Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, ISSN 9378–6870, Bd. 15 , S. 59–69, 1988

SEDIMENTOLOGISCH-FAZIELLE ANALYSE TEKTONISIERTER EVAPORITSERIEN - EINE FALLSTUDIE AM BEISPIEL DES ALPINEN HASELGEBIRGES (PERMOSKYTH, NÖRDLICHE KALKALPEN)*

Ch. Spötl, Bern

Mit 7 Abbildungen

Zusammenfassung: Aus dem permoskythischen Salinar der Nördlichen Kalkalpen Österreichs (Alpine Haselgebirge Fm., Reichenhall Fm. partim) werden primär-sedimentäre Faziesentwicklungen beschrieben und schwefelisotopengeochemisch datiert. Der volumsmäßig überwiegende Oberperm-Anteil (Alpine Haselgebirge Fm.), gekennzeichnet durch ∂^{34}S-Werte von + 11.6‰ CDT (Mittel aus 179 Proben), wurde in einem E-W-streichenden Tethys-Grabenbruch unter größtenteils extrem seichten bis supratidalen Bedingungen sedimentiert. Der oberskythisch bis tiefanisische Anteil (Reichenhall Fm.) entstammt einem karbonatisch-evaporitischen Flachstwasserbereich, dessen marine Sulfate die weltweit hohen ∂^{34}S-Signale von + 25.3‰ CDT besitzen (Mittel aus 44 Proben).
Es wird die generelle Problematik eines derart tektonisierten Evaporitkomplexes aufgezeigt und offene Fragestellungen diskutiert.

Abstract: The Alpine Haselgebirge Fm. constitutes a wide-spread evaporite horizon at the base of the Northern Calcareous Alps (Austria). S-isotope and palynological data point to an Upper Permian and locally Upper Scythian age. According to illite-crystallinity measurements and metamorphic index minerals (in accompanying volcanics) the whole rock suite (composed of shales, silt/sandstones, carbonates, anhydrites/polyhalites, halite, scarce potash salts and basic volcanics) endured very low grade metamorphic overprint (reaching low grade metamorphic rank in the southernmost parts) during Cretaceous time.
Due to its high percentage of incompetent rocks the Alpine Haselgebirge Fm. acted as one of the main detachment horizons in the course of the Alpidic orogeny (commencing with large-scale Upper Jurassic gravitational sliding processes). The present status of these sediments is characterized by a highly tectonized appearance: Brecciated siliciclastic, evaporitic and volcanic components float in an argillaceous halite-bearing matrix. A sedimentary origin of the Haselgebirge-texture and structure can be ruled out because transitional stages between almost undisturbed sediments and highly deformed and tectonized areas could be observed.
Investigations in the salt mines of Hall (abandoned 1967), Hallein and Hallstatt (both under production since the Iron Age) revealed undisturbed m-sized sections inside the tectonite complex, bordered by faults which have been studied in detail. S-isotope measurements of intercalated sulfates (anhydrite, gypsum, polyhalite) permit a stratigraphic differentiation of an Upper Permian and Upper Scythian evaporitic phase.
On the basis of a few dozens of sections a first evaluation of the depositional environment of the Alpine Haselgebirge Fm. can be given.
Upper Permian siliciclastics and evaporites:
During Upper Permian time an approximately E-W-trending rift-system was invaded by the Tethys ocean from SE. Subtidal up to supratidal marine conditions prevailed during deposition of siliciclastic sediments grading up into anhydrites and halite beds (Alpine Haselgebirge Fm.). Alluvial fans, flood plains and playas (Präbichl Fm., Mitterberg Fm., "Alpine Verrucano Fm.") engulfed the graben to the north, west and south. Sulfate and chloride precipitation was repeatedly interrupted by mud and sand flat sediments during stages of high continental meteoric water charge.
Upper Scythian carbonates and evaporites:
During Lower and Middle Scythian time shallow marine subtidal and intertidal siliciclastic sedimentation of the Werfen Fm. prevailed in most parts of the Northern Calcareous Alps (except in the westernmost part, where the fluvial Buntsandsteinregime dominated). Due to a Tethys-wide regressional event in the Upper Scythian hypersaline conditions developed which led to gypsum and halite sedimentation in sabkha- and salina-like settings (Alpine Haselgebirge Fm. partim, Reichenhall Fm.). Rauhwackes, collapse-breccias and vuggy dolomites (containing a low-diversity fauna) in evaporite-free areas can be correlated throughout all Eastalpine tectonic units.

* Vortrag, gehalten beim Informationstreffen österreichischer Sedimentologen in Innsbruck, am 30.4.1988

1. Einleitung und Begriffsfassung

Die Alpine-Haselgebirge-Fm. repräsentiert die Salinarfazies des oberen Perm und lokal des oberen Skyth der Nördlichen Kalkalpen (s.Abb.1). Sie stellt den Hauptabscherungshorizont zwischen der Nördlichen Grauwackenzone und den auflagernden Kalkalpen dar, sodaß diese Gesteine (Silt- und Tonsteine, spärliche Sandsteine, Anhydrite, Karbonate, Halit mit reliktischen K-Mg-Salzen, sowie vereinzelte Magmatite) eine enorme alpidische Deformation erfahren haben. Während das Steinsalz als hochmobiles Medium intensiv fluidaltektonisch überprägt wurde, reagierten die übrigen Lithologien kompetent durch Zerbrechen und Rotieren. Das Produkt dieses deckentektonisch induzierten strains, das sogenannte Haselgebirge, stellt somit einen penetrativ tektonisierten Evaporittyp dar, der in analoger Weise auch in anderen Orogengebieten angetroffen wird (z.B. "Zuber" der Karpaten (SONNENFELD, 1984: 373), Diapire im marokkanischen Atlas (KULKE, 1978: 63) und in den Pyrenäen (BRINKMANN & LÖGTERS, 1968: 283) Spaniens).

Der Begriff "Haselgebirge", dessen Etymologie nicht geklärt ist (vgl. KÜHN, 1962: 197, TOLLMANN, 1986: 413), steht seit etwa der Mitte des 18. Jh. bei Geologen in allgemeiner Verwendung (STERZINGER, 1757: 5, SANDERS, 1784 in: VOGEL, 1908: 548, REUSS, 1798, etc.) und wurde bislang als relativ junge Begriffsprägung von geologischer Seite her erachtet (nicht bergmännischen Ursprungs - vgl. SCHAUBERGER, 1956, 15, fehlt ferner in der etymologischen Zusammenstellung von PATOCKA, 1987). Diese, bereits von KÜHN, 1962: 197 angezweifelte Auffassung konnte nunmehr - zumindest für den Tiroler Raum - eindeutig widerlegt werden (SPÖTL, 1987a): Der Bergmannsbegriff taucht nämlich bereits im Jahre 1598 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 Haselgebirg angetroffen."

(Zitat in: HIRN, 1936: 100, Fußnote). Der sehr ausführliche Tiroler Landreim von G. Rösch v. Geroldshausen (1558) beschreibt zwar auch den Haller Salzberg, erwähnt jedoch nicht den Begriff "Haselgebirge" (vgl. ISSER, 1886: 572). Außerdem scheint dieser Terminus noch das ganze Mittelalter hindurch in alten Urkunden nicht auf (frdl. schriftl. Mitt. Univ.-Prof. Dr. R. Palme/Universität Innsbruck).
Weitere Angaben zur geologischen Erforschungsgeschichte sind Abb.2 zu entnehmen.

Nachdem dieser Terminus seit geraumer Zeit auch für außeralpine Evaporite und klastisch-evaporitische Mischgesteine verschiedener Genese verwendet worden war (Abb.3), erscheint es angebracht, die permoskythische Salinarfazies der Nördlichen Kalkalpen als "Alpine Haselgebirge Fm." zu fassen und sie gemäß ÖNORM G 1043 (1985) zu definieren. Vor der Übertragung dieses Terminus ohne genaue Kenntnis der Typlokalitäten (locus typicus lt. KÜHN, 1962: 198 der Hallstätter Salzberg) ist prinzipielle Vorsicht angebracht (cf. SONNENFELD, 1984: 373). Ferner müßte konsequenterweise für sicher datierte Evaporite des höheren Skyth die durch MOJSISOVICS, 1868: 225 eingeführte Bezeichung Reichenhaller Schichten bzw. Fm. benützt werden (TOLLMANN, 1985: 23); ein Postulat, das beim derzeitigen Kenntnisstand noch keineswegs befriedigend erfüllt werden kann (vgl. Grausalzgebirge - PAK & SCHAUBERGER, 1981).

2. Stratigraphische Stellung

Mit den derzeit zur Verfügung stehenden Methoden (Palynologie, S-Isotopendatierung) kann mit Sicherheit lediglich ein oberpermischer, halitführender Anteil von einem lokal vorhandenen, geringermächtigen oberskythischen (bis unterstanisischen), häufig karbonatischen Bereich abgetrennt werden (vgl. Abb.5). Gerade aber innerhalb der Salzbergbaue ist eine durchgehende Auskartierung auf Grund der Salztektonik kaum zweifelsfrei möglich (Kartierungsparameter in SCHAUBERGER, 1949). Der "stratigraphische" Gliederungsversuch (SCHAUBERGER, 1949, 1986) ist leider über eine zwar abbautechnisch interessante, geologisch jedoch kaum umsetzbare, stark subjektive Klassifikation nicht hinausgekommen.

Da das permoskythische Salinar der Nördlichen Kalkalpen eine mehrphasige Deformationsgeschichte, sowie eine sehr schwache bis lokal schwache Regionalmetamorphose erfahren hat (Abb.4), stellte sich die Frage, inwieweit innerhalb dieses Tektonitkomplexes primär-sedimentäre Abfolgen erhalten geblieben sind, die vielleicht einen ersten ungestörten Einblick in die Sedimentationsgeschichte dieser Evaporite erlauben.

Untersuchungen in den Salzbergbauen von Hall in Tirol (stillgelegt 1967), Dürrnberg/Hallein (Stillegung Ende 1988) und Hallstatt ergaben, daß sehr wohl in allseits tektonisch begrenzten Schollen (Meter- bis Dekameterbereich) siliziklastische, karbonatische und sulfatische Sequenzen erhalten geblieben sind (SPÖTL, 1987a), die somit die ersten Profile aus dem Alpinen Haselgebirgs-Komplex darstellen. Das eigentliche Steinsalz wurde hingegen auf Grund seiner penetrativen fluidaltektonischen Überprägung von einer sedimentologischen Analyse ausgeklammert.

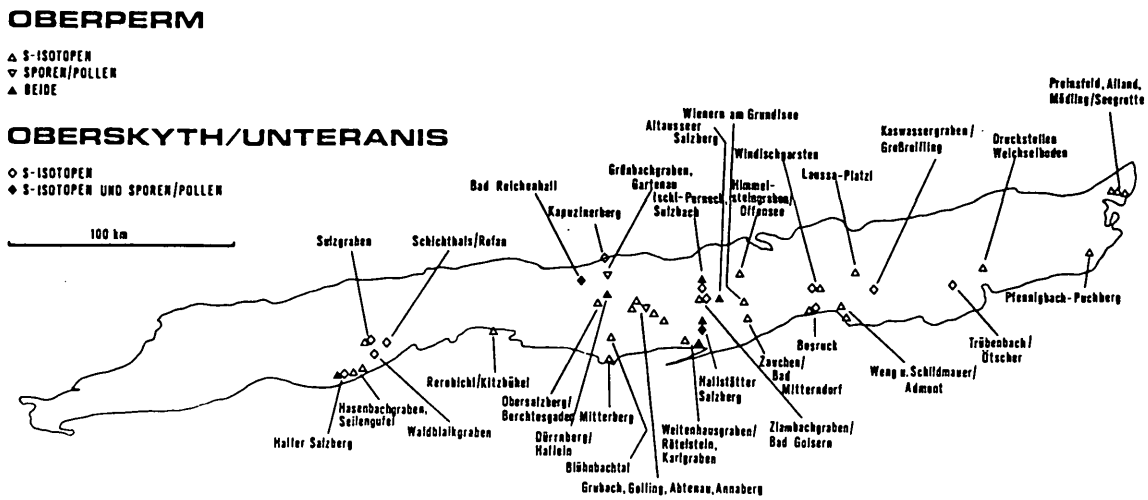

Abb.1:

Übersicht der bislang veröffentlichten Altersdatierungen permoskythischer Salinaraufschlüsse im Raum der Nördlichen Kalkalpen. Die Schwefelisotopenwerte beruhen auf Gips-, Anhydrit- oder Polyhalitproben, die (mit Ausnahme von zwei) alle am Institut für Radiumforschung und Kernphysik in Wien (Analytiker: E. Pak) gemessen wurden und folgenden Quellen entnommen sind: HOLSER & KAPLAN, 1966, KLAUS & PAK, 1974, PAK, 1974, 1978, 1982, GÖTZINGER & PAK, 1983, NIEDERMAYR, 1987, NIEDERMAYR et al., 1981, SPÖTL, 1988a-c. Die palynologischen Befunde (in der Hauptsache Mikrofloren aus Haselgebirgs-Tonsteinen) gehen i.w. auf W. Klaus/Wien zurück und entstammen folgenden Arbeiten: PLÖCHINGER, 1963, 1974 (letztere betrifft resedimentiertes Haselgebirge in Oberalmer Schichten), KLAUS, 1965, SCHAUBERGER et al., 1976, PETRASCHECK et al., 1977, HÄUSLER, 1979. Lediglich von wenigen großen Vorkommen (vor allem den Salzbergbauen) liegt bis dato eine größere Anzahl von Analysen vor, wohingegen viele kleinere Evaporitareale oft nur durch eine einzige S-Isotopenprobe charakterisiert sind. Das vorliegende Bild - 35 Jahre nach Beginn der palynologischen Erforschung des alpinen Salinars und 15 Jahre nach Einführung der massenspektrometrischen S-Isotopenanalyse in Österreich gezeichnet - entspricht somit einem in vieler Hinsicht wenig befriedigenden stratigraphischen Wissensstand, findet jedoch in der Natur des Alpinen Haselgebirges seine Begründung.

Die sedimentologisch bearbeiteten Detailprofile wurden an Hand der begleitenden Anhydritgesteine S-isotopengeochemisch eingestuft (cf. CLAYPOOL et al., 1980, HOLSER, 1984) - vgl. Abb.5.

3. Untersuchungsergebnisse und fazielle Interpretation

Die untersuchten Detailprofile wurden verschiedenen Faziesräumen im Permoskyth zugeordnet. Die nachstehende Übersicht stellt lediglich eine Art Zwischenergebnis dar, das sich noch wesentlich verfeinern lassen dürfte.

3.1. Siliziklastisch-evaporitische Fazies im Oberperm (Hallstatt, Hallein)

Das Typusprofil dieser präevaporitischen und randlichen Fazies stellt die "Nördliche Einlagerung" im Hallstätter Salzberg dar, die den graduellen Übergang einer flachmarinen/subaërischen red bed-Fazies in ein evaporitisches Milieu mit Anhydritabscheidung dokumentiert (SPÖTL, 1987b). Analoge Entwicklungen wurden auch im Dürrnberg bei Hallein gefunden und durch S-Isotopen eingestuft (SPÖTL, 1988a).

1609	Angeblich älteste Grubenkarte des alpinen Salzbergbaues mit geologischen Eintragungen aus dem Haller Salzberg (SCHAUBERGER, 1967: 185)
1829	Erste detailliertere "Petrographische Grubenkarten vom Haller Salzberg" (handkoloriert, unpubliziert), entworfen von A.R. SCHMIDT
ca. 1800–1860	Früheste geognostische Auseinandersetzung mit dem alpinen Salinar: L. v. BUCH, J.A. SCHULTES, C. KEFERSTEIN, C.L. v. LILIENBACH, F. v. HAUER, A. MILLER v. HAUENFELS u.a.
1868	Erste tektonische Deutung des Alpinen Haselgebirges durch E. v. MOJSISOVICS und Versuch einer Gliederung dieses Komplexes, bezogen auf den Salzbergbau von Altaussee
ca. 1870–1901	Umfangreiche Abhandlungen von A. AIGNER über alle österreichischen Salzbergbaue und konkrete Vorstellungen über deren Genese
1907–1914	Fundamentale mineralogische und petrographische Studien des früh verstorbenen R. GÖRGEY über die Evaporitminerale des Haselgebirges
1927	E. SEIDLs Veröffentlichung über die tektonische Stellung und Genese der alpinen Salzberge (aufbauend auf umfangreichen Untersuchungen zusammen mit R. PLANK). Heftige Diskussion mit den Vertretern der Deckenlehre (O. AMPFERER, E. SPENGLER)
1931	O. SCHAUBERGERs Arbeit über die "Fließstrukturen im Hallstätter Salzberg" (basierend auf seiner Staatsprüfungsarbeit in Leoben aus dem Jahre 1928)
1949	Grundlegendes, noch heute in groben Zügen gültiges Gliederungsschema des Alpinen Haselgebirges von O. SCHAUBERGER
1953–1977	Palynologische Untersuchungen von W. KLAUS, nachdem bereits vor ihm W. PETRASCHECK die prinzipielle Sporen/Pollenführung dieser Evaporite nachweisen konnte
1955	Formulierung der Vorstellung einer sedimentären Genese des Alpinen Haselgebirges durch O. SCHAUBERGER. Aufbauend auf Untersuchungen im Ischler Salzberg kommt jedoch H. MAYRHOFER zur Ansicht einer gänzlich tektonischen Formung des Haselgebirges
1965	Erste grundlegende geochemische Arbeit über die Salzminerale (P. REINOLD)
1949–1972	Strukturgeologische Untersuchungen von W. MEDWENITSCH in den Salzbergbauen von Dürrnberg/Hallein, Ischl und Altaussee
1976 u. 1979	Publikation einer Reihe von Detailarbeiten über das Reichenhaller Becken und Auswertung der 1968-1972 abgeteuften Salzbohrungen (vgl. SCHAUBERGER et al., 1976, EXLER, 1979)
1974–1982	Einsatz der Schwefelisotopenanalyse zur stratigraphischen Einbindung der sulfatischen Evaporitgesteine (E. PAK) und Versuch der Synthese mit der SCHAUBERGERschen Haselgebirgs-Klassifikation (PAK & SCHAUBERGER 1981)
1974–1984	B. PLÖCHINGER erkennt die Bedeutung der Rolle des Alpinen Haselgebirges bei der oberjurassischen/neokomen Gleittektonik: Diapirismus, submariner Durchbruch, Auslaugungsprozesse, Massenbewegungen, Resedimentation
ab 1977	Detaillierte petrologische Erfassung der begleitenden Magmatite und Vulkanite durch E.C. KIRCHNER

Abb.2:

Kompilation wichtiger Etappen der geologischen Erforschung des alpinen permoskythischen Salinars. Lediglich die vollständig zitierten Arbeiten wurden in das Literaturverzeichnis aufgenommen

Oberrotliegend, Zechstein/Aller Serie, Buntsandstein (BRD): RICHTER-BERNBURG, 1955: 594, KENT & WALMSLEY, 1970: 172, GLENNIE, 1972: 1056; vgl. auch TRUSHEIM, 1971: 10

Keuper (Pyrenäen, Spanien): HEMPEL, 1967: 101, PFLUG 1967: 25, STACKELBERG, 1967: 68, BRINKMANN & LÖGTERS, 1968: 283

Keuper (Atlas, Marokko): KULKE, 1978: 63

Permotrias (Großbritannien): SMITH, 1971: 231, ARTHURTON, 1973: 151

Perm (USA): HOLDOWAY, 1978: 36, HANDFORD, 1981: 770

Abb.3:

Verwendung des "Haselgebirge"-Begriffes in der außeralpinen geowissenschaftl. Literatur (auszugsweise)

PROBLEMATIK > ALPINES HASELGEBIRGE <

* Fragliche sedimentäre Gleitmassen (Olisthostrome)
* Halokinese spätestens seit Mittelanis
* Diapirismus und lokaler submariner Durchbruch im Malm/Neokom im Zuge der Gleittektonik
* Penetrative alpidische Deformation im Verlauf der Decken- und Schuppentektonik
* Sehr schwache bis lokal schwache kretazische Metamorphose
* Sterilität der Gesteine (Ausnahme: Palynomorpha)
* Schlechte Aufschlußverhältnisse

Abb.4:

Problemkreis des nordalpinen permoskythischen Salinars

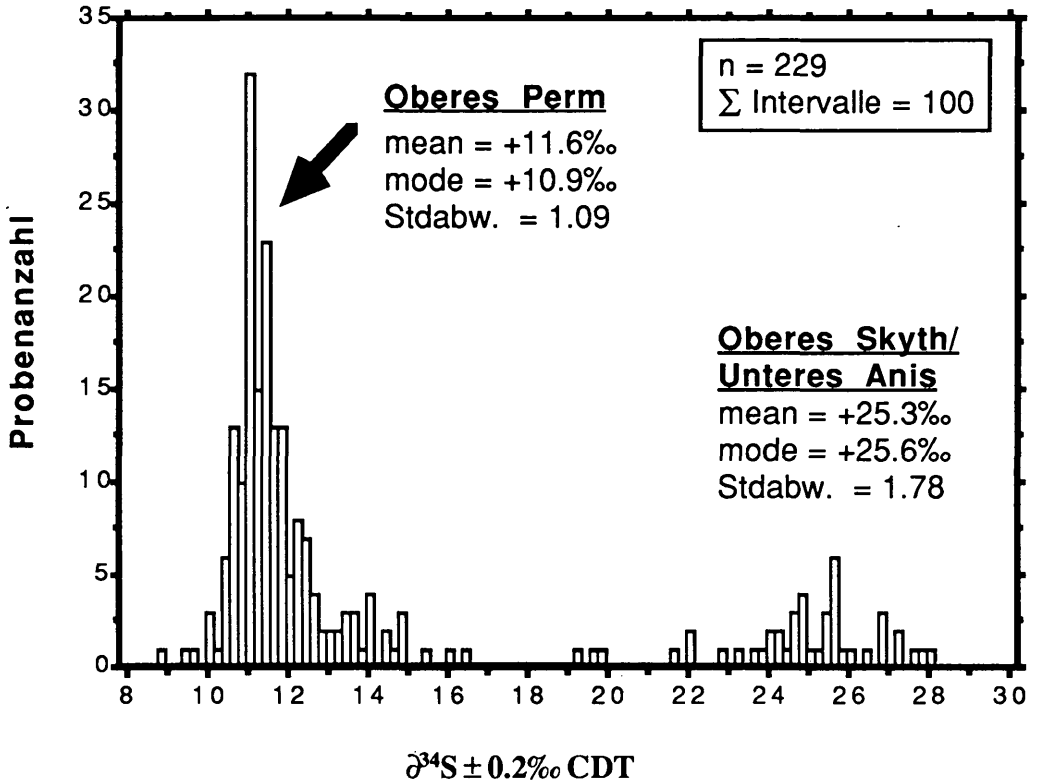

Abb. 5:

Histogramm-Darstellung sämtlicher publizierter S-Isotopendaten aus permoskythischen Evaporiten (Anhydrite, Gipse, Polyhalite) der Nördlichen Kalkalpen (kompiliert aus HOLSER & KAPLAN, 1966, KLAUS & PAK, 1974, PAK, 1974, 1978, 1982, GÖTZINGER & PAK, 1983, NIEDERMAYR, 1987, NIEDERMAYR et al., 1981, SPÖTL, 1988a-c). Die Hauptmasse der Analysen stammt aus dem Alpinen Haselgebirge; daneben wurden auch einige Reichenhaller Sulfate berücksichtigt (z.B. Salzberg von Hall i.T.). Bis auf wenige Ausreißer im Bereich zwischen etwa +15 bis +20‰ entsprechen alle gemessenen Werte sehr gut dem $\partial^{34}S$ des kontemporären Meerwassers (cf. CLAYPOOL et al., 1980). Bei der Berechnung der angeführten statistischen Parameter wurden jeweils die genannten Ausreißer-Proben ausgeklammert. Die im Gegensatz zur beinahe normalverteilten Oberperm-Glockenkurve stark streuenden Untertrias-Messungen können gut mit den weltweit auftretenden, stark schwankenden, hoch positiven ∂-Werten des Skyth/Anis-Grenzbereiches (cf. "Röt-event") in Einklang gebracht werden

Das Typusprofil setzt sich aus einer siltig-tonigen Hintergrundsedimentation zusammen, in die horizontweise Arkose-Schüttungen und dunkle, feingeschichtete Pflanzenreste-führende Lagen eingeschaltet sind. Häufige Karbonatkonkretionen, das Auftreten von Anhydrit als Sandstein-Zement, sowie sie Ausbildung von Anhydritknollen ab der Profilhälfte sprechen für ein hypersalinares Porenwassermilieu.

3.2. Sulfatische Fazies im Oberperm (Hallstatt, Hallein)

Anhydrite und Polyhalite finden sich in regional stark unterschiedlichen Mächtigkeiten, generell jedoch im Bereich starker Halitführung nur untergeordnet (ehemaliger zentraler Grabenbereich, vgl. Abb.7). Die in den Salzbergbauen Dürrnberg/Hallein und Hallstatt untersuchten Detailprofile (Abb.6) zeigen in überwiegenden Maße eine progressiv-evaporitische Entwicklung, die über Magnesit-führenden schwarzen Siltsteinen (reduzierendes Milieu) mit Knollenanhydriten einsetzt und in weiterer Folge "chicken-wire"-Anhydrite und gebänderte bis feingeschichtete Anhydrittypen zeigt (SPÖTL, 1988a). Am vermutlichen Kontakt zum hangenden Halit sind die Profile stets tektonisch amputiert (Abb.6).

3.3. Halitische Fazies im Oberperm (Hall, Hallein, Hallstatt, Bad Ischl, Altaussee)

Die im Zentrum des oberpermischen rift-Systems anzusiedelnde Halitsedimentation (Abb.7) hat die bedeutendsten Deformationen erfahren. Das häufig tonig verunreinigte

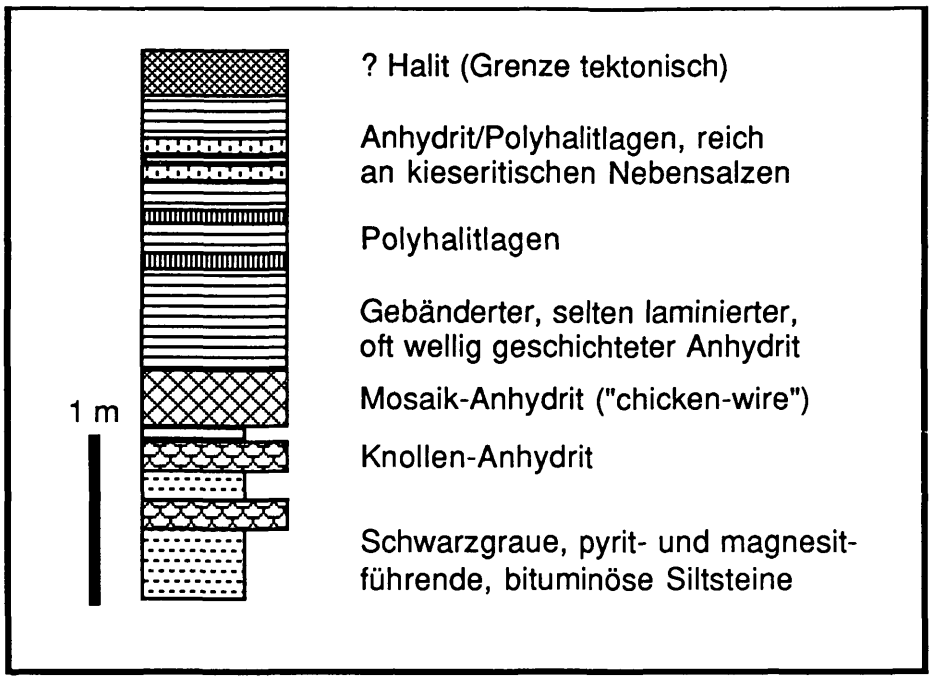

Abb.6:

Typische "shoaling-upward"- Evaporitsequenz aus dem oberpermischen Anteil des Salinars (Salzbergbaue Dürrnberg/Hallein und Hallstatt)

Steinsalz (sog. Kerngebirge) weist Br-Werte von 93-125 ppm (SCHAUBERGER, 1986) und horizontweise reliktische Kalisalze auf (SPIESS, 1985). Lediglich die "hopper"-ähnlichen Halit-Kuben des sog. "Tonwürfelsalzes" (="Kropfsalz") und das anscheinend durch Resedimentation entstandene "Augensalz" (SCHAUBERGER & KÜHN, 1959) können als primär-sedimentäre bzw. -diagenetische Bildungen aufgefaßt werden. Das gesamte übrige Steinsalz ist vollkommen rekristallisiert und hochgradig verformt.

3.4. Karbonatisch-sulfatische Fazies des Oberskyth (Hall i.T., Hallstatt)

Abfolgen dieser Fazies, die - obwohl innerhalb des Haselgebirgs-Komplexes gelegen - konsequenterweise bereits der Reichenhall Fm. zuzurechnen wären, wurden in den Salzbergbauen Hall i.T. und Hallstatt vorgefunden und analysiert (SPÖTL, 1988b). Die charakteristische Beteiligung karbonatischer Sedimente im Wechsel mit Anhydriten spiegelt stark schwankende Salinitätsbedingungen wider, die nur die lokale Existenz einer äußerst salztoleranten Fauna zuließen (Crustaceen, Ostrakoden, Mikrobenmatten). Auffallend ist ferner der bezeichnende Bitumengehalt der schwarzgrauen Dolomite, dolomitischen Kalke und Anhydrite.

4. Genesemodell der permoskythischen Evaporite

Auf Grund des derzeitigen Forschungsstandes erscheint die Annahme eines etwa E-W-streichenden kontinentalen Grabenbruchsystems im Oberperm am wahrscheinlichsten, in das von SE die Tethys ingredierte. Es kam zur Ablagerung feinklastischer und evaporitischer Sedimente (Alpine Haselgebirge Fm., Mitterberger Schichten). Auch das Auftreten basischer bis ultrabasischer Magmatite mit tholeiitischer Affinität in reliktischen Ophiolitsequenzen (KIRCHNER, 1980) fügt sich gut in das Bild eines aborted rifting (Aulakogens), das von kontinental-terrestrischen alluvial fans, flood plains and Playas (Präbichl Fm., "Alpiner Verrucano") eingerahmt wurde - Abb7.

Die Evaporit-Ausscheidung wurde häufig von klastischen Einschwemmungen unterbrochen, was sich heute zum einen im generell hohen unlöslichen Rückstand (z.B.

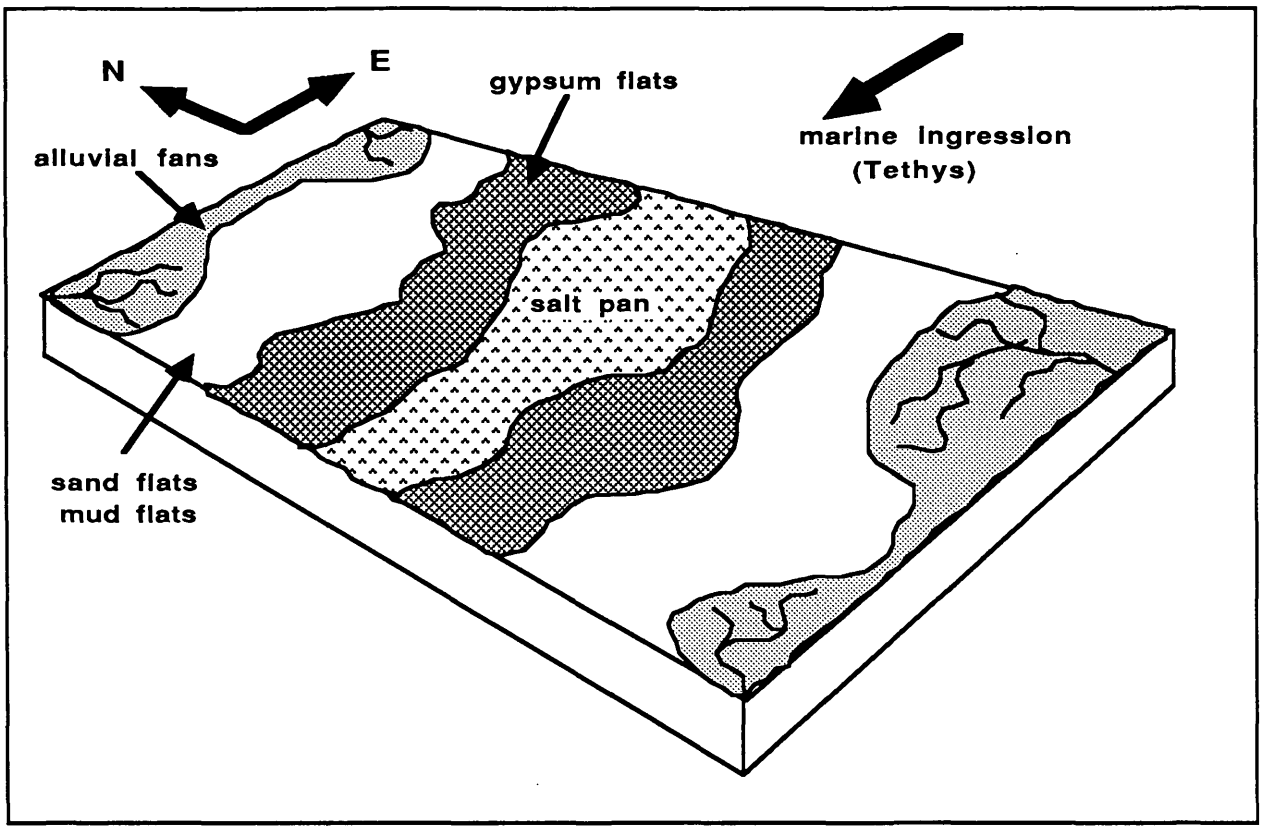

Abb.7:

Versuch einer faziellen Rekonstruktion des Ablagerungsraumes im Oberperm im Bereich des Grabenbruchsystems (in Anlehung an HANDFORD, 1981, PRESLEY, 1987 unter Verwendung der angelsächsischen Faziesbegriffe). Das Modell zeigt das Austrocknungsstadium mit aktiver Halit-Ausfällung im zentralen rift-Bereich (flach subtidal bis subaerisch) und distal anschließenden Sabkha-ähnlichen Ebenen mit sedimentärer bis frühdiagenetischer Bildung sulfatischer Sedimente in einem siliziklastischen Environment

typisches "Kerngebirge" weist 75-90% NaCl auf), zum anderen in der charakteristischen Beteiligung der relativ zu Halit kompetenten, tektonisch zerscherten und ausgewalzten Sand-, Silt- und Tonsteinlagen manifestiert.

Als proximale sand flat/saline mud flat environments müssen die vor allem im West- und Mittelabschnitt der Nördlichen Kalkalpen verbreiteten Mitterberger Schichten aufgefaßt werden. Deren begleitende Evaporite können auf Grund ihrer S-Isotopenzusammensetzung ebenfalls noch eindeutig einem marin beeinflußten Faziesbereich zugeordnet werden (SPÖTL 1988c). Das marine oberpermische Isotopensignal läßt sich lokal, etwa im Gebiet östlich St. Johann i.T. an Hand von Gipsknollen bis in die terrestrischen Playa-Sedimente der Präbichl Fm. verfolgen (frdl. mdl. Mitt. V.Stingl/Innsbruck).

Analoge Faziesentwicklungen, in allerdings tektonisch völlig ungestörter Lagerung wurden jüngst aus dem höheren Perm von Texas eingehend beschrieben (HANDFORD, 1981, FRACASSO & HOVORKA, 1986, PRESLEY, 1987, HOVORKA, 1987, NANCE, 1988).

Die marin-evaporitische Sedimentation wurde ab der Perm/Trias Grenze durch die großräumige Transgression des Werfener Flachmeeres abgelöst, die im Mittel- und Ostabschnitt der Nördlichen Kalkalpen fast das gesamte Skyth einnimmt (MOSTLER & ROSSNER, 1984, BRANDNER et al., 1984). Im Hangenden der Werfener Schichten kam es im Skyth/Anis-Grenzbereich zu einer evaporitischen Rekurrenzphase, die sich durch die weit verbreiteten Reichenhaller Rauhwacken und isotopenchemisch datierbaren Gipse und Anhydrite (+ Steinsalz ?) belegen läßt. Diese Evaporite unterscheiden sich lithologisch von deren permischen Äquivalenten, indem sie häufig mit Karbonaten wechsellagern und einen wesentlich geringeren terrigenen Anteil aufweisen.

5. Ausblick und offene Probleme

Jahrzehntelang hatte der "1-Mann-Betrieb" O.Schauberger (mit wenigen Helfern) die geologische Knochenarbeit im nordalpinen Salinar geleistet (vgl. handkolorierte lagerstättenkundliche Horizontkarten der Salzbergbaue), einem Gesteinskomplex, der von Geologenseite seit jeher stiefmütterlich und nur marginal behandelt worden war. Seit der Auflösung der Geologischen Forschungsstelle bei den Österreichischen Salinen (heute ÖSAG) hat sich i.w. nur die kleine Arbeitsgruppe von E. Kirchner/Salzburg intensiver (von mineralogischer Seite) mit dieser Thematik beschäftigt.

Unter Berücksichtigung der nun hinzugekommenen sedimentologisch-faziellen Daten bietet sich dem interessierten Geologen noch eine Fülle ungelöster Fragen und Problemkreise, die im folgenden kurz angeführt sind.

5.1. Stratigraphie

Eine moderne palynologische Bemusterung, basierend auf den fundamentalen Arbeiten von KLAUS, 1953 ff. im Verein mit S-Isotopendatierungen (deren zeitliche Auflösung sich vermutlich kaum weiter steigern lassen dürfte) verspricht auf Grund vergleichbarer Untersuchungen im Bellerophon Niveau der Südalpen (cf. CONTI et al., 1986) und im Zechstein des Germanischen Beckens (ECKE, 1987) eine höhere stratigraphische Trennschärfe bei der stratigraphischen Aufgliederung des Alpinen Haselgebirges.

5.2. Haselgebirgs-Dolomite

Seit TOLLMANN, 1960 sind wiederholt dunkelgraue bis schwarze, z.T. bituminöse Dolomite aus dem Verband gips/anhydritführenden Alpinen Haselgebirges beschrieben und als "Bellerophon Dolomit" deklariert worden (TOLLMANN, 1964, 1976, NOWY & LEIN, 1984). Exakte Beweise für eine Oberperm-Einstufung, sowie mikrofazielle Analysen fehlen bis dato (ganz abgesehen von der nomenklatorischen Problematik bei der Übertragung eines südalpinen Formationsbegriffs auf das Nordalpin).

Erste Dünnschliffe aus den Gipslagerstätten Wienern am Grundlsee und Moosegg erwiesen sich als sterile Dolomikrite mit häufigen Gips/Anhydritpseudomorphosen, während makroskopisch kaum unterscheidbare, z.T. kalkige Proben aus den Lagerstätten Schildmauer bei Admont und Pfennigbach bei Puch am Schneeberg bereits tieftriadische Foraminiferen führen und damit dem Reichenhaller bzw. Gutensteiner Niveau zuzurechnen sind.

5.3. Metamorphose

Die detaillierte Untersuchung der Regionalmetamorphose im Alpinen Haselgebirgs-Komplex steht - abgesehen von den begleitenden Vulkaniten (KIRCHNER, 1980) - noch aus. Da wir über das klastische Umfeld auf Grund eines dichten IK-Probennetzes recht gut informiert sind (vgl. KRALIK et al,. 1987), wäre es interessant, die Umwandlungsprozesse gerade etwa bei den K-Mg-Sulfaten und -Chloriden, sowie die Tonmineralogie der Pelite zu untersuchen (erste Daten in GLÜCK, 1975 und NOWY & LEIN, 1984). Auf Grund der wesentlich höheren Wärmeleitfähigkeit von Evaporiten und dem generell hohen K-Angebot wären in diesen Bereichen leicht erhöhte IK-Werte zu erwarten (cf. KÜBLER, 1968: 390).

5.4. Haselgebirgs-Struktur

Die von SCHAUBERGER, 1955 (in abgeschwächter Form 1979) vertretene Auffassung einer zumindest partiellen primär-sedimentären Genese der eigenartigen, pseudobrekziösen Haselgebirgs-Struktur und die Meinung einer gänzlich tektonischen Entstehung (MEDWENITSCH 1951; MAYRHOFER, 1955) stehen sich nach wie vor diametral gegenüber. Obwohl gewisse Parameter (Tuffitbänder, etc.) für erstere Ansicht zu sprechen scheinen, konnte bis dato noch kein eindeutiger Beweis dafür erbracht werden. Zudem herrschen große Unklarheiten über die Art des Sedimentationsprozesses (am ehesten wohl olisthostromatisch - vgl. KOLASA & SLACZKA, 1985).

5.5. Strukturgeologie

Aufbauend auf den grundlegenden Arbeiten von SCHAUBERGER, 1931, SCHMIDEGG, 1951, MAYRHOFER, 1955, usf. würde sich - auf Grund der weitgehend geklärten Obertagsgeologie - eine moderne strukturgeologische Analyse der unterirdischen Salzbergbaue, sowie der Gips/Anhydrit-Berg/Tagbaue anbieten.

5.6. Geodynamik

Eine genaue Untersuchung der Rolle der Salzkissen- bzw. Diapirbildung auf die Sedimentation und Fazies zur Zeit der höheren Trias und des Juras würde sehr zum faziellen Verständnis gerade des Hallstätter Faziesraumes beitragen (vgl. SCHÄFFER, 1976, MANDL, 1984, PLÖCHINGER, 1984, LEIN, 1987).

Dank

Die vorliegende Arbeit stellt eine überarbeitete Fassung meines im April 1987 anläßlich des "Informationstreffens Österreichischer Sedimentologen" an der Universität Innsbruck gehaltenen Vortrages dar. Meinen Kollegen am Institut für Geologie und Paläontologie möchte ich für Kritik und Diskussion herzlich danken, besonders den Herren Univ.-Prof. H. Mostler, K. Krainer und V. Stingl.

Literatur

ARTHURTON, R.S. (1973): Experimentally produced halite compared with Triassic layered of northeast Yorkshire. - Sedimentology, **17**, 221-232.

BRANDNER, R., DONOFRIO, A.T., KRAINER, K., MOSTLER, H., RESCH, W. & STINGL, V. (1984): Correlation of transgressional and regressional events in the Lower Triassic of the Northern and Southern Alps (Buntsandstein-, Servino-, Werfen Formation). - 5th Int. Ass. Sedim. regional meeting, Marseille 1984, abstract 2 p.

BRINKMANN, R. & LÖGTERS, H. (1968): Diapirs in western Pyrenees and foreland, Spain. - [in]: BRAUNSTEIN, J. & O'BRIEN, G. (eds.): Diapirism and diapirs. Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem., **8**, 275-292.

CLAYPOOL, G.E., HOLSER, W.T., KAPLAN, I.R., SAKAI, H. & ZAK, I. (1980): The age curves for sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation. - Chem. Geol., **28**, 199-260.

CONTI, M.A., FONTANA, D., MARIOTTI, N., MASSARI, F., NERI, C., NICOSIA, U., PASINI, M. & PITTAU, D. (1986): The Bletterbach-Butterloch section (Val Gardena Sandstone and Bellerophon Formation). - Field conference on Permian and Permian-Triassic boundary in the south-alpine segment of the western Tethys, Field Guidebook, 99-122, Brescia (Soc. Geol. Ital.).

ECKE, H.-H. (1987): Palynology of the Zechstein sediments in the Germanic basin. - [in]: KLARE, B. & SCHRÖDER, B. (eds.): International Symposium Zechstein 1987, Abstracts, 28-29, Bochum.

EXLER, H.J. (1979): Zur Hydrogeologie des Solevorkommens von Bad Reichenhall. - Geol. Jb., **C 22**, 25-49.

FRACASSO, M.A. & HOVORKA, S.D. (1986): Cyclicity in the Middle Permian San Andres Formation, Palo Duro Basin, Texas Panhandle. - Bureau Econ. Geol. Univ. Texas at Austin, Rept. Invest., **156**, 1-48.

GLENNIE, K.W. (1972): Permian Rotliegendes of northwest Europe interpreted in light of modern desert sedimentation studies. - Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., **56/6**, 1048-1071.

GLÜCK, C. (1975): Über die Tonminerale des Haselgebirges. - Unveröff. mineral. Hausarbeit Univ. Salzburg, 26 S.

GÖTZINGER, M.A. & PAK, E. (1983): Zur Schwefelisotopenverteilung in Sulfid- und Sulfatmineralen triadischer Gesteine der Kalkalpen, Österreich. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **29**, 191-198.

HANDFORD, C.R. (1981): Coastal sabkha and salt pan deposition of the Lower Fork formation (Permian). - J. Sedim. Petrol., **51/3**, 761-778.

HÄUSLER, H. (1979): Zur Geologie und Tektonik der Hallstätter Zone im Bereich des Lammertales zwischen Golling und Abtenau (Sbg.). - Jb. Geol. B.-A., **122/1**, 75-141.

HEMPEL, P.M. (1967): Der Diapir von Poza de la Sal (Nordspanien). - Beih. geol. Jb., **66**, 95-126.

HIRN, J. (1915): Erzherzog Maximilian der Deutschmeister - Regent von Tirol, Bd. 2, Bozen (Athesia).

HOLDOWAY, K.A. (1978): Deposition of evaporites and red beds of the Nippewalla Group, Permian, western Kansas. - Kansas State Geol. Survey Bull., **215**, 1-43.

HOLSER, W.T. (1984): Gradual and abrupt shifts in ocean chemistry during Phanerozoic time. - [in]: HOLLAND, H.D. & TRENDALL, A.T. (eds.): Patterns of change in earth evolution. Dahlem Konferenzen 1984, 123-143, Berlin (Springer).

HOLSER, W.T. & KAPLAN, I.R. (1966): Isotope geochemistry of sedimentary sulfates. - Chem. Geol., **1**, 93-135.

HOVORKA, S. (1987): Depositional environments of marine-dominated bedded halite, Permian San Andres Formation, Texas. - Sedimentology, **34**, 1029-1054.

ISSER, M.v. (1886): Der Tiroler Landreim. - Österr. Z. Berg- u. Hüttenwesen, **34/35**, 569-576.

KENT, P.E. & WALMSLEY, P.J. (1970): North Sea progress. - Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., **54/1**, 168-181.

KIRCHNER, E.C. (1980): Vulkanite aus dem Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen und ihre Metamorphose. - Mitt. österr. geol. Ges., **71/72**, 385-396.

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., Sh. G, 288-292.

KLAUS, W. & PAK, E. (1974): Neue Beiträge zur Datierung von Evaporiten des Ober-Perm. - Carinthia II., **164/84**, 79-85.

KOLASA, K. & SLACZKA, A. (1985): Sedimentary salt megabreccias exposed in the Wieliczka mine, Fore-Carpathian depression. - Acta geol. polon., **35**, 221-230.

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).

KÜBLER, B. (1968): Evaluation quantitative du métamorphisme par la cristallinité de l'illite. - Bull. Centre Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, **2/2**, 385-397.

KÜHN, O. (1962): Autriche. - Lexique Stratigraphique International, vol. **1/8**, 646 p., Paris (CNRS).

KULKE, H. (1978): Tektonik und Petrographie einer Salinarformation am Beispiel der Trias des Atlassystems (NW-Afrika). - Geotekt. Forsch., **55**, 1-158.

LEIN, R. (1987): On the evolution of the austroalpine realm. - [in]: FLÜGEL, H.W. & FAUPL, P. (eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 85-102, Wien (Deuticke).

MANDL, G.W. (1984): Zur Trias des Hallstätter Faziesraumes - ein Modell am Beispiel Salzkammergut (Nördliche Kalkalpen, Österreich). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **30/31**, 133-176.

MAYRHOFER. H. (1955): Beiträge zur Kenntnis des alpinen Salzgebirges. - Z. dt. geol. Ges., **105**, 752-775.

MEDWENITSCH, W. (1951): Probleme der alpinen Salzlagerstätten. - Montan Ztg., **67/5**, 118-122.

MOJSISOVICS, E.v. (1868): Über den Salzberg zu Aussee in Steiermark. - Verh. Geol. R.-A., **1868**, 224-225.

MOSTLER, H. & ROSSNER, R. (1984): Mikrofazies und Palökologie der höheren Werfener Schichten (Untertrias) der Nördlichen Kalkalpen. - Facies, **10**, 87-144.

NANCE, H.S. (1988): Interfingering of evaporites and red beds: An example from the Queen/Grayburg formation, Texas. - Sedim. Geol., **56**, 357-381.

NIEDERMAYR, G. (1987): Exkursionsführer Kärntner Perm-Gespräche, 7.-10.9.1987, 6-7, (Naturwiss. Ver. Kärnten, Fachgruppe Mineral. Geol.).

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.

NOWY, W. & LEIN, R. (1984): Zur Geologie des Bosruck-Autobahntunnels (Pyhrnautobahn, Österreich). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **30/31**, 45-94.

ÖNORM G 1043 (1985): Begriffe der Evaporitlagerstätten. - 14 S., Wien (Österr. Normungsinst.).

PAK, E. (1974): Schwefelisotopenuntersuchungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik. - Anz. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., **111**, 166-174.

PAK, E. (1978): Schwefelisotopenuntersuchungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik. - Anz. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., **115**, 6-22.

PAK, E. (1982): Schwefelisotopenuntersuchungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik. - Anz. österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., **118**, 187-198.

PAK, E. & SCHAUBERGER, O. (1981): Die geologische Datierung der ostalpinen Salzlagerstätten mittels Schwefelisotopenuntersuchungen. - Verh. Geol. B.-A., **1981/2**, 185-192.

PATOCKA, F. (1987): Das österreichische Salzwesen. Eine Untersuchung zur historischen Terminologie. - Schriften zur deutschen Sprache in Österreich, **15**, 1-353.

PETRASCHECK, W.E., ERKAN, E. & HÖNIG, J. (1977): Die Gipslagerstätten der Steiermark. - Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergbau Landesmuseum Joanneum, **38**, 89-99.

PFLUG, R. (1967): Der Diapir von Estella (Nordspanien): - Beih. geol. Jb., **66**, 21-62.

PLÖCHINGER, B. (1963): Exkursion in den Grünbachgraben am Untersberg-Ostfuß (Salzburg). - [in]: Grill, R. et al. (Hrsg.): Exkursionsführer zum 8.Europäischen Mikropaläontologischen Kolloquium in Österreich. - Verh. Geol. B.-A., Sh. F, 57-67.

PLÖCHINGER, B. (1974): Gravitativ transportiertes permisches Haselgebirge in den Oberalmer Schichten (Tithonium, Salzburg). - Verh. Geol. B.-A., **1974**, 71-88.

PLÖCHINGER, B. (1984): Zum Nachweis jurassisch-kretazischer Eingleitungen von Hallstätter Gesteinsmassen beiderseits des Salzach-Quertales. - Geol. Rundschau, **73/1**, 293-306.

PRESLEY, M.W. (1987): Evolution of Permian Evaporite Basin in Texas Panhandle. - Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., **71/2**, 167-190.

REINOLD, P. (1965): Beitrag zur Geochemie der ostalpinen Salzlagerstätten. - Tschermaks Mineral. Petrogr. Mitt., **10**, 505-525.

REUSS, F.A. (1798): Neues mineralogisches Wörterbuch oder Verzeichnis aller Wörter, welche auf Oryctognosie und Geognosie Bezug haben. - 503 S., Hof (Grau).

RICHTER-BERNBURG, G. (1955): Über salinare Sedimentation. - Z. dt. geol. Ges., **105**, 593-645.

SCHÄFFER, G. (1976): Einführung zur Geologischen Karte der Republik Österreich, Blatt 96, Bad Ischl. - [in]: GATTINGER, T. (Hrsg.): Arbeitstagung Geol. B.-A. Bl. 96, Bad Ischl, 6-26, Wien (Geol. B.-A.).

SCHAUBERGER, O. (1931): Die Fließstrukturen im Hallstätter Salzlager. - Berg- u. Hüttenm. Jb., **79/1**, 27-89.

SCHAUBERGER, O. (1949): Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. - Berg- u. Hüttenm. Mh., **94/3**, 46-56.

SCHAUBERGER, O. (1955): Zur Genese des alpinen Haselgebirges. - Z. dt. geol. Ges., **105**, 736-751.

SCHAUBERGER, O. (1956): Über die Gliederung und Entstehung des alpinen Haselgebirges. - Mitt. natwiss. Arbeitsgem. 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. Mh., **112**, 184-190.

SCHAUBERGER, O. (1979): Die alpinen Salzlagerstätten. - Verh. Geol. B.-A., **1978/3**, 455-459.

SCHAUBERGER, O. (1986): Bau und Bildung der Salzlagerstätten des ostalpinen Salinars. - Arch. Lagerst.forsch. 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., ZANKL, H., KÜHN, R. & KLAUS, W. (1976): Die geologischen Ergebnisse der Salzbohrungen im Talbecken von Bad Reichenhall. - Geol. Rundschau, **65/2**, 558-579.

SCHMIDEGG, O. (1951): Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebirges. - Jb. Geol. B.-A., **94**, 159-205.

SEIDL, E. (1927): Die Salzstöcke des deutschen (germanischen) und des Alpen Permsalz Gebietes; ein allgemein wissenschaftliches Problem. - Kali & verwandte Salze, **21**, 1-71.

SMITH, D.B. (1971): Possible displacive halite in the Permian upper evaporite group of northeastern Yorkshire. - Sedimentology, **17**, 221-232.

SONNENFELD, P. (1984): Brines and evaporites. - 613 pp., Orlando (Academic Press).

SPIESS, C. (1985): Montangeologische Untersuchungen an Steinsalzzügen im Rotsalzgebirge des Ausseer Salzberges. - Unveröff. Diplomarb. Montanuniv. Leoben, 91 S.

SPÖTL, C. (1987a): Sedimentologisch-fazielle und geochemische Untersuchungen am permoskythischen Salinar der Nördlichen Kalkalpen. - Unveröff. geol. Diplomarb. Univ. Innsbruck, 130 S.

SPÖTL, C. (1987b): Eine klastisch-evaporitische Oberperm-Entwicklung im Hallstätter Salzberg (Salzkammergut, Österreich). - Mitt. österr. geol. Ges., **80**, 115-141.

SPÖTL, C. (1988a): Schwefelisotopendatierungen und fazielle Entwicklung permoskythischer Anhydrite in den Salzbergbauen von Dürrnberg/Hallein und Hallstatt (Österreich). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **34/35**, 209-229.

SPÖTL, C. (1988b): Evaporitische Fazies der Reichenhaller Fm. (Skyth/Anis) im Haller Salzberg (Nördliche Kalkalpen, Tirol). - Jb. Geol. B.-A., **131/1**, 153–168.

SPÖTL, C. (1988c): Zur Altersstellung permoskythischer Gipse im Raum des östlichen Karwendelgebirges (Tirol). - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, **14/9**, 197-212.

STACKELBERG, U.v. (1967): Der Diapir von Murguia (Nordspanien). - Beih. geol. Jb., **66**, 63-94

STERZINGER, N. (1757): Ursprung und ächte Eigenschaften des Hall-Innthalischen Kochsalzes. - 26 S., Innsbruck (Wagner).

TOLLMANN, A. (1960): Die Hallstätterzone des östlichen Salzkammergutes und ihr Rahmen. - Jb. Geol. B.-A., **103**, 37-131.

TOLLMANN, A. (1964): Das Permoskyth in den Ostalpen sowie Alter und Stellung des "Haselgebirges". - N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1964/6**, 270-299.

TOLLMANN, A. (1976): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. - Monographie der Nördlichen Kalkalpen, Tl. 2, 580 S., Wien (Deuticke).

TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich, Bd. 2 (Außerzentralalpiner Anteil). - 710 S., Wien (Deuticke).

TOLLMANN, A. (1986): Geologie von Österreich, Bd. 3 (Gesamtübersicht). - 718 S., Wien (Deuticke).

TRUSHEIM, F. (1971): Zur Bildung der Salzlager im Rotliegenden und Mesozoikum Mitteleuropas. - Beih. geol. Jb., **112**, 1-51.

VOGEL, O. (1908): Das Salzbergwerk Hall in Tirol im Jahre 1782. - Österr. Z. Berg- u. Hüttenwesen, **56/44**, 545-549.

Anschrift des Verfassers:
Mag. Christoph Spötl, Institut für Geologie der Universität Bern, Baltzerstraße 1, CH-3012 Bern

eingereicht: 11. Juli 1988 angenommen: 24. Aug. 1988