
Gletscherspuren zwischen Gamsalp und Chäserrugg

Einige Beobachtungen und Gedanken

Während unseres diesjährigen Forschungslagers auf der Gamsalp habe ich mich an drei Tagen bei zumeist herrlichem Sonnenschein kartierend mit der Geologie im Gebiet zwischen Gamsalp und Chäserrugg befasst.

Ziel: Hinweise auf die letzte Vergletscherung im Gebiet Gamsalp-Chäserrugg zu finden und deren Einfluss auf die Höhlenentwicklung.

 Arnfried Becker

Die Oberflächenaufschlüsse ergeben ein relativ einfaches Bild von der Geologie des Arbeitsgebietes, das uns allen geläufig ist:

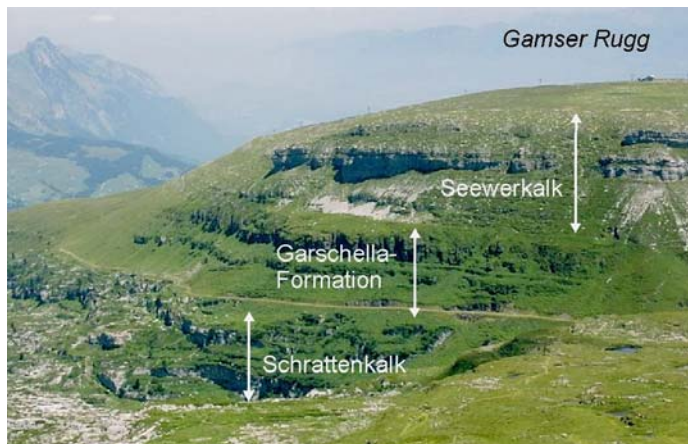


Abb. 1 Schichtenabfolge am Westabhang des Gamserruggs.

Zuoberst steht der Seewerkalk an, der auf den Höhenzügen von Gamserrugg und Chäserrugg zutage tritt. Darunter folgen die Sand-, Kalk- und Tonsteine der Garschella-Formation, deren Typuslokalität (Ort, an dem der stratigraphische Inhalt einer Schichtenabfolge festgelegt wurde) in unserem Arbeitsgebiet liegt. Abgesehen vom Gebiet Garschella-Sattel tritt die Garschella-Formation nur noch im Gebiet der Gamsalp und des Seichbergs flächenhaft auf. Ansonsten streicht sie in einem mehr oder weniger breiten Streifen in mittleren Höhen an den Flanken von Gamserrugg und Chäserrugg aus. Schliesslich bildet der Schrattenkalk die stratigraphisch tiefste und damit älteste Formation. Er steht im Tal zwischen Chäserrugg und Gamserrugg im Gebiet Plisen an. Der Schrattenkalk ist stark verkarstet. Mit seinen Karrenfeldern, Höhlen und Schächten ist er seit 1995 der „Nährboden“ unserer speläologischen Aktivitäten.

Die Schichten fallen allgemein mit 5-10° flach nach Norden ein. Störungszonen mit deutlichen Vertikalversätzen fehlen. Stattdessen wird das Gebiet von Horizontalverschiebungen geprägt, von denen die bedeutendsten am Ostfuss des Chäserruggs und quer über den Gamserrugg in NNE-SSW-Richtung verlaufen. Die meisten Höhlen sitzen NW-SE streichenden Brüchen auf, die trotz der intensiven Verkarstung des Nebengesteins oft ebenfalls eine Horizontalverschiebungskomponente zeigen.

Eiszeiten

Wir leben heute in einer Warmzeit, dem so genannten Postglazial („Nacheiszeit“) oder Holozän. Warmzeiten sind aber für die jüngste erdgeschichtliche Vergangenheit eher ungewöhnlich. „Normal“ sind Kaltzeiten mit teilweise deutlich niedrigeren Jahresmitteltemperaturen als heute. In den letzten 2 Millionen Jahren kam es zeitweise zu ausgedehnten Vergletscherungen der Alpen, so dass die Gletscher bis weit in das nördliche Vorland vorstießen.

Ziel meiner Kartierungen war es, Hinweise auf die letzte Vergletscherung im Gebiet Gamsalp-Chäserrugg zu finden, die Auskunft geben können über Gletscherstände und Gletscherbewegungen, Art der Erosion an der Gletscherbasis, dem Vorhandensein von subglazialen Schmelzwasser sowie dem Einfluss auf die Höhlenentwicklung.

Darüber hinaus versuchte ich, Beobachtungen aus Luftbildern im Gelände wieder zu finden und ihre geologische Interpretation zu verifizieren. Über diese Ergebnisse soll zu einem späteren Zeitpunkt ausführlich berichtet werden. Hier möchte ich nur einige Beobachtungen zur Vergletscherung des Arbeitsgebietes vorstellen und interpretieren.

Glazialformen

Geländeformen, die durch Gletschereis geprägt wurden - so genannte Glazialformen -, sind allgegenwärtig. Altersmässig kann man die verschiedenen Formen nicht einzelnen „Eiszeiten“ zuordnen. Es kann daher durchaus sein, dass Geländeformen verschiedenen Vergletscherungsperioden zugeordnet werden müssen. Allerdings hinterlässt die letzte Vergletscherung, die ein

Gebiet betroffen hat, die deutlichsten Spuren im Gelände, da ältere Glazialformen durch jüngere Gletscherbewegungen im allgemeinen stark überprägt oder völlig zerstört werden. Besonders die Rückzugsstadien der letzten Vergletscherung lassen sich im Gelände durch Endmoränenwälle belegen.

Endmoränen sind Schuttwälle, die sich im Bereich der Gletscherzunge gebildet haben. Bei längeren Stillstandsphasen, in denen sich ein stationärer Zustand zwischen Gletschereisbildung (Akkumulation) und -abschmelzen (Ablation) eingestellt hat und sich der Gletscher weder zurückzieht noch vorstösst, werden grosse Mengen des vom Gletschereis mitgeführten Schutts vor der Gletscherzunge abgelagert. Oszilliert der Gletscher, d.h. er stösst mehrmals geringfügig vor und zieht sich wieder zurück, dann kann der Schuttwall vor der Gletscherzunge zusammengeschoben und gestaucht werden (**Stauchmoräne**).

Zieht sich der Gletscher nach einer längeren stationären Phase endgültig zurück, kann sich zwischen Endmoränenwall und Gletscher - im so genannten Zungenbecken - ein See bilden (**Zungenbeckensee**). Münden schuttreiche glaziale Schmelzwässer in den Zungenbeckensee, wird er rasch mit Sediment verfüllt. Andernfalls können solche Zungenbeckenseen bis in die Gegenwart überdauern. Ein schönes Beispiel sind die Schwendiseen (Abb. 2), die als Zungenbeckenseen eines Lokalgletschers aus dem Plisental entstanden sind. Die vorgelagerte Endmoräne konnte sich natürlich erst bilden, als der Talgletscher bereits abgeschmolzen war. Diese Endmoräne repräsentiert somit die jüngste Vergletscherungsperiode gegen Ende der Würmeiszeit (vor ca. 12'000 Jahren).



Abb. 2 Schwendiseen mit Lage des äusseren Endmoränenwalls (gestrichelte Linie).

Im steilen Terrain entstehen selten Endmoränen, da die Schmelzwässer den abgelagerten Schutt dort zumeist gleich wieder abschwemmen. Nur flachere Talabschnitte bieten eine realistische Chance, Endmoränen zu finden, vorausgesetzt, der Gletscher durchlief erneut über eine längere Zeitspanne einen stationären Zustand und das Gletschereis enthielt genügend Schutt.

Abgesehen vom flachen Terrain zwischen den Schwendiseen und dem Seichbergwald, finden sich nur im Gebiet Hinterrisi zwei markante Wälle, die als Endmoränen bezeichnet werden können. Die gleichnamige Alphütte liegt genau zwischen diesen beiden Wällen.

Seitenmoränen sind Schuttablagerungen, die sich an den Gletscherrändern bilden. Eine Seitenmoräne mit zwei Schuttwällen konnte im Sattel zwischen Seichberg und Gamsalp kartiert werden (Abb. 3).



Abb. 3 Innere Seitenmoräne (Kammlinie gestrichelt) und Schuttstreu, bestehend aus grossen Schrattenkalkblöcken, auf Garschella-Formation am südlichen Abhang des Seichbergs. Die 2 Personen (Pfeil) als Massstab.

Die innere Seitenmoräne ist deutlich zu erkennen und zieht sich bogenförmig quer über das Tal (Abb. 3). Der vorgelagerte Wall ist nur schwach ausgebildet. Er zeigt nur eine geringmächtige Schuttstreu auf Fels und ist in der Mitte unterbrochen. Zwischen der inneren Seitenmoräne und dem äusseren Wall befindet sich im östlichen Teil eine Dolinensenke. Unmittelbar westlich dieser Seitenmoränen kann am Südrabhang des Seichbergs eine Blockstreu aus Schrattenkalk auf Garschella-Formation beobachtet werden (Abb. 3). Diese, teilweise Kubikmeter grossen Blöcke können nur durch Gletschereis in diese Position gebracht worden sein. Sie zeigen, dass der Gletscher einst noch

mächtiger war, als durch die Seitenmoränen angedeutet, und möglicherweise über den Sattel zwischen Seichberg und Gamsalp hinüberfloss (so genannte Transfluenz). Bei seinem schrittweisen Abschmelzen wurden die Schrattekalk-Blöcke ortsfremd auf der Garschella-Formation abgelagert. Solche "erratische Blöcke" werden auch „Findlinge“ genannt.

Blockstreu ist auch im Plisental zu beobachten. Allerdings kann man das Herkunftsgebiet nur für die Garschella-Blöcke relativ genau festlegen. Es kann sein, dass auch Schrattekalk-Blöcke ortsfremd sind, d.h. nicht am Fusse einer Felswand liegen, aus der sie durch einen Felssturz in ihre heutige Position gelangen konnten. Nur lässt sich das nicht zweifelsfrei belegen.

Für die Garschella-Blöcke, die nicht am Fuss der steilen Felswände von Gamserrugg und Chäserrugg liegen, kommt nur das Gebiet Garschella-Sattel als Liefergebiet in Frage. Auffallend ist jetzt, dass solche Garschella-Findlinge im nördlichen Plisental gehäuft im Westen vorkommen, im Osten hingegen weit seltener sind. Im südlichen Plisental sind Garschella-Blöcke über das gesamte Tal verbreitet. Das Trockental, das nördlich der Plisenhütten von SE nach NW durchzieht, bildet eine markante Grenze: nördlich davon fehlen Garschella-Blöcke weitgehend.

Zur Vergletscherung der Gamsalp

Man kann diese Beobachtung mit der Existenz von **zwei Lokalglaciers** erklären: Einer entstand im Bereich Garschella und floss nach Norden in das Plisental (und nach Osten) ab, wo er auf den zweiten Lokalgletscher im Gebiet Stigen traf. Dieser „Stigen-Gletscher“ blockierte teilweise das untere Plisental und führte wahrscheinlich dazu, dass der von Süden kommende „Garschella-Gletscher“ nach Westen abgedrängt wurde (Abb. 4). Aufgrund seines Nährgebietes im Bereich Garschella-Sattel führte der „Garschella-Gletscher“ weit mehr Schutt aus der Garschella-Formation mit sich als der „Stigen-Gletscher“, der auf Schrattekalk lag und nur randlich Schutt aus der Garschella-Formation vom Nordwest-Abhang des Gamseruggs aufnehmen konnte.

Die klimatische Schneegrenze liegt heute im Bereich zwischen Säntis und Glärnisch zwischen 2500 und 2700 m ü.M. Während der letzten Eiszeit (Würm) fiel die Schneegrenze dramatisch ab und erreichte vor ungefähr 22'000 bis 20'000 Jahren ihren tiefsten Stand

mit 1000 - 1100 m ü. M. Nimmt man an, dass die Klimaverschlechterung zu Beginn des Spätwürms relativ rasch einsetzte, dann konnte im 200 m tiefer gelegenen Gebiet Stigen ein Gletscher entstehen bevor der Garschella-Gletscher dieses Gebiet erreichte. Deshalb der musste der Garschella-Gletscher auf seinem Weg ins Tal nach Westen ausweichen.

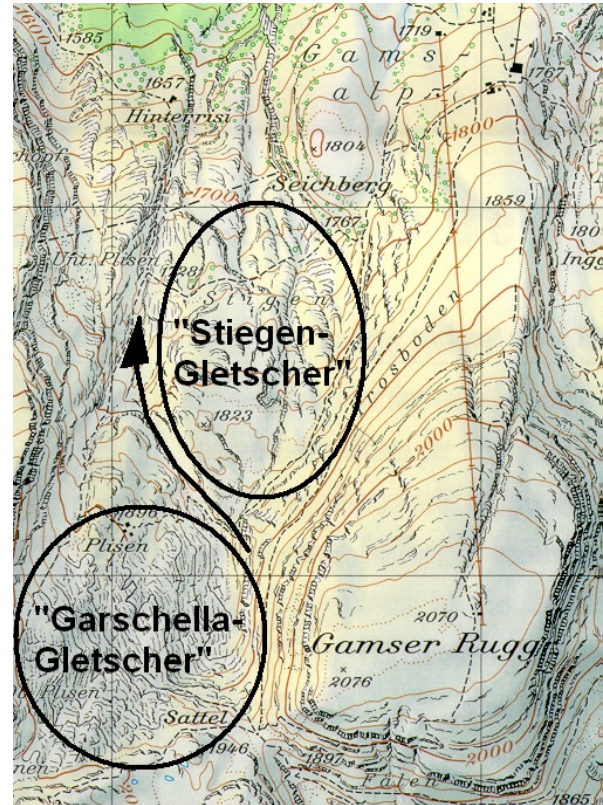


Abb. 4 Skizze der hypothetischen Lokalglaciers mit dem Trockental (Pfeil)

Das Trockental, das am westlichen Fuss des Gamserruggs entsteht, nach Norden zieht und im mittleren Plisental nach NW eindreht, folgt in seinem unteren Lauf nördlich von Plisen bis über Hinterrisi hinaus einer NNE-SSW streichenden tektonischen Störung.

Ungefähr 150 m südlich Hinterrisi weitet sich das Tal unvermittelt auf: Es ist nun mindestens dreimal so breit und dreimal so tief wie das Trockental weiter im Süden. Dieses mündet in ungefähr zwei Drittel der Höhe des Tals über eine ca. 7 m hohe Geländestufe in diese Talfortsetzung ein. Etwas weiter talabwärts erreicht man eine weitere markante Geländestufe. Hier trifft ‚unser‘ Trockental auf ein anderes Trockental, das dem Westfuss des Seichbergs folgt. Diesem Tal bin ich noch etwa 200 m gefolgt, konnte aber (im ziemlich wilden Terrain des Seichbergwaldes) keine weitere Geländestufe im Verlauf des Trockentales finden.

Das Trockental zeigt über weite Strecken ein markantes U-Profil, besonders klar ausgebildet im mittleren Abschnitt östlich und nördlich von Plisen sowie unterhalb Hinterrisi. Diese Trogform wurde teilweise begünstigt durch eine Talanlage, die bereits bestehenden tektonischen Störungen folgen konnte. Das Tallängsprofil ist nirgendwo ausgeglichen. Es zeigt keinen für Oberflächengewässer typischen Gradienten. Das trifft nicht nur auf die Geländestufen in seinem Unterlauf zu. In seinem mittleren Abschnitt finden sich immer wieder Schuttablagerungen, die das Tal abschnittsweise verschüttet haben.

Diese Schuttablagerungen können teilweise als Hangschutt interpretiert werden. Meistens handelt es sich aber um Glazialschutt. Hierfür sprechen folgende Beobachtungen: (1) die Schuttablagerungen kommen teilweise an Stellen vor, wo Felsstürze wegen zu flacher und zu niedriger Talflanken nicht ausgelöst werden konnten, (2) es sind Schuttwälle, keine Schuttkegel, (3) die Grobblockigkeit des Schutts mit eingelagertem Fremdgestein (Garschella-Blöcke). Ein Oberflächengewässer hat sicherlich wenig zur Ausgestaltung dieses Tals beigetragen.

Auch die starke Verkarstung des Gebietes – eine Doline liegt direkt im Trockental – spricht gegen Oberflächengewässer. Viel wahrscheinlicher ist die Erosion durch Gletschereis, die besonders effizient dort ansetzen kann, wo die Felsbasis tektonisch zerrüttet ist.

Gletscherspuren am Fels

Das Wasser an der Basis eines Gletschers spielt eine wichtige Rolle bei der Erosion der Felssohle, die heute teilweise als bedeutender angesehen wird als der rein mechanische Abschleiß der Felssohle durch eingelagerten Schutt im fließenden Gletschereis. Bei einer Felsbasis aus Kalkstein ist zudem Korrosion durch die aggressiven Schmelzwässer sehr wichtig.

Die Korrosion der Kalksteinoberflächen ging nach dem Abschmelzen des Gletschereises weiter, so dass viele der glazialen Kleinformen (Gletscherstriemung, Belastungs- und Erosionsmarken) zerstört wurden. Es gibt aber zwei Stellen, wo diese noch gut zu sehen sind:

Am deutlichsten auf der östlichen Felswand des Trockentals 250 m südlich der Alphütte Hinterrisi. Hier ist die Wand im unteren Abschnitt angenähert horizontal und parallel gestriemt, im mittleren Abschnitt unregelmässiger (Abb. 5). Diese Striemung wird im mittleren Abschnitt der Wand teilweise durch

eine Spindelmarke überlagert. Die Vertiefung der Spindelmarke zeigt keine Striemung. Das trifft ebenso auf die oberhalb zu sehende Furche zu, die allerdings auf einer Wandoberfläche liegt, die insgesamt keine Striemung zeigt.

Auf der westlichen Wand im Trockental unmittelbar südöstlich von Hinterrisi befindet sich eine weitere, stärker verwitterte Spindelmarke. Die Striemung ist ein **Gletscherschliff**: Der Gletscher berührte die seitliche Felswand des Tals direkt und der im Gletschereis eingelagerte Schutt kritzte die Oberfläche.

Die **Entstehung der Spindelmarken** und Furchen ist umstritten. Wasser mit hoher Sedimentfracht, das zwischen Gletschereis und Felswand floss, kann diese Formen verursacht haben. Die charakteristischen Vertiefungen entstehen dort, wo Wasser Hindernisse umfließen muss, z.B. eine vorstehende härtere Felspartie in der exponierten Felswand oder einen im Eis zwischen Gletscher und Felswand eingelagerten Felsblock. Der Aufschluss zeigt, dass die Felswand erst durch den Gletscher abgeschliffen wurde und zu einem späteren Zeitpunkt der obere Teil der Felswand durch schnell fließendes Wasser, das zwischen Felswand und Gletschereis (in der so genannten Randspalte) abfloss, überprägt wurde.

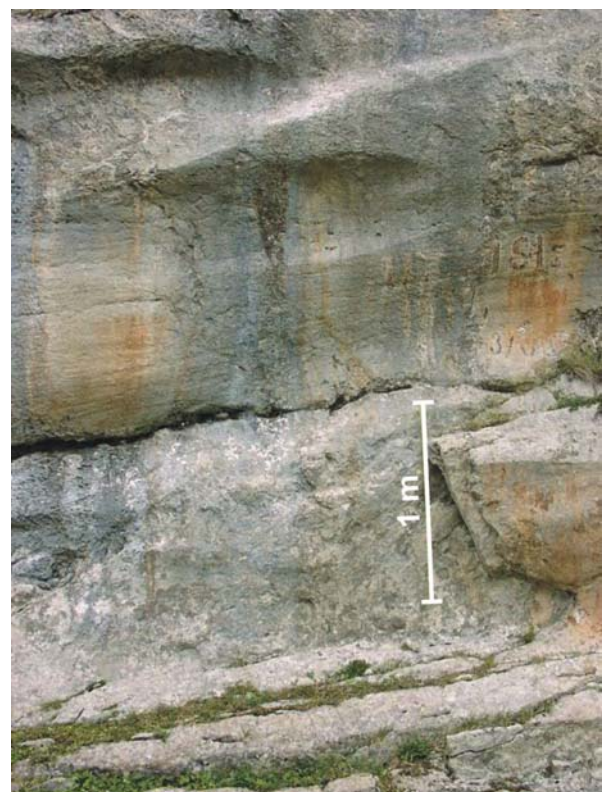


Abb. 5 Gletscherstriemung, Spindelmarken und Furche auf der östlichen Seitenwand des Trockentals 250 m südlich Hinterrisi.

Das Trockental war somit mit Gletschereis erfüllt. Damit ergibt sich auch eine Erklärung für die zwei markanten Geländestufen im Trockental südlich und nordöstlich Hinterrisi. Diese können als **Hängetäler** interpretiert werden, die dort entstanden sind, wo zwei Gletscher zusammengefloßen sind (so genannte Konfluenz). Diese Konfluenzstufen hätten sich somit recht genau dort gebildet, wo der hypothetische Garschella-Gletscher auf den hypothetischen Stigen-Gletscher treffen musste.

Geländeterrassen

Auch die für das Plisental so auffallenden Geländeterrassen sind glazialer Entstehung. Fließt ein Gletscher über eine Erhebung, so wird die der Gletscherfliessrichtung zugewandte Seite (Luvseite) abgeschliffen und zugerundet, die der Fliessrichtung abgewandte Seite (Leeseite) versteilt. Ursachen für die Versteilung der Leeseite sind Spannungsumlagerungen in der Felssohle sowie Ansammlungen von Wasser unter dem Gletscher, das in Felsspalten fließt, dort gefriert und den Fels sprengt. Die gelockerten Felsblöcke werden dann durch das fließende Gletschereis abtransportiert. Man spricht von so genanntem Quarrying.

Besonders effizient ist dieser Prozess in relativ flach lagernden, dickbankigen, geklüfteten Sedimentgesteinen, wie z.B. dem Schrattekalk des Plisentals. Es kann sogar so weit gehen, dass der Gletscher ganze, mehrere Meter mächtige, flach lagernde Felsplatten

abschiebt, wodurch Felsspalten aufgeweitet und sogar Höhlen entstehen können, die rein mechanisch geöffnet wurden und nicht durch Korrosion.

Klare Hinweise auf diesen Mechanismus gibt es im Plisental nicht, am ehesten noch im O17, wo die enge Eingangsspalte im klaren Kontrast zum anschließenden Schacht steht. Es war eher so, dass die Vergletscherung ein bereits verkarstetes Gebiet betraf und durch die Gletschererosion unterschiedlich tiefe Höhlen-niveaus angeschnitten wurden.

Gletschereis kann auch Felsblöcke aus der Felssohle „heraushebeln“ und Senken unterschiedlicher Grösse entstehen lassen. Man kann sich vorstellen, dass dieser Prozess besonders wirksam an der Basis eines kalten Gletschers ist, wo das Gletschereis auf der Felssohle angefroren ist. Werden diese Senken und Löcher nachträglich nicht mit Sediment verfüllt, dann kann sich in ihnen Wasser ansammeln.

Die kleinen Seen im Gebiet Garschella (Abb. 6) sind meines Erachtens so zu erklären: Die Senken wurden während des Abschmelzens des Gletschers nicht oder nicht vollständig mit Sediment verfüllt. Stattdessen konnte sich Wasser in diesen Senken in den weitgehend nicht verkarstungsfähigen Gesteinen der Garschella-Formation ansammeln. Für zwei dieser Seen konnte nachgewiesen werden, dass sie im Brisi-Sandstein unmittelbar unterhalb des Brisi-Kalksteins liegen.



Abb. 6 Seen (Pfeile) im Gebiet Garschella. Die grössten Seen haben eine maximale Ausdehnung von ca. 30-40 m.