

erreichischer Höhlenforscher, download unter www.biologie.uni-wuerzburg.de

Neufunde sekundärer Carbonatmineralisationen in Höhlen des Dachsteins und des Unters- berges (Nördliche Kalkalpen)

Von Robert Seemann (Wien)

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird über Untersuchungen und vorläufige Ergebnisse an sekundären Carbonatmineralien in Höhlen des Dachsteins (Oberösterreich) und des Untersberges (Salzburg) berichtet. Schwerpunkt ist einerseits die Dachstein-Mammuthöhle, andererseits der Salzburgerschacht. Auf Grund von Neufunden in der Dachstein-Mammuthöhle und im Salzburgerschacht werden entsprechende Ca- und Mg-Carbonate behandelt; im speziellen: Calcit („Bergmilch“ und „Bergmilchwatte“) und Aragonit sowie die Gruppe der wasserhaltigen Mg-Carbonate (Hydromagnesit, Nesquehonit sowie Lansfordit-Dypingit- und Hydromagnesit-ähnliche Mineralien). Aus dem Bereich des Salzburgerschachtes wird über zusätzliche Funde des Na-Carbonates Soda (Natrit) berichtet. Auf Grund der unterschiedlichen Mineralverteilung in den gegenständlichen rezenten Carbonatausblühungen soll ein ergänzender Versuch zur Klärung der Bildungsbedingungen von Ca-Mg-Carbonaten bei relativ niederen Temperaturen, wie sie in genannten hochalpinen Höhlen herrschen, erbracht werden. Im Falle der Sodafunde soll auf die für hochalpine Höhlen ungewöhnliche Bildung des sonst nur für aride und semiaride Gebiete charakteristischen Materials und dessen Herkunft eingegangen werden.

A. Dachstein-Mammuthöhle, OÖ. (Kat. Nr. 1547/9)

Gesamtlänge 37329 Meter, Gesamthöhenunterschied 1180 Meter; Stand März 1983 (Pfarr, 1983). Die Fundpunkte in den Bereichen des „Minotauruslabyrinthes“, des „Alten Teiles“, des „Derflinger-Labyrinthes“ und des „Krippensteinganges“ liegen alle in Seehöhen zwischen 1260 und 1460 Meter (Stammer, 1980). Die Temperaturen in diesen Bereichen liegen zwischen 0° und +4°C. Geologisch gesehen ist die Mammuthöhle zur Gänze im gebankten Dachsteinkalk der Dachsteindecke entwickelt (Überblick und weitere Literatur: Plöchlinger, 1980). Das Nebengestein der Mammuthöhle weist einen nur sehr geringen Dolomitanteil auf.

Beobachtete Carbonatausblühungen

- a) Weiße, weiche bis lockere Überzüge und Ausblühungen an Höhlenwänden.
- „Bergmilch“ („Mondmilch“): pasten- bis gallertartig, sehr wasserreich, verhärtet bei Austrocknung.
 - „Bergmilchwatte“ (Calcit): flaum- bis watteartig, mit geringerem Wassergehalt als Bergmilch, verhärtet nicht beim Austrocknen.

- b) Weiße, weiche bis harte, blasenartig bis krümelige Ausblühungen und Krusten auf Höhlensedimenten und Höhlenwänden; deutlich trockener als bergmilchartige Bildungen (Calcit, Aragonit, Mg-Hydroxi-Carbonat-Hydrate).

Auftrennung nach dem Mineralbestand; Eigenschaften

- Calcit: harte, feinkörnige, knopfartige Ausblühungen und dünne Sinterkrusten.
- Aragonit: harte, feinkörnige, knopf- bis blasenartige Ausblühungen oder radialstrahlige, gut auskristallisierte Sinterkrusten und Blasen.
- Hydromagnesit: harte, dichte bis weiche, poröse, sehr feinkörnige Ausblühungen, Krusten, Knöpfe, mehrschichtige Blasen. Daneben treten auch weiche, weiße, charakteristisch seidig schimmernde, dünnwandige, bis zu 5 Zentimeter große gefälte Blasen und Blasenaggregate auf (über die ersten Funde von Hydromagnesit in den Nördlichen Kalkalpen wurde von *Seemann* (1973) berichtet). Es konnten zwei Hydromagnesitgenerationen festgestellt werden.

Typ I: Die vermutlich primäre Generation ist hart, dicht oder als feinkörniger, lockerer Überzug ausgebildet. Nach röntgenographischen Untersuchungen dominieren hier die (011)-Flächen gegenüber den (100)-Flächen (siehe auch *Bariand et al.*, 1973). Zudem sind die Reflexe relativ stark verbreitet und unscharf, was auf schlechtere Auskristallisation hindeutet. Nebenmenge: z. T. Dolomit.

Typ II: Die sekundäre Generation bildet die genannten weißen dünnwandigen Blasen. Hier dominieren im umgekehrten Fall die (100)-Flächen deutlich gegenüber den (011)-Flächen. Die Reflexe sind scharf und schmal. Im Raster-elektronenmikroskop zeigen sich schuppenartig übereinander gestaffelte blättchenförmige Kristalle mit einer durchschnittlichen Korngröße von 3μ Durchmesser und $0,1\mu$ Blättchendicke (*Seemann*, 1979 a).

- Nesquehonit: weiche, dünne Überzüge, z. T. feinkörnig weiß, z. T. farblose, nadelige Kristalle bis 2 Millimeter Länge. Es ist der erste Nachweis von Nesquehonit in der Mammuthöhle.
- Nicht identifiziertes „Lansfordit-Dypingit-ähnliches“ Mineral (im Anschluß als „LD-X“ bezeichnet): als dünne, weiche Überzüge und Krusten auf Hydromagnesitblasen, meist zusammen mit Nesquehonit, z. T. auch fast monomineralisch mit Nesquehonit als Verunreinigung; weißdurchscheinend, fein bis mittelkörnig.

Das Röntgendiagramm erbrachte zahlreiche, gut ausgebildete Reflexe, die keinem der bekannten Mg-Hydroxi-Carbonat-Hydraten zuzuordnen waren (Abb. 1). Die wichtigsten Reflexe liegen bei folgenden d-Werten: ca. 7,10 (I/I_0 : 20), 5,20 (45), 5,07 (50), 4,28 (25), 2,82 (100). – Das Mineral ist bei

nicht allzuhoher Zimmertemperatur relativ lange beständig. Im Vakuum (10^{-4} – 10^{-6} Torr) zersetzt es sich jedoch sofort unter Verlust fast des gesamten Wassers und CO_2 zu amorphem $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – MgO . Untersuchungen mit der

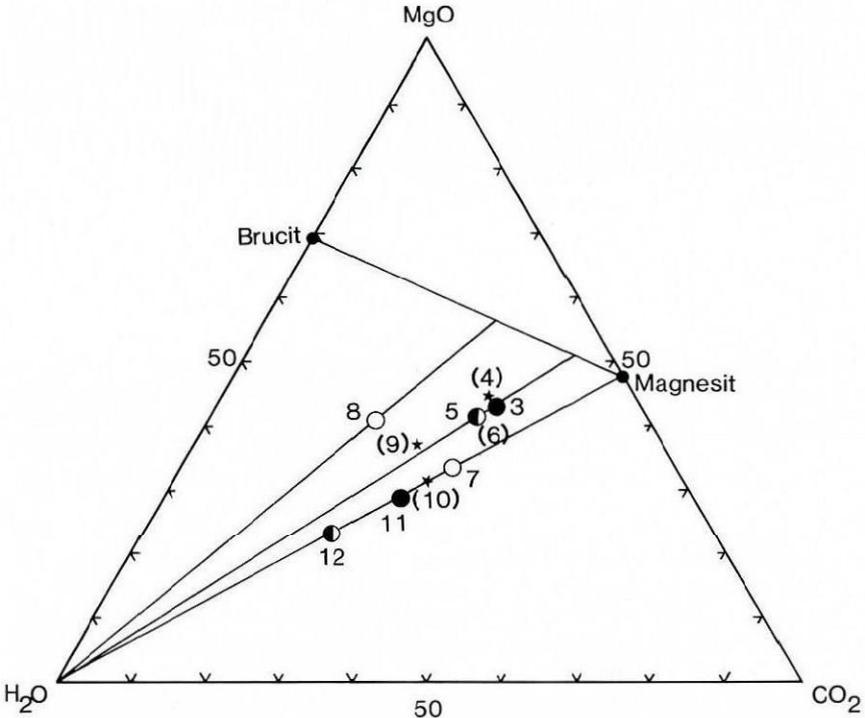


Abb. 1: Darstellung der bekannten Magnesium-Carbonat-Hydrate und Magnesium-Hydroxi-Carbonat-Hydrate im System $\text{MgO-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ (in Gew.-%) nach folgender Reihung (nach Davies und Bubela [1973], White [1971] und Raade [1970]):

1 Brucit	$\text{Mg}(\text{OH})_2$
2 Magnesit	MgCO_3
3 Hydromagnesit	$\text{Mg}_5[(\text{OH})(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
4 Hydromagnesit (b)	$\text{Mg}_3[(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (synth.)
5 Dypingit	$\text{Mg}_5[(\text{OH})(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
6 Giorgiosit	$\text{Mg}_5[(\text{OH})(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (synth./nat.)
7 Barringtonit	$\text{MgCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
8 Artinit	$\text{Mg}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
9 unnamed Mineral	$\text{Mg}_5[(\text{OH})(\text{CO}_3)_2]_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
10 Protohydromagnesit	$2\text{MgO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (synth.)
11 Nesquehonit	$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
12 Lansfordit	$\text{MgCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Elektronenstrahl-Mikrosonde erbrachten daher unbrauchbare Analysenwerte. Dafür konnte nachgewiesen werden, daß LD-X nur Mg und kein Ca oder andere Elemente als Kationen eingebaut hat. Zudem sind keine anderen Anionen als CO_3^- , OH^- , bzw. H_2O beteiligt.

- Nicht identifiziertes „Hydromagnesit-ähnliches“ Mineral (im Anschluß als „HM-X“ bezeichnet): hart, dicht bis feinkörnig. Durchwegs als Beimengung der primären Hydromagnesit-Generation (Typ I). Unter Annahme einer monomineralischen Zusammensetzung: Hauptreflexe der Röntgendiffraktometriaufnahme bei ca. $d = 10,2$ ($I/I_0 = 80$), $9,6$ (50), $5,6$ (35). Die Reflexe sind sehr unscharf und breit. Nebenmenge: meist Dolomit.

Mineralparagenesen und Genesedeutung

1. Gallert- und watteartige Ausblühungen

- a) „Bergmilch“ (Trimmel, 1968): Diese auch „Mondmilch“ genannten Bildungen bestehen, soweit an Proben aus der Mammuthöhle untersucht, durchwegs aus Calcit. Die naturbelassene Probe zeigt in der Röntgendiffraktometriaufnahme nur relativ kleine, stark verbreitete Calcitreflexe. Mit abnehmendem Wassergehalt (Trocknung bei ca. 110°C) gleicht sich das Diagramm dem des normalen Calcits an. Wassergehalte wurden mit Werten zwischen 60 und 80 % festgestellt. Keine der untersuchten Bergmilchproben aus der Mammuthöhle weist nennenswerte Mg-Gehalte auf. Ein ähnliches „Calcit-Gel“ in Klüften des Gumpoldskirchner Hauptdolomites wurde von Schroll et al. (1965) als „Protocalcit“ bezeichnet. Im Rasterelektronenmikroskop erscheinen ca. $0,05\mu$ dicke, wirrfaserig angeordnete Calcitfäden. Der Zwischenraum ist mit Wasser gefüllt. Früher wurden ähnliche Bildungen z. T. auch als „Lublinit“ bezeichnet (Lang, 1915). Mikrobiologische Komponenten, die oft auch für die Bergmilchbildung verantwortlich gemacht werden (Williams, 1959), konnten in Proben der Dachstein-Mammuthöhe bis jetzt noch nicht nachgewiesen werden.
- b) „Bergmilchwatte“ tritt in Schichtdicken bis zu 15 Zentimeter auf. Entsprechend der Bergmilch setzt sich diese Bildung auch nur aus Calcit zusammen. Im Gegensatz zur Bergmilch besteht diese Substanz aus geraden, miteinander verfilzten submikroskopisch feinen Nadeln (Seemann, 1979 a). Die durchschnittliche Dicke beträgt 1μ . Beide Calciterscheinungsformen können nebeneinander vorkommen. Es erscheint möglich, daß durch langsame Entwässerung (Alterung) aus Bergmilch Bergmilchwatte entsteht (siehe auch Schroll, 1965, Tietz, 1978). Zur Genese wird unter anderem Kondensation von Wasser aus feuchter Höhlenluft an etwas kälteren Höhlenwänden angenommen. Langsame CO_2 -Diffusion führt dann zu diesem haarförmigen Calcitwachstum („Whiskers“). Aus reinen Lösungen könnten gerade Nadeln, aus verunreinigten Lösungen gekrümmte Kristalle entstehen, die eventuell

später rekristallisieren (Tietz, 1978). Zum Teil werden auch Kapillar- bzw. Porenwässer aus anstehenden, porösen Gesteinen dafür verantwortlich gemacht.

2. Krustenartige Ausblühungen und Anflüge

Meist monomineralisch aus Calcit, selten mit geringen Beimengungen aus Aragonit. In Bereichen von Mg-Hydroxi-Carbonat-Hydrat-Vorkommen tritt entsprechend dominierend feinkörniger Hydromagnesit (Typ I) auf. Anflüge sind entweder ursprünglich dünnlagige Bergmilchausscheidungen oder direkte Bildungen.

3. Blasen- und knollenartige Ausblühungen

(„Cave Popcorn“ (Thrailkill, 1971), „Balloons“ (Hill, 1976)): In der Mammuthöhle kommen mehrere Typen vor (zum Mineralbestand: H = Hauptmenge [30–100 %]), N = Nebenmenge [10–30 %], n = kleinere Nebenmenge bis Spuren [unter 10 %]); (Abb. 2):

Fundkomplex (Typ)	Kern (Basis)	Rinde um Kern (Innenrinde)	Mittelinrinde(n)	Außenrinde
MaP63	Arg (H) HM-I(n)	Arg (H)	Arg (H)	Arg (H)
MaP63(4)	Cc (H) Arg (N)	Arg (H)		HM-I(H)
MaP64(10)	HM-I(H) HM-X(n) Dol (n)		HM-I(H) HM-X(N) Dol (n)	Nesq(H) LD-X(n)
MaP64		HM-I(H) HM-X(n) Dol (n)	HM-I(H) HM-X(n) Dol (n)	Nesq(H/N) LD-X(n/H)
MaP64(1)		HM-I(H)		HM-II(H)
MaP33(1)	HM-I(H)			HM-II(H)

Abb. 2: Mineralparagenesen in den blasen- und knollenartigen Ausblühungen. (Cc=Calcit, Arg=Aragonit, Dol=Dolomit, HM-I und HM-II=Hydromagnesit – Typ I und – Typ II, Nesq=Nesquebonit, HM-X und LD-X=nicht identifizierte Mineralien, siehe Text).

- a) Mehrschalige Knollen (mit Kern); (max. Durchmesser ca. 3 Zentimeter)
Typ: Probe MaP 63:
- Kern: feinkörnig, relativ weich; Aragonit (H), Hydromagnesit, Typ I (n)
 - Rinde um den Kern: radialstrahlig: Aragonit (H); darüber mehrere blasenartige Schalen mit Luftraum dazwischen
 - Mittelrinden: feinkörnig, hart: Aragonit (H)
 - Außenrinde: feinkörnig, hart: Aragonit (H)
- Typ MaP 63 (4):
- Kern: feinkörnig, relativ weich: Calcit (H), Aragonit (N)
 - Rinde um den Kern: radialstrahlig: Aragonit (H) darüber in einzelnen bis mehreren blasenartigen Schalen
 - Außenrinden: feinkristalline, rauhe Oberfläche: Hydromagnesit, Typ I (H)
- b) Mehrschalige Blasen (mit und ohne Kern); (max. Durchmesser 3 Zentimeter)
Typ MaP 64 (10):
- Kern; feinkörnig, hart: Hydromagnesit, Typ I (H) + HM-X (n) + Dolomit (n)
 - Mittelrinden; feinkörnig, hart: Hydromagnesit, Typ I (H) + HM-X (N) + Dolomit (n)
 - Außenrinde (direkt auf Mittelrinde, oft nur einseitig oder teilweise vorhanden); feinkörnig bis grobkristallin: Nesquehonit (H), LD-X (n)
- Typ MaP 64:
- Innenrinde: feinkörnig, hart: Hydromagnesit, Typ I (H) + HM-X (n) + Dolomit (n)
 - Mittelrinden: feinkörnig, hart: Hydromagnesit, Typ I (H) + HM-X (n) + Dolomit (n)
 - Außenrinde: fein-mittelkörnig, weich; Nesquehonit (H/N) + LD-X (n/H) (in allen variablen Verhältnissen)
- Typ MaP 64 (1):
- Innenrinde: feinkörnig, hart: Hydromagnesit, Typ I (H)
 - Außenrinde: feinkörnig, weich: Hydromagnesit, Typ II (H)
- c) Einschalige Blasen, z. T. stark gefältelt, sehr dünnwandig („Balloons“): sitzen meist auf feinkörnigen Anflügen auf Felswand oder Sediment; meist monomineralisch aus Hydromagnesit, Typ I
- Typ MaP 33 (1): feinkörnig, seidenschimmernd, weich (bis 5 Zentimeter groß):
- Hydromagnesit, Typ II (H). An den meisten Fundstellen ist dies die mit Abstand häufigste Varietät.
- Typ MaP 43 (4): schaumartige Ausblühungen aus vielen kleinen Bläschen, analog MaP 33 (1), bestehend aus:
- Hydromagnesit Typ II (H).

Zur Genese: Carbonatausscheidungen aus Höhlenwässern finden überwiegend als Folge von CO₂-Diffusion mit der Höhlenluft statt. Daraus resultiert eine Carbonatausscheidung, die meistens als Calcit mit vorwiegend niederen

Mg-Gehalten erfolgt. In Höhlenwässern ist diese Sinterbildungsphase an einer Abnahme des Ca- bzw. am Ansteigen des Mg-Gehaltes der Restlösungen abzulesen. Nach Überlegungen von *Müller et al.* (1972) und *Fischbeck* (1976) entstehen auf diese Art und Weise immer konzentriertere Mg-Lösungen, wobei mehrere Ca-Mg-Carbonate bis zu den reinen Mg-(Hydroxi)-Carbonat-Hydraten ausgefällt werden können. Die einzelnen Mineralien bilden sich nacheinander mit steigendem Mg^{2+}/Ca^{2+} -Verhältnis der Restlösung: Calcit, Mg-Calcit, Aragonit, Monohydrocalcit, Hydromagnesit und Nesquehonit, wenn die jeweiligen Löslichkeitsprodukte (*Thraillkill*, 1971) überschritten werden. Erleichtert wird die Bildung der diversen wasserhaltigen Mg-Carbonate, weil Mg im Gegensatz zu Ca in wässrigen Lösungen von einer extrem stabilen Hydrathülle umgeben ist, was im ersten Schritt einen größeren Einbau von Mg^{2+} im Calcit verhindert, im zweiten Schritt eine direkte Abscheidung als Magnesit verhindert (*Sayles und Fyfe*, 1973) und im letzten Schritt den Einbau von Hydratwasser in die Hydroxi-Carbonate ermöglicht.

Der häufig gemeinsam mit dem Hydromagnesit, Typ I und „HM-X“ auftretende Dolomit im Fundkomplex MaP 64 dürfte ebenfalls als sekundäre Ausscheidung anzusehen sein. Da kaum diagenetische Beeinflussung in diesem Fall zu erwarten ist, müssen Lösungsgenossen und/oder besondere Konzentrationsverhältnisse eine mehr oder minder direkte Abscheidung (evtl. mit Übergangsstadium) initiiert haben (s. a. *Fischbeck*, 1976). Eine Verunreinigung durch anstehendes Höhlensediment oder Nebengestein ist auszuschließen, da keiner der beiden Komplexe in unmittelbarer Umgebung Dolomit enthält (*Seemann*, 1973).

Für die Ausscheidung der Mg-Carbonat-Hydrate ist der Vorgang der Wasserverdunstung gegenüber dem der CO_2 -Abgabe im Gegensatz zur Calcitausscheidung wesentlich wichtiger. Für die Mg-Mineralbildung im Höhlenmilieu des Dachsteins, mit hoher Luftfeuchtigkeit, niederen Temperaturen und geringem Mg-Anteil im anstehenden Gestein, sind einige gleichzeitig wirkende Faktoren notwendig:

- genügend mit Mg^{2+} angereicherte Restlösungen durch oftmalige oder intensive Calcit-(Aragonit)-Ausscheidung,
- lokale Luftfeuchtigkeit unter 100 %, d. h. relativ starke und ständige Bewetterung mit trockener Luft,
- große und günstig postierte Oberfläche für beschleunigte Verdunstung und CO_2 -Abgabe. Alternativ: oberflächenreiche tonige Höhlensedimente, die Wasser aufnehmen können und neuerlich Calcitausscheidung um die Sedimentpartikel initiieren (*Tietz*, 1978). Dabei kommt es zur weiteren Steigerung des Mg^{2+}/Ca^{2+} -Verhältnisses in der Lösung und zum Ausblühen der diversen Mg-Mineralien an der Sedimentoberfläche (Fundstelle MaP 33, MaP 64, Minotauruslabyrinth).

Auf Grund der Funde kann folgende Mineralausscheidungsfolge angegeben werden (Abb. 3):

Hinsichtlich Stabilität der Mg-Mineralien im System $MgO-CO_2-H_2O$ und im Druck-Temperatur-Bereich siehe *Langmuir* (1965) und *Lippmann* (1973).

sem Zusammenhang ist zu erwähnen, daß Nesquehonit hier zum ersten Mal in einer österreichischen Höhle nachgewiesen werden konnte.

3. *Zuckerkörnige bis schneeartige Ausblühungen*, vorwiegend aus tonigen Höhlensedimenten, aber auch aus Klüften.

Mittels Röntgendiffraktometrie konnte Soda (Natrit) ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) als Hauptmenge und Dolomit, Calcit und Hydromagnesit als untergeordnete Beimengung nachgewiesen werden (Seemann, 1979 b). Erwähnt werden muß, daß auch Thermonatrit ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) nachgewiesen wurde, das aber erst auf dem Weg zur Untersuchung durch Wasserverlust aus Soda entstanden ist. Diese für Höhlen ungewöhnliche Mineralisation bildet sich wie der ebenfalls in diesem Bereich vorkommende Mirabilit ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) nur aus stark salinaren Lösungen bei entsprechenden Na-Konzentrationen, in stark karbonatischem Milieu und bei entsprechend hoher Luftfeuchtigkeit.

Soda kommt in Österreich relativ selten vor. Sie ist nur auf alpine Salzlagerstätten und rezente Abdampfrückstände burgenländischer Trockengebiete beschränkt (Commenda (1926) und Meixner (1976)).

Die Herkunft derartig salinärer Lösungen ist auf Evaporiteinschaltungen oder Unterlagerungen zurückzuführen, die entlang von Störungen bis in den Höhlenbereich aufdringen konnten. Im Bereich des Salzburgerschachtes bietet sich die „Brunntalstörung“ an, die nach Knapczyk et al. (1978) für die Entwicklung einiger Höhlenteile, wie auch für den Aufschluß von zumindest tektonisch verschleppten Raiblerschichten im Höhlenbereich verantwortlich sein könnte.

Die mit der Soda in geringen Mengen vergesellschafteten Mineralien Dolomit und Calcit dürften keine Neubildungen, sondern Verunreinigungen sein, die aus den anstehenden dolomitreichen Sedimenten stammen.

Danksagung:

An meine Höhlenkameraden aus dem Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich für die selbstlose Mithilfe bei den oftmaligen Unternehmungen zur Bergung der diversen Mineral- und Sedimentproben in der Dachstein-Mammuthöhle. Unter anderen Herrn Dr. H. W. Franke, W. Hollender, H. Thaler und Dr. C. Tortchanoff.

An Frau E. Bednarik (Landesverein für Höhlenkunde in Wien und Niederösterreich) für wichtige Hinweise auf die erste Hydromagnesitfundstelle in der Mammuthöhle.

An Herrn H. Knapczyk (Landesverein für Höhlenkunde in Salzburg) für die gewissenhafte Aufsammlung und Überlassung von Mineral- und Sedimentproben aus dem Salzburgerschacht.

An Frau Univ.-Prof. Dr. E. Kirchner, Universität Salzburg, Institut für Geowissenschaften, für Zurverfügungstellung von Vergleichsmaterial und für die Zusage und Vermittlung zur Anfertigung von Elektronenmikroskopaufnahmen am Institut für Zoologie der Universität Salzburg.

An meinen Kollegen Dr. F. Brandstätter für die Ausführung der Analysenversuche mit der Elektronenstrahl-Mikrosonde an den Mg-Carbonat-Hydraten.

Literatur:

Bariand, P., Cesbron, F., Vachey, H., Sadrzadeh, M. (1973): Hydromagnesite from Soghan, Iran.—Min. Record 4, 18—20.

Commenda, H. (1926): Minerale Oberösterreichs. In: Heimatgäue 7, 128—129, Linz.

Davies, P. J., Babel, B. (1973): The Transformation of Nesquehonite into Hydromagnesite. — Chem. Geology 12, 289—300.

- 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.
- Hill, C.* (1976): Cave-Minerals. – Natl. Speleolog. Soc., Huntsville, Alabama, USA, 137 S.
- Klappacher, W., und Mais, K.* (1975) (Gesamtredaktion): Salzburgerschacht (165–167). In: Salzburger Höhlenbuch, Bd. 1, 333 S; Salzburg 1978.
- Knapczyk, H., Klappacher, W., Kals, R., und Kirchner, E.* (1978): Neues vom Untersberg. – Atlantis 10, 5–19, Landesverein f. Höhlenkunde in Salzburg 1978.
- Lang, R.* (1915): Lublinit, die monokline Modifikation des Calciumcarbonats. – N. Jb. Min., Geol. u. Paläont. 38, Beilagebd. 121–184.
- Langmuir, D.* (1965): Stability of Carbonates in the System MgO–CO₂–H₂O. – J. Geol. 73, 730–754.
- Lippmann, F.* (1973): Sedimentary carbonate minerals. – Springer: Berlin–Heidelberg, New York, 228 S.
- Meixner, H.* (1976): Neue Mineralfunde aus Österreich; 26. – Carinthia II, 166, 21–22.
- Müller, G., Irion, G., und Förstner, U.* (1972): Formation and Diagenese for Inorganic Ca-Mg Carbonates in the Lacustrine Environment. – Naturwissenschaften 59, 158–164.
- Pfarr, Th.* (1983): Österreichs längste und tiefste Höhlen (Stand März 1983). – Die Höhle 34, 41–47.
- Plöchlinger, B.* (1980): Die Nördlichen Kalkalpen (pp. 218–264). – In: Der Geologische Aufbau Österreichs; Geol. B.-A. Wien, 699 S. – Springer: Wien, New York.
- Raade, G.* (1970): Dypingite, a new hydrous basic carbonate of magnesium, from Norway. – Am. Min. 55, 1457–1465.
- Sayles, F. L., und Fyfe, W. S.* (1973): The crystallisation of magnesite from aqueous solution. – Geochim. Cosmochim. Acta 37, 87–99.
- Schroll, E., Štěpán, E., Geymayer, W., und Horn, H.* (1965): Der Protocalcit von Gumpoldskirchen (Niederösterreich). – Tschermaks Min. Petr. Mitt. 10, 573–585.
- Seemann, R.* (1973): Die Genese der Pyrite der Karstgebiete der Nördlichen Kalkalpen. – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, 185 S.
- Seemann, R.* (1979 a): Mineralien in Höhlen. In: Höhlenforschung in Österreich. – Veröffentlichl. Naturhist. Mus. Wien, N. F. 17, 28–40.
- Seemann, R.* (1979 b): Am Untersberg heute – Mineralien und Sedimente. – Atlantis 11, 18–22, Landesverein f. Höhlenkunde Salzburg.
- Stummer, G., Gesamtredaktion* (1980): Atlas der Dachstein-Mammuthöhle 1:1000. – Wiss. Beihefte z. Zeitschr. Die Höhle 32, 100 S.; Wien 1980.
- Thraillkill, J.* (1971): Carbonate Deposition in Carlsbad Caverns. – J. Geol. 79, 683–695.
- Tietz, G. F.* (1978): Untersuchungen zur Genese und Mineralverteilung rezenter Karbonate in Dolomithöhlen Frankens unter besonderer Berücksichtigung jahreszeitlicher Konzentrationsänderungen in Höhlenwässern. – Habilitationsschrift, Neunkirchen a. Br., BRD, 139 S.
- Trimmel, H.* (1968): Höhlenkunde. – Vieweg & Sohn, Braunschweig, 300 S.
- White, W. B.* (1971): Infrared characterization of water and hydroxyl ion in the basic magnesium carbonate minerals. – Am. Min. 56, 46–53.
- Williams, A.* (1959): The formation and deposition of moonmilk. – Trans. Cave Res. Group G. B. 5, 135–138.

Anschrift des Verfassers: Dr. Robert Seemann, Naturhistorisches Museum Wien, Mineralogisch-Petrographische Abteilung, Burgring 7, A-1014 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical
Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Die Höhle](#)

Jahr/Year: 1984

Band/Volume: [035](#)

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

Artikel/Article: [Neufunde sekundärer Carbonatmineralisationen in Höhlen des Dachsteins und des Untersberges \(Nördliche Kalkalpen\) 253-262](#)