

EnviroTools

Phänomene auf Gletschern

Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



Copyright: Schweizer Alpen-Club SAC

Inhalt und Bilder: Jürg Meyer, Geologe, Bergführer und
Umweltbildner www.rundumberge.ch

Projektleitung: Anne Roches, SAC

Projektbegleitung: Bruno Hasler, Philippe Wäger, SAC

Version 1, 2017

EnviroTools: Ziel und Kenntnisse

- Unterlagen für Wissensvermittlung zur alpinen Natur und Umwelt.
- Fördert die Wahrnehmung der Umgebung, macht Freude, vertieft das Gruppenerlebnis.
- Keine fachlichen Vorkenntnisse nötig, auch nicht für die anleitende Person.

Anleitung Gletscherphänomene

GEEIGNETER ORT

- Aterer Gletscher mit möglichst vielfältiger Oberflächenstruktur, Steinen, Löchern, Wasserläufen etc. Auch Gletscherrand oder Gletschervorfeld.
- Kann auch in einer Unterkunft gewinnbringend eingesetzt werden. Hat man eine Aussicht auf einen Gletscher, umso besser.
- Achte auf mögliche Gefahren und die Wettersituation!

DAUER 30–60 Minuten

NOTWENDIGES MATERIAL Eispickel und Hand- oder Becherlupe von Vorteil

VORSCHLAG FÜR ABLAUF

Übung 1: Einstieg

1. Begründe die Lerneinheit (Stichworte: Gletscher sind wesentliche Elemente des Hochgebirges / Kennen der Gletscherphänomene ist sicherheitsrelevant / Bereicherung von Gletscherbegehungen).
2. Umreisse das Lernziel: Überblick über die wichtigsten Gletscherphänomene erhalten / deren Entstehung verstehen und weitergeben können.
3. Erfrage in der Gruppe, welche Gletscherbezogenen Phänomene sie in der Umgebung erkennen können. Bestimme jemand, der diese notiert.
Entscheide je nach Interesse / Kursniveau / Zeitbudget, ob du die Phänomene A oder B, oder beides behandeln möchtest.
4. Verteile das Arbeitsblatt «Checkliste Gletscherphänomene» an Kleinteams (2–3 Personen)
 - a. Die Kleinteams überprüfen, welche Phänomene sie in der Umgebung erkennen und kreuzen sie an.
 - b. Alle Phänomene zusammen kurz diskutieren: Wer kennt sie, wer weiss etwas über deren Entstehung?

Übung 2: Fototafeln

5. Verteile die Fototafeln an die Kleinteams. Rückseiten nicht anschauen!
6. Zeigen in der Runde und Erklärungsversuch, andere Teams können mithelfen; erst dann Lesen der Erklärungen auf der Rückseite.

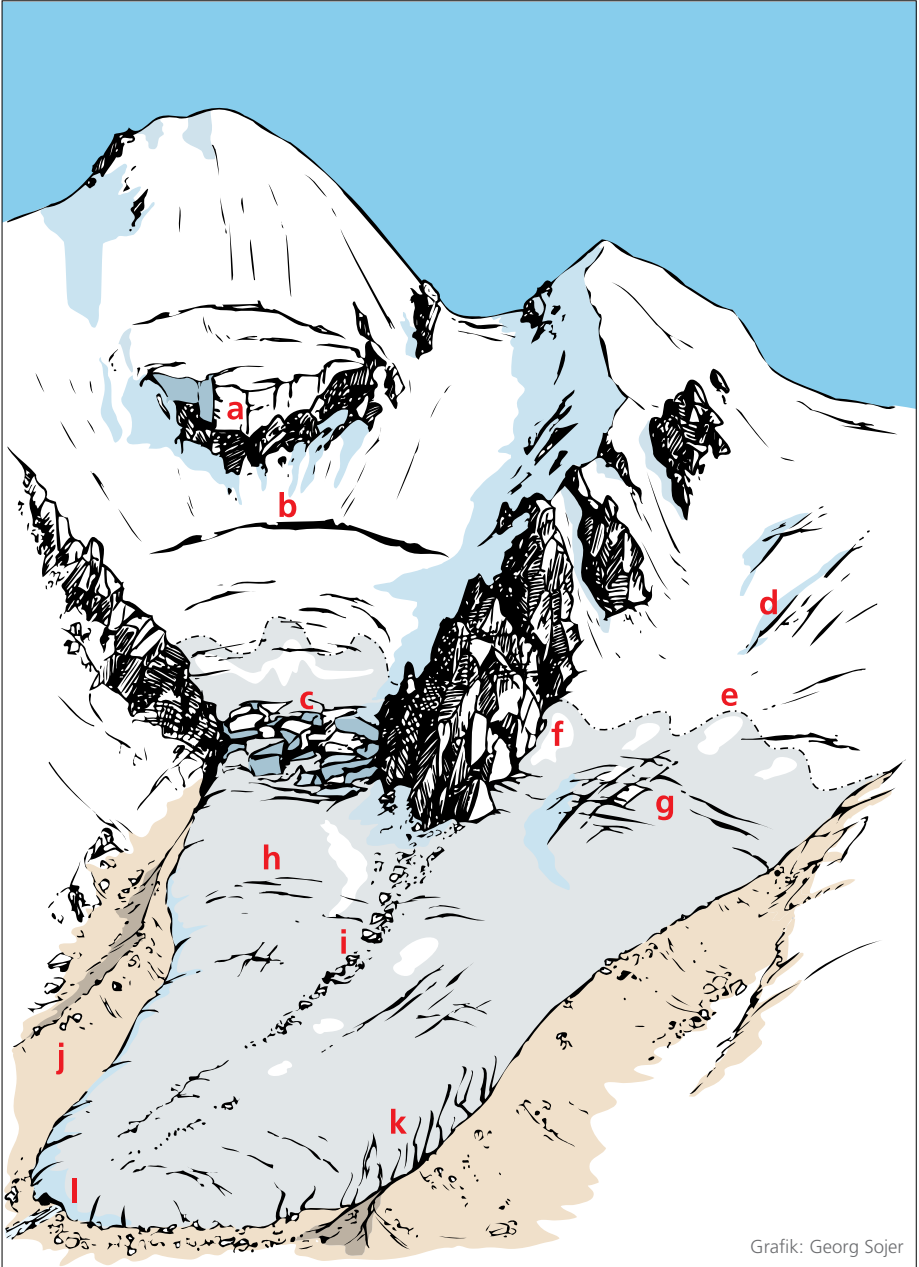
Übung 3: Wo treffen wir die Phänomene an?

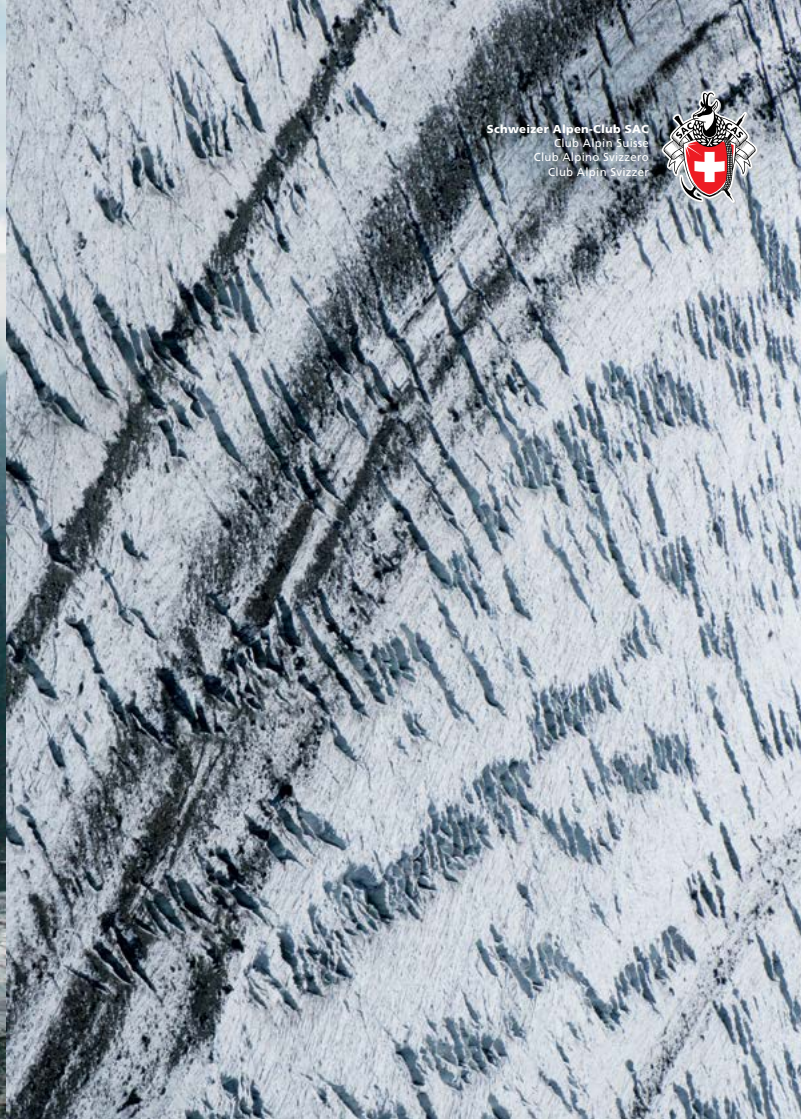
7. In Kleinteams die Gletscherphänomene auf der Grafik «Alpiner Talgletscher» zuordnen.

Checkliste Gletscherphänomene

NR	GLETSCHERPHÄNOMEN	✓
A Gletscherphänomene – Teil 1: Grundwissen		
1	Querspalten	
2	Längsspalten	
3	Randspalten	
4	Kreuzspalten	
5	Bergschrund	
6	Randkluft	
7	Séraczone oder Eisfall	
8	Hängegletscher/Gletscherabbruch	
9	Seitenmoräne/Ufermoräne	
10	Mittelmoräne	
11	Firnlinie oder Gleichgewichtslinie	
12	Gletscherzunge	
13	Toteis	
14	Sandpyramiden	
15	Gletschertisch	
16	Schmelzwasserrinnen/Gletscherbäche	
17	Strudelloch oder Gletschermühle	
18	Blutschnee oder roter Schnee	
B Gletscherphänomene – Teil 2: Aufbauwissen		
19	Gletscherfloh	
20	Mittagslöcher	
21	Jahresschichten	
22	Gletschertor	
23	Gletschersee	
24	Gletschervorfeld und Sanderebene	
25	Gletscherschliff/Rundhöcker	
26	Gletscherschrammen und weitere Gletscherspuren	
C Gletscherphänomene – Teil 3: Weitere Phänomene, nur Fotos		
27–35	27 Ogiven; 28 Tektonische Bänderung; 29 Wasserspalten und -löcher; 30 Zugefrorene Spalten/Löcher; 31 Stirnmoräne; 32 Gletscherbach/-fluss; 33 Rottalgletscher (1990); 34 Rottalgletscher (ca. 2014); 35 Steingletscher (2007)	

Alpiner Talgletscher





Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



1 Querspalten

WAS Spalten, die quer zur Fließrichtung des Gletschers verlaufen. Tiefster Spaltentyp, kann bis zu 40 Meter Tiefe erreichen.

WO Dort, wo der Gletscheruntergrund steiler wird. Immer vor Gletscherabbrüchen. Häufigster Spaltentyp.

WIE Zerrspannungen in oberen Gletscherschichten wegen Umbiegung über steiler werdendem Untergrund.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN

Offene Querspalten können für BerggängerInnen ganz schön mühsam sein, wenn sie sich viele hundert Meter über einen Gletscherbereich erstrecken. Umgehen oder über Schneebrücken queren.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Gilt für alle Spaltentypen: Spalten sind spröde Brüche im Eis infolge von Zerrspannungen. Sie verlaufen senkrecht zur grössten Zerrspannung. Sie treten gerne in parallelen Scharen auf. Die maximale Tiefe ist ca. 40 Meter, darunter reagiert Eis infolge des hohen Druckes plastisch (= irreversible Verformung ohne Bruch).

FOTO Blick von der Diavolezza (GR) auf den Persgletscher mit Scharen von Querspalten, sowie 5 Zügen von Mittelmoränen (s. Nr. 10).

2 Längsspalten

WAS Gletscherspalten die in Fließ- /Längsrichtung des Gletschers verlaufen.

WO Bei Verbreiterungen des Gletscherbetts und wo der Gletscher über eine längliche Erhebung im Untergrund fließt.

WIE Weil dort quer zur Fließrichtung Zerrspannungen im Eis entstehen.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN

Eher seltener Spaltentyp – aber bei Skiabfahrten über Gletscher potenziell gefährlich, da man in Spaltenrichtung fährt.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Gilt für alle Spaltentypen: Spalten sind spröde Brüche im Eis infolge von Zerrspannungen. Sie verlaufen senkrecht zur grössten Zerrspannung. Sie treten gerne in parallelen Scharen auf. Die maximale Tiefe ist ca. 40 Meter, darunter reagiert Eis infolge des hohen Druckes plastisch (= irreversible Verformung ohne Bruch).

FOTO Blick von der Bovalhütte SAC (GR) über den Morteratsch zum Persgletscher, der über eine Stufe zum Morteratschgletscher fließt und dort infolge Verbreiterung Längsspalten entwickelt.

Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



3 Randspalten



WAS Spalten an den Seiten von Gletschern, die vom Gletscherrand aus in einem Winkel von rund 45 Grad gletscheraufwärts verlaufen.

WO Fast immer an den Seitenrändern von Gletschern, in parallelen Scharen.

WIE Aufgrund der unterschiedlichen Fließgeschwindigkeit an Gletscherrand und Gletschermitte, oder wenn der Gletscher an Felsvorsprüngen hängen bleibt, ergeben sich Scherspannungen parallel zum Gletscherrand. Scherspannungen erzeugen Risse mit 45-Grad-Winkeln entgegen der Scherrichtung (s. Skizze). Experiment: Ausprobieren an Halbhartkäse, Butter, Lehm oder Ähnlichem!

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Den Verlauf der Randspalten zu kennen, ist wichtig für Begehungen in Nebel oder bei verschneiten Spalten!

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Gilt für alle Spaltentypen: Spalten sind spröde Brüche im Eis infolge von Zerrspannungen. Ihre Lage verläuft senkrecht zur grössten Zerrspannung. Sie treten gerne in parallelen Scharen auf. Die maximale Tiefe ist ca. 40 Meter, darunter reagiert Eis infolge des hohen Druckes plastisch (= irreversible Verformung ohne Bruch).

FOTO Der Rand des grossen Aletschgletschers (VS) nahe seiner Zunge, bei den «Chatzulecher». Dahinter eine ausgeprägte Mittelmoräne (Nr. 10).

4 Kreuzspalten

WAS Spalten, die sich kreuzweise schneiden.

WO Über buckelartigen Erhebungen des Untergrunds.

WIE Durch Zerrspannungen in alle Richtungen über einem Buckel.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Verschneites Kreuzspalten-gelände kann ganz schön tückisch sein für eine Begehung!

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Gilt für alle Spaltentypen: Spalten sind spröde Brüche im Eis infolge von Zerrspannungen. Ihre Lage verläuft senkrecht zur grössten Zerrspannung. Sie treten gerne in parallelen Scharen auf. Die maximale Tiefe ist ca. 40 Meter, darunter reagiert Eis infolge des hohen Druckes plastisch (= irreversible Verformung ohne Bruch).

FOTO Kreuzspalten auf dem obersten Kanderfirn südlich der Mutthornhütte SAC.



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



5 Bergschrund

WAS UND WO Langer ortsfester Spalt entlang Bergflanken, wo angefrorenes Flankeneis in fließendes Gletschereis übergeht.

WIE Das ständig leicht abfließende Gletschereis unterhalb des Bergschrundes führt zu Zerrspannungen, welche den Schrund permanent offenhalten.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Weniger gefährlich, meist häufig mühsame Hindernisse, vor allem im Aufstieg in der Spätsaison, wenn alle Schneebrücken weggeschmolzen sind. Im Abstieg darüber springen oder Abseilen an improvisierter Verankerung.

FOTO Blick vom Strahleggghorn (BE) gegen den Ochs (3895 m) und das Gross Fiescherhorn (4049 m) dahinter. Klassischer Bergschrund unter der NE-Eisflanke des Ochs hin zum Gletscher des Oberen Ischmeer, dahinter am Fiescherhorn ebenfalls.

6 Randkluft

WAS UND WO Spalt zwischen Gletschereis oder Firnschnee und einer Felswand; läuft der Felswand entlang, kann bis mehrere Meter breit und sehr tief werden.

WIE Durch Wärmerückstrahlung der dunklen Felsen wird Eis oder Firn zurückgeschmolzen.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN In der Regel gut erkennbar und einschätzbar; kann grosses Hindernis am Übergang von Eis/Firn an den Fels und umgekehrt darstellen. Vorsicht vor überkragenden Randklufträndern!

FOTO Randkluft am Rand des Rhonegletschers, sowohl gegen Gletschereis als auch gegen Firnschnee.



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



7 Séraczone oder Eisfall

WAS Wild zerrissene, in Eistürme (=Séracs) und dazwischen Spalten/Löcher aufgelöste Steilzone in einem Gletscher.

WO Wo ein Gletscher über eine steile Geländestufe hinunterfließt.

WIE Durch Zerbrechen infolge Geländeknick und rascherem Fließen des Eises.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Eine Begehung ist zuweilen möglich, aber immer heikel und gefährlich. Eisabbrüche sind jederzeit möglich. Keine unnötige Pause einlegen.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Unterhalb eines Eisfalls können sich Ogiven bilden (Foto Teil C).

FOTO Blick auf den unteren Eisfall des Turtmanngletschers (VS) zwischen 2800 und 2600 m.ü.M. Darunter ist die beginnende Bildung von Ogiven sichtbar.

8 Hängegletscher / Gletscherabbruch

WAS UND WO Hängegletscher: Gletscher an mehr als 40° steilen Flanken. Sie «hängen» förmlich an den Wänden und enden gegen unten in einem Gletscherabbruch. Gletscherabbruch/Eismauer: unterhalb Hängegletscher oder seitlich an steile Felswände grenzend. Dort, wo Fließgeschwindigkeitsunterschiede des Gletschers entstehen und mehr oder weniger häufig Eis abbricht.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Eisabbrüche sind jederzeit möglich. Keine unnötige Pause einlegen.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Der bekannteste Eisabbruch der Schweizer Alpen liegt oberhalb des «Corridor» am Grand Combin, wo unten eine Route durchführt.

FOTO Der Westgipfel des Walliser Breithorns (4164 m) bei Zermatt, von Norden. Hängegletscher, Eisabbruch und Bergschründe (Nr. 5) sind zu sehen.



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



9 Seitenmoräne/Ufermoräne

WAS Seitenmoränen: aktive Moränenwälle heutiger Gletscher
Ufermoränen: Moränenwälle von früheren Gletscherhochständen.

WO Seitenmoränen: an den Seiten von heutigen Gletschern; kaum ausgeprägt, da alle Gletscher auf dem Rückzug sind.
Ufermoränen: an den Seiten von verschwundenen Gletschern; in den ganzen Alpen auffallend sind die grossen Moränenwälle > letzter Höchststand der sogenannten «Kleinen Eiszeit» um 1850–1860. Sie sind aussen meist schon stärker bewachsen, innen jedoch nicht oder kaum. An den Innenseiten oft «Orgelpfeifen»-Erosionsmuster.

WIE Seitliche Ansammlung von auf dem Gletscher transportiertem Schutt, sowie von Schutt der seitlichen Talflanken.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Übergänge von den Hütten zu Gletschern und umgekehrt über lose Ufermoränenflanken werden wegen des laufenden Abschmelzens der Gletscher zunehmend länger, mühsamer und heikler.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Weiter unten in den Alpentälern gibt es häufig Reste von noch älteren Seitenmoränen. Diese entstanden vor 20 000–10 000 Jahren, als sich die Eiszeitgletscher zurückzogen und manchmal kurzfristig wieder etwas vorstiessen – zurück blieben Moränen.

FOTO Die beiden markanten Ufermoränen des Wätterlückengletschers im hintersten Lauterbrunnental (BE). Die rechte stammt vom Hochstand um 1850, die linke, stärker erodierte und bewachsene, vom Hochstand um 1650.

10 Mittelmoränen

WAS Gletscherparallele Steinbänder, meist als Rücken ausgebildet; Anzahl von einer bis mehrere, streng parallel verlaufend, sich nie kreuzend. Mittelmoränen sind im Wesentlichen Obermoränen, d.h. der Moränenschutt liegt auf dem Gletscher und geht kaum in die Tiefe.

WO Auf aperen Gletschern parallel zur Fliessrichtung.

WIE Mittelmoränen bilden sich aus zwei Seitenmoränen von zwei Gletschern, welche zusammenfliessen. Weil die dicke Steinschicht das darunter liegende Eis vor Sonneneinstrahlung isoliert, entwickeln sich die Mittelmoränen zu Geländerücken (gleicher Prozess wie bei Sandpyramiden (Nr. 14) und Gletschertischen (Nr. 15)).

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Anzahl Mittelmoränen = Anzahl Gletscherarme + 1.

FOTO Tschingelgletscher vom Mutthorn (3038 m) aus. Die beiden Mittelmoränen bleiben streng parallel und getrennt bis zum Gletscherende, und dokumentieren so das laminare Fliessen des Gletschers.



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



11 Firnlinie / Gleichgewichtslinie

WAS Grenze zwischen Nähr- und Zehrgebiet eines Gletschers.

WO Im Spätsommer (September) als Grenze zwischen aperem und firnbedecktem Gletscher im Gelände sichtbar. Wie die Waldgrenze nicht eine genaue Linie, sondern eine Übergangszone.

WIE Im Nährgebiet bleibt ein Teil des Winterschnees liegen und «nährt» den Gletscher, im Zehrgebiet schmilzt er völlig weg wie auch mehr oder weniger des darunter liegenden Eises. Jährliche «Erfolgsrechnung» (= «Massenbilanz») eines Gletschers: Zuwachs im Nährgebiet minus Abschmelzung im Zehrgebiet. Falls negativ, zieht sich der Gletscher zurück; falls positiv, wächst der Gletscher.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN In den nächsten Jahren finden Gletscherbegehungen mehr und mehr auf aperem Eis statt.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Die Massenbilanz aller Alpengletscher ist seit Jahren zunehmend negativ. Ende des 21. Jahrhunderts werden die Alpen im Wesentlichen gletscherfrei sein.

FOTO Der oberste Kanderfirn / Petersgrat im Spätsommer 2015. Die Firnlinie verläuft auf rund 2900 m Höhe.



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



12 Gletscherzunge

WAS UND WO Talseitige Ende eines Talgletschers.

WIE Die Form der Zunge zeigt an, ob ein Gletscher vorstösst oder zurückschmilzt. Bei einer Zungenform wie eine Löwenpranke (konvex), mit steilem Rand und radialen Spalten: Der Gletscher rückt vor.

Bei einer flach (konkav) auslaufenden Zungenform, meist schuttbedeckt: Der Gletscher schmilzt zurück. Dies ist aufgrund der Klimaerwärmung heute bei allen Alpengletschern der Fall.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Oft eher mühsam zu begehendes Schuttgelände; grosse Vorsicht vor dünnen Eis-Stellen, die einbrechen können.

FOTO Zunge des Morteratschgletschers (GR) im Jahr 2008, mit typischer Rückzugsform. Der Rückzug ist seither dramatisch vorangeschritten.

13 Toteis

WAS Gletschereis, welches keine Verbindung mehr mit dem aktiven Gletscher hat.

WO Toteismassen bleiben meist im Zungengebiet von zurückschmelzenden Gletschern liegen.

WIE Die Toteismassen sind meist stark schuttbedeckt, und die Schuttbedeckung nimmt durch Steinschlag und Lawinen zu. Dadurch wird das Toteis vor weiterem Abschmelzen geschützt und kann unter Umständen viele Jahrzehnte liegen bleiben.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Toteismassen müssen von BergsteigerInnen als solche erkannt werden, weil sie oft heikel zu begehen sind (Ausrutsch-/ Sturzgefahr).

FOTO Zunge des Gornergletschers im Jahr 2010. Oberhalb der Bergsteiger sind grössere schuttbedeckte Toteismassen zu erkennen. Bis 2016 hat sich der Gletscher schon wieder um 400 Meter zurückgezogen – das Toteis blieb am Ort.



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



14 Sandpyramiden

WAS Pyramidenförmige runde «Sandhaufen», Neigungswinkel zwischen 40–50°. Höhen 10–150 Zentimeter. Bestehen unter einer ca. 5 Zentimeter dicken Sandschicht aus reinem Eis.

WO Auf aperen Gletschern, oft in Scharen

WIE Zufällige Ansammlungen von grösseren Mengen Feinmaterial (Sand und Steinchen) isolieren das darunter liegende Eis. Sie absorbieren zwar das Sonnenlicht und erwärmen sich oberflächlich, aber die Ansammlung ist zu dick, um diese Wärme nach unten ans Eis weiter zu leiten (Gesteine haben eine sehr schlechte Wärmeleitfähigkeit).

Während das Eis der Umgebung durch die Sonnenwärme abschmilzt, bleibt es unter dem isolierenden Sand erhalten und so entstehen langsam die Pyramiden.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Die Entstehung verläuft analog zu den Gletschertischen. Hübsche eindrückliche Demo: Hol etwas Wasser aus einem Schmelzwasserbach und wasche den Sand weg. Das Resultat ist verblüffend.

FOTO Grosse Sandpyramiden auf dem Grüneggfirn beim Konkordiaplatz (VS)

15 Gletschertisch

WAS Grosse Steinbrocken/Felsplatten, die auf einer Eissäule stehen und wie einbeinige Tische aussehen können. Grösse der Steine: einige 10 Zentimeter bis über 10 Meter!

WO Auf aperen Gletschern an Stellen mit vielen grösseren Steinen/Felsbrocken.

WIE Isolation des unter Steinbrocken liegenden Eises, während das Umgebungseis abschmilzt. Da Gesteine sehr schlechte Wärmeleiter sind, können sie ab einer gewissen Dicke die oberflächliche Sonnenerwärmung nicht schnell genug (vor Sonnenuntergang) an das Eis darunter weiterleiten. Das Höhenwachstum ist beschränkt: Ab einer durch den Durchmesser des Steins gegebenen Höhe erreicht die schräg stehende Sonne den Eissockel auf der Südseite und beginnt ihn abzuschmelzen. Früher oder später wird der Stein dann auf diese Südseite abkippen.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Grosse Gletschertische – es gibt Steine von mehr als 10 Meter Breite! – laden zum Besteigen für ein Gruppenfoto ein – gut prüfen, im Zweifelsfalle sein lassen!

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS

Oft kann man ganze Scharen von nach Süden geneigten ehemaligen Gletschertischsteinen erkennen – wie die Mittagslöcher eine Art «Naturkompass»! Kleinere Steine schmelzen sich als Löcher ins Eis. Beobachtungsaufgabe: Wo liegt die Grenzgrösse? Denksportaufgabe: Wo werden Gletschertische höher – in südlicheren oder nördlicheren Breiten?

FOTO Mittलगrosser, schon leicht nach Süden geneigter Gletschertisch auf dem Langgletscher im Lötschental (VS).



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



16 Schmelzwasserrinnen / Gletscherbäche

WAS Verzweigte Rinnensysteme, in denen im Verlauf des Tages immer mehr Schmelzwasser abfließt und sich zu eigentlichen Gletscherbächen vereinigen kann, die bis mehrere Meter mächtig und reissend werden können.

WO Auf aperen oder ausapernden Gletschern, vor allem im Frühsommer aktiv.

WIE Wasser von vorwiegend tagsüber schmelzendem Eis oder Schnee bildet verästelte Wasserrinnen, die zu grösseren Rinnsalen werden und veritable Gletscherbäche bilden können.

Absorption des Sonnenlichts durch das Wasser führt zu einem Eintiefen der Bäche im Gletschereis (mehrere Meter tiefe Rinnen).

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN

Die Wasserführung der Gletscherbäche unterliegt tageszeitlichen Schwankungen (am Spätnachmittag gibt es am meisten Wasser). Vor allem grössere Gletscherbäche können Hindernisse darstellen. Bei der Tourenplanung (Rückweg, Umgehung bzw. Absicherung) berücksichtigen! Fast gänzlich überflutete flache Gletscherpartien (Gletschersümpfe) können unbegebar sein.

- FOTOS**
- Schmelzwasserrinnen auf dem Silvrettagletscher (GR). Nach einem sommerlichen Neuschneefall besonders gut sichtbar.
 - Harmloser Gletscherbach auf dem Gornergletscher (VS). Auf diesem Gletscher gibt es im mittleren Teil gewaltige und unpassierbare Bäche.

17 Strudelloch / Gletschermühle

WAS Vertikale Schächte, in welchen Gletscherbäche verschwinden. Durchmesser bis etliche Meter, und z.T. sehr tief.

WO Auf aperen Gletschern bei Gletscherbächen.

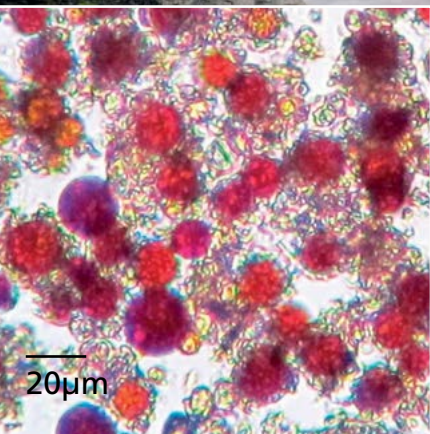
WIE Strudellöcher bilden sich gerne an Schwachstellen im Gletscher, etwa Spalten oder Brüche, die sich schneiden. Allerdings gehen sie nicht direkt zum Gletschergrund, sondern im Gletscherinnern bilden sich komplizierte Kaskadensysteme aus, über welche die Wässer zur Gletscherbasis fliessen. Dort können sie durch den «Sandstrahleffekt» Löcher in den Gesteinsuntergrund schleifen – deshalb Gletschermühlen.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN

Sehr gefährlich – umgehen!

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Die unheimliche Faszination von solchen «Höllenschlunden» ist gross und man soll sie der Gruppe zeigen – jedoch unter strengster Disziplin und Vorsicht – besser anseilen!

FOTO Strudelloch / Gletschermühle auf dem grossen Aletschgletscher unterhalb des Konkordiaplatzes (VS)



18 Blutschnee / Roter Schnee

WAS Oberflächliche Rotverfärbungen von Firnschnee im Frühsommer. Erzeugt durch Sporen der Schneeealge – also nicht durch die Algen selbst!

WO Auf Firnfeldern, oft am Rand von Gletschern, aber auch an Firnflanken weitab von Gletschern.

WIE Im Frühsommer steigen Grünalgen, die am Boden unter der Schneedecke überwintert haben, mithilfe von Geisselzellen durch den Schnee an die Oberfläche und bilden zur Fortpflanzung rote Sporen. Die Rotfärbung dient als Sonnenschutz. Durch weiteres Schmelzen des Schnees konzentrieren sich die Sporen und bilden die auffälligen roten Flächen. Später folgen sie dem Schmelzwasser hinab zum Erdboden und verbringen dort den Spätsommer, Herbst und Winter. Sie ertragen extrem tiefe Temperaturen und können jahrelang im Ruhezustand verharren.

Ernährung: Durch Photosynthese aus Wasser, CO₂ und Sonnenlicht und von Mineralstoffen, die sie aus Windablagerungen oder direkt gasförmig aus der Luft beziehen.

Feinde: Grundlage der Nahrungskette in der Schneedecke. Verschiedene Bakterien, Protozoen, Rädertierchen und Pilze ernähren sich von ihnen, die selber wiederum als Nahrung für grössere Tiere wie etwa die Gletscherflöhe, Spinnen oder Würmer dienen.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Nicht zu verwechseln mit dem ockergelben, von Stürmen transportierten Saharasand.

FOTO Roter Schnee im Juli am Rand des Baltschieder-gletschers (VS) auf ca. 3100 m. Im Kasten Mikroskop-Aufnahmen von roten Schneeealgen-Sporen; ihre Grösse beträgt rund 10–20 Tausendstel mm.

Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



19 Gletscherfloh

WAS Schwarze Insekten, 1,5–2,5 Millimeter lang, mit gegliedertem Körper, sechs Beinen, zwei deutliche, seitlich abstehende Fühler, unter dem Hinterteil eine einklappbare Springgabel.

WO Auf aperen Gletschern, in Löchern und Schmelzröhrchen im Eis. Bei zu viel Schmelzwasser kommen sie an die Oberfläche und sind dann gut zu finden und sehen. Um nicht an Wassertropfen hängen zu bleiben, fetten sich die Insekten mit öligen Substanzen ein. Oft schwimmen sie als Zusammenballungen von Dutzenden in strömungsfreien Wasserlöchern, oder, noch häufiger, krabbeln auf den Unterseiten mittelgrosser Steine herum.

WIE An extreme Bedingungen angepasst; Wohlfühltemperatur um 0 °C, über +12 °C ist tödlich. Überstehen bis –20 °C mittels in der Körperflüssigkeit gelösten Zuckern als Frostschutzmittel.

Sie schwimmen und krabbeln, bei Gefahr können sie mithilfe der explosionsartig ausklappbaren Springgabel, Distanzen bis zum 25-fachen ihrer Körpergrösse zurücklegen.

Ernährung: Besteht ausschliesslich aus angewehrten Pflanzenpollen, Pflanzenresten und den roten Schneeealgen.

Fortpflanzung: Die Paarung erfolgt im kalten Herbst. Das Weibchen nimmt die vom Männchen abgelegten Samen durch seine Genitalöffnung auf und legt die so befruchteten Eier in kleine Eisgänge. Nach ca. 4 Monaten, noch vor der Schneeschmelze im Frühjahr, schlüpfen die rosaroten Jungen.

Lebensdauer: Mit insgesamt 12 Häutungen erreicht der Gletscherfloh ein Alter von bis zu zwei Jahren.

Feinde: Vor allem der Gletscher-Weberknecht.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Suche die Flöhe unter grösseren Steinen; unbedingt mit der Lupe betrachten. Wer entdeckt die Gabel? Die Flöhe etwas anstupsen: Wie weit springen sie?

FOTO a. Gletscherflöhe auf nassem Gletschereis
b. Mikroskopische Aufnahme eines Gletscherfloh



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



20 Mittagslöcher

WAS Asymmetrische, längliche, meist in parallelen Gruppen auftretende Löcher im Eis, 10–30 Zentimeter gross; die eine Seite ist gerade, die andere gewölbt. Die Längsachse verläuft genau von Ost nach West, die gerade Seite liegt auf der Südseite – deswegen Mittagslöcher.

WO Auf aperen Gletschern mit mehrstündiger Besonnung im Tageslauf.

WIE Zufällige Ansammlungen von Feinmaterial (Sand und Steinchen) absorbieren das Sonnenlicht viel stärker als das blanke Eis und beginnen sich dadurch ins Eis einzuschmelzen. Weil die Sonne im Tageslauf von Ost nach West wandert, und dabei immer schräg von Süd nach Nord scheint, ergibt sich die oben beschriebene Einschmelzform.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Der Fachbegriff lautet Kryokonit-Löcher. Versucht euch darüber klar zu werden, warum die Südseite gerade, die Nordseite gebogen ist.

FOTO Mittagslöcher auf dem Morteratschgletscher (GR)



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



21 Jahresschichten

WAS Geschichtete Strukturen in Firn/Firneis/Gletschereis, meist mit dünnen dunkleren (Sommer) und dickeren weisseren Lagen (Winter).

WO An Spaltenrändern, Eisabbrüchen, Séractürmen.

WIE Winter: Kalt und niederschlagsreich. Produziert helle, dicke Lagen.
Sommer: Warm und eher trocken. Produziert dunkle, dünne Lagen; die Dunkelfärbung entsteht durch angewehten Gesteinsstaub, es können auch ockerfarbene Saharastaub-schichten vorkommen.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Jahresschichten in Gletschereis können auch zerrissen, zerschert oder verfaltet sein und so etwas über die Gletscherdynamik verraten. Jahresschichten sind nicht mit der meist vertikal im Gletschereis verlaufenden tektonischen Bänderung zu verwechseln; diese geht auf Verformungen im Gletscher selbst zurück.

- FOTO**
- Jahresschichtungen im Firn/Firneis des Ebeneflugh-Firns oberhalb der Hollandiahütte auf 3500 m.
 - Durch die Gletscherbewegungen zerscherte und verfaltete Jahresschichtungen am obersten Hüfifirn, vis-à-vis der Claridenhütte SAC (2940 m).

Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



22 Gletschertor

WAS UND WO Bogenförmiges Portal/Tunnel am Ende eines Talgletschers, durch welches der zentrale Gletscherbach ausfliesst. Grösse einige Meter bis mehrere 10 Meter.

WIE Der zentrale Gletscherbach – Sammelfluss aller Schmelzwässer auf und im Gletscher – schafft sich im Gletscherinnern durch Wärmeabstrahlung einen Gletschertunnel. Am Gletscherende bildet dieser das Gletschertor.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN/ALPINISTINNEN Am Gletschertor brechen regelmässig bogenförmige Eislamellen ab. Zudem fallen ebenso regelmässig Steine vom Eisrand ab. Gletschertore sind damit enorm gefährliche Orte – nicht zu nahe ran gehen!

FOTO Gletschertor am Zungenende des Morteratschgletschers (GR) im Jahr 2011, mit frischem Eisabbruch-Schutt. Wegen des rasanten Rückzugs verändert sich die Situation von Jahr zu Jahr.

Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



23 Gletschersee

WAS Schmelzwasser-Seen am Zungenende von Gletschern

WO Am Zungenende von Gletschern in vom Gletscher geschaffenen Senken; falls talseitig durch Moränenmaterial oder Toteis aufgestaut, sind sie potenziell ausbruchsgefährdet.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Gletscherseen können zu grösseren Umwegen zwingen. Vorsicht an den Rändern – nicht zu nahe rangehen! Vorsicht im Spätfrühjahr bei der Querung halbgefrorener Gletscherseen mit den Skis.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Sie sind aus zwei Gründen gefährlich:

- Je nach Gelände kann Eis vom Gletscher in sie stürzen oder Felsstürze oder Murgänge von der Seite her, was zum Überschwappen und zu Flutwellen führen kann.
- Werden Gletscherseen von Moränenmaterial oder Toteis gestaut, besteht die Gefahr von unvermittelten, auch unterirdischen Ausbrüchen mit verheerenden Flutwellen.

Neue Gletscherseen werden sich in den Alpen und weltweit wegen des Gletscherschwunds in den nächsten Jahrzehnten vermehrt bilden. Ein umfangreiches Monitoring identifiziert die gefährlichen und diese werden laufend überwacht.

Am Gletschersee des unteren Grindelwaldgletschers wurde 2010 zur Entschärfung der Ausbruchsgefahr ein unterirdischer Stollen gebohrt, der See angezapft und seither dosiert entleert. Die Kosten dafür belaufen sich auf rund 15 Mio. CHF.

FOTO Der neue, sich ab ca. 2014 bildende Gletschersee vor dem Rhonegletscher (VS). Die Begrenzung vorne ist solider Fels, und es besteht kaum Gefahr von Sturzereignissen in den See.

Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpini Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



24 Gletschervorfeld und Sanderebene

WAS UND WO Mehr oder weniger flache Gebiete vor zurückschmelzenden Gletschern, geprägt von einer natürlichen Flussdynamik > Abfolge der «Belebung» durch Pflanzen und Tieren > Sukzession.

Flache Kies- und Sandebenen in einem Gletschervorfeld heissen Sanderebene. Sie sind durch vernetzte Flussarme geprägt.

WIE Schon ein Jahr nach der Freigabe vom Gletscher spriessen im Silt-Sand-Schutt erste Pionierpflanzen (z.B. Fleischers Weideröschen, Alpen-Leinkraut). Man unterscheidet eine Pionier-, Verdichtungs- und Strauchphase und, tiefere Lage vorausgesetzt, Waldphase. Damit sind Gletschervorfelder faszinierende, reichhaltige und erlebnisreiche Gebiete.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN Begehe sie mit Respekt und Neugier! Sanderebenen können je nach Breite und Wasserführung der Bäche mühsam zu durchqueren sein.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Die Gletschervorfelder der Schweiz wurden inventarisiert und die Wertvollsten im Inventar der «Gletschervorfelder und alpinen Schwemmebenen IGLES» geschützt. Viele der auch BergsteigerInnen bekannten Gebiete gehören dazu. Auf der Website map.geo.admin.ch können die Gletschervorfelder abgerufen werden (nach «Auengebiete» suchen).

FOTO a. Sanderebene vor dem Adamello-Gletscher im gleichnamigen Gebirge in der Lombardei zwischen Veltlin und BrentaGruppe (I).

- b. Gletschervorfeld des Breithorn-Gletschers im hinteren Lauterbrunnental (BE), welches erst in den letzten Jahrzehnten entstanden ist. Es ist nicht geschützt, gehört aber zu den sehr schönen Vorfeldern.



Schweizer Alpen-Club SAC
Club Alpin Suisse
Club Alpino Svizzero
Club Alpin Svizzer



25 Gletscherschliff/Rundhöcker

WAS Rundhöcker sind vom Gletscher rund geschliffene (= Gletscherschliff) länglich-elliptische Felsbuckel. Asymmetrische Form: gletscherwärts auslaufend, talwärts mit steilerem Absatz oder Abriss. Dadurch ist die Ermittlung der Gletscherrichtung möglich.

WO In den Alpen in allen Gebieten, in denen eiszeitliche Gletscher aktiv waren und keine Moränen- oder Schuttbedeckung vorhanden ist; frische Gletscherschliffe um die zurückschmelzenden Gletscher. An manchen Bergen ist die eiszeitliche Schliffgrenze gut erkennbar, z.B. im Grimselgebiet.

WIE Die Schleifwirkung entsteht durch im Gletschereis eingefrorene Steine und Sand. Die Abrisskanten vorne sind durch Schmelz-/Gefriervorgänge bei unterschiedlichem Eisdruck erklärbar.

KONSEQUENZEN FÜR ALPINISTEN / ALPINISTINNEN

Auf frisch freigegebenen Gletscherschliffen Vorsicht vor Ausrutschen mit dem «Sand/Kies-Kugellager-Effekt»! Bei Nässe doppelte Vorsicht an den Gletscherrändern!

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Diskutiert mögliche Hypothesen zur Entstehung der steileren talseitigen Abrisskanten der Rundhöcker. (Es hat mit Druck und Entlastung und auftauen/gefrieren zu tun ...)

- FOTO**
- Rundhöckerschar vor dem grossen Aletschgletscher, die der Gletscher noch um 1850 bedeckt hat. Erkennst du an einigen die Asymmetrie?
 - Erst seit ca. 2012 freigelegte Rundhöcker vor dem Rhonegletscher; die talseitigen Abrisskanten sind perfekt ausgebildet.

26 Gletscherschrammen und weitere Gletscherspuren

WAS UND WO Meist streng parallele Ritzungen von Millimeter- bis Zentimetertiefe auf Gletscherschliff-Felsen, oft über mehrere Meter verfolgbar.

WIE Im Eis eingeschlossene Steine drücken Kratzer in den Fels. Je grösser der Felsbrocken und je dicker der Gletscher, desto markanter werden die Schrammen. Riesenblöcke können gut mehrere Zentimeter tiefe Schrammen hinterlassen. Feinere Schrammen verschwinden durch die Erosion schon nach wenigen Jahrzehnten, grössere können sehr lange überleben. Diese sind Anzeichen längst verschwundener Gletscher.

BEMERKUNGEN / METHODISCHE TIPPS Weitere typische Spuren von Gletschern auf Felsoberflächen sind Sichelbrüche und Parabelrisse, sichelförmige Ausbruchsnischen im Fels.

FOTO Gletscherschrammen auf Kalkstein, gebildet vom Tschingelfirn im hinteren Lauterbrunnental (BE). Dieser Fels wurde ca. 1980 vom Gletscher freigegeben. Man erkennt unterschiedlich tiefe Kratzer.



27–35 Weitere Gletscherphänomene

NR	BEZEICHNUNG	KURZBESCHREIBUNG
27	Ogiven	Wellenartige Bänderungen entstehen unter Eisfällen; zeigen das Gletscherfliessen an.
28	Tektonische Bänderung	Meist vertikal liegende Bänderstrukturen aus etwas unterschiedlichem Eis; Entstehung durch gletscherinternes Gleiten.
29	Wasserspalten und -löcher	Ehemalige Gletschermühlen oder Spalten ohne Abfluss, daher wassergefüllt. Bei Nebel tückisch.
30	Zugefrorene Spalten/Löcher	Beim Zufrieren wachsen grosse Eiskristalle vom Rand zum Zentrum, das ergibt zaunartige Doppelstrukturen.
31	Stirnmoräne	Schuttwall vor einem vorrückenden Gletscher – in den Alpen gibt es das nicht mehr; in Gletschervorfeldern zeugen Stirnmoränenwälle von früheren Vorstössen; im Mittelland von den Eiszeit-Gletschern.
32	Gletscherbach/-fluss	Bach, der das gesammelte Schmelzwasser des Gletschersystems abführt; Trübung durch gemahlenes Gesteinsmehl.
33	Rottalgletscher 1990	Foto vom Aufstieg über den Rottalgrat.
34	Rottalgletscher ca. 2014	Luftfoto von swisstopo ca. 2014. Unterschiede?
35	Steingletscher 2007	Der «klassische Eiskursgletscher» 2007. Und heute?

Fotos der Phänomene 27 bis 35 von links oben nach rechts unten