

Hydromagnesit und Begleitminerale aus dem Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem, Hochschwab, Steiermark

Von Robert SEEMANN

Zusammenfassung:

Beschreibung und Genesedeutung rezenter carbonatischer und sulfatischer Mineralneubildungen (Calcit, Aragonit, Hydromagnesit sowie Gips) aus unterirdischen Karsthohlräumen des Frauenmauer-Langstein-Höhlensystems im südlichen Randbereich des Hochschwabmassivs, Steiermark.

Summary:

Description and interpretation of genesis of recent secondary carbonatic and sulfatic minerals (calcite, aragonite, hydromagnesite and gypsum) found in subterranean carstformations of the Frauenmauer-Langstein-cavesystem in the Hochschwab-limestonebody (Styria, Austria).

Einleitung und Geologie:

In Fortsetzung der systematischen Erfassung der sekundären Mineralisationen in den Karstgebieten der Nördlichen Kalkalpen wurden u. a. auch Beprobungen der „bergmilchartigen“ Ausblühungen im Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem (Kat. Nr. 1742-1) im südlichen Hochschwabmassiv durchgeführt. Die Höhle liegt in der namensgebenden Frauenmauer und im Langstein sowie unter dem nach NW anschließenden Karstplateau nächst Eisenerz.

Mit einer Gesamtanglänge von ca. 20,2 km und einer Gesamthöhendifferenz von ca. 600 m zählt dieses Objekt zum derzeit größten begehbaren unterirdischen Karstentwässerungssystem der Steiermark (WEISSENSTEINER, 1980).

Geologisch gesehen gehört der Hochschwab, im Rahmen der Großenheit der Nördlichen Kalkalpen, der Dachsteinkalk(über)fazies im Bereich der Mürzalpendecke an (TOLLMANN, 1985). Die Hauptmasse des tektonisch relativ wenig gegliederten Bergstockes besteht aus Wettersteinkalk und Dachsteinkalk. Im Süden knüpft sich die Fözlfazies mit Wettersteindolomit und im Südosten die Aflenzer Fazies mit vorwiegend Aflenzer Kalk an. Der Südrand der Einheit liegt noch innerhalb der z. T. stark verschuppten Werfener Schichten.

Schon nach SPENGLER & STINY (1926) liegt das Gebiet des Langsteins und der Frauenmauer in zum Teil dolomitischen Wettersteinkalk mit dominierendem

Riffkalkcharakter. Die Basis bildet ein schmaler Streifen Gutensteiner Kalk. Nach Angaben der Autoren bewegt sich der MgO-Gehalt zwischen 0,4 und 4,3 Gew. %; reine Kalke sind selten. Die Position liegt knapp nördlich der EW-streichenden Seeberg-Antiklinale, entlang der in Fenstern und Halbfenstern die tektonische Unterlage, die Werfener Schichten, zum Vorschein kommt (Neuwaldeggsattel, Neuwaldalm, Jassing). Knapp weiter im Süden schließen wieder Wettersteindolomit und dolomitischer Wettersteinkalk der Fölfazies an (Griesmauer). Weiterführende Literatur in PLÖCHINGER (1980), FLÜGEL & NEUBAUER (1984) und TOLLMANN (1985).

Fundbeschreibung:

Die beprobten bergmilchartigen Mineralausblühungen befinden sich im Bereich des sogenannten „Rübezahldomes“ und in der „Rux-Bux-Kluft“. Beide in enger Nachbarschaft liegende Abschnitte sind relativ trocken und nur von einigen kleineren aktiven Gerinnen durchflossen. Die Schüttung ist, abhängig von der Jahreszeit, stark schwankend. Die Zufuhr zu diesen Sammelgerinnen erfolgt über Klüfte und Schlotte aus oberen Etagen bzw. mehr oder minder direkt von der Karstoberfläche.

Im Randbereich einiger dieser Wassereintrittsstellen (Tropfstellen und Überrieselung an Wänden) treten die genannten weißen und sehr feinkörnigen sekundären Mineralausblühungen auf. Trotz des makroskopisch sehr einheitlichen Aussehens konnten nach röntgendiffraktometrischer Identifikation bis jetzt vier verschiedene Mineralien festgestellt werden. Hauptmenge ist in diesem Höhlenabschnitt ungewöhnlicherweise Hydromagnesit, daneben etwas Calcit und Aragonit. Calcit stellt üblicherweise und entsprechend dem Ca-Überangebot aus der Umgebung die Hauptmenge dar. Auffällig ist, daß Hydromagnesit und größere Mengen an Calcit kaum miteinander vergesellschaftet auftreten. Ebenso nicht vergesellschaftet mit den carbonatischen Ausblühungen ist das vierte Mineral, der Gips.

Zur Genese der sekundären Carbonatmineralphasen:

Die Karstwässer, die sowohl für die Hohlraumbildung als auch für die Ablagerung der sekundären Carbonatmineralisationen in Höhlen verantwortlich sind, dringen von der Oberfläche in den Gesteinskörper ein. Durch Aufnahme von CO_2 aus der Luft, aber in viel höherem Maße aus dem biologischen Kreislauf in der Humusschicht (u. a. MIOTKE, 1974), erlangt das Wasser die deutlich gesteigerte Fähigkeit zur Auflösung und damit auch zur Ablagerung von Kalk. Ob Auflösung (Korrosion) oder Ablagerung (Versinterung) stattfindet, wird durch Verschiebung der zahlreichen Gleichgewichte im System Carbonat – CO_2 – Wasser bewirkt (u. a. BÖGLI, 1978). Tritt eine derartige gesättigte Lösung in einen Hohlraum ein, der weniger CO_2 enthält, als dem Gleichgewicht in der Lösung entspricht, muß CO_2 und damit auch Kalk abgegeben werden, bis neuerlicher Gleichgewichtszustand erreicht ist. Ähnliches gilt für die Wasserabgabe (Verdunstung); ein Vorgang, der in den Karsthöhlen der Nördlichen Kalkalpen meist zu vernachlässigen ist, da die Atmosphäre knapp unter- bis H_2O -übersättigt ist.

Erfolgt die Abscheidung von sekundärem Kalk aus schwächer- bis höherkonzentrierten Lösungen, so entstehen makroskopische Calcitkristalle bzw. die bekannten Sinter- und Tropfsteinformationen. Hauptaugenmerk soll hier aber auf

die Sonderformen gelenkt werden, die sich aus sehr schwach konzentrierten Lösungen bilden.

Nach Durchschreiten eines oft sehr langen Übersättigungszustandes ist die Abscheidungsgeschwindigkeit auf Grund von „Whiskerwachstum“ oder Bildung dünner Kristallhäute meist größer. Das Produkt sind die sogenannten Mineralausblühungen.

Zu unterscheiden sind:

1. „Bergmilch“ („Mondmilch“, „Nix“, „Lublinit“ etc.)
2. Konkretionen, Krusten und blasenartige Ausblühungen („Sphärolite“, „Balloons“, „Cave Popcorn“ usw.)

Die Bildung erfolgt einerseits durch Lösungsaustritt aus kapillaren Hohlräumen direkt aus dem Fels oder feinkörnigem Sediment, andererseits aus Flüssigkeitsfilmen, die auf Grund von Kondensation oder Überrieselung in dünnen Schichten große Gesteinsflächen überziehen, wobei nur geringe Lösungszufuhr gegeben ist. Konzentrierung der Lösungen kann hier wegen der großen Oberfläche auch ausnahmsweise durch Verdunstung erfolgen. Zum Teil wird aber auch langsame CO₂-Diffusion, teilweise als Folge geringfügiger Erwärmung, schwach übersättigte Lösungen entstehen lassen. Aus diesen beginnen die haarfeinen Calcitwhiskers oder konzentrischschalige, feinkristalline Konkretionen oder Krusten und lockere, blasenartige Aggregate, bevorzugt an der Phasengrenze, zu wachsen.

„Bergmilch“ aus dem Frauenmauer-Langstein-Höhlenystem ist wie in vielen anderen Höhlen der Nördlichen Kalkalpen ein weißer, weicher bis lockerer Überzug an Höhlenwänden, der bei sehr hohem Wassergehalt paste- bis gallertartig werden kann (nach SCHROLL et al., 1965: „Protocalcit“). Die wasserärmeren Produkte, die entweder direkt oder nach Ablauf eines Alterungsprozesses entstehen, sind flaum- bis watteartig und können Schichtdicken bis 20 cm erreichen („Bergmilchwatte“; SEEMANN, 1984). Im Rasterelektronenmikroskop ist ein mehr oder minder verfilztes Fasergeflecht zu beobachten (Abb. 1). Die gebogenen („Protocalcit“) oder geraden Fasern („Bergmilchwatte“) weisen Stärken zwischen 0,05 µm und einigen µm auf.

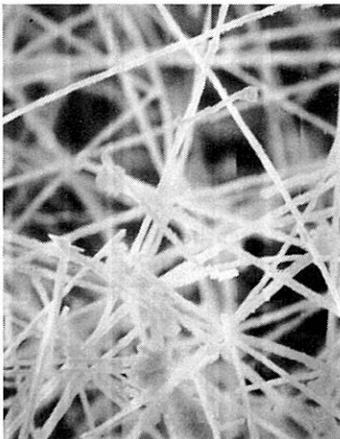


Abb. 1

REM-Aufnahme von „Bergmilchwatte“; die Calcitkristallnadeln sind ca. 1 µm stark.

(Aufnahme: Min.-Petr. Abt. d. Naturhist. Mus. Wien)

Das Kristallwachstum erfolgt in diesem Fall derart, daß das genügend vorhandene Wasser zwischen den Kristallfasern physikalisch gebunden wird. Der hier ebenfalls zu erwartende Monohydrocalcit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) als relativ instabiles Übergangsprodukt (FISCHBECK, 1976, TIETZ, 1978) konnte bis jetzt noch nicht nachgewiesen werden.

Speziell die Bergmilchwatte bildet sich aus relativ reinen Lösungen, die mit wenig Begleitkationen (Mg^{2+} , Sr^{2+} usw.) verunreinigt sind. Daher ist hier außer Calcit auch kaum ein anderes Folgeprodukt nachzuweisen. Im umgekehrten Fall ist verständlich, daß entsprechend dem Nebengestein des Frauenmauer-Langstein-Höhlensystems und relativ Mg-reicheren Lösungen echte Bergmilch seltener als sonst anzutreffen ist. Die blasen- und krustenartigen Ausblühungen sind demzufolge auch häufiger und bieten eine wesentlich größere Vielfalt in der Mineralzusammensetzung.

Auftrennung nach dem Mineralbestand in genetischer Reihenfolge, beschränkt auf das Gebiet des Frauenmauer-Langstein-Höhlensystems:

A. Carbonatische Mineralien:

1. Calcit (CaCO_3): harte, feinkörnige Krusten und knopfartige Ausblühungen. Tritt in geringen Mengen auf und bildet oft die Basis weiterer Folgeprodukte.
2. Aragonit (CaCO_3): harte, feinkörnige, knopf- bis blasenartige oder radialstrahlige Ausblühungen oder Sinterkrusten. In diesen Bereichen wenig verbreitet.
3. Hydromagnesit ($\text{Mg}_3 [(\text{OH})(\text{CO}_3)_2] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$): ist in diesem Fall das häufigste Ausblühungsmineral. Er tritt in zwei Erscheinungsformen auf.
 - a) Typ I, als primäre Generation, bildet weiße feinkörnige, zum Teil konzentrischschalige Aggregate in cm-Größe, die eine lockere, poröse bis harte krustige Oberfläche besitzen. Typ I bildet kaum Blasen. Aufgrund röntgendiffraktometrischer und REM-Untersuchungen besteht ein Unterschied in der Orientierung oder in der morphologischen Entwicklung zu den Kristallplättchen des Typs II. Bei Typ I stehen die Plättchen im wirren Netzwerk senkrecht zur Oberfläche (Abb. 2). Aufgrund der größeren Dimensionen und der eher statistischen Verteilung der Plättchen im Aggregat ist der textuelle Effekt wie bei Typ II nicht so ausgeprägt, und das Röntgendiagramm (Abb. 4) entspricht in guter Näherung den Hydromagnesiten der üblichen Fundkomplexe (BARIAND et al., 1973). Dementsprechend dürfte auch hier die Plättchenebene die (100)-Fläche sein.
 - b) Typ II, als sekundäre Generation, bildet weiße, weiche, matt seidig schimmernde, dünnwandige, gefaltete Blasen („Balloons“; HILL, 1976), hier in Dimensionen bis 2 cm.
Im Gegensatz zu Typ I sind die Kristalltäfelchen parallel zur Oberfläche angeordnet (Abb. 3). Sie bilden eine wesentlich dünnere, dafür aber dichtere und expansionsfähigere Haut, was hinsichtlich der Blasenbildung von großer Bedeutung ist. Die Kriställchen besitzen nur wenige μm Durchmesser.
Vergleicht man im Pulverdiffraktogramm (Abb. 4) das Verhältnis der Linienintensitäten $h00 : 011$ mit den entsprechenden Literaturwerten (BARIAND et al., 1973), so ergibt sich, daß das Verhältnis $h00 : 011$ ($h = 1, 2, 3, 4$) im Typ II um den Faktor ca 10 größer ist. Das durch

Textureffekte erklärbares Ergebnis deutet darauf hin, daß auch bei den Hydromagnesitplättchen des Typs II die Form $\{100\}$ dominiert. Andere, sonst mit Hydromagnesit vergesellschaftete carbonatische Mineralien, wie Dolomit, Nesquehonit und Soda, sowie einige noch nicht identifizierte Phasen aus Höhlen des Dachsteins und des Untersberges (Salzburg) (SEEMANN, 1984) konnten bisher im Frauenmauer-Langstein-Höhlsystem noch nicht nachgewiesen werden.



Abb. 2

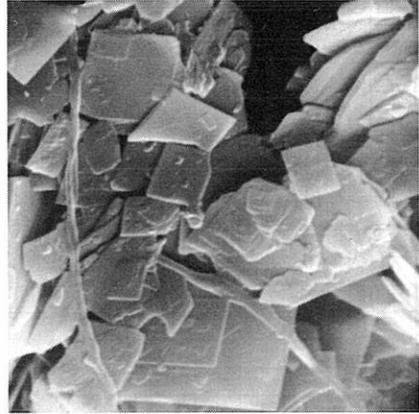


Abb. 3

Abb. 2

REM-Aufnahme von Hydromagnesit, Typ I; die vermutlich $\{100\}$ -orientierten Kristallplättchen stehen in dichtem Netzwerk senkrecht zur Oberfläche der traubigen Konkretion. Bildbreite: ca. 0,09 mm. (Aufnahme: Zentrum f. Elektronenmikroskopie Graz)

Abb. 3

REM-Aufnahme von Hydromagnesit, Typ II; die $\{100\}$ -orientierten Kristallplättchen liegen parallel zur Oberfläche der Blase. Die ca. 1–4 μm großen Kristallplättchen liegen so dicht übereinander, daß das bei der Bildung freiwerdende CO_2 nicht sofort entweichen kann und im Inneren der Blase einen schwachen Überdruck aufbaut, der nur langsam durch Diffusion ausgeglichen wird. (Aufnahme: Zentrum f. Elektronenmikroskopie Graz)

B. Sulfatische Mineralien:

1. Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): feinkristalline weiße, weiche Krusten, die meist getrennt von den carbonatischen Ausblühungen zu beobachten sind. Die Kristalle befinden sich im 0,1-mm-Bereich (Abb. 5).

Sie entstehen durch sehr langsame Verdunstung oder geringfügige Temperaturänderung sulfatischer Wässer, die in periodischen Abständen einsickern und in kleinen Flächen Höhlenwände überziehen. Durch die eindringenden, anfangs noch schwach untersättigten Lösungen finden immer wieder teilweise Auflösungen und Umkristallisationen bereits abgeschiedener Kristalle statt, die zu den eigenartigen skelett- bis hohlkristallartigen Bildungen im Mikrobereich führen und so ein Netz von kapillarartigen Hohlräumen entstehen lassen.

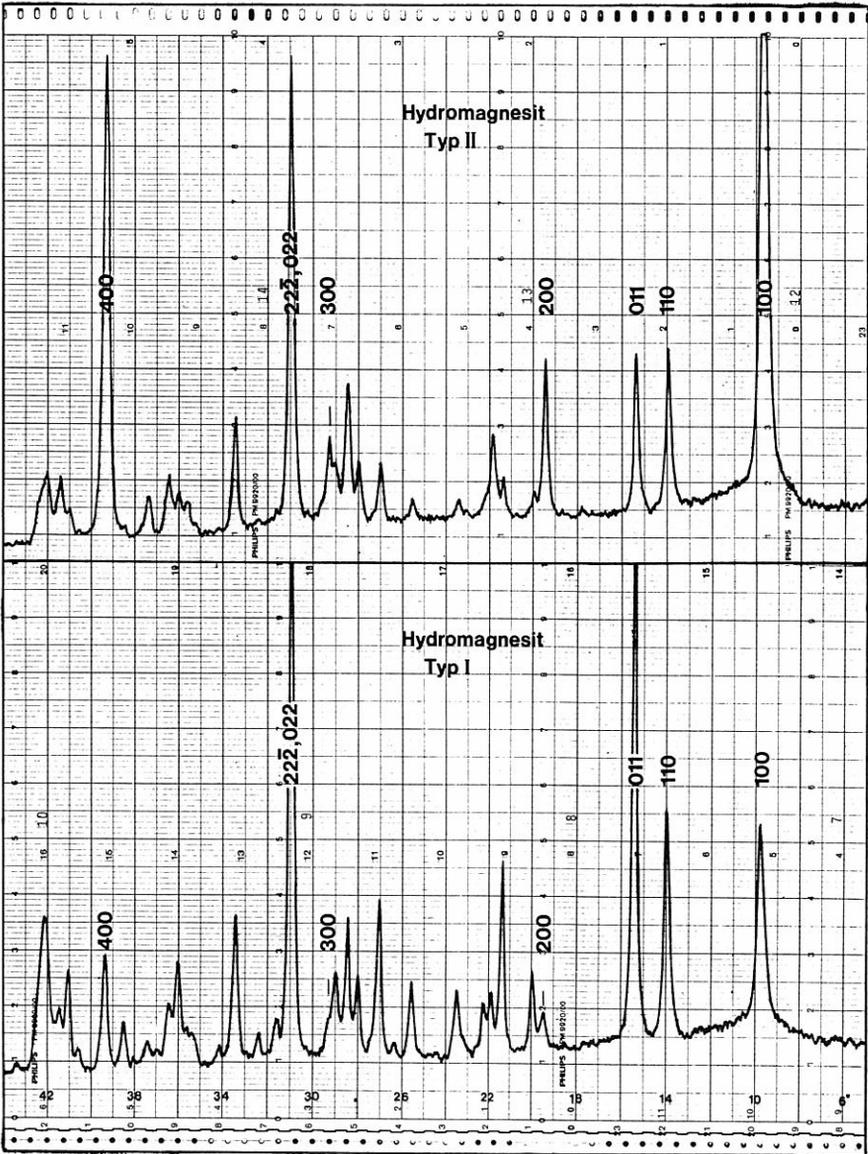


Abb. 4
Gegenüberstellung röntgendiffraktometrischer Aufnahmen von Hydromagnesit, Typ I und Typ II mit deutlich textuellen Unterschieden (Strahlung: $\text{CuK}\alpha_1$; 36 kV u. 20 mA)

Im Gegensatz dazu kristallisieren die im Höhlensediment gespeicherten Gipswässer in Form dünner Nadeln aus.

Die Herkunft der Sulfate ist entweder auf evaporitische Einschaltungen in den nahegelegenen Werfener Schichten zurückzuführen oder ähnlich den Verhältnissen im Dachstein auf Oxydation sulfidischer Erze in Karstsedimenten oder im anstehenden Kalk (SEEMANN, 1979). Nähere Aussagen sind erst nach den noch ausstehenden S-Isotopenuntersuchungen zu erwarten.

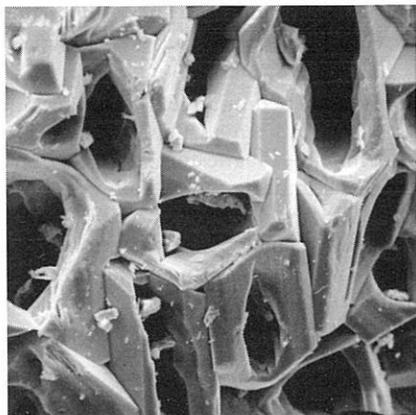


Abb. 5

REM-Aufnahme von Gips; die Oberfläche der feinkörnigen Kruste weist mikroskopisch kleine Hohlkristallbildungen auf. Die Größe der Kristalle liegt im Bereich von 0,1 mm. (Aufnahme: Zentr. f. Elektronenmikroskopie Graz)

Zur Genese der Mg-reichen Carbonatmineralphasen:

Hydromagnesit ist unter Beachtung seines unauffälligen Äußeren und der Verwechselbarkeit mit zahlreichen anderen Verwitterungsmineralien kein allzu seltenes Mineral. Es tritt überall dort auf, wo unter Normal- oder frühdiagenetischen Bedingungen wässrige carbonatische Lösungen und lokal hohe Mg^{2+} -Konzentrationen, meist durch Anreicherung in Porenwässern, auftreten.

Diese Bedingungen werden vorwiegend in der Verwitterungszone, auf Kluftflächen von Serpentiniten und anderen Ultrabasiten erfüllt (z. B. Kraubath, Steiermark: KOLMER & POSTL, 1977, oder Soghan, Iran: BARIAND et al., 1973). Zum Teil gibt es auch Vorkommen in Formationen mit weniger Mg im Nebengestein, so z. B. in Glimmerschiefern im Südrand des Wechseljenseiters bei Waldbach/Vorau, Steiermark (POSTL, 1978). In anderen Fällen ist Hydromagnesit neben zahlreichen anderen Ausblühungsmineralien auch an feuchtem Mauerwerk und alterndem Beton zu beobachten. Ca^{2+} und Mg^{2+} werden hier im Abbindevorgang frei und durch spätere Ausschwemmung an der Oberfläche angereichert.

Die relativ verbreiteten Vorkommen in Höhlen der Nördlichen Kalkalpen erscheinen auf den ersten Blick ungewöhnlich, da ein Großteil der Karstwässer deutlich höhere Ca^{2+} - als Mg^{2+} -Gehalte aufweist ($Ca^{2+}/Mg^{2+} \geq 20$ bis 100). Tropfwässer (aus Porenwässern) und langsam fließende Gewässer mit längerer

Verweilzeit im Karstkörper haben bisweilen höhere Gehalte ($\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} \geq 1$ bis 20), das aber auch nur in oder im Nahbereich von dolomitischen Gesteinen (Daten nach PAVUZA & TRAINDL, 1985). Damit sind aber noch nicht die deutlich höheren $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ -Werte zwischen 10 bis 100 geklärt, wie sie für Hydromagnesit- und Begleitmineralbildung notwendig sind.

Carbonatausscheidung aus Karstwässern findet, wie schon erwähnt, überwiegend als Folge von CO_2 -Abgabe an die Höhlenluft statt. Im Normalfall wird dabei zuerst Calcit abgelagert. In Höhlenwässern, auch, wenn sie, wie im Fall des Hochschwabes, sehr Ca^{2+} -reich sind, ist diese Sinterbildungsphase an einer Abnahme des Ca^{2+} - bzw. am Ansteigen des Mg^{2+} -Gehaltes in der Restlösung abzulesen.

Der Grund liegt unter diesen Bedingungen in der geringen Aufnahmefreudigkeit des Calcits für Mg^{2+} . Erst ab einem gewissen Mg/Ca -Verhältnis ist Calcit bereit, etwas Mg^{2+} aufzunehmen („Magnesium-Calcit“) bzw. ausnahmsweise über bestimmte Zwischenstadien sekundär auch Dolomit zu bilden. Nach Überlegungen von MÜLLER et al. (1972) und FISCHBECK (1976) entstehen auf diese Weise immer konzentriertere Mg -Lösungen, wobei in weiterer Folge Aragonit, diverse $\text{Ca-Mg-Carbonat-Hydrate}$ bis zu den reinen $\text{Mg-Hydroxi-Carbonat-Hydraten}$ ausgefällt werden können. Die einzelnen Mineralien bilden sich nacheinander mit steigendem Mg/Ca -Verhältnis der Restlösung (Abb. 6).

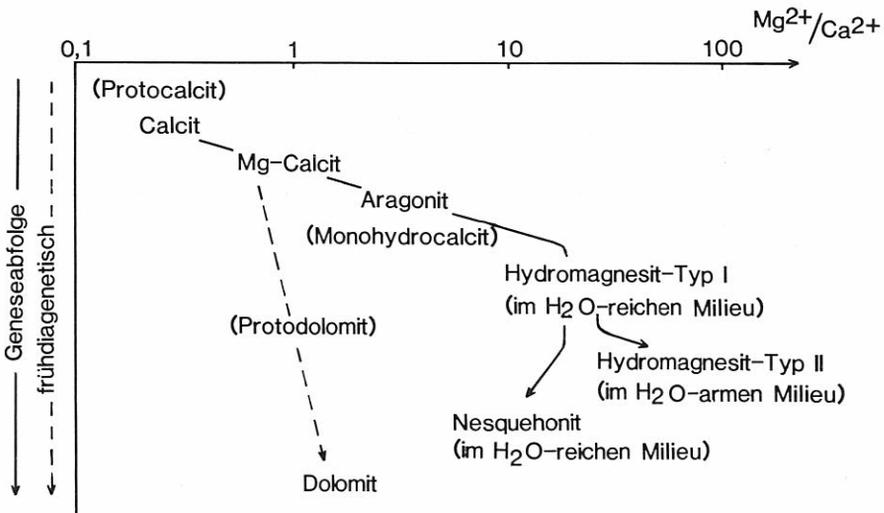


Abb. 6

Schematische Geneseabfolge der Ca-Mg-Carbonate und Carbonat-Hydrate in Abhängigkeit von $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ - Verhältnis der Lösungen im Höhlenmilieu (nach FISCHBECK, 1981, und SEEMANN & EBERL, 1985).

Erleichtert wird die Bildung der diversen wasserhaltigen Mg-Carbonate, weil Mg^{2+} im Gegensatz zu Ca^{2+} in wässrigen Lösungen von extrem stabilen Hydrathüllen umgeben ist, was im ersten Schritt einen größeren Einbau von Mg^{2+} in Calcit verhindert, im zweiten Schritt eine direkte Abscheidung als Magnesit (auch weitgehend von Dolomit) verhindert (SAYLES & FYFE, 1973) und im letzten Schritt den Einbau von Hydratwasser in die Hydroxi-Carbonate ermöglicht. Die Abscheidungsfolge der Ca-Mg-Carbonate ist auch an einigen schaligen Konkretionen im Mikrobereich zu verfolgen, bei denen der Kern bzw. die Anwachsstelle aus Mg-Calcit, die Mittelschicht aus Aragonit und die Außenhülle aus Hydromagnesit besteht (SEEMANN, 1984).

Für die Ausscheidung der Ca-Mg-Carbonat-Hydrate als Ausblühungen ist, im Gegensatz zur normalen Sinterbildung, die Bedeutung der Wasserverdunstung (gefördert durch die große Oberfläche) wesentlich mehr in den Vordergrund gerückt als die Abgabe von CO_2 aus der Lösung. Die CO_2 -Abgabe erfolgt erst im zweiten Schritt. Der Nachweis dieser Überlegung wurde durch Messungen mit CO_2 -Prüfröhrchen der Firma DRÄGER an einer mit der Situation im Frauenmauer-Langstein-Höhle system vergleichbaren Fundstelle in der Dachstein-Mammuthöhle durchgeführt (SEEMANN & EBERL, 1985). Dabei konnte festgestellt werden, daß aktive Ca/Mg-Ausblühungen bei ca. $+2^\circ C$ und 80–95 % rel. Luftfeuchtigkeit sowie bei ständiger Bewitterung eine CO_2 -Emission des 2–2,5-fachen der umgebenden Höhlenluft aufweisen (ca. 220 auf 530 ppm CO_2). Diese Voraussetzung und die dichte, oberflächenparallele Lagerung der Hydromagnesitkriställchen (Typ II, Abb. 3) ermöglicht erst die Bildung und Aufblähung der dünnwandigen Blasen. Typ I mit der porösen Oberfläche ist dafür weniger geeignet (Abb. 2). Unterbindet man bei den aktiven Ausblühungen die Möglichkeit zur H_2O -Abgabe, so findet, wie bei den nicht aktiven Aggregaten, keine CO_2 -Abgabe statt.

Hinweise auf fragliche Beteiligung von Organismen und biochemischen Prozessen bei der Bildung von Bergmilch und bergmilchartigen Ausblühungen sind in Abb. 7 gegeben, wo auf Hydromagnesit (Typ I) organische Strukturen erkennbar sind. Nach persönlicher Mitteilung von H. RIEDL (Botan. Abt. am Naturhistor. Museum Wien) handelt es sich dabei um ungewöhnlich klein dimensionierte Pilzhyphen- und Sporangien-ähnliche Bildungen Morthierella-artiger Organismen (Jochpilze?). Vergleichbare Formen, wenn auch in anderem Milieu, fand VIDETICH (1985) in rezenten Mg-Calciten flachmariner Bildungen (Pazifik).

Nach Überlegungen u. a. von MASON (1959) oder WILLIAMS (1959) könnten Mikroorganismen unter bestimmten Voraussetzungen für die Verwitterung anstehenden Gesteins und für die Ausfällung bzw. Initiierung der Ausblühungen verantwortlich gemacht werden. Ob sie bei der Anreicherung von Mg^{2+} mitwirken oder ob sie nur Mg^{2+} -, H_2O - und oberflächenreiches Substrat (mit Relikten organischer Zersetzungsprodukte) bevorzugen, konnte noch nicht geklärt werden. In den entsprechenden Ca/Mg-Bildungen des Dachsteins wurden bisher keine Hinweise auf ähnliche biologische Strukturen festgestellt.

Weitere Untersuchungen an Bergmilch und bergmilchartigen Produkten im Frauenmauer-Langstein-Höhle system werden zusammen mit der Erfassung der Begleitminerale und des Nebengesteins wie auch der damit in Kontakt stehenden Karstwässer und des Höhlenklimas einen detaillierten Einblick in die rezente Karstentwicklung und Mineralneubildung in diesem für den hochalpinen Bereich der Nördlichen Kalkalpen typischen Beispiel gewähren.

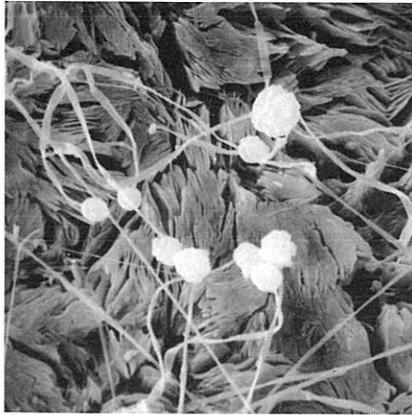


Abb. 7

REM-Aufnahme von Hydromagnesit, Typ I mit organischen Strukturen an der Oberfläche (nach H. RIEDL, Pilzhyphen mit Sporangien-ähnlichen Bildungen Morthierella-artiger Organismen; Jochpilze ?); Bildbreite ca. 60 μm . (Aufnahme: Zentr. f. Elektronenmikroskopie Graz)

Literatur:

- BARIAND, P., CESBRON, F., VACHEY, H. & SADRADEH, M., 1973: Hydromagnesite from Soghan, Iran. — *Min. Rec.* 4, 18–20.
- BÖGLI, A., 1978: *Karsthydrographie und physische Speläologie*. — Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 292 S.
- FISCHBECK, R., 1976: Mineralogie und Geochemie carbonatischer Ablagerungen in europäischen Höhlen — ein Beitrag zur Bildung und Diagenese von Speleothemen. — *N. Jb. Miner. Abh.* 126, 269–291.
- FISCHBECK, R., 1981: Zusammenhänge zwischen der Bildung der Minerale Calcit, Mg-Calcit, Aragonit, Protodolomit, Monohydrocalcit, Hydromagnesit und Nesquehonit in Höhlen und im Laboratorium. — *Laichinger Höhlenfreund* 16, 45–52.
- FLÜGEL, H. W. & NEUBAUER, F., 1984: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1 : 200.000. — *Geol. B.-A.*, 127 S.
- HILL, C. A., 1976: *Cave Minerals*. — *Natl. Speleol. Soc.*, Huntsville, Alabama, USA; 137 S.
- KOLMER, H. & POSTL, W., 1977: Brugnattellit und Coalingit aus dem Serpentinegebiet von Kraubath, Steiermark. — *Mittbl. Abt. Miner. Landesmus. Joanneum* 45, 29–33.
- MASON, W. M. A., 1959: Biological aspects of calcite depositions. — *Rass. Speleol. Ital., Mem.* 5/2, 235–238.
- MIOTKE, F. D., 1974: Carbon dioxide and the soil atmosphere. — *Abh. Karst- u. Höhlenkunde A/H* 9.
- MÜLLER, G., IRION, G. & FÖRSTNER, U., 1972: Formation and diagenese for inorganic Ca-Mg carbonates in the lacustrine environment. — *Naturwissenschaften* 59, 158–164.
- PAVUZA, R. & TRAINDL, H., 1985: Vertikale Abfolgen in Grund- und Karstwasser — einige kurze Beispiele aus Österreich. — *Karst. Bull.* 10, 5 (2), 10–19.
- PLÖCHINGER, B., 1980: Die Nördlichen Kalkalpen (pp 218–264) in: *Der geologische Aufbau Österreichs*; *Geol. B.-A.* Wien, 699 S. Springer: Wien, New York.
- POSTL, W., 1978: Mineralogische Notizen aus der Steiermark. — *Mittbl. Abt. Miner. Landesmus. Joanneum* 46, 5–21.

- SAYLES, F. L. & FYFE, W. S., 1973: The crystallisation of magnesite from aqueous solution. – *Geochim. Cosmochim. Acta* 37, 87–99.
- SCHROLL, E., STEPÁN, E., GEYMAYER, W. & HORN H., 1965: Der Protocalcit von Gumpoldskirchen (Niederösterreich). – *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* 10, 573–585.
- SEEMANN, R., 1979: Die sedimentären Eisenvererzungen der Karstgebiete der Nördlichen Kalkalpen. – *Ann. Naturhist. Mus. Wien* 82, 209–298.
- SEEMANN, R., 1984: Neufunde sekundärer Carbonatmineralisationen in Höhlen des Dachsteins und des Untersberges (Nördliche Kalkalpen). – *Zeitschr. Die Höhle* 35, 253–262.
- SEEMANN, R. & EBERL, K., 1985: CO₂-Messungen an sekundären Carbonatmineralien in Karsthöhlen des Dachsteins, Oberösterreich. – *Mitt. d. Drägerwerk AG, Lübeck, BRD; Drägerheft* 333 (Sept.–Dez. 1985), 35–39.
- SPENGLER, E. & STINY, J., 1926: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich. – *Blatt Eisenerz, Wildalpe und Aflenz.* – *Geol. B.–A. Wien*, 99 S.
- TIETZ, G. F., 1978: Untersuchungen zur Genese und Mineralverteilung rezenter Karbonate in Dolomithöhlen Frankens unter besonderer Berücksichtigung jahreszeitlicher Konzentrationsänderungen in Höhlenwässern. – *Habilitationsschrift, Neukirchen a. Br., BRD; Univ. Erlangen*, 139 S.
- TOLLMANN, A., 1985: *Geologie von Österreich, Band 2, Außerzentralalpiner Anteil*; 710 S. – Franz Deuticke Wien.
- VIDETICH, P. E., 1985: Electron microprobe study of Mg distribution in recent Mg calcites and recrystallized equivalents from the pleistocene and tertiary. – *J. Sed. Petrol.* 55, 3, 421–429.
- WEISSENSTEINER, V., 1980: Karstmorphologische Untersuchungen im südlichen Hochschwab. – *Bericht der wasserwirtschaftl. Rahmenplanung (Amt d. Steiermärk. Ldsregierung)* 44, 52–94.
- WILLIAMS, A., 1959: The formation and deposition of moonmilk. – *Trans. Cave Res. Group G. B.* 5, 135–138.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Robert SEEMANN
 Mineralogisch-Petrographische Abteilung
 Naturhistorisches Museum Wien
 Burgring 7
 A-1014 Wien

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Abteilung für Mineralogie am Landesmuseum Joanneum](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [53](#)

Autor(en)/Author(s): Seemann Robert

Artikel/Article: [Hydromagnesit und Begleitminerale aus dem Frauenmauer-Langstein-Höhlensystem, Hochschwab, Steiermark 11-16](#)