

Der (hydro)geologische Rahmen von Sinterquellen im Raum St. Pankrazen/Weststeiermark

Von Bernhard HUBMANN¹, Gerfried WINKLER¹ und Erwin MASSER¹

Mit 8 Abbildungen

Angenommen am 30. Dezember 2007

Summary: (Hydro)geologic environment of sinter springs at St. Pankrazen area (Styria/Austria). – In the area of St. Pankrazen – Pleschkogel near Stiwwoll about 20 km north-eastern of Graz calcareous sinter structures are known. The calcite precipitation at the springs form calcareous sinter structures within leaves and moss accumulations causing the formation of phytotherm frimestones. Within the hydrogeological mapping the springs and at the springs the field parameters discharge, water temperature and electric conductivity were recorded. Additionally the sinter structures were mapped area-wide. The sinter structures are bound to lime/dolostones of the Palaeozoic of Graz.

Zusammenfassung: Im Raum von St. Pankrazen – Pleschkogel etwa 20 km nordöstlich von Graz treten an Quellaustritten Kalktuff-Bildungen auf. Es bilden sich dort in Verbindung mit dem Auftreten von Laubmoosen mehrere Dezimeter mächtige Karbonatstrukturen, die als phytotherm frimestones klassifiziert werden können. Im Zuge einer hydrogeologischen Kartierung wurden die Quellen sowie an den Quellen die Feldparameter Schüttung, Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit erfasst. Zusätzlich wurden auch die Sinterbildungen flächendeckend aufgenommen. Die Sinterbildungen (Kalktuff-Bildungen) sind an Karbonatgesteine des Grazer Paläozoikums gebunden.

1. Einleitung

Der vorliegende Beitrag stellt Ergebnisse der im Zuge der geologisch/hydrogeologischen Kartierung erfassten Geländeparameter im Raum St. Pankrazen – Pleschkogel, etwa 20 km nordöstlich von Graz, dar. Es erfolgte eine flächendeckende Quellenaufnahme, wobei bei den Quellaustritten die Feldparameter Schüttung [l/s], Wassertemperatur [°C] und elektrische Leitfähigkeit [µS/cm] erfasst wurden. Besonderes Augenmerk wird den Mineralausfällungen (Sinterbildungen) an den Quellen und Oberflächengerinnen gewidmet.

Hier werden Karbonatkörper unterschiedlicher flächenhafter Ausdehnung rezent gebildet, die in vergangenen Zeiten als Bau- und Werksteine Verwendung gefunden haben. Die Sinterbildungen und ihre potentielle Gewinnbarkeit sind baurestauratorisch bedeutend.

2. Kurzcharakterisierung des Untersuchungsgebietes

2.2 Geologischer Aufbau

Das Gebiet umfasst zwei geologische Haupteinheiten: die karbonatisch dominierten Abfolgen des Rannach-Hochlantsch-Deckensystems des Grazer Paläozoikums und die feinsiliziklastisch dominierten Abfolgen der Kainacher Gosau. Letztere liegen in transgressivem Kontakt auf den paläozoischen Gesteinen und plombieren deren Paläorelief.

¹ Bernhard HUBMANN, Gerfried WINKLER & Erwin MASSER, Institut für Erdwissenschaften der Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstr. 26, A-8010 Graz, E-Mail: bernhard.hubmann@uni-graz.at, corr. author: gerfried.winkler@uni-graz.at, winnie_masser@hotmail.com

2.3 Grazer Paläozoikum

Das Grazer Paläozoikum ist ein ca. 1250 km² großes Gebiet nördlich von Graz. Es ist im Norden, Osten und Westen tektonisch begrenzt und im Süden von Neogenen Sedimenten überlagert.

Dadurch ist es von anderen wenig metamorphen (anchizonal bis grünschieferfaziellen) Paläozoikumsvorkommen in den Ostalpen isoliert. Es besteht aus mehreren Fazies- und „Mehrfazies“-Decken, deren Sedimente (biostratigraphisch belegt: Silur – Pennsylvanum) unterschiedliche metamorphe Überprägung aufweisen. Tektonisch werden drei große Deckengruppen (FRITZ & NEUBAUER 1990) unterschieden: Eine höhere Deckengruppe (Rannach-Hochlantsch-Decke); eine mittlere Deckengruppe (Laufnitzdorf-Decken und „Kalkschiefer-Decken“) und eine tiefere Deckengruppe (Schöckl-Hochschlag-Deckengruppe).

Die Deckenstapelung erfolgte – belegt durch die diskordante Auflagerung der Kainacher Gosau und Detailuntersuchungen von FRITZ & KRALIK (1986) und FRITZ (1988) – vorgosauisch. Die präalpine Deformation und Metamorphose sind aufgrund der alpidischen Überformung nur punktuell fassbar (HASENHÜTTL 1994, 1995; HASENHÜTTL & HUBMANN 1995). Das Alter einer variszischen Gefügeprägung ist, abgeleitet aus dem Altersumfang der Dult-Gruppe, jünger als Bashkirium.

Im Bereich des untersuchten Gebietes treten anchizonal überprägte Gesteine der Rannach-Decke auf (Abb. 1 und 2), die folgenden lithostratigraphischen Einheiten (vgl. FLÜGEL 2000; EBNER & al. 2000, 2001; HUBMANN 2003; HUBMANN & FRITZ 2004; HUBMANN & MESSNER 2005) zugewiesen werden können: Flösserkogel-Formation, Plabutsch-Formation und Kollerkogel-Formation.

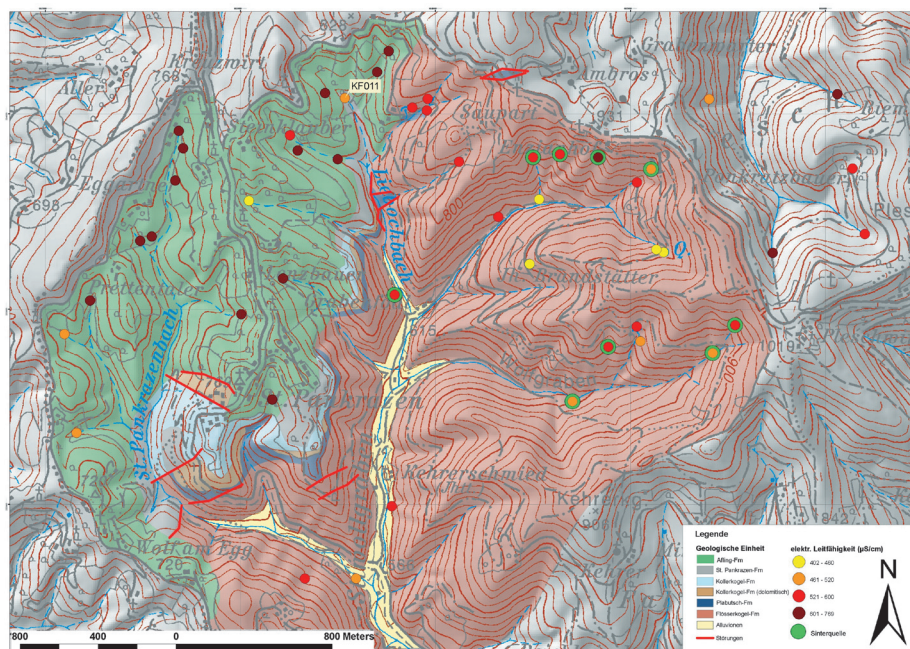


Abb. 1: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes mit den darin erhobenen Quellen. An den grün hinterlegten Quellen treten Sinterbildungen an den Quellaustritten auf.

Geological map of the investigation area including the geographical position of the springs. The green underlayed spring symbols show the position of calcareous-sinter at some springs.

Flösserkogel-Formation (Pragium – Eifelium; Givetium?): vorherrschende Lithologien sind selten fossilführende, gelblich-braune Dolomite, teilweise bioturbate Silt-Sandsteine (*Scalarituba*) und Vulkanoklastika (grünliche, rot-violette Lapilli-Tuffite), die Gesamtmächtigkeit dürfte um 400 m liegen. In der näheren Umgebung von Graz weist die Formation eine deutliche lithologische Gliederung auf, die in der Abgrenzung in Subformationen Ausdruck findet (FLÜGEL 2000): Göstinggraben-Subformation, Admonterkogel-Subformation, Pfaffenkogel-Subformation und Treffenberg-Subformation.

Im westlichen Bereich des Grazer Paläozoikums (vor allem nördlich des Pleschkogels) auftretende Abfolgen, deren dominierendes Element schwarze tabulate und rugose Korallen führende Kalke darstellen, werden als Pleschkogel-Subformation (EBNER 1998) zusammengefasst.

Die auf Abb. 1 dunkelbraun kartierte Flösserkogel-Formation entspricht im Wesentlichen der Ausbildung der Pleschkogel-SbFm. Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, dass in unterschiedlichen Niveaus der Profilabfolge zum einen schwarze, teilweise plattige Kalke mit Favositiden (Typus Pleschkogel-SbFm.) auftreten, zum anderen aber auch Siltsteinlagen mit *Scalarituba*-Gängen („Bythotrephid-Sandsteine“; Gesteine von Typus Göstinggraben-SbFm.) dominant werden können. Untergeordnet vorkommende Aufschlüsse mit rötlich-violett gefärbten, „Dolomitschiefern“ dürften dagegen einen vulkanogenen Einfluß darstellen (Anklänge an die Admonterkogel-SbFm.!). Generell wird ein flach subtidaler bis intertidaler Ablagerungsraum angenommen.

Plabutsch-Formation (oberstes Emsium – tiefstes Givetium?): vorherrschende Lithologien sind dunkelblaue bis schwarze, reichlich Fossildetritus-führende Kalke (tabulate und rugose Korallen, Stromatoporen, Brachiopoden, Kalkalgen) und rötliche (Kalk)Mergel/Tonsteinlagen, die mit den Kalken in zum Teil enger Wechsellagerung auftreten; die Gesamtmächtigkeit liegt bei etwa 40 m (HUBMANN 1992, 1993, 1995, 2003).

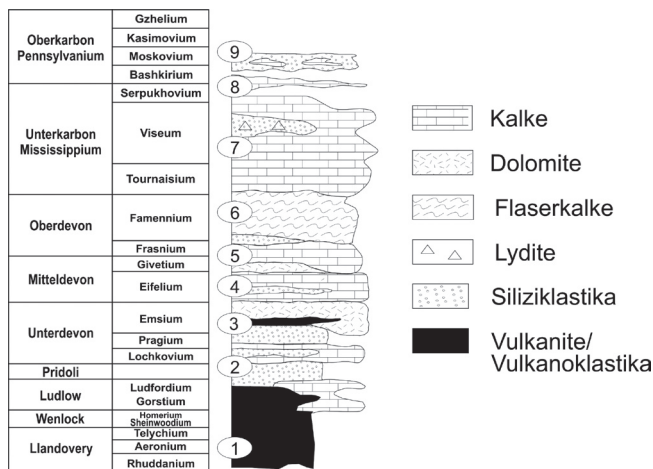


Abb. 2: Stratigraphisches Überblicksschema der Decken und Deckengruppen (verändert nach HUBMANN & HASENHÜTTL (1995) und KREUTZER & al. (1997, 2000)). 1 ... Kehr-Formation, Kötschberg-Formation; 2 ... Parmasegg-Formation; 3 ... Flösserkogel-Formation, Bameder-Formation; 4 ... Plabutsch-Formation; 5 ... Kollerkogel-Formation; 6 ... Steinberg-Formation; 7 ... Sanzenkogel-Formation; 8 ... Höchkogel-Formation, 9 ... Hahngraben-Formation.

Stratigraphical overview of the nappes and nappe groups (modified after HUBMANN & HASENHÜTTL (1995) und KREUTZER & al. (1997, 2000)). 1 ... Kehr Formation, Kötschberg Formation; 2 ... Parmasegg Formation; 3 ... Flösserkogel Formation, Bameder Formation; 4 ... Plabutsch Formation; 5 ... Kollerkogel Formation; 6 ... Steinberg Formation; 7 ... Sanzenkogel Formation; 8 ... Höchkogel Formation, 9 ... Hahngraben Formation.

Charakteristisch ist das Auftreten von dickbankigen Brachiopoden-Schillkalken (*Zdimir* cf. *hercynicus*) etwa im mittleren Profilabschnitt und die mergelige Basisentwicklung. Als Ablagerungsraum wird ein subtidales, wenige Meter Meerestiefe erreichendes Environment angenommen, das biostromale Bildungen ermöglichte. Die Verbreitung der Formation ist in der Karte in dunkelblau ausgewiesen.

In vielen Profilen in der Rannach-Decke folgt im Hangenden der Plabutsch-Fm. eine Abfolge charakteristischer dunkelgrauer Dolomite, die sich mikrofaziell als Biolaminite und fenestrierte Mudstones, bzw. Pelmikrite ausweisen (in der Karte als „Kollerkogel-Fm. (dolomitisch)“ in hellbraun ausgewiesen). Generell erinnern sie an die dolomitische Entwicklung der Eichberg-SbFm. der Flösserkogel-Formation. Im Kartiergebiet erreicht dieser Schichtverband Mächtigkeiten die über denen der Plabutsch-Formation liegen. Die genannte Abfolge wurde lange unter dem unglücklichen Begriff „Mitteldevondolomit“ im Sinne einer informellen Einheit mit „Formationsstatus“ (z. B. bei EBNER & al. 1980) geführt. Mit FLÜGEL (2000) werden die „Mitteldevondolomite“ als Gaisbergsattel-SbFm. der Kollerkogel-Fm. (hellbraun) aufgefasst; eine hierarchische „Aufwertung“ sollte überdacht werden (HUBMANN & MESSNER 2005).

Kollerkogel-Formation (Givetium – ?Frasnium): lithologisch dominieren hellblaue bis gelblich-graue, z. T. auch rötlich geflammte Kalke, die zur Wandbildung neigen; daneben kommen auch (frühdiaogenetische) Dolomite vor. Gesamtmächtigkeit ist um 80 m. In der Karte in hellblau ausgewiesen.

Mikrofaziell lassen sich die Kalke in vorherrschende hochreine, fossilarme Mudstones, fossilführende Mudstones und selten auftretende Biolithitkalke gliedern. Die fossilarmen Mudstones treten im Gelände als massige bis dm-gebankte, hellgraue (mikrospartische) Kalke in Erscheinung.

Nach den Vorstellungen von FLÜGEL (2000) sowie EBNER & al. (2000, 2002) und HUBMANN & MESSNER (2005) werden in der Kollerkogel-Fm. 4 Subformationen unterschieden (Gaisbergsattel-SbFm., Kanzel-SbFm., Platzlkogel-SbFm., Platzl-SbFm.), wobei im untersuchten Gebiet die Platzlkogel-Subformation (=„Kalke des Platzlkogel“, EBNER & al. 1980) auftritt.

Sie werden mikrofaziell und aufgrund der Conodontencharakteristik einem höher energetischen, offen marinen Ablagerungsraum zugeordnet (EBNER 2001). Lokal können kleindimensionale Patch-Reef-Körper (vor allem mit *Favosites*, *Alveolites*, *Stachyodes*, lagigen Stromatoporen, rugosen Korallen (*Sociophyllum*) und vereinzelt Heliolitiden) entwickelt sein, wie beispielsweise am Ende des Straßenprofils nach St. Pankrazen, direkt südlich der Ortschaft. Südlich der Ortschaft St. Pankrazen treten auch geringmächtige basische Tuffe auf (EBNER & al. 1979; HUBMANN 1992; EBNER & al. 2000).

2.4 Kainacher Gosau

Die Ablagerungen der Kainacher Gosau (Obersantonium bis Maastrichtium) nehmen nahezu die Hälfte der Fläche des Untersuchungsgebietes ein. Das Gosaubecken von Kainach ist ein Extensionsbecken, das sich über dem im sinistralen Scherkorridor aufsteigenden Gleinalm-Dom absenkte (NEUBAUER & al. 1995). Ihre Unterlage bildet der präoberkretazisch verkarstete Deckenstapel des Grazer Paläozoikums. Transgressionskontakte sind an zahlreichen Stellen, besonders südlich und östlich von St. Pankrazen lokalisierbar.

Proximale Alluvialsedimente am Nordrand des Beckens gehen kontinuierlich bis in submarine distale Fächersedimente eines zentralen Beckenbereiches über. Die bituminösen Mergel am Ostrand des Beckens werden einem limnischen, zeitweise marin beeinflussten Ablagerungsraum zugeordnet (SCHIRNIK 1994; NEUBAUER & al. 1995; RUSSEGER & al. 1998; EBNER & RANTITSCH 2000).

Nach EBNER & RANTITSCH (2000) werden 4 Formationen unterschieden: Geistthal-Formation (basale konglomeratische Abfolge; Obersantonium – Unterampanium), St. Pankrazen-Formation (teilweise fossilreiche Bitumenmergel-Entwicklung; Obersantonium – Unterampanium), Afling-Formation (deltäische bis turbiditische Entwicklung; Unterampanium); St. Bartholomä-Formation („Zementmergel-Folge“ mit lokalen Hippuritenschuttkalken; spätes Santonium – Maastrichtium).

Afling-Formation (Unterampanium): vor allem (dunkel)braune Sand-, Silt- und Tonsteine sowie polymikte Konglomerate (mit schwarzen Lydit-Komponenten) mit hohem Matrixgehalt. Häufig können slumping-Strukturen beobachtet werden (Straßenaufschluss ca. 1 km nördlich von St. Pankrazen). Diese Abfolgen werden in der Karte mit grüner Farbe ausgewiesen.

St. Pankrazen-Formation (Obersantonium – Unterampanium): Im Bereich des Transgressionskontaktes zu Abfolgen des Grazer Paläozoikums treten in onkoidischer Fazies gastropodenführende, teilweise bituminöse Kalke mit offenen Porenräumen auf. Derzeit ist im Bereich des Sportplatzes östlich von St. Pankrazen ein Teilprofil durch diese Entwicklung aufgeschlossen. Weitere Profile haben sich im südlichen Ortsgebiet gefunden, die sogar Spaltenfüllungen mit aufgearbeiteten paläozoischen Klasten (die von kretazischen Organismen angebohrt wurden) enthielten (HUBMANN & FENNINGER 1997; FENNINGER & HUBMANN 1998). Die Grenzen oder Übergänge dieser Entwicklungen (hellgrau) zur (faziell) benachbarten Afling-Formation (grün) sind auf Grund mangelnder Aufschlüsse nur punktuell vertrauensvoll zu ziehen.

3. Hydrogeologie

Die Karbonatgesteine des Grazer Paläozoikums sind hydrogeologisch durch massive Verkarstungserscheinungen und damit verbundenen Höhlensystemen wie beispielsweise der Lurgrotte, Grasslhöhle, etc. bekannt. In den unterirdischen Karstsystemen treten Sinterbildungen in Form von Tropfsteinen auf, welche bizarre Formen annehmen können. Im Zusammenhang mit den Karbonatgesteinsschichten des Grazer Paläozoikums ist weniger bekannt, dass auch Sinterbildungen im Austrittsbereich von Quellen auftreten können.

Im Zuge einer geologisch-hydrogeologischen Kartierungsübung des Institutes für Erdwissenschaften konnten im Raum St. Pankrazen bei Stiwill teilweise mehrere Dezimeter mächtige Sinterbildungen an Quellaustritten auskartiert werden. Die erste Erwähnung von Sinterbildungen an Quellaustritten im westlichen Bereich des Grazer Paläozoikums reicht in das Jahr 1865 zurück. Der „Berg-Ingenieur“ Michael Simettringer beschreibt in seinem Bericht im Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt (SIMETTINGER 1865) folgende Beobachtungen im benachbarten Stübinggraben:

„Schliesslich muss ich noch einer sehr interessanten Kalktuff-Bildung erwähnen, die ich an einer Quelle, in Mitte der erzführenden Kalkschiefer, die, wie ich bereits erwähnt, mit den auf Glimmerschiefer und Granit lagernden Chloritschiefern wechsellagern, zu beobachten Gelegenheit hatte; diese Kalktuffe werden aus jenen Moosen gebildet, welche in unmittelbarer Nähe der Quelle mit dem Kalke der, aus dem Wasser derselben sich ausscheidenden Niederschläge überzogen werden, welche Bildung hier in allen Uebergangsstadien, vom grünen, erst an den Spitzen mit durchsichtiger Kalkhülle bedeckten Moose, bis zum, als schlechter Baustein brauchbaren, zelligen Kalke, beobachtet werden kann. „

3.1 Kartiergebiet

Das Gebiet der hydrogeologischen Geländearbeiten umfasst den Oberlauf des Liebochbachs sowie den St. Pankrazenbach bis zu ihrem Zusammenfluss SSE von St. Pankra-

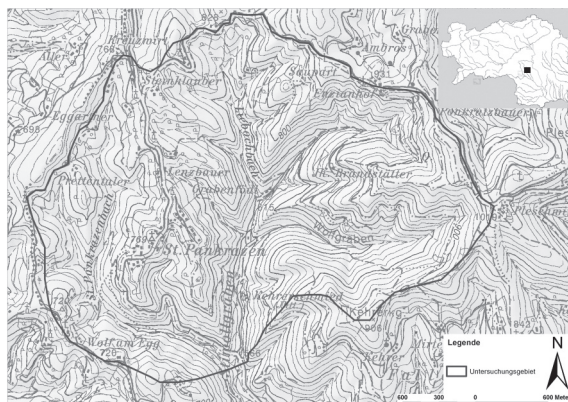


Abb. 3: Lage und Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes St. Pankrazen (Kartengrundlage BEV, GIS Stmk.)
Geographical position and large scale overview of the investigation area St. Pankrazen (base map BEV, GIS Stmk.)

zen (Abb. 3). Das Kartiergebiet beinhaltet die orographischen Einzugsgebiete der beiden Bäche mit dem tiefsten Punkt auf ca. 560 m Seehöhe ü. A. Das orographische Einzugsgebiet des St. Pankrazenbaches reicht bis zu einer Seehöhe von ca. 800 m und das orographische Einzugsgebiet des Liebochbaches bis ca. 1000 m ü. A. In beiden Einzugsgebieten stehen Karbonatgesteine des Grazer Paläozoikums und Gesteinsserien der St. Pankrazen-Formation der Kainacher Gosau an (Kapitel 2.3 und 2.4).

3.2 Hydrogeologische Geländearbeiten

Im Zuge der hydrogeologischen Geländearbeiten wurden die Quellen (ungefasst oder gefasst), Vernässungszonen und Oberflächengerinne flächendeckend erhoben und vor Ort die Feldparameter Schüttung (l/s), elektrische Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$, 25°C) und Wassertemperatur ($^\circ\text{C}$) gemessen. Für die gefassten Quellen wurden zusätzliche Informationen wie Eigentümer, Nutzungsart, Nutzer, etc. erfasst, die durch vorab erfasste Standards (Katasterblatt) definiert wurden. An den Oberflächengerinnen wurden zudem im Gelände sichtbare Interaktionen (influent oder effluent) mit begleitenden kleinen Grundwasserkörpern aufgenommen. Dies umfasst einerseits Schüttungszunahmen bei Oberflächengerinnen durch Anreicherung aus dem begleitenden Grundwasser entlang von Fließstrecken ohne erkennbaren oberflächigen Zufluss aber auch Wasserabgaben bis hin zur gänzlichen Versickerung von Fließgewässern und damit verbundener Grundwasseranreicherung. Die Lage der Quellen sowie deren elektrische Leitfähigkeitswerte sind in der Abb. 1 dargestellt.

Im Untersuchungsgebiet liegen vorwiegend Quellaustritte mit geringer Schüttung vor, über 85% der erhobenen Quellen wiesen zur Zeit der Aufnahme eine Schüttung kleiner 0,1 l/s auf. Die maximale Schüttung zur Zeit der Aufnahme lag bei ca. 1 l/s und wurde bei einer gefassten Quelle (KF011) gemessen, welche an der Grenze zwischen Afling-Formation und St. Pankrazen-Formation der Kainacher Gosau austritt (Abb. 1). Hierbei ist zu erwähnen, dass die Daten der Trinkwasserfassungsanlage von St. Pankrazen, welche östlich von der Ortschaft St. Pankrazen im Talgrund des Liebochbachgrabens liegt, nicht erfasst wurde und somit bei den Schüttungsangaben nicht berücksichtigt werden kann. Auch die Art der Fassung wurde nicht erhoben. Aufgrund der geringen Schüttungswerte bei den meisten Quellen kann von sehr kleinräumigen,

oberflächennahen Entwässerungssystemen ausgegangen werden. Dies wird auch dadurch bestätigt, dass die meisten Quellen in höheren Bereichen der orographischen Einzugsgebiete des Liebochbaches (über 700 m ü. A.) und St. Pankrazenbaches (über 660 m ü. A.) austreten und somit die Einzugsgebiete der Quellen nur geringe Ausdehnungen aufweisen können. Mehrfach ist zu beobachten, dass Oberflächengerinne der Nebengraben wieder versickern und als Folgequellen mehrere Zehnermeter unterhalb wieder austreten.

Auffallend sind die hohen elektrischen Leitfähigkeitswerte der Wässer aus den Gesteinsschichten der Kainacher Gosau, die Quellen weisen überwiegend elektrische Leitfähigkeiten über 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bis 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf (Abb. 1). Die Leitfähigkeitswerte der Quellen aus den Karbonatgesteinen des Grazer Paläozoikums liegen zwischen ca. 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und ca. 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$, was typischen Leitfähigkeitswerten von Wässern aus Karbonatgesteinsgebieten entspricht. Die Sinterbildungen sind ausschließlich an Quellen der Karbonatgesteine des Grazer Paläozoikums gebunden. Feuchtstellen und Vernässungszonen in den Tallagen unter einer Seehöhe von 600 m ü. A. beider Hauptgraben weisen auf sehr kleinräumige, parallel zum Hauptgerinne verlaufende Porengrundwasserkörper hin, welche an die Talalluvionen der Haupttäler gebunden sind.

Morphologisch ist zu erwähnen, dass im Untersuchungsgebiet keine großen Verkarstungserscheinungen beobachtet werden konnten. Die Lösungserscheinungen, welche zu Calciumcarbonat angereicherten Wässern und den damit verbundenen Sinterbildungen bei den Quellen führen (Kapitel 3.2), dürften sich auf korrosiv erweiterte Klüfte beschränken.

3.2 Sinterbildungen

Die Voraussetzung für die Bildung von Kalktuff ist stark kalkhaltiges Wasser. Das Niederschlagswasser infiltriert ins Erdreich und reichert sich beim Durchsickern mit CO_2 an. Je nach pH-Wert hydratisiert das Kohlendioxid zu Kohlensäure, welche wiederum pH-Wert abhängig unterschiedlich stark dissoziiert. Dies erfolgt nach der Beziehung: $-\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + 2 \text{H}^+$ (HÖLTING & COLDEWAY 2005, MATTHESS & al. 1992) – (bei pH 4 liegt nur Kohlendioxid vor, die chemische Reaktion geht nach links. Bei pH 7–10 liegt vorwiegend HCO_3^- vor und ab pH 11 vorwiegend CO_3^{2-}). H_2CO_3 -haltiges Wasser kann Calciumcarbonat (CaCO_3) aus dem Gestein lösen. Calciumcarbonat selbst ist sehr schwer löslich. Mit steigendem CO_2 -Gehalt nimmt die Löslichkeit jedoch zu und es bildet sich Calciumbicarbonat nach der Reaktion: $(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) - \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Wasser, welches mächtigere Bodenschichten durchsickert, wird an Kohlendioxid angereichert, welches zu Kohlensäure hydratisiert. Die freie Kohlensäure, d. h. die nicht in Hydrogenkarbonat-Ionen gebundene Kohlensäure wird auch als aggressive Kohlensäure bezeichnet. Gelangt das Wasser jetzt an eine kalkhaltige Gesteinsschicht, löst es Kalk, was wiederum zu Hohlraumbildung im Gestein (Verkarstung) führt. Umgekehrt ist das System genauso sensibel.

Gelangt das Wasser wieder an die Erdoberfläche wird die CO_2 -Konzentration geringer (Anpassung an Luft $p\text{-CO}_2$), da CO_2 entgast und CO_2 auch durch Photosynthese zum Beispiel beim Wachstum von Moosen verbraucht werden kann. Das System befindet sich nicht mehr im Gleichgewicht und Calciumbicarbonat zerfällt zu Calciumcarbonat und Kohlensäure. Es kommt zu einer Calciumcarbonatübersättigung und CaCO_3 fällt aus. Der Calciumkarbonatniederschlag verkrustet bspw. Moose oder andere lebende oder tote Materialien. Durch das Auflösen der organischen Substanz (Vermodern) kommt es zu Hohlraumbildungen, die die zellig, poröse Erscheinungsform von Kalkstein bilden, welche dem Kalktuff (siehe unten) seinen Namen gibt.

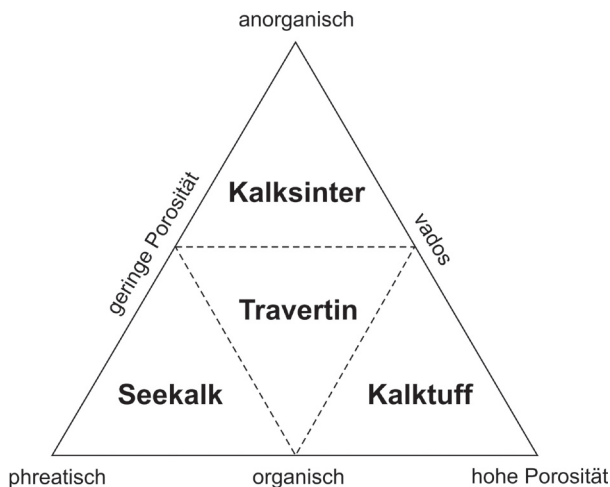


Abb. 4: Klassifikation nichtmariner Karbonate nach KOBAN & SCHWEIGERT (1993)
Classification of nonmarine carbonates after KOBAN & SCHWEIGERT (1993)

3.3 Klassifikation – Terminologie

Für die Klassifikation von Süßwasserkalken mangelt es nicht an klassifizierenden Termini, deren Verwendung wird aber häufig unterschiedlich zur Anwendung gebracht. Insbesondere kommt es unter den Begriffen Sinterkalke (Kalksinter), Kalkuff und Travertin häufig zu synonymen Verwendungen (KOBAN & SCHWEIGERT 1993) (Abb. 4).

Eine an der Genese der Karbonate orientierte Terminologie schlagen KOBAN & SCHWEIGERT (1993) vor. Entscheidende Einteilungskriterien stellen dabei der Bildungs-ort (ob in oder oberhalb des grundwassergesättigten Bereichs: phreatische bzw. vadose Zone) und die quantitative organische Beteiligung an der Karbonatproduktion selbst dar. Dazu kommt noch als fazielles Merkmal die Porosität der Gesteine.

Häufig werden die Sinterbildungen an Quellen auch nach der Karbonat-Klassifizierung von DUNHAM (1962), die für marine Karbonate entwickelt wurde, beschrieben und dementsprechend als framestone (Gerüst-Kalkstein) bezeichnet (z. B. FORD & WILLIAMS 2007). Dabei ist allerdings zu beachten, dass nicht die frame-builder *per se* wie ihre marinen Gegenspieler verkalken, sondern Kalkausfällung („Mineralisation“) an den Oberflächen der (pflanzlichen) Organismen stattfindet (z. B. RIDING 1991). Um diesen Unterschied Rechnung zu tragen hat PEDLEY (1990) für autochthone Kalkbildungen an den Pflanzen den Begriff phytoherm framestone (im Gegensatz zu phytoherm tufa sensu BUCCINO & al. 1978) vorgeschlagen. Dieser Begriff beschreibt jene Kalktuff-Bildungen recht gut, die sich an den Moospolstern biohermale Kalkstrukturen entstehen lässt (Abb. 5a und Abb. 5b): in den basalen Bereichen der Moospolster beginnt sich Kalk an den Blättchen und den Paraphyllien der (Laub)Moose anzulagern. Dieser Vorgang wird zusätzlich durch den photosynthetischen Entzug von CO₂ aus dem Wasser durch das Moos selbst beschleunigt. Auf diese Weise entsteht im basalen Bereich des Moospolsters bereits fester Kalktuff, während die Moose im oberen Teil weiterwachsen. Nach der vollständigen Überkrustung stirbt das Moos ab und die übrigbleibenden Hohlräume geben dem Kalktuff sein typisches Gefüge mit röhrenförmigen Hohlräumen (daher die veraltete Bezeichnung „Tuff“, die auf die äußerliche Ähnlichkeit mit vulkanischem Tuffstein zurückzuführen ist). Nach den beschriebenen Prozessen können pro Jahr mehrere Zentimeter Kalk in Form von deckenartigen Kaskaden (Abb. 5a und Abb. 5b) abgelagert werden.



Abb. 5a: Lokalität Wolfgraben: Sinterbildungen mit Moosbedeckung.
Location Wolfgraben: phytotherm framestones (tufa deposits) covered with moss



Abb. 5b: Detailausschnitt einer Sinterbildungen mit Moosbedeckung (phytotherm framestones)
Detailed view of a phytotherm framestone (tufa deposits) covered with moss

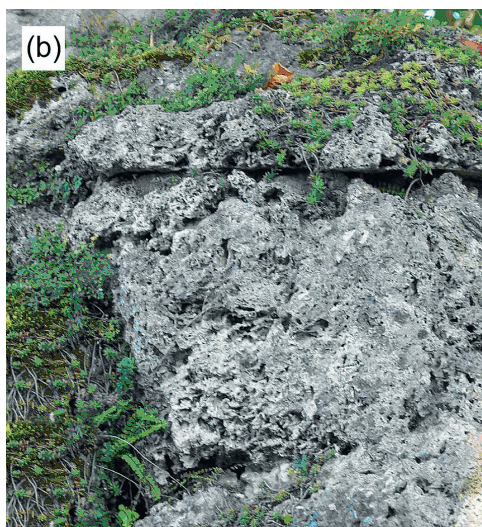


Abb. 6a: Kriegerdenkmal in St. Pankrazen bestehend aus Kalktuff
War memorial in St. Pankrazen built up by bricks of phytoherm framestone

Abb. 6b: Kalktuff als Baumaterial des Kriegerdenkmals in St. Pankrazen
phytoherm framestone brick within the war memorial in St. Pankrazen

Ist die pflanzliche *in situ*-Komponente gering gegenüber allochthonen Karbonatzement umkrusteten Pflanzenfragmenten, so werden sie als phytoclast tufa im Sinne von PEDLEY (1990) bezeichnet. Typischerweise sind solche Kalke durch lagigen Bau charakterisiert. Diese Struktur weist auf den Übergang zu den Travertinen hin (siehe PENTECOST 2005).

Im untersuchten Gebiet herrscht der Typus des phytoherm framestones vor. Diese zellig porösen Kalksteine werden als Bau- oder Dekorsteine verwendet. Als lokales Beispiel kann das Kriegerdenkmal in St. Pankrazen (Abb. 6a und Abb. 6b) erwähnt werden, welches aus Kalktuff der Umgebung erbaut wurde.

Auf Basis der Kartielergebnisse sind an mehreren Quellen phytoherm framestones auszuweisen. Die Sinterquellen treten ausschließlich in den Karbonatgesteinsschichten des Grazer Paläozoikums auf (Abb. 1). Die Abbildungen 5a und 5b zeigen ein Beispiel einer mehrere Dezimeter mächtigen Kalktuff-Ablagerung unterhalb eines Quellaustrittes im Wolfgraben (orogr. linker Zubringer des Liebochbaches). Die Versinterungen erstrecken sich über eine Länge von ca. 20 m unterhalb des Austrittes im Gerinnebett mit einer Mächtigkeit von mehreren Dezimetern. Der Detailausschnitt (Abb. 5b) veranschaulicht die Bildung von phytoherm framestones. Sie werden aus „*jenen Moosen [...], welche in unmittelbarer Nähe der Quelle mit dem Kalke der, aus dem Wasser derselben sich ausscheidenden Niederschläge überzogen werden*“, gebildet und weisen alle „*Uebergangsstadien, vom grünen, erst an den Spitzen mit durchsichtiger Kalkhülle bedeckten Moose, bis zum, als schlechter Baustein brauchbaren, zelligen Kalke*“ auf (SIMETTINGER 1865).

Bereits SIMETTINGER (1865) beschrieb sehr bildhaft die Versinterungen an Quellen in diesem Gebiet, und er wies auf ihre mögliche Verwendung als Bausteine hin. Die jüngsten Geländedaten und ersten hydrogeologischen Untersuchungen zeigen, dass die rezenten Kalkbildungen (phytoherm framestones) an Karbonatgesteinen des Grazer Paläozoikums gebunden sind und zumindest in den beiden untersuchten Einzugsgebieten häufig auftreten. Die Kalkbildungen können vereinzelt Mächtigkeiten von mehreren Dezimetern erreichen und finden lokal als Baustein (bspw. das Kriegerdenkmal in St. Pankrazen) Verwendung.

Dank

Ein Großteil der Geländertätigkeit erfolgte im Rahmen einer Lehrveranstaltung am Institut für Erdwissenschaften der Karl-Franzens Universität Graz. An dieser Stelle sei allen jungen Kolleginnen und Kollegen für die Datenerhebung gedankt.

Literatur

- DUNHAM R. J. 1962: Classification of carbonate rocks. – *Memoirs, American Association of Petroleum Geologists* 1: 108–121.
- EBNER F. 1998: Das Paläozoikum auf ÖK-Blatt 163 Voitsberg. – *Mitt. Ref. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, Sonderheft* 2: 111–136.
- EBNER F. 2001: Das geologische Kartenblatt Voitsberg (ÖK 163) und Bemerkungen zur Geologie in der Umgebung von St. Pankrazen. – In: HUBMANN, B. (ed.): „Paläozoikumsforschung in Österreich“, Workshop. – Abstracts und Exkursion. – *Ber. Inst. Geol. Paläont., K.-F.-Univ. Graz* 3: 9–20.
- EBNER F., FENNINGER A. & HOLZER H.-L. 1979: Die Schichtfolge im Übergangsbereich Rannach-Fazies/Hochlantsch-Fazies (Grazer Paläozoikum im Raume St. Pankrazen/Großstübing. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 109: 8–95.
- EBNER F., FENNINGER A. & HOLZER H.-L. 1980: Führer zu ausgewählten Profilen in der Rannach-Fazies des Grazer Paläozoikums. – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum* 41: 9–105.
- EBNER F., FRITZ H. & HUBMANN B. 2001: Das Grazer Paläozoikum: Ein Überblick. – In: HUBMANN B. (ed.): „Paläozoikumsforschung in Österreich“, Workshop.- Abstracts und Exkursion. – *Ber. Inst. Geol. Paläont., K.-F.-Univ. Graz* 3: 34–58.
- EBNER F., HUBMANN B. & WEBER L. 2000: Die Rannach- und Schöckel-Decke des Grazer Paläozoikums. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.* 44: 1–44.
- EBNER F. & RANTITSCH G. 2000: Das Gosaubecken von Kainach – ein Überblick. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.* 44: 157–172.
- FENNINGER A. & HUBMANN B. 1998: Spaltenfüllungen in der Basiskalkentwicklung der Kainacher Gosau (St. Pankrazen-Formation, ?Campanium). – *Mitt. Ref. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, Sonderheft* 2: 137–153.
- FLÜGEL H. W. 2000: Die lithostratigraphische Gliederung des Paläozoikums von Graz (Österreich). – In: FLÜGEL H. W. & HUBMANN B.: *Das Paläozoikum von Graz: Stratigraphie und Bibliographie.* – *Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. Erdwiss. Kommission* 13: 7–59.
- FORD D. & WILLIAMS P. 2007: *Karst Hydrogeology and Geomorphology.* – J. Wiley & Sons Ltd., West Sussex, 562 pp.
- FRITZ H. 1988: Kinematics and geochronology of Early Cretaceous thrusting in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps). – *Geodin. Acta* 2: 53–62.
- FRITZ H. & KRÁLIK M. 1986: Finite and Incremental Strain-Untersuchungen im Paläozoikum von Graz und Möglichkeit einer Deformationsdatierung. – 1. Symp. Tektonik-Strukturgeologie-Kristallingeologie (Tübingen) Abstracts, 23–27.
- FRITZ H. & NEUBAUER F. 1990: „Grazer Paläozoikum“. – Exk.-Führer, TSK III, 3. Symp. Tektonik-Strukturgeologie-Kristallingeologie, 24 pp.
- HASENHÜTTL C. 1994: Eine Warmegeschichte des Grazer Bergands. Inkohlung, Illitkristallinität, Tonmineralogie und Conodont Colour Alteration Index im nördlichen Teil des Grazer Deckenkomplex (Grazer Paläozoikum, Österreich). – Unveröff. Dissertation K.-F.-Univ. Graz, 182 pp.
- HASENHÜTTL C. (1995): Paläontologische Thermometer am Beispiel des Grazer Paläozoikums. – 2. Tagung ÖPG Kurzfassungen, 12.
- HASENHÜTTL C. & HUBMANN B. 1995: Devonian shallow marine environments of the Graz Palaeozoic affected by rifting. – *Publ. Serv. Géol. Luxembourg* 29: 52–54.
- HÖLTING B. & COLDEWAY W. G. 2005: *Hydrogeologie Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie*, 6. Aufl., Elsevier, München, 326 pp.
- HUBMANN B. 1992: Excursion to the Eastern Central Alps: descriptions of stops. – *ALCAPA-Field Guide, IGP/KFU Graz*, 201–245.
- HUBMANN B. 1993: Ablagerungsraum, Mikrofazies und Paläoökologie der Barrandeikalk-Formation (Eifelium) des Grazer Paläozoikums. – *Jahrb. Geol. Bundesanstalt* 136(2): 393–461.
- HUBMANN B. 1995: Middle Devonian shallow marine deposits of the Graz Paleozoic: fact and fiction for deposition under ecological stress. – *Beitr. Paläont.* 20: 107–112.
- HUBMANN B. 2000: Grazer Paläozoikum: Bibliographie 1819–1999. – In: FLÜGEL H. W. & HUBMANN B.: *Das Paläozoikum von Graz: Stratigraphie und Bibliographie.* – *Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. Erdwiss. Kommission* 13: 61–118.

- HUBMANN B. 2003: Plabutsch-Formation: nomen novum pro Barrandeikalk (Mitteldevon, Grazer Paläozoikum). – In: PILLER, W. E. (Ed.): *Stratigraphia Austriaca*. – Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. Erdwiss. Kommission 16: 269–292.
- HUBMANN B. & FENNINGER A. 1997: Der „Prettenthaler-Effekt“ in der Kainacher Gosau. – 2. Österr. Sedimentologen-Treffen, Kurzfassungen, 9.
- HUBMANN B. & FRITZ H. 2004: Faziesarchitektur des Grazer Paläozoikums. – Exkursionsführer Pangeo 2004, Inst. Erdwiss. Graz, 42 pp.
- HUBMANN B. & MESSNER F. 2005: Grazer Paläozoikum. – Exkursionsführer 75. Jahrestagung Paläont. Ges., Inst. Erdwiss. Graz, 47 pp.
- KOBAN C. & SCHWEIGERT G. 1993: Süddeutsche Travertinvorkommen im Vergleich – Stuttgarter Travertine (Mittel-Pleistozän) und Riedöschinger Travertin (Mittel-Miozän). – N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 1–3: 171–197.
- KREUTZER L. H., SCHÖNLAUB H. P. & HUBMANN B. 1997: The Devonian of Austria. – In: SCHÖNLAUB H. P. (ed.): *Guidebook IGCP 421 North Gondwanan Mid-Paleozoic Biodynamics*. – Ber. Geol. Bundesanstalt Wien 40: 42–59.
- KREUTZER L. H., SCHÖNLAUB H. P. & HUBMANN B. 2000: The Devonian of Austria. – *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg* 225: 173–183.
- MATTHESS G., FRIMMEL F. H., HIRSCH P., SCHULZ H. D. & USDOWSKI E. 1992: *Progress in Hydrogeochemistry* – Springer Verlag, Berlin, 544 pp.
- NEUBAUER F., DALLMEYER R. D., DUNKL I. & SCHIRNIK D. 1995: Late Cretaceous exhumation of the metamorphic Gleinalm Dome, Eastern Alps: Kinematics, Cooling History and sedimentary response in a sinistral wrench corridor. – *Tectonophysics* 242: 79–98.
- PEDLEY H. M. 1990: Classification and environmental models of cool freshwater tufas. – *Sed. Geology* 68: 143–154.
- PENTECOST A. 2005: *Travertine*. – Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 445 pp.
- RUSSEGGER B., RANTITSCH G. & EBNER F. 1998: Fazies und Geochemie der Bitumenmergel der Kainacher Gosau (St. Pankrazen Formation, Oberkreide, Österreich). – *Mitt. Österr. Geol. Ges.* 89: 213–231.
- SCHIRNIK D. 1994: *Sedimentologie, Paläopedogenese und Geröllanalyse in der Kainacher Gosau*. – Unveröff. Dissertation K.-F.-Univ. Graz, 305 pp.
- SIMETTINGER M. 1865: Der Stübinggraben. – *Jahrbuch d. Geol. Reichsanstalt* 15/1: 248–250.