

**Schwefelisotopendatierungen und fazielle Entwicklung  
permoskythischer Anhydrite in den Salzbergbauen von  
Dürrenberg/Hallein und Hallstatt (Österreich)**

von

**Christoph SPÖTL**

mit

13 Abbildungen und 2 Tabellen

Anschrift des Verfassers:

Mag. Christoph Spötl,  
Institut für Geologie und Paläontologie  
Universität Innsbruck  
Innrain 52  
A-6020 Innsbruck

### Inhalt

Zusammenfassung, Abstract . . . . .	210
1. Einleitung . . . . .	210
2. Untersuchungsergebnisse im Dürrnberg/Hallein . . . . .	211
2.1. Oberpermische anhydritische Sequenzen . . . . .	211
2.2. Oberpermische klastische Sequenzen . . . . .	218
2.3. Interpretation . . . . .	221
3. Untersuchungsergebnisse im Hallstätter Salzberg . . . . .	221
3.1. Oberpermische anhydritische Sequenzen . . . . .	221
3.2. Stinkdolomit-anhydrit-Profil des Oberskyth/Unteranis . . . . .	225
4. Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	225
5. Literatur . . . . .	226

### Zusammenfassung

Aus den alpinen Salzbergbauen von Hallein/Dürrnberg (Salzburg) und Hallstatt (Oberösterreich) werden tektonisch ungestörte Detailabfolgen des Alpenen Haselgebirgs-Salinars beschrieben. Es handelt sich um klastisch-anhydritische und karbonatisch-anhydritische Sequenzen im Meter- bis Dekameterbereich. Die stratigraphische Einstufung erfolgte mittels Schwefelisotopen. Es zeigte sich, daß sämtliche untersuchten Detailabfolgen im Dürrnberg/Hallein dem Oberperm angehören. Im Hallstätter Salzberg tritt zudem noch im Oberskyth eine karbonatisch-anhydritische Entwicklung auf, die dem Reichenhaller Niveau zugerechnet wird.

### Abstract

Upper Permian and in part Upper Scythian evaporitic sediments of the Northern Calcareous Alps (the so-called Alpine Haselgebirge Formation) exhibit enormous deformational features due to alpidic nappe tectonics. On this account some workers defined the whole sequence a tectonite of pseudobreccia-habitus. For the first time tectonically undisturbed sections are recorded from the salt mines of Hallein (Salzburg) and Hallstatt (Upper Austria). Upper Permian siliciclastic-anhydritic facies developments ( $\delta^{34}\text{S} = +10\text{--}11\text{‰ CDT}$ ) – approximately coeval with Zechstein- and Bellerophon evaporites – represent fine clastic coastal sabkha environments with well developed evaporation cycles. Compared to them, Upper Scythian to Lowermost Anisian sections ( $\delta^{34}\text{S} = +25\text{--}28\text{‰ CDT}$ ) show regulary carbonate-anhydrite intercalations, probably deposited under subaqueous conditions. They can be correlated with the regressive phase of the Reichenhaller Formation of the Upper Scythian/Lower Anisian turning point.

### 1. Einleitung

Die siliziklastisch-evaporitische Fazies des Alpenen Haselgebirges besitzt im Mittelabschnitt der Nördlichen Kalkalpen ihre größte Verbreitung und Mächtigkeit. Die dort

lokalisierten Steinsalzlagerstätten (Hallstatt, Bad Ischl–Perneck und Sondenfeld Sulzbach, Altaussee und Dürrnberg/Hallein) belegen eine bedeutende saline Sedimentation im Beckenbereich des oberpermischen Grabenbruchsystems (sensu LEIN 1987). Über die Faziesverteilung und Paläogeographie existieren bislang nur spärliche Daten (vgl. FUCHS 1985).

Das Haupthandikap bei der sedimentologisch-faziellen Analyse dieser evaporitischen Serien stellt deren enorme Durchbewegung im Verein mit einer lokal schwachen Metamorphose dar. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, herauszufinden, inwieweit primäre sedimentäre Abfolgen in den gut aufgeschlossenen Salzbergen von Hallein/Dürrnberg und Hallstatt erhalten geblieben sind.

Während das eigentliche Steinsalz für eine derartige Fragestellung kaum berücksichtigt werden kann, erwiesen sich feinklastisch-evaporitische Bereiche als erfolgversprechender (SPÖTL 1987 a). Bei sämtlichen hier vorgestellten Detailabfolgen handelt es sich um isolierte, durch Mylonite („Glanzschiefer“) begrenzte Schollen im Meter- bis Dekameterbereich, die im eigentlichen Haselgebirge „schwimmen“. Die stratigraphische Einstufung erfolgte durch Schwefelisotopenbestimmungen (vgl. PAK & SCHAUBERGER 1981).

## 2. Untersuchungsergebnisse im Dürrnberg/Hallein

Abb. 1 gibt einen Überblick über die untersuchten Detailprofile im Grubengebäude des Halleiner Salzberges.

### 2.1. Oberpermische anhydritische Sequenzen

Die untersuchten Detailprofile (Abb. 2) stellen typische Sequenzen zunehmender Evaporation in einem rein siliziklastischen Environment dar. In dem unter reduzierenden Bedingungen sedimentierten grauen Siltkomplex (z.T. laminiert, keine Bioturbation, im XRD nur Anhydrit und etwas Magnesit, kein Dolomit oder Calcit) bildeten sich im höheren Abschnitt einzelne verstreute (unter 1 cm messende) Anhydritknöllchen, die gegen das Hangende zu innerhalb weniger dm stark an Häufigkeit zunehmen und typische Knollenanhydrite (Durchmesser meist unter 3 cm; nodular mosaic anhydrite n. MAIKLEM et al. 1969) bilden. Die geochemischen Daten dazu sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Darüber folgen in den meisten Fällen „chicken-wire“-Anhydrite (mosaic anhydrite), die schließlich von geschichteten Gefügen abgelöst werden (bedded massive anhydrite). Die Lagen der häufig wellig und uneben geschichteten Anhydrite dürften z.T. durch slumping-Prozesse modifiziert worden sein. In wechselnden Abständen wurden Anhydritlagen polyhalitisiert (vgl. SCHULZE 1960, HOLSER 1966, PIERRE 1985). Am vermutlichen Kontakt zum darüberliegenden Steinsalz (vgl. RICHTER-BERNBURG 1985; Abb. 19) sind die Abfolgen stets tektonisch abgesichert worden. Lokal finden sich (z.B. im Obersteinberg-Stollen) im höheren Profilabschnitt neben Polyhalit auch kieseritisch-epsomitische Nebensalze, die auf das spätere Durchsickern hochkonzentrierter Mg-Sulfatlösungen zurückzuführen sind (vgl. SONNENFELD 1984: 343).

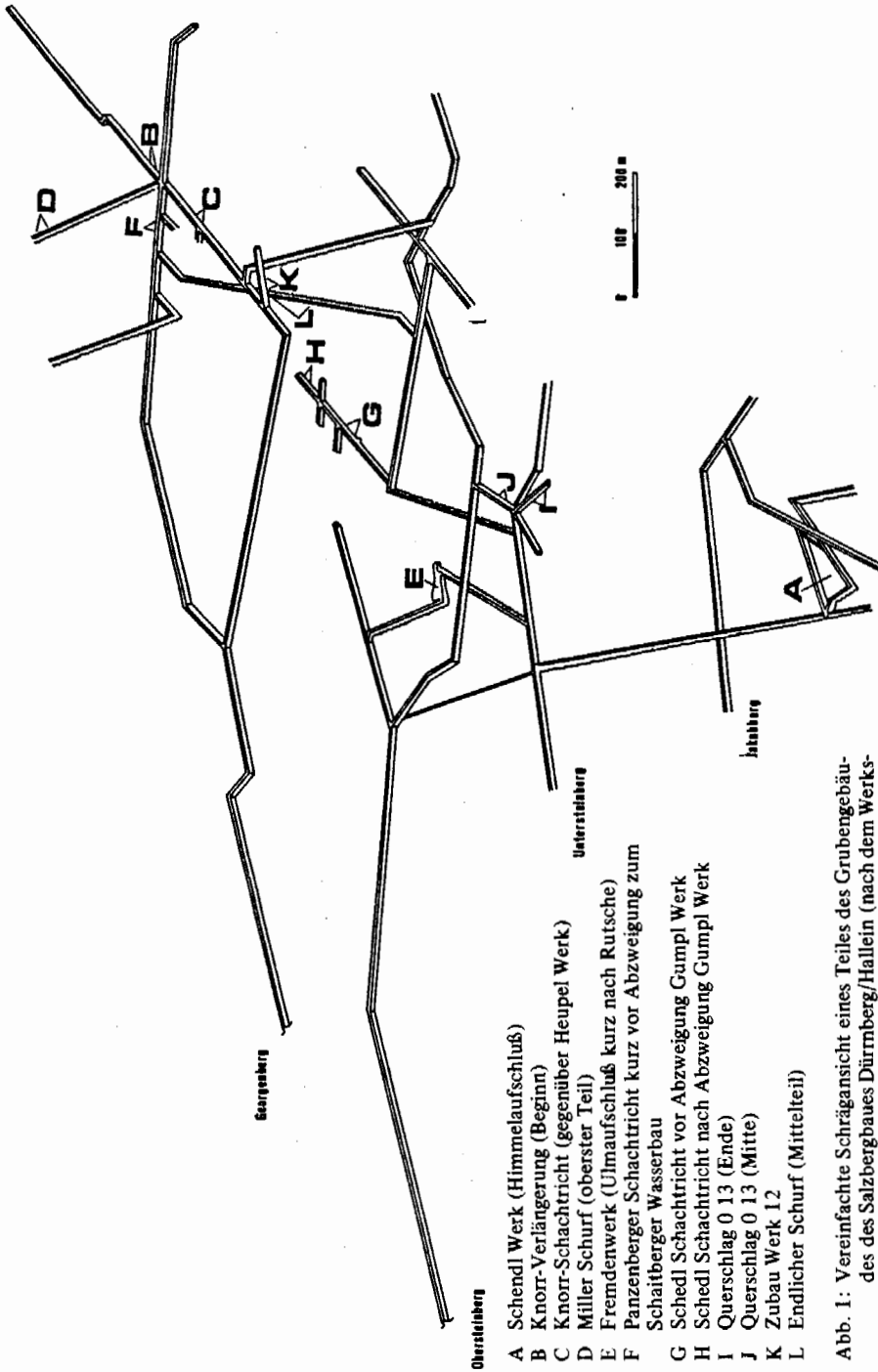
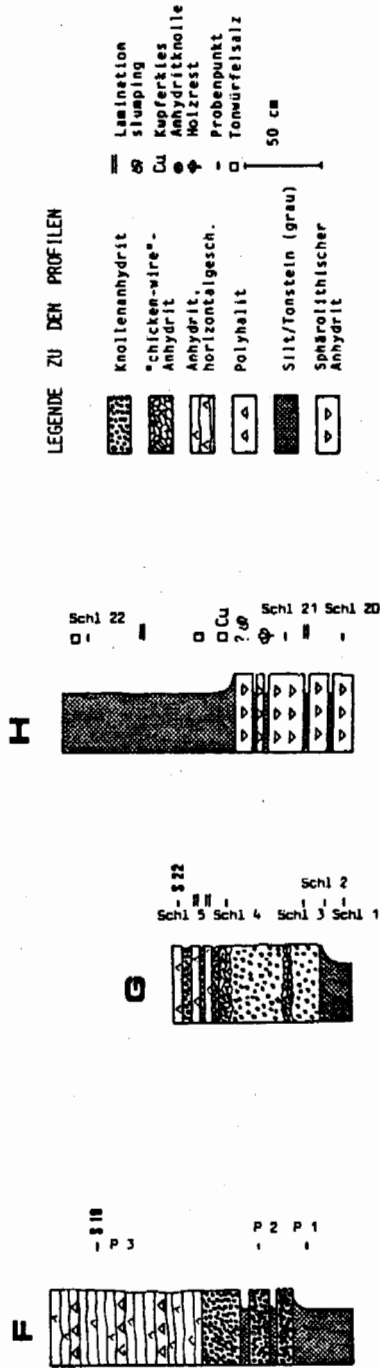
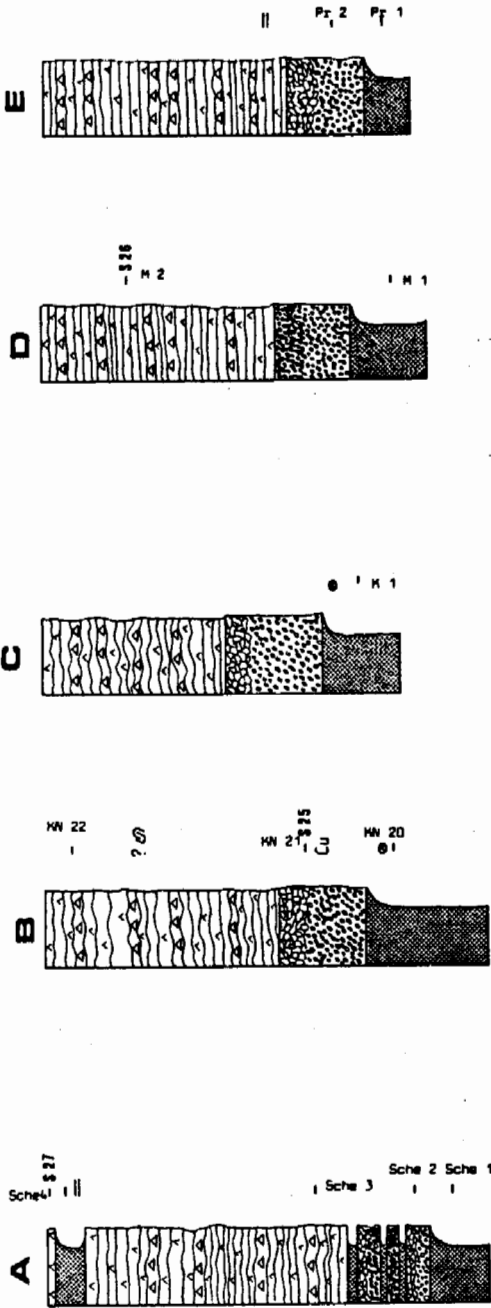


Abb. 1: Vereinfachte Schrägsicht eines Teiles des Grubengebäudes des Salzbergbaues Dürrnberg/Hallein (nach dem Werksplan Nr. A-II-1/12 von H. SCHATTEINER) mit der Lage der Detailprofile



LEGENDE ZU DEN PROFILLEN

- Knollenanhydrit
- "schichten-wire"-Anhydrit
- horizontalgesch. Polyhalit
- Silt/Tonstein (grau)
- Sphärolithischer Anhydrit
- Lamination slumping
- Kupferkies
- Anhydritknolle
- Holzrest
- Probenpunkt
- Tonurteilsalz

Abb. 2: Detailabfolgen aus anhydritischen Schollen im Alpenen Haselgebirge des Halleiner Salzberges. Die Lage derselben ist Abb. 1 zu entnehmen. Die mit einem S versehenen Zahlen beziehen sich auf S-Isotopenproben (vgl. Taf. 2).

## Übersicht über die Anhydrit-Mikrogefüge

1. **Knollenanhydrite.** Längliche, ss-parallele bis schräg gestellte, bis mehrere cm lange, weiße, abgeflachte Anhydritknollen (Abb. 3). Sie bestehen aus einem äquigranularen, richtungslos-körnigen Pflastergefüge (Kristallgröße schwankt zwischen 80 und 250  $\mu\text{m}$ ). Vereinzelt kommen auch leistenförmige Anhydrit-XX (lath-shaped crystals) vor. Es fanden sich alle Übergänge von nodular—nodular mosaic—mosaic—massive anhydrite structural types (MAIKLEM et al. 1969) innerhalb eines Handstückes.

2. **Bänderanhydrite.** Meist nur schwach cm-geschichtete bis weitständig geschichtete Anhydrite (Abb. 4), deren Gefüge vollkommen zu einem hypidiomorph-gleichkörnigen Pflastergefüge (Kristallgröße 80–200  $\mu\text{m}$ ) umkristallisiert ist.

3. **Sphärolithischer Anhydrit** (Abb. 6). In einem Profil (H in Abb. 2) treten an Stelle des Knollenanhydrits 0.8–3.3 mm messende, dicht gepackte sphärolithische Aggregate aus Anhydrit auf (fibroradiales Anhydritmikrogefüge nach STEWART 1949 und LANGBEIN 1979). Eingestreut sind einzelne hypidiomorphe neugesproßte Magnesit-XX (XRD), sowie cm-große typische Tonwürfelsalz-XX (keine Quarztafeln feststellbar). Sphärolithische Anhydrite (Durchmesser bis 20 mm) fraglicher Genese konnte u. a. KLAPCINSKI (1986) in der Leine Serie (Z3) feststellen, wobei er dieses Member über 500 km lateral verfolgen konnte.

In Hinblick auf die Anhydrit-Lithofaziestypen ergibt sich folgender Modalzyklus (Klassifikation nach MAIKLEM et al. 1969):

Hangendes: Halit ?

- Bedded massive anhydrite
- Mosaic resp. bedded mosaic anhydrite
- Nodular-mosaic anhydrite
- Nodular anhydrite

Liegendes: Silt/Tonstein

Das entspricht vollkommen dem Modell eines progressiven Eintrocknungszyklus, wobei allerdings Aussagen über die Wassertiefe des Sedimentationsraumes auf Grund vorliegender Daten nur sehr beschränkt möglich sind. Bekanntlich haben sich selbst die anfänglich als faziesindikativ eingestuftes "chicken-wire"-Anhydrite als wenig aussagekräftig entpuppt (DEAN & ANDERSON 1975, 1982, KENDALL 1984, WARREN & KENDALL 1985). Nachdem jedoch signifikante Parameter für "deep water evaporites" (KENDALL 1984), wie regelmäßige Lamination, gravitative Massenbewegungen, etc. fehlen, ist die Annahme eines seichten bis supratidalen siliziklastischen Sabkha-environmentes plausibel (vgl. CASTENS-SEIDELL & HARDIE 1983, PRESLEY 1987).

Hingewiesen werden soll in diesem Zusammenhang noch, daß die meist cm-geschichteten (keine echten Linienanhydrite!) hangenden Anhydrite häufig von bis zu cm-mächtigen, hellgrünen bis hellbraunen Silt/Tonlagen unterbrochen werden, die möglicherweise tuffitischer Natur sind. LICHTENEGGER (1960) beschrieb sedimentäre Tuffit- und Diabas-Einschaltungen im leider undatierten Anhydrit des Lauffener Erbstollens (Bad Ischl—Perneck).

Die untersuchten Schwefelisotopenwerte (Tab. 2) stellen uniforme, gering positive  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte dar, die typisch für oberpermisches marines Meerwasser zeichnen (CLAYPOOL et al. 1980). Sie zeigen sehr gute Übereinstimmung mit älteren Daten von PAK

Probe	Ca	Mg	Fe	Sr	Mn	Zn
KN 21	25.3	3.1	6900	480	370	16
P 3	24.9	5.5	480	1170	30	11
Pr 3	24.1	2.6	6700	910	310	19
Schl 5	29.0	1.0	2100	1010	90	17
Sche 4	28.4	1.8	3600	695	190	17
M 2	29.6	2.1	3300	670	186	11
KN 2	14.7	3.2	1100	670	395	19
O 13/50	15.1	1.1	6200	527	83	12

Tab. 1: Geochemische Analysen (HCl-Auflösungen, AAS) von Anhydritproben aus dem Dürrnberg/Hallein. Angaben für Ca und Mg in Gew.%, alle übrigen in ppm.



Abb. 3: Anschliff eines "chicken-wire"-Anhydrits in grauer Siltmatrix. Probe Sche 4, Bildbreite 13 cm.

(1982). Eine theoretisch mögliche Interpretation dieser Werte als Unterskyth (vgl. PILOT et al. 1972, HOLSER 1984, CLEMMENSEN et al. 1985) muß aus stratigraphisch-faziellen Gründen (Beginn der Werfener Transgression – vgl. BRANDNER et al. 1984) verneint werden.



Abb. 4: Anhydritabfolge (Detailprofil A in Abb. 2) im Schendl-Werk. Einzelne hellere Knollen-anhydritlagen im liegenden Teil (links) werden von horizontal geschichteten, z. T. polyhalitisierten Anhydriten überlagert (rechts). Bildbreite des Himmelaufschlusses ca. 2.5 m.

Probe	Lokalität	$\delta^{34}\text{S}$ (‰ CDT) $\pm$ 0.2 ‰
S 18 END 3	Endlicher Schurf/DÜ	+ 11.6
S 19 P 3	Panzenberg Schtr./DÜ	+ 11.1
S 20 0 13/50	Querschlag 0 13/DÜ	+ 10.6
S 21 0 13/9	Querschlag 0 13/DÜ	+ 10.8
S 22 Schl 5	Schedl Schtr./DÜ	+ 11.1
S 23 F 3	Fremdenwerk DÜ	+ 11.2
S 24 KN 2	Zubau Werk 12/DÜ	+ 11.1
S 25 KN 21	Knorr Schtr./DÜ	+ 11.3
S 26 M 2	Miller Schurf/DÜ	+ 10.9
S 27 Sche 4	Schendl Werk/DÜ	+ 10.9
S 28 MA 1	Nördliche Marek Kehr/HA	+ 11.2

Tab. 2: Übersicht über die S-Isotopenwerte untersuchter anhydritischer Kleinprofile im Dürnberg (DÜ) und Hallstätter Salzberg (HA) – Analytiker: Dr. E. Pak. Die 1. Spalte bezieht sich auf Abb. 2.



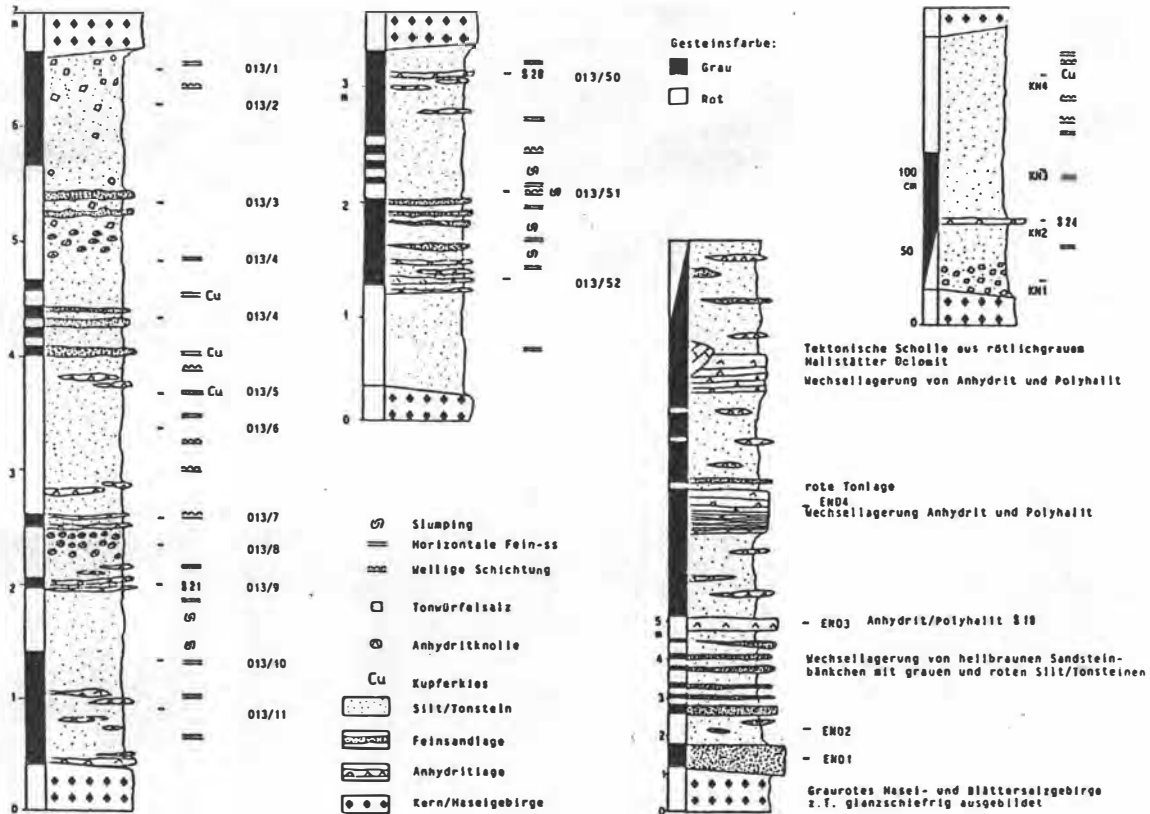


Abb. 5: Klastisch- evaporitische Detailabfolgen aus dem Salzberg Dürrnberg, die mittels S-Isotopendaten als Oberperm eingestuft werden konnten. Von links nach rechts (vgl. Abb. 1): Profil I und J aus dem Querschlag 0 13, Profil L am Endlicher Schurf und Profil K aus dem Zubau Werk 12. Die mit S versehenen Zahlen beziehen sich auf S-Isotopenprobenpunkte (s. Tab. 2).

## 2.2. Oberpermische klastische Sequenzen

Es handelt sich um rötlichbraune bis graubraune, siltig-tonige Abfolgen (Abb. 5) mit cm- bis maximal dm-mächtigen Einschaltungen von Fein- bis Mittelsandsteinen. An sedimentären Gefügen fanden sich Feinschichtung, load casts, water-escape structures und convolute bedding, die auf rasche Sedimentation der Sandlagen hinweisen.

Horizontweise sind mm- bis cm-messende Anhydritknöllchen angereichert, die sich zu geringmächtigen chicken-wire-Lagen zusammenschließen können (Abb. 7). In unregelmäßigen Abständen schalten sich cm-mächtige, rasch lateral auskeilende Anhydritbänke ein (Geochemie, s. Tab. 1). Im Schliff zeigen sich diese als mikrokristalline Anhydritmatrix (Kristallgröße 10–30  $\mu\text{m}$ ), in die ca. 150  $\mu\text{m}$  lange Anhydritporphyroblasten ( $L/B = 5-8$ ) eingebettet sind. Die zwischengeschalteten Tonlaminae sind meist zerrissen, gewellt oder rotiert. Darüber hinaus finden sich auch cm-große, typisch dunkelrot gefärbte Tonwürfelsalzkrystalle („Kropfsalz“) im Sediment (Abb. 8).

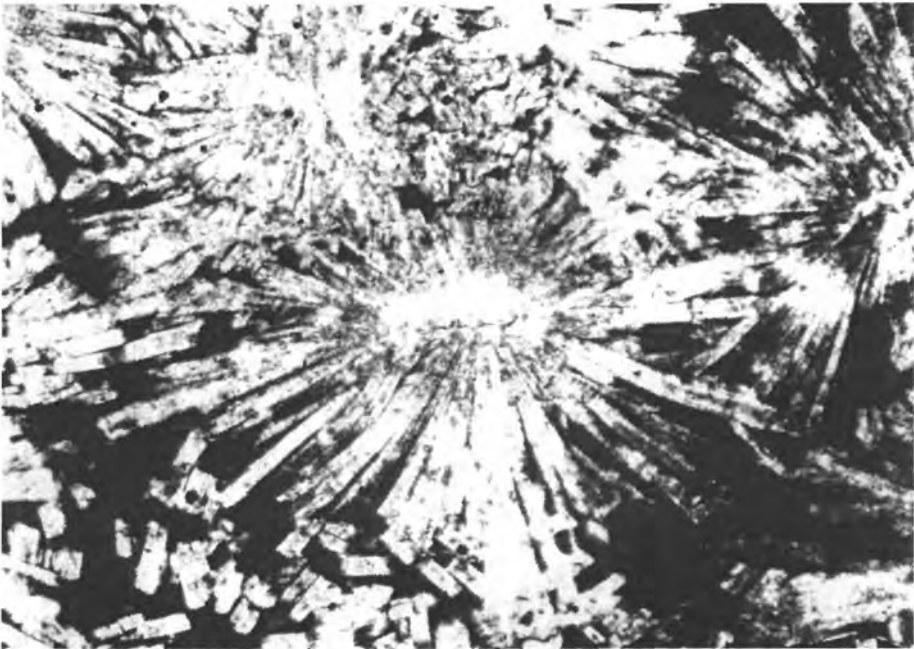


Abb. 6: Dünnschliffaufnahme (// Nicols) eines sphärolithischen Anhydrits. Probe Sche 21; Bildbreite 3.5 mm.

Interessant ist das Auftreten von mm-großen, idiomorphen Kupferkies-XX in den roten Siltsteinen (Größe 1–2 mm), zum anderen das gehäufte Vorkommen von violettem Fasersalz auf Klüften.

Am Profil L (Endlicher Schurf, Abb. 5) wurden die graubraunen Sandsteinbänke sedimentopetrografisch näher untersucht. Es handelt sich um gut ausgewaschene und



Abb. 7:  
Dünnschliff (// Nicols)  
eines Knollenanhydrits  
in brauner Siltmatrix  
aus dem Profil I, Probe  
013/10;  
Bildbreite = 17.8 mm.

sortierte Arkosen. Die vorherrschenden K-Feldspäte – sie sind frisch und kaum angegriffen – besitzen nach EMPA-Analysen folgende Zusammensetzung: 5–32 Ab, 66–98 Or und 0.1–1.8 An (Angaben in Mol-%). Bezeichnend ist die Tatsache, daß sämtliche detritären Feldspäte authigen weitergewachsen sind (Abb. 9) und Anwachssäume aus hochreinem K-Feldspat aufweisen (vgl. KASTNER & SIEVER 1979). Nach XRD-Analysen plotten die Feldspatkerne in das Feld der Orthoklase (vgl. SUTTNER & BASU 1977), die Anwachssäume hingegen ins Feld der Adulare (vgl. STABLEIN & DAPPLES 1977). Die detritären Kerne zeigen außerdem deutlich tiefblaue Kathodolumineszenz.

Porphyrquarze wurden nicht beobachtet. Daneben treten Gesteinsbruchstücke (chert-Fragmente, polykristalline Quarze), Hellglimmer (7–22 Mol-% Paragonitanteil), Dunkelglimmer, Chlorite (i.w. rhipidolitischer Zusammensetzung) und Schwerminerale auf. Eine unpublizierte SM-Analyse (WOLETZ 1979, freundlicherweise zur Ver-

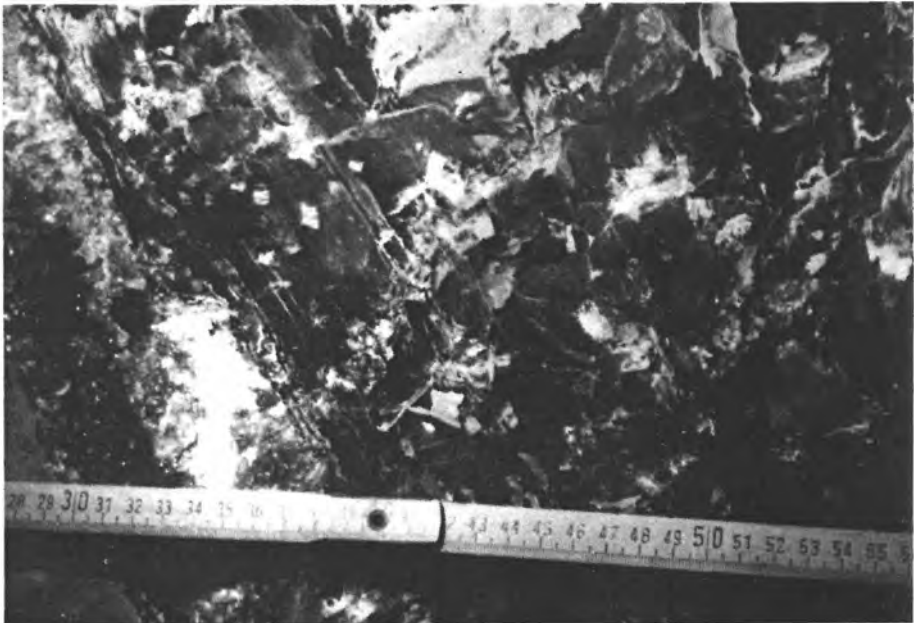


Abb. 8: Rote Tonwürfelsalz-Kristalle in feingeschichteten grauen Siltsteinen am top des Profiles I im Dürrnberg. Links der tektonische Kontakt zum roten Kernsalz (Ulmaufnahme).

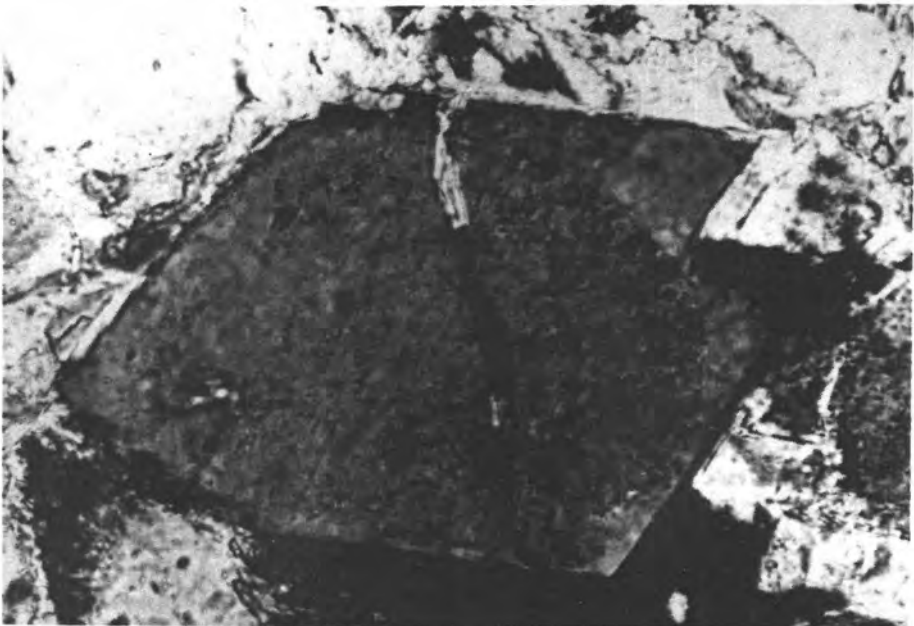


Abb. 9: Diagenetisch zu rhombischer Form weitergewachsener Kalifeldspat aus oberpermischen Sandsteinen des Profiles L (// Nicols); Bildbreite 0.2 mm.

fügung gestellt von Dr. O. SCHAUBERGER/Bad Ischl) wies eine klare Zi–Tu-Vor-macht auf (etwas Ru). Ap fehlte. Anhydrit tritt reichlich als Zement auf und verdrängt Feldspäte und Quarze.

### 2.3. Interpretation

Bei den angeführten Detailsequenzen oberpermischer Anhydrite (Abb. 2) dürfte es sich um einen Ausschnitt der initialen Evaporitsedimentation in einem marin beeinflussten Sabkha Milieu handeln (s.u.). Die auf Grund der S-Isotopendaten (Tab. 2) ebenfalls ins Oberperm zu stellenden klastisch-evaporitischen Abfolgen können durchaus mit der Entwicklung der „Nördlichen Einlagerung“ im Hallstätter Salzberg verglichen werden (SPÖTL 1987 b,c). Die Unterschiede in der Feldspat- und SM-Zusammensetzung dürften Liefergebietsbedingt sein. Die spurenhafte Cu-Vererzung fügt sich zwanglos in das Bild einer schwachen Cu–Pb–Zn–U-Mineralisation im Oberperm ein (vgl. HADITSCH 1965, HADITSCH & MOSTLER 1974, 1982, KIRCHNER 1978, PAAR & CHEN 1982). Über die genauere stratigrafische und paläogeografische Stellung innerhalb des Alpenen Haselgebirgskomplexes können z.Z. noch keine näheren Angaben gemacht werden.

## 3. Untersuchungsergebnisse im Hallstätter Salzberg

Stellvertretend für eine größere Anzahl von Anhydritschollen seien hier nur drei Bereiche herausgegriffen und dargestellt.

### 3.1. Oberpermische anhydritische Sequenzen

25 m nach der Abzweigung der Ott-Kehr von der Theresia Hauptschachtricht ist am linken Ulm ein interessantes Kleinprofil angeschnitten, das Abb. 10 wiedergibt. Es zeigt den Übergang von einer siliziklastischen Sedimentation (grauschwarze Silt/Tonsteine, häufig magnesitcementiert) in eine Anhydritfazies. Diese beginnt analog den Profilen im Dürrenberg (Abb. 2) mit Knollen- und Mosaikanhydriten, die von geringmächtigen Siltschüttungen unterbrochen werden und schließlich in horizontal geschichtete bis feingeschichtete Anhydrite (am Top mit Polyhalitzzwischenlagen) überleitet.

Ab Stollenmeter 114 konnte in der Nördlichen Marek-Kehr ein Detailprofil aufgenommen werden (Abb. 10), das eine unregelmäßige Wechselfolge von laminierten schwarzen Silt/Tonsteinen mit cm- bis dm-mächtigen Anhydriten zeigt. Dreimal sind Bänke von grobkristallinem Muriazit zwischenschaltet.

Während das erste Profil nur auf Grund der völlig analogen Ausbildung wie im Dürrenberg ins Oberperm gestellt wird, liegt von einer Anhydritprobe aus der Marek-Kehr ein oberpermischer S-Isotopenwert vor (s. Tab 2).

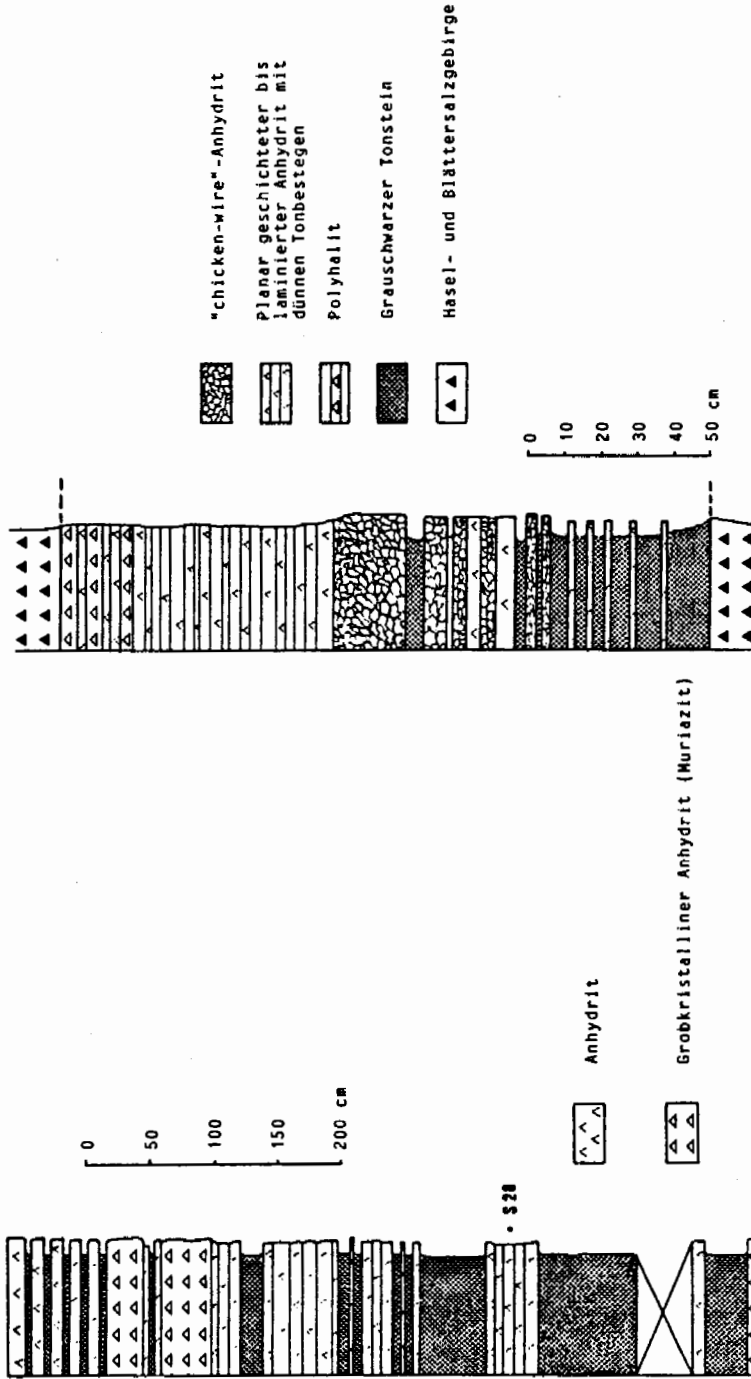


Abb. 10: Detailprofile aus der Nördlichen Marek-Kehr (links) und dem Beginn der Ott-Kehr (Hallstätter Salzberg).

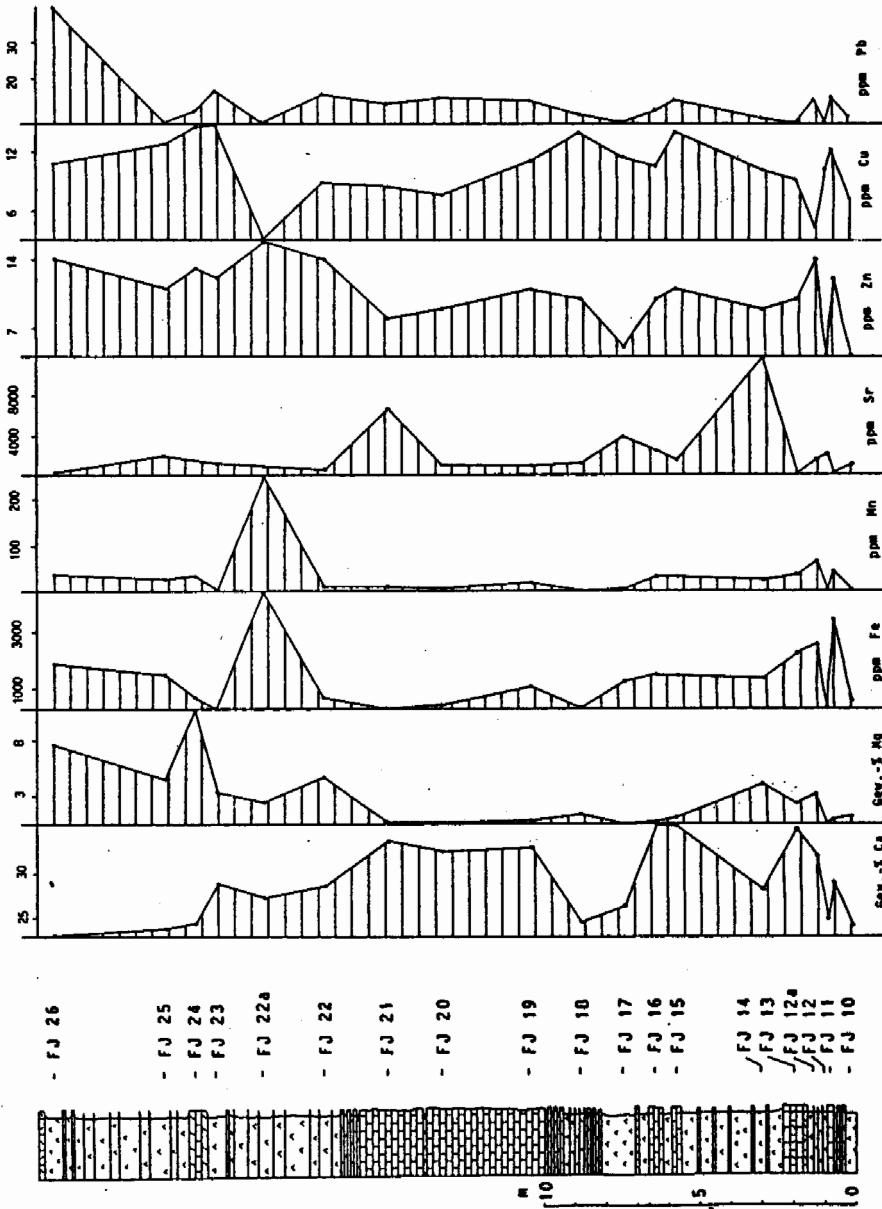


Abb. 11: Säulenprofil und geochemische Auswertung (AAS) des Skyth/Anis-Grenzprofils im Franz Josef-Stollen des Hallstätter Salzberges.

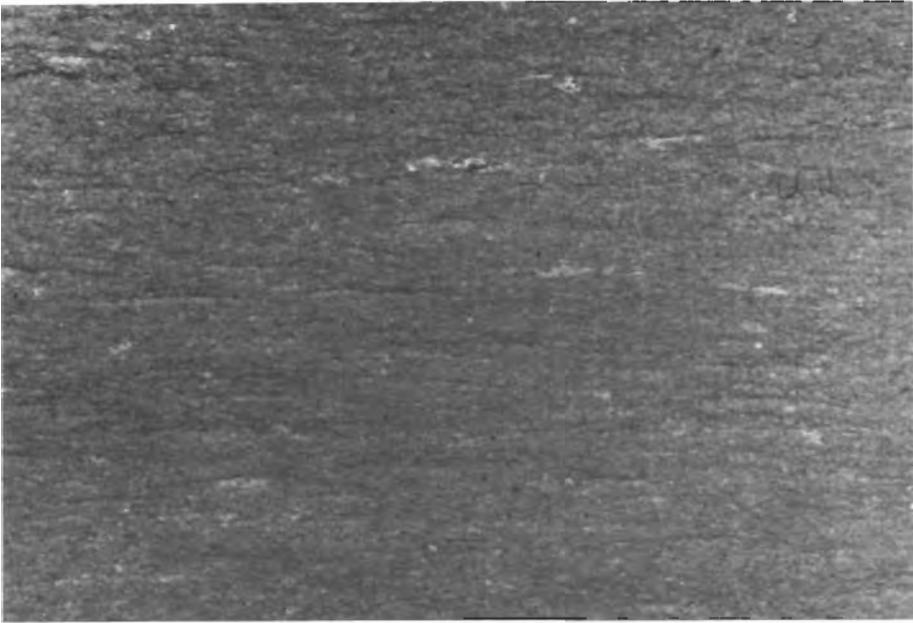


Abb. 12: Dünnschliff eines feingeschichteten mikritischen dolomitischen Kalkes (Probe FJ 13).  
Bildbreite 18,7 mm.

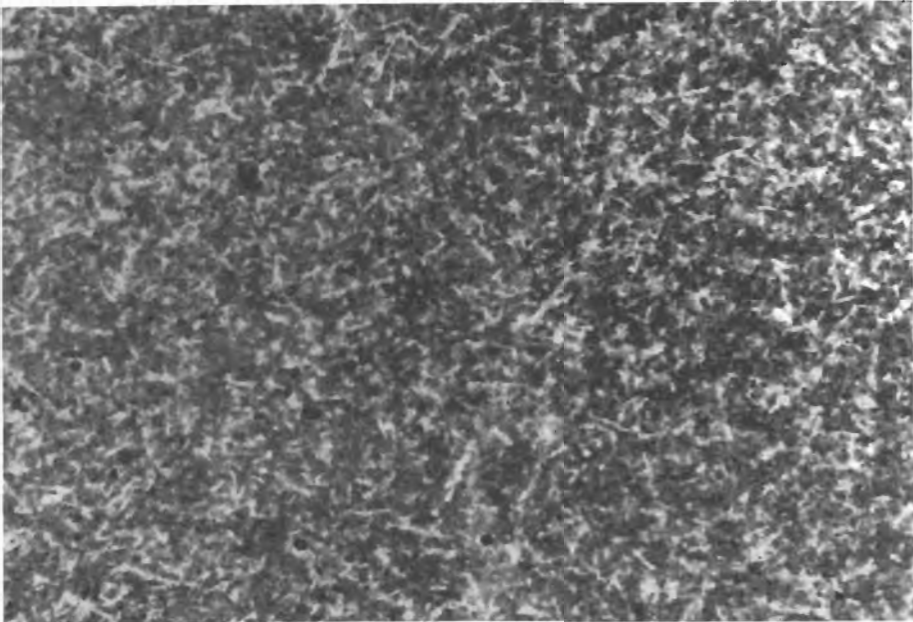


Abb. 13: Dünnschliff eines dichten Dedolomits mit reichlich Gips-Porphyroblasten (Probe FJ 20).  
Bildbreite 7 mm.



### 3.2. Stinkdolomit-anhydrit-Profil des Oberskyth/Unteranis

Diese Gesteine im Hallstätter Salzberg haben insofern eine große Bedeutung erlangt, als ein Teil von ihnen jüngst durch S-Isotopendatierungen und Pollen/Sporen-Assoziationen dem Skyth/Anis-Grenzniveau zugerechnet wurde (KLAUS 1965, 1974; PAK 1982; PAK & SCHAUBERGER 1981).

Ziel der Untersuchungen war es, durch Profilaufnahme eines gut aufgeschlossenen und tektonisch ungestörten untertägigen Vorkommens erste sedimentologisch-fazielle und geochemische Daten zu gewinnen.

Das größte Vorkommen liegt im vorderen Teil des Franz Josef-Horizontes (Stollenmeter 350–377) und wurde durch zwei S-Isotopenproben (PAK 1982:189) als Oberskyth eingestuft. Abb. 11 gibt das Profil wieder, das sich aus einer monotonen Wechselfolge von Kalk/Dolomitbänken mit Anhydritlagen aufbaut. Die im Dünnschliff untersuchten Karbonate (meist dolomitische Kalke mit Spuren von Magnesit im XRD) zeigen sich als völlig sterile mudstones, meist feingeschichtet (Abb. 12) mit häufigen Gipsporphyroblasten (Abb. 13) als frühdiagenetische Sprossung im salinaren Milieu. Selten konnten mm-große hydratisierte Anhydritknöllchen festgestellt werden. Säureproben auf Mikrofossilien verliefen negativ.

Auf Grund der bisherigen Kenntnis scheint die Annahme eines subtidalen, hypersalinen, anaeroben Beckenbereiches für die Bildung der fossilfreien, strukturarmen, häufig laminierten und bituminösen Siltsteine, Anhydrite und Karbonate am wahrscheinlichsten. Möglicherweise handelt es sich bei diesem Profil (Abb. 11) um die den weitverbreiteten Rauhacken (Grenzbereich Werfener Schichten/Gutensteiner bzw. Reichenhaller Schichten – vgl. MOSTLER & ROSSNER 1984, HESS 1985) vergleichbare und parallelisierbare Salinarentwicklung im Zentrum eines abgeschnürten flachen Beckenbereichs. Leider sind weder Liegend- noch Hangendgrenze aufgeschlossen.

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Die aus den Salzbergbauen von Dürrnberg/Hallein und Hallstatt beschriebenen Detailprofile geben erste Einblicke in die Ablagerungsgeschichte des permoskythischen Salinars der Nordkalkalpen. Auf Grund der noch zu geringen Datenmenge – vor allem was die laterale Verbreitung und exakte Alterseinstufung betrifft – können zur faziellen Entwicklung nur wenige Angaben gemacht werden. Außerdem muß berücksichtigt werden, daß sich sämtliche sedimentären Abfolgen im penesalinen environment (nach SLOSS 1953) bewegen und über den Übergang zur eigentlichen salinaren NaCl-Fazies bzw. deren Sedimentationsgeschichte kaum Daten existieren.

Wenn von einem "rift-related evaporite"-Modell (BAUER 1974, SEDLETSKY et al. 1984) für das Oberperm ausgegangen wird (KIRCHNER 1980, LEIN 1987, SPÖTL 1987 a), so können mit Gewißheit nur Teile des initial-evaporitischen Sabkha-environments (Anhydrite in Hallein und Hallstatt), sowie einer randlichen red bed-Fazies (Hallein und Hallstatt, vgl. SPÖTL 1987 b, c) rekonstruiert werden. Zudem muß mit hohem und häufigem terrigenen input in das Grabenbruchsystem gerechnet werden, der sich in den generell hohen unlöslichen Rückstandsbeträgen der Gesteine und den auffallend häufigen Silt/Tonstein-Komponenten des Alpenin Haselgebirges manifestiert. Somit dürfte die Annahme einer perennierenden, subaquatischen Evaporitsedi-

mentation gemäß einem "deep basin"-Modell (KENDALL 1984) zugunsten episodischer mariner (vorkonzentrierter ?) Überflutungen mit anschließender Ausbildung von marginalen sand flats, mud flats und Küsten-Sabkhas sowie zentraler Halitausfällung unter extrem seichten bis subaerischen Bedingungen fallen gelassen werden. Gegen eine Beteiligung meteorischer, nicht-mariner Lösungen (etwa in einer Playa-ähnlichen Position) sprechen die im Einklang mit der „Holser-Kaplan-Kurve“ (CLAYPOOL et al. 1980) stehenden  $\delta^{34}\text{S}$ -Werte, sowie die zwischen 93 und 125 ppm schwankenden Br-Gehalte des Steinsalzes (SCHAUBERGER 1986).

Zwei interessante Aspekte seien abschließend hervorgehoben. Zum einen könnte es sich bei dem vorgestellten Skyth/Anis-Grenzprofil im Hallstätter Salzberg um eine zeitlich wie faziell dem Dolomitanhydrit des Haller Salzberges (SPÖTL 1988a) durchaus vergleichbare Entwicklung handeln, welche ihrerseits im östlichen Karwendel und Rofan Gebirge stellenweise mit fossilführenden Reichenhaller Kalken verzahnt (SPÖTL 1988b). Eine mögliche Korrelation dieser „Reichenhaller Wende“ (SCHLAGER & SCHÖLLNBERGER 1975) mit dem ins obere Spathian zu stellende San Lucano Member der Südalpen (vgl. NERI & POSENATO 1985) wurde jüngst im Drauzug aufgezeigt (KRAINER 1987:77).

Zum zweiten konnten nunmehr auch im Halleiner Salzberg randlich-evaporitische red bed-Abfolgen vom Typ „Nördliche Einlagerung“ (SPÖTL 1987b, c) aufgefunden werden, die eindeutig dem Oberperm zuzuordnen sind. In diesem Zusammenhang sei auf die altbekannte Tatsache verwiesen, daß bestimmte Haselgebirgsstraten (SCHAUBERGER 1949, 1986) vereinzelt tektonisch aufgelöste Brockenzüge von sog. „Salzsandsteinen“ führen. Erste Proben aus dem Salzbergbau Altaussee erwiesen sich makro- und mikroskopisch identisch den im Profil Endlicher Schurf (Dürrnberg) kurz beschriebenen Klastika (Arkosen, authigene K-Feldspatsäume, Anhydrit/Halitmatrix, etc.). SCHAUBERGER (1986:Tab. 8) lieferte SM-Daten dieser Sandsteine. Inwieweit diese oberpermischen Klastika mit den grünen gipsbegleitenden Klastika der Mitterberger Schichten zu korrelieren sind, wird noch zu prüfen sein (vgl. SPÖTL 1988b).

#### Dank

Der Generaldirektion der Österreichischen Salinen AG danke ich für die Genehmigung der Grubenbefahrung und Probennahme. Herr Univ.-Prof. Dr. Helfried MOSTLER ermöglichte mir die Durchführung der Schwefelisotopenbestimmungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität Wien (Analytiker: Dr. E. PAK), wofür ich ihm sehr verbunden bin. Herr Univ.-Doz. Dr. Rainer BRANDNER und Frau Univ.-Prof. Dr. Elisabeth KIRCHNER lasen dankenswerterweise kritisch das Manuskript.

#### 5. Literatur

- BAUER, J. (1974): Evaporites de rift. — Rev. Geogr. Phys. Dyn. (2), 16/2, 209–234, Paris.
- BRANDNER, R., DONOFRIO, D.A., 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). — 5<sup>th</sup> European regional meeting of sedimentology (IAS), poster presentation, 2 p., Marseille.

- CASTENS-SEIDELL, B. & HARDIE, L.A. (1983): Gypsum-anhydrite deposition in sabkhas: New observations from the Holocene tidal flats of the N.W. Gulf of California, Baja California. – *Geol. Soc. Amer., Abstracts with Programs*, 15/6, No. 23260, New York.
- 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, Amsterdam.
- CLEMMENSEN, L., HOLSER, W.T. & WINTER, D. (1985): Stable isotope study through the Permian-Triassic boundary in East Greenland. – *Bull. geol. Soc. Denmark*, 33, 253–260, Copenhagen.
- DEAN, W.E. & ANDERSON, R.Y. (1975): Sedimentological significance of nodular and laminated anhydrite. – *Geology*, 3, 367–372, Boulder.
- & ANDERSON, R.Y. (1982): Continuous subaqueous deposition of the Permian Castile Evaporites, Delaware Basin, Texas and New Mexico. – [In:] HANDFORD, C.R., LOUCKS, R.G. & DAVIES, G.R. (eds.): *Depositional and diagenetic spectra of evaporites*. – *Soc. Econ. Paleont. Miner., Core Workshop*, 3, 324–353, Calgary.
- FUCHS, W. (1985): Großtektonische Neuorientierung in den Ostalpen und Westkarpaten unter Einbeziehung plattentektonischer Gesichtspunkte. – *Jb. Geol. B.-A.*, 127/4, 571–631, Wien.
- HADITSCH, J.G. (1965): Die Gipslagerstätte bei Admont und ihre Kupfererzspuren. – *Arch. Lagerstättenforsch. Ostalpen*, 3, 125–142, Leoben.
- & MOSTLER, H. (1974): Mineralisation im Perm der Ostalpen. – *Carinthia II*, 164/84, 63–71, Klagenfurt.
- & MOSTLER, H. (1982): Late Variscan and early Alpine mineralization in the Eastern Alps. – [In:] AMSTUTZ, G.C. (ed.): *Ore genesis. The state of the art*, 582–589, Berlin (Springer).
- HESS, R. (1985): Petrographie, Sedimentologie und Paläogeographie der Permoskythschichtfolge zwischen Liezen und dem Johnsbachtal (Stmk.) unter besonderer Berücksichtigung der grobklastischen, basalen Anteile. – *Veröff. Diss. Geol. Inst. Univ. Erlangen-Nürnberg*, 267 S., Erlangen.
- HOLSER, W.T. (1966): Diagenetic polyhalite in recent salt from Baja California. – *Amer. Miner.*, 51, 99–109, Lancaster.
- (1984): Gradual and abrupt shifts in ocean chemistry during Phanerozoic time. – [In:] HOLLAND, H.D. & TRENDALL, A.F. (eds.): *Patterns of change in earth evolution*. – *Dahlem Konferenzen 1984*, 123–143, Berlin (Springer).
- KASTNER, M. & SIEVER, R. (1979): Low temperature feldspars in sedimentary rocks. – *Amer. J. Sci.*, 279, 435–479, New Haven.
- KENDALL, A.C. (1984): Evaporites. – [In:] WALKER, R.G. (ed.): *Facies models*. – *Geoscience Canada Reprint Series*, 1, 259–298, Ottawa.
- KIRCHNER, E.C. (1978): Eine Paragenese seltener Kupferminerale auf Diabas von Webing bei Abtenau, Salzburg. – *Aufschluß*, 29, 351–354, Heidelberg.
- (1980): Vulkanite aus dem Permoskyth der Nördlichen Kalkalpen und ihre Metamorphose. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, 71/72, 385–396, Wien.
- KLAPCINSKI, J. (1986): The Leine Anhydrite of the Polish Zechstein: a significant lithostratigraphical marker-unit. – [In:] HARWOOD, G.M. & SMITH, D.B. (eds.): *The English Zechstein and related topics*. – *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 22, 217–222, Oxford.

- KLAUS, W. (1965): Zur Einstufung alpiner Salztone mittels Sporen. -- Verh. Geol. B.-A., Sh. G, 288–292, Wien.
- (1974): Neue Beiträge zur Datierung von Evaporiten des Ober-Perm. – Carinthia II, 164/84, 79–85, Klagenfurt.
- KRAINER, K. (1987): Zusammensetzung und fazielle Entwicklung des Alpenen Buntsandsteins und der Werfener Schichten im westlichen Drauzug (Kärnten/Osttirol). – Jb. Geol. B.-A., 130/1, 61–91, Wien.
- LANGBEIN, R. (1979): Petrologische Aspekte der Anhydritbildung. – Z. geol. Wiss., 7/7, 913–926, Berlin.
- LEIN, R. (1987): Evolution of the Northern Calcareous Alps during Triassic time. – [In:] FLÜGEL, W. & FAUPL, P. (eds.): Geodynamics of the Eastern Alps, 85–102, Wien (Deuticke).
- LICHTENEGGER, G. (1960): Gips/Anhydrit vom Lauffener Erbstollen. Lage, Struktur und mögliche Erstreckung. – Unveröff. lagerstättenkundliche Diplomarbeit, Montanuniv. Leoben, 54 S., Leoben.
- MAIKLEM, W.R., BEBOUT, D.G. & GLAISTER, R.P. (1969): Classification of anhydrite – a practical approach. – Bull. Can. Petrol. Geol., 17/2, 194–233, Calgary.
- MOSTLER, H. & ROSSNER, R. (1984): Mikrofazies und Palökologie der höheren Werfener Schichten (Untertrias) der Nördlichen Kalkalpen. – Facies, 10, 87–144, Erlangen.
- NERI, C. & POSENATO, R. (1985): New biostratigraphical data on uppermost Werfen Formation of western Dolomites (Trento, Italy). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 14/3, 83–107, Innsbruck.
- PAAR, W.H. & CHEN, T.T. (1982): Kesterit und Zn-hältiger Tennantit von Webing bei Abtenau, Salzburg. – Mitt. Österr. Miner. Ges., 128, 25–28, Wien.
- PAK, E. (1982): Schwefelisotopenuntersuchungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik III. – Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 118, 187–199, Wien.
- & SCHAUBERGER, O. (1981): Die geologische Datierung der ostalpinen Salzlagerstätten mittels Schwefelisotopenuntersuchungen. – Verh. Geol. B.-A., 1981/2, 185–192, Wien.
- PIERRE, C. (1985): Polyhalite replacement after gypsum at Ojo de Liebre Lagoon (Baja California, Mexico): An early diagenesis by mixing of marine brines and continental waters. – [In:] SCHREIBER, B.C. & HARNES, H.L. (eds.): 6<sup>th</sup> Symposium on Salt, Toronto 1983, 1, 257–265, Alexandria (Salt Institute).
- PILOT, J., RÖSLER, H.V. & MÜLLER, P. (1972): Zur geochemischen Entwicklung des Meerwassers und mariner Sulfate im Phanerozoikum mittels Untersuchung von S-, O- und C-Isotopen. – Neue Bergbautechnik, 2, 161–168, Berlin.
- PRESLEY, M.W. (1987): Evolution of Permian Evaporite Basin in Texas Panhandle. – Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., 71/2, 167–190, Tulsa.
- RICHTER-BERNBURG, G. (1985): Zechstein-Anhydrite – Fazies und Genese. – Geol. Jb., A85, 3–82, Hannover.
- SCHAUBERGER, O. (1949): Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. – Berg- u. Hüttenm. Mh., 94/3, 46–56, Wien.
- (1986): Bau und Bildung der Salzlagerstätten des ostalpinen Salinars. – Arch. Lagerstättenforsch. Geol. B.-A., 7, 217–254, Wien.

- SCHLAGER, W. & SCHÖLLNBERGER, W. (1975): Das Prinzip stratigraphischer Wenden in der Schichtfolge der Nördlichen Kalkalpen. – Mitt. österr. geol. Ges., 66/67, 165–193, Wien.
- SCHULZE, G. (1960): Ein Beitrag zur Genese des Polyhalits im deutschen Zechstein-salinar. – Z. angew. Geol., 6/7, 310–317, Berlin.
- SEDLITSKY, V.I., BAIKOV, A.A. & BOIKO, N.I. (1984): Structure and formation of evaporite formation. – Proceedings 27<sup>th</sup> Int. Geol. Congress, 4, 147–159, Moscow (VNU Science Press).
- SLOSS, L.L. (1953): The significance of evaporites. – J. Sedim. Petrol., 23/3, 143–161, Tulsa.
- SONNENFELD, P. (1984): Brines and evaporites. – 613 p., Orlando (Academic Press).
- SPÖTL, C. (1987 a): Sedimentologisch-fazielle und geochemische Untersuchungen am permoskythischen Salinar der Nördlichen Kalkalpen. – Unveröff. geol. Diplomarb. Univ. Innsbruck, 130 S., Innsbruck.
- (1987b): Eine klastisch-evaporitische Oberperm-Entwicklung im Hallstätter Salzberg (Salzkammergut, Österreich). – [In:] KOCH, R., MÜLLER, G. & SCHMITZ, W. (Hrsg.): 2. Treffen deutschsprachiger Sedimentologen, Heidelberg 1987. – Heidelberger geowiss. Abh., 8, 228–230, Heidelberg.
- (1987c): Eine klastisch-evaporitische Oberperm-Entwicklung im Hallstätter Salzberg (Salzkammergut, Österreich). – Mitt. österr. geol. Ges., 80, 115–141, Wien.
- (1988 a, im Druck): Evaporitische Fazies der Reichenhaller Formation (Skyth/Anis) im Haller Salzberg (Tirol). – Jb. Geol. B.-A., 131/1, Wien.
- (1988b, im Druck): Zur Altersstellung permoskythischer Gipse im Raum des östlichen Karwendelgebirges (Tirol). – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 14, Innsbruck.
- STABLEIN, N.K. & DAPPLES, E.C. (1977): Feldspars of the Tunnel City Group (Cambrian), Western Wisconsin. – J. Sedim. Petrol., 47/4, 1512–1538, Tulsa.
- STEWART, F.H. (1949): The petrology of the evaporites of the Eskdale no. 2 boring, east Yorkshire. – Min. Mag., 206, 621–675, London.
- SUTTNER, L.J. & BASU, A. (1977): Structural state of detrital alkali feldspars. – Sedimentology, 24, 63–74, Oxford.
- WARREN, J.K. & KANDALL, C.G.S.C. (1985): Comparison of sequences formed in marine sabkha (subaerial) and saline (subaqueous) settings – modern and ancient. – Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull., 69/6, 1013–1023, Tulsa.