Zeitschrift: Werdenberger Jahrbuch : Beiträge zu Geschichte und Kultur der Gemeinden Wartau, Sevelen, Buchs, Grabs, Gams und Sennwald

Herausgeber: Historischer Verein der Region Werdenberg

Band: 12 (1999)

Artikel: Die Natur der Bergbäche Werdenbergs : Gebirgsbau, Klima und die gestaltende Dynamik des Entwässerungsnetzes

Autor: Keller, Oskar

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-893294

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

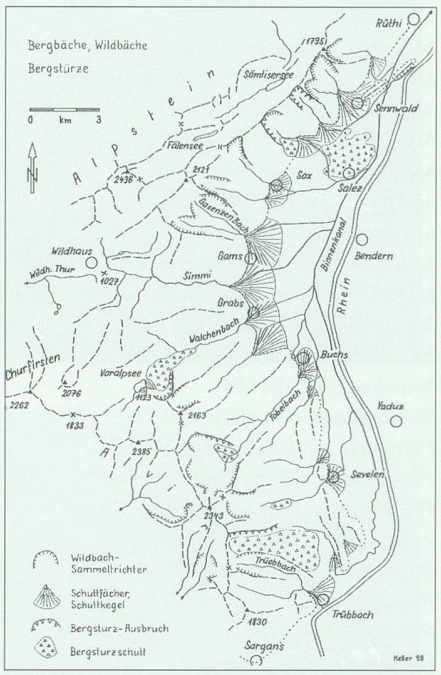
Die Natur der Bergbäche Werdenbergs

Gebirgsbau, Klima und die gestaltende Dynamik des Entwässerungsnetzes

Oskar Keller, Eggersriet

Werdenberg hat Anteil an drei Bergregionen, die einerseits zur gleichen geologischen Gebirgseinheit gehören, nämlich zur Säntisdecke, die aber andererseits in ihrem inneren Bau und in ihrer äusseren Erscheinung deutlich verschieden sind: Alvier, Churfirsten und Alpstein. Die Alviergruppe ist durch eine Reihe von Bergstöcken gekennzeichnet, die gesamthaft gegen Nordosten zum Rheintal abdachen. Die Churfirsten weisen eine einheitliche, nach Norden ins Obertoggenburger Thurtal abfallende Pultfläche mit Steilabfall nach Süden zum Walensee auf. Eiszeitliche Gletscher haben hier auffallend regelmässige Kardurchbrüche geschaffen, zwischen denen die «Churfirsten» stehengeblieben sind. Der Alpstein schliesslich ist ein Faltengebirge mit eng gescharten, nach Nordwesten aufgeschobenen Falten und Schuppen. Als Ganzes unauffällig und sanfter gestaltet zeigt sich die aus Flyschgesteinen aufgebaute Zwischenzone im Dreieck Grabs–Wildhaus–Sax.[1]

Vorgezeichnet durch den Gebirgsbau hat sich ein Entwässerungsnetz entwickelt, dessen ungestümen Bergbäche Furchen und Gräben, aber auch tiefe Tobel und Schluchten in die Bergflanken eingesägt haben. In der Werdenberger Gebirgslandschaft sind sie wohl die auffälligsten morphologischen Feinformen. Sie stehen in Gestalt und Art der Entstehung in starkem Kontrast zu den grossen Schuttfächern, die den Talrand der Rheintalebene prägen und deren Entstehung ebenfalls auf die intensive Tätigkeit der Bergbäche zurückzuführen ist (Figur 1). Wie in dieser Beschreibung angedeutet, sind die Bergbäche einerseits eng mit dem Gebirgsbau gekoppelt, während andererseits viele landschaftsprägende Feinformen als Erzeugnisse der Bergbäche anzusprechen sind. In der Tabelle von Figur 2 sind diese Verflechtungen und deren Auswirkungen zusammengestellt. Die deutlich in Erscheinung tretende Überlagerung des Grobbaus des Gebirges durch Feinformelemente sowie die Dynamik der fluviatilen Reliefgestaltung charakterisieren ganz allgemein das heutige, äusserst vielfältige Antlitz alpiner Bergregionen.



Figur 1: Die zahlreichen Bergbäche mit ihren Tälern, die sich infolge des grossen Gefälles meistens als Wildbäche präsentieren, sind die auffälligsten Landschaftsformen Werdenbergs.

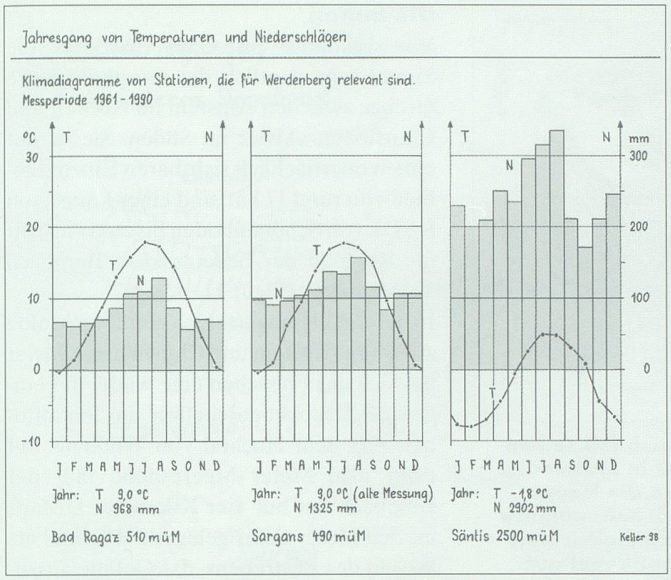
Schliesslich fällt ein weiteres, völlig anderes Merkmal des Entwässerungsnetzes im Werdenberger Berggebiet auf. In ausgedehnten Arealen existiert dieses Netz scheinbar gar nicht, indem nebst den vielen oberflächlich abfliessenden Bergbächen weite Gebiete unterirdisch entwässert werden. Auch darüber soll berichtet werden. Naturgegebene Charakteristiken und Besonderheiten rund um das Fliesswassernetz der werdenbergischen Berggebiete werden im folgenden auf der Basis dieser Prinzipien dargestellt und erklärt. Aus der Vielzahl der Bergbäche[2] musste für diesen Artikel eine enge Auswahl getroffen werden; diese Fälle werden dafür sozusagen als Musterbeispiele genauer besprochen.

Die Bedeutung von Klima und Wetter für die Bergbäche

Die Wasserführung der Bergbäche ist starken Schwankungen unterworfen. Sie wird in erster Linie durch die klimatischen Verhältnisse gesteuert, wobei die Niederschläge in ihrer Form und Menge von ausschlaggebender Bedeutung sind. Indirekt und direkt wird sie zudem auch durch Temperatur und Verdunstung beeinflusst. Die abfliessenden Wassermengen zeigen periodisch wiederkehrende Schwankungen, weisen aber auch episodisch auftretende Maxima und Minima auf. Die Periodizität wird einerseits durch den Jahresgang der Niederschläge bestimmt, andererseits speziell im Gebirge durch die Schneedecke und die Schneeschmelze. Im langjährigen Durchschnitt sind die Niederschlagsmen-

Figur 2: Die Bedeutung der Bergbäche in der Gestaltung der Gebirgsregionen. Die Grossformen des Gebirges sind durch zahlreiche, grossenteils von Bergbächen geschaffene Feinformen überprägt und ausgestaltet.

Gebirgsbau *beeinflusst*	**Bergbäche** *gestalten*	Feinformen des Berglandes
Gesteinstypen	Entstehung	Tobel, Schluchten
Schichtfolge	Wasserführung	Muldentäler, Kastentäler
Tektonischer Bauplan	Bachbettverlauf	Wasserfälle, Flachstrecken
	Richtungen	Rutschareale
Eiszeitliche Ausformung	Gefällsverhältnisse	Beckenfüllungen
	Konfluenzen	Schuttkegel, Deltas
	ober-, unterirdischer Abfluss	Seen, Tümpel
		Quellen, Schwinden



Figur 3: Zur Veranschaulichung des Jahresverlaufs von Temperaturen und Niederschlägen sind die für das Werdenberg nächstgelegenen Messstationen dargestellt. Bei den Kurven und Säulen handelt es sich um die Mittelwerte der jüngsten Messperiode 1961–1990 der SMA (Schweizerische Meteorologische Anstalt).

Bild 1: Nach dem anhaltenden Starkregen vom 14./15. Februar 1990: Die Hochwasser führende Simmi ist mit Trübe (Ton, Schlamm, Feinsand) stark beladen und wegen grosser Wassermassen und hoher Fliessgeschwindigkeit auch in der Lage, Geschiebe und sogar Blöcke mitzureissen. Bild: Michael Dürr, Gams.

gen im Werdenberger Rheintal in den Sommermonaten mit 120 bis 150 mm/Monat fast doppelt so hoch wie in den Wintermonaten mit 70 bis 90 mm. Da die Temperaturen und damit die Verdunstung im Sommer wesentlich höher sind als im Winter, werden diese Unterschiede bei den Abflussmengen gedämpft.

Klimamessstationen, die über lange Zeitreihen verfügen, gibt es im Werdenberg nicht. Als für das mittlere Rheintal relevant können Sargans und Bad Ragaz betrachtet werden; für die hohen Gebirgsregionen steht die Station Säntis zur Verfügung. In der Figur 3 sind für diese drei Stationen die Klimakurven aufgezeichnet.

Viel stärkere Unterschiede in den abfliessenden Wassermengen werden durch die winterliche Schneedecke hervorgerufen. Diese speichert die Niederschläge in fester Form, während bei Schneeschmelze die Abflussmengen stark ansteigen. Das führt zum typisch winterlich geringen Abfluss in den Bächen und Flüssen, dem Frostminimum, während bei rascher Schneeschmelze Hochwasser als sogenanntes Schmelzwassermaximum auftreten können. Vor allem Bergbäche mit hochgelegenem Quellgebiet erhalten bei der spät einsetzenden einmaligen Schneeschmelze grosse Wasserzufuhr, während in tieferen Lagen auch in den Wintermonaten phasenweise Schneeschmelzen auftreten können, so dass hier die Spitzenwerte geringer sind. Im langjährigen Mittel liegt im Rheintal während ein bis zwei Monaten eine geschlossene Schneedecke, auf 2000 m ü. M. aber sieben bis neun Monate lang. Die Schmelzhochwasser werden noch verstärkt durch die in höherer Lage allgemein grösseren Niederschlagsmengen. Gegenüber der Werdenberger Rheintalebene steigen die Werte in den Gipfelregionen von Alpstein und Alvier auf das Doppelte an. Auf 2000 Meter Höhe fallen in den Sommermonaten 260 bis 300 Millimeter Niederschlag pro Monat, in den Wintermonaten nur 160 bis 200 Millimeter. Die Zunahme der Niederschlagsmengen beträgt an den Berghängen des Rheintals rund 7 cm/100 m Höhe.

In den Sommermonaten hat während Trockenperioden die Verdunstung eine grössere Bedeutung, da diese bei hohen Temperaturen rasch ansteigt. Besonders wirksam wird sie in tieferen Lagen, da dort die Temperaturen deutlich höher sind als oben in den Bergen. Die Juli-Temperaturen weisen im Werdenberger Rheintal Mittelwerte um 17 bis 18°C auf, in Kammlagen über 2000 Meter im Alpstein und im Alviergebiet noch 5 bis 8°C. Die mittleren Januartemperaturen betragen im Rheintal 0 bis –1°C, auf über 2000 Meter sind es noch –5 bis –8°C. Föhnperioden im Frühjahr können in den Bergbächen Schmelzhochwasser hervorrufen, während sie umgekehrt im Sommer die Bachläufe austrocknen.

Anhaltende Starkregen oder Extremniederschläge bei Gewittern lassen die Bergbäche anschwellen. Sie vor allem lösen Hochwasserkatastrophen aus. Dann werden nicht nur gewaltige Wasserfluten zu Tal geführt, sondern auch riesige Mengen an losgelöstem und ausgewaschenem Lockermaterial von feinster, toniger Trübe bis zu Steinblöcken (Bild 1). Besonders verheerend wirken Murgänge, in denen ein Materialgemisch von Schlamm und Geschiebe, durchtränkt mit Wasser, wie auf Rutschbahnen in die Täler abgleitet. Oftmals werden durch diese Massen Talsohlen verstopft und Bergbäche hochgestaut, was dann beim Durchbruch der Wassermassen lokale katastrophale Überschwemmungen im Haupttal erzeugen kann.

Die reliefgestaltende Dynamik der Bergbäche

Der morphologischen Wirksamkeit der Bergbäche liegt ein einfaches, verständliches Prinzip zu Grunde: Erosion/Abtragung auf der einen und Akkumulation/Aufschüttung auf der Gegenseite. An den Bergflanken wird insbesondere bei genügend Wasser und Gefälle vorwiegend erodiert, in Becken und Ebenen, speziell im Rheintal, wird akku-

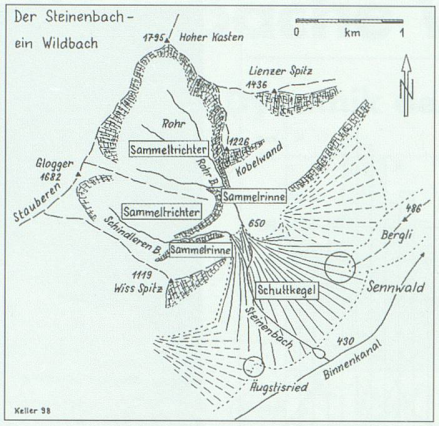
1 Vgl. Keller 1988.

2 Eine Übersicht gibt Hans Jakob Reich, «Bäche im Werdenberger Berggebiet», in diesem Buch.

muliert. In der Zwischenzone transportieren die Fliessgewässer erodiertes Material weiter, bevor es in der Haupttalebene deponiert wird.

Da praktisch die gesamte Entwässerung der werdenbergischen Gebirgsregionen dem tiefliegenden Rheintal zustrebt, sind die Bäche kurz und gefällsreich. Sie alle gehören im Grunde dem Typus Wildbach an, wobei dies je nach Gebirgsstruktur aber oftmals verwischt wird. Als mustergültiger Wildbach darf der Rohrbach/Steinenbach bei Sennwald angesprochen werden (Figur 4), weist er doch in klarer Form die drei charakteristischen Elemente auf: oben den halbkreisförmig begrenzten Sammeltrichter zwischen Hohem Kasten und Stauberengrat, im Mittelteil die enge Sammelrinne zwischen Kobelwand und Wiss-Spitz und unten den Schuttkegel von Sennwald. Auch die morphologischen Prozesse sind dreiteilig: im Sammeltrichter Erosion, in der Sammelrinne Transport, auf dem Schuttkegel Akkumulation (Bild 2).

Die Werdenberger Bergbäche lassen sich betreffend Reliefwirksamkeit in zwei Haupttypen einteilen, wobei naturgemäss auch Zwischenformen vorkommen. Ist der Anfall an Lockermaterial im Vergleich zur Transportkraft des Bergbachs (Wasserführung, Gefälle, Fliessgeschwindigkeit) eher gering, so vermag das Gewässer den Schutteintrag laufend abzutransportieren und direkt ins Akkumulationsgebiet in der Ebene zu befördern. Wenn aber umgekehrt



Figur 4: Der Steinenbach mit seinen zwei Quellästen weist in mustergültiger Art und Weise die Hauptmerkmale von Wildbächen, nämlich die drei Abschnitte Sammeltrichter, Sammelrinne und Schuttkegel auf.

die Transportleistung im Mittel kleiner ist als die Zufuhr an erodiertem Lockermaterial, so bildet sich zwischen Erosionsareal und Akkumulationsgebiet ein Bereich heraus, in dem das anfallende Material vorerst einmal wie in einem Speicher zwischengelagert wird, bevor es unten kontinuierlich oder schubweise auf den Schuttfächer und in die Ebene hinaus bewegt wird.

An je einem Beispiel sollen im folgenden diese morphologischen Prozesse dargestellt, erklärt und mit Zahlen untermauert werden. Der erstgenannte Typ wird aufs schönste durch die Simmi vertreten, der zweite Typ durch den benachbarten Gasenzenbach.

Die Simmi

Von Wildhaus bis Gams markiert die Simmi sehr deutlich die morphologische Grenze zwischen Alpstein im Norden und Churfirsten–Alvier im Süden. Sie ist mit einem oberflächlich sichtbaren Einzugsgebiet[3] von rund 17 km² und einer Länge von 8½ km von Schönenboden bis zum Austritt ins Rheintal der bedeutendste Bergbach Werdenbergs (Figur 1).

In der mit Flyschgesteinen gefüllten Mulde zwischen Alpstein und Churfirsten–Alvier hat sich das Flüsschen eine wilde, tief eingesägte Schlucht geschaffen, das Simmitobel. Aus dem Hochtal von Wildhaus mit rund 1000 Meter Meereshöhe fällt der Bergbach auf nur vier Kilometer Distanz ins 500 Meter tiefer gelegene Rheintal ab. Wegen des Bestrebens, das Gefälle auszugleichen, kam es vor allem seit der letzten Eiszeit zu starkem erosivem Einschneiden. Dabei hat die Simmi im Engpass zwischen Bädli und Au in dem hier erosionsresistenteren kalkreichen Flysch eine ausgeprägte Schluchtstrecke angelegt, während ober- und unterhalb in den weicheren und schiefrig-tonigen Gesteinsschichten typische V-förmige Tobel modelliert wurden (Bild 3). Zwar hat sich die Simmi bereits oberhalb der Tobelsäge eingeschnitten, aber erst ab hier setzt das eigentliche enge, tiefe Tobel ein. Dies hängt wesentlich mit dem Zufluss zweier grösserer Bergbäche bei der Tobelsäge zusammen, indem durch die kräftige Wasserzufuhr die Erosionskraft der Simmi schlagartig zunimmt.

Bild 2: In der engen Sammelrinne schiebt der Rohrbach/Steinenbach als typischer Wildbach bei Hochwasser das weiter oben erodierte Lockermaterial bis in Blockgrösse auf den Schuttkegel von Sennwald (Hintergrund) hinunter. Bild: Hans Jakob Reich, Salez.

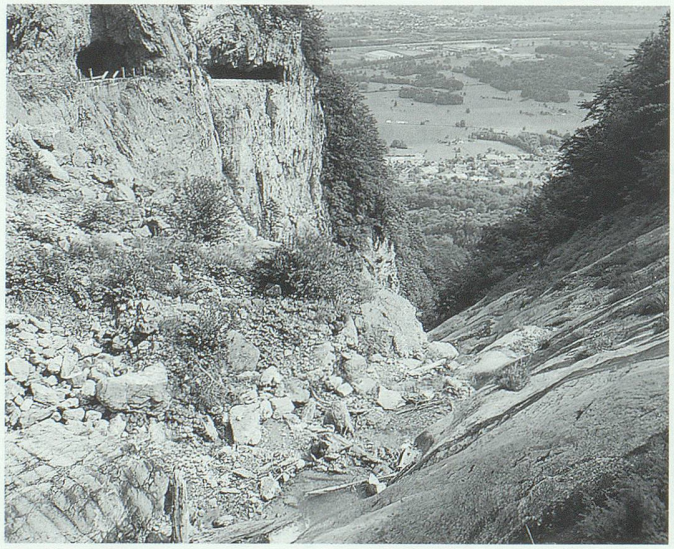
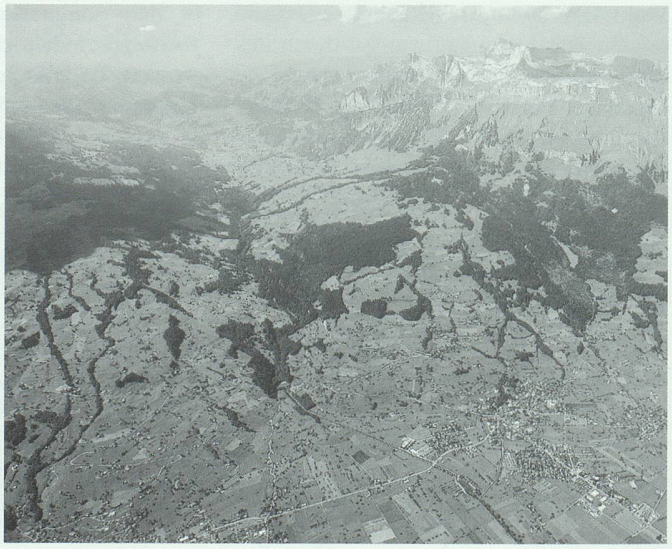
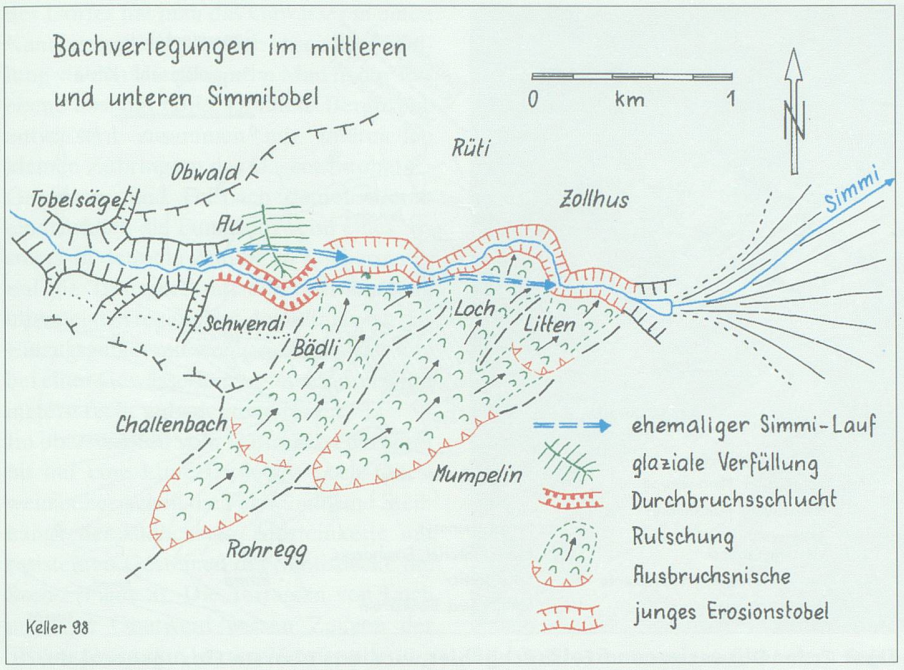


Bild 3: Die Gesamtansicht des Simmitals zeigt in der Mitte der weiten Haupttalmulde das bewaldete, enge und scharf eingeschnittene eigentliche Simmitobel. Der Höhenunterschied zwischen dem Hochtal von Wildhaus und dem Rheintal beträgt rund 500 Meter. Bild: Photoswissair.



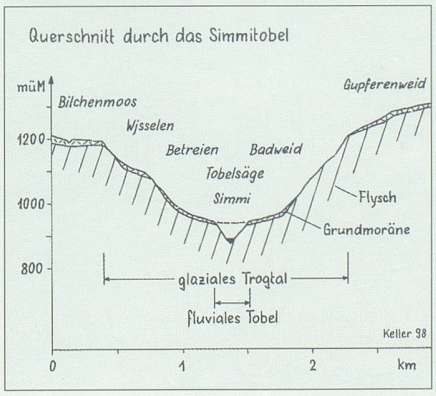


Figur 5: Seit der letzten Eiszeit hat die Simmi einige erzwungene Bachverlegungen hinnehmen müssen, die zur Durchbruchsschlucht und zu bogenförmigen Laufausweitungen geführt haben.

So ist also infolge bedeutender Wassermengen, Steilheit des Bachlaufes, hoher Fliessgeschwindigkeit und wenig widerstandsfähigen Flyschgesteins die Erosions- und Transportleistung der Simmi hoch, und sie schafft es, das von allen Seiten zugeführte Material laufend ins Rheintal hinunter abzuführen (Bild 1). Der Schutttransport (Sand, Geröll und grössere Steine) umfasst beachtliche Mengen, müssen doch die beiden Kiesfänger der Simmi alle zwei bis vier Jahre geleert werden. Dabei weist der obere Sammler am Ende des Tobels ein Fassungsvermögen von rund 6000 m³ auf, der untere bei Wolfhag ein solches von 14 000 m³. Daraus ergibt sich eine jährliche Menge von rund 7000 m³ Lockermaterial, das im Einzugsgebiet des Flüsschens abgetragen wird. Ähnlich viel dürfte in Form von sogenanntem Schweb und als Suspension (feinstes toniges und siltiges sowie aus dem Humus stammendes Material) die Sammler direkt passieren und schliesslich im Bodensee zum Absatz gelangen. Da das Bachbett mit Sperren kräftig verbaut ist, kann sich die Simmi entlang ihres Laufes nicht mehr erosiv eintiefen, das heisst, dieser Abtrag, der früher sicher bedeutend war, fällt heute weg.

Es sei hier noch eine kleine Rechnerei eingefügt. Alles in allem resultiert, gleichmässig auf die 17 km² Einzugsgebiet verteilt, ein durchschnittlicher Flächenabtrag von ungefähr 1 mm/Jahr, was gerade etwa den Erfahrungswerten in den mittelhohen Alpenrandgebirgen entspricht. Das bedeutet, dass dieses Berggebiet jedes Jahr 1 Millimeter niedriger wird. Eine nicht ganz korrekte Extrapolation ergäbe des weiteren, dass in der geologisch kurzen Zeit von einer Million Jahren 1000 Meter abgetragen würden, womit dann das Flyschbergland zwischen Alpstein und Churfirsten–Alvier völlig eingeebnet wäre. Diese Rechnung ist deshalb unkorrekt, weil mit laufender Erniedrigung des Berglandes auch die Erosion stark abgeschwächt wird.

Figur 6: Profile quer durch das Simmital zeigen, dass zwei Taltypen einander überlagern: ein weites eiszeitliches Trogtal und ein darin eingetieftes jüngeres Erosionstal.



Zudem würde der Abtrag bei Anhalten der zurzeit bekannten langsamen Heraushebung der Alpenrandgebirge von etwa 1 mm/Jahr gerade wieder wettgemacht.

Seit der letzten Eiszeit wurden der Simmi durch natürliche Prozesse einige Laufänderungen aufgezwungen. Bei Au nördlich über dem engsten Abschnitt des Simmitobels liegt eine Moränenmasse der letzten eiszeitlichen Vergletscherung, die eine Talverbauung anzeigt, welche der etappenweise abschmelzende Rheingletscher abgelagert hat. Wie das Gelände andeutet, hat diese Barrikade den früheren Weg der Simmi, der vermutlich nördlich der heutigen Schlucht über Au verlaufen ist, völlig verstopft. Die Simmi musste deshalb, nachdem der Rheingletscher den unteren Talabschnitt freigegeben hatte, einen neuen Lauf suchen. Sie fand ihn im Bereich der jetzigen Schlucht, wo sie den scharf eingeschnittenen Durchbruch rasch erodiert hat. Eine derartige Flussverlegung wird als Epigenese bezeichnet; sie ist in der Figur 5 eingezeichnet.

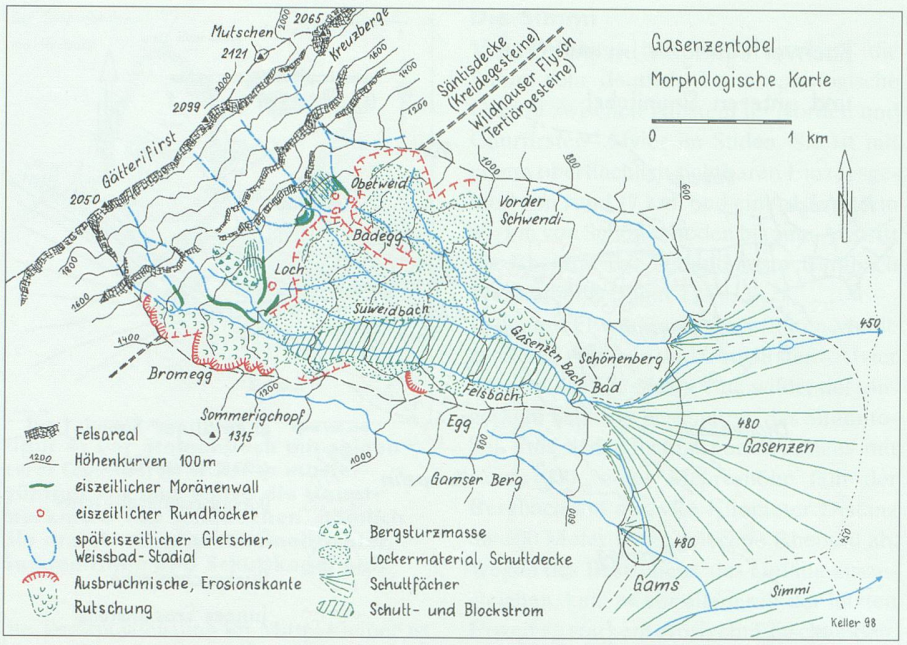
Talwärts unterhalb Bädli weicht die Simmi bogenförmig nach Norden aus. Eine ausgedehnte Hangrutschung mit Abriss bei Chaltenbach hat hier die Simmi erreicht und sie mit ihren Schuttmassen gezwungen, in einem weiten Bogen auszuweichen (Figur 5). Derselbe Prozess hat sich auch bei Loch/Litten abgespielt, wo das Abdrängen der Simmi nach Norden noch deutlicher in Erscheinung tritt (Figur 5). Das bucklige Gelände bei Bädli wie bei Loch/Litten zeigt noch immer diese Hangbewegungen an, wie ein altes, sichtlich schiefstehendes Bauernhaus bei Loch, das nicht mehr bewohnt wird, beweist. Im grossen aber hat sich die Situation inzwischen einigermassen beruhigt.

An den heutigen Formen kann auch noch die weiter zurückreichende Geschichte des Simmitals erschlossen werden. Bei genauerer Betrachtung des Geländes, etwa von Obwald aus, fällt auf, dass das Simmital im Bereich des eigentlichen Tobels zwischen Sägeboden und Litten aus zwei ineinandergeschachtelten Taltypen besteht. In ein breiteres Tal mit höherem Talboden und mit trogförmigem Querschnitt ist entlang der Talachse ein weiteres, enges und steilwandiges Tal eingeschnitten, eben das Simmitobel (Figur 6 und Bild 3).

3 Ins Einzugsgebiet nicht eingerechnet sind hier die unterirdischen Karstentwässerungen aus dem Alpstein und dem Churfirsten-Gebiet.

Wird das Tobel in Gedanken entfernt respektive aufgefüllt, so zeichnet sich ein typisches eiszeitliches Trogtal ähnlich dem Obertoggenburger Thurtal bei Unterwasser–Alt St.Johann ab. Ohne Zweifel hat das über die Wildhauser Transfluenz ins Toggenburg vordringende Eis des Rheingletschers diese Talform geschaffen. Durch glaziale Erosion wurde ein älteres Simmital (älter als die letzte Eiszeit) seitlich ausgeweitet. Der Talboden entstand teilweise durch Tiefenschurf, aber auch durch Verfüllung des früheren Flusstals mit glazialen Sedimenten. Deshalb sind die Terrassen über dem jetzigen Tobel als Reste des eiszeitlichen Talbodens fast durchwegs mit Moränenmaterial bedeckt, zum Beispiel bei Burstel und Betreien oder bei Schwendi und Badweid (Figur 6).

Um dieses breite Glazialtal zu schaffen, stand genügend Zeit zur Verfügung. Gemäss neuesten Untersuchungen stiess der Rheingletscher wahrscheinlich schon im Frühwürm (älterer Teil der letzten Eiszeit), zwischen 65 000 und 55 000 Jahren vor heute, bis in den Bodensee-Untersee vor und überfuhr dabei Simmi-aufwärts auch den Wildhauser Pass. Ein zweites Mal bedeckte er im sogenannten Hochwürm, vor 22 000 bis 15 000 Jahren, also während 7000 Jahren, wiederum das gesamte Simmigebiet bis in Höhen um 1500 m ü. M.



Figur 7: Im Gasenzen- und Felsbachgebiet wird das oberste Einzugsareal durch die Steilhänge der südlichsten Alpsteinkette gebildet. Erst von dort an, wo wenig resistenter Flysch den Untergrund aufbaut, hat sich das breite Erosionstobel entwickelt. Zwischen Felsbach einerseits und Suweidbach–Gasenzenbach anderseits füllt ein langgezogener Block- und Schuttstrom den innersten Teil des Tobels aus. Entsprechend den Ausmassen des gesamten Erosionstals ist im Rheintal ein mächtiger Schuttfächer aufgebaut worden.

Im Gefolge des Abschmelzens des Rheingletschers gegen Ende der letzten Eiszeit – im Simmital heisst dies vor 15 000 bis 14 000 Jahren – setzte dann die fluviale, linienhafte Erosion des eigentlichen Tobels im eiszeitlichen Talboden ein.

Es ist als sicher anzunehmen, dass bereits vor dieser jüngsten Eiszeit, also in der letzten interglazialen Warmzeit vor 130 000 bis 100 000 Jahren, ein Bachtobel existierte, das auf das damals schon tiefe Rheintal ausgerichtet war. Es muss mehr oder weniger den gleichen Verlauf genommen haben wie das heutige, die Platzverhältnisse lassen kaum eine andere Möglichkeit zu. Dieses zwischeneiszeitliche Simmitobel war im mittleren und oberen Teil nicht tiefer als der aktuelle Einschnitt. Andernfalls müssten nämlich noch mit Lockermaterial verfüllte Reste des damaligen Tobels unter der heutigen Simmi vorhanden sein, diese fehlen aber. Im unteren Abschnitt verdecken die weiter oben beschriebenen Rutschungen ein allenfalls einst tieferes Simmitobel.

Bild 4: Ansicht des Gasenzentobels von der Obetweid aus. Die kuppige, teils mit Blöcken bedeckte Landschaft deutet die ins Tobel hineingerichteten Rutsch- und Erosionsbewegungen an den steilen Abhängen an. Die Rundform im Wald rechts der Bildmitte ist der zentrale Blockstrom zwischen Gasenzenbach (links) und Felsbach (rechts). Im Hintergrund (oberer Bildteil) ist der mächtige Schuttfächer mit den Siedlungen Gasenzen (Mitte) und Gams (rechts) erkennbar. Bild: Oskar Keller, Eggersriet.

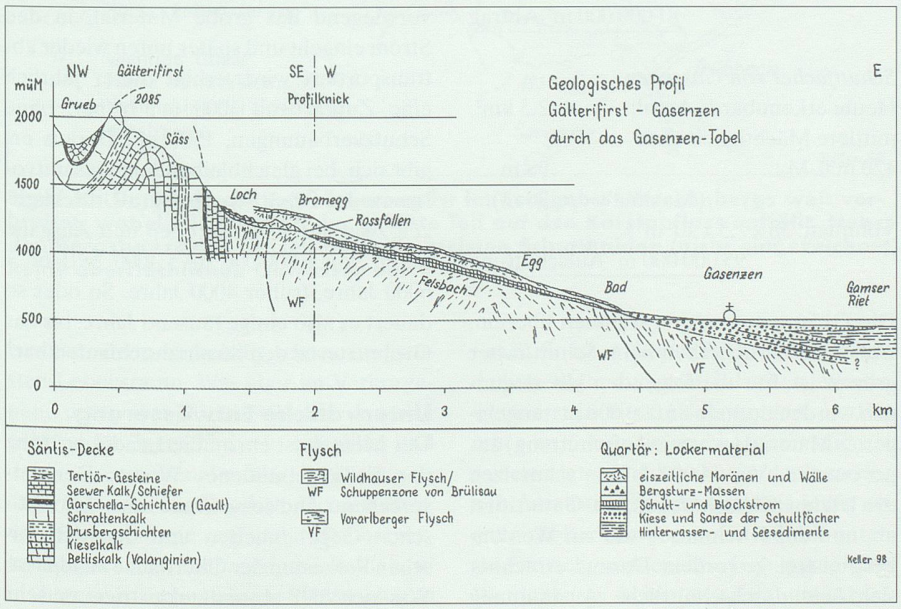
Gasenzen- und Felsbach

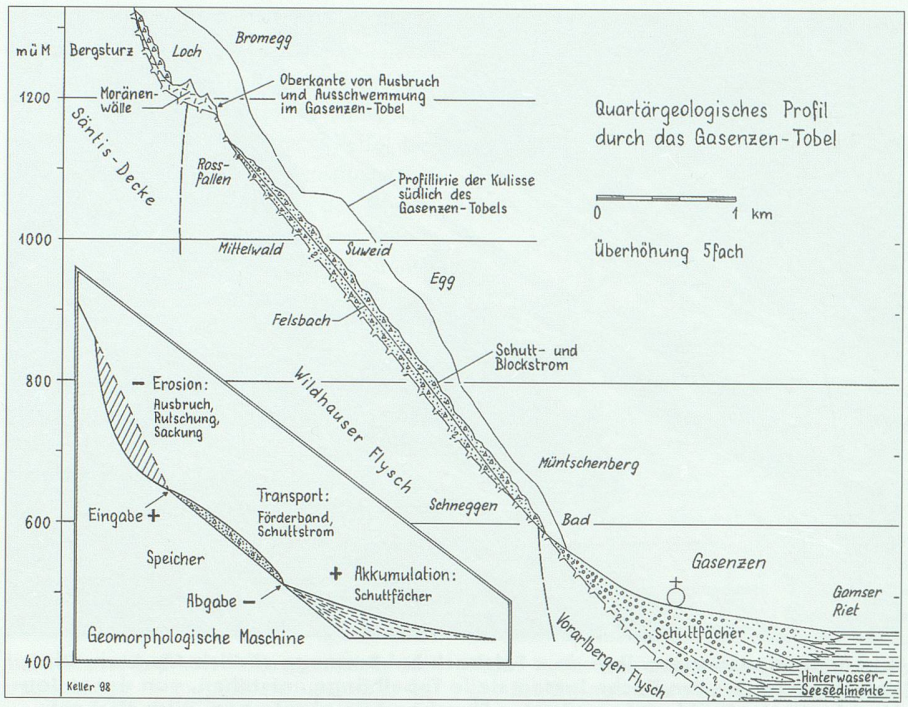
Hoch oben an den Hängen des Gätterifirsts liegt das Quellgebiet dieser beiden unberechenbaren Bergbäche. Sie vereinigen sich beim Bad oberhalb Gasenzen, wo sie gerade auf ihren mächtigen Schuttfächer austreten. Um die beiden Wildbäche zu zähmen, wurden kostspielige Verbauungen errichtet, und zum Schutz

des Dorfes hat man das Gewässer in einen Kanal gelegt, der nördlich abseits der Siedlung via den Kiesfänger im Mad in die Talebene absteigt (Bild 4). Diese Bergbäche entwässern zusammen mit zahlreichen kleinen Zubringern das Gasenzentobel.
Gasenzen- und Felsbach demonstrieren eindrücklich die Funktionsweise eines Systems, in dem die Zufuhr an Lockermaterial die Transportkraft der Entwässerung übersteigt. Gegenüber der Simmi ist das Einzugsgebiet mit wenig mehr als vier km² bei einer Gewässerlänge von nur drei Kilometern recht unbedeutend (Figur 7).
Im obersten Teil vom Gätterifirst herunter bis auf eine Linie Bromegg–Loch–Obetweid beherrschen die Felswände und Steilhänge der südlichsten Alpsteinkette mit resistenten Gesteinen der Säntisdecke die Szene (Figur 8). Die Terrassen von Loch und von Obetweid weisen Zeugen der Schlussphase der letzten Vergletscherung aus dem Weissbad-Stadial auf (Figur 7). Unter diesen Verflachungen setzt das eigentliche Gasenzentobel ein, das mit seinen Steilhängen und Ausbruchsnischen die nacheiszeitliche Ausräumung deutlich vor Augen führt (Bild 5). Diese weite Abtragungszone liegt im Bereich der schiefrigen, schlecht verfestigten und zerrütteten Flyschgesteine, die von Natur aus erosionsanfällig sind (Figuren 7 und 9).
Besonders auffällig ist die wie ein riesiger Fischrücken durch den ganzen Kessel bis zum Bad hinunterziehende Block- und Schuttmasse, eingeklemmt zwischen Felsbach am Südrand sowie Suweid- und Gasenzenbach am Nordrand (Bild 4). Der Rücken besteht aus rundum im Gasenzentobel erodiertem Geschiebe, vermischt mit Blockwerk. Gasenzen- und Felsbach waren offensichtlich nicht in der Lage, dieses Lockermaterial auszuräumen. Der talabwärts sich vorbauende Rücken kann als Block- und Schuttstrom aufgefasst werden, dem von oben her bei Grossereignissen schubweise Material zugeführt wird. Im unteren Abschnitt aber, zwischen Schneggen und Bad, nagen die beiden Bäche an ihm und führen laufend Material weg, was heute infolge der vielen Sperren nur noch beschränkt möglich ist. Im geologischen Profil erscheint der Blockstrom massstäblich korrekt in Ausmassen und Gefälle (Figur 8). Im überhöhten Profil (Figur 9) wird der Strom besser erkennbar, allerdings bei fünffacher Versteilung.
Die sich abspielenden Prozesse werden im Modell als «Geomorphologische Maschine» veranschaulicht (Figur 9). Oben kratzt der «Erosionsbagger» gelockertes Material aus dem Untergrund (– = Abtrag) und kippt es in den Speicher (+ = Materialeingabe). Das «Förderband» des Schuttstroms schiebt dieses talwärts, wo es auf die «Lastwagen» der beiden Bergbäche verladen wird (– = Materialabgabe aus dem Speicher). Diese transportieren den Schutt in die Ebene hinaus, bis er schliesslich beim Erlahmen der Transportkraft im Schuttfächer deponiert wird (+ = Aufschüttung). Um über den Umfang der Materialumsetzung Aussagen machen zu können, wurden einige Berechnungen angestellt. Da dabei viele Unsicherheiten in Kauf genommen werden müssen, dürfen die im folgenden aufgelisteten Zahlenwerte nur

Bild 5: Erosionsanrisse über dem Felsbach bei Bromegg südlich Alp Loch. Die tief eingeschnittenen Bäche lassen steile Tobelhänge entstehen, von denen laufend Lockermaterial und zerrüttetes Flyschgestein abrutschen. Bild: Michael Dürr, Gams.

Figur 8: Aus dem geologischen Profil lässt sich der Aufbau des Untergrundes im Gasenzenbachareal herauslesen. Talform und Gefällsverhältnisse von Gasenzen- und Felsbach sind der Geologie angepasst.





Figur 9: Im überhöhten Längsprofil durch das Gasenzentobel kommen vor allem die bedeutenden Aufschüttungen im Tobel selbst sowie auch im Schuttfächer zum Ausdruck. Das Modell der «Geomorphologischen Maschine» veranschaulicht die Arbeitsweise eines Bachsystems mit einem Schuttanfall, der im Durchschnitt grösser ist als die Transportkapazität.

im Sinne von Grössenordnungen verstanden werden.

Als erstes wurde das Gelände modellhaft rekonstruiert, so wie es am Ende der letzten Vergletscherung über dem heutigen Tobel ausgesehen haben könnte. Anhaltspunkte dazu liegen in den Tobelrändern im Bereich Egg–Bromegg, im Badegg und bei der Vorderschwendi vor. Insbesondere sind die Terrassen Loch und Obetweid mit aufgesetzten eiszeitlichen Moränenwällen sichere Zeugen der früheren Landschaft. Aus dem Vergleich mit der heutigen Tobeloberfläche liess sich das Volumen der gesamten Ausräumung annäherungsweise berechnen.

Im zweiten Schritt wurde der Rauminhalt des Gasenzen-Schuttfächers bestimmt, wobei allerdings die Mächtigkeit unterhalb des Rheintalniveaus unbekannt ist. Zu Beginn der Verfüllung erfolgte die Aufschüttung in den nacheiszeitlichen Rheintalsee.[4] Seine Spiegelhöhe von 420 m ü. M. wurde nun als Berechnungsbasis verwendet, wobei Auffüllungen am Talrand sicher tiefer reichen, aber über diesem Niveau Verzahnungen mit der vom Rhein her gesteuerten Auflandung, wie andernorts nachgewiesen, auch hier vorkommen.

In einem dritten Schritt wurde versucht, mit Hilfe von Hinweisen im Gelände den Tiefgang des Schuttstroms zu rekonstruieren, so dass daraus dessen heutiges Volumen ermittelt werden konnte. Es ergaben sich folgende Werte:

Ausräumung des Gasenzentobels

Abtragungsareal: 2,7 km²
mittlere Tiefe der Ausräumung: 30 m
(Maximalwert: 80 m)
Volumen: $30 \times 2{,}7 \times 10^6$ m³ =
81 000 000 m³ Abtrag

Schuttfächer von Gasenzen

Heute erkennbares Areal: 2,5 km²
mittlere Mächtigkeit über 420 m ü. M.: 38 m
(Maximalwert: 70 m)
Volumen: $38 \times 2{,}5 \times 10^6$ m³ =
95 000 000 m³ Aufschüttung

Die Grössenordnungen stimmen überein, wobei die Unsicherheit beim Schuttfächer grösser ist. Für die folgenden Überlegungen wurden deshalb 85 000 000 m³ umgelagertes Material (Abtrag/Aufschüttung) angenommen. Vor 14 000 Jahren schmolzen die letzten Gletscherchen am Gätterifirst ab, und der Rheintalsee war im Werdenberg eisfrei geworden. Daraus errechnet sich eine durchschnittliche Ausräumung von 6000 m³/Jahr. Sie lag in der Späteiszeit bei noch grossenteils vegetationslosem Gelände wohl wesentlich über dem Mittel und dürfte in jüngster Zeit auf vielleicht noch 3000 m³/Jahr gesunken sein.

Eine grobe Überprüfung dieser Zahlen ist möglich, indem mit der Materialzufuhr im Kiesfänger des Gasenzenbachs im Mad verglichen werden kann. Er fasst rund 7000 m³ Material und muss im Mittel etwa alle drei bis vier Jahre geleert werden. Diese Jahreszahl ist grossen Schwankungen unterworfen, kommen doch im Dezennienrhythmus katastrophale Einzelereignisse vor, die den Sammler allein zu füllen vermögen.[5] So ergibt sich ein durchschnittlicher Jahresabtrag im Einzugsgebiet des Gasenzenbachs von etwa 2000 m³ Material. Die beiden Wildbäche sind dank Sperren und Uferverbauungen in ihrem Materialtransport heute stark behindert, was diesen deutlich tieferen Wert für den Abtrag erklärt. Die mit den Geländemodellen berechneten Werte sind somit grössenordnungsmässig akzeptabel.

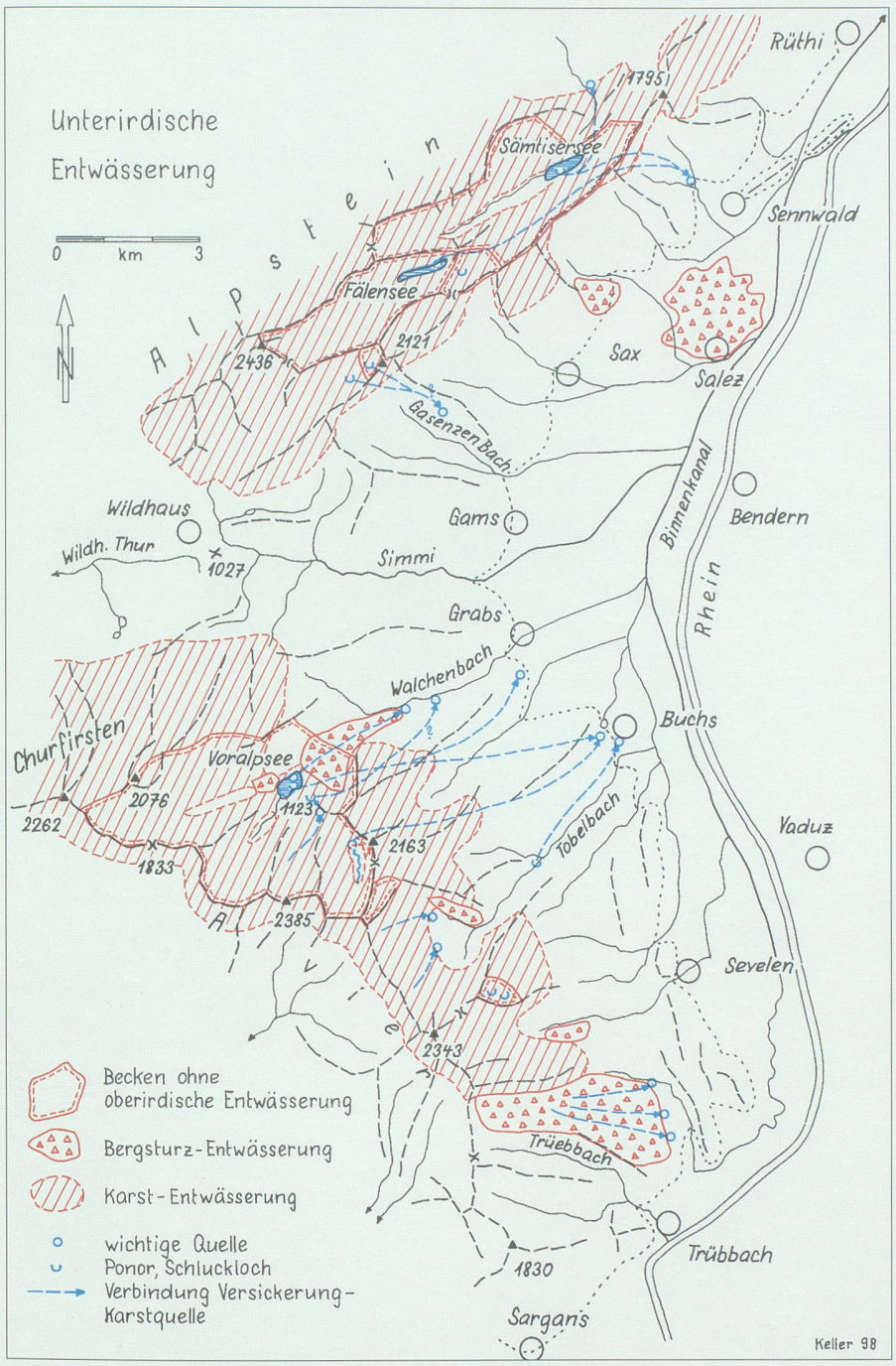
Block- und Schuttstrom

bedecktes Areal: 0,53 km³
mittlere Mächtigkeit: 11 m
(Maximalwert: 40 m)
Volumen: $11 \times 0{,}53 \times 10^6$ m³ =
6 000 000 m³ Materialinhalt

Interessant sind auch noch Überlegungen zum «Speicher und Förderband» des Block- und Schuttstroms (Figur 9). Unter der Annahme, dass die Hälfte des gesamten Abtrags im Gasenzentobel, nämlich vorwiegend das grobe Material, in den Strom eingeht und später unten wieder abtransportiert wird, erhält dieser jährlich eine Zufuhr von 1000 m³, früher, ohne Schutzverbauungen, 1500 m³. Daraus ergibt sich, bei gleichbleibendem Gesamtvolumen des Schuttstroms, eine Umschlagszeit zwischen Eingabe oben und Ausgabe unten von 6 000 000 m³ : 1000 m³/Jahr = 6000 Jahre, früher 4000 Jahre. So oder so dauert es also einige tausend Jahre, bis das Grobmaterial den Strom durchlaufen hat.

Unterirdische Entwässerung

Der Mensch ist ein an die Landoberfläche der Erde gebundenes Wesen. Dementsprechend sind seine Sinne auch den statischen Gegebenheiten und den dynamischen Prozessen der Oberfläche angepasst. Was sich hier abspielt, registriert er sehr



Figur 10: Unterirdische Entwässerung ist im Berggebiet Werdenbergs weit verbreitet, wobei mit Abstand der grösste Teil auf den Karstabfluss entfällt. Nebst den Bergsturzzonen weisen auch die meisten Schutthalden (nicht eingezeichnet) keine oberflächlichen Gewässer auf.

bewusst, denn es betrifft seinen ureigensten Lebensraum. Was aber im Verborgenen, unter der Erdoberfläche, vor sich geht, ist für ihn nicht direkt einsehbar und daher vorerst einmal unklar, verdächtig, ja sogar irgendwie unheimlich. Höhlen etwa, vor allem wenn sie eng sind, rufen bei vielen Menschen Unbehagen und Beklemmnis hervor, manchmal sogar Platzangst und Panik. So ist es verständlich, dass unter anderem auch die unterirdischen Wasserwege erst in diesem Jahrhundert die Forscher zu interessieren begannen und erst seit den letzten Jahrzehnten dank moderner Ausrüstung direkt und mit Hilfe neu entwickelter Markierstoffe indirekt intensiv erforscht werden. Die Gebirgsregionen Werdenbergs weisen ausgedehnte Areale auf, in denen keine sichtbaren Wasserwege vorhanden sind oder in denen kurze Bachläufe plötzlich versiegen und im Untergrund verschwinden. Auch abflusslose Seen entwässern unterirdisch. Da in unserem Klima die Niederschläge gegenüber der Verdunstung stark überwiegen, müssten sich die Seebecken bis zum Überlaufen mit oberirdischem Abfluss füllen. In der Karte der Figur 10 sind die Gebiete mit unterirdischer Entwässerung eingezeichnet.

Unterirdische Entwässerung stellt sich dann ein, wenn der Fels- oder Lockermaterialuntergrund so stark wasserdurchlässig ist, dass er das von den Niederschlägen oder Gewässern anfallende Wasser vollständig aufnehmen und durch ein Hohlraum-, Kluft- oder Spaltensystem ableiten kann. Alles in der Tiefe abfliessende Wasser kommt irgendwo wieder zum Vorschein. Die Frage ist nur wo? Viele, aber noch längst nicht alle derartigen Zusammenhänge sind heute erforscht und bekannt, kaum aber die verwinkelten Verläufe der unterirdischen Abflussbahnen.

In unseren Gebirgszonen sind drei Gesteinsarten für unterirdischen Abfluss prädestiniert:

1. Schutthalden und Schuttkegel, die aus Kiesen und Steinanhäufungen mittlerer Grösse bestehen, eine lockere Lagerung aufweisen und kaum Feinstmaterial (Silt, Ton, Lehm) enthalten.
2. Bergsturzmassen mit vorwiegend groben Gesteinsblöcken.
3. Festgesteinsschichten mit hohem Kalkanteil und einer durch die Gebirgsbildung verursachten stärkeren Klüftung, wobei das einsickernde Wasser Kalk löst, was die Durchlässigkeit steigert.

Als Region, in der alle drei Typen mehrfach nebeneinander auftreten, ist der Voralpsee mit seiner Umgebung zu nennen; er ist in der Karte der Figur 11 dargestellt.

Karstentwässerung

Der grösste Flächenanteil an der unterirdischen Entwässerung im Werdenberger Berggebiet fällt der an kalkreiche Gesteine gebundenen Karstentwässerung zu. Sie soll deshalb genauer beschrieben werden. Das Grundphänomen ist die Fähigkeit des Wassers, Kalk zu zersetzen und in gelöster Form abzuführen. Regenwasser nimmt

4 Vgl. Keller 1989.

5 Freundliche Mitteilung von Josef Kramer, Bauamt Gams.

beim Durchgang durch die Atmosphäre Kohlendioxid auf, wodurch es Kohlensäure-wirksam wird. Regen, der auf Kalkgestein fällt, vermag nun dank der Kohlensäure den Kalk chemisch in Kalziumbikarbonat umzusetzen. Dieses ist wasserlöslich, wie zum Beispiel Kochsalz im Wasser, und wird mit dem abfliessenden Wasser weggeführt.

Das durch Spalten, Fugen, Klüfte und Verwerfungen ins Innere der Kalksteinschicht eindringende, CO_2-reiche Wasser löst auf seinem Weg laufend Kalk und führt das Bikarbonat ab. Auf diese Weise erweitern sich die Fliesswege im Kalkgestein, bis schliesslich ganze Höhlensysteme entstehen, durch die das versickerte Wasser auf verschlungenen Wegen unterirdisch der Vorflut im Haupttal zustrebt (Bild 6).

Im Alpstein, im Alviergebiet und in den Churfirsten sind in erster Linie Schrattenkalk, Seewerkalk und Kieselkalk stark verkarstet. Tonig-mergelige Gesteine bilden dagegen Grenzen der Verkarstung. Sie sind kaum löslich und wirken als Wasserstauer, sofern sie nicht von Spalten und Klüften durchsetzt sind. Diese Eigenschaften zeigen vor allem Zementsteinschichten und Palfris-Schiefer, Drusbergschichten, Amdener Schiefer sowie Flyschgesteine.

Lösung von Kalk in Wasser

In chemischen Formeln und Gleichungen dargestellt:

(1) H_2O + CO_2 ⟶ H_2CO_3

Regenwasser, Regentropfen — Kohlendioxid aus der Luft — Kohlensäure, nun im Wasser enthalten

(2) H_2CO_3 + $CaCO_3$ ⟶ $Ca(HCO_3)_2$ ⟶

Kalk = Ca-Karbonat — chemische Umsetzung — Ca-Bikarbonat, wasserlöslich — Abtransport, gelöst im Wasser

Durchsickert Regenwasser Bodenbildungen, vor allem Humus, wird es zusätzlich mit CO_2 angereichert und damit im Kalkgestein unter Bodenbedeckung besonders stark chemisch wirksam.

Unterirdische Entwässerung in der Alviergruppe; Voralpsee und Alp Sisitz

Das allgemeine Einfallen der Gesteinsschichten der Alviergruppe zeigt nach Nordosten, was durch das Abtauchen der Säntisdecke unter das Rheintal bedingt ist. Demzufolge ist auch die grossräumige, unterirdische Karstentwässerung aus den Alvier-Hochzonen vorwiegend gegen das Rheintal ausgerichtet. So fliesst das Wasser des Tobelbaches südwestlich Buchs von der Schwinde in der Nähe der Nasenbrugg unterirdisch zum Traubenweiher in Buchs. Es benötigt für die knapp vier Kilometer Distanz rund zwei Tage (Figur 10).

Eine auffällige Häufung wasserreicher Quellen ist zwischen Oberschan und Azmoos zu beobachten. Hier handelt es sich allerdings nicht um Karstquellen, sondern um Wasseraustritte des im ausgedehnten Bergsturzareal unter den Flidachöpfen zwischen Labria und Malans versickernden Wassers (Bild 7). Es tritt am Bergsturz-Aussenrand zu Tage, von unten gestaut durch liegende Grundmoräne und Mergelschiefer (Figur 10).

Die Karte in Figur 11 ist speziell auf die nachfolgend beschriebenen Erscheinungen im Raum Sisitz–Voralpsee zugeschnitten. Im Hochtal von Sisitz (Bild 8), zwischen Fulfirst und Margelchopf, besteht der Felsuntergrund vorwiegend aus Schrattenkalk und Kieselkalk, die beide zur Verkarstung neigen. Es findet sich denn auch nur ein einziger kleiner Bach, der sich durch das Sisitzer Riet schlängelt. Seine Existenz verdankt er der auf dem Muldenboden während der Eiszeit abgelagerten Grundmoräne und den liegenden Drusbergschichten, die beide wegen der darin enthaltenen Ton- und Siltanteile als Stauer wirken, so dass das Wasser nicht versickern kann. Sobald diese beiden Materialien aussetzen, nämlich wenig oberhalb der Alphütten, findet das Wasser Schlucklöcher, in denen der kleine Bach verschwindet. Vor kurzem durchgeführte Färbungsversuche haben gezeigt, dass das Wasser nicht wie vermutet in der nur einen Kilometer entfernten Karstquelle unter dem Schlösslichopf austritt, sondern unter dem Margelchopf hindurch sechs Kilometer weit zu den Karstaufstössen des Werdenberger Seeleins hinunterfliesst. Die

Bild 6: Glasür hoch oben am Sevelerberg (Alp Arin) unter dem Hurst ist eine Riesendoline, die durch Verkarstung entstanden ist. Unterirdische, durch Kalklösung gebildete Hohlräume sind trichterartig eingebrochen. Das sich in der kraterförmigen Vertiefung ansammelnde Wasser wird zu einem See aufgestaut, der unterirdisch entwässert. Bild: Oskar Keller, Eggersriet.

Bild 7: Unter den Flidachöpfen (links oben) breitet sich ein grosses Bergsturzareal aus, das sich bis nach Malans hinunter ausdehnt und mehrheitlich waldbedeckt ist (Bildmitte von links nach rechts). Am Fuss der Felswände haben sich jüngere Schutthalden entwickelt. Am Ostrand des Bergsturzgebietes entspringen im Bereich Oberschan–Malans zahlreiche Quellen aus den wasserdurchlässigen Schutthalden. Bild: Hans Jakob Reich, Salez.

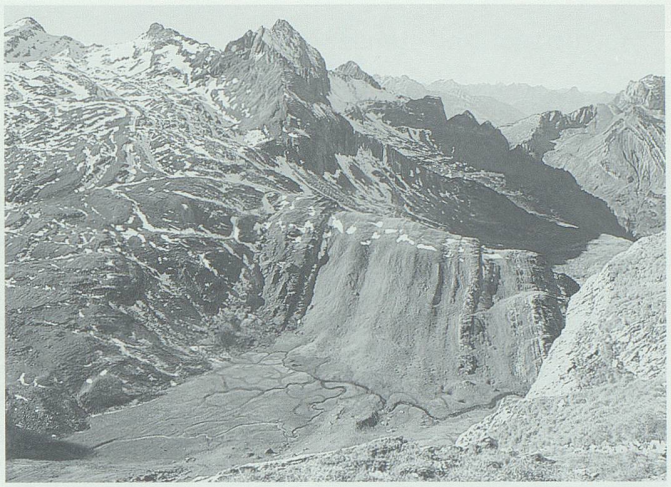


Bild 8: Die Hochtalmulde Sisitz, 1900 m ü. M., vom Margelchopf aus gegen Westen. Die Schichtrippen in der Bildmitte bestehen aus vorwiegend mergeligen Drusbergschichten, die wasserundurchlässig sind. Auf ihnen konnte sich daher ein Riet mit einem mäandrierenden Bachlauf entwickeln. Die kuppigen Felszonen (links) wie auch die Pyramide des Rotsteins werden von verkarstungsfähigem Kieselkalk eingenommen. Bild: Hans Jakob Reich, Salez.

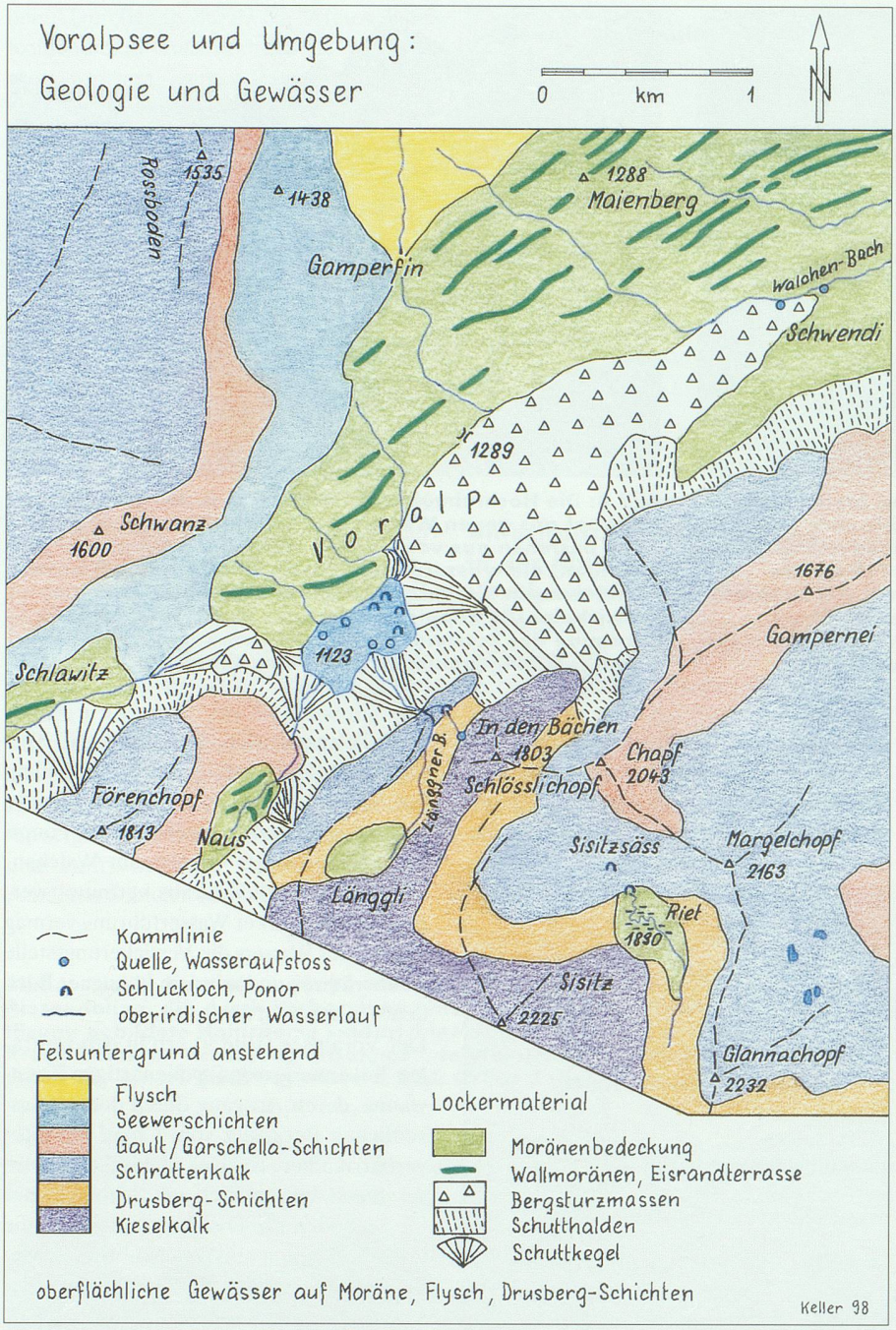
Quelle «In den Bächen» unter dem Schlösslichopf wird aus dem Gamsberggebiet von Südwesten her versorgt. Sie entspringt an der Grenze Drusbergschichten-Kieselkalk, wobei hier die Drusbergschichten unten liegen, das Karstwasser stauen und zum Austreten zwingen. Hangabwärts folgt unterhalb der Drusbergformation beim nächsten Felsband der Schrattenkalk. Der Quellbach fliesst auf den Drusbergschichten ab und verschwindet an der Grenze zum Schrattenkalk wieder in einem Ponor, dessen zugehörige Quellen im Walchenbachtal südwestlich Grabs vermutet werden. Nur bei starker Wasserführung vermag ein Teil des Wassers die Versickerungsstelle zu überfahren und mit dem Langgner Bach den Voralpsee zu erreichen.

Der Voralpsee (Bild 9) erfüllt den zentralen Teil einer grossen, poljenartigen Karstwanne, deren Ausgang durch den späteiszeitlichen Bergsturz vom Chapf herunter verbarrikadiert ist. Das idyllische Gewässer fliesst unterirdisch via Schlucklöcher im Seeboden ab. Die Annahme, dass die grossen Quellen am Walchenbach (Rogghalmquellen) südwestlich Grabs über diesen Weg versorgt werden, ist durch Färbungsversuche widerlegt worden. Das am Seeboden abfliessende Wasser tritt erst am Rheintalrand wieder aus, und zwar in den Hugenbüelquellen bei Grabs und in den Quellen am Werdenberger Seelein (Figur 10), was der generellen Richtung der Karstentwässerung im Alviergebiet entspricht. Möglicherweise infiltriert ein Teil des Voralpseewassers auch direkt in den Grundwasserstrom im Rheintal.

Wenn grosse Wassermengen den Voralpsee erreichen, ist die unterirdische Entwässerung wie ein überlastetes Rohrsystem nicht mehr in der Lage, den Zufluss vollständig abfliessen zu lassen. In diesem Fall

Begriffe rund um den Karst

Karst	Gesamtheit der mit der Kalklösung zusammenhängenden ober- und unterirdischen morphologischen Formen und Bildungen
Karst	Gebirgslandschaft in Slowenien östlich Triest; charakterisiert durch ausgeprägte Karstformen; namengebend für Karsterscheinungen
Verkarstung	Prozesse, die zu Karsterscheinungen führen
Karren	Durch Kalklösung auf Kalkgestein gebildetes Rillensystem
Dolinen	Einsturztrichter bei unterirdischen, durch Verkarstung entstandenen Hohlräumen (Bild 6)
Polje	Oft viele Kilometer messendes Grossbecken, entstanden durch Verkarstung, insbesondere durch Kalklösung
Ponor, Schwinde, Schluckloch	Versickerungsstelle eines Baches oder in einem See mit unterirdischem Abfluss
Karstquelle	Bach- oder Flussaustritt aus einem Karstsystem
Karsthöhle	Durch Kalklösung in einem Felskluftsystem angelegte Höhle
Tropfstein	In Karsthöhlen durch Kalkausscheidung aus tropfendem Wasser sich aufbauendes, säulenartiges Gebilde
Stalaktit	Von der Höhlendecke herunterhängendes Tropfsteingebilde
Stalagmit	Dem Höhlenboden aufgesetzte Tropfsteinsäule



Figur 11: Die Gegend um den Voralpsee ist durch einen häufigen Wechsel in der Abflussart gekennzeichnet. Oberirdische oder aber unterirdische Entwässerung hängen eng mit Bau und Material des Untergrundes zusammen. Tonig-mergeliges Felsgestein oder lehmige bis siltige Grundmoräne lassen oberflächliche Gewässer zu. Im ganzen ist unterirdischer Abfluss vorherrschend.

funktioniert das Seebecken wie ein Expansionsgefäss. Das Karstsystem unter dem See füllt sich und gibt zusätzlich noch Wasser durch verschiedene Aufstösse in den See ab. Der Seespiegel steigt an, bis das Wasser über die Felsschwelle zwischen Höhi und Chalchofen überläuft. Es ergäbe sich also theoretisch ein oberirdischer Hochwasserabfluss, der aber nirgends zu erkennen ist. Da im Abflussbereich die mächtigen Chapf-Bergsturzmassen liegen, erfolgt der Überlauf ebenfalls unterirdisch, zwar nicht im Karst, aber im Bergsturzschutt. Jetzt werden die grossen Quellen am Ostende der Sturzablagerungen bei der Schwendi zusätzlich noch mit Voralpseewasser gespiesen (Figuren 10 und 11).

Karstentwässerung im Alpstein; Fälensee, Sämtisersee und der Mülbach

Wie das Alviergebiet ist auch der Alpstein prädestiniert, Karstformen zu bilden. Auch hier sind es insbesondere Schrattenkalk und Seewerkalk sowie Kieselkalk, die zur Verkarstung neigen. Von den drei grösseren Alpsteinseen haben deren zwei keinen oberirdischen Abfluss, nämlich Fälensee und Sämtisersee. Daneben gibt es noch eine grössere Anzahl kleinerer Wannen, die ebenfalls unterirdisch entwässern, zum Beispiel das tiefe Becken von Hintergräppelen oder die Mulde Obergrueb westlich des Mutschen, die noch zum Werdenberg (Gemeinde Sennwald) gehört. Wie die vorhandenen Schlucklöcher und Versickerungsstellen beweisen, liegt stets Karstentwässerung vor (Figur 10).

Andererseits kennen die Bewohner der Region seit jeher die ergiebigen Quellen am Aussenrand des Alpsteins, aus denen vor allem bei Schneeschmelze unvermittelt wasserreiche Bäche austreten. Die Zusammenhänge allerdings waren nicht bekannt, weshalb fantasievolle Sagen und Vermutungen über die Bergwasser erfunden und weitererzählt worden sind.[6]

Bereits 1921 wurden im Fälen- und im Sämtisersee Markierversuche vorgenommen, um herauszufinden, wo das aus den beiden Seen unterirdisch abfliessende Wasser wieder zutage tritt (Bild 10). Auslöser waren Projektierungen von Wasserkraftanlagen zur Elektrizitätsgewinnung. Damals wurde mit Fluoreszin gefärbt und in einem zweiten Versuch am Sämtisersee Kochsalz verwendet. Resultate (Figur 10): Fälensee und Sämtisersee entwässern gemeinsam ins Rheintal zur Mülbachquelle bei Sennwald, die im Mittel beachtliche 34 000 l/Min. liefert. Interessanterweise besteht am Sämtisersee kein Zustrom von Fälenseewasser. Hingegen fliesst Sämtiserseewasser in geringem Mass auch zur Pfannenstielquelle bei Brülisau. 1986 wiederholte Färbversuche bestätigten die früheren Untersuchungen.

Die Karst-Entwässerungswege folgen also den Falten- und Muldenachsen sowie dem allgemeinen Absteigen des Alpsteins nach Nordosten. Irgendwo muss aber zudem die südlichste Alpsteinfalte quer zum Streichen durchbrochen werden. Dafür kommen tiefreichende Querbrüche im Stauberengewölbe in Frage. Die sehr niedrig liegende Vorflut des Rheintals dürfte das Umlenken nach Süden induziert haben.

Bild 9: Das Kerngebiet der weiten Mulde des Voralptales wird vom grössten See Werdenbergs, dem Voralpsee, eingenommen. Dieses Gewässer ist durch Schuttmassen gestaut (rechts unten), die gegen Ende der letzten Eiszeit als Bergsturz vom Chapf (links im Schatten) niederfuhren. Zudem weist der See unterirdische Karstentwässerung auf, liegt er doch in einer durch Kalkgesteine gebildeten Felswanne. Das im Seeboden über Schlucklöcher abfliessende Wasser tritt erst am Rheintalrand wieder ans Tageslicht. Bild: Hans Jakob Reich, Salez.

Bild 10: Alpsteingebirge von Osten mit Sämtiserseetal und den Hauptgipfeln Säntis (rechts) und Altmann (links). Auf der Nordseite der Hohen-Kasten–Stauberen-Falte (links) liegen in einer tektonisch komplizierten Muldenzone Sämtisersee (Vordergrund) und Fälensee (über der Bildmitte). Beide besitzen keine oberirdischen Abflüsse, sondern entwässern in einem Karstsystem durch die Kalkgesteine des Untergrundes. Dabei findet das Wasser quer unter dem Stauberengewölbe hindurch den Weg ins Rheintal hinunter (links aussen). Bild: Wild, Heerbrugg.

Die Durchflusszeiten sind sehr unterschiedlich und stehen in Abhängigkeit zu den Abflussmengen. Vom Sämtisersee erreichte der Markierstoff minimal in einem Tag, maximal in dreieinhalb Tagen die Karstquelle. Für den Fälensee werden Werte zwischen minimal wenig mehr als einem Tag und maximal 13 Tagen angegeben. Daraus kann geschlossen werden, dass die unterirdischen Karstwege sehr unregelmässig gebaut sind. Strecken mit geringem Gefälle wechseln mit Abstürzen und Wasserfällen, und nebst Engnissen treten unterirdische Seebecken mit langer Verweildauer auf.

Schlussgedanken

Obwohl das Werdenberg ein kleines «Land» ist und sein Anteil an den Alpen dementsprechend gering ausfällt, weist es in bezug auf die Gewässer allein schon in der Bergregion eine beachtliche Vielfalt auf. Auf den ersten Blick allerdings scheinen sich einfach wilde Tobel an den Bergflanken und Schuttfächern im Rheintal gleichförmig und langweilig aneinanderzureihen. Erst die Vertiefung des Beschauers oder Wanderers in die Feinformen und in die kleinen Details der Landschaft führt zur Erkenntnis, dass viele verschiedene, höchst interessante naturgegebene Bildungen vorliegen und dass eine grosse Dynamik zahlreiche Prozesse in Gang hält, die bisher das Relief gestaltet haben und es laufend weiterentwickeln. Bergbäche und ihr Umfeld sind dabei besonders starken Wandlungen unterworfen und deshalb ein intensives Betrachten und ein vertieftes Studium wert. Dies aufzuzeigen war das Ziel dieses Artikels über die Natur der Bergbäche Werdenbergs.

6 Vgl. den Abschnitt «Das Wasser im Berg» in Hans Boeschs Beitrag «Klar und kräftig aus der Tiefe herauf» in diesem Buch.

Literatur

P. Arbenz, *Geologisch-hydrologische Studien über die Abflussverhältnisse des Sämbtisersees und des Fählensees.* Bern 1923.

A. Aschwanden et al., *Die Ergebnisse des Projekts KLIMA 90.* – In: *Klimatologie 1961–1990,* Heft 2, Band 4. Schweizerische Meteorologische Anstalt. Zürich 1996.

Robert Attinger, *Tracerhydrologische Untersuchungen im Alpstein.* – In: *Geographica Bernensia 29.* Bern 1988.

Ueli Briegel, *Geologie der östlichen Alviergruppe (Helvetische Decken der Ostschweiz) unter besonderer Berücksichtigung der Drusberg- und Schrattenkalkformationen (Unterkreide).* – In: *Eclogae Geologicae Helveticae,* 65/2. Basel 1972.

Ch. Haering et al., *Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte der Schweiz, Blatt Toggenburg.* – In: *Schweizerische Geotechnische Kommission, ETH.* Zürich 1994.

Hans Heierli, *Die Ostschweizer Alpen und ihr Vorland.* – In: *Sammlung Geologischer Führer,* 75. Borntraeger, Berlin, Stuttgart 1984.

Oskar Keller, *Ältere spätwürmeiszeitliche Gletschervorstösse und Zerfall des Eisstromnetzes in den nördlichen Rheinalpen.* – In: *Physische Geographie,* Vol. 27, 2 Bände. Zürich 1988.

Oskar Keller, *Geologie und Landschaftsgeschichte der Werdenberger Alpen.* – In: *Werdenberger Jahrbuch 1989.* Buchs 1988.

Oskar Keller, *Die geologische Entwicklung des Alpenrheintals.* – In: *Werdenberger Jahrbuch 1990.* Buchs 1989.

Edgar Krayss, *Rutschungen im st.gallisch-appenzellischen Molassegebiet (Widenbach, Goldach, Sitter).* – In: *Berichte der St.Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft,* Band 82. St.Gallen 1985.

Ch. Leibundgut, *Karstwasseruntersuchungen im Gebiet Churfirsten/Alvier.* – Im Amt für Umweltschutz des Kantons St.Gallen. St.Gallen 1995.

Geologische Karten

Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000. *Blatt 1115, Säntis,* Atlasblatt 78. H. Eugster et al. Schweizerische Geologische Kommission. Zürich 1982.

Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000. *Blatt 4, St.Gallen–Chur.* Schweizerische Geologische Kommission. Bern 1959.

Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100 000. *Blatt 5, Toggenburg.* Ch. Haering et al. Schweizerische Geotechnische Kommission. Zürich 1993.