© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Die Salzlagerstätte von Hall in Tirol — ein Überblick über den Stand der geologischen Erforschung des 700jährigen Bergbaubetriebes

Christoph Spötl

Inhalt:

Zusammenfassung
Summary
1. Einleitung
2. Historischer Abriß der Bergbauentwicklung
   2.1. Die Anfänge des Salzbergbaues
   2.2. Entwicklung der Abbautechnik
3. Geologische Erforschungsgeschichte
4. Der Bau der Haller Salzlagerstätte
   4.1. Tektonische Stellung im Karwendel Gebirge
   4.2. Unter- und obertägige Verbreitung des Salinars
   4.3. Die Ostfortsetzung des Salinars
   4.4. Sedimentologie und Stratigraphie der Evaporitgesteine
   4.5. Fazies und Paläogeographie
5. Mineralogie des Salinars
   5.1. Erforschungsgeschichte
   5.2. Verzeichnis der Minerale des Salzlagers
6. Schlußbemerkungen
7. Dank
8. Literatur

Zusammenfassung

Das 1967 stillgelegte Salzbergwerk im oberen Halltal nördlich Hall in Tirol war der westlichste Salzbergbau in den Ostalpen und konnte auf eine kontinuierliche, beinahe 700jährige Betriebsgeschichte zurückblicken.
Die Lagerstätte liegt am Südrand des Karwendel Gebirges im tektonischen Grenzbereich zwischen dem hangenden Inntaldecken-Hauptkörper und der liegenden Karwendel-Schuppenzone. Das brekziöse, tonreiche Alpine Haselgebirge baut den Großteil des Salzstockes auf. Sein durchschnittlicher NaCl-Gehalt schwankt von 25—35%. Schwefelisotopendaten und Sporen/Pollen-Untersuchungen belegen ein oberpermisches Alter dieser enorm tektonisierten und durchbewegten Serie. Ursprüngliche Lagerungsverhältnisse wurden an keiner Stelle angetroffen. Mächtige, intern ebenfalls stark deformierte und brekzierte Dolomitanhydrit-Schollen beweisen eine zweite,

 ©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

schwächere, in das Skyth/Anis-Grenzniveau zu stellende evaporitische Rekurrenzphase in diesem Raum.
Über diesen folgen Rauhwacken (Kollaps-Brekzien, Rutschkörper) und schließlich flachmarine Karbonate der hangenden Reichenhaller Schichten.
Die geowissenschaftliche Erforschung des Haller Salzberges und seiner Umgebung reicht bis an die Anfänge der mineralogischen und geologischen Arbeitsrichtungen zurück. Von hier gingen auch Impulse für die Erforschung der übrigen österreichischen Evaporitlagerstätten aus.

Summary

The salt mine north of Hall in Tyrol (Austria), closed up in 1967, represents the westernmost salt occurrence in the Eastern Alps. Rock salt was extracted by solution-mining for almost 700 years since the earliest beginnings in about 1272.
Tectonically speaking, the salt deposit is located at the border between the lower »Karwendel-Schuppenzone« (an extensively imbricated and faulted unit) and the »Inntal«nappe above it. The prevailing rock type, the so-called »Haselgebirge«, consists of a tectonic breccia of shales, silt/sandstones, anhydrites and halites. The latter average 25—35% by weight. Sulphur isotope data and palynological investigations point to a Late Permian age. Primary sedimentary bedding has never been observed. This facies is interpreted as the westernmost evaporitic occurrence situated in a rift setting which was episodically flooded by preconcentrated seawater.
Subsequently to a fluvial environment during Early and Middle Scythian times (Early Triassic) a second evaporitic horizon developed: black, bituminous dolomites and anhydrites were deposited under restricted shallow-marine conditions. Widespread solution and collapse-breccias indicate regionally extensive postsedimentary dissolution of evaporites prior to the establishment of the first carbonate platform during the Anisian. Typically high positive S-isotope values (+ 25‰ CDT) are compatible with the world-wide recognized »Röt-event« in the Spathian (Late Scythian).
Halokinetic movements and alpidic nappe tectonics almost completely disturbed stratification of individual sedimentation units and resulted in extensive brecciation and tectonization of evaporites along prominent detachment horizons and subsequent upthrusting. This might explain the fact that evaporites of different age (Late Permian and Late Scythian) are intimately mixed and facies transitions towards the terrestrial siliciclastic environment are totally lacking.
A second goal of this paper is to demonstrate the history and significance of geoscientific research done in the salt mine of Hall in Tyrol. The earliest beginnings date back to the roots of mineralogical and geological science in the last decades of the 18th century. For geohistorical purposes it is worth mentioning that the sulphate minerals anhydrite ($CaSO_4$) and dansite ($Na_{21}Mg[Cl_3/(SO_4)_{10}]$) were for the very first time recognized and described from Hall.

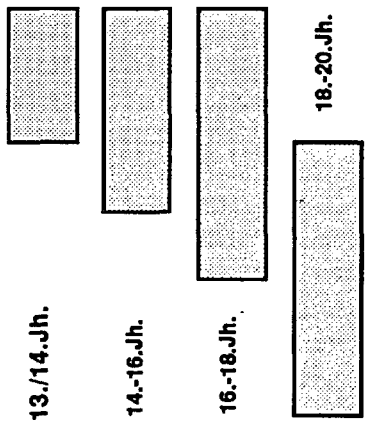
1. EINLEITUNG

Der im August 1967 eingestellte Bergbau von Hall in Tirol stellte — im oberen Halltal auf Absamer Gemeindegebiet gelegen — den höchsten alpinen Salzbergbau der Ostalpen dar. Das gesamte Grubengebäude umfaßte kurz vor der Schließung ein unterirdisches Streckennetz von 20,4 km,

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

das sich auf acht Hauptstollen (1334—1635 m SH), drei aufgelassene Wasserstollen am Wildanger (1912—1922 m SH) und den Buresch-Stollen in Kapons/Thaur aufteilte (s. Abb. 1).
Der Salzbergbau nahm im 13. Jahrhundert seinen Anfang, erlebte im 16. und 17. Jahrhundert seine Blütezeit und hatte seit dem 18. Jahrhundert zunehmend mit Absatzschwierigkeiten und Krisen zu kämpfen. Die Gründe für den graduellen Niedergang lagen zum einen im Bergbau selbst begründet (primär geringer Salzgehalt des sog. Haselgebirges, extreme geographische Lage, Fehlen des dringend benötigten Unterfahrungsstollens), zum anderen im Wandel des Produktes vom Speisesalz und Konservierungsmittel zum Massenrohstoff der chemischen Industrie. Dieser machte gerade in jüngster Zeit die Konzentration der Sole- und Salzproduktion auf die reicheren

Hauptstollen	SH	Jahr	Hauptabbaubereiche
Wasserberg	1635	~1275	
Oberberg	1608	~1272	
Mitterberg	1574	1314	
Steinberg	1533	~1380	
Königsberg	1485	1492	
Kaiserberg	1458	1563	
Erzherzogsberg	1422	1648	
Ferdinandsberg	1334	1808	



J. Nepomuk St.	1922	1741	Wildanger-Wasserstollen
Mariahilf St.	1915	1741	
Josephi Stollen	1912	1741	
Buresch-Stollen	736	1933	Unterfahrungsstollen

Abb. 1: Übersicht des Grubengebäudes am Haller Salzberg. Angegeben sind Seehöhe (NN) der Mundlöcher, sowie deren Anschlagsjahr. Der Buresch (Thaurer)-Stollen wurde lediglich 764 m weit vorgetrieben (1933—1936). Der geplante 3041 m lange Unterfahrungsstollen wurde jedoch nie vollendet. Bezüglich des Anschlagjahres des Kaiserberges siehe auch Kap. 2.2 im Text.

©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Lagerstätten des Salzkammergutes erforderlich (Einstellung der Salzproduktion am Dürrnberg/Hallein mit 31. Juli 1989). Der Haller Salzberg und die Saline Hall i. T. wurden trotz der erst 1951 in Betrieb genommenen modernen Thermokompressionsanlage aus Rentabilitätsgründen eingestellt. Am 5. August 1967 verließ das letzte Haller Salz die Verdampferapparate: Der älteste Industriebetrieb des Landes, der mehr als 20 Generationen von Menschen (harte) Arbeit und Brot gab, hatte aufgehört zu bestehen.

Wie aktuell jedoch auch ein stillgelegter Bergbau sein kann, beweist am besten der Haller Salzberg selbst. Die beiden Bescheide der Berghauptmannschaft Innsbruck vom 13. Dezember 1967 und 22. Dezember 1969, in welchen die Stillegungsmaßnahmen vorgeschrieben wurden, wurden von Seiten der Salzgemeinden Hall i. T. und Absam erfolgreich bei der Obersten Bergbehörde angefochten. Nach Ausführung der in den ursprünglichen Bescheiden angeführten unter- und obertägigen Maßnahmen erging der heute gültige Bescheid vom 18. August 1983. Darin sind sehr weitreichende Sanierungsmaßnahmen vorgesehen, deren Schwerpunkt die gesicherte Ausleitung aller unter Tage zusitzenden Wässer auf kürzestem Wege und die Hintanhaltung unkontrollierter Verlaugungen bildet.

Der Haller Salzberg stellt in vieler Hinsicht (österreichweit wie international) einen Präzedenzfall dar — noch nie vorher wurde ein alpiner oder analog gelagerter Salzbergbau stillgelegt — der auch in Zukunft ständige Kontrolle und Wartung erforderlich machen wird.

Dem Verfasser, selbst Sohn eines Haller Bergmannes und Kenner des Salzberges, ist es ein Anliegen, einmal abseits der seit Jahren aktualisierten Problematik (vgl. Trinkwasser-Frage) eine zusammenfassende Darstellung der Lagerstätte und ihres Inhalts aus der Sicht des Geowissenschaftlers zu geben. Ich stütze mich dabei sowohl auf umfangreiche eigene Untersuchungen (SPÖTL 1987), als auch auf zahlreiche publizierte wie unpublizierte Unterlagen (s. Literaturindex), die weitgehend die letzten 200 Jahre abdecken.

2. HISTORISCHER ABRISS DER BERGBAUENTWICKLUNG

In diesem Abschnitt sollen lediglich schwerpunktmäßig die Anlage des Bergbaues sowie die prinzipielle abbautechnische Entwicklung besprochen werden, soweit diese ursächlich mit den lagerstättenkundlichen Gegebenheiten in Zusammenhang stehen.

2.1. Die Anfänge des Salzbergbaues

Über die Wirtschafts-, Sozial- und Rechtsgeschichte des Salzbergbaues Hall i. T. (Salzberg und Saline) liegen eine Reihe von einschlägigen zusammenfassenden Darstellungen vor (ZÖSMAIR 1910, EGG 1920, EGGER 1949, KIENBERGER 1953, GÜNTHER 1972, PALME 1981, 1983 u. a. m.).

Archäologische Hinweise auf einen prähistorischen Bergbau (vgl. Dürrnberg/Hallein und Hallstatt) konnten bislang nicht entdeckt werden. Es wurden allerdings am Haller Salzberg (Obertage) und am Heuberg (SE-Fuß des Hochmahd Kopfes) zwei mittelständige Lappenäxte aus Bronze gefunden (TLMF Inv.-Nr. 12 und 11.508). Obwohl derartige Gerätschaften vom eisenzeitlichen Bergmann am Dürrnberg und am Hallstätter Salzberg als Gezähe verwendet worden waren,

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

müssen diese beiden Äxte als Streufunde ohne verläßlichen kausalen Zusammenhang mit dem Bergbau im Halltal angesehen werden (FRANZ 1953).

Die Nennung einer Saline in der Nähe der heute verfallenen Burg Thaur in der Salzstiftung des Jahres 1232 wird generell als der älteste, erhaltene Beleg einer Salzgewinnung im Gebiet des späteren Hall i. T. (erst 1256 urkundlich erwähnt) angesehen. Damals schenkte Graf Albert III. von Tirol dem Marien- und Johannes-Hospital in Lengmoos am Ritten bei Bozen »... *XII^cim carrunculas salis singulis annis illuc persolvendas de salina mea, quam habeo in Intal iuxta Tavr castrum meum*« (PALME 1973: 3), d. h. umgerechnet ca. 1380 kg (= 12 Fuder) Salz der Saline in der Nähe seiner Burg Thaur.

Historiker gehen davon aus, daß in den ersten Jahrzehnten kein eigentlicher Bergbau bestand, sondern vielmehr Salz durch Versieden natürlicher Salzquellen mit niedrigem Chloridgehalt gewonnen wurde (vgl. rezente Kochsalz-Quellen im Bereich des Salinars im Mittelabschnitt der Nordkalkalpen — SCHAUBERGER 1979). Auf Grund der geologischen Situation ist ein derartiges Vorkommen im Gebiet der Burg Thaur auszuschließen. Die höchst konzentrierten Quellwässer in diesem Gebiet (R. Gasperl-Quelle, A. Pichler-Quelle, Quelle am Marstanzboden) zeigen lediglich leicht erhöhte Sulfatwerte (JOB & MUTSCHLECHNER 1969).

Eine Lokalisierung der frühesten Salzgewinnung im Bereich des heutigen Oberberg-Stollenmundloches (1608 m SH) erscheint auch auf Grund der geologischen Kartierungsergebnisse (SPÖTL 1987) plausibel: Gips-führende Haselgebirgsletten (natürlicher Laist) stehen noch heute im Gebiet oberhalb Ruperti-Kapelle — Steinbergstollen-Mundloch — Mitterberg-Runse — Ißjöchl — Wasserberg-Mundloch — Ißjoch-Straße am Oberrand des Bannwaldes an und stellen Ausläufer des darunter liegenden Salzstockes dar (s. Abb. 4). Im vorigen Jahrhundert wurde noch eine schwach salzhältige natürliche Quelle am Fuß des Karteller Jöchls gegenüber dem Mundloch des Erzherzogsberg-Stollens festgestellt (SCHMIDT 1874a).

Diese »Ur«-Saline übersiedelte in der Folgezeit — gewiß aus Holzmangel und wegen des günstigeren Salzverschleißes (vgl. PALME 1975) — stufenweise tiefer: Ins Gebiet des späteren St. Magdalena, dann nach Eichat (heute Absam) und schließlich nach Hall an den Inn, wo bereits 1307 der erste Holzrechen für das angeflößte Holz errichtet wurde.

Der eigentliche Salzbergbau dürfte spätestens um 1272 begonnen haben, als Graf Meinrad II. von Görz-Tirol den ersten Stollen, den Oberberg in 1608 m SH anschlagen ließ. Das know-how stammte vom bergbaukundigen Ritter Nikolaus von Rohrbach, den Meinrad II. zu diesem Zweck vom Salzbergbau Altaussee (seit 1147 urkundlich erwähnt) kommen ließ. Die Sage, er habe Tiere beim Lecken beobachtet und anstehendes Steinsalz entdeckt, ist sicherlich irrig, da man erst nach einer Stollenlänge von 191 Stabl (umgerechnet 222 m) im Oberberg auf salzführendes Gebirge stieß (SCHMIDT 1874 b).

Jedenfalls ist 1283 bereits urkundlich von einer »*fondina salis, que Halle dicitur*« (PALME 1983: 60) die Rede, also von einer untertägigen Salzgewinnung in Hall.

Die nachfolgenden Stollenanschläge des aufstrebenden Bergbaues erfolgten in den darauf folgenden Jahrhunderten unter sukzessiver Tieferlegung der Hauptabbaubezirke (s. Abb. 1). Eine Ausbeutung der natürlichen obertägigen salzhältigen Quellen wurde dadurch rasch unrentabel, und Salz wurde in der gesamten Geschichte des Bergbaues durch kontrollierte, unterirdische Auslaugung des Haselgebirges gewonnen.

©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

2.2. Entwicklung der Abbautechnik

Das Salz wurde von Anbeginn des Bergbaues nicht in fester Form, sondern auf Grund des generell < 35% gelegenen Salzgehaltes und der innigen Vermengung mit tonig/siltigen Gesteinen im typischen Haselgebirge auf nassem Wege als Sole gewonnen. Hinweise auf einen Trockenabbau — etwa vergleichbar den prähistorischen Abbaumethoden im Hallstätter Salzberg — gibt es nicht. Lediglich bergbaumäßig völlig unbedeutende Kubaturen von Kernsalz wurden als Vieh- und Lecksalz gebrochen.

Die mittelalterliche Salzgewinnungsmethode war der sog. Schöpfbau. Es wurde zu diesem Zweck ein 20—25 m tiefer Schacht (Pütte) mit Süßwasser angefüllt und nach erfolgter Auslaugung (ca. 1 Monat) die Sole (früher: Sur oder Sulze) mit Schöpfeimer (Ampern oder Butten) mühsam mittels eines Haspels hochgefördert. In hölzernen Röhren floß die Sole bis zur Saline. Einen lebendigen Eindruck des Bergbaubetriebes im 16. Jahrhundert vermittelt der bekannte »Tiroler Landreim« von Georg Rösch von Geroldshausen:

»... Der Saltzperckh ist abtailt mit Fleiss
In sechs Perckh, die haben den Preiss:
Kaiserperckh, Kunigperckh, Stainperckh
Mitrperckh, Oberperckh, Wasserperckh,
Darinnen pricht lauter Kern guet
Allerlai Pirg das man nennen thuet
Edls, Kern, reisents frischs, täbs, erpawen,
Durch Gips und Leberstain gehawen —
Die Schachtrichten und die edlen Werckh,
Das Wasser wirdt gefüeret überzwerch
Hin und wieder vermacht mit Laden
Damit es dem Kern nicht thuet schaden.
Da wirdt des suessen Wassers vil
In die Werckh gefüert, wie man's haben wil,
Bis es den Himmel thuet anrirren,
Doch nit den, daran stet das Gestirn.
Und wirdet das süess Wasser zwar
Gesaltzen an die Stat ganz und gar.
Die Wag findet die ware Prob,
So die in rechter Höch schwimbt ob.
Alsdann facht man zu Schöpfen on
Und füert dos Saltzwasser davon
Ain gross Mailwegs durchs Halltal lang
Da get dos Saltzwasser gar drang
In hülzin Rören eingefasst
Das Saltzwasser si nit faulen lasst ...«

(ISSER 1886: 572). Auf Grund der Tatsache, daß der Kaiserberg Stollen bereits erwähnt wird, kann gefolgert werden, daß dieser Stollen schon vor 1558, dem Erscheinungsjahr der Zweit-

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

ausgabe des »Tiroler Landreims« (KIRNBAUER 1964: 7), vorgetrieben worden ist, jedoch erst am 17. Mai 1563 offiziell durch Kaiser Ferdinand I. aufgeschlagen wurde (vgl. SCHÖNHERR 1882: 55; KIENBERGER 1953: 112).

Lediglich ein Schöpfbau »überlebte« in veränderter Form bis zum Ende des Bergbaues, das Stoß Werk zwischen Königsberg und Kaiserberg gelegen. Es ist bereits auf der ältesten Grubenkarte (1531) als Schöpfbau verzeichnet und wurde als Normalwerk und später bis 1960 als Einschlagwerk (Sole-Reservoir) weiterverwendet.

Einen großen abbautechnischen Fortschritt stellte die Einführung des sog. Sinkwerks (Abb. 2) dar, das im Salzkammergut bereits 1575 eingesetzt worden war, in Hall i. T. jedoch nicht vor dem Jahre 1617 angewandt wurde (PALME 1986) — vgl. auch grundsätzliche Arbeiten von SPERGS 1754, MILLER VON HAUENFELS 1853, SCHWIND 1870 und AIGNER 1892. Der Laughohlraum wurde nicht mehr nach oben über die Pütte, sondern nach unten über die sog. Wehranlage entleert. Der Initialhohlraum hatte einen Durchmesser von 30—40 m bei einer Höhe von 2 m. Er wurde im Niveau eines tieferen Stollens angelegt (von wo man durch das Wehrfahrtl oder Wehroffen zum Solemeßtrog gelangte) und stand durch das Sinkwerk (= Ankehrschurf) mit dem darüber liegenden Stollenhorizont in Verbindung. Im Zuge der intermittierenden Laugung wuchs der Werkshohlraum annähernd trichterförmig (je nach Gehalt und Verteilung des Steinsalzes im Haselgebirge) nach oben. Die Süßwasserzufuhr erfolgte über den Ankehrschurf, die hochgrädige Sole wurde durch den hölzernen Sumpfkasten (Grobfilter-Funktion) und die Wehranlage in den unteren Horizont abgeleitet und von dort in das hölzerne Soleleitungsnetz gespeist. Die Schwachstelle in diesem System bildete in jeder Hinsicht die Verdämmung der Wehranlage. Zu diesem

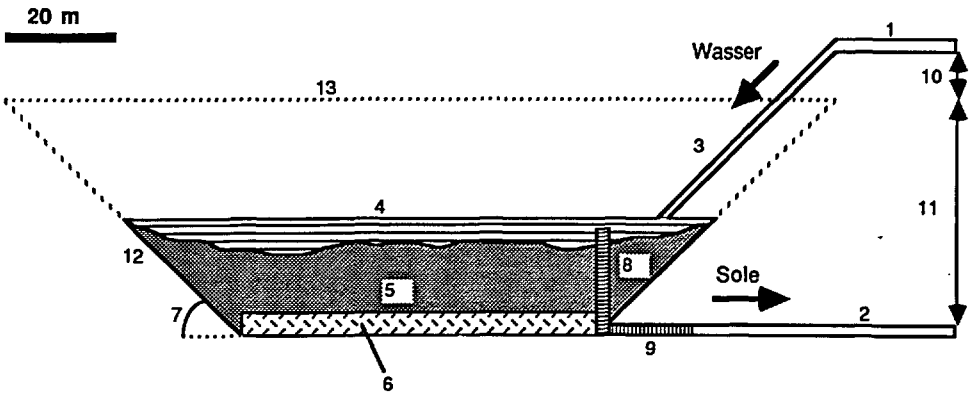


Abb. 2: Schematischer Aufriß eines Sink- oder Normalwerkes im solegefüllten Zustand, wie es im Haller Salzberg seit dem 17. Jahrhundert bis zur Schließung in Gebrauch stand.
Legende: 1. Oberer Stollenhorizont, sog. Sinkwerksebentl (mit nicht eingezeichnetem Meßtrog und Süßwasserzufuhr), 2 Unterer Stollenhorizont, sog. Wehroffen oder Wehrfahrtl (mit ebenfalls nicht eingezeichnetem Solemeßtrog = Cimenttrog), 3 Sinkwerk oder Ankehrschurf (35 Grad bis 40 Grad tonnlägig), 4 Werkshimmel, von dem bei jeder Laugperiode 10—100 cm heruntergelöst wurden, 5 Werkslaist (ausgelaugtes Haselgebirge), 6 Initialhohlraum, 7 Aufsiedewinkel, 8 Sumpfkasten (= Einseihkasten), 9 Wehranlage mit Letten-Verdämmung, 10 Bergfeste (oberhalb der maximalen Versudhöhe), 11 Versudhöhe (gebirgsmechanisch begründete, maximale Abbauhöhe), 12 Werksulm (seitliche Begrenzung zum unverlaugten Salzgebirge), 13 Endhimmel (bei ausbenützter Versudhöhe).

 ©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Zweck wurde Obertage im Ißtal Tagletten (ausgelaugtes Haselgebirge, sog. Lebergebirge) gestochen. Der speziell vorbehandelte plastische Ton eignete sich vorzüglich zur Verdämmung. SPERGS 1754: 21 schreibt diesbezüglich:

»Vormahls pflegte man allein den Bergletten zur Verdammung zu brauchen [. . .] Es hat aber seitdem die Erfahrung gelehret, daß die Leim- oder Ton-Erde aus der Iß — einem unweit des Salzberges gelegenen Orte, noch besser, und wasserhaltiger ist, als der Bergletten. Doch ist es nothwendig, daß jene mit der stärksten Sur angemachet werde, wo man in das Salzgebirge hineinbauet; weil widrigen Falls die Feuchtigkeit des Wassers sich in das Salz ziehet, die Erde aber ganz trocken wird, und zerfällt.«

Pro Laugprozeß (3—5 Wochen) wurde je nach Größe des Werksraumes 4000—12000 m^3 hochgrädige Rohsole erzeugt (maximale NaCl-Konzentration 26,5%, das entspricht 320 kg NaCl/m^3 Sole). Das geologisch interessante Problem im Haller Salzberg — aber auch in vielen salzarmen Werken anderer alpiner Salzberge — bestand nun darin, daß bei der Auslaugung die unlöslichen Komponenten des Haselgebirges, besonders aber die Tonteilchen (i. w. Illite und Chlorite nach Diffraktometeranalysen) in der Sole flokkulierten und unter Beibehaltung großer interpartikulärer Porosität locker am Werksboden sedimentierten (sog. Laist). Das Resultat, ein »Erblinden« (Selbstversatz) des Werkshohlraumes nach jeder Laugperiode trotz Subtraktion von 25—35% Halit aus dem Gestein, trat bei fast allen Laugwerken im Haller Salzberg ein. So ist es verständlich, daß ein Großteil der Bergleute lediglich mit der »Säuberung« (Ausräumen) der zwischenzeitlich abgelassenen Werker beschäftigt war. Der dabei ans Tageslicht geförderte Laist bestimmt heute in Haldenform nicht unwesentlich die Geländemorphologie im oberen Halltal. Der überwiegende Anteil jedoch wurde seit Jahrhunderten direkt in den Halltalbach verstürzt. Inwieweit echte intrakristalline Quellprozesse expandierbarer Tonminerale (Smektite, IS-mixed layer, Corrensite, etc.) an diesem Selbstversatz, aber auch am häufig beobachtbaren Phänomen der Konvergenz von Stollen, Schürfen und Schächten (vgl. SCHAUBERGER 1950, FITZ 1952) beteiligt sind, ist auch in den anderen ostalpinen Salzbergbauen noch weitgehend ungeklärt (vgl. SCHAUBERGER & RUESS 1949, SCHMIDT 1955, REISENBICHLER 1965, EIGELSREITER & KOMMA 1963, GLÜCK 1975, NOWY & LEIN 1984). Bereits SCHWIND 1870 wies auf diese Erscheinung hin (S. 96):

»Der Thon »blähet sich«. Strecken, welche in thonreichem Haselgebirge ausgefahren wurden, verengen sich allmälig bis zur Unfahrbarkeit, ja bis zum Verschwinden, und dies geschieht zweifellos durch die hygroskopische Eigenschaft des Thones unter Vermittlung des eingemengten Salzes mit fast unwiderstehlicher Gewalt. Dasselbe würde auch in einem lange Zeit feuchtendem Luftzuge preisgegebenen Werksraume geschehen.«

Nach heutigen Gesichtspunkten liegt die untere wirtschaftliche Bauwürdigkeitsgrenze für einen derartigen intermittierenden Sinkwerk- bzw. Normalwerkbetrieb bei ca. 35—38% NaCl im Haselgebirge (AMBATIELLO & NEY 1983). Moderne, kontinuierliche Laugverfahren, wie Tiefenwerke und Bohrlochsonden (vgl. HOSCHER 1986 a, b, 1987) werden österreichweit erst seit 1971 eingesetzt und benötigen einen Mindestsalzgehalt von 55—70% (THOMANEK 1980).

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

3. GEOLOGISCHE ERFORSCHUNGSGESCHICHTE

Die geologische (vormals geognostische) und mineralogische Forschung hat am Haller Salzberg und seiner näheren Umgebung lange Tradition. Bereits einige Jahrzehnte vor Aufkommen der naturwissenschaftlichen Erforschung der Alpen und ihrer nutzbaren Vorkommen am Ende des 18. Jahrhunderts (vgl. L. v. BUCH, M. v. FLURL u. a.) wurde das wildromantische Karwendeltal wiederholt von interessierten Reisenden (z. B.: SPERGS 1754 und später KARG 1808) und Naturforschern (FEIGENPUZ DE GRIESSEGG 1707, STERZINGER 1757, ABBÉ PODA 1794 in: PALACHE et al. 1957: 424) aufgesucht. Nur wenige erhaltene handschriftliche Dokumente gewähren jedoch detaillierten Einblick in die Bergbautechnik und Lagerstättenbeschaffenheit in der Zeit vor Beginn des 19. Jahrhunderts (»*Bergbeschreibungen*« der Haller Bergmeister ab der Mitte des 16. Jahrhunderts z. B. von TRONER 1563, STRASSER 1690, ANONYM 1772, PRUCKNER 1802, LINDNER 1812). Die erste umfassende bergbautechnisch wie geowissenschaftlich fundierte Gesamtdarstellung des Haller Salzberges veröffentlichte KOPF 1841.

Das gesamte 19. Jahrhundert ist gekennzeichnet von zahlreichen Einzelarbeiten, die sich vor allem mit Fragen der lokalen Stratigraphie, Paläontologie und Mineralogie beschäftigten (z. B. PICHLER 1857 ff.) und dabei auch das eigentliche Salzlager in ihre Konzepte und Überlegungen einbauten. Besonders erwähnt werden müssen hier PRINZINGER 1855 und MOJSISOVICS 1869, die die Obertagegeologie im Halltal bereits in großen Zügen aufklären konnten. Von ersterem stammt übrigens auch die erste kleinmaßstäbliche geologische Kartenskizze der Umgebung des Haller Salzberges; dies bereits wenige Jahre, nachdem mit der »Geognostischen Übersichtskarte des östlichen Theiles des Unterinnthaler Kreises nebst einem Theile von Oberinntal« (KLINGER 1844) überhaupt das erste geologische Übersichtskartenwerk des alten Tirol geschaffen worden war.

Zu den ältesten geologischen Grubenkarten der Salzlagerstätte selbst zählen die »*Petrographischen Karten über die Bergabtheilungen des Salzberges zu Hall in Tirol*« (SCHMIDT 1824), die in sieben Detailblättern alle acht Horizonte umfassen. Die angeblich älteste Grubenkarte mit geologischen Eintragungen stammt aus dem Jahr 1609 (SCHAUBERGER 1967: 185).

Einen raschen Überblick über die Erforschungsepoche im 19. Jahrhundert (bezogen jedoch auf alle ostalpinen Salzbergbaue) gibt SCHAUBERGER 1986 (vgl. auch AIGNER 1898).

SEIDLs umfassende Studie (1927) über das Alpine Haselgebirge (zusammen mit R. PLANK — vgl. PLANK 1932) stellt einen markanten Meilenstein in der synoptischen Erfassung des Salinars (u. a. auch des Haller Salzberges) im 20. Jahrhundert dar, wenngleich der Autor mit seinen stark mechanisch geprägten tektonischen Vorstellungen bei den damaligen Deckentektonikern auf berechtigte Ablehnung stieß (vgl. AMPFERER 1928). In den Jahren 1945/46 kartierte SCHAUBERGER in minutiöser Weise die Horizonte Ferdinandsberg bis Steinberg auf der Grundlage seiner auch in allen übrigen alpinen Salzbergbauen praktizierten lithologischen Klassifizierung des Alpinen Haselgebirges (SCHAUBERGER 1967). Diese handkolorierten Lagerstättenkarten im M 1 : 1500, die in bezug auf den Informationsgehalt bis heute unübertroffen sind, befinden sich in der Generaldirektion der ÖSAG/Bad Ischl; Farbdiakopien sind auf Anregung des Verfassers im Salzbergmuseum im Herrenhaus/Halltal ausgestellt.

In den 50er Jahren unseres Jahrhunderts unterwarf SCHMIDEGG 1951, 1952 das Halltal und

©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

die Salzlagerstätte einer genauen tektonischen Analyse. ECKART 1977 führte hydrogeologische Aufnahmen durch. Der Verfasser schließlich beschäftigte sich eingehend mit der Sedimentologie und Fazies der anhydritisch/dolomitischen und siliziklastischen Bestandteile des Alpinen Haselgebirges und konnte mit Hilfe der Schwefelisotopenbestimmung (vgl. PAK & SCHAUBERGER 1981) eine stratigraphische Zuordnung dieser Serien durchführen (SPÖTL 1987, 1988 b).
Auch der Begriff »Haselgebirge« selbst, namensgebend für eine ganze, mindestens nordalpinweit korrelierbare Formation, besitzt am Haller Salzberg sehr lange Tradition. Bereits 1598 taucht er in einem Visitationsakt des Haller Salzbergwerkes auf:

»Beim Kaiserberg in Hall hat man 30 Jahr lang einem mehrern gesalznen Gebirg nachgebaut und 22. Jänner in der Nacht guts gesalznes Haslgebirg antroffen«

berichtet uns U. HOHENHAUSER (Ält. Kamm. Akt. 945, 182—242; in HIRN 1936: 100). Zur Erklärung des Zitats sei noch hinzugefügt, daß der Kaiserberg-Hauptstollen erst nach Durchörterung von 105 m Hangschutt und 625 m taubem dolomitischen Anhydrits (Reichenhall Formation) auf produktives Salinar stieß. Lange vor 1598 dürfte dieser Bergmannsbegriff jedoch auch in Hall nicht verwendet worden sein, denn zum einen kennt ihn der sehr ausführliche »Tiroler Landreim« (s. o.) nicht, zum anderen fehlt er anscheinend auch das ganze Mittelalter hindurch in alten Schriftstücken (frdl. schriftl. Mitt. Univ.-Prof. R. Palme/Universität Innsbruck). Auf jeden Fall ist dadurch die Lehrbuchmeinung der relativ jungen Begriffsprägung von Geologenseite (SCHAUBERGER 1956, TOLLMANN 1976a) eindeutig — zumindest für Hall i. T. — widerlegt (SPÖTL 1988c). Die Etymologie dieses Terminus ist jedoch noch keineswegs geklärt (vgl. KÜHN 1962: 197, TOLLMANN 1986: 413).

4. DER BAU DER HALLER SALZLAGERSTÄTTE

4.1. Tektonische Stellung im Karwendel Gebirge

Es kann ohne Umschweife behauptet werden, daß es bislang keinen wissenschaftlichen Konsens über die tektonische Zugehörigkeit des Salzstockes im Halltal gibt. Nach der mittlerweile schon klassischen Zweigliederung in eine tiefere Lechtal-Decke und eine höhere Inntal-Decke (vgl. TOLLMANN 1976b) wäre das Salzvorkommen an die Basis der Inntal-Decke zu stellen (AMPFERER & OHNE SORGE 1924). Auch im Zuge der Revision der tektonischen Vorstellungen das Karwendel betreffend (HEISSEL 1978) änderte sich an dieser Position nichts (in HEISSELs maßgebenden Profil 31 klafft an Stelle des Salzlagers ein weißes Loch; später (1981) stellte er eine Inntaldeckenbasale Einstufung in Frage).
Es sei auf Grund der eigenen Untersuchungen nur so viel zu dieser Problematik ergänzt, daß im Falle einer parautochthonen Stellung der Wildanger-Kette über dem Salzlager fazielle Probleme in bezug auf die permoskythischen Liegendserien auftreten würden: Die Gesteinsserien des Alpinen Haselgebirges und die charakteristischen Dolomitanhydrite (Reichenhall Fm.) fehlen wenige 100 m südlich im Bereich der Thaurer Alm vollkommen. Das Vorkommen von Haselgebirgs-Letten an diesem Ort (MOJSISOVICS 1869: 141, AMPFERER & OHNESORGE 1924: 20) konnte

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

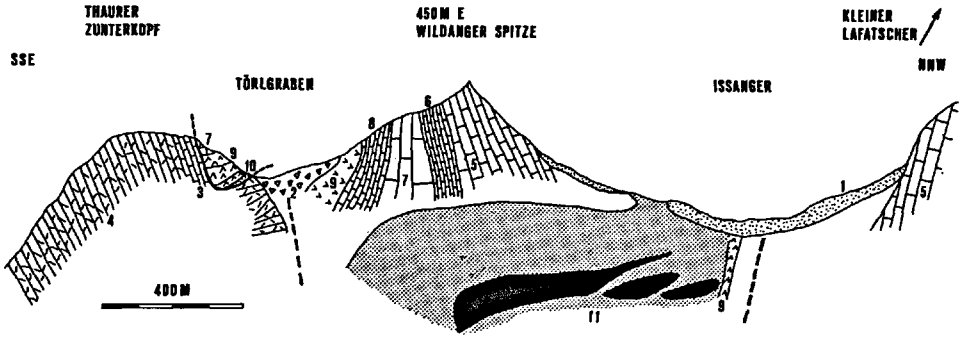


Abb. 3: Annäherndes N-S-Profil durch den Zentralteil des Haller Salzlagers mit vereinfachter Darstellung der tektonischen Verhältisse (n. SCHMIDEGG 1951, verändert und ergänzt). Das Salinar, welches zur Hauptsache unterhalb des Wildanger Gebirges gelegen ist, wurde undifferenziert dargestellt; lediglich große Dolomitanhydrit-Schollen (Reichenhall Fm.) wurden ausgehalten. Auf Grund der großtektonischen Gliederung ist der Hauptteil des Thaurer Zunterkopfs zur Karwendel-Schuppenzone (speziell: Zunterkopf Schuppe) zu stellen, der nordseitig auflagernde Deckenrest, das Wildanger Gebirge und das nördlich des Ißtales anschließende Lafatscher-Massiv zur Inntal-Decke. Auch das Salzlager selbst wird von den meisten Autoren der Basis des Inntaldeckenkörpers zugeordnet (s. Text).
Legende: 1 ... Hangschutt und Lokalmoräne, 2 ... Gehängebrekzie am Törl, 3 ... Plattenkalk, 4 ... Hauptdolomit, 5 ... Wettersteinkalk (Riffschuttkalk, patch-reefs, Lagunenfazies), 6 ... Reiflinger Schichten (inkl. Schusterberg Kalk und Tuffite), 7 ... Steinalm Kalk, 8 ... Virgloria Kalk (»Wurstelkalk«), 9 ... Reichenhaller Schichten, 10 ... Alpiner Buntsandstein, 11 ... Salinar undifferenziert (Alpines Haselgebirge und Reichenhall Fm.).

nicht verifiziert werden. Dort stehen Alpiner Buntsandstein und hangende Reichenhaller Karbonate und Rauhwacken an.

Die tektonische Stellung der Kartellerjöchl-Scholle ist ebenfalls nicht befriedigend geklärt. Sie wird von dickbankigem lagunärem, oberem Wettersteinkalk (mit Messerstichkalken, Stromatolithlagen und Megalodontenbänken) und tieferen Anteilen der Raibler Schichten (erster Schiefertonhorizont) aufgebaut. Letzterer ist sehr fossilführend und locus typicus von sechs Faunenelementen (vgl. SPÖTL 1987). Vermutlich handelt es sich um einen durch die Ißtal- und Törl-Linie separierten Körper der Inntal-Decke (Fortsetzung der Angerhüttl-Stempeljoch-Synklinale n. HEISSEL 1977: 353) und nicht, wie AMPFERER 1941: 108 annahm, um einen vom Gebiet der »Hohen Wand« unterhalb der Speckkar Spitze abgegangenen Bergrutsch. Die Raibler Entwicklung gleicht völlig der am Überschall Joch/E Halleranger (Inntal-Decke), wie auch der in der Winterküel/Zunterkopfschuppe (sensu HEISSEL 1978), weicht jedoch vollkommen von der am Güterweg zur Thaurer Alm ab (Thaurer Schuppe s. HEISSEL 1978; dort über Partnach Schichten).

4.2. Unter- und obertägige Verbreitung des Salinars

Soweit durch den Bergbau bekannt, verläuft die südliche Grenze des Salzstockes etwa in der lotrecht nach unten projizierten Verlängerung der 1900—2000 m Isohypse auf der Wildanger-Südseite. Die Nordgrenze liegt im Bereich des Ißtales, wo noch obertägige Aufschlüsse vorhanden

©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

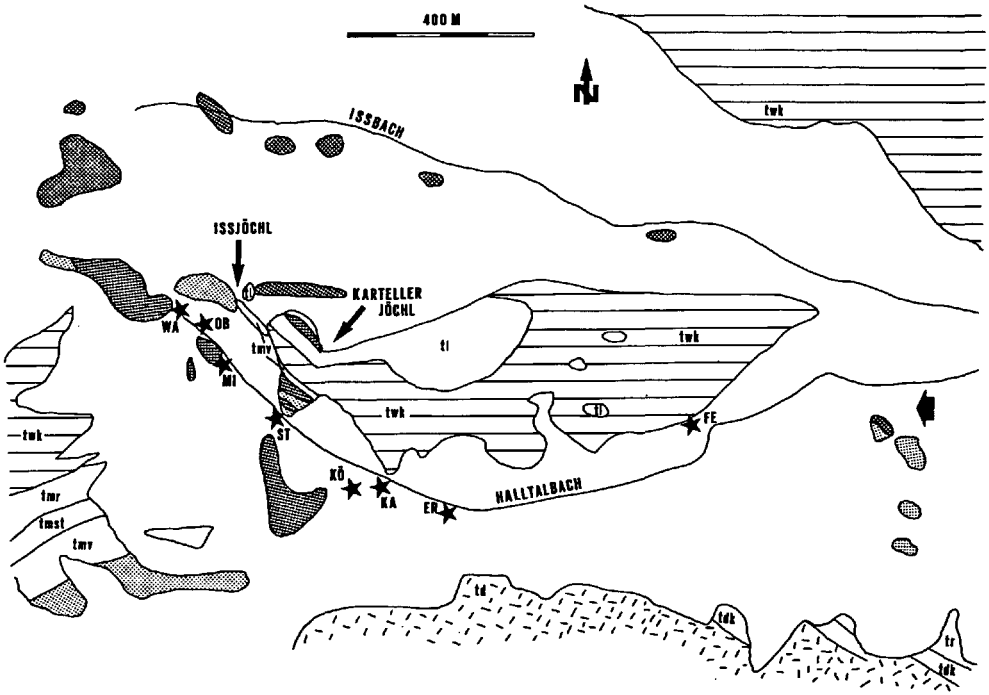


Abb. 4: Vereinfachte geologische Aufschlußkarte des oberen Halltales (n. SPÖTL 1987).
Legende: Dunkler Punktraster ... Alpines Haselgebirge (Tagletten, Gips), heller Punktraster ... Reichenhaller Schichten (i. w. Rauhwacken), tr ... Kössener Schichten, tdk ... Plattenkalk, td ... Hauptdolomit, tl ... Raibler Schichten, twk ... Wettersteinkalk, tmr ... Reiflinger Schichten, tmst ... Steinalm Kalk, tmv ... Virgloria Kalk. Die Sternsymbole markieren die Mundlöcher der 8 Hauptstollen. Der große Pfeil zeigt die Stelle 300 m W St. Magdalena, an der 1962/63 eine Obertagebohrung auf 160 m abgeteuft wurde (vgl. Abb. 5).

sind (s. Abb. 4), wobei diese mit der Tiefe fast saiger einfällt. Die Nordgrenze des produktiven, halitführenden Anteils des Alpinen Haselgebirges fällt sehr steil gegen Süden ein. Über die Westfortsetzung unter das Stempeljoch und die anschließende Hochfläche der Pfeis gibt es keine direkten Hinweise. Geoelektrische Messungen aus dem Jahre 1949 ergaben oberhalb 1450 m SH keinerlei Indikationen für eine Fortsetzung des Salinars in diese Richtung (SCHAUBERGER 1968). Östlich der Aufschlüsse im Ferdinandsberg-Stollen liegen die kleinen Ausbisse 300 m W St. Magdalena. Knapp unterhalb davon wurde 1962/63 in 1276 m SH eine obertägige Bohrung abgeteuft, die jedoch in 160 m noch im ausgelaugten »Grünton-Gebirge« (sensu SCHAUBERGER 1949) stehend, verunglückte. Das Bohrprofil gibt Abb. 5 wieder. In der weiteren Ostfortsetzung wurde seinerzeit im Eibental ein kleines Vorkommen durch Grabung ausfindig gemacht (NEUMAYR 1871: 306, SCHMIDT 1874c: 106), das der Verfasser trotz intensiver Suche nicht wieder auffinden konnte. Über die anschließenden Verhältnisse östlich des Halltal-N-S-Durchbruches informiert Kap. 4.3.

Die Obergrenze des (ausgelaugten) Salzgebirges reicht an einigen Stellen an der N- und NE-Seite des Wildanger Gebirges gewiß noch über das Niveau des Wasserberg Horizontes hinaus.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

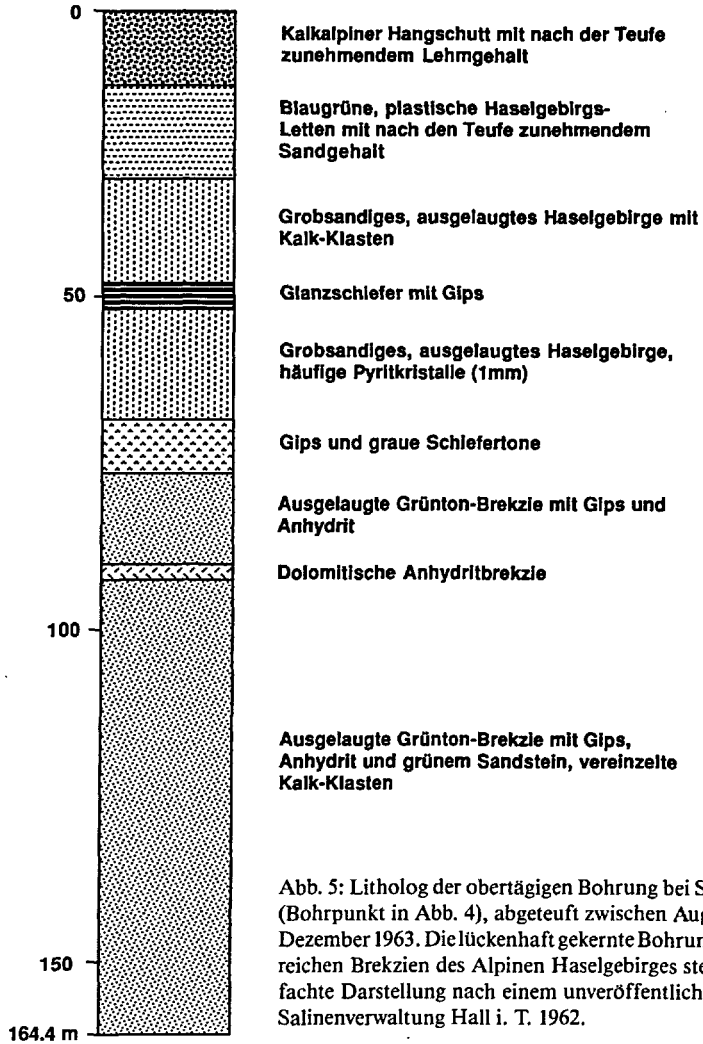


Abb. 5: Litholog der obertägigen Bohrung bei St. Magdalena (Bohrpunkt in Abb. 4), abgeteuft zwischen August 1962 und Dezember 1963. Die lückenhaft gekernte Bohrung blieb in tonreichen Brekzien des Alpinen Haselgebirges stecken. Vereinfachte Darstellung nach einem unveröffentlichten Profil der Salinenverwaltung Hall i. T. 1962.

Die Untergrenze wurde im Bergbau nie angetroffen. Der tiefste Punkt, der je aufgeschlossen war, lag in einem saigeren Bohrloch, welches 40 m unterhalb des 402 m tiefen Jorkasch-Koch-Schachtes (er liegt grundrißmäßig 100 m NW Wildanger Spitze) knapp nach der Jahrhundertwende noch gleichbleibende Lagerstättenbedingungen antraf (1015 m SH). Eine Fortsetzung der Lagerstätte — vermutlich unter gradueller Abnahme der NaCl-Komponente — bis mindestens zum Inntal-Niveau wird angenommen (SCHMIDEGG 1951). Der Buresch-Stollen, der vom Ortsteil Kapons in Thaur mit N20W Richtung auf den Jorkasch-Koch-Schacht vorgetrieben wurde (vgl. Abb.1), hatte das Salzlager noch nicht erreicht, als der Vortrieb 1936 (in Hauptdolomit stehend) eingestellt wurde.

©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

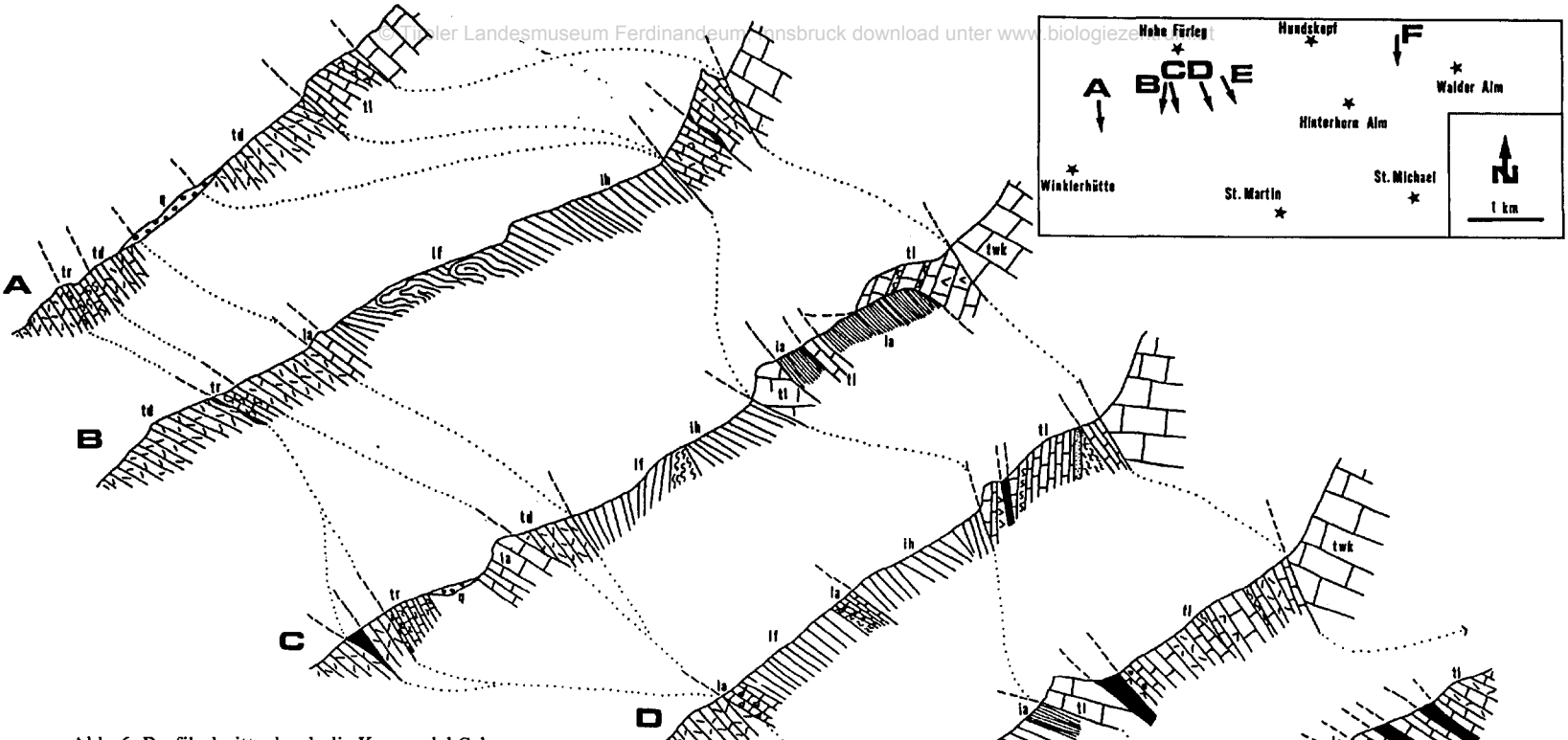


Abb. 6: Profilschnitte durch die Karwendel-Schuppenzone im Liegenden der Inntal-Decke zwischen Winklerhütte und Walder Alm (n. SPÖTL 1987, modifiziert). Die in schwarz gehaltenen kleinen Vorkommen von Alpinem Haselgebirge markieren tiefreichende Bewegungsbahnen, an denen enorm tektonisiertes, ausgelaugtes Salinar-Material hochgeschürft wurde.
Lage der Profile (vgl. auch Detailkärtchen):
Profil A ... 250 m E Winklerhütte (Alpensöhnehütte)
Profil B ... Fallbachgraben oberhalb des Wasserfalls
Profil C ... Graben 500 m E Schäferhütte
Profil D ... Graben 140 m E Wandl Alm
Profil E ... Seilengufel/Oberer Urschenbachgraben
Profil F ... Oberster Hasenbachgraben (»Blauer Lahm Graben«), 700 E Hinterhorn Alm
Erklärung der lithostratigraphischen Symbole: q ... Rezente Schutthalden, ia ... Ammergauer Schichten (möglicherweise auch Anteile der neokomen Schrambach Schichten), ih ... Ruhpoldinger Radiolarit, la ... diverse Rot- und Graukalke des tieferen Jura (Adneter Kalk, Grauer Liasbasiskalk, Hierlatzkalk), lf ... Allgäu Schichten (Lias-Fleckenmergel mit Bitumenmergel in Profil D), tr ... Kössener Schichten, td ... Hauptdolomit, tl ... Raibler Schichten, twk ... Wettersteinkalk, tmrh ... Reichenhaller Schichten, Schwarz ... Alpines Haselgebirge.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Somit ergibt sich als Gesamtbild im Grundriß ein ungefähres, nach Westen offenes Oval mit NW-SE-Streichen im Ostteil (sog. »Vorhaupt« n. SCHMIDEGG 1951), das im Zentralabschnitt in ein annäherndes E-W-Streichen überleitet. Das generelle Einfallen der Lagerstätte ist 40 Grad Süd, sodaß der Salzstock intern die Form einer großen, gegen Norden überkippten Antiklinalstruktur mit gekapptem Scheitel aufweist (SCHAUBERGER 1968). Die maximale N-S-Erstreckung ist 0,8 km, die E-W-Entfernung 1,4 km bei einer größten flächenmäßigen Ausdehnung im Niveau des Königsberges von rund 1 km^2.

4.3. Die Ostfortsetzung des Salinars

Östlich des Halltal-Querdurchbruches treten nur mehr kleinräumige Aufschlüsse von Salinar-Material an tiefreichenden Schuppengrenzen auf, die jüngst vom Verfasser auskartiert wurden (SPÖTL 1987). Die enorm tektonisierten Gesteine (hauptsächlich grüne Silt/Ton- und Sandsteine, Gipse) wurden vollkommen aus ihrem primären Verband gerissen und können als gute Indikatoren für bedeutendere Bewegungsbahnen herangezogen werden (vgl. Abb.6). So finden sie sich in direktem Kontakt zu Ammergauer Schichten, Kössener Schichten, Hauptdolomit, Raibler Schichten und Reichenhaller Schichten. Nach HEISSEL 1978 gehören diese schmalen tektonischen Körper zur Karwendel-Schuppenzone, ähnlich wie auch die Evaporit-führenden Einheiten im östlichen Karwendel (vgl. SPÖTL 1988a).
Auf Grund der vorhandenen drei Schwefelisotopendaten sind die Gipse in den beiden größeren Aufschlüssen Seilengufel (Oberer Urschenbachgraben, Profil E in Abb.6) und Hasenbachgraben (zwischen Hinterhorn und Walder Alm; Profil F in Abb.6) ins Oberperm zu stellen (PAK 1974, SPÖTL 1988a).

4.4. Sedimentologie und Stratigraphie der Evaporitgesteine

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den das Alpine Haselgebirge aufbauenden Gesteinsserien, allen voran die Feinklastika, gefolgt von Steinsalz, Sandsteinen und den relativ dazu tektonisch kompetenten Dolomitanhydrit-Körpern. Die das eigentliche Salzlager umhüllenden Rauhwacken der Reichenhall Fm. (25—50 m mächtig) werden hier nicht näher besprochen. Eine stratigraphische Übersicht bietet Abb. 8.

4.4.1. Siliziklastika (Ton/Siltsteine und Sandsteine)

Sie bilden den terrigen-klastischen Anteil im Alpinen Haselgebirgs-Komplex (auch »Salzton« und »Salzsandstein« genannt), der von wenigen Gew.-% im Kerngebirge bis fast 100% im ausgelaugten Haselgebirge reicht.
Wesentlich erscheint dem Verfasser die Tatsache, daß diese Sedimente an keiner Stelle mehr im ursprünglich sedimentären Verband angetroffen wurden und im besten Fall im Größenbereich <1 m Mächtigkeit als primäre Lagerung angesprochen werden können (besonders die Sandsteine). Dennoch fanden sich eine Reihe von Sedimentstrukturen in diesen Gesteinen. z. B. Lamination, Schrägschichtung, Wickelschichtung, Strömungsrippel, Trockenrisse und chips, Silcrete sowie Bioturbation, kohlige Pflanzenreste und relativ häufig 2 mm bis 5 cm große Steinsalzwürfel (SPÖTL 1988a). Letztere werden seit alters her vom Bergmann als »Kropf«- oder »Jodsalz« (auch

Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Tonwürfelsalz) angesprochen (KARG 1808; Etymologie vgl. GÖRGEY 1912: 377) und sind durch den würfelverzerrten Habitus und eingedellte Kristallflächen charakterisiert. Vollkommen analoge Formen finden sich auch als ausgelaugte Hohlformen bzw. als Gips- oder Siltabgüsse im ausgelaugten Haselgebirge und wurden bereits von PICHLER 1859: 174 aus dem Halltal beschrieben.

Petrographisch handelt es sich bei den Grobsilt- und Sandsteinen vornehmlich um hellglimmerreiche, Subarkosen, deren Feldspäte (fast nur Alkalifeldspäte) zum Großteil diagenetisch in ein Chlorit-Illit-Gemenge umgesetzt sind. Das Schwermineralspektrum wird dominiert von den ultrastabilen Mineralen Zirkon und Turmalin, untergeordnet auch Rutil und Apatit (letzterer mitunter authigen gesproßt).

Die Feinsilt-, Tonsteine und Schiefertone führen die monotone Zusammensetzung Illit/Muskovit, Chlorit, Quarz, sowie in schwankenden Prozentsätzen Magnesit als Karbonatzement (vgl. GLÜCK 1975). Naßchemische Vollanalysen graugrüner Schiefertone des Haller Salzberges führten SCHAUBERGER & RUESS 1949: 189 durch.

Illit-Kristallinitätsdaten wurden bislang aus Gesteinen des Salinars noch nicht erhoben. Analysen am unlöslichen Rückstand triadischer Karbonatgesteine der nahe gelegenen Thaurer Klamm ergaben Halbhöhenbreiten des 10-Å-Illitreflexes von 5,1 mm im Mittel (9.0—4.3) und Vitrinit-Reflexion von 4—5% R_{MAX} und liegen damit im anchimetamorphen Bereich (vgl. KRUMM 1984, KRUMM et al. 1988, KRUMM & SCHNEIDER 1983). Auffallend ist der ausgeprägte Vertikaltrend vom hoch-anchimetamorphen environment im Liegenden (Alpiner Muschelkalk der Thaurer Schuppe) zum fast unmetamorhen (diagenetischen) Bereich ab dem Raibler Niveau. Für das nördlich anschließende, tektonisch vermutlich höhere Salzlager kann somit mit gewisser Berechtigung auf eine maximal anchimetamorphe Überprägung (vermutlich zu unterkretazischer Zeit — vgl. KRALIK et al. 1987) gefolgert werden.

Eine biostratigraphische Einstufung der klastischen Serien des Alpinen Haselgebirges ist auf Grund der Fossilleere nicht möglich. Sämtliche S-Isotopenwerte, die von begleitenden Gipsen und Anhydriten auch außerhalb des Salzlagers (im Raum des östlichen Karwendels — vgl. SPÖTL 1988a) erhoben wurden, deuten jedoch auf ein Oberperm-Alter hin. Ältere palynologische Untersuchungen an einigen Schiefertonen des Salzberges lieferten ebenfalls oberpermische Mikrofloren (KLAUS 1953, 1965). Der Verfasser hat jüngst auf die wahrscheinliche Parallelisierung dieser, charakteristisch häufig grünen Serien mit den deutlich evaporitischen Mitterberger Schichten im Salzburgischen hingewiesen (SPÖTL 1988a).

4.4.2. Dolomitanhydrite

Ein kennzeichnendes Element des Haller Salzberges sind die mächtigen, häufig leicht bituminösen dolomitischen Anhydrite, Anhydrite und Dolomite, die vom Bergbau auf vielen 100 m durchörtert wurden (vgl. Abb.3). Diese Gesteine stehen als Gipse, Gips-Haselgebirge und schwarze Dolomite am SW-Rand der Kartellerjöchl-Scholle (beim Steinberg Mundloch) auch obertage an, wo sie auf intensive Weise mit Rauhwacken verfaltet sind (s. Abb.4).

In der Lagerstätte fungierten sie als kompetente Körper, die im Haselgebirge »schwimmen« (randlich durch Störungszonen begrenzt) und intern eine enorme Deformation erfahren haben. So wird der Großteil der Dolomitanhydrit-Schollen von einem brekziösen Typus aufgebaut: In

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

einer anhydritischen Matrix liegen angulare, i.d.R. cm-große Klasten von Dolomit, Anhydrit und selten auch grünlichen Silt/Sandsteinen, sowie »unverdaute« m- bis Dekameter messende Körper von kaum tektonisierten Bereichen, in denen Detailprofile aufgenommen werden konnten (s. Abb.7).

Es handelt sich um innige, möglicherweise zyklische Wechsellagerungen von dunklen, bituminösen Dolomiten mit ebenfalls stark terrigen beeinflußten, strukturarmen Anhydriten (häufig dolomitisch). Selten treten geringmächtige graue Silt/Tonlagen auf. Die Mikrofazies dieser Gesteine ist sehr eintönig (SPÖTL 1988b): Es überwiegen sterile, kaum geschichtete Dolomikrite, die häufig Lösungshohlräume nach Gips/Anhydritporphyroblasten zeigen. Daneben finden sich dicht gepackte Pelmikrite, seltener Biomikrite (mit Ostrakoden und Crustaceen-Exuvien) und dünne Stromatolithe. Die Petrographie der Anhydrite zeigt völlige Rekristallisation (Pflastergefüge). Mineralogisch wurden mittels Diffraktometrie stets nur Dolomit (fast stöchiometrisch), Anhydrit, z. T. Gips und Magnesit festgestellt.

Auf Grund einer größeren Anzahl von sehr uniformen S-Isotopenwerten können diese mit Dolomiten wechsellagernden Anhydrite mit Sicherheit dem Skyth/Anis-Grenzniveau der Reichenhall Fm. zugerechnet werden (PAK 1982, SPÖTL 1988b). Der Mittelwert aus 13 Proben beträgt +25.0‰ CDT (23.9—27.1), was sehr gut mit dem nordalpinweit gemessenen Mittel von + 25.2‰ für Reichenhaller Evaporite übereinstimmt (SPÖTL 1988c).

Neben diesen, der Reichenhall Fm. zuzuordnenden Sulfaten und Karbonaten treten mit Gewißheit auch oberpermische Anhydrite im Alpinen Haselgebirge auf, von denen lediglich drei S-Iso-

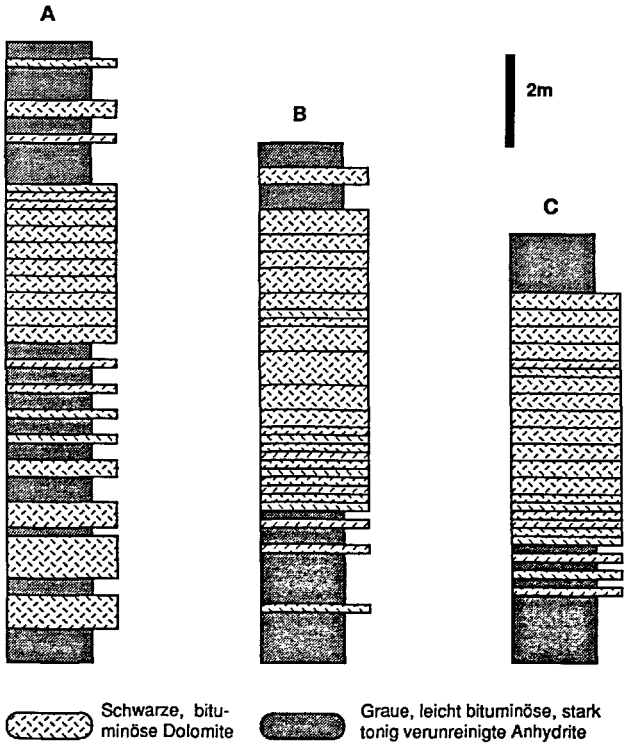


Abb. 7: Profilausschnitte aus tektonisch ungestörten Bereichen des Dolomitanhydritkomplexes der Reichenhaller Schichten im Haller Salzberg. Lage der Profile: A Erzherzogsberg-Hauptstollen, ab Stollenmeter 449, B Wicka Schurf (zwischen Erzherzogsberg und Kaiserberg), oberer Abschnitt, C Kaiserberg-Hauptstollen, ab Stollenmeter 370.

Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

topendaten existieren (PAK 1982: 192). Es handelt sich um grobkristalline »Muriazite« (ein mineralogisch obsoleter, im Salzbergbau-Sprachgebrauch aber noch durchaus gebräuchlicher Name für rekristallisierte Anhydrite — vgl. SCHAUBERGER 1986, die typischerweise im Verband mit Steinsalz auftreten, z. B. im Utzschneider Werk/Königsberg), die u. a. einen deutlich höheren Sr-Gehalt gegenüber den dichten Anhydriten aufweisen (RUSCHA 1976). Sedimentologische Untersuchungen dieser vollkommen aus dem ursprünglichen Verband (Wechsellagerung mit Steinsalz) gerissenen Sulfate stehen noch aus.
Eine interessante Thematik, die ursächlich mit den Reichenhaller Dolomitanhydriten verknüpft ist, betrifft den mindestens seit Beginn des 19. Jahrhunderts bekannten Magnesit bzw. Breunnerit. Leider ist dieser mittlerweile nur mehr an einer gut erreichbaren Lokalität untertage aufgeschlossen (beim Kripp Schurf/Kaiserberg). Bislang vorliegende Daten zum Vorkommen (ANEGG & EBENBICHLER 1956), Petrographie (HIMMELBAUER 1931, PETRASCHECK 1932, LEITMEIER & SIEGL 1954, FRIEDRICH 1959, LESKO 1972), Geochemie (STROMEYER 1827, FOULLON 1889, BRANDENSTEIN & SCHROLL 1960, SCHROLL 1961, HADITSCH 1968, NIEDERMAYR et al. 1981, SCHROLL et al. 1986, SPÖTL 1988b, 1989) zeichnen das Bild einer spätdiagenetischen bzw. anchimetamorphen Magnesitbildung aus einer Karbonatvorläuferphase unter entsprechend hypersalinaren Bedingungen (»brines« mit Mg^{2+}/Ca^{2+} Verhältnisse >40) mit Ausbildung der bekannten metasomatischen Gefügebilder (Pinolithmagnesit). Auf Grund der gut ausgebildeten zonaren Anwachssäume, die zentrifugal einen generellen Trend zu Fe- und Mn-Zunahme zeigen (NIEDERMAYR et al. 1981, SPÖTL 1988b, 1989), kann gefolgert werden, daß diese Kristallisation bei fallenden Temperaturen erfolgt ist (JOHANNES 1970). Als thermisches Ereignis würde sich dafür die unterkretazische Anchimetamorphose des Karwendel-Südrandes anbieten (vgl. KRUMM 1984).

4.4.3. Steinsalz

Es ist bezeichnend, daß über die eigentliche abbautechnische Werkstoffkomponente NaCl lediglich von mineralogischer Seite Untersuchungen angestellt worden sind (vgl. GÖRGEY 1909). Sedimentologische, detaillierte petrographische und geochemische Informationen fehlen nicht nur für den Haller Salzberg, sondern auch für alle nordalpinen Salzberge. Die Begründung liegt in der penetrativen fluidaltektonischen Deformation dieses im Vergleich zu den »tauben« Gesteinen inkompetenten Mediums. Als klassische Darstellung der vielfältigen Prozesse und deren Gefügebilder muß nach wie vor SCHAUBERGERs Arbeit über die Fließstrukturen im Hallstätter Salzberg (1931) gelten.
Als primär sedimentäre bzw. diagenetische Bildungen und Gefüge können mit gewisser Sicherheit lediglich das bereits eingangs erwähnte Tonwürfelsalz (»Kropfsalz«) und die anscheinend durch Resedimentation entstandenen »Augensalze« (SCHAUBERGER & KÜHN 1959) aufgefaßt werden, wobei letztere im Haller Salzberg fehlen dürften. Eine nur gering fließtektonisch überprägte Abfolge ist zur Zeit noch im »Rotsalz-Gebirge« (sensu SCHAUBERGER 1949) des Utzschneider Werkes/Königsberg prächtig aufgeschlossen: Sie zeigt eine sicherlich sedimentär angelegte Wechsellagerung von terrigen-reichem, grauem Halit und reinem, weißem bis gelblichem Steinsalz, in dem lagenweise Langbeinit-Knollen auftreten. Die Paragenese Langbeinit

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum

mit reliktischem Sylvin deutet auf intensive, diagenetische Umwandlungsprozesse oberhalb 74 Grad C hin (KÜHN in: SCHAUBERGER 1986: 243).
Die Hauptmasse des Steinsalzes im Haller Salzberg tritt jedoch als Matrix im Haselgebirge auf und bildet nur an wenigen Orten (wo die ertragreichen Werksanlagen angelegt wurden) m-mächtige »Kernsalzstriche«.
Lediglich drei, überdies sehr heterogene Halitproben wurden auf ihren Br-Gehalt hin analysiert (REINOLD 1965: 513). Ostalpenweit fallen die meisten Proben in den Bereich von 80—130 ppm Br (SCHAUBERGER 1986: 238) und sind damit als marine Bildung (über 65 ppm) anzusehen.
Stratigraphisch gesehen, dürfte der allergrößte Anteil des Steinsalzes im Haller Salzberg ins Oberperm zu stellen sein, wie zum einen die begleitenden Anhydrite (S-Isotopen: PAK 1982), zum anderen die damit innig vermengten Schiefertone (Pollen/Sporen: KLAUS 1953, 1965) indizieren.

4.5. Fazies und Paläogeographie

Wegen der kleinräumigen und tektonisch stark beanspruchten Aufschlüsse, dem stratigraphisch unzureichenden Kenntnisstand (s. Abb.8) und den Schwierigkeiten bei der Rückformung der alpidischen Decken- und Schuppentektonik ist es bisher nicht gelungen, ein realistisches paläogeographisches Bild des Nordtiroler Kalkalpenanteils im Permoskyth zu entwerfen.
Festzuhalten ist, daß der Haller Salzberg das westlichste Vorkommen von sicher oberpermischem Salinar in den Ostalpen darstellt, während oberskythisch/unteranisische Evaporite regional einen wesentlich größeren Raum einnehmen. Auf Grund der dem kontemporären Meerwasser entsprechenden S-Isotopenwerte der Anhydrite muß eine schmale, etwa E-W-gerichtete Fortsetzung des marin beeinflußten Grabenbruchs im Oberperm vorhanden gewesen sein (vgl.

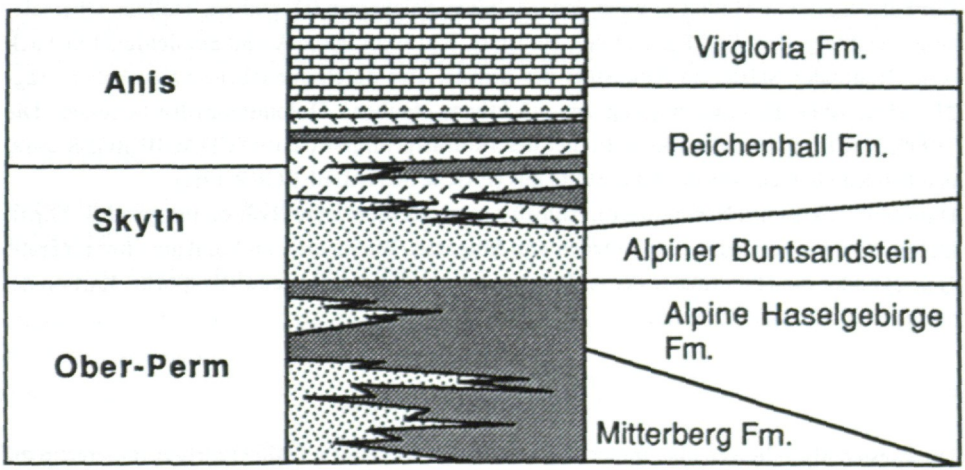


Abb. 8: Nicht maßstäblicher synoptischer Versuch einer Stratigraphie im Permoskyth des südlichen Karwendel Gebirges. Das Salinar des Alpinen Haselgebirges wurde undifferenziert dargestellt. Es muß betont werden, daß auf Grund der halokinetischen und deckentektonischen Deformationen die Stratigraphie mit großen Unsicherheiten behaftet bleibt, da die wesentlichen faziellen Übergänge (z. B. Salinar-Alpiner Buntsandstein und Alpiner Buntsandstein-Reichenhaller Evaporite) in diesem Raum nicht bekannt sind (vgl. auch STINGL 1989).

Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

SPÖTL 1988c). Perlschnurartig reihen sich die oberpermisch datierten Evaporite von Mitterberg/Mühlbach am Hochkönig — Rerobichl N Kitzbühel und Aufschlüsse im östlichen Karwendel Gebirge Richtung Westen auf.
In fazieller Hinsicht bekräftigen der hohe klastisch-terrigene Eintrag und die geringe Mächtigkeit des Steinsalzes die randliche Position abseits des Grabentiefsten (welches im Bereich der Hallstätter Zone/Salzkammergut zu lokalisieren ist), wo zur selben Zeit mächtiges Steinsalz und vergleichsweise nur bis dm-mächtige, selten auftretende Sandstein-Schüttungen sedimentierten.
Äußerungen des oberpermisch eingestuften basischen bis ultrabasischen Vulkanismus im Bereich des zentralen rifts (vgl. KIRCHNER 1980) wurden aus dem Haller Salzberg nicht bekannt. Auch für die charakteristisch grünlichen Silt/Sandsteine (vgl. Mitterberger Schichten) konnte auf Grund eigener Untersuchungen kein Hinweis auf tuffitische Natur erbracht werden.
Die evaporitischen Abschnitte in den tieferen Reichenhaller Schichten sind eine Manifestation der Tethys-weit feststellbaren Regressionsphasen im Zeitraum Oberstes Skyth-Unteres Anis (regressiver Abschluß des Badia-Transgressionszyklus (BRANDNER 1984), vgl. Cencenighe Mb. und San Lucano Mb. der südalpinen Werfen Fm.), was durch die weit verbreiteten Rauhwacken-Horizonte (über marinen Werfener Schichten, über terrestrisch/randmarinem Alpinen Buntsandstein und über Reichenhaller Karbonaten) belegt ist (vgl. auch STINGL 1989). Inwieweit auch Steinsalzführung in diesem Niveau auftritt (vgl. »Grausalz-Gebirge« sensu SCHAUBERGER 1949, PAK & SCHAUBERGER 1981), ist nach Meinung des Verfassers zumindest für den Haller Salzberg noch nicht befriedigend geklärt.

5. MINERALOGIE DES SALINARS

Der Salzbergbau im Halltal ist unter den ostalpinen Salzbergen (Dürrnberg/Hallein, Obersalzberg/Berchtesgaden, Bad Reichenhall, Hallstatt, Bad Ischl-Perneck und Sondenfeld Sulzbach (sog. Trauntaler Salzlager) Altaussee) der ärmste. Der durchschnittliche Salzgehalt beträgt 25—35%, ohne Berücksichtigung der mächtigen »tauben« Dolomitanhydrit-Schollen. Die >90% NaCl aufweisenden »Kernstriche« des »Rotsalzgebirges« (sensu SCHAUBERGER 1949) machen lediglich ca. 4% der Lagerstätte aus (PAK & SCHAUBERGER 1981).
Halit (mit reliktischen Nebensalzen), Anhydrit (und das subrezente Hydratationsprodukt Gips), Dolomit (mit untergeordneten Anteilen von Magnesit/Breunnerit) und Silikate (Tonminerale, Quarz) bilden die Hauptmasse der im Bergbau anzutreffenden Gesteine (Evaporite, Karbonate, Sandsteine, Silt- und Tonsteine).

5.1. Erforschungsgeschichte

Die ältesten Mitteilungen über mineralogische Vorkommnisse im Haller Salzberg datieren in die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts: KARG 1808, KLAPROTH 1808, SENGER 1821, STROMEYER 1827, HAIDINGER 1848, MILLER VON HAUENFELS 1853. Erste zusammenfassende Darstellungen lieferten LIEBENER & VORHAUSER 1852 und ZEPHAROVICH 1859.
In weiterer Folge beschäftigten sich u. a. FOULLON 1889 und besonders GÖRGEY 1909 sehr ausführlich mit den Evaporitmineralen. In unserem Jahrhundert ist vor allem die Arbeit von

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

HIMMELBAUER 1931, sowie eine Reihe von Artikeln über das altbekannte Magnesitvorkommen zu nennen (s. Kap. 4.4.2.).
Aus jüngster Zeit existieren — bedingt durch die 1967 vorgenommene Schließung des Bergbaues — nur wenige neue Daten, die im österreichischen geowissenschaftlichen Literaturspektrum verstreut sind (s. Literaturindex in SPÖTL 1987).
Nicht zuletzt muß noch auf die Tatsache hingewiesen werden, daß der Haller Salzberg auch im Kreis der Hobby-Mineraliensammler seit Jahrzehnten einen ausgezeichneten Ruf besitzt (GASSER 1913, RASSENBERG 1980, EXEL 1982), besonders wegen der herrlichen Gipskristall-Stufen und der seltenen, wasserklaren Steinsalzwürfel, die in ganz Tirol ja einmalig sind und österreichweit keinen Vergleich zu scheuen brauchen.

5.2. Verzeichnis der Minerale des Salzlagers

Die nachstehende Liste vermittelt einen Überblick über sämtliche bisher im Haller Salzberg identifizierten Mineralphasen, geordnet nach der Systematik von RAMDOHR & STRUNZ 1980. Die mit einem Sternchen (*) versehenen Minerale treten relativ häufig auf, der Rest kommt nur untergeordnet vor und wurde nicht selten von nur einer Lokalität beschrieben. Die Jahreszahlen in eckigen Klammern beziehen sich auf den ersten internationalen Nachweis und Begriffsprägung der jeweiligen Mineralphase (n. PALACHE et al. 1957 und STRUNZ 1966).
Angegeben sind ferner synonyme Bezeichnungen, sowie in runden Klammern veraltete Mineralnamen, sofern diese in der älteren österreichischen Salz-Literatur häufiger anzutreffen sind. Die angeführten Zitate enthalten jeweils den ältesten Nachweis des betreffenden Minerals im Haller Salzberg. Unter »VK« (Vorkommen) werden (oft nur auszugsweise) die in der Literatur angegebenen Fundorte wiedergegeben. Dabei wurde bei Werksanlagen jeweils der Horizont ergänzt, von dem der Ankehrschurf in das Laugwerk führt, bei Schürfen ist der Ausgangs- und Endhorizont angegeben. Der Großteil derselben ist heute, z. T. aber schon seit Jahrzehnten nicht mehr erreichbar.

1) SULFIDE

Sphalerit [1847], Zinkblende [1546], ZnS
KARG 1808
VK: Herrenbau Schachtricht/Mitterberg

Chalkopyrit [1725], Kupferkies [1546], $CuFeS_2$
HAIDINGER 1848
VK: unbekannt

Galenit [77 n. Chr.], Bleiglanz [1546], PbS
KARG 1808
VK: Königsberg

? Antimonit [1845], Antimonglanz [1824], Sb_2S_3
SENGER 1821; fraglich nach SANDBERGER 1869
VK: unbekannt

 ©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

**Pyrit [50 n. Chr.], Schwefelkies [1747],* FeS_2
KARG 1808
VK: Wittelsbach Schurf/Königsberg-Kaiserberg, Kolowrat Schachtricht/Oberberg, Kufner Schachtricht/Königsberg

Arsenopyrit [1847], Arsenkies [1725], FeAsS
LIEBENER & VORHAUSER 1852
VK: Pfalzgraf-Bayern Schurf/Steinberg-Königsberg

Sartorit [1868], $PbS \cdot As_2S_3$
(Skleroklas, Binnit [beide 1855])
SANDBERGER 1869
VK: unbekannt

Realgar [1747], AsS
LIEBENER & VORHAUSER 1852
VK: unbekannt

Auripigment [77 n. Chr.], As_2S_3
SENGER 1821
VK: Panzoldi Schurf/Steinberg-Königsberg

2) HALOGENIDE

**Halit [1847],* NaCl
(Steinsalz)

VK: Als Gestein (Kernsalz, Kerngebirge, Haselgebirge s. str., Blättersalzgebirge, Kristallsalz (früher: »Lautersalz«, vgl. SPERGS 1754; z. B. Ruml Werk/Steinberg, Spon Werk/Königsberg, Heidenreich Werk/Steinberg).
Naßchemische Analysen in REINOLD 1965 und SCHAUBERGER 1986: 226.

Mineralogische Varietäten:
Grau, gelb, rot, weiß gefärbtes Steinsalz
Blau-violettes Steinsalz (SCHMID 1874c)
VK: Enzenberg Werk/Steinberg, Spon Werk/Königsberg, Herrenbau Schachtricht/Mitterberg, Neubacher Werk/Königsberg
Gelbes, lichtempfindliches Steinsalz (SCHAUBERGER 1935)
VK: Stachelburg Werk/Steinberg, Neubacher Werk/Königsberg
Tonwürfelsalz (»Kropfsalz«, »Jodsalz« — Etymologie vgl. GÖRGEY 1912: 377)
(KARG 1808)
VK: Menz Werk/Steinberg, Mairl Schachtricht (? recte: Marcherl Schachtricht/Königsberg)
Fasersalz (sekundäre Kluftfüllung)
Haarsalz (rezente Effloreszenzen)

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Sylvin [1832], KCl
KÜHN in: SCHAUBERGER 1986
VK: Utzschneider Werk/Königsberg
Einziges nachgewiesenes Vorkommen innerhalb der ostalpinen Salzlagerstätten!

Fluorit [1797], CaF_2
(Flußspat [1778])
LIEBENER & VORHAUSER 1852
VK: Caballini-Querstrecke/Mitterberg

3) OXIDE

Hämatit [315 v. Chr.], Fe_2O_3
(Eisenglanz [1789])
KARG 1808
VK: unbekannt

4) KARBONATE

Nahcolith [1928], $NaHCO_3$
SPÖTL, unveröff. (diffraktometrisch)
VK: als Effloreszenzen aus Schienen und Leitungen

**Breunnerit [1825],* $(Mg_{0.73-0.94}Fe_{0.05-0.22}Mn_{0.01-0.05})\ CO_3$
STROMEYER 1827. Neue Analysen in NIEDERMAYR et al. 1981, SPÖTL 1988b, 1989
VK: Kaiserberg und Erzherzogsberg Hauptstollen, Menz Werk/Steinberg

**Dolomit [1792]*
(Rautenspat [1800])
KLAPROTH 1808. Geochemische Daten in SPÖTL 1988b
VK: Als dichte Varietät gesteinsbildend (Reichenhall Fm.), $Ca_{1.01}Mg_{0.99}[CO_3]_2$
(Bestimmung diffraktometrisch).
In der seltenen Kristallflächenkombination $(40\bar{4}1)$ (0001), als sogenannter »Rautenspat«, idiomorph-poikiloblastisch in Anhydrit oder Gips eingewachsen (vgl. RAMDOHR & STRUNZ 1980: 572) nur in der Herrenbau Schachtricht/Mitterberg: $Ca_{0.988}Mg_{0.991}Fe_{0.016}Mn_{0.006}[CO_3]_2$
(Bestimmung mit der Mikrosonde).

Natrit [1875], $Na_2CO_3 \cdot 10\ H_2O$
(Soda [1747])
LIEBENER & VORHAUSER 1852. Naßchemische Analysen in SIMON 1914.
VK: Häufig als Effloreszenzen auf Leitungen.

5) SULFATE

**Langbeinit [1891],* $K_2Mg_2[SO_4]_3$
LIEBENER & VORHAUSER 1852; eine naßchemische Analyse lieferte GÖRGEY 1909: 339.
VK: Utzschneider Werk/Königsberg

 roler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Vanthoffit [1902], $Na_6Mg[SO_4]_4$
GÖRGEY 1909 (mit einer naßchemischen Analyse)
VK: Utzschneider Werk/Königsberg

Glaserit [1847], $K_3Na[SO_4]_2$
HIMMELBAUER 1931
VK: Utzschneider Werk/Königsberg

**Anhydrit [1804],* $CaSO_4$
(Muriazit [1794], Karstenit [1813])
ABBÉ PODA 1794: 228 in: PALACHE et al. 1957, KLAPROTH 1808, geochemische Daten in SPÖTL 1988b
VK: Als dichter Anhydrit gesteinsbildend
Als »Muriazit« (Würfelspat): Wicka Schachtricht/Kaiserberg, Erber-Umbau/Steinberg, Ferdinandsberg-Hauptstollen, Menz Werk/Steinberg, Spon Werk Königsberg.
Als blättriger »Karstenit«: Franz Werk/Königsberg, Stoß Werk/Königsberg, Kripp Schurf/Königsberg-Kaiserberg, Alte Thorer Schachtricht/Mitterberg

Coelestin [1798], S_rSO_4
HAIDINGER 1848
VK: unbekannt; Zweitfund im Kaiserberg-Hauptstollen (SPÖTL 1988b)

D'Ansit [1958], $Na_{21}Mg[Cl_3/(SO_4)_{10}]$
GÖRGEY 1909 (als unbekannte Mineralphase)
VK: Utzschneider Werk/Königsberg

Kieserit [1861], $MgSO_4 \cdot H_2O$
FOULLON 1889
VK: Als Zerfallsprodukt z. B. im Utzschneider Werk/Königsberg

**Epsomit [1806],* $MgSO_4 \cdot 7\ H_2O$
(Bittersalz [1721])
LIEBENER & VORHAUSER 1852
VK: Als Effloreszenz und Hydratationsprodukt häufig

Löweit [1846], $Na_{12}Mg_7[SO_4]_{13} \cdot 15\ H_2O$
ZEPHAROVICH 1859
VK: Utzschneider Werk/Königsberg

**Astrakanit [1842],* $Na_2Mg[SO_4]_2 \cdot 4\ H_2O$
(Blödit [1811])
LIEBENER & VORHAUSER 1852, Analysen in FOULLON 1889
VK: Utzschneider Werk/Königsberg, Metternich Schurf/Mitterberg-Steinberg, Schmidt Schurf/Wasserberg-Mitterberg, Stoß Werk/Königsberg

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

Schönit [1866], $K_2Mg[SO_4]_2 \cdot 6\ H_2O$
(Pikromerit [1855])
GÖRGEY 1909
VK: Utzschneider Werk/Königsberg

Polyhalit [1818], $K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \cdot 2\ H_2O$
LIEBENER & VORHAUSER 1852; naßchemische Analyse in AIGNER 1892: 205.
VK: Utzschneider Werk/Königsberg, Schmidt Schurf/Wasserberg-Mitterberg

Mirabilit [1845], $Na_2SO_4 \cdot 10\ H_2O$
(Glaubersalz [1658])
KARG 1808
VK: ? Utzschneider Werk/Königsberg

**Gips [315 v. Chr.],* $CaSO_4 \cdot 2\ H_2O$
(Selenit [1747], Frauenеis [um 1780])
SPERGS 1754
VK: Als dichter Gips (Hydratationsprodukt des Anhydrits) gesteinsbildend
Als Selenit-Kristalle (häufig Schwalbenschwanz-Zwillinge nach a(100) im Ruml Werk/Steinberg, Arbesser Werk/Mitterberg, Stachelburg Werk/Steinberg, Korinsky Werk/Kaiserberg
Als »Frauenеis« (ähnlich Marienglas) in der Kolowrat Schachtricht/Oberberg, Korinsky Pütte/Kaiserberg, Zacher Schachtricht/Steinberg

6) PHOSPHATE

Apatit [1786], $Ca_5[(F, OH)/(PO_4)_3]$
KOPF 1841
VK: Herrenbau Schachtricht/Mitterberg

Man erkennt aus der Aufstellung deutlich, daß der Haller Salzberg bereits kurz nach Entstehen der mineralogischen Arbeitsrichtung (Ende des 18. Jahrhunderts) gründlich untersucht worden ist und in alten mineralogischen Hand- und Lehrbüchern eine häufig wiederkehrende Fundlokalität darstellt.
Besonders hingewiesen werden soll auf die Tatsache, daß das wichtige Mineral Anhydrit unter der lange Zeit gleichwertigen Bezeichnung Muriazit weltweit überhaupt das erste Mal 1794 von ABBÉ PODA (in Fichtels Mineralogischen Aufsätzen, Wien) vom Haller Salzberg beschrieben worden ist, und dieser somit eigentlich als der locus typicus anzusehen wäre (PALACHE et al. 1957: 424).
Auch das seltene Na-Mg-Sulfatmineral D'Ansit wurde international erstmals aus dem Utzschneider Werk von GÖRGEY 1909: 341 detailliert als unbekannte Mineralphase beschrieben und analysiert. Die Namensgebung zu Ehren von Prof. Jean D'Ans/Berlin erfolgte erst 1958 nach dem experimentellen Nachweis durch AUTENRIETH & BRAUNE. Kristallographische Bestimmungen führte STRUNZ 1958 durch. Der Vollständigkeit halber sei noch das Kuriosum erwähnt, daß der Magnesit im Haller Salzberg im Jahre 1838 von LEVY (S. 124) als neues Mineral »Hallit« beschrieben wurde; ein Begriff, der sich allerdings nicht durchsetzte.

©Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

6. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Zusammenfassend seien abschließend jene Punkte aufgeführt, die aus geowissenschaftlicher Sicht für den Haller Salzberg besonders kennzeichnend sind bzw. die ihn unter Erdwissenschaftlern bekannt gemacht haben.

(1) Er stellt das westlichste bekannte Salzvorkommen in den Nördlichen Kalkalpen dar.

(2) Die Tatsache, daß es sich um den ärmsten ostalpinen Salzbergbau handelte, war gewiß der treibende Anlaß, sich bereits frühzeitig mit der Geologie der Lagerstätte zu befassen (vgl. »Bergbeschreibungen« der Haller Bergmeister ab der Mitte des 16. Jahrhunderts).

(3) Der Formationsbegriff »Haselgebirge« — auch außerhalb der Ostalpen für siliziklastisch-evaporitische Mischgesteine in Verwendung (vgl. SONNENFELD 1984) — tritt nachweislich das erste Mal 1598 in Akten des Haller Salzbergbaues auf und dürfte somit ostalpenweit wohl zu den ältesten stratigraphischen Begriffen gehören (vgl. TOLLMANN 1986).

(4) Weltweite Erstbestimmung des Minerals Anhydrit im Haller Salzberg 1794.

(5) Internationale Erstbeschreibung des Minerals $Na_{21}Mg[Cl_3/(SO_4)_{10}]$ durch GÖRGEY 1909. Nachfolgende Benennung als D'Ansit durch AUTENRIETH & BRAUNE 1958.

(6) Das Magnesit/Breunnerit-Vorkommen im Dolomitanhydrit, das zum locus typicus des salinaren »Typus Hall« in der Magnesitgenese wurde (vgl. REDLICH 1909, POHL & SIEGL 1986).

(7) Eine der Schlüsselstellen in der Tektonik des Karwendel Gebirges.

(8) Erste Stillegung eines alpinen Salzbergbaues mit allen damit verbundenen Problemen.

7. DANK

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes danke ich den Herrn Univ.-Prof. H. Mostler (Institut für Geologie und Paläontologie/Universität Innsbruck), Univ.-Prof. R. Palme (Institut für Österreichische und Deutsche Rechtsgeschichte/Universität Innsbruck) und Dipl.-Ing. G. Hattinger (Generaldirektion der Österreichischen Salinen AG/Bad Ischl).

Die vorliegende Arbeit widme ich meinem Vater Hans Spötl/Hall in Tirol in steter Dankbarkeit für die äußerst bereitwillige Unterstützung meines Studiums.

8. LITERATUR

AIGNER, A. (1892): Der Salzbergbau in den österreichischen Alpen. — Berg- u. Hüttenm. Jb., 40, 203-380.

AIGNER, A. (1898): Die Salzbergbaue der Alpen am Ende des neunzehnten Jahrhunderts. — Österr. Z. Berg- und Hüttenwesen 46/6, 69-74; 90-93.

AMBATIELLO, P. & NEY, P. (1983): The Berchtesgaden salt mine. — [in]: SCHNEIDER, H.-J. (ed.): Mineral deposits of the Alps and of the alpine epoch in Europe — Proceedings IV. ISMIDA 1981, 146-154, Berlin (Springer).

AMPFERER, O. (1928): Über die Einfügung der Salzstöcke in den Bau der Nordkalkalpen. — Kali u. verwandte Salze, 22/5, 58-62.

AMPFERER, O. (1941): Bergzerreißungen im Inntalraume. — Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, 150, 87-114.

AMPFERER, O. & OHNESORGE, T. (1924): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Republik Österreich Blatt Innsbruck-Achensee (5047). — 108 S., Wien (Geol. B.-A.).

ANEGG, F. & EBENBICHLER, H. (1956): Der Magnesit im Haller Salzberg. — Unveröff. geol. Meldearbeit Montanuniv. Leoben. 7 S., Leoben.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

ANONYM (1772): Beschreibung des Hallinthallischen Salzberges. — Handschrift TLMF (Nr. F. B. 4169).
AUTENRIETH, H. & BRAUNE, G. (1958): Ein neues Salzmineral, seine Eigenschaften, sein Auftreten und seine Existenzbedingungen im System der Salze ozeanischer Salzablagerungen. — Naturwiss., 45/15, 362—363.
BRANDENSTEIN, M. & SCHROLL, E. (1960): Borgehalte in Magnesiten. — Radex Rundschau, 3, 150—158.
BRANDNER, R. (1984): Meeresspiegelschwankungen und Tektonik in der Trias der NW-Tethys. — Jb. Geol. B.-A., 126/4, 435-475.
ECKART, R.M. (1977): Hydrogeologische Aufnahme des östlichen Karwendels. — Unveröff. geol. Diss. Univ. Innsbruck, 123 S., Innsbruck.
EGG, J. (1920): Das Salzbergwerk Hall i. Tirol. — Unveröff. Manuskript, 42 S., Hall i. T.
EGGER, F. (1949): Aus Halls vergangenen Zeiten. — Hektographiertes Manuskript, Universitätsbibliothek Innsbruck, 886 S. mit 137 S. im Anhang, Hall i. T.
EIGELSREITER, H. & KOMMA, E. (1963): Sedimentvolumen und Wasserkapazität beim Salzbergschlamm (Laist) in Abhängigkeit vom Trocknungszustand. — Fund. balneo-bioclimat., 2, 207—212.
EXEL, R. (1982): Die Mineralien Tirols. Bd. 2. Nordtirol, Vorarlberg und Osttirol. — 199 S., Bozen (Athesia).
FEIGENPUZ DE GRIESSEGG, I.E.O. (1707): Iter per salinas tyrolenses. — Diss. Univ. Innsbruck 106 S. (Doktorvater: P. F. Gaun), Innsbruck (Wagner).
FITZ, O. (1952): Untersuchung der Streckendeformationen im Salzberg von Hall i. T. — Unveröff. geol. Diplomarbeit Montanuniv. Leoben, 17 S., Leoben.
FOULLON, H. v. (1889): Mineralogische und petrographische Notizen. — Jb. Geol. R.-A., 38, 1—33.
FRANZ, L. (1953): Vorgeschichtliche Altertümer um Hall. — Schlern Schriften, 106 (»Haller Buch«, Festschrift zur 650-Jahrfeier der Stadterhebung), 16—19.
FRIEDRICH, O. M. (1959): Zur Genesis der ostalpinen Spatmagnesit-Lagerstätten. — Radex-Rundschau, 1, 393-420.
GASSER, G. (1913): Die Mineralien Tirols einschließlich Vorarlberg und der Hohen Tauern. — 548 S., Innsbruck (Wagner).
GLÜCK, C. (1975): Über die Tonminerale des Haselgebirges. — Unveröff. mineral. Hausarbeit Univ. Salzburg, 26 S., Salzburg.
GÖRGEY, R. (1909): Salzvorkommen aus Hall in Tirol. — Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., 28/4, 334-346.
GÖRGEY, R. (1912): Zur Kenntnis der Kalisalzlager von Wittelsheim im Ober-Elsaß. — Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., 31, 339-468.
GÜNTHER, W. (1972): Die Saline Hall i. Tirol — 700 Jahre Tiroler Salz — 1272—1967. — Leobener Grüne Hefte, 132, 1—97.
HADITSCH, J. G. (1968): Bemerkungen zu einigen Mineralen (Devellin, Bleiglanz, Magnesit) aus der Gips-Anhydrit-Lagerstätte Wienern am Grundlsee, Steiermark. — Archiv f. Lagerstättenforsch. Ostalpen, 7, 54—76.
HAIDINGER, W. (1848): Kupferkies und Steinsalz von Hall. — Berichte über die Mitt. v. Freunden d. Naturwiss. in Wien, 4, 415—417.
HEISSEL, G. (1977): Die geologische Neuaufnahme des Karwendelgebirges und seine tektonische Ausdeutung. — Unveröff. geol. Diss. Univ. Innsbruck, 372 S., Innsbruck.
HEISSEL, G. (1978): Karwendel — geologischer Bau und Versuch einer tektonischen Rückformung. — Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 8, 227—288.
HEISSEL, G. (1981): Bericht 1980 über geologische Aufnahmen im Mesozoikum des Karwendelgebirges auf den Blättern 118 Innsbruck und 87 Walchensee sowie den angrenzenden Nachbargebieten. — Verh. Geol. B.-A., 1981, A64—A67.
HIMMELBAUER, A. (1931): Der petrographische Aufbau der österreichischen alpinen Salzlagerstätten, verglichen mit dem Staßfurter Permsalze. — Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, 140, 347—357.
HIRN, J. (1936): Erzherzog Maximilian der Deutschmeister — Regent von Tirol. Bd. II., 628 S. — Bozen (Athesia; unveränderter Nachdruck 1981).
HOSCHER, M. (1986a): Entwicklung eines Abbaumodells für die Bohrloch-Solegewinnung im alpinen Salzbergbau. — Mitt. Österr. Mineral. Ges., 131, 39—79.
HOSCHER, M. (1986b): Die Aussolung von Kavernen in den alpinen Salzlagerstätten Österreichs. Das Bohr-

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

lochsoleverfahren als die derzeit wirtschaftlichste Möglichkeit. — Berg- und Hüttenm. Monatsh., 131/4, 103—110.
HOSCHER, M. (1987): Entwicklungen auf dem Gebiet der Planung und Steuerung von Abbauprozessen im österreichischen Salzbergbau. — Berg- u. Hüttenm. Monatsh., 132/6, 186—192.
ISSER, M. v. (1886): Der Tiroler Landreim. — Österr. Z. Berg- und Hüttenwesen, 34/35, 569—576.
JOB, C. & MUTSCHLECHNER, G. (1969): Hydrochemische Untersuchungen im Wettersteinkalk und im Hauptdolomit des Karwendelgebirges. — Bericht naturwiss.-med. Vereins Innsbruck, 57 (Festschrift Scheminzky), 19—38.
JOHANNES, W. (1970): Zur Entstehung von Magnesitvorkommen. — N. Jb. Mineral. Abh., 113/3, 274—325.
KARG, J. M. (1808): Nachricht von dem hallinthalischen Salzbergwerke in Tirol. — Efemeriden der Berg- und Hüttenk., 4, 199—244; 357—374.
KIENBERGER, G. (1953): Beiträge zur Geschichte der Stadt Hall. — Schlern Schriften, 106 (»Haller Buch«, Festschrift zur 650-Jahrfeier der Stadterhebung), 100—225.
KIRCHNER, E.C. (1980): Vulkanite aus dem Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen und ihre Metamorphose. — Mitt. österr. geol. Ges., 71/72, 385—396.
KIRNBAUER, F. (1964): Der Tiroler Landreim (1558). — Leobener Grüne Hefte, 75, 1—71.
KLAPROTH, M.H. (1808): Analyse eines dichten Anhydrits und Bitterspathes von Hall in Tyrol. — Leonhard's Taschenbuch f. d. ges. Mineral, 2. 263—265.
KLAUS, W. (1953): Mikrosporen-Stratigraphie der ostalpinen Salzberge. — Verh. Geol. B.-A., 1953/3, 161—175.
KLAUS, W. (1965): Zur Einstufung alpiner Salztone mittels Sporen. — Verh. Geol. B.-A., Sonderh. G. 288—292.
KLINGER, F. (1844): Resultate über die geognostisch-montanistische Bereisung des östlichen Theiles des Unterinnthaler Kreises im Jahre 1843. — Bericht 6. Generalversammlung Geognost.-mont. Vereins, 3—36, Innsbruck.
KOPF, M. (1841): Beschreibung des Salzbergbaues zu Hall in Tyrol. — Karsten und v. Dechen Archiv, 15/2, 1-298.
KRALIK, M., KRUMM, H. & SCHRAMM, J. M. (1987): Low grade and very low grade metamorphism in the Northern Calcareous Alps and in the Greywacke Zone: Illite-crystallinity data and isotopic ages. — [in]: FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 164—178, Wien (Deuticke).
KRUMM, H. (1984): Anchimetamorphose im Anis und Ladin (Trias) der Nördlichen Kalkalpen zwischen Arlberg und Kaisergebirge — ihre Verbreitung und deren baugeschichtliche Bedeutung. — Geol. Rundschau, 73/1, 223—257.
KRUMM, H., PETSCHICK, R. & WOLF, M. (1988): From diagenesis to anchimetamorphism, upper Austroalpine sedimentary cover in Bavaria and Tyrol. — Geodinamica Acta, 2/1, 33—47.
KRUMM, H. & SCHNEIDER, G. (1983): Sedimentpetrographische Hinweise auf gleichzeitige thermische Beeinflussung des Mittel- und Oberostalpinen Anis-Ladin der Kalkkögelgruppe (Tirol, Republik Österreich). — Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 12/14, 297—315.
KÜHN, O. (1962): Autriche. — Lexique Stratigraphique International, 1/8, 646 p., Paris (Centre National de la Recherche Scientifique).
LEITMEIER, H. & SIEGL, W. (1954): Untersuchungen an Magnesiten am Nordrande der Grauwackenzone Salzburgs und ihre Bedeutung für die Entstehung der Spatmagnesite der Ostalpen. — Berg- u. Hüttenm. Monatsh., 99/11, 201—208; 99/12, 221—235.
LESKO, I. (1972): Über die Bildung von Magnesitlagerstätten. — Mineral. Deposita, 7, 61—72.
LEVY, A. (1838): Description d'une collection de minéraux etc., vol. I, Londres.
LIEBENER, L. & VORHAUSER, J. (1852): Die Mineralien Tirols. — 303 S., Innsbruck (Wagner).
LINDNER, F. (1812): Beschreibung des Königlich Bayerischen Salzbergwerks zu Hall in Tyroll. — Handschrift, 87 S.
MILLER VON HAUENFELS, A. (1853): Der süddeutsche Salzbergbau. — Jb. k. k. Montan-Lehranstalt Leoben, 3, 15—160.
MOJSISOVICS, E. v. (1869): Bericht über die im Sommer 1868 durch die IV. Section der k.k. geologischen Reichsanstalt ausgeführte Untersuchung der alpinen Salzlagerstätten. — Jb. Geol. R.-A., 19, 151—173.
NEUMAYR, M. (1871): Vom Haller Salzberg. — Verh. Geol. R.-A., 1871, 306—307.
NIEDERMAYR, G., SCHERIAU—NIEDERMAYR, E., BERAN, A. & SEEMANN, R. (1981): Magnesit im Perm und Skyth der Ostalpen und seine petrogenetische Bedeutung. — Verh. Geol. B.-A. 1981/2, 109—131.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

NOWY, W. & LEIN, R. (1984): Zur Geologie des Bosruck-Autobahntunnels (Pyhrnautobahn, Österreich). — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 30/31, 45—94.
PAK, E. (1974): Schwefelisotopenuntersuchungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik I. — Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 111, 166—174.
PAK, E. (1982): Schwefelisotopenuntersuchungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik III. — Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 118, 187—199.
PAK, E. & SCHAUBERGER, O. (1981): Die geologische Datierung der ostalpinen Salzlagerstätten mittels Schwefelisotopenuntersuchungen. — Verh. Geol. B.-A., 1981/2, 185—192.
PALACHE, C., BERMAN, H. & FRONDEL, C. (1957): Dana's system of mineralogy. Vol. II, 7th edition, 1124 p., New York (J. Wiley & Sons).
PALME, R. (1973): Die rechtlichen Verhältnisse beim Entstehen der Saline und des Bergwerkes Hall in Tirol. — Bericht 12. Österr. Historikertag Bregenz 1973, 3—11.
PALME, R. (1975): Die Anfänge der Holzbeschaffung für die Saline und das Bergwerk Hall in Tirol. — Centralbl. ges. Forstwesen, 92/3, 138—162.
PALME, R. (1981): Geschichte des Salzbergbaues und der Saline Hall. — [in]: GRASS, N. & HOCHENEGG, H. (Hrsg.): Stadtbuch Hall in Tirol, 67—91, Innsbruck (Steiger).
PALME, R. (1983): Rechts-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte der inneralpinen Salzwerke bis zu deren Monopolisierung. — Rechtshist. Reihe, 25, 543 S., Frankfurt a. M. (Lang).
PALME, R. (1986): Einflüsse der sich wandelnden Salzgewinnungstechnik auf Salzberg- und Salinenordnungen des späten Mittelalters und der frühen Neuzeit. — Technikgeschichte, 53/1, 1—26.
PETRASCHECK, W. (1932): Die Magnesite und Siderite der Alpen. Vergleichende Lagerstättenstudien. — Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. 1, 141, 195—242.
PICHLER, A. (1857): Zur Geognosie der Tyroler Alpen. — N. Jb. Mineral, Geognosie, Geol. u. Petrefaktenkunde, 1857, 689—695.
PICHLER, A. (1859): Beiträge zur Geognosie Tirols. Aus dem Inn- und Wipptale. — Z. Ferdinandeum f. Tirol u. Vorarlberg, 3. Folge, 8, 137—232.
PLANK, R. (1932): Salzbergbau Hall in Tirol. — Unveröff. Manuskript, 53 S.
POHL, W. & SIEGL, W. (1986): Sediment-hosted magnesite deposits. — [in]: WOLF, K. H. (ed.): Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. — Vol. 14, 223—310, Amsterdam (Elsevier).
PRINZINGER, H. (1855): Geologische Notizen aus der Umgebung des Salzbergwerkes zu Hall in Tirol. — Jb. Geol. R.-A., 6, 328—350.
PRUCKNER, J. B. (1802): Beschreibung des Salzbergs in Hall. — Handschrift TLMF (Nr. F.B. 4091), 169 S.
RAMDOHR, P. & STRUNZ, H. (1980): Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. — 16. Aufl., 876 S., Stuttgart (Enke).
RASSENBERG, N. (1980): Hall in Tirol. Mineralien und Bergbaugeschichte einer alpinen Salzlagerstätte. — Lapis, 5/12, 18—28.
REDLICH, K. A. (1909): Die Typen der Magnesitlagerstätten. — Z. prakt. Geol., 17, 300—310.
REINOLD, P. (1965): Beitrag zur Geochemie der ostalpinen Salzlagerstätten. — Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., 10, 505—527.
REISENBICHLER, H. (1965): Verhalten der alpinen Salztone im Salzlösebetrieb. — Unveröff. Studie Forschungs- u. Versuchsabt. Österr. Salinen, Hallein.
RUSCHA, J. (1976): Die Strontiumgehalte der Anhydrite und Gipse aus dem Salinar der Hallstätter Zone. — Unveröff. mineral. Hausarbeit Univ. Salzburg, 41 S., Salzburg.
SANDBERGER, F. (1869): Über Skleroklas von Hall in Tirol. — Verh. Geol. R.-A., 1869/2, 21—22.
SCHAUBERGER, O. (1931): Die Fließstrukturen im Hallstätter Salzlager. — Berg- u. Hüttenm. Jb., 79/1, 27—89.
SCHAUBERGER, O. (1935): Über das Vorkommen eines lichtempfindlichen gelben Steinsalzes im Haller Salzberg. — Berg- u. Hüttenm. Jb., 83, 115—117.
SCHAUBERGER, O. (1949): Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. — Berg- u. Hüttenm. Monatsh., 94/3, 46—56.
SCHAUBERGER, O. (1950): Gebirgsdruckerscheinungen im alpinen Haselgebirge. — Intern. Fachtagung f. Gebirgsdruckfragen im Berg- u. Tunnelbau, Leoben 1950, 138—140, Wien (Urban).
SCHAUBERGER, O. (1956): Über die Gliederung und Entstehung des alpinen Haselgebirges. — Mitt. naturwiss. Arbeitsgemeinschaft Haus der Natur, Salzburg, 7, 15—24.
SCHAUBERGER, O. (1967): Die geologische Kartierung der alpinen Salzlagerstätten und ihre wirtschaftliche Bedeutung für den Salzbergbau. — Berg- u. Hüttenm. Monatsh., 112, 184—190.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

SCHAUBERGER, O. (1968): Lagerstättenbeschreibung des Salzberges Hall i. Tirol. — Unveröff. Manuskript, 17 S., Bad Ischl.
SCHAUBERGER, O. (1979): Die Mineral- und Thermalquellen im Bereich des ostalpinen Salinars zwischen Salzach und Enns. — Schriftenreihe Oberösterr. Musealverein, 9, 1—120.
SCHAUBERGER, O. (1986): Bau und Bildung der Salzlagerstätten des ostalpinen Salinars. — Archiv f. Lagerstättenforschung Geol. B.-A., 7, 217—254.
SCHAUBERGER, O. & KÜHN, R. (1959): Über die Entstehung des alpinen Augensalzes. — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1959/6, 247—259.
SCHAUBERGER, O. & RUESS, H. (1949): Über die Zusammensetzung der alpinen Salztone. — Berg- u. Hüttenm. Monatsh., 96/9, 187—195.
SCHMIDEGG, O. (1951): Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges. — Jb. Geol. B.-A., 94, 159—205.
SCHMIDEGG, O. (1952): Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges. — Verh. Geol. B.-A., Sonderh. C, 1—5.
SCHMIDT, A.R. (1824): Petrographische Karten über die Bergabtheilungen des Salzberges zu Hall in Tirol. — Unveröff. 7 Detailblätter, Hall i. T.
SCHMIDT, A. R. (1874a): Die Quellen-Salinen bei Hall und Thaur vor Entdeckung des dortigen Salzberges. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwesen, 22/11, 93—95; 105—106; 113—114.
SCHMIDT, A. R. (1874b): Beiträge zur Geschichte des Salzberges bei Hall in Tirol. — Österr. Z. Berg- u. Hüttenwesen, 22/29, 269—283; 311—314.
SCHMIDT, A. R. (1874c): Über die Beschaffenheit und den bisherigen Aufschluß der Salzlagerstätte zu Hall in Tirol. — Z. Berg- u. Hüttenm. Vereins in Klagenfurt, 7/8, 103—112, 141—144, 175—178, 209—216, 240—245.
SCHMIDT, W. J. (1955): Untersuchungen an dem zu Abdämmen verwendeten Laist (Rückstandston) des Ischler Salzberges. — Jb. Oberösterr. Musealvereins, 100, 363—371.
SCHÖNHERR, D. (1882): Über die zwei Erztafeln vom Salzberge zu Hall. — Mitt. k. k. Central-Commission Erforsch. Erhaltung Kunst- u. hist. Denkmale, 8, 54—56.
SCHROLL, E. (1961): Über das Vorkommen von Magnesit in alpinen Salzlagerstätten. — Radex-Rundschau, 5, 704-707.
SCHROLL, E., PAPESCH, W. & DOLEZEL, P. (1986): Beitrag der C- und O-Isotopenanalyse zur Genese ostalpiner Sideritvorkommen. — Mitt. österr. geol. Ges., 78, 181—191.
SCHWIND, F. v. (1870): Der Abbau unreiner Salzlagerstätten. — Berg- u. Hüttenm. Jb., 19, 81—169.
SEIDL, E. (1927): Die Salzstöcke des deutschen (germanischen) und des Alpen Permsalz Gebietes; ein allgemein wissenschaftliches Problem. — Kali u. verwandte Salze, 21, 1—71.
SENGER, W. v. (1821): Versuch einer Oryctographie der gefürsteten Grafschaft Tirol. — Innsbruck (Wagner).
SIMON, M. (1914): Über Sodaefflorescenzen im Haller Salzberg und ihre Genese. — N. Jb. Mineral., 1, 1—14.
SONNENFELD, P. (1984): Brines and evaporites. — 613 S., Orlando (Academic Press).
SPERGS, J. v. (1754): Beschreibung des Salzberges zu Hall. — Handschrift, 28 S., TLMF Nr. Dipl. 1324, Bibliotheca Tirolensis TOM CXCIV.
SPÖTL, C. (1987): Sedimentologisch-fazielle und geochemische Untersuchungen am permoskythischen Salinar der Nördlichen Kalkalpen. — Unveröff. geol. Diplomarbeit Univ. Innsbruck, 130 S., Innsbruck.
SPÖTL, C. (1988a): Zur Altersstellung permoskythischer Gipse im Raum des östlichen Karwendelgebirges (Tirol). — Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 14/9, 197—212.
SPÖTL, C. (1988b): Evaporitische Fazies der Reichenhaller Fm. (Skyth/Anis) im Haller Salzberg (Tirol). — Jb. Geol. B.-A., 131/1, 153—168.
SPÖTL, C. (1988c): Sedimentologisch-fazielle Analyse tektonisierter Evaporitserien — eine Fallstudie am Beispiel des Alpinen Haselgebirges (Permoskyth, Nördliche Kalkalpen). — Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 15, 59—69.
SPÖTL, C. (1989): Complex zoning and resorption in breunnerite from Hall in Tyrol, Austria: evidence from back-scattered electron microscopy. — Mineral. Petrol., 40, 225—233.
STERZINGER, N. (1757): Ursprung und ächte Eigenschaften des Hall-Innthalischen Kochsalzes. — 26 S., Innsbruck (Wagner).
STINGL, V. (1989): Marginal marine sedimentation in the basal Alpine Buntsandstein (Scythian) in the western part of the Northern Calcareous Alps (Tyrol/Salzburg, Austria). — Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 72, 249—262.

© Tiroler Landesmuseum Ferdinandeum, Innsbruck download unter www.biologiezentrum.at

STRASSER, S. (1690): Ausfierliche Beschreibung über die hochlöbliche von Gott gesegnete Gottesgab des Kayserlichen Salzpergs bei Hall. — Handschrift TLMF Nr. F. B. 4162, 324 S.
STROMEYER, F. (1827): Über die chemische Analyse des Magnesitspates. — Z. f. Mineral, 1827, 465—469.
STRUNZ, H. (1958): Kristallographie von D'Ansit, ein auf marin-sedimentären Lagerstätten zu erwartendes Salz. — N. Jb. Mineral. Monatsh., 1958/8, 152—155.
STRUNZ, H. (1966): Mineralogische Tabellen. — 4. Aufl., 560 S., Leipzig (Akad. Verlagsges. Geest & Portig).
THOMANEK, K. (1980): Salzgewinnung in Österreich. — [in]: COOGAN, A. H. & HAUBER, L. (eds.): 5th Symposium on salt, Hamburg 1979, vol. 2, 171—182, Cleveland (Northern Ohio Geol. Soc.).
TOLLMANN, A. (1976a): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. — Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Bd. 2, 580 S., Wien (Deuticke).
TOLLMANN, A. (1976b): Der Bau der Nördlichen Kalkalpen. — Monographie der Nördlichen Kalkalpen Bd. 3, 449 S., Wien (Deuticke).
TOLLMANN, A. (1986): Geologie von Österreich. Bd. 3. — 718 S., Wien (Deuticke).
TRONER, A. (1563): Particular beschreibung yber den Salzperg zw Hall im Inntal. — Handschrift TLMF (Nr. F. B. 42168), 78 S.
ZEPHAROVICH, V. v. (1859): Mineralogisches Lexikon für das Kaiserthum Österreich, 1. Bd., 627 S., Wien (Braumüller).
ZÖSMAIR, J. (1910): Zeit der Entdeckung und älteste Geschichte des Haller Salzbergwerkes. — Z. Ferdinandeum, 54, 283—335.

Anschrift des Verfassers:
Mag. Christoph Spötl
Hubelmattstraße 56
CH-3007 Bern

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Veröffentlichungen des Tiroler Landesmuseums Ferdinandeum

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: 69

Autor(en)/Author(s): Spötl Christoph

Artikel/Article: Die Salzlagerstätte von Hall in Tirol - ein Überblick über den Stand der geologischen Erforschung des 700jährigen Bergbaubetriebes. 137-167