

Phreatic Loop und Spillover Canyon im O80 ?

 Arnfried Becker

Die Frage, ob einige Schächte im Plisatal auch zeitweise Aufstiegsbahnen des Grundwassers gewesen sein könnten, beschäftigt mich seit der ersten Befahrung der Höhle O80 „Schlucht“. Eindeutig zu erkennen sind dort Gänge mit ellipsenförmigen „phreatischen“ Profilen, die Schachtzonen in unterschiedlichen Niveaus miteinander verbinden, und Gänge vadoser Entstehung, die sich im Schichteinfallen entwickelt haben und keinerlei Anzeichen einer initialen Ellipse aufweisen. Wie kann der räumlich nahe beieinanderliegende Wechsel von „phreatischen“ und vadosen Gangformen erklärt werden? Dazu liefert das nachfolgend präsentierte Modell einen Erklärungsansatz, ohne einen Anspruch auf „Vollständigkeit“ oder „Richtigkeit“ erheben zu wollen.

Erreichen dieses Niveaus wird ein Äquivalent genau des Wasservolumens, das in einen Schacht hineinfließt, am Überlauf des anderen Schachts wieder abfließen, wodurch der Wasserspiegel in beiden Schächten nicht weiter ansteigt (Abb. 1 B). Dieser Überlauf kann übertägig, aber auch untertägig liegen. Trifft Letzteres zu, wird der Regelabfluss über einen aktiven vadosen Überlauf erfolgen (Abb. 2 B). Nur bei Hochwasser, bei dem die Wasseraufnahmekapazität des untertägigen Abflusssystems überschritten wird, kann das Wasser bis zur Tagöffnung des Schachtes ansteigen und dort oberflächlich abfließen (Abb. 2 C).

1. Modell

1.1 Grundprinzip

Entsprechend dem „Prinzip der kommunizierenden Röhren“ steigt Wasser in offenen, miteinander verbundenen Schächten auf gleiche Höhen an (Abb. 1 A, 2 A, 3 A). Fließt Wasser hinzu, so steigt der Wasserspiegel in den miteinander verbundenen Schächten („loops“) sofort an. Die maximale Wasserspiegelhöhe wird durch die Höhe des lokalen Überlaufs („spillover“) bestimmt. Bei

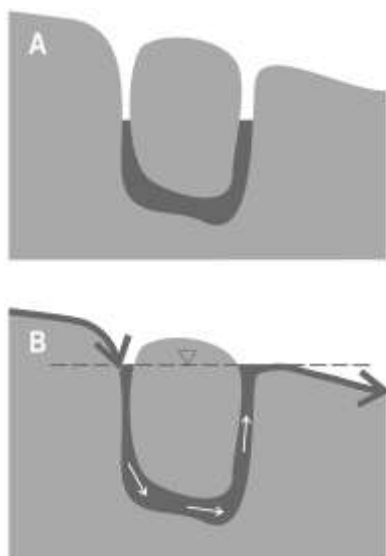


Abb. 1 Prinzip der kommunizierenden Röhren anhand einer hypothetischen Höhle mit oberirdischen Überlauf.

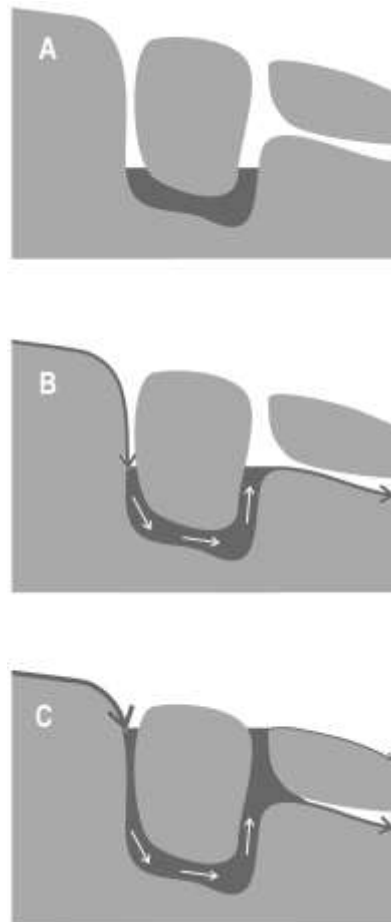


Abb. 2 Prinzip der kommunizierenden Röhren mit unter- und oberirdischen Überlauf für die Fälle (A) Niedrigwasser, (B) Normalabfluss, (C) Hochwasser.

Führt der untertägige vadoso Abfluss seinerseits in ein weiteres verbundenes, offenes Schachtsystem mit eigenständigem untertägigem vadosom Überlauf, so werden sich zwischen den nur über vadoso Gangstrecken verbundenen Schachtsystemen unterschiedliche Wasserspiegel einstellen. Bei Niedrigwasser wird sich nur in den tiefsten Teilen der beiden Schachtsysteme Restwasser befinden (Abb. 3 A). Bei Normalabfluss pendelt sich der Wasserspiegel im oberen Schachtsystem auf das obere Überlaufniveau ein, im tieferen Schachtsystem auf das tiefere Überlaufniveau (Abb. 3 B). Nur bei Hochwasser kann das Wasser bis zur Tagöffnung der beiden Schachtsysteme ansteigen und oberflächlich abfließen (Abb. 3 C).

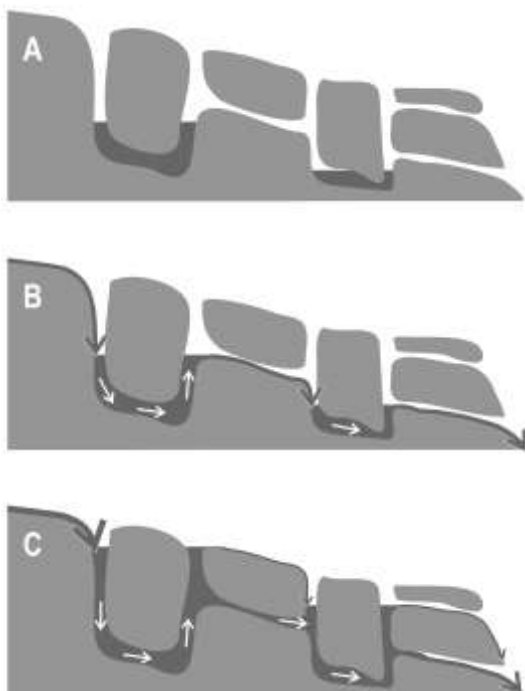


Abb. 3 Zwei kommunizierende Röhren mit zwei verschiedenen Überlaufniveaus mit stromabwärts gelegenen tieferen Überlauf für (A) Niedrigwasser, (B) Normalabfluss, (C) Hochwasser.

Die tiefsten Teile der jeweiligen Schachtsysteme werden *de facto* permanent unter Wasser liegen, so dass sich Kalk in der gesamten Peripherie des Höhlenganges lösen kann und ellipsenförmige „phreatische“ Gangquerschnitte („phreatic loops“) entstehen. Für die Überlaufstrecken zwischen den Gangsystemen trifft das nur für die kurzen Hochwasserperioden zu, in denen der gesamte Gangquerschnitt wassererfüllt ist. Unter normalen Abflussbedingungen wird die Kalklösung dagegen vor allem im Sohlbereich erfolgen und zu einer canyonartigen Gangvertiefung führen („spillover canyons“).

1.2 Voraussetzungen

Welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein, damit ein Höhlensystem in der geschilderter Weise hydraulisch wirksam wird?

1. Die primäre Durchlässigkeit des Kalksteins ist vernachlässigbar gering.
2. Bedeutend ist die sekundäre Durchlässigkeit, die vor allem durch die korrosiv erweiterten tektonischen Brüche und Schichtfugen im Fels bestimmt wird.
3. Wasser dringt vor allem über korrosiv erweiterte tektonische Brüche (z.B. Schächte) in den Kalkstein ein und breitet sich von dort entlang der Schichtfugen lateral aus.
4. Die korrosiv erweiterten Brüche oder Schichtfugen besitzen im Allgemeinen nur über kurze Entfernungen von einigen Zehnermetern bis wenigen 100 m gute sekundäre Durchlässigkeiten.
5. Das Schichteinfallen des Kalksteins zeigt ungefähr in Richtung des grössten hydraulischen Gefälles.
6. Die verfügbaren Wassermengen sind ausreichend, weder zu gross, um das gesamte Hohlraumssystem permanent unter Wasser zu setzen, noch zu klein, um es über längere Zeit trockenfallen zu lassen.

1.3 Verhältnisse auf der Gamsalp

1.3.1 Durchlässigkeit

Der Schratenkalk ist ein mikritischer, biosparitischer, teilweise oolithischer, fossilreicher Kalkstein (Becker 2007, Filipponi 2006) mit geringer Primärporosität. Seine primäre Durchlässigkeit ist klein und vernachlässigbar im Vergleich zu seiner sekundären Durchlässigkeit, die vor allem durch korrosiv erweiterte tektonische Brüche und Schichtfugen bestimmt wird. Im Gebiet der Gamsalp haben tektonische Brüche im Allgemeinen nur über wenige Meter bis Zehnermeter gute Durchlässigkeiten, wohingegen für Schichtfugen gute Durchlässigkeiten auch über mehrere Zehnermeter bis wenige 100 m erwartet werden können. Primär hydraulisch nicht miteinander kommunizierende tektonische Brüche können so über Schichtfugen hydraulisch miteinander verbunden werden.

1.3.2 Schichtlagerung

Damit sich entsprechend dem vorgeschlagenen Modell im Abstrom ein tiefer liegendes Überlaufniveau ausbilden kann (vgl. Abb. 3B), müssen die stromabwärts liegenden kommunizierenden Röhren-Systeme mit den dazugehörigen Überlaufniveaus unter denen der stromaufwärts

gelegenen Überlaufniveaus liegen. Andernfalls würde sich vom höchstgelegenen Überlaufniveau im Abstrom ein Grundwasserspiegelniveau aufbauen können, das alle Subsysteme an kommunizierenden Röhren stromaufwärts unter Wasser setzen würde.

Infolge der alpidischen Gebirgsbildung im Oligozän fällt der Schrattenkalk im Bereich der Gamsalp mit ca. 10-15° flach nach N bis NNW ein (Becker 2007). Die Basis und das Dach des Schrattenkalks liegen im Norden somit um ca. 400 m tiefer als im Süden (Abb. 4). Die Voraussetzungen für tiefer liegende Subsysteme kommunizierender Röhren mit entsprechend tiefer liegenden vadosen Überlaufniveaus im Abstrom sind somit generell als erfüllt anzusehen.

1.3.3 Hydrologie

Oberflächenzuflüsse in den Schrattenkalk-Karst beschränken sich heute im Wesentlichen auf das Plisatal (Becker, 2007) bis zum Garschella-Sattel sowie die Bergflanken von Chäserrugg und Gamser Rugg. Über unterirdische Zuflüsse ist nichts bekannt. Das Einzugsgebiet des Schrattenkalk-Karsts ist somit sehr klein, und die in den verkarsteten Untergrund versickernden Wassermengen sind im Allgemeinen als entsprechend gering anzusehen. Das muss aber nicht immer so gewesen sein. Bekanntlich war das Plisatal mehrere Male vergletschert. Es ist daher davon auszugehen, dass die Karst- und Höhlenentwicklung auf der Gamsalp während des Quartärs von einem stark schwankenden Wasserangebot kontrolliert wurde. Eher trockene Zeitabschnitte mit geringem Wasserangebot – vergleichbar mit den heutigen Verhältnissen – wechselten mit Phasen hohen Wasserangebots, beispielsweise während der Gletscherschmelzen. Somit wechselten sich periodisch tiefe mit hohen Karstwasserständen ab. Schächte, die sich während tiefer Karstwasserstände vados gebildet hatten, konnten so während hoher Karstwasserstände als Aufstiegsbahnen des Wassers fungieren, das dann über korrosiv erweiterte Schichtfugen abfloss.

Wohin genau das Wasser aus dem Plisatal fließt, ist unbekannt. Für das Seichbergloch nördlich des Plisatals haben Färbeversuche jedenfalls gezeigt, dass das Wasser aus dem dortigen Seewerkalk heute im Rinquelle-System teils oberirdisch, teils unter dem Wasserspiegel des Walensees austritt (Rieg 1994). Das Wasser fließt also nach SW unter den Churfirstenkamm ab und nicht nach Norden, dem nächstgelegenen Vorfluter im Toggenburg entgegen. Dieses Entwässerungsregime wurde erst durch die glaziale Übertiefung des Walensee-Seeztales ermöglicht.

Obgleich auch das Thurtal im Toggenburg glazial vertieft wurde, scheint es keinen direkten Abfluss des Karstwassers aus dem Plisatal in das unmittelbar nördlich gelegene Thurtal zu geben. Der Grund hierfür liegt in der lokalen Geologie. Im Gegensatz zum Plisatal mit seinem Schichteinfallen von durchschnittlich 10° in nördlicher Richtung (Becker 2007), nimmt das Einfallen nördlich des Seichbergs rasch auf ca. 45° zu (Dickert 1995, Herb & Franks-Dollfus 2003). Das Schichteinfallen ist steiler als die Neigung der Talflanke, d.h. immer jüngere Schichten überlagern den Schrattenkalk nach Norden hin. Neben dem gut verkarstungsfähigen Schrattenkalk und dem Seewerkalk sind es die wenig oder nicht verkarstungsfähigen Abfolgen der zwischen Schrattenkalk und Seewerkalk eingeschalteten Garschella-Formation sowie die über dem Seewerkalk folgenden, überwiegend mergeligen Abfolgen der Schuppenzone von Wildhaus („Wildhauser Mulde“), die den direkten Abfluss zum Thurtal verhindern. Obgleich gerade diese relativ wenig widerstandsfähigen Sedimente der Schuppenzone durch die eiszeitlichen Gletscher bevorzugt erodiert wurden, sind diese in tiefen und mittleren Tallagen nirgendwo bis auf die gut verkarstungsfähigen Kalksteine abgetragen worden. Der direkte Abfluss zum Thurtal blieb somit blockiert und das Wasser bahnte sich einen Weg unter die Churfirsten hindurch zum tief eingeschnittenen Walensee-Seeztal. Wann diese Umlenkung des unterirdischen Wasserabflusses in Richtung Walensee-Seeztal erfolgte, lässt sich nicht mit Sicherheit sagen. Solange sich aber noch keine effektive Entwässerung in Richtung Walensee-Seeztal entwickelt hatte, wären auch lokale Quellaustritt denkbar. Der wahrscheinlichste Ort für einen solchen Quellaustritt wäre die tektonisch stark beanspruchte Schanierzone nördlich des Seichbergs, wo das relativ flache Schichteinfallen des Plisatals in das steile Einfallen am Südrand der „Mulde von Wildhaus“ übergeht und die Überlagerung aus nicht verkarstungsfähigen Schichten am gering mächtigsten ist.

2. Anwendung des Modells auf das Plisatal

Als Basis für das Modell wird das geologische Profil durch das Plisatal aus Becker (2007) verwendet (Abb. 4). Dargestellt sind die Lagerungsverhältnisse der Drusberg-Schichten bis zur Garschella-Formation unter Annahme konstanter Mächtigkeit des Schrattenkalks.

Der Übergang von den Drusberg-Schichten zum Schrattenkalk erfolgt kontinuierlich. Er ist durch

einen zunehmenden Kalk- und abnehmendem Mergelgehalt gekennzeichnet. Im Gegensatz dazu steht die Garschella-Formation im Hangenden des Schrattenkalks, deren basale Sandsteine (Gamser Schichten) den Schrattenkalk mit scharfer Grenze überlagern. Die Garschella-Formation ist im Plisatal bereits weitflächig abgetragen. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf die Talflanken von Chäserrugg und Gamser Rugg sowie auf den Seichberg und die Garschella.

Die maximale Tiefenerstreckung der tektonischen Störungen im Profil ist unbekannt. Prinzipiell spricht aber nichts gegen die Annahme, dass die meisten Störungen mindestens bis in die Drusbergmergel hinabreichen. Einigen dieser Störungen sitzen Schächte auf, die mehrere Zehnermeter in die Tiefe reichen. Die gut durchlässigen, lokal korrosiv erweiterten Schichtfugen sind im Modell nach dem Zufallsprinzip verteilt. Ihre exakte stratigraphische Lage ist weitgehend unbekannt.

Wasser dringt vorzugsweise über korrosiv erweiterte tektonische Brüche oder offene Klüfflungen (Spalten) in den Schrattenkalk ein und fließt bis zu der Tiefe, in der der Bruch undurchlässig wird, maximal bis zum Dach der Drusbergmergel. Der Wasserspiegel in der Spalte pendelt sich in Höhe der tiefstgelegenen durchlässigen Schichtfuge ein, wo das Wasser, dem hydraulischen Gefälle folgend, lateral bis zum nächsten gut durchlässigen Bruch abfließt. Für gewöhnlich ist die Schichtfuge entlang der Störung versetzt, so dass das Wasser entweder in die Tiefe geleitet wird oder aufsteigt, je nachdem, wo sich die nächste durchlässige Schichtfuge befindet. Ist das Wasser gezwungen aufzusteigen, so bestimmt im Wesentlichen das höher gelegene Überlaufniveau neben der verfügbaren Wassermenge und der Durchlässigkeit der Schichtfugen und Brüche den Übergang von vadosen zu „phreatischen“ Verhältnissen im stromaufwärts gelegenen Abflussregime. Prinzipiell könnten sich somit gleichzeitig und über relativ kurze Entfernungen „phreatische“ und vadosa Gangprofile herausbilden.

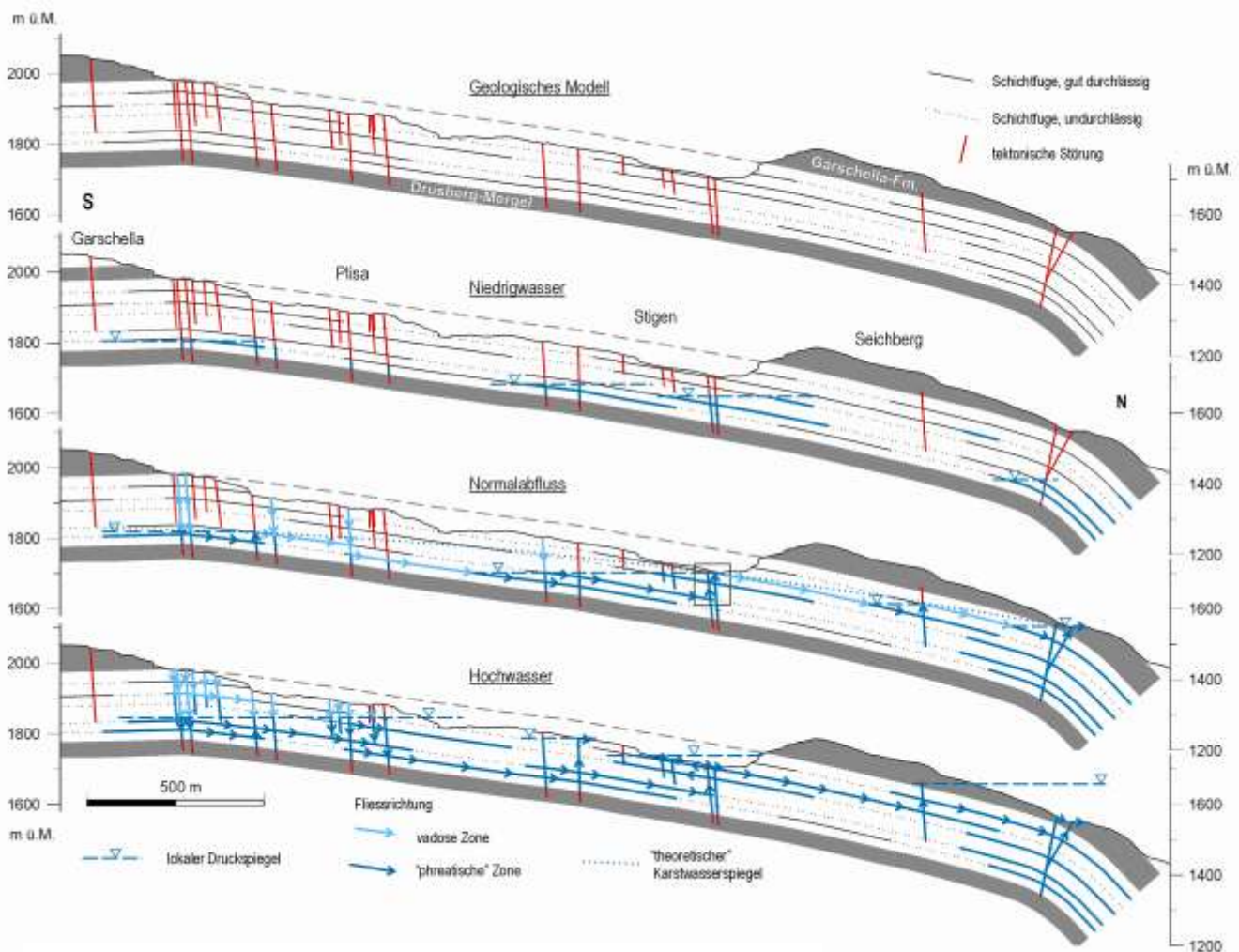


Abb. 4 Modell, angewendet auf das Plisatal, für Niedrigwasser, Normalabfluss und Hochwasser. Weitere Erklärungen im Text.

In den Profilschnitten (Abb. 4) sind verschiedene Situationen dargestellt. Der Normalabfluss beschreibt einen stationären Zustand mit annähernd gleichbleibendem, relativ geringem Zu- und Abfluss und stabilen lokalen Überlaufniveaus. Grössere Zuflüsse würden zu einem „theoretischen“ Karstwasserspiegel führen, der sich auf das regionale Vorflutniveau einpendeln und alle Hohlräume im Schraffenkalk bis zur Druckspiegelhöhe fluten würde (Abb. 4 „theoretischer“ Karstwasserspiegel bezogen auf ein lokales Vorflutniveau nördlich des Seichbergs). So aber liegen nur Abschnitte des unterirdischen Entwässerungssystems unter dem Karstwasserspiegel, wohingegen sich in anderen Bereichen vadose Verhältnisse einstellen können.

Die anderen Extremstände sind Niedrigwasser, bei dem der Abfluss zum Erliegen kommt und Restwasser in abflusslosen Hohlräumen steht, sowie Hochwasser, bei dem temporär der Wasserspiegel über die bei Normalwasser etablierten Überlaufniveaus z.T. bis an die Erdoberfläche ansteigt und dort austritt. Hochwässer sind für

gewöhnlich kurzfristige Ereignisse, die vermutlich zu nicht mehr als 5% das jährliche Abflussregime kontrollieren, gleichzeitig aber aufgrund der grossen Durchflussmengen und der allgemein höheren Kalklöslichkeit besonders korrosiv sind und daher wesentlich zur Ausgestaltung der Gangprofile beitragen (Palmer 2007).

3. Beispiel O80

3.1 Geologische Erkundung

Die Höhle O80 (743'814/226'144, 1769 m ü. M.) ist mit 480 m die zweitlängste Höhle auf der Gamsalp (Stünzi 2003, 2004, 2008, Stünzi et al. 2005). Während dreier Höhlenbegehungen im Sommer und Herbst 2005 sowie im Sommer 2007 wurden folgende Teile der Höhle geologisch erkundet: 1. und 2. Mäander, Anastomosengang, Verbindungsgang zwischen P8 und der Schwarzen Halle sowie die beiden Schächte P7 und P8 (Abb. 5). Ein erster Zwischenbericht zu den geologischen Untersuchungen der Höhle O80 wurde in Stünzi et al. (2005) gegeben.

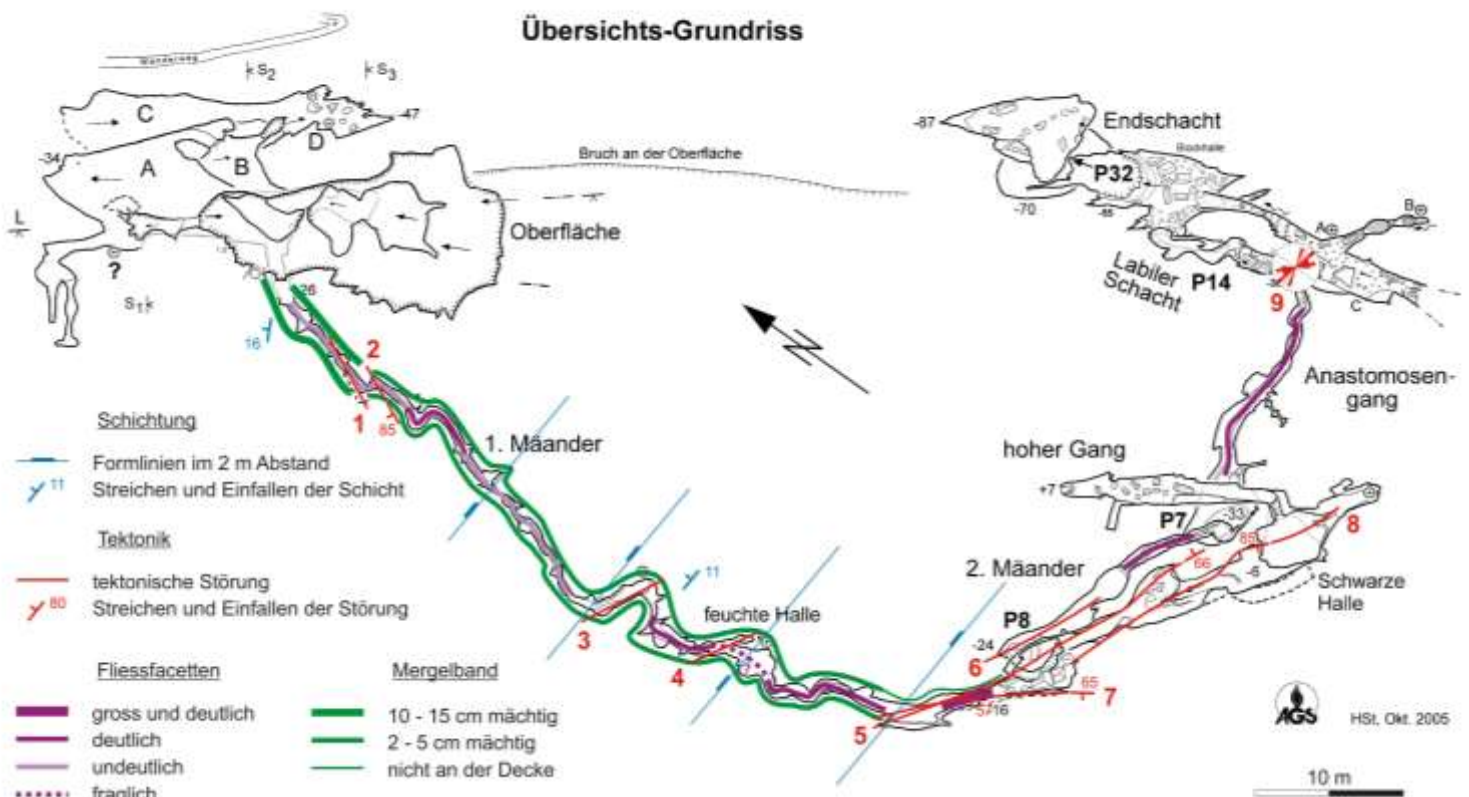


Abb. 5 Grundriss der Höhle O80 (nach Stünzi: Stand 2005) mit den geologischen Beobachtungen.

3.2 Geologie

Der Eingangsschacht – „Schlucht“ – öffnet sich im obersten Schrottenkalk. Die überlagernde Garschella-Formation steht bereits unmittelbar nördlich des Wanderwegs an (Abb. 5). Die Schichten fallen generell flach nach N bis NNW ein. Im Eingangsbereich des 1. Mäanders bis zu den tektonischen Brüchen 1 und 2 fallen sie mit 065/16 N etwas steiler ein als weiter südlich im 1. Mäander, wo die Schichtlagerung mit 095/11 N anhand des Höhlengrundrisses und des Längsschnitts von Stünzi (2003) bestimmt werden konnte (Abb. 5). Das Streichen von 95° im südlichen Teil des 1. Mäanders ist eher ungewöhnlich. Ein Streichen von 65° entspricht dem regionalen Trend deutlich besser (vgl. Streichlinienkarte in Becker, 2007). Im Bereich des Anastomosenganges scheinen die Schichten gegenläufig, d.h. nach Süden einzufallen. Eine Messung mit dem Geologenkompass war dort nicht möglich.

Die Decke des 1. Mäanders wird von einer dünnen, dunkelgrauen Mergellage gebildet. Sie ist im vorderen Abschnitt des 1. Mäanders bis zu den Brüchen 1 und 2 gegen 15 cm mächtig, im südlichen Abschnitt nur noch 2-5 cm. Wo die beiden Brüche 5 und 7 den 1. Mäander schneiden, reicht der Höhlengang infolge von Inkasion über das Niveau der Mergellage hinauf. Dort ist die Mergellage noch in der nordöstlichen Höhlenwand zu sehen, bevor sie sich im Bereich des Schachtes P8 verliert (Abb. 5).



Abb. 6 Eingang zum 2. Mäander in Richtung P7 (Foto: M. Filipponi).

Tektonische Brüche streichen überwiegend NW-SE bis WNW-ESE. Im 1. Mäander lassen sie sich meist nur über kurze Distanzen nachweisen, so z.B. im Bereich der Feuchten Halle. Erst ab dem Übergang des 1. Mäanders zum P8 und darüber hinaus bis zum Ende der Schwarzen Halle folgt der Höhlengang über eine Strecke von mehr als 30 m drei NW-SE streichenden Brüchen. Zu beachten ist, dass in Abb. 5 mit 5 und 6 derselbe Bruch auf unterschiedlichen Höhlenniveaus bezeichnet wird (vgl. dazu die Profile S12 und S13 in Stünzi 2003). Auch die am Übergang vom Anastomosengang zum Labilen Schacht eingemessenen zehn Klüfte (Pkt. 9 in Abb. 5) streichen überwiegend WNW-ESE bis NW-SE. Abweichende Streichrichtungen finden sich nur im Eingangsbereich des 1. Mäanders, wo die Störungen 1 und 2 angenähert N-S streichen. Das Einfallen der Brüche ist überwiegend steil bis vertikal und liegt meistens zwischen 65° und 85° mit unterschiedlichen Einfallrichtungen. Stünzi (2003) erwähnt, dass auch der Bereich Labiler Schacht bis Blockhalle tektonisch stark gestört ist („Zwiebelschalen“, ungefähr 150° streichend). Richtungsdaten aus dem Endschacht liegen nicht vor.

3.3 Höhlenmorphologie

Es können drei Gangformen unterschieden werden. Der Anastomosengang und der 2. Mäander geben in den Gangprofilen ihre primär „phreatische“ Entstehung klar zu erkennen. Im 2. Mäander in Form einer aufrechten Ellipse (Abb. 6 und Profile S13, S14 in Stünzi 2003), die teilweise deutlich sichtbar einem tektonischen Bruch folgt (5,6 in Abb. 5), im Anastomosengang in Form einer liegenden Ellipse entlang einer flach nach S (?) einfallenden Schichtfuge (Abb. 7 und Profil S15 in Stünzi 2003). Besonders typisch sind die für den Gang namensgebenden Anastomosen, die sich entlang der Schichtfuge gebildet haben. Die röhrenförmigen Anastomosen erreichen Durchmesser bis zu 60 cm und können bis zu einer Entfernung von 2 m vom Hauptgang nachgewiesen werden. Sowohl der Anastomosengang als auch der 2. Mäander sind vados überprägt, wie die vergleichsweise schwach ausgebildeten Mäander zeigen (Abb. 6, 7), die sich in das phreatische Gangprofil eingeschnitten haben. Im Gegensatz dazu steht der 1. Mäander (Abb. 8). Ellipsenformen sind hier nicht auszumachen. Ein „phreatisches“ Stadium lässt sich anhand der Gangprofile nicht ableiten (vgl. Profile S6, S7, S9, S10 in Stünzi 2003). Vielmehr hat sich dieser Gang direkt als Mäander unterhalb einer dünnen Mergellage in den Kalkstein eingeschnitten. Die dritte Gangform ist durch Inkasion geprägt. Sie wird durch den Verbindungsgang zwischen dem P8 und der Schwarzen Halle repräsentiert, der über eine Entfernung von 30 m

zwei tektonischen Brüchen (5, 8 in Abb. 5) folgt. Hinweise auf ein mögliches „phreatisches“ oder vadoses Höhlenstadium konnten hier nicht gefunden werden.



Abb. 7 Anastomosengang (Foto: M. Filipponi).

An Kleinformen sind vor allem Fließfacetten zu nennen, die besonders deutlich im Anastomosengang ausgebildet und dort über das gesamte Gangprofil verteilt sind (Abb. 7). Darüber hinaus finden sich Fließfacetten im 1. und 2. Mäander (Abb. 5). Im 1. Mäander waren die Fließfacetten unterschiedlich deutlich ausgebildet, teilweise fehlten sie auch völlig. Besonders grosse Fließfacetten sind unmittelbar vor Erreichen des P8 zu beobachten. Generell beschränkt sich das Vorkommen von Fließfacetten im 1. Mäander auf den unteren Bereich des Ganges bis zu etwa zwei Drittel der Gesamtganghöhe. Im Anastomosengang sind die Längen von 29 Fließfacetten eingemessen worden. Die mit 8.5-12 cm (Anzahl $n = 9$, arithmetisches Mittel (Durchschnitt) $L_a = 10.3$ cm, Standardabweichung $s = \pm 1.6$ cm) grössten Fließfacetten konnten in den Eingangsbereichen der Anastomosen gemessen werden, die kleinsten mit 2.0-4.5 cm ($n = 9$, $L_a = 3.4$ cm, $s = \pm 1.1$ cm) an der Decke des Hauptganges, und auf ungefähr halber Höhe des Hauptganges wurden Fließfacetten mit Längen von 3.5-5.5 cm ($n = 11$ cm, $L_a = 4.1$ cm, $s = \pm 1.1$ cm) gemessen. Die Fließrichtung konnte nicht eindeutig bestimmt werden. Eine Mehrzahl der Fließfacetten deutet auf eine Fließrichtung vom Labilen Schacht zum P7 hin, eine Minderzahl genau in entgegengesetzter Richtung. Für eine mittlere Fließfacettenlänge von $L = 5$ cm im mittleren Bereich des Anastomosenganges kann eine durchschnittliche Fließgeschwindigkeit von 80 cm/s sowie eine Schüttung von $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$ berechnet werden (Bögli 1978, Curl 1966, 1974, Murphy 2007, Palmer 2007). Die aus der Fließfacettengeometrie abgeleitete Schüttung entspricht dem Hochwasser-Spitzenabfluss (Murphy 2005, Palmer 2007).



Abb. 8 1. Mäander (Foto: M. Filipponi).

3.4 Interpretation

Teile des O80 können entsprechend dem oben genannten Modell als Teil eines „phreatic loop“ mit anschliessendem „spillover canyon“ interpretiert werden, wobei als phreatische Aufstiegszone („phreatic lift“) des „phreatic loop“ der tiefere Bereich des O80 bis zum Oberrand des P8 angesehen werden kann (Abb. 9). Dort werden die Schächte P8, P7 und P14 in unterschiedlichen Niveaus durch kurze phreatische Horizontalgänge (Anastomosengang und 2. Mäander) verbunden, die angenähert im Streichen des Schrottenkalks verlaufen. Der Überlauf und somit der Übergang zur vadosen Zone wird durch den Oberrand des P8 markiert, ab dem das Wasser im Schichteinfallen in einem vadosen Höhlenmäander abfloss, der sich unterhalb einer dünnen Mergellage gebildet hatte. Ob dieses Überlaufniveau während Normalabfluss oder nur während Hochwasser aktiv war, lässt sich nicht sagen. Eine Entstehung im lokalen Karstwasser-Schwankungsbereich ist am wahrscheinlichsten.

Mit der Tieferlegung des lokalen Karstwasser-niveaus fiel die Höhle schliesslich trocken. Durch Kondenswasser, Tropfwasser oder saisonale Oberflächenwasserzutritte sowie Inkasion ging die Entwicklung vor allem der Schachtzonen weiter, so dass hier evtl. einst vorhandene Spuren eines phreatischen Wasseraufstiegs verloren gingen. Zuflüsse, die sich in die Schachtzonen ergossen haben, müssen wenigstens zeitweise erfolgt sein,

wie die in die phreatischen Höhlenprofile eingeschnittenen Mäander im Anastomosengang und im 2. Mäander zeigen. Auch heute noch fließt hier ein Rinnsal, und aus dem Schlötchen im Südosten („B“ in Abb. 5 und 9) ergießt sich weiteres Wasser in den Endschacht.

4. Schlussfolgerung

Eine phreatische Aufstiegszone („phreatic lift“) eines „phreatic loop“ liesse sich durch Fließfacetten direkt nachweisen, wenn diese in einem Schacht eine Fließrichtung vom Schachtgrund zur Schachtöffnung anzeigen würden. Die Chancen, entsprechende Beobachtungen machen zu können, sind in solchen Schächten am grössten, die weder

durch Tropf- oder Kondenswasser noch durch Inkasion stark überprägt wurden und die unterhalb des Frostwechselbereichs liegen. Relativ enge, weitgehend trockene, stabile Schächte, die nicht direkt bis an die Erdoberfläche reichen, wären die besten „Kandidaten“, um evtl. entsprechende Beobachtungen machen zu können.

Ein möglicher Kandidat wäre die trockene Nordwand des Endschachts.

5. Dank

Ich danke Marco Filipponi für die mehrfache kritische Durchsicht des Manuskripts. Deine Korrekturen, Kommentare und Vorschläge haben mir sehr geholfen.

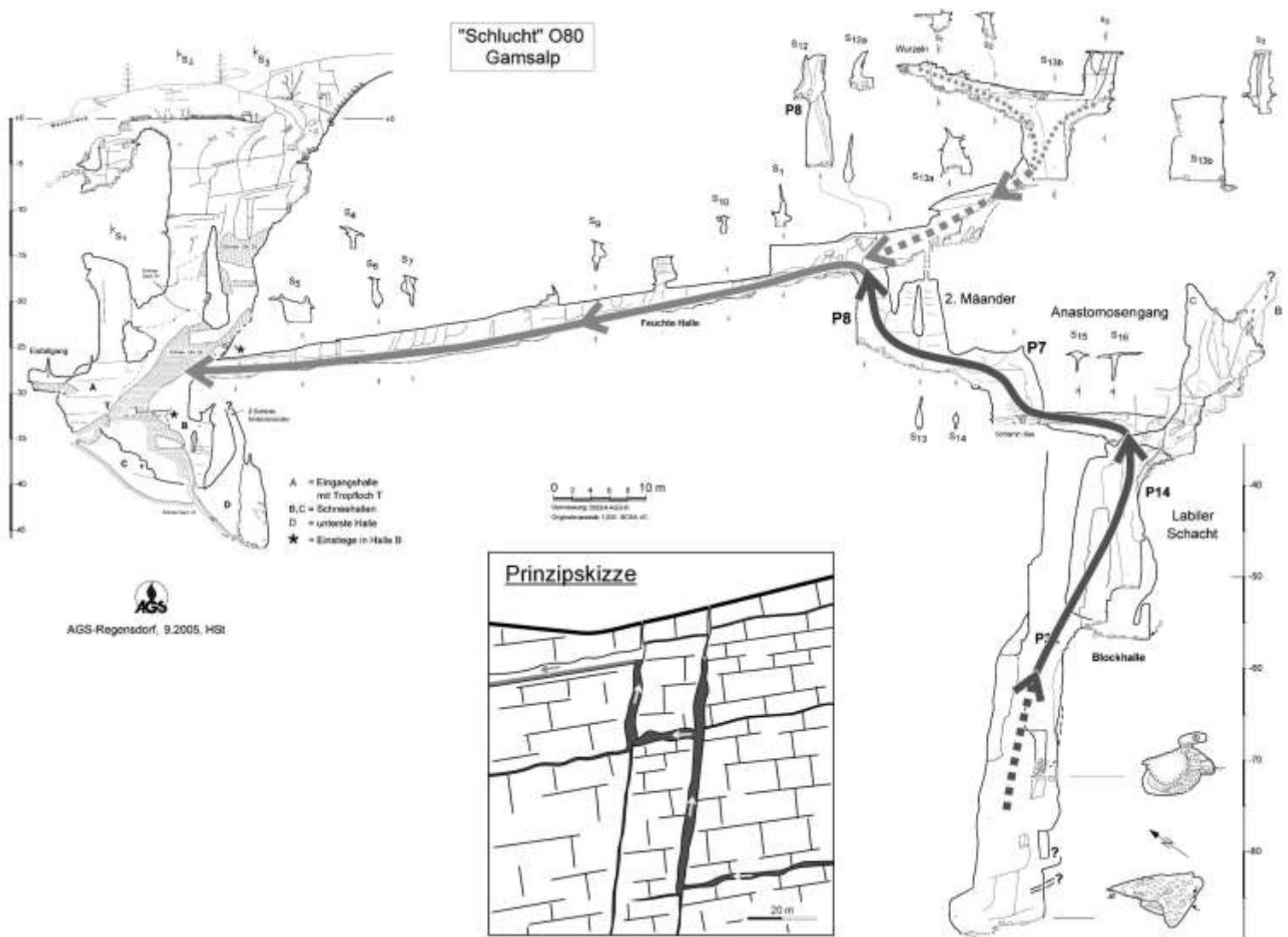


Abb. 9 Längsschnitt durch die Höhle O80 (nach Stünzi: Stand 2005) mit vermuteten Fließrichtungen (dunkelgrau: phreatische Aufstiegszone, hellgrau: vadose Zone) sowie einer Prinzipiskizze.

6. Literatur

- Becker, A. (2004): Die Seen auf dem Garschella-Sattel. - AGS Info 2/04: 49-52.
- Becker, A. (2007): Geologie der Gamsalp. - AGS Info Spezial 2007, 35 S.
- Bögli, A. (1978): Karsthydrographie und physische Speläologie.- Berlin (Springer), 284 S.
- Curl, R.L. (1966): Scallops and flutes. - Trans. Cave Res. Group Great Britain, **7** (2): 121-160.
- Curl, R.L. (1974): Deducing flow velocity in cave conduits from scallops. - Bull. National Speleol. Soc., **36** (2): 1-5.
- Dickert, A. (1995): Seichbergloch Wildhaus/Toggenburg.- Höhlenpost, 98: 1-56.
- Filipponi, M. (2006): Karstwanderführer Gamsalp – Entdecken, Kennenlernen, Verstehen. - Grabs (Ortsgemeinde und Politische Gemeinde), 130 S.
- Herb, R. & Franks-Dollfus, S. (2003): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, 1134 Walensee. - Bundesamt für Wasser und Geologie, Bern.
- Murphy, P.J. (2005): Solutional sculpturing.- In: Culver, D.C. & White, W.B. (Hrsg.): Encyclopedia of caves.- Amsterdam (Elsevier), 536-539.
- Palmer, A.N. (2007): Cave geology. - Dayton (Cave Books), 454 S.
- Rieg, A. (1994): Zur Hydrologie im Karstgebiet Alvier/Churfirsten. - Diss. Univ. Freiburg i. Br., 213 S.
- Stünzi, H. (2003): Höhle O80 „Schlucht“. - AGS Info 2/03: 23-34.
- Stünzi, H. (2004): Höhle O80 „Schlucht“ Ergänzung 2004. - AGS Info, 2/04: 21-27.
- Stünzi, H. (2008): Gamsalp-Forschung 2008. - AGS Info, 2/08: S. 6.
- Stünzi, H., Becker, A., Schalch, T. (2005): Höhle O80 „Schlucht“ Ergänzung 2005. - AGS Info, 2/05: 24-27.