©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

OÖ. Geonachrichten	Jg. 30 - 2015	Seite 5 - 27

Der Salzbergbau von Hallstatt/Oberösterreich und seine Mineralien

von Peter Arthofer, Steyr*

Der malerische Bergbauort im Salzkammergut mit derzeit zirka 780 Einwohnern gehört zur UNESCO-Welterbestätte Hallstatt-Dachstein/Salzkammergut.

Nach Funden eines Gräberfeldes im Bereich der Tagfläche des Bergbaues wurde ein Abschnitt der Älteren Eisenzeit (800 – 450 v. Chr.) nach dem locus typicus „Hallstattzeit“ benannt.

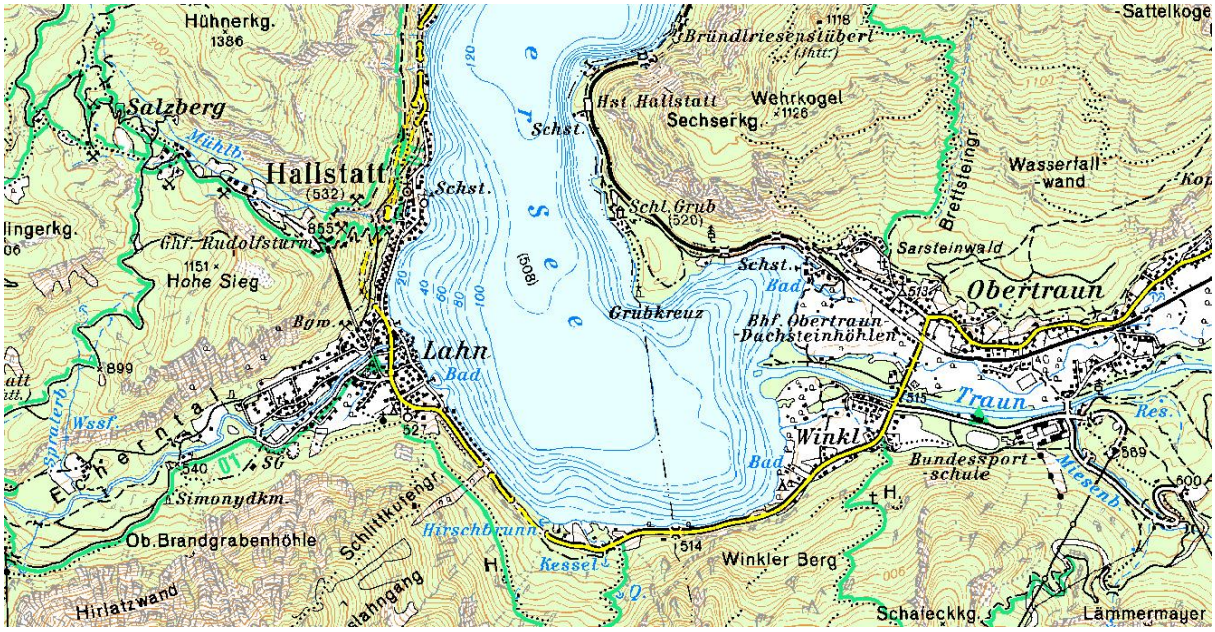

Abb. 1: Ausschnitt aus der ÖK 1:50.000, Blatt 96 Bad Ischl

Die geologische Erforschung des Bereiches Hallstätter Salzberg:

Die Stratigraphie der Alpinen Trias wurde durch die Arbeiten von F. v. HAUER (1853) und E. v. MOJSISOVICS (1869) begründet. Eine ausführliche Zusammenstellung der Erforschungsgeschichte des Hallstätter Salzberges und seiner Umrahmung aus neuerster Zeit kommt von LOBITZER & MANDL (1999). Nach GAWLICK ET AL. (2001) sind generell zwei Auffassungen über die Herkunft und die tektonische Stellung des Hallstätter Salzberges zu unterscheiden:

1.) Ferntransportiert mit juvavischer Stellung und

2.) Autochthon und aus dem Untergrund diapirartig aufgedrungen.

---

*) Peter Arthofer
Sertlstrasse 15
4400 Steyr
arthoferp@gmail.com

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Jüngere Untersuchungen verschiedener Autoren führten nun zu weiteren Detailerkenntnissen des Bauplanes, aber keine wesentlichen über SPENGLER (1918) hinausgehenden Daten und Grundlagen für eine verbesserte Interpretation.

Neueste Untersuchungen im Bereich des Echerntales, des Plassen, der tauben Einlagerungen im Haselgebirge und an den Bohrkernen der Lagerstättenbasis erlauben nun eine völlig abweichende Interpretation des Bauplanes des Hallstätter Salzberges.

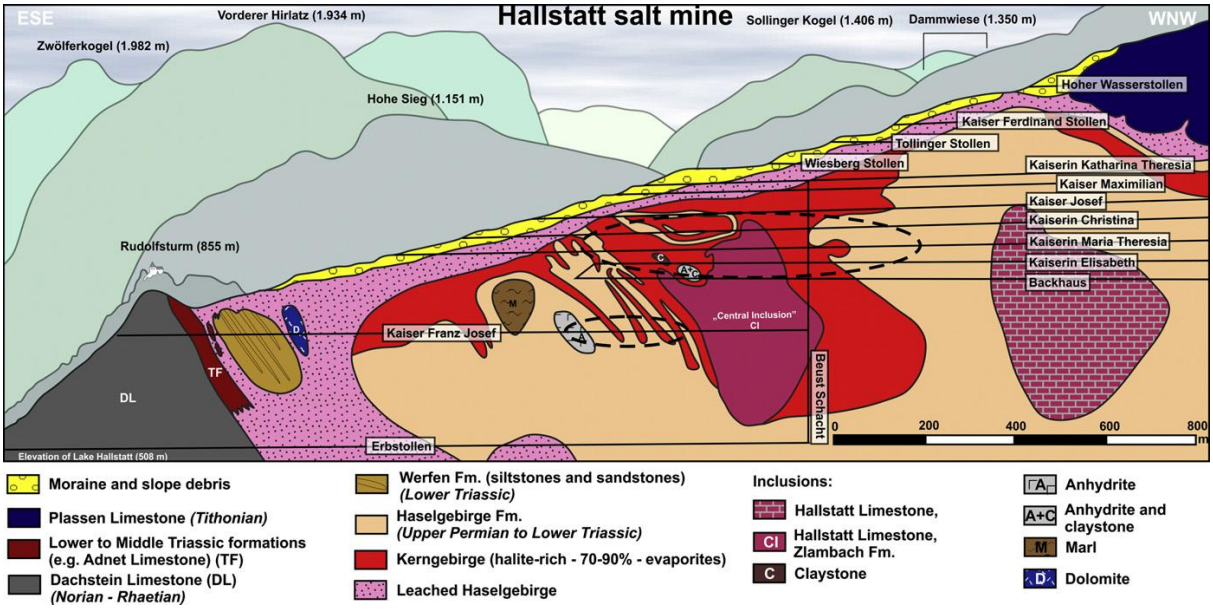

Abb. 2: Vereinfachter Schnitt durch den Hallstätter Salzberg aus SCHORN et al. (2013)

Taube Nebengesteinseinlagerungen im Haselgebirge der Lagerstätte

Bisher wurden die meisten Nebengesteinseinlagerungen im Salzberg als Hallstätter Gesteine angesprochen, mit Ausnahme der siliziklastischen Folgen, welche durch SPÖTL (1988) als permisch erkannt wurden.

Mit neuen Methoden wurden die Nebengesteinseinlagerungen im Salzberg untersucht und festgestellt, dass es Hallstätter Gesteine sind. Dabei entspricht der stratigraphische Umfang der im Salzberg nachgewiesenen Kalke nicht dem, der an der Oberfläche nachgewiesen werden konnte. Neben Hallstätter Kalken wurden auch verschiedene liassische Kalke, Klauskalke des Dogger, Oberalmer Schichten und mittelkretazische Kalkmergel gefunden. Damit ist klar belegt, dass die Nebengesteine zum Teil erst in jüngerer Zeit (Mittel-Kreide und jünger) in die Lagerstätte inkorporiert wurden.

Die Überlagerung der Lagerstätte

Eine flache Überlagerung des Plassens auf dem Hallstätter Salzberg – wie sie in den meisten Profilen dargestellt wird – ist aufgrund der Nebengesteinseinlagerungen in Frage zu stellen. Weitere detaillierte Untersuchungen in diesem Bereich sind durch GAWLICK in Planung. Der Plassen ist noch immer eine der am wenigsten untersuchten Typlokalitäten des Mesozoikums der Nordalpen in Bezug auf die Stratigraphie und Referenzprofile.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Die Lagerstättenbasis

Bei einer niedergebrachten Bohrung in die Lagerstättenbasis wurde ein grauer, etwas kieseliger Kalk, der zum Ruhpoldinger Radiolarit zu stellen ist, erschlossen. Im Material wurde eine reichhaltige Radiolarienfauna gefunden, welche die Datierung ermöglichte. Die Einstufung erfolgte in die U.A.-Zone 7 (Ober-Bathonium – Unter-Callovium, nach BAUMGARTNER ET AL. 1995). Aus diesen Untersuchungen ergibt sich für die Umrahmung des Hallstätter Salzberges folgendes Schichtprofil:

Über gebanktem, lagunärem Dachsteinkalk der Ober-Trias folgen die verschiedenartigen liassischen Gesteine. Im Ober-Lias sind mächtige Breccien eingelagert. Darüber folgen stellenweise Rotkalke der Klaus-Formation und im weiteren Verband unterschiedliche mergelige und kieselige Sedimente. Das Haselgebirge selbst hat wahrscheinlich erst vor der Ablagerung der Plassenkalke im Kimmeridge Platz genommen. Im Zuge der Platznahme wurden wahrscheinlich die ersten Nebengesteine in das Haselgebirge inkorporiert. Im Tithon und der frühen Unter-Kreide kommt es zur Ablagerung verschiedener Sedimente. Vermutlich im Turon - im Zuge der Gosauischen Entwicklung im Raum südlich des Plassen – tritt eine starke Absenkung ein. Bei diesen Absenkungsbewegungen werden wiederum jüngere Nebengesteine in das Haselgebirge eingelagert. Sekundäres Südwärtsgleiten des Plassen auf das Haselgebirge formte im Laufe der Zeit das heutige geologische Bild der Hallstätter Salzlagerstätte und des geologischen Rahmens.

Der Salzkörper von Hallstatt

Nach SCHORN (2013) ist der Salzkörper Teil der Hallstattkappe nördlich des Echerntales. Der Haselgebirgskörper erstreckt sich zirka drei Kilometer in E-W-Richtung und ist circa 600 Meter breit. Der höchste Punkt liegt auf 1.350 Metern, der unterste, das Erbstollenniveau, bei 500 Metern. Die Basis wurde durch den Bergbau noch nicht erreicht. Der tiefste Punkt liegt derzeit 100 Meter unter dem Seespiegel (508 Meter über dem Mittelmeer). Der Salzgehalt der Haselgebirgsformation ist etwa bei 55 Gewichtsprozent anzusetzen.

Die im Bergbaubetrieb erschlossenen Gesteine fasst SCHAUBERGER (1986) detailliert zusammen. Er unterscheidet zwischen chemischen Präzipitatgesteinen, klastischen Begleitgesteinen und salzfremden Gesteinen.

1.) Chemische Präzipitatgesteine

Hier wird das Steinsalz (Halit) in seinen verschiedenen Formen sowohl primärer als auch sekundärer Entstehung behandelt. Eine eingehende Behandlung des Hallstätter Salzes und seiner Varianten erfolgt im Kapitel „Mineralien“. Im Salzberg ist auch Anhydrit in verschiedenen Formen erschlossen. Details hiezu siehe ebenfalls im Kapitel „Mineralien“.

2.) Klastische Begleitgesteine

- Schwarzer Salzton: Im frischen Bruch dunkelgrau, bergfeucht schwarz, bleicht am Tageslicht aus und kann sich durch Oxidation rotbraun verfärben. Grob geschichtet auch mit anhydritischen Zwischenlagen gebändert und in Anhydrit übergehend. Quer zur Schichtung öfters von Salz oder Polyhalit durchsetzt.
- Grüner Salzton: Frisch dunkelgrau, bergfeucht grünlich-grau, mit rostgelben Anflü-
- gen, jedoch ohne rotbraune Oxidationsverfärbungen. Ungeschichtet größere Härte als der schwarze Salzton, muschelig bis splittrig brechend, gelegentlich sandig. Häufig durchwachsen mit Tonwürfelsalz.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

- Grauer Salzton: Hellgrau, dünnblättrig und weich, fühlt sich seifig an und färbt weiß ab. Auf den Ablöseflächen manchmal weißes Blättersalz, zuweilen auch Tonwürfelsalz. In tektonischen Bewegungszonen und am Kontakt zu härteren Gesteinen als Salzglanzschiefer verpresst und unterscheidet sich von anderen Glanzschiefern durch seine rotbraune Striemung.
- Die Salzsandsteine: Darunter versteht man Sandsteine, die zugleich mit dem Salz sedimentiert wurden, zu unterscheiden von erst später aus dem Hangenden oder Liegenden eingelagerte. Es handelt sich durchwegs um fein- bis feinstkörnige Quarzsandsteine von vorwiegend rötlich-brauner, seltener grau-grüner oder hellgrauer Farbe, die im Salzton und Haselgebirge bis zu 15 cm mächtige, zu Brocken aufgelöste Zwischenlagen bilden.

3.) Salzfremde Gesteine

- Eruptivgesteine: Basische Eruptivgesteine sind im alpinen Salinar weit verbreitet, jedoch nur in Hallstatt und Bad Ischl mit Sicherheit nachgewiesen. Das Melaphyrvorkommen von Hallstatt wurde erstmalig 1879 von F. v. HAUER beschrieben. Die detaillierteste Untersuchung des Gesteins wurde durch ZIRKL (1957) durchgeführt. Der Melaphyr durchsetzt in zahlreichen Fragmenten bis zu Dimensionen von 30 x 55 x 80 Metern das Werk Posanner im Nordflügel der Lagerstätte. In diesem Bereich sind auch thermische Kontakterscheinungen zu beobachten, welche die submarine Intrusion während der salinaren Sedimentation beweisen.
- Heidengebirge: Dieses Gestein nimmt eine Sonderstellung im Gesteinsverband der Salinen ein, da die Entstehung durch das Zutun des Menschen verursacht wurde. Der Begriff „Heidengebirge“ ist seit dem 19. Jahrhundert ein selbstverständlicher Terminus. Darunter werden Einschlüsse von prähistorischen Betriebsabfällen wie abgebrannte Leuchtspäne, zerbrochenes Arbeitsmaterial, Textilien, Essensreste, menschliche Exkremente und nicht-förderwürdiges Gestein verstanden. Da in der Hallstattzeit kleinteiliges Salz – anders als in der Bronzezeit – nicht als förderwürdig galt, wurde es in den Gruben als Abfall zurückgelassen. Dadurch ist das Hallstatt- bzw. eisenzeitliche Heidengebirge, das man wegen seiner Durchsetzung mit kleinstückigem Salz auch als „kerniges Heidengebirge“ bezeichnet, leicht vom bronzezeitlichen zu unterscheiden. Durch den Bergdruck wurden Hohlräume mit Heidengebirgsresten als Bodensatz im Laufe der Zeit wieder verschlossen, sodass von ihnen nur die zusammengepresste Schicht des Abfalls erhalten blieb.

Abschließend sei auf Gasaustritte, Mineralwässer und Selbstsolen, die im Hallstätter Salzberg während des Abbaues vorkamen, hingewiesen.

Der Hallstätter Bergbau

Der Hallstätter Salzberg gilt als der älteste Salzbergbau der Welt. Von der Bronzezeit bis ins Mittelalter wurde im Trockenverfahren über Stollen abgebaut.

Nach SCHAUBERGER (1968) erreichte der prähistorische Bergbau in Hallstatt eine Teufe bis 330 m und - bei einer 12-Stundenschicht von 1 Meter im Monat - eine Gesamtstreckenlänge von ca. 3750 Metern.

Im Mittelalter machte man sich erstmalig die Wasserlöslichkeit des Salzes zu Nutze, und der Lösebergbau hielt am Salzberg Einzug.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Um das Jahr 1550 wurde in Hallstatt die Sohle noch nicht in den gebräuchlichen Ablasswerken, sondern in den damals üblichen Schöpfwerken gewonnen. Die in den Werkern erzeugte Sole musste ausgehaspelt werden. Als Gefäße wurden die „Pulgen“ benutzt, die von Pulgennähern aus Ochsenhäuten angefertigt wurden. Im Bergbau verbrauchte man jährlich zirka 26 Ochsenhäute. Die aufgehaspelte Sole wurde anfänglich in offenen Rinnen, später in Holzröhren, in die Solestuben an den Stollenmundlöchern geleitet, wo sie nach der Klärung der Sudhütte zugeführt wurden. Die Sole wurde nach „Stuben“ gemessen. Eine Stube hatte 113.200 Liter. Es waren 36 Schöpfer an der Arbeit. Sie konnten in einer Woche acht Stuben aufhaspeln und erhielten für jede Stube einen Gulden, sodass auf einen Arbeiter wöchentlich 35,5 Pfennige entfielen (ein Gulden waren 240 Pfennige). Der nasse Abbau besteht bis in die heutige Zeit. In einer Stunde werden aus dem Hallstätter Salzberg gegenwärtig etwa 100 Kubikmeter Rohsole gewonnen, was etwa 30 Tonnen Salz entspricht. Ein Durchschnittshaushalt käme mit der entsprechenden Menge Haushaltssalz 1.000 Jahre aus (LEHR 1982).

Für die Erschließung der Salzlagerstätte mussten zuerst Stollen angelegt werden. Es gibt im Salzberg Hallstatt 14 Horizonte. Ein Horizont besteht aus einem vom Tag hereinführenden, rund zwei bis drei Kilometer langen Hauptstollen (Hauptschachtricht) und davon abzweigenden Seitenstrecken im Abstand von 200 Metern. Der Höhenunterschied zwischen den oberen Horizonten beträgt jeweils etwa 35 Meter. Durch dieses Stollennetz wird das Salzlager in Abbaufelder geteilt, in denen die einzelnen Laugkammern verlegt werden.

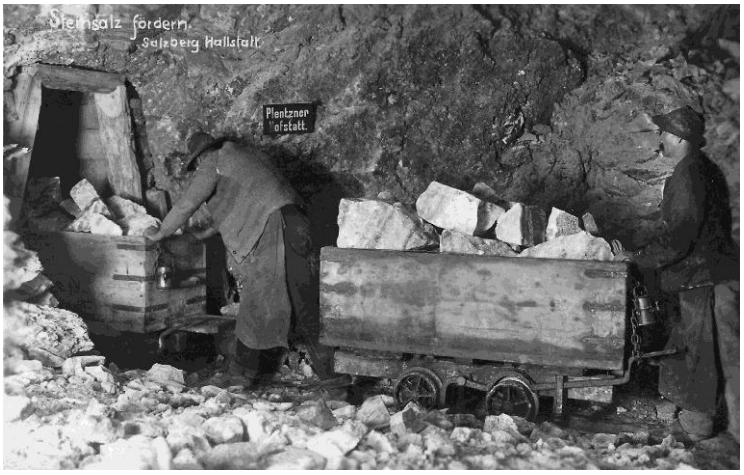

Abb. 3: Steinsalzförderung Pletzner Hofstatt, Hallstatt, datiert 1928; Archiv des Verfassers

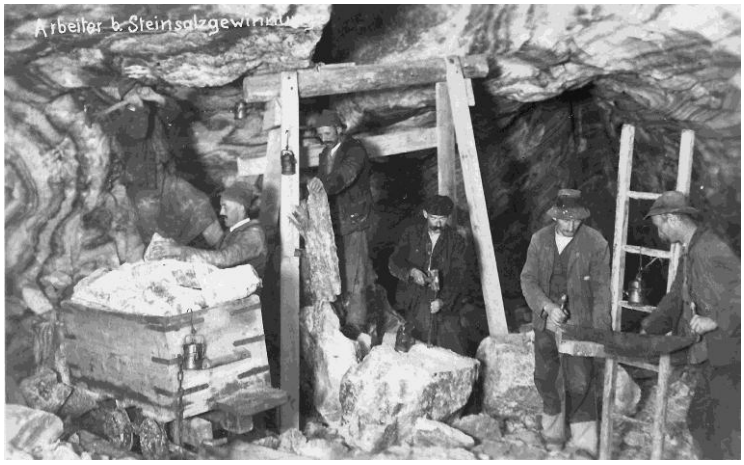

Abb. 4: Salzgewinnung Hallstatt, datiert 1928; Archiv des Verfassers

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Der Beginn eines Laugwerkes

Vom oberen Horizont wird ein 30 bis 35 Grad geneigter Gang bis in den nächsttieferen Horizont vorangetrieben und ein Hohlraum mit etwa 1.500 Kubikmetern Fassungsraum aufgesprengt. Der Hohlraum wird durch einen Ablassdamm mit dem unteren Horizont verbunden. Über ein Rohr kann die Sole aus dem Werk abgelassen werden. Nun wird dieser Raum vom oberen Horizont her bis an den „Werkshimmel“ (= Hohlraumdecke) mit Wasser verfüllt. Das Salz wird hauptsächlich am Himmel gelöst, im geringeren Maß an den Seiten. Die unlöslichen Gesteinsbestandteile sinken als Schlamm und Gesteinsbrocken zu Boden (Laist).

Die Sole bleibt so lange im Werk, bis in 100 Litern Wasser etwa 32 Kilogramm Salz gelöst sind. Dies wird als „Ätzperiode“ bezeichnet. Jetzt ist die Rohsole vollgrädig und sudwürdig. Der Solespiegel wird abgesenkt, bis der Himmel nicht mehr berührt wird. Auf diese Weise wird der Ätzvorgang zum Stillstand gebracht. Die Solelösung wird einige Tage im Werk belassen, damit sich die ungelösten Bestandteile am Boden absetzen (Klärperiode).

Erst dann wird der Sperrhahn am Rohrende geöffnet und die abfließende Sole gemessen und zu den Sudhäusern geleitet. Dieser Vorgang kann bei einer Werksanlage etwa 50 Mal wiederholt werden. Bei jedem Ätzvorgang wird eine etwa 30 Zentimeter bis ein Meter starke Schicht vom Himmel abgelaugt. Durch die Anlagerung des Taubmaterials wandert der gesamte Hohlraum langsam nach oben. Beim Erreichen eines Abstandes von sechs bis zehn Metern zum oberen Horizont wird das Werk „tot gesprochen“, um die Standfestigkeit der Stollen zu gewährleisten.

Im Jahre 1958 wurde nach umfangreichen Vorarbeiten die Technik der Solgewinnung in einem Pilotversuch erstmals mit einem Bohrloch-Sole-Gewinnungsverfahren im Salzbergbau Altaussee am Steinberg-Horizont erprobt. Mit Inbetriebnahme der Bohrlochsonde FV am 15.12.1971 im Ferdinandberg-Horizont des Salzbergbaues Altaussee kann die endgültige Einführung der Bohrtechnik unter Tage datiert werden. Die erste Übertagebohrlochsonde BJ1 ging im Jahre 1967 in Bad Ischl in Betrieb. Das Obertage-Gewinnungsverfahren gelangte aber in weiterer Folge nicht mehr zur Anwendung. Im Jahre 1984 wurden bereits 20 Bohrlochsonden betrieben, und die neue Technik hielt auch in Hallstatt 1974 Einzug. Durch die neue Technologie konnte die gesamte Rohsoleproduktion im Zeitraum von 1967 bis 1984 auf 40 Prozent gesteigert werden HOSCHER (1986).

Derzeit stehen zur Solegewinnung drei verschiedene Werkstypen zur Verfügung:

- Normalwerker (Laugwerker)
- Tiefenwerker
- Bohrlochsonden

Tiefenwerksanlagen reichen – je nach den geologischen Verhältnissen – über zwei bis vier Horizonte (OBERTH 1987).

Prinzip der Bohrlochsolegewinnung

Nach Fertigstellung der notwendigen Aus- bzw. Vorrichtungsarbeiten wird eine Kernbohrung niedergebracht. Anhand der Bohrkerne, weiterer geologischer und petrographischer Daten sowie Laboranalysen wird die Eignung des zu verlaugenden Gebirges für dieses Gewinnungs-

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

verfahren überprüft. Bei Tauglichkeit wird die Kernbohrung erweitert und ein Standrohr (Außen- und Innenrohr) eingebracht sowie der Sondenkopf installiert. Nach Installation der nötigen Zu- und Ableitungen ist die Bohrlochsonde betriebsbereit.

Man unterscheidet zwei Betriebsmethoden: die Unter- und die Oberwassereinführung. Beim Wässerungsbeginn einer Bohrlochsonde wird zuerst die Unterwassereinführung angewandt, um die Entwicklung eines Primärhohlraumes zu ermöglichen. Nach dieser Phase wird auf Oberwassereinführung umgestellt. Durch die genannten Betriebsmethoden und die Verwendung von Pressluft als Sperrmedium kann die Entwicklung einer Bohrlochsonde gesteuert und beeinflusst werden.

Da die bei der Bohrtechnik entstandenen Hohlräume niemals durch Menschen betreten werden können, erfolgt die Vermessung und Hohlraumkontrolle auf zwei verschiedene Arten: die volumetrische Vermessung und die echometrische Vermessung. (HOSCHER 1981).

Heute stellt auch der Schaubetrieb der Saline , der nach 1900 im großen Maß in Mode kam, eine nicht zu vernachlässigende Einkommensquelle der Bergbaugesellschaft dar.

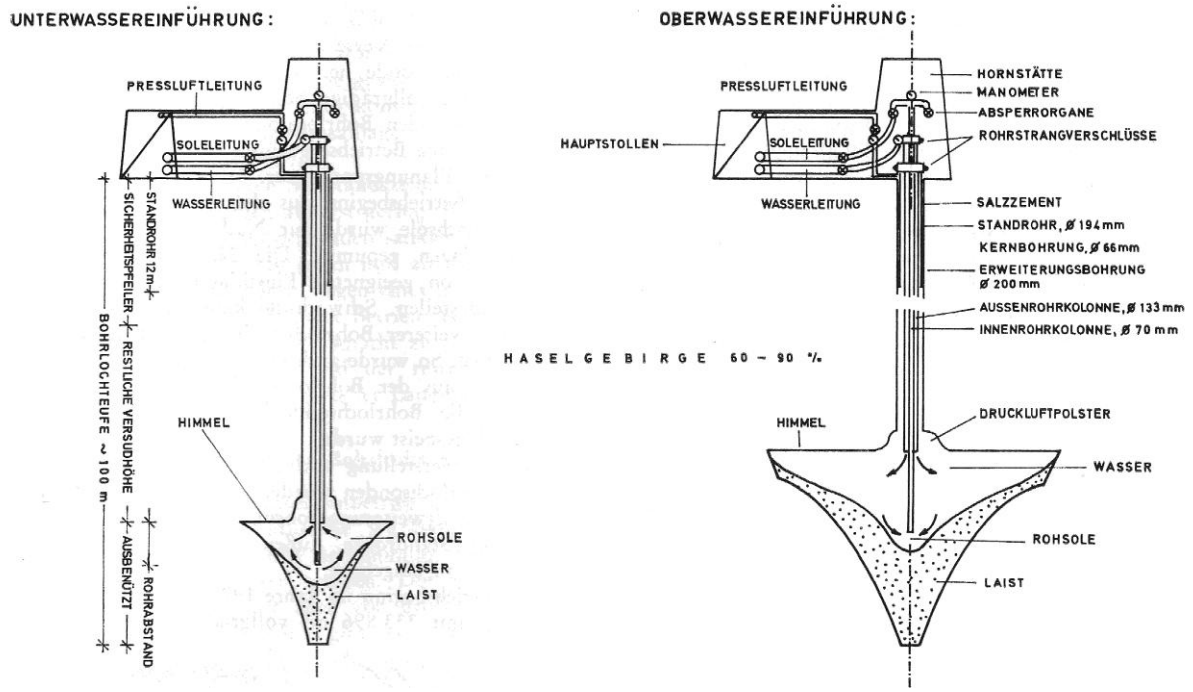

Abb. 5:Schematische Darstellung der Bohrlochsolegewinnung aus HOSCHER 1981

Das Pfannhaus in Hallstatt

Abgesehen vom prähistorischen Bergbau ist die Soleerzeugung im Hallstätter Salzberg seit 1305 nachgewiesen. Der Markt Hallstatt wurde 1750 durch eine Brandkatastrophe zerstört. Dabei fielen das Pfannhaus, alle ärarischen Gebäude und 35 Bürgerhäuser den Flammen zum Opfer. Das Pfannhaus wurde nicht mehr am ursprünglichen Standort wiedererrichtet, sondern im Ortsteil Lahn neu aufgebaut.

Seit der Mitte des 17. Jahrhunderts hat die Salzerzeugung aus der Hallstätter Sole im Ort immer mehr an Bedeutung verloren. 1965 wurde der Sudbetrieb in Hallstatt endgültig eingestellt und das Sudhaus Lahn zwischen 1967 und 1970 abgerissen.

Von diesem Zeitpunkt an wurde die Sole über ein Rohrleitungssystem nach Ebensee transportiert.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Die Arbeiten von Hofrat SCHAUBERGER im bergmännischen Bereich sind hinlänglich bekannt. Im Ressort der chemischen Untersuchungen, Aufbereitung, Soletechnik und äußerst versiert in der Erprobung neuer Technologien zur Verbesserung der Ausbeute und Produktqualität wirkte ein anderer Oberösterreicher, der Montanist Dipl.-Ing. Dr.mont. HANS REISENBICHLER (geboren 28.12.1923 in Ebensee, studierte in Leoben, verstorben 28.4.1993). In seiner Dissertation befasste er sich mit der Qualitätsverbesserung der Reinsole und der Technologie der Soleaufbereitung (REISENBICHLER 1960).

Danach kam er an das Versuchslabor der ÖSAG in Hallein, wo er sein Lebenswerk in der Begleitung „seiner Saline“ am Dürrnberg fand. In seiner Wirkungszeit verfasste er unzählige Berichte über die Soleaufbereitung aller österreichischen Salinen (REISENBICHLER 1991).

Die Mineralogie des Hallstätter Salzberges

Anhydrit

Im Salzberg eines der am meisten verbreiteten Mineralien, aber ungleichmäßig häufig in den Salzgesteinen verteilt. Man kann primären und sekundären Anhydrit unterscheiden:

- Primärer Anhydrit steht noch zwischen dem primären, wenn auch fragmentierten Schichtverbänden und wurde im Zuge des Lösungsumsatzes zu sekundärem Anhydrit rekristallisiert. Neu gebildeter Anhydrit wurde früher als Muriazit bezeichnet. Der primäre Anhydrit ist vorherrschend in zwei Ausbildungsformen zu beobachten: einem dunkelgrauen, feinkristallinen, teils massig oder schichtig entwickeltem Gestein, ein charakteristischer Teil des Rotsalzgebirges, zum anderen mit Dolomit gemischt als Dolomitanhydrit mit bis zu 2,5 Prozent Bitumenanteil als typischer Bestandteil des Grausalzgebirges. Weniger verbreitet ist der hellgraue Kieselanhydrit, der wegen seiner karstartigen Laugformen früher vom Bergmann als Karstenit bezeichnet wurde.

  Der Muriazit kommt als lagerstätten-metamorphes Produkt in verschiedenen Ausbildungsformen vor:
  - Als farblose bis schwarzbraune tafelige Kristalle in Paragenese mit sulphatischen Salzen.
  - Als strahlige, teils blättrige, weiß bis bräunlich gefärbte Aggregate, die als Knollen dem Haselgebirge eingelagert sind.
  - Als grob-kristalline Kluftfüllung im Dolomitanhydrit, hier auch selten von blauer bis violetter Farbe (die ebenfalls auf radioaktive Bestrahlung zurückzuführen ist).
  - In feinfasrigen Lagen von 2 bis 10 Millimetern im Salzton oder grobfaserig in bis zu 6 Zentimetern breiten Bändern am Melaphyr-Kontakt.
  - In massiger, grob geschichteter feinkristalliner Entwicklung als metamorphes Rekristallisat.

  Hier sei angemerkt, dass sich der Muriazit vom Primäranhydrit durch einen dreifachen Mal so hohen Strontiumgehalt unterscheidet, mit Ausnahme des Faseranhydrites im Kontakt zum Melaphyr, der nur einen Gehalt von 0,022 Prozent SrO aufweist.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Aphthitalit (Glaserit)

Dieses Na-K-Sulfat wird von MAYRHOFER seit dem Jahre 1955 vermutet. Es soll in Verwachsung mit Halit und Anhydrit vorkommen. Weitere Berichte und neues Material hierzu liegen dem Verfasser aber nicht vor. Glaserit ist für Hallstatt weiter fraglich.

Atacamit

Atacamit wurde schon von F. CORNU (1907) als färbender Bestandteil des grünen Steinsalzes aus Hallstatt beschrieben. ZIRKL berichtet über einen Atacamit-Fund in winzigen Kristallen auf 1 Zentimeter großen bräunlichen Steinsalzkristallen im Ablass des Ritschner-Werkes im Christina-Horizont im Sommer 1947. Atacamit-Funde sind an Bereiche mit Heidengebirge gebunden. Die Kupfermengen liefern prähistorische Bronze- und Kupfergegenstände, die in Verbindung mit der Sole binnen kurzer Zeit aufgelöst und chemisch wieder ausgefällt werden. „Grünes“ Steinsalz konnte nur an der Oberfläche des Heidengebirges, maximal 2 Zentimeter tief ins Gestein hineinreichend beobachtet werden. Es kann eine Oxydation durch die Umluft angenommen werden.

Dem Verfasser standen Proben aus verschiedenen Funden im Hallstätter Salzberg zur Verfügung. Es wurden vier Stücke für eine genauere Analyse ausgewählt. Von Anfang an war klar, dass die Bronze- und Kupfergegenstände verschiedener Chargen unterschiedliche chemische Zusammensetzung haben werden und damit die Ausgangsstoffe für verschiedene Mineralneubildungen gegeben sein könnten.

Es wurden in die Untersuchungen unterschiedliche „Grünminerale“ einbezogen. Zur Übersicht werden hier die Spektralanalysen von drei verschiedenen Proben hinsichtlich ihres Elementarbestandes wiedergegeben.

Probe 1: Grünsalz, Hallstatt, aus der Sammlung J. HABERSAK, Wien

Probe 2: Grüne Mineralbildung auf Gips von einem Buntmetallrohr, Salzberg Hallstatt

Probe 3: Grüne Mineralbildung auf Gipskristallen, Salzberg Hallstatt

PR1

Spectrum 2412	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Oxide %
O				16,59		40,27	
Cl	K series	2,01	0,0192	17,48	0,09	19,14	0
K	K series	0,06	0,00074	0,64	0,04	0,64	0,77
Ca	K series	0,02	0,00015	0,12	0,04	0,12	0,17
Cu	L series	6,01	0,06005	65,17	0,13	39,83	81,58
Total				100		100	82,52

Spectrum 2413	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Oxide %
O				17,32		41,85	
S	K series	0,03	0,00031	0,25	0,04	0,3	0,63
Cl	K series	2,04	0,01947	15,14	0,08	16,51	0
K	K series	0,09	0,00108	0,8	0,04	0,79	0,96
Ca	K series	0,04	0,00033	0,23	0,03	0,22	0,32
Cu	L series	7,18	0,07182	66,27	0,13	40,33	82,95
Total				100		100	84,86

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

PR2

Spectrum 2418	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Oxide %
O				13,87		32,82	
S	K series	0,03	0,00031	0,34	0,05	0,4	0,84
Cl	K series	3,22	0,03073	32,91	0,13	35,15	0
Ca	K series	0,04	0,00033	0,34	0,06	0,32	0,47
Cu	L series	3,84	0,03842	52,54	0,15	31,31	65,78
Total				100		100	67,09

Spectrum 2419	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Oxide %
O				16,35		37,35	
Si	K series	0,21	0,00193	2,11	0,04	2,74	4,51
S	K series	0,03	0,00029	0,25	0,04	0,29	0,62
Cl	K series	3,43	0,03276	27,62	0,11	28,48	0
K	K series	0,03	0,00036	0,3	0,04	0,28	0,36
Ca	K series	0,04	0,0004	0,31	0,04	0,28	0,44
Fe	K series	0,1	0,00097	0,77	0,12	0,5	0,99
Cu	L series	4,81	0,04806	52,29	0,16	30,08	65,46
Total				100		100	72,38

PR3

Spectrum 2420	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Oxide %
O				48,71		67,89	
S	K series	2,25	0,02385	25,72	0,1	17,89	64,23
Ca	K series	2,6	0,023	25,57	0,11	14,22	35,77
Total				100		100	100

Spectrum 2421	Line Type	Apparent Concentration	k Ratio	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %	Oxide %
O				27,51		49,59	
Mg	K series	0	0,00004	0,15	0,02	0,18	0,25
Al	K series	0,01	0,0001	0,3	0,03	0,33	0,57
Si	K series	0,02	0,00021	0,55	0,03	0,56	1,17
S	K series	0,02	0,00017	0,38	0,06	0,35	0,96
Cl	K series	0,11	0,00106	2,44	0,07	1,98	0
K	K series	0,03	0,00032	0,66	0,06	0,49	0,8
Ca	K series	3,16	0,028	62,35	0,27	44,86	87,23
Mn	K series	0,05	0,00053	1,4	0,2	0,73	1,81
Cu	L series	0,02	0,00019	1,06	0,09	0,48	1,32
Pb	M series	0,12	0,00117	3,2	0,21	0,45	3,45
Total				100		100	97,56

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Die Probe 1 war durch winzigste smaragdgrüne hochglänzende Kristalle, ähnlich der von ZIRKL (1950) beschriebenen, bereits bei der ersten Durchsicht im Auflichtmikroskop auffällig. Es wurde von der Probe eine winzige Teilmenge abpräpariert und davon REM-Bilder und zwei Spektren angefertigt (Spektrum 2412 und 2413 in der Tabelle).

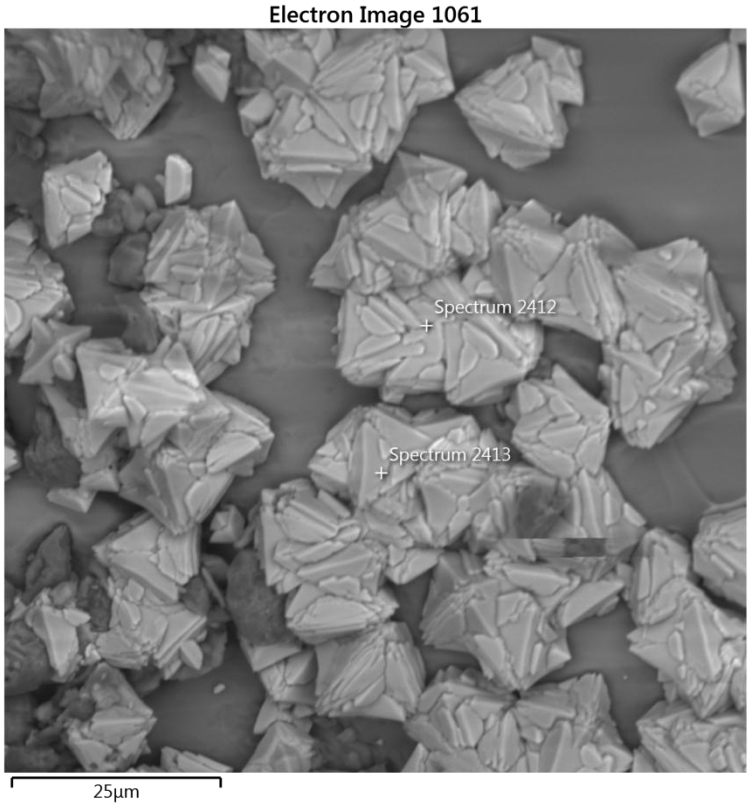

Abb.6: REM- Aufnahme, Probe noch nicht eindeutig bestimmt

Auf den Bildern fiel sofort die Kristallform des Kupferchlorides auf, die nicht dem Atacamit zuzuordnen ist. Es musste eine weitere Probe für eine Röntgenanalyse entnommen werden, um die Struktur des Minerals zu ermitteln. Die aufwendigeren weiteren Untersuchungen werden noch einige Zeit benötigen. Über die Ergebnisse wird in einer der nächsten Folgen der Geonachrichten berichtet werden

Blödit

Ein Leitmineral des roten Bändersalzgebirges. Die Färbung dieses Minerals schwankt von farblos bis hell- bis orangegelb. Durch Verunreinigungen von Eisen wird Blödit dunkelgrün bis blaugrün gefärbt. Das Mineral wurde immer wieder im Salzberg angetroffen, aber nie in deutlichen Kristallen. Ein besonders schöner Fund von kristallinem Material gelang 1989 in der Bilinkykehre. Blödit wurde im Laufe der Zeit mehrfach als neues Mineral angesehen und verschiedenen Namen wie Astrakanit oder Simonyit belegt. Die Historie der Nomenklatur fasst REITER (1996) ausführlich zusammen.

Calcit

Kalkspat konnte in der zentralen Einlagerung in kleinen unbedeutenden Kristallen geborgen werden, wie zum Beispiel im Christina-Horizont .

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Chalkopyrit (Kupferkies), Kupferglanz, Azurit und Malachit

In den nördlichen Plener-Kehr im Maria-Theresia-Horizont ist die Schichtenfolge der nördlichen Einlagerung lückenlos aufgeschlossen. Es treten in diesem Bereich nach SPÖTL (1988) dunkelgraue bis grau-schwarze Siltlagen auf, die Azurit- und Malachitanflüge führen.

SCHAUBERGER erwähnt Malachit und einen Kupferglanz, der aus Kupferkies im grünen Salzton und in den ihn begleitenden Sandsteinen entstanden ist. Chalkopyrit wurde auch in den Mandeln des Melaphyr angetroffen.

Dolomit

Dolomit wird von (1950) als kleine Kristalle mit leicht gebogenen Flächen bis 2 mm auf Calcitkristallen in Klüften erwähnt.

Gips

Der Gips entsteht durch Hydratisierung des Anhydrites und kommt nur vor, wo Wasser in die Salzlagerstätte eindringen konnte, zum Beispiel im Bereich der Hutzone des Salzstockes. Dieser Gips der Salzlagerstätten ist also stets eine sekundäre Bildung, feinkristallin und derb oder aus Muriazit hervorgegangen.

In den Laugwerken kommen die bekannten, verschiedenförmigen Kristalle von glasklarer bis brauner Färbung auf sämtlichen im Werk verbliebenen Gesteins- oder Holzstücken und anderen Relikten vor, die von Sammlern so begehrt sind. Die Kristalle können über 10 cm Länge erreichen.

Anlog dem Fasersalz kommt auf Spalten im Salzton auch Fasergips vor, jedoch nur im Bereich der Salzstockgrenzen. Da diese Fasergipsadern immer die Nähe der Salzgrenzen anzeigen, werden sie von den Bergmännern auch als „Finanzer“ bezeichnet.

Im ausgelaugten Salzton der Hutzone kommen Ausfüllungspseudomorphosen von Gips nach Tonwürfelsalz vor.

Dieses Mineral gehört mit seinen schönen Kristallen sicher zu den bekanntesten oberösterreichischen Sammlermineralien.

Glauberit

Das nach dem deutschen Alchemisten JOHANN RUDOLF GLAUBER (1604-1668) benannte Mineral kommt im Rotsalzgebirge der Lagerstätte sekundär in Verwachsung mit Anhydrit, Halit und Polyhalit vor. Die tafeligen Kristalle können farblos, durchscheinend, gelblich und braun bis fleischrot gefärbt sein. Als Reinstoff ist das Mineral beständig, es kann sich ein sulfathaltiger weißer Überzug bilden.

Halit (Steinsalz):

Nach Art und Zeit seiner Bildung kann man zwischen primären und sekundären (rekristallisiertem) Steinsalz unterscheiden. Als Primärsalz ist das feinkristalline bis körnige, zumeist durch Ton anhydritische oder alkalisulfatische Zwischenlagen geschichtete Steinsalz (Kernsalz) anzusprechen. Hierzu gehört auch das Steinsalz, welches die Grundmasse des Kerngebirges und des Haselgebirges bildet.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Als sekundär (verschiedene Bildungszeiten) sind Tonwürfelsalz, Blätter- und Fasersalz, das grobkristalline Kluftsalz und die in Hohlräumen freigewachsenen Steinsalzkristalle anzusehen.

Primäres und sekundäres Steinsalz unterscheiden sich voneinander durch die Fluoreszenzfarben (primär: dunkel-purpur bis violett, sekundär: karminrot). Dies ist bedingt durch einen größeren Kalium- und einen geringeren Strontiumgehalt des Sekundärsalzes gegenüber dem Primärsalz.

Primärsalze

- Liniensalz:
  weiß bis hellgrau, randlich auch rötlich gefärbtes Steinsalz mit eingeschalteten zwei bis fünf Millimeter breiten tonanhydritischen Schmutzstreifen mit gegenseitigem Abstand von ein bis zwei Zentimetern geschichtet. Die regelmäßige Feinschichtung ist mit der Warvenschichtung des Zechstein 3 vergleichbar.
- Bändersalz:
  feinkristallines, hellrötlich bis braugraun gefärbtes Steinsalz, das durch ein bis sechs Millimeter dicke Lagen von schwarzem Salzton in Abständen von fünf bis zehn Zentimetern regelmäßig gebändert ist. Häufig sind diese Bändersalzbänke mit kleinen alkalisulfatischen Knollen in perlschnurartiger Anordnung durchsetzt.
- Salzaugen:
  Darunter werden eigenartige Halitmonokristalle verstanden, die zeitweilig dem Linien- wie auch dem Bändersalz schichtweise eingelagert sind. Die Farbe ist zumeist etwas dunkler als die der Grundmasse. Die Form ist kugelig bis ellipsoidisch gestreckt. Die Abmessung dieser Aggregate variiert zwischen 0,5 und 30 Zentimetern. Mit der Erscheinungsform solcher Salzaugen befasste man sich längere Zeit (SCHAUBERGER 1986). Man kam zu dem Schluss, dass es sich hierbei um mechanisch umgeformte und umgelagerte Relikte einer grobspätigen Salzart handeln müsse. Es handelt sich bei den Salzaugen um eine deszentente Bildung, allerdings nicht im ursprünglichen Sinn, da sie durch einen physikalisch-mechanischen Prozess hervorgegangen sind. Das Augensalz könnte auch als eine Sonderform des Haselgebirges betrachtet werden, bei dem Grundmasse und Einschluss aus demselben Material besteht.

Sekundärsalze

- Kristallsalz:
  Frei aufgewachsene Würfel, glashell, kommen auf Klüften im Anhydrit oder kristallisiert aus gipsreicher Laugwerkssole vor.
- Tonwürfelsalz:
  Vom Bergmann auch fälschlicherweise „Jod- oder Kropfsalz“ genannt, kommt in zumeist parallelepipedisch verzerrten Würfeln mit einer Kantenlänge von einigen Millimetern bis zu fünf Zentimetern im Salzton eingewachsen vor. Die lichtbraune Farbe ist durch einen Gehalt an Eisenhydroxit entstanden und hat nichts mit Jod zu tun.
- Blättersalz:
  Auf den Ablöseflächen größerer Salzton-Schichtbruchstücke finden sich millimeterdünne Beläge von fasrigem bis feinkristallinen, milchig-weißem, selten auch bläulich gefärbtem Steinsalz von hoher Reinheit (99,6 Prozent in NaCl).

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

- Spaltensalz:
  Diagonal verlaufende Risse und Klüfte im Salzton sind mit fein bis grobkristallinen rotbraunem Kluftsalz oder aus stengeligen Aggregaten bestehenden, weißem oder orangem Fasersalz erfüllt.
- Haarsalz:
  Eine rezente Bildung des Fasersalzes, welches aus der Laist entstanden ist. Aus wasserhellen, feinfaserigen Büscheln von oft beträchtlicher Länge aus dem Ton herauswachsend. Es besteht – je nach verlaugtem Material – aus reinem Steinsalz oder einer Mischung mit Bittersalz.
- Blausalz:
  Es tritt nur in sekundären Steinsalzvorkommen auf. Die blaue bis violette Färbung erscheint im grobspätigen Kristallsalz und im Fasersalz wie auch im Blättersalz, nie aber in frei aufgewachsenen Würfeln und Kluftsalz. Im Kristallsalz erscheint die Blaufärbung entweder in Würfelform schichtparallel zu den Würfelflächen, in Streifen oder als unregelmäßige Farbflecke, zuweilen auch mit farblosen Höfen. Die Färbung schwankt zwischen hellblau bis schwarz-blau, seltener ins violette. Während die blaue Farbe im Blättersalz immer gleichmäßig verteilt ist, tritt sie im Fasersalz nur in ein bis drei Millimeter breiten und in ebensolchem Abstand von den Spaltenrändern parallel zu diesen verlaufenden Streifen auf.
- Gelbes Steinsalz:
  In direktem genetischen Zusammenhang mit dem Blausalz steht das äußerst lichtempfindliche gelbe Steinsalz. Es kommt im Salzberg zu Hallstatt auf Klüften im Dolomitanhydrit zusammen mit Blausalz vor. Wegen seiner großen Lichtempfindlichkeit gegen Tages- und Kunstlicht tritt schon nach wenigen Stunden bis Tagen eine vollständige Entfärbung ein, dadurch können keine weiteren Beobachtungen gemacht werden. Die Verfärbung des Steinsalzes in blaue, violette oder lichtempfindliche Gelbtöne ist – wie Laborversuche bewiesen haben – auf natürliche radioaktive Bestrahlung zurückzuführen. Als verursachende Strahlenquellen, entweder im Salzton enthalten oder mit Lösungen zugeführt, käme das Bleiisotop Radium bzw. sein Folgeprodukt, Polonium, welches seine Alphastrahlung in Form von Helium im Salz hinterlässt, in Frage. Tatsächlich enthält das Blaue Steinsalz wesentlich mehr Helium als das gewöhnliche. Der Kaliumgehalt des Blausalzes wurde mit 0,1 bis 0,36 Promille, der des blauen Fasersalzes sogar mit 0,70 Promille bestimmt. Bei der Färbwirkung des strahlenden Isotops kommt es auch auf die Dauer und Intensität der Bestrahlung sowie auf Störungen des Kristallgitters durch Verunreinigungen oder Druck an.

Hämatit

Im Salzgebirge relativ häufig. In Hallstatt hauptsächlich in grünem Salzton im Kontakthof des Melaphyrs und auch in diesem selbst. Die himbeerrote bis rötlich gelbe Farbe des Kluftsalzes beruht auf Einlagerung von Eisenglanzkriställchen. Im Rotsalzgebirge sind in frischen ausgewässerten Hohlräumchen kleine Hämatit-Kristalle in Paragenese mit Gips oder Polyhalit zu beobachten.

Kieserit

Dieses wasserhältige Magnesiumsulfat, dessen Färbung durch Verunreinigungen bestimmt wird (gelblich violett oder rötlich), wandelt sich rasch in Epsomit um und ist ein wichtiger Bestandteil der Langbeinitknollen.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Langbeinit

SCHAUBERGER beschreibt 1986 aus dem Hallstätter Salzberg drei Aufschlüsse mit Langbeinitknollen. Das Material wurde mittels Dünnschliff von MAYRHOFER & KÜHN untersucht. In den bearbeiteten Proben konnten Langbeinit, Löweit, Kieserit, Halit, Allenit, Polyhalit, Anhydrit und Sylvin in absteigendem Mengenverhältnis als Komponenten der Knollen festgestellt werden.

Die klassischen Aufschlüsse sind in der Schwingheimkehr im Christiner-Horizont im Plenzner- und Riethalerwerk des Maximilian-Horizontes.

Langbeinit kommt nur in körnig bis knolligen Aggregaten von gelblicher, rötlicher oder grünlich-grauer Färbung vor. Das Mineral ist ziemlich beständig. Es kann sich langsam ein weißer Überzug von Pikromerit bilden.

Löweit

In derben, orange-gelben bis fleischroten Massen, teils strahlig ausgebildet im Rotsalzgebirge. Das Mineral ist ziemlich beständig und meist mit anderen Sulfaten des Lagerstätteninhalts verwachsen.

Magnesit/Breunerit

Ein Bestandteil der Salztone von Hallstatt, nach SCHAUBERGER (1986) als postsedimentäre diagenetische Neubildung anzusehen. Sammlerisch interessante Stücke sind dem Verfasser nicht bekannt.

Melnikovit

Wurde in Anschliffen als ein charakteristischer akzessorischer Bestandteil des „schwarzen Salztones“ festgestellt.

Mirabilit (Glaubersalz)

Das klassische Glaubersalz mit seinem salzig bitteren, kühlenden Geschmack kommt sekundär-rezent im Haarsalz und ausblühend auf Soleleitungen (unter 5 Grad Celsius) ausfallend vor. In alten Werken konnten kleine lose Kristallaggregate oder Krusten aus größeren farblosen, durchscheinenden Kristallen mit mattem Glasglanz entdeckt werden.

Pentahydrit (Allenit)

Das Magnesiumsulfat – Pentahydrat – ist mit etwa 10 Prozent am Aufbau von Langbeinitknollen beteiligt und wurde in Form von farblosen Körnern gefunden.

Pikromerit (Schönit)

Im Salzberg kommen flächenreiche, kurzprismatische Kristalle vor, meist sind aber pulverige Krusten der Spezies festzustellen. Vorkommen im Rotsalzgebirge, verwachsen mit Blödit, Halit und Aphthitalit.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Polyhalit

Für das Rotsalzgebirge ostalpiner Salzlagerstätten eine sehr typische Erscheinung ist die Polyhalitisierung des Anhydrites, das heißt eine randliche oder von tonigen Zwischenlagen ausgehende mehr oder weniger vollständige Umwandlung des Anhydrits in Polyhalit.

Mit steigender Temperatur erhöht sich die Fähigkeit des Anhydrits, sich in Polyhalit umzuwandeln. Die Umwandlung des primär geschichteten Anhydrits dürfte noch im unzerstörten Gesteinsverband erfolgt sein. Ebenfalls wäre eine Umsetzung von metastabilem Gips zu stabilem Polyhalit im alpinen Rotsalzgebirge denkbar. Eine eindeutige sekundäre Bildung ist dagegen der fasrige Polyhadrit auf Klüften im Salzton ähnlich dem Fasersalz, der aus zirkulierenden Lösungen auf Klüften im Salzton entstanden ist.

In Hallstatt kommt Polyhalit in Form von tektonischen Linsen mit einer Dicke von 0,5 bis 1 Meter Durchmesser und einigen Metern Länge vor.

Sekundäranhydrit konnte in Kristallen mit über 10 Zentimetern Länge in Hohlräumen gefunden werden.

Pyrit und Markasit

In Salztongesteinen, besonders in Grünsalzton, oftmals als winzige Kriställchen anzutreffen.

Quarz

Kommt gesteinsbildend in vielen Schichten des Hallstätter Salzberges vor. Im Melaphyr, in den sogenannten „Salzzapfen“ (es handelt sich um Mandelräume) und in, den Melaphyr unregelmäßig durchsetzenden Klüften, entstand eine Mineralabfolge aus delessitartigem Chlorit, dann Quarz, Anhydritkristallen, der Rest des Hohlraumes wird mit Steinsalz aufgefüllt. Pyrit, Chalkopyrit und Hämatit treten sporadisch auf.

Schwefel

Elementarer Schwefel wird im Fundstellenführer von S. & P. HUBER notiert. Es liegen dazu keine Neufunde oder Probematerial vor.

Sylvin

Dieses beständige Salz von farblos, roter oder grauer Farbe ist in den Langbeinitkonkretionen als Subbestandteil in derber Form vertreten.

Der Verfasser hofft mit diesem Beitrag dem Mineraliensammler eine Übersicht über einen der wenigen noch aktiven Bergbaue in Öberösterreich geben zu können.

Dank: Der besondere Dank des Verfassers gilt Frau G. REISENBICHLER und Herrn W. KREIBICH, beide Hallein, für viele Informationen über die Österreichischen Salinen, Frau M. BECKER, Kohfidisch, für die Überlassung von Probenmaterial aus der Sammlung von Herrn J. HABERSAK, Herrn P. PAULIS, Kutna Hora, Tschechische Republik, für die rasche Durchführung der Analysen und Herrn G. BRANDSTETTER, Steyr, für das mühevolle Anfertigen der schönen Mineralabbildungen dieses Beitrages.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Literaturverzeichnis

- BARTH, F. E., (1987):
  Zur Geschichte des Begriffes Heidengebirge. - Ann. Naturhist. Mus. Wien, 89 A, 205-224, Wien 1987.
- BAUMGARTNER, P. O., BARTOLINI, A.; CARTER, E.S.; CONTI, M.; CORTESE, G., DANELIAN, T.; DE WEVER, P.; DUMITTRICA P.; DUMITRICA-JUD, R.; GORICAN, S.; GUEX, J.; HULL, D.M.; KITO, N.; MARCUCCI, M.; MATSUOKA, A.; MURCHEY, B.; O'DOGHERTY, L.; SAVARY, J.; VISHNEVSKAYA, V.; WIDZ, D. & YOA, A. (1995):
  Middle Jurassic to Early Cretaceous radiolarien biochronology of Tethys based on Unitary Associations.
  - Mém. De Géol., 23, 1013-1048, Lausanne 1995.
- GAWLICK, H.-J.; LEIN, R.; SCHLAGINTWEIT, F.; SUZUKI, H. & WEGERER, E. , (2001):
  Der Hallstätter Salzberg und sein geologischer Rahmen – Geschichte und Stand der Erforschung, Interpretationen und neue Ergebnisse. Ber. der Geol. Bundes.-Anst. Bd. 56, 45-49, Wien 2001.
- HAUER, F. V., (1853):
  Über die Gliederung der Trias-, Lias- und Juragilde in den nordöstlichen Alpen. Jb. Geol. Reichsanst., 4, 715-784, Wien 1853.
- HAUER, F. V., (1853):
  Melaphyr vom Hallstätter Salzberge. Verh. d. kk. geol. Reichsanst. Nr.11, S. 252 – 254, Wien 1853.
- HOSCHER, M., (1986):
  Die Aussolung von Kavernen in den alpinen Salzlagerstätten Österreichs. Das Borhlochsondenverfahren als die derzeit wirtschaftlichste Möglichkeit. BHM 131, Heft 4, Leoben 1986.
- HOSCHER, M., (1981):
  Bohrlochsolegewinnung im Salzbergbau Hallein. BHM 126, Heft 6, Leoben 1981.
- LEHR, R., (1982):
  Salzbergwerk Hallstatt – Ein Führer durch das älteste Salzbergwerk der Welt. 57 Seiten, Linz 1982.
- LOBITZER, H. & MANDL, G. W., (1999):
  A brief history of geological research of the Dachstein-Hallstatt-Salzkammergut Region. Ber. Geol. Bundes.-Anst., 49, 68-77, Wien 1999.
- MOJSISOVICS, E. V., (1869):
  Über die Gliederung der oberen Triasbildungen der östlichen Alpen.
  - Jb. Geol. Reichs.-Anst., 19, Nr. 1, 91-150, Wien 1869.
- OBERTH, W., (1987):
  Neuartige Rolllochverdämmung beim Salzbergbau Hallein-Dürrnberg. BHM 132, Heft 4, Leoben 1987.
- REISENBICHLER, H., (1960):
  Die Beschleunigung der Klärzeiten von trüben Solen und die Qualitätsverbesserung der Reinsolen in Bezug auf den Restfeststoff durch Zusatz von Koagulationsmitteln. Verminderung der Schichtbildung und dadurch Reduzierung der Korrosionsanfälligkeit der Verdampfungseinrichtungen.
  - Dissertation Mont. Univ. Leoben, 112 Seiten, 71 Abbildungen, Leoben 1960.
- REISENBICHLER, H., (1991):
  Chemisch-physikalische Untersuchungen und Analysenergebnisse der Produkte der alpinen Berg- und Salinenbetriebe. 544 Seiten, zahlreiche Abb., Hallein 1991.
- SCHAUBERGER, O., (1986):
  Bau und Bildung der Salzlagerstätten des ostalpinen Salinars. Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., Bd. 7, 217-254, Wien 1986.
- SCHAUBERGER,O., (1968):
  Die vorgeschichtlichen Grubenbaue im Salzberg Dürrnberg/Hallein. Prähistorische Forschungen, H.6, 22 S., 3 Ktn, Horn–Wien 1968.
- SCHORN, A.; NEUBAUER, F.; BERNROIDER, M., (2013):
  Polyhalite microfabrics in an Alpine evaporite mélange: Hallstatt, Eastern Alps.: Journal of Structural Geology 46, 57-75, Amsterdam 2013.
- SPENGLER, E., (1918):
  Die Gebirgsgruppe des Plassen und Hallstätter Salzberges im Salzkammergut. Jb. Geol. Reichs.-Anst. 1918, 285-474, Taf. XVI-XVIII, Geol. Karte, Wien 1918.
- SPÖTL, C., (1988):
  Schwefelisotopendatierungen und fazielle Entwicklung permoskythischer Anhydrite in den Salzbergbauen von Dürrnberg/Hallein und Hallstatt (Österreich) - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr. 34/35, 209-229, Wien 1988.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

- ZIRKL, E.J., (1948):
  Epsomitkristalle aus dem Halstätter Salzlager. Tschermaks Min.Petr. Mitt. 3.F. 1, H.2, S. 185 – 187, Wien 1948.
- ZIRKL, E.J., (1950):
  Beitrag zur Mineralogie Österreichs (Atacamit, Bittersalzausblühungen und Dolomit aus Hallstatt,Krokydolith aus der Ischler Lagerstätte). Tschermaks Min. Petr. Mitt. 3.F H.1, S. 30-43, 2 Abb. Wien 1950.
- ZIRKL, E.J., (1957)
  Der Melaphyr von Hallstatt. Jb. Geol. BA, Bd. 100, S. 137 – 177, Wien 1957.

Abb. 7: Schaubetrieb Hallstatt, Grubenausfahrt 1925; Archiv des Verfassers

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

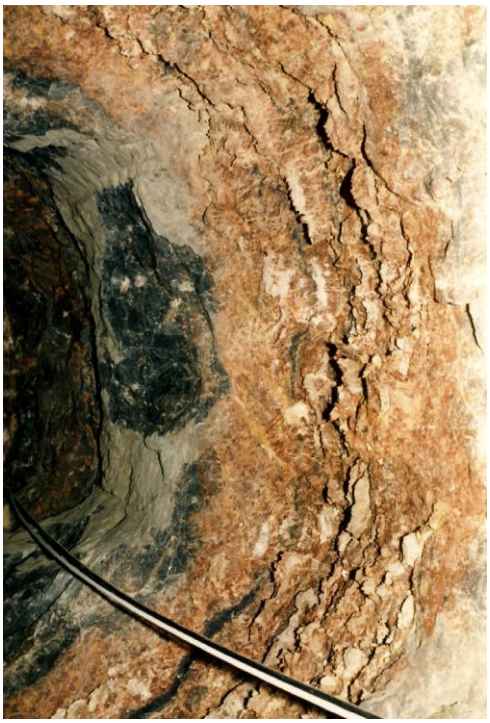

Abb. 8: Aufgelassene Strecke im Backhaus-Horizont mit sulfatischen Einlagerungen, 1986. Bild aus Fotoarchiv J. Habersak, jetzt Archiv des Verfassers.

Abb. 9: Elisabeth-Horizont, nördl. und südl. Hunka-Kehre, 1986. Bild aus Fotoarchiv J. Habersak, jetzt Archiv des Verfassers.

Abb. 10: Tiefenwerk Elisabeth III, Soleablasstrog, 1986. Bild aus Fotoarchiv J. Habersak, jetzt Archiv des Verfassers.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Abb. 11: Elisabeth – Horizont, nördl. und südl. Hunka- Kehre 1986.
Bild aus Fotoarchiv J. Habersak , jetzt Archiv des Verfassers.

Abb. 12: Sicherungswerk III, „ Rote Wand" - (bituminöser Anhydrit) 1986.
Bild aus Fotoarchiv J. Habersak , jetzt Archiv des Verfassers.

Abb. 13: Tiefenwerk Elisabeth 22, Aufbrucharbeiten für Hornstätte, 1986.
Bild aus Fotoarchiv J. Habersak , jetzt Archiv des Verfassers.

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Abb. 14: Anhydrit, mit alter Bezeichnung Kastenit, Fund um ca. 1870, Breite ca. 6 cm
Slg. P.Arthofer, Foto G. Brandstätter

Abb. 15: Grünsalz auf Heidengebirge, Probe 1 im Text, Bildbreite 25 mm
Slg. P.Arthofer, Foto G. Brandstätter

Abb. 16: Blödit, historisches Stück aus der Bilinski-Kehre, Bildbreite 37 mm, Slg. und Foto G. Brandstetter

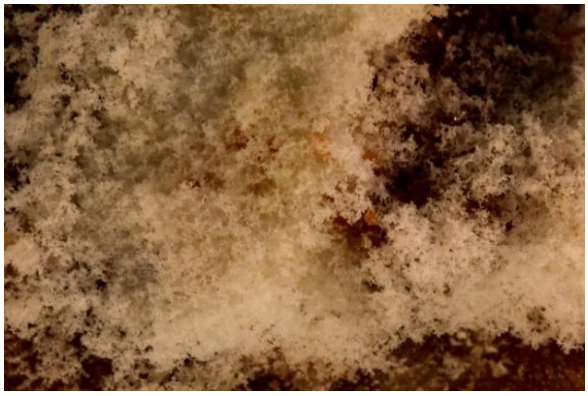

Abb. 17: Pikromerit, Bildbreite 28 mm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 18: Rotes Fasersalz, Breite 9 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 19: Gipskristalle, Enderwerk, Breite 8 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Abb. 20: Gipskristalle, Breite 7,5 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 21: Mirabilitkristalle, Breite 8 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 22: Halit als Kropfsalz, Breite 2,5 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

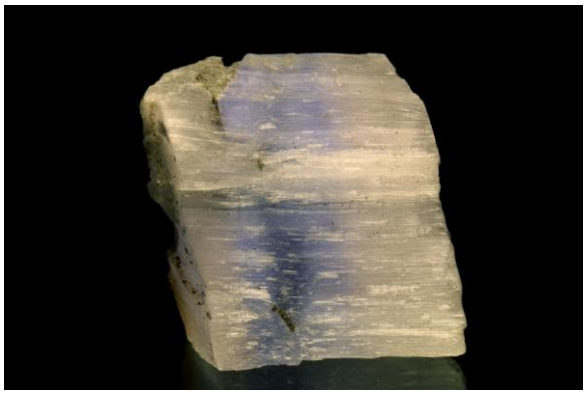

Abb. 22: Blaues Fasersalz, Breite ca. 3,5 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 23: Halitkuboktaeder, Gips, Bildbreite 2,8 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 24: Langbeinitknolle
mit Grünem Blödit, Breite 6 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

©Mineralien- u. Fossiliensammler Oberösterreichs, Austria; download unter www.zobodat.at

Abb. 25: Löweit, Breite 6 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 26: Melaphyr mit Salzmandel, Breite 12 cm, Possaner Kehre
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 27: Epsomit, Breite 8 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 28: Polyhalit, Breite 9,5 cm
Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Abb. 29: Abb. 30: Detail der Abb. 29
Heidengebirge mit Textilrest und Kienspan aus der Hallstattzeit, Christina Hauptschachtricht, Hallstatt, Breite 10 cm Slg. P. Arthofer, Foto G. Brandstetter

Sämtliche Mineralstufen entstammen dem Salzbergwerk Hallstatt

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Oberösterreichische GEO-Nachrichten. Beiträge zur Geologie, Mineralogie und Paläontologie von Oberösterreich

Jahr/Year: 2015

Band/Volume: 30

Autor(en)/Author(s): Arthofer Peter

Artikel/Article: Der Salzbergbau von Hallstatt/Oberösterreich und seine Mineralien 5-27