

# Die Seen auf dem Garschella-Sattel

Zwischen dem Rosenboden im SW und dem Gamserrugg im NE liegt in einer Höhe um die 2000 m der Garschella-Sattel. Das nahezu quadratische, ungefähr 60 ha grosse Gebiet trennt das Plisental im Norden vom Tal von Obersäss im Osten. Vom Rosenboden betrachtet, fallen die vielen kleinen Seen auf, die fast über die gesamte Fläche des Garschella-Sattels verteilt sind. Wie mögen diese wohl entstanden sein?

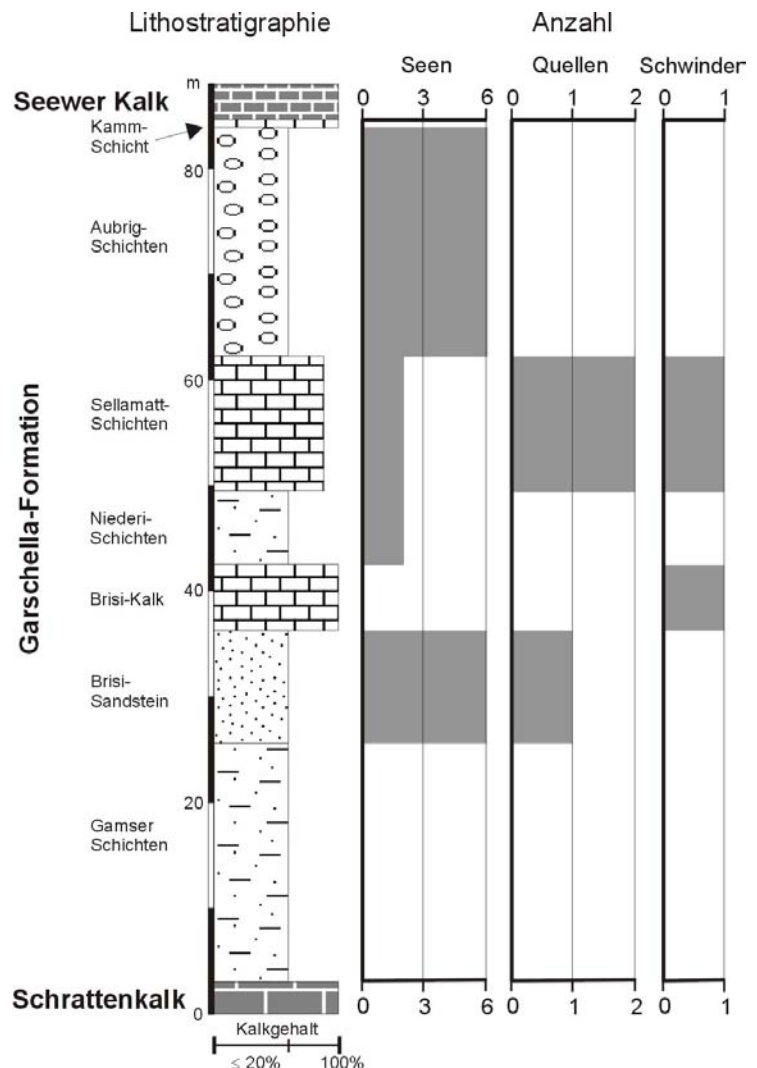
✍ Arnfried Becker

## Beobachtungen

In den stark verkarsteten Kalksteinen des Schrattekalks, aber auch im Seewer Kalk gibt es keine Seen. Wasser versickert hier rasch über Karren, Spalten, Schächte und Dolinen in den Untergrund, wo es abfließt. Im Gegensatz dazu stehen die Gesteine der Garschella-Formation, die stratigraphisch zwischen dem Schrattekalk und dem Seewer Kalk liegen (Abb. 1). Überall dort, wo die Garschella-Formation zutage tritt und das Gelände nicht zu steil ist, fallen wassererfüllte oder feuchte Senken auf, die zeitweilig auch trocken fallen können. Besonders auffallend sind diese kleinen Seen auf dem relativ breiten Plateau des Garschella-Sattels (Becker 2003).

Die Garschella-Formation besteht überwiegend aus nicht verkarstungsfähigen Sandsteinen (Abb. 1). Nur ein Viertel ihrer Mächtigkeit von über 80m ist Kalkstein:

Brisi-Kalk (6.5 m), Sellamatt-Schichten (13.5 m), Kamm-Schicht (0.8 m) (Föllmi & Ouwehand 1987). Obgleich die Sellamatt-Schichten keine reinen Kalke, sondern eine Wechsellagerung aus sandigen und mergeligen Kalken mit Kalken sind, zeigen alle drei Schichten deutliche Korrosionsformen an der Gesteinsoberfläche (Abb. 2). Neben Karren konnten in zwei Fällen Schwinden im Brisi-Kalk (Abb. 3) und in den Sellamatt-Schichten (?) nachgewiesen werden.

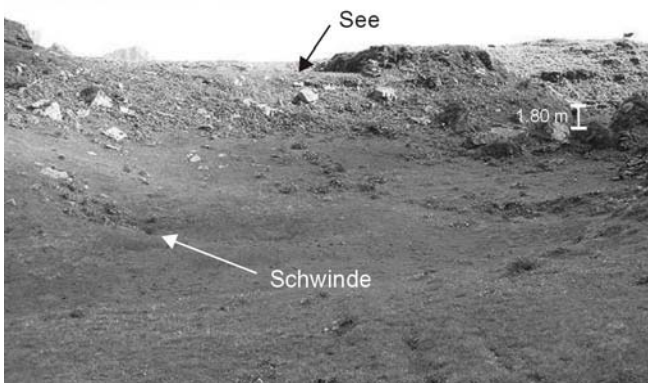


**Abb. 1** Schichtenabfolge der Garschella-Formation, vereinfacht nach Föllmi & Ouwehand (1987), sowie die Häufigkeit der Seen, Quellen und Schwinden in Abhängigkeit von der stratigraphischen Position.

Die Schichten fallen mit 5-15° flach nach SE ein. Nur nahe dem Nordabbruch des Garschella-Sattels zeigen die Schichten ein flaches Einfallen in nördlicher Richtung. Der Garschella-Sattel ist somit nicht nur topographisch ein ‚Sattel‘, sondern auch tektonisch. Es ist eine Aufwölbungsstruktur, bei der die Schichten rechts von der Kammlinie in entgegengesetzter Richtung einfallen wie links von der Kammlinie. Allerdings ist der Garschella-Sattel nur ein sehr flaches Gewölbe mit einer Kammlinie nahe seinem Nordrand.

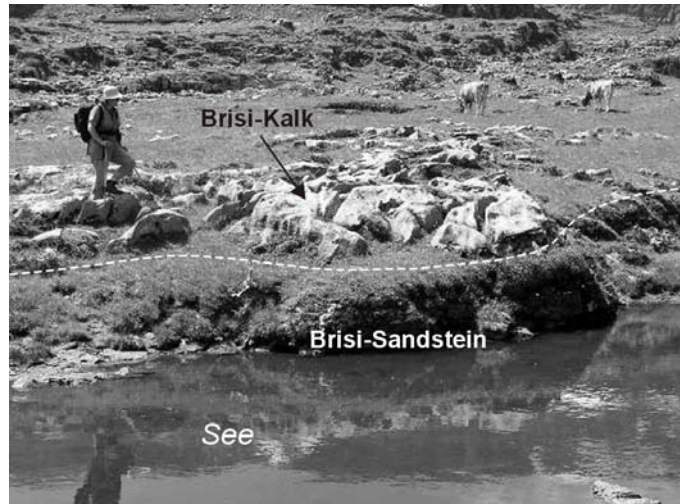
Tektonische Bruchstrukturen lassen sich ebenfalls nachweisen. Besonders gut sind sie auf Luftbildern zu erkennen. Es handelt sich zumeist um Lateralverschiebungen mit keinen (oder nur geringen) Vertikalversätzen. Zusätzlich ist das Gestein noch „zerbrochen“, geologisch ausgedrückt: geklüftet. Die Klüftung ist „weitständig“, d.h. der Abstand zwischen den einzelnen Klüften ist relativ gross (mehrere Dezimeter bis einige Meter). Die Klüfte sind teilweise geöffnet und bilden Dezimeter bis Meter breite Spalten. Besonders nahe den Rändern des Garschella-Sattels ist dieses Phänomen zu beobachten, besonders deutlich in den Aubrig-Schichten (Abb. 1), die dadurch teilweise blockartig zerlegt werden.

Die Verteilung der Schwinden, Quellen und Seen (Abb. 1) scheint schichtgebunden zu sein. Von den 16 Seen liegen 14 in Sandsteinen und lediglich zwei – ein kaum 20 cm tiefes Seelein und ein bereits trocken gefallener See (am 3.8.2004) – in den überwiegend kalkigen Sellamatt-Schichten. Die Häufigkeitsverteilung der Seen reflektiert auch die Verbreitung der Schichten an der Oberfläche. Das trifft sicherlich auf die Aubrig-Schichten zu, die ungefähr 40% der Oberfläche des Garschella-Sattels einnehmen. Aber die Verbreitung der Schichten an der Oberfläche scheint nicht der entscheidende Grund dafür zu sein, ob in der entsprechenden Schicht Seen auftreten oder nicht. So zeigt beispielsweise der Brisi-Kalk, der in etwa die gleiche Mächtigkeit hat, flächenmässig aber viel weiter verbreitet ist als die Niederi-Schichten, nicht einen einzigen See (Abb. 1). Stattdessen häufen sich die Seen im unterlagernden Brisi-Sandstein, oft in „Sichtweite“ der stratigraphischen Grenze zum überlagernden Brisi-Kalk (Abb. 1, 2).



**Abb. 2** See im Brisi-Sandstein, darüber verkarsteter Brisi-Kalk mit deutlichen Karren.

Selbst dort, wo Brisi-Kalk in ausreichender Mächtigkeit am Boden einer abflusslosen Senke ansteht, bildete sich kein permanenter See (Abb. 3). Eine kurze Rinne in der Senke in Abb. 3 weist auf eine Versickerungsstelle an ihrem Ende hin.



**Abb. 3** Schwinde in grosser abflussloser Senke im Brisi-Kalk. Ungefähr 6 m oberhalb der Senke liegt in den Niederi-Schichten ein See. Person (Massstab 1.80 m) bewegt sich zwischen grossen Blöcken, die vermutlich durch Gletschereis transportiert wurden.

Ein See befindet sich aber in Sichtweite dieser Versickerungsstelle. Er liegt ca. 6 m oberhalb am Rand der Senke in den Niederi-Schichten (Abb. 3). Offensichtlich dichten die Sandsteine den Seeboden gut ab, so dass nur wenig Wasser in den Untergrund versickern kann. Das gelingt den Kalksteinen nicht, was mit ihrer Verkarstung und der damit verbundenen höheren Wasserdurchlässigkeit zu tun hat. Damit im Einklang stehen die Quellaustritte, die sich am Südrand des Garschella-Sattels befinden. Da die Schichten im grössten Teil des Garschella-Sattels ein flaches südliches Einfallen haben, fliesst das schichtgebundene Wasser nach Süden ab und tritt dort als Schichtquelle aus, wo die Schichten im Südabbruch des Garschella-Sattels angeschnitten werden. Von den drei beobachteten Quellaustritten liegen zwei in den Sellamatt-Schichten und einer im Brisi-Sandstein nahe der Basis zum Brisi-Kalk. Die Aquifere sind somit die Kalksteine, wohingegen die Sandsteine eher als Wasserstauer wirken.

## Entstehung der Seen

Zwei Hypothesen sind naheliegend:

(1) die Seen sind Ausdruck der Verkarstung, vorzugsweise des tiefen Untergrundes (Schrattenkalk), (2) die Seen sind auf die ehemalige Vergletscherung des Garschella-Sattels zurückzuführen.

### Hypothese 1 – „Verkarstung“:

Die Verkarstung der relativ geringmächtigen Kalksteine in der Garschella-Formation scheidet als Ursache für die Entstehung der Seen weitgehend aus. Bisher wurden in diesen Schichten keine Hinweise auf grössere Hohlräume gefunden. Das wäre aber die Voraussetzung dafür, dass sich in den nicht verkarstungsfähigen Sandsteinen Einsturzdolinen bilden können. Im Gegensatz dazu steht der mächtige Schrattenkalk. Er ist intensiv verkarstet (Stünzi 2001) mit einer Vielzahl von Schächten, die oft an tektonische Brüche gebunden sind. Grosse Hohlräume im Schrattenkalk unterhalb des Garschella-Sattels wären zumindest denkbar. Ein Einsturz selbst grosser Hohlräume im Schrattenkalk würde sich wohl kaum bis an die Oberfläche des Garschella-Sattels durchpausen, die zwischen 35 und 85 m über der Grenze Schrattenkalk / Garschella-Formation liegt. Neben der grossen Entfernung bis zur Oberfläche spricht vor allem die Felsbeschaffenheit gegen dieses Modell. Die Gesteine der Garschella-Formation sind mit 5-15° nur leicht geneigt, sie sind i.A. dickbankig und weitständig geklüftet. Das sind gute Voraussetzungen für grosse Stützweiten (Filipponi 2003) und damit stabile Hohlräume beträchtlicher Grösse.

Aber selbst wenn sich eine Einsturzdoline über einem Hohlraum im Schrattenkalk bis an die Oberfläche des Garschella-Sattels durchpausen sollte, wäre das nächste Problem, die Sohle der Einsturzdoline so weit abzudichten, dass sich ein (permanenter) See in dieser Hohlform erhalten kann. Die Garschella-Formation besteht aus Hartgestein, das – wenn es zerbricht – Blockschutt bildet. Es sind keine Tonsteine eingelagert, die bei Verwitterung in einen plastischen (gut abdichtenden) Ton umgewandelt werden, und auch sonst fehlen geeignete tonige und schluffige Deckschichten, die in die Einsturzdoline eingeschwemmt werden könnten, um diese abzudichten. Es wäre also damit zu rechnen, dass Einsturzdolinen im Bereich Garschella-Sattel eher keine Seen aufweisen sollten.

### Hypothese 2 – „Vergletscherung“:

Der Garschella-Sattel war während der letzten Eiszeit vergletschert (Hantke 1980). Von diesem Scheitelpunkt ist das Gletschereis nach Norden Richtung Plisen und weiter nach Wildhaus abgeflossen sowie nach Osten Richtung Obersäss und Grabs. Das abfliessende Gletschereis beansprucht die Felssohle auf Scherung. Wenn die Schichtung im Fels angenähert parallel zur Fliessrichtung des abströmenden Gletschereises liegt, dann wirken die Scherkräfte parallel zu den Schichtgrenzen. Die Schichtgrenzen sind Inhomogenitätsflächen und damit die Schwachstellen im Gesteinsverband. Schichtpakete können somit relativ leicht entlang der Schichtgrenzen verschoben werden, wenn an der Oberfläche eine Scherkraft ansetzt.

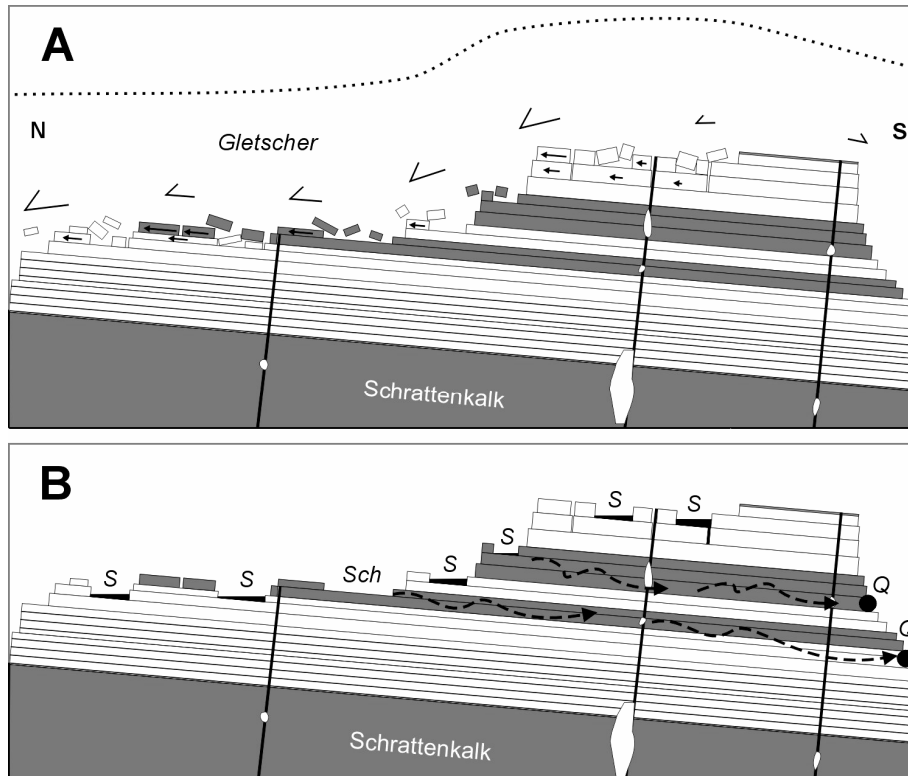
Die Abb. 4A gibt diese Situation wieder. Der Gletscher fliesst über die relativ flach lagernden Schichten der Garschella-Formation ab, zerschert und verschiebt einzelne Gesteinslagen parallel zur Schichtung, lagert Blöcke in das Eis ein und transportiert diese ab. Nur wenn die Blöcke abtransportiert werden, bilden sich grössere Senken, die sich später mit Wasser füllen können. Andernfalls werden die Schichten nur um einige Dezimeter oder wenige Meter verschoben, und es entstehen Spaltensysteme. Das Modell würde die Spalten auf dem Garschella-Sattel ohne Zuhilfenahme eines ausgeprägten Gleithorizontes erklären, z.B. einer Tonschicht, die es in der Garschella-Formation nicht gibt. Es ist also der Schub aus dem abfliessenden Eis, der die Gesteinsschichten zerschert, nicht das passive, gravitative Abgleiten einer Felsmasse über einem Gleithorizont.

Je mächtiger der Gletscher und je grösser seine Fliessgeschwindigkeit, desto grösser ist die Scherkraft an seiner Basis. Beides war auf dem Garschella-Sattel gering, weshalb anzunehmen ist, dass die Spalten nur auf die obersten Meter der Schichtenabfolge beschränkt sind. Das würde gut zu der beobachteten geringen Wasserdurchlässigkeit der Sandsteine passen. Denn würden die Spalten tiefer reichen, dann wäre auch in den Sandsteinen mit einer sehr guten Durchlässigkeit zu rechnen.

Die Seen sind nach dem Abschmelzen des Gletschereises entstanden (Abb. 4B). Regen- und Schmelzwasser sammelte sich in den vom Gletschereis ausgehobelten Senken, wo es

aufgrund der gut abdichtenden Sandsteine nicht abfließen konnte. Anders ist die Situation in den Senken, die das Gletschereis im Kalkstein bildete. Durch die Verkarstung dieser Kalksteine ist ihre Wasserdurchlässigkeit

wesentlich besser als bei den Sandsteinen. Das zusammenfließende Wasser versickert rasch, fließt unterirdisch ab und tritt vorzugsweise am südlichen Abbruch des Garschella-Sattels als Schichtquelle aus (Abb. 4B).



**Abb. 4** Nicht massstabsgetreue, vereinfachte Skizze der tektonischen und stratigraphischen Situation auf dem Garschella-Sattel während der Würm-Eiszeit (A) und der Gegenwart (B). Es bedeuten: Punktierter Linie ist die einstige Gletscheroberfläche, die Haken an der Basis des Gletschers geben die Fliessrichtung an, Pfeile die Verschiebungsrichtung der Gesteinspakete. Dicke Linien sind tektonische Brüche, z.T. verkarstet (hypothetisch), S steht für See, Sch für Schwinde und Q für Quelle.

### Schlussbetrachtung

Die Seen auf dem Garschella-Sattel verdanken ihre Entstehung der Wirkung des Gletschereises. Die erzeugten Senken in der Felsoberfläche füllten sich nach dem Abschmelzen des Gletschers im Sandstein mit Wasser, wohingegen im Kalkstein aufgrund der besseren, verkarstungsbedingten Wasserdurchlässigkeit keine permanenten Seen entstehen konnten. Auf dem Garschella-Sattel sind die Kalkschichten die Aquifere, die Sandsteine die Wasserstauer.

### Literaturverzeichnis

- Becker, A. (2003): Gletscherspuren zwischen Gamsalp und Chäserrugg – Einige Beobachtungen und Gedanken.- AGS Info, 2/03: 13-17.
- Filipponi, M. (2003): Bruchmechanismen der Inkasion.- AGS Info, 2/03: 42-49.
- Föllmi, K.B. & Ouwehand, P.J. (1987): Garschella-Formation und Götzis-Schichten (Aptian-Coniacian); neue stratigraphische Daten aus dem Helvetikum der Ostschweiz und des Vorarlbergs.- Eclogae geol. Helv., 80: 142-191.
- Hantke, R. (1980): Eiszeitalter – Die jüngste Erdgeschichte der Alpen und ihrer Nachbargebiete.- Bd. 2, 704 S., Thun (Ott).
- Stünzi, H. (2001): Das Gamsalp-Forschungsgebiet (Churfürsten).- AGS Info, 2/01: 12-14.