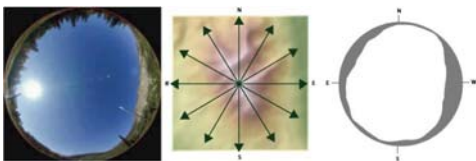
2. Berechnung in ArcMap (I)

Ablauf

1. Berechnung des Viewsheds
2. Überlagerung der Sunmap mit dem Viewshed
3. Überlagerung der Skymap mit dem Viewshed
4. Dieser Prozess wird für jeden Punkt wiederholt

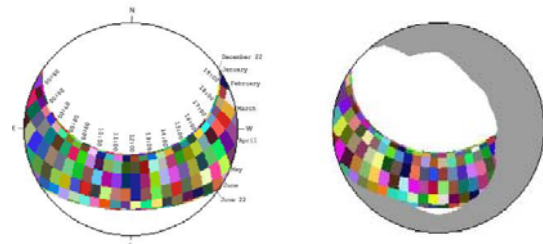
2. Berechnung in ArcMap (II)

1. Berechnung des Viewsheds



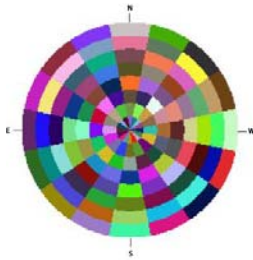
2. Berechnung in ArcMap (III)

2. Sunmap wird mit Viewshed überlagert

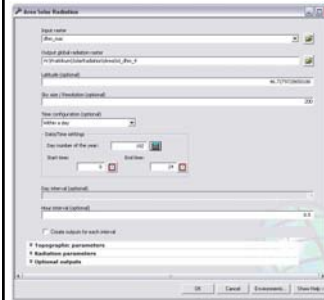


2. Berechnung in ArcMap (IV)

3. Skymap wird mit Viewshed überlagert

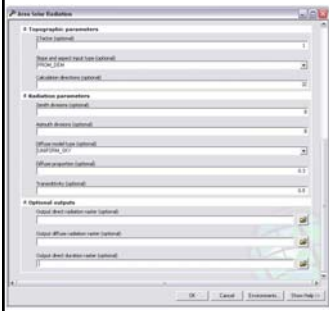


3. Wie gehe ich vor? (I)



- ArcToolbox → Spatial Analyst
- Input Raster = DHM
- Output = Resultat
- Latitude = wichtig für Berechnung der Sunmap, automatische Berechnung
- Sky size = Auflösung, max. 4000 (Viewshed, Sunmap, Skymap)
- Time configuration = Zeitraum
- Day interval = Berechnungsintervall, bei mehreren Tagen
- Hour interval = Berechnungsintervall innerhalb einer Stunde

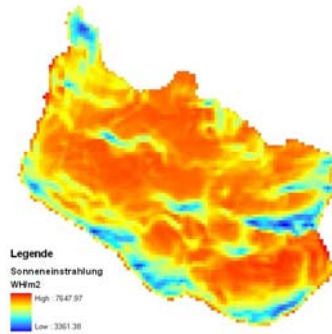
3. Wie gehe ich vor? (II)



- Z factor = 1, wenn die x,y- und z-Koordinaten die gleiche Einheit haben
- Slope and aspect = DHM oder flache Oberfläche
- Calculation directions = für Berechnung des Viewsheds
- Zenith divisions = für die Sektoren auf der Skymap
- Azimuth divisions = für die Sektoren auf der Skymap
- Diffuse model type = für die Berechnung der diffusen Strahlung
- Diffuse proportion = Anteil der diffusen Strahlung an der gesamten Strahlung (von 0 bis 1)
- Transmittivity = Durchlässigkeit der Atmosphäre (von 0 bis 1)

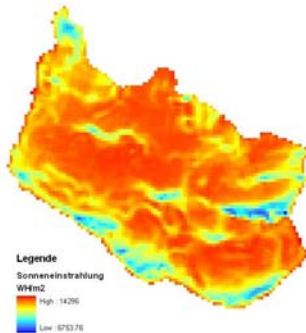
3. Wie gehe ich vor? (III)

Resultat bzw. Beispiel 1:



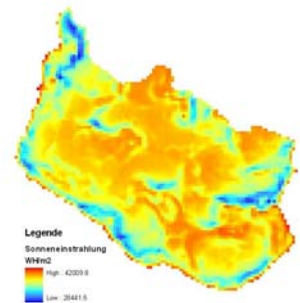
4. Variation der Einstellungen (I)

Beispiel 2:
Transmittivity = 0.9



4. Variation der Einstellungen (II)

Beispiel 3:
Diffuse proportion = 0.9



E Vortrag ArcScan

Verwendung von ArcScan (ArcMap)

Inhalt

1. Was ist ArcScan?
2. Wie gehe ich vor? (Beispiel 1)
3. Variation der Einstellungen (Beispiele 2 und 3)

1. Was ist ArcScan?

- Extension
- Vom gescannten Bild einer Karte zum Vektordatensatz (z.B. Höhenlinien)
- Vektorisierung – manuell (interactive vectorization) oder automatisch (batch vectorization)
- Vorbereitung des Rasters (raster preprocessing)

2. Wie gehe ich vor? (I)

1. Karte scannen
2. ArcMap
3. Zweifarbige Darstellung des Bildes
4. Extension aktivieren
5. Neues Shapefile erstellen (Output); Koordinatensystem + Polyline/Polygon/Point nicht vergessen!
6. Editor Toolbar → Start Editing
7. Vectorization Options festlegen



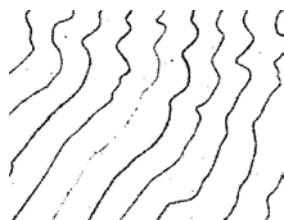
2. Wie gehe ich vor? (II)

7. Raster Cleanup bzw. Preprocessing
 - a) Löschen
 - b) Hinzufügen

Raster cleanup Menu bzw. Raster Painting Toolbar

Beispiel:

Ausschnitt aus dem Originalbild



2. Wie gehe ich vor? (III)

8. Interactive oder automatic/batch vectorization?
 - a) Datenmenge/Bildgrösse
 - b) Bildqualität
 - c) Zeitaufwand

2. Wie gehe ich vor? (IV)

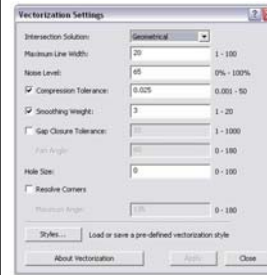


Einstellungen:

- Intersection:
 - Geometrical
 - Median
 - None



2. Wie gehe ich vor? (V)

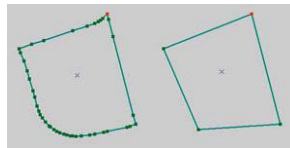


- Maximum Line Width MLW:
 - Interactive Vect.:
 - <= MLW → ok
 - Batch Vect.:
 - <= MLW → centerline vectorization
 - > MLW → Polygone
- Filter
- Messung

2. Wie gehe ich vor? (VI)



- Noise Level:
 - Wieviel % ist Rauschen? (Schätzung)
- Compression Tolerance:
 - Generalisierung; wichtig!



2. Wie gehe ich vor? (VII)



- Smoothing Weight:
 - Linienglättung
- Gap Closure Tolerance:
 - Lücken füllen
- Fan Angle: Gap Closure; Winkel
- Hole Size: Löcher ignorieren
- Resolve Corners: Ecken (Winkel)

2. Wie gehe ich vor? (VIII)

- Settings ok
- Vectorization → Show Preview
- Evtl. Settings anpassen
- Settings als Style speichern
- Vectorization → Generate Features

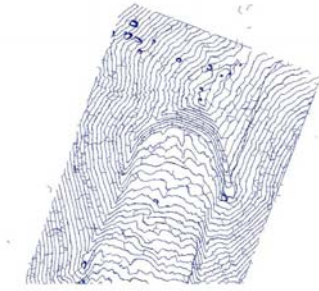
3. Beispiele (I)

- Beispiel 1:
 - Default-Settings



3. Beispiele (II)

- Beispiel 2:
Gap Closure = 50



3. Beispiele (III)

- Beispiel 3:
Hole Size = 50



3. Beispiele (IV)

- Vergleich der drei Beispiele:



F Literaturübersicht Permafrost

Zitierung gemäss Vorlage vom Geographica Helvetica.

F.1 Permafrost allgemein

Permafrost ist Untergrundmaterial, welches während mindestens einem Jahr kälter als 0°C ist. Das heisst, dass Permafrost nur über die Temperatur definiert ist und Eis enthalten kann, aber nicht muss. Jeweils im Sommer taut die oberste Schicht des Permafrostes auf (Active Layer oder Auftauschicht). Die wichtigsten Einflussfaktoren sind die Topographie (Lufttemperatur und die direkt einfallende Sonneneinstrahlung), die Schneedecke und die Bodenart (Nötzli Gruber 2005). Weitere Einflussfaktoren auf die lokale Permafrostverbreitung sind das Schmelzmuster der Schneedecke im Frühling, das raum-zeitliche Muster der Dicke der Schneedecke und wie stark der Untergrund dem Wind ausgesetzt ist (Lerjen et al. 2003). Wichtige Indikatoren für Permafrost sind aktive Blockgletscher, perennierende Schneeflecken, Hängegletscher und Eiswände, wobei der Umkehrschluss nicht zulässig ist (Nötzli Gruber 2005). Es gibt Faustregeln, mit denen die Existenz von Permafrost abgeschätzt werden kann. Oberhalb der Waldgrenze muss generell mit Permafrost gerechnet werden, wobei man zwischen diskontinuierlichem (fleckenhaft) und kontinuierlichem (flächenhaft) Permafrost unterscheidet. Mit der Höhe und der Exposition lässt sich die Verbreitung abschätzen: in NE-, N-, NW- und W-Lagen ab ca. 2400m.ü.M. (diskontinuierlich) und ab 2600m.ü.M. (kontinuierlich). In S-, SE- und E-Lagen trifft man diese Grenzen erst ab ca. 3000m.ü.M. an (Nötzli Gruber 2005). Permafrost kann folgendermassen gemessen werden: Direkt durch Aufschlüsse und Bohrungen. Indirekt durch geophysikalische Methoden (Geoelektrik, Seismik, Georadar). Ausserdem kann mit rechnergestützten Modellen (z.B. Permakart und Permamap) die flächenhafte Verbreitung abgeschätzt werden (Nötzli Gruber 2005). Der Klimawandel und menschliche Aktivitäten (Bautätigkeiten etc.) beeinflussen die Untergrundtemperaturen in Gebirgsregionen massgeblich, was zu potentiell gefährlichen Situationen und Prozessen führen kann. Wenn Blockgletscher instabil werden, verstärken sich durch Rutschungen die Felssturzaktivität oder die Bildung von Murgängen. Weitere Gefahren können von Moränenseen, abrutschenden Active Layers und auftauenden Felswänden ausgehen (Kääb 2004). Die Dicke des Active Layers hängt von den folgenden Faktoren ab: die lokalen meteorologischen Bedingungen, die Dauer und die Dicke der Schneebedeckung und die strukturelle Charakteristik des Active Layers (Haeberli et al. 2006). Die Luftzirkulation und -temperatur üben auf den Active Layer ebenfalls einen Einfluss aus (Haeberli et al. 2006).

F.2 Blockgletscher, Bewegung und Messung

Ein Blockgletscher ist eine permanent gefrorene und eisreiche Schutthalde in steilem Gelände, welche sich unter dem Einfluss der Schwerkraft verformt und talwärts kriecht (Nötzli Gruber 2005). Der grundlegende Prozess, der zur Entstehung eines Blockgletschers führt, ist das Kriechen des Permafrostes. Die jährlichen Geschwindigkeiten sind unterschiedlich (Haeberli et al. 2006), wobei sie allgemein im Zentimeter- und Meter-Bereich pro Jahr liegen (Kääb et al. 2003). Alpine, warme Blockgletscher kriechen generell schneller als kalte, polare Blockgletscher (Kääb et al. 2002). Damit ein Blockgletscher entstehen kann, muss die Neigung genügend gross sein (Kääb et al. 2003) und ausserdem braucht es eine starke Geröllakkumulation in einem periglazialen Klima. Die weitere Entwicklung benötigt eine kontinuierliche Geröllzufuhr aus Felswänden. Bei Modellierungen sollte dies berücksichtigt werden (Haeberli et al. 2006). Man kann zwei Arten von Blockgletschern unterscheiden: kieselige („pebbly“) und solche aus Steinblöcken („bouldery“). Die ersteren bestehen aus matrixgestütztem Geröll (verwitterungsanfälliger Kalkstein und Schiefer). Diejenigen aus Steinblöcken bestehen aus matrixfreiem Geröll (kristallines Gestein und massiver Kalkstein). Diese Materialzusammensetzung beeinflusst die Transportprozesse welche wiederum für die Form, die Grösse und die interne Struktur der Blockgletscher verantwortlich sind (Ikeda Matsuoka 2006). Blockgletscher bestehen aus zwei Schichten: An der Oberfläche befindet sich der Active Layer, welcher aus grobem Material besteht. Im Innern befindet sich ein matrixgestützter gefrorener Kern (Haeberli et al. 2006). Die Messungen von Blockgletschern lassen darauf schliessen, dass die Bewegungen an der Oberfläche langsam sind (im Dezimeter-Bereich) und dass sie ein kontinuierliches und zusammenhängendes Strömungsfeld bilden (Haeberli et al. 2006). Die Bewegung von Blockgletschern geschieht wahrschein-

lich nach dem Förderbandmodell wonach Material von der Oberfläche vor der Stirn des Blockgletschers abgelagert und von diesem wieder überfahren wird (Käab Reichmuth 2005). Die Energieflüsse an der Oberfläche und die thermischen Charakteristiken des Active Layers beeinflussen und kontrollieren den Beginn, das Wachstum und die Erhaltung des Blockgletschers. Die Kopplung der Atmosphäre an die thermalen Prozesse im Untergrund ist sehr komplex (Haeberli et al. 2006). Die numerische Modellierung von Blockgletscher-Oberflächen erfordert die Parametrisierung der Sonneneinstrahlung, der fühlbaren Wärme, der Oberflächen-Albedo, der Wärmeleitung, des latente Wärmetransports etc., weil die Topographie sehr komplex ist und die Oberflächencharakteristiken sehr heterogen sind. Das bedeutet, dass eine grosse Menge an genau gemessenen Daten benötigt wird (Haeberli et al. 2006).

F.3 Vegetation

Auf der Oberfläche von aktiven Blockgletschern gibt es einen sehr geringen Bewuchs mit Gefässpflanzen und Flechten. Die meisten davon befinden sich an den Rändern und an der Stirn des Blockgletschers, weil es dort feinkörniges Material gibt (Burga et al. 2004).

F.4 GIS und Fernerkundung

Das Permafrostkriechen in aktiven Blockgletschern wird mit geodätischen und photogrammetrischen Methoden beobachtet (Käab 2005). Die optimale Erforschung von Permafrostkriechen erfordert räumliche Informationen über die Kinematik, präzise und hoch auflösende Techniken und eine langfristige Beobachtung (Haeberli et al. 2006). Für detaillierte regionale Studien können terrestrische Methoden gewählt werden um mit GPS ein DEM zu generieren. Für weniger detaillierte und weiträumigere Studien werden Satellitendaten und Luftbilder verwendet. Die Bewegung des Untergrundes in vertikaler Richtung (Änderung der Dicke eines Gletschers etc.) kann aus dem Vergleich von DEM abgeleitet werden. Ebenso bei horizontalen Bewegungen (z.B. Gletscherbewegung). Die gleichen Techniken werden auch bei Luftbildern angewendet (Käab 2005a).

F.5 Untersuchungsstandorte

- Corvatsch bzw. Murtèl Blockgletscher (Hanson Hoelzle 2004), (Burga et al. 2004), (Käab et al. 1998), (Salzmann et al. 2006), (Stocker-Mittaz et al. 2002).
- Muragl Blockgletscher (Käab Vollmer 2000), (Käab Kneisel 2006), (Käab et al. 2002).
- Turtmann-Tal (Roer et al. 2005).
- Büz Nord (Ikeda et al. 2003).
- Grosser Aletschgletscher (Wegmann et al. 1998).
- Rutschung bei Aletschgletscher (Käab et al. 2002).
- Flüela Pass (Lerjen et al. 2003).
- Gruben Blockgletscher (Käab Reichmuth 2005).
- Suvretta Blockgletscher (Käab Reichmuth 2005).
- Val da l'Acqua (Domaradzki 1951), (Chaix 1923).
- Val Sassa (Domaradzki 1951), (Eugster 1973), (Chaix 1923).

F.6 Einige Fragestellungen bzw. Forschungsthemen

- Welche Möglichkeiten und Einschränkungen ergeben sich aus der Verwendung eines RCM (Regional Climate Model)-Outputs für die Simulation von alpinen Permafrost-Szenarien? (Salzmann et al. 2006)
- Integrative Analyse einer höchst komplexen glazialen und periglazialen Landform auf dem Muragl-Gletschervorfeld mittels geomorphologischen Beobachtungen, geoelektrischen Sondierungen und photogrammetrischen Messungen. (Kneisel Käab 2006)
- Vergleich von photogrammetrischen Messungen der Oberflächenbewegung (1981 - 1994) auf dem Muragl-Gletschervorfeld und direkten Widerstandsmessungen für das gleiche Gebiet. (Käab Kneisel 2006)
- Wie können Fernerkundungstechniken für die Einschätzung von Gletscher- und Permafrostgefahren im Hochgebirge verwendet werden? (Käab et al. 2006)
- Wie reagieren Blockgletscher auf die Klimaveränderungen und welche Konsequenzen können daraus entstehen? (Käab et al. 2006)
- Welche Unterschiede gibt es zwischen kieseligen Blockgletschern und solchen aus Steinblöcken? (Ikeda Matsuoka 2006)
- Untersuchung der Zusammensetzung von Blockgletschern mit konventionellen geophysikalischen Methoden (Ikeda 2006).
- Regionalstudie der temporalen Variationen des Permafrostkriechens und der Blockgletscher-Kinematik (Roer et al. 2005).
- Ansatz zur Messung der Massenbilanz und des Massentransports von Blockgletschern (Käab Reichmuth 2005).
- Evaluation der Verwendung von Real-Time Kinematic (RTK)-GPS zur Beobachtung der Dynamik von kriechendem alpinen Permafrost (Lambiel Delaloye 2004).
- Kartierung der Vegetation auf einem aktiven Blockgletscher und Vergleich mit photogrammetrischen Messungen der Oberflächenbewegung (Burga et al. 2004).

F.7 Offene Forschungsfragen

- Welche Faktoren üben welchen Einfluss auf den Permafrost aus? Was für Wechselwirkungen üben sie untereinander aus? Wie sind die Faktoren gewichtet?
- Wie sind die Atmosphäre und die thermalen Prozesse im Untergrund genau gekoppelt?
- Innere Dynamik von Blockgletschern
- Bewegung von Blockgletschern
- Reaktion von Permafrost auf Klimaänderung (Erwärmung)

G Literatur

Vorlage: Geographica Helvetica

Schriften

- ARENSEN, L., HOELZLE, M. & S. SPRINGMAN (2002): Borehole deformation measurements and internal structure of some rock glaciers in Switzerland. – In: Permafrost and Periglacial Processes 13: 117-135.
- BURGA, C.A., FRAUENFELDER, R., RUFFET, J., HOELZLE, M. & A. KÄÄB (2004): Vegetation on Alpine rock glacier surfaces: a contribution to abundance and dynamics on extreme plant habitats. – In: Flora 199: 505-515.
- CHAIX, A. (1923): Les coulées de blocs du Parc National Suisse d'Engadine. Genève: Société Générale d'Imprimerie.
- DOMARADZKI, J. (1951): Blockströme im Kanton Graubünden. Untersuchung und Beschreibung auf morphologischer Grundlage. – = Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchung des Schweizerischen Nationalparks 3, Liestal: 175-235.
- EUGSTER, H. (1973): Bericht über die Untersuchungen des Blockstroms in der Val Sassa im Schweizerischen Nationalpark (GR) von 1917 - 1971. – = Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im schweizerischen Nationalpark 11, Chur: 368-384.
- HAEBERLI, W. (2000): Modern research perspectives relating to permafrost creep and rock glaciers: a discussion. – In: Permafrost and Periglacial Processes 11: 290-293.
- HAEBERLI, W., HALLET, B., ARENSEN, L., ELCONIN, R., HUMLUM, O., KÄÄB, A., KAUFMANN, V., LADANYI, B., MATSUOKA, N., SPRINGMAN, S. & D. VONDER MÜHLL (2006): Permafrost creep and rock glacier dynamics. – In: Permafrost and Periglacial Processes 17: 189-214.
- HAEBERLI, W. & D. VONDER MÜHLL (1996): On the characteristics and possible origins of ice in rock glacier permafrost. – In: Zeitschrift für Geomorphologie 104: 43-57.
- HANSON, S. & M. HOELZLE (2004): The thermal regime of the active layer at the Murtèl rock glacier based on data from 2002. – In: Permafrost and Periglacial Processes 15: 273-282.
- HOELZLE, M., MITTAZ, C., ETZELMÜLLER, B. & W. HAEBERLI (2001): Surface energy fluxes and distribution models of permafrost in European Mountain areas: an overview of current developments. – In: Permafrost and Periglacial Processes 12: 53-68.
- IKEDA, A. & N. MATSUOKA (2002): Degradation of talus-derived rock glaciers in the Upper Engadin, Swiss Alps. – In: Permafrost and Periglacial Processes 13: 145-161.
- IKEDA, A., MATSUOKA, N. & A. KÄÄB (2003): A rapidly moving small rock glacier at the lower limit of the mountain permafrost belt in the Swiss Alps. – In: Permafrost: 455-460.
- IKEDA, A. & N. MATSUOKA (2006): Pebbly versus bouldery rock glaciers: Morphology, structure and processes. – In: Geomorphology 73: 279-296.
- IPCC (2007): Fourth assessment report, Working group 1. Cambridge: Cambridge University Press.
- JÄCKLI, H. (1978): Der Blockstrom in der Val da l'Acqua im Schweizerischen Nationalpark. – = Jahrbuch der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft 1978, Basel: 213-221.
- KÄÄB, A. (2004): Permafrost hazards in mountains. – In: Frozen Ground 28: 9-10.
- KÄÄB, A. (2005a): Remote sensing of mountain environments. Proceedings Second and Third GLOCHA-MORE Workshop, L'Aquila 2004 und Granada 2005: 92-99.

- KÄÄB, A. (2005b): Remote sensing of mountain glaciers and permafrost creep. – = Schriftenreihe Physische Geographie 48, Zürich: 1 - 264.
- KÄÄB, A., GUDMUNDSSON, G.H. & M. HOELZLE (1998): Surface deformation of creeping mountain permafrost. Photogrammetric investigations on rock glacier Murtèl, Swiss Alps. Proceedings the 7th International Permafrost Conference, Yellowknife 1998: 531-537.
- KÄÄB, A. (2002): Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. – In: ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57: 39-52.
- KÄÄB, A., ISAKOWSKI, Y., PAUL, F., NEUMANN, A. & R. WINTER (2003): Glaziale und periglaziale Prozesse: Von der statistischen zur dynamischen Visualisierung. – In: Kartographische Nachrichten 5: 206-212.
- KÄÄB, A. & Ch. KNEISEL (2006): Permafrost creep within a recently deglaciated glacier forefield: Muralg, Swiss Alps. – In: Permafrost and Periglacial Processes 17: 79-85.
- KÄÄB, A. & T. REICHMUTH (2005): Advance mechanisms of Rock Glaciers. – In: Permafrost and Periglacial Processes 16: 187-193.
- KÄÄB, A. & M. VOLLMER (2000): Surface geometry, thickness changes and flow fields on creeping mountain permafrost: Automatic extraction by digital image analysis. – In: Permafrost and Periglacial Processes 11: 315-326.
- KÄÄB, A., FRAUENFELDER, R. & I. ROER (2006): On the response of rockglacier creep to surface temperature increase. – In: Global and Planetary Change, Article in Press.
- KÄÄB, A., KAUFMANN, V., LADSTÄDTER, R. & T. EIKEN (2003): Rock glacier dynamics: implications from high-resolution measurements of surface velocity fields. – In: Permafrost: 501-506.
- KÄÄB, A., HUGGEL, Ch., FISCHER, L., GUEX, S., PAUL, F., ROER, I., SALZMANN, N., SCHLAEFLI, S., SCHMUTZ, K., SCHNEIDER, D., STROZZI, T. & Y. WEIDMANN (2005): Remote sensing of glacier- and permafrost-related hazards in high mountains: an overview. – In: Natural Hazards and Earth System Sciences 5: 527-554.
- KELLER, F. (1988): Permafrostverbreitung im Nationalpark. – unveröffentlichte Diplomarbeit, Geographisches Institut, Universität Zürich.
- KNEISEL, Ch. & A. KÄÄB (2007): Mountain permafrost dynamics within a recently exposed glacier forefield inferred by a combined geomorphological, geophysical and photogrammetrical approach. – In: Earth Surface Processes and Landforms, Article in Press.
- LAMBIEL, Ch. & R. DELALOYE (2004): Contribution of real-time kinematic GPS in the study of creeping mountain permafrost: Examples from the Western Swiss Alps. – In: Permafrost and Periglacial Processes 15: 229-241.
- LERJEN, M., KÄÄB, A., HOELZLE, M. & W. HAEBERLI (2003): Local distribution pattern of discontinuous mountain permafrost. A process study at Flüela Pass, Swiss Alps. – In: Permafrost: 667-672.
- MATSUOKA, N., IKEDA, A. & T. DATE (2005): Morphometric analysis of solifluction lobes and rock glaciers in the Swiss Alps. – In: Permafrost and Periglacial Processes 16: 99-113.
- NÖTZLI, J. & St. GRUBER (2005): Alpiner Permafrost - ein Überblick. – = Jahrbuch des Vereins zum Schutz der Bergwelt 70, München: 111-121.
- PAUL, F., HUGGEL, Ch. & A. KÄÄB (2004): Combining satellite multispectral image data and a digital elevation model for mapping debris-covered glaciers. – In: Remote Sensing of Environment 89: 510-518.

- ROBIN, K. (2004): Wanderführer durch den Schweizerischen Nationalpark. Zerne: Edizioni Cratschla.
- ROER, I., KÄÄB, A. & R. DIKAU (2005): Rockglacier acceleration in the Turtmann valley (Swiss Alps): Probable controls. – In: Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography 59: 157-163.
- SALZMANN, N., FREI, Ch., VIDALE, P. & M. HOELZLE (2006): The application of regional climate model output for the simulation of high-mountain permafrost scenarios. – In: Global and Planetary Change, Article in Press.
- STOCKER-MITTAZ, C., HOELZLE, M. & W. HAEBERLI (2002): Modelling alpine permafrost distribution based on energy-balance data: a first step. – In: Permafrost and Periglacial Processes 13: 271-282.
- WEGMANN, M., GUDMUNDSSON, G.H. & W. HAEBERLI (1998): Permafrost change in rock walls and the retreat of Alpine glaciers: a thermal modelling approach. – In: Permafrost and Periglacial Processes 9: 23-33.
- WHALLEY, W.B. & F. AZIZI (2003): Rock glaciers and protalus landforms: Analogous forms and ice sources on Earth and Mars. – In: Journal of geophysical research 108: 1-17.

Internet

- N.N. (o.J.): Informationen über den Nationalpark. –
<http://www.nationalpark.ch/>
Februar 2007.
- N.N. (o.J.): Nationalparkgesetz. –
http://www.nationalpark.ch/download/dwn/D_Nationalparkgesetz.doc.pdf
Februar 2007.
- HOELZLE, M. (2006): Modellierung der Permafrostverbreitung. –
<http://www.geo.unizh.ch/~hoelzle/E&M/e&mhtml/pfmodell.html>
Februar 2007.
- BAFU (2007): Übersicht über die potenzielle Permafrostverbreitung in der Schweiz. –
<http://www.news.admin.ch/dokumentation/00002/00015/index.html?lang=de&msg-id=6416>
Februar 2007.
- SCHNEIDER-SLIWA, R., ELSASSER, H., RACINE, J.-B. & T. MOSIMANN (Hrsg.) (o.J.): Leitfaden für Forschungsartikel in der Zeitschrift Geographica Helvetica, unsere Vorgaben und Bitten an Autorinnen und Autoren. –
http://www.humgeo.unibas.ch/pdf/guidelines_dt.PDF
August 2007.