

ZUR ALTERSSTELLUNG PERMOSKYTHISCHER GIPSE IM RAUM DES ÖSTLICHEN KARWENDELGEBIRGES (TIROL)

Ch. Spötl, Innsbruck

INHALT

Zusammenfassung

Abstract

1. Einleitung und Problemstellung
2. Kurzcharakterisierung der wichtigsten Salinar-Aufschlüsse
3. Geochemie der Gipsgesteine
4. Sedimentologie und Sedimentpetrographie der grünen Haselgebirgsklastika
 - 4.1. Sedimentstrukturen
 - 4.2. Mineralbestand
5. Korrelation: Grüne Haselgebirgsklastika - Mitterberger Schichten (Oberperm)
6. Fazielle Interpretation der permoskythischen Evaporite im Untersuchungsgebiet

Dank

Literatur

Zusammenfassung

Die evaporitischen Serien des Permoskyth im Bereich der Karwendel-Schuppenzone zwischen Hall in Tirol und Rofangebirge wurden sedimentologisch untersucht, wobei mittels neuer S-Isotopendaten die stratigraphische Einstufung durchgeführt wurde. So konnten erstmalig im Gelände oberpermische Anteile (Alpines Haselgebirge) von Evaporiten des Skyth/Anis-Grenzniveaus (Reichenhaller Fm.) differenziert werden. Erstere zeichnen sich durch die reichliche grüne Klastikaführung aus und werden mit den Mitterberger Schichten des Mittelabschnittes der Nordkalkalpen parallelisiert.

Die Reichenhaller Evaporite treten stets in Wechsellagerung mit Karbonaten und Rauhacken auf und zeigen mancherorts eine charakteristische Fluoritmineralisation.

Durch zwei S-Isotopenwerte wurde erstmalig die Einstufung der Mitterberger Schichten an der Typlokalität und im Profil Karlgraben/Dachsteinsüdseite als Oberperm bestätigt.

Abstract

Recent investigations in Permo-Scythian evaporites of the realm between Hall in Tyrol and the Rofan Mountains (Northern Calcareous Alps, Austria) are recorded. Based on new S-isotope data and sedimentological analyses, a clear distinction can be made between two independent saline phases: the first one occurred in Upper Permian (Alpine Haselgebirge Fm.) and displays typically marine S-isotope values of appr. + 11‰ CDT. At the Scythian-Anisian turning point a second saline development resulted in the deposition of Ca-sulfates, carbonates and collapse-breccias. S-isotope data are compatible with the world-wide Röt event, characterized by values of appr. + 25‰ CDT.

1. Einleitung und Problemstellung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, durch Untersuchung gipsführender Aufschlüsse im Raum des östlichen Karwendels und Rofangebirges neue Daten zur Stratigraphie und Fazies des Permoskyth in diesem Raum beizutragen. Die Einstufung der Ca-Sulfatgesteine erfolgte durch Schwefelisotopenbestimmung.

Es treten in diesem tektonisch komplizierten Gebiet der Nördlichen Kalkalpen mehrere lithologische Ausbildungen permoskythischer Gesteine auf:

- (1) Rote bis weiße Quarzsandsteine, Siltsteine und Schiefertone, z.T. mit Magnesitknollen (EISBACHER, 1969), die - ohne detailliert bearbeitet worden zu sein - generell dem Alpinen Buntsandstein zugerechnet werden (LECHLEITNER, 1878, AMPFERER & OHNESORGE, 1924, AMPFERER & HEISSEL, 1950, EISBACHER, 1963, 1964).
- (2) Grünliche Sandsteine, Silt- und Tonsteine, stets vollkommen tektonisch aufgelöst, häufig mit

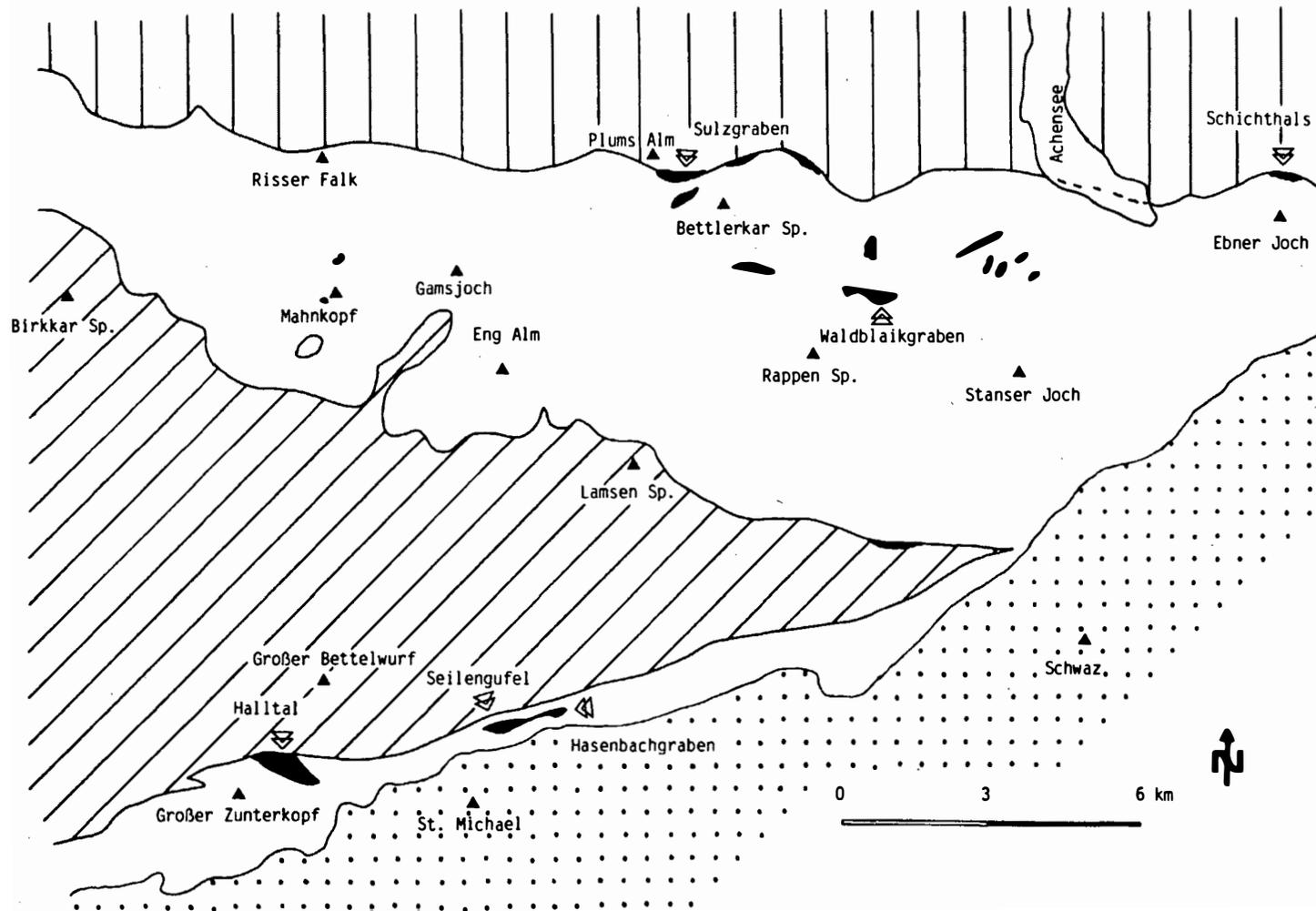


Abb. 1: Tektonische Übersichtskarte (n. HEISSEL, 1978) mit der Lage der größeren permoskythischen Salinarvorkommen zwischen Halltal und Rofengebirge. Die Doppelpfeile weisen auf Lokalitäten, von denen Schwefelisotopenanalysen vorliegen.

Legende: Schrägschraffur = Inntaldecke
 Vertikalschraffur = Lechtaldecke
 Weiß = Karwendel-Schuppenzone
 Schwarz = Salinarausbisse

Steinsalz-hohlformen und in Begleitung von Gipsen. Sie werden dem Alpenen Haselgebirge zugeordnet.

- (3) Dunkle, häufig bituminöse Dolomite und Kalke z.T. kavernös, selten fossilführend (*Neritaria stanensis* (PICHLER), *Dadocrinus gracilis* (BUCH) und *Costatoria costata* (ZENKER) in höheren Partien) vom Typus Reichenhaller Schichten. Sie wechsellagern im liegenden Abschnitt mit Gipsbänken, die aufgrund ihrer S-Isotopenzusammensetzung mit dem Dolomitanhydritkomplex des Haller Salzberges (SPÖTL, 1988) korreliert und ins Skyth/Anis-Grenzniveau gestellt werden können.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die beiden letzteren Ausbildungen, die häufig an tektonischen Schwächezonen und großen Bewegungsbahnen wirr verknetet und zerquetscht auftreten (Abb. 1).

2. Kurzcharakterisierung der wichtigsten Salinar-Aufschlüsse (s. Abb. 1)

2.1. Halltal und Haller Salzberg

Der vermutlich zur Karwendel-Schuppenzone zu stellende Salinarkomplex (HEISSEL, 1978, 1981) besitzt, nach den Untertage- und Übertageaufschlüssen zu urteilen, eine E-W-Mindesterstreckung von 3 km (Grubengebäude: 2.6 km) bei einer maximalen Mächtigkeit von mindestens 700 m, wobei die Liegendgrenze nicht bekannt ist.

Weitere Daten zur Tektonik und Lagerstättenbeschaffenheit sind HIMMELBAUER, 1931, SCHMIDEGG, 1951 und SCHAUBERGER, 1968, zu entnehmen. Ein vollständiges Literaturverzeichnis findet sich in SPÖTL, 1987a.

Pollen/Sporen- und S-Isotopenuntersuchungen (KLAUS, 1953, 1965, PAK, 1982, PAK & SCHAUBERGER, 1981, SPÖTL, 1988) bestätigen neben dem Vorhandensein eines mächtigen Dolomitanhydritkomplexes im Reichenhaller Niveau auch eindeutige oberpermische Haselgebirgs-Evaporite im Liegenden. Nähere sedimentologische Daten letzterer fehlen und dürften aufgrund des raschen Verfalls des Grubengebäudes (Stille 1967) wohl kaum mehr erbracht werden. Weiterführende Daten zur Sedimentologie und Fazies des Reichenhaller Evaporitanteils sind SPÖTL, 1987a, 1988, zu entnehmen.

2.2. Lokalität Seilengufel und Hasenbachgraben NE Hall i.T.

In der Karwendel-Schuppenzone zwischen Halltal-Durchbruch und Walderjoch wurde an mehreren Stellen Salinarmaterial an tiefgreifenden Schuppenzonen hochgeschüfirt. So nachweislich an der Hangendgrenze des liegenden Hauptdolbmits zum tektonisch darüberfolgenden Kössener Schichtpaket und an der Grenze von Aptychenschichten zu invers lagernden Raibler Schichten (SPÖTL, 1987a).

Das Vorkommen in der Seilengufel befindet sich am orographisch rechten Rand des oberen Urschenbaches und zeigt auf ca. 20 m Aufschlußbreite stark tektonisierte grüne Siltsteine und Schiefertone mit dm-mächtigen Gipsbänken. Eine S-Isotopenanalyse (Probe G 2) ergab einen typischen Oberperm-Wert: + 11.2‰ CDT. Sicher anzusprechende Reichenhaller Gesteine wurden nicht gefunden.

Der Aufschluß im oberen Hasengraben ("Blauer Lahm Graben" im Volksmund) wurde bereits von AMPFERER, 1942: Fig. 35, beschrieben und von PAK, 1974: 170, durch zwei S-Isotopendatierungen ins Oberperm eingestuft. Allerdings dürften mit hoher Wahrscheinlichkeit auch Reichenhaller Rauhwacken und Kalkbreccien an diesem Aufschluß beteiligt sein.

2.3. Oberer Waldblaikgraben - Dristl-Alm SW Pertisau

Die kleinen zerstreuten Ausbisse wurden zuletzt von KRAUTER, 1968, auskartiert, nachdem vor ihm AMPFERER & HEISSEL, 1950, das Aufschlußareal (etwa im Bereich des "Wilden Mann"-Grabens) wesentlich zu groß eingezeichnet hatten.

Im oberen Teil des Waldblaikgrabens wurde ein NNE-SSW-Profil aufgenommen (s. Abb. 2). Es zeigt eine wirre Aufeinanderfolge von Reichenhaller Karbonaten, Rauhwacken und Gipsbänken mit eingeschuppten Resten grüner Haselgebirgsklastika. Zwei S-Isotopenproben von Gipsen dieses Aufschlusses lieferten folgende Werte:

Probe DR 1	+ 23.3‰ CDT
Probe DR 3	+ 24.2‰ CDT

Die Einstufung als Reichenhaller Evaporite ist damit abgesichert.

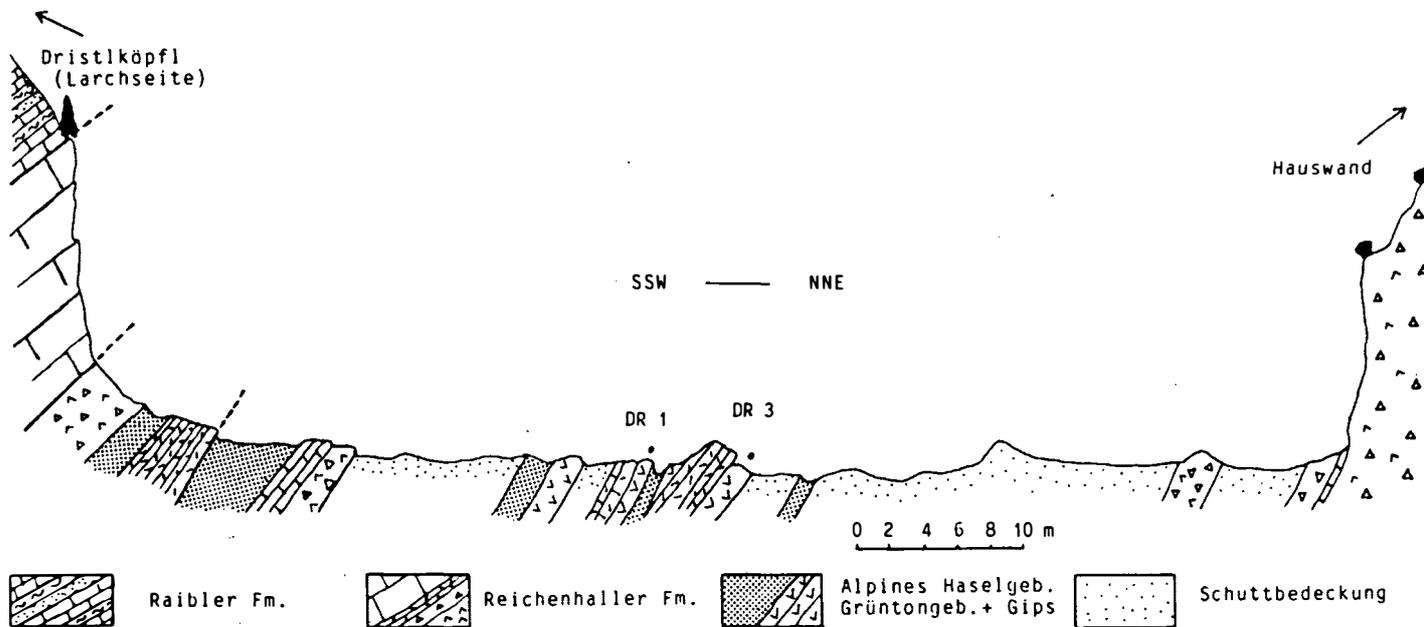


Abb. 2: Profil durch den oberen Teil des Waldblaikgrabens (SE Dristl-Alm) mit Lage der Schwefelisotopenprobenpunkte

2.4. Sulzgraben SW Plumsjoch am Achensee

Einen der größten Salinaufbrüche im Karwendel stellt das Gebiet des unteren und oberen Sulzgrabens dar, dessen Etymologie bereits eine Assoziation mit Salz i.w.S. verrät. Der großtektonischen Position nach ist dieses Vorkommen an den Nordrand der Karwendel-Schuppenzone (HEISSEL, 1978) zu stellen, wobei der felsbildende Wettersteinkalk der Schaufel-Spitze die tieferen Schichtglieder nordvergent überfahren hat.

Abb. 3 zeigt, daß die gipsführende Serie zwischen dem tektonisch liegenden Hauptdolomit der Lechtal-Decke und dem Wettersteinkalk eingeklemmt vorliegt. Es handelt sich um eine sicherlich tektonisch bedingte Wechselfolge von geringer lateraler Konstanz, an der Gesteine der Reichenhaller Fm., grüne und rötliche Haselgebirgs-Klastika und Gipsbänke (m-mächtig) beteiligt sind.

Hingewiesen werden soll noch auf die nur hier beobachtete reichliche Hämatitführung der grünen Sandsteine, eine Mineralisation, die ansonsten aus-

schließlich im Zusammenhang mit oberpermischen Diabasen, z.B. in Webing bei Abtenau (Salzburg), bekannt ist.

Zwei Gipsproben wurden auf ihre S-Isotopen-Zusammensetzung hin analysiert:

Probe SU 1	+ 23.9‰ CDT
Probe SU 2	+ 12.7‰ CDT

Somit dürfte neben einem durch Karbonate belegbaren Skyth/Anis-Anteil auch ein oberpermischer (Haselgebirgs-) Anteil in diesem Aufschluß vorliegen (vgl. Haller Salzberg).

2.5. Sonntagstell/Schichthals im Rofangebirge

Das Vorkommen liegt im tektonischen Grenzbereich zwischen dem östlichsten Ausläufer der Karwendel-Schuppenzone und der den übrigen Rofan aufbauenden Lechtal-Decke.

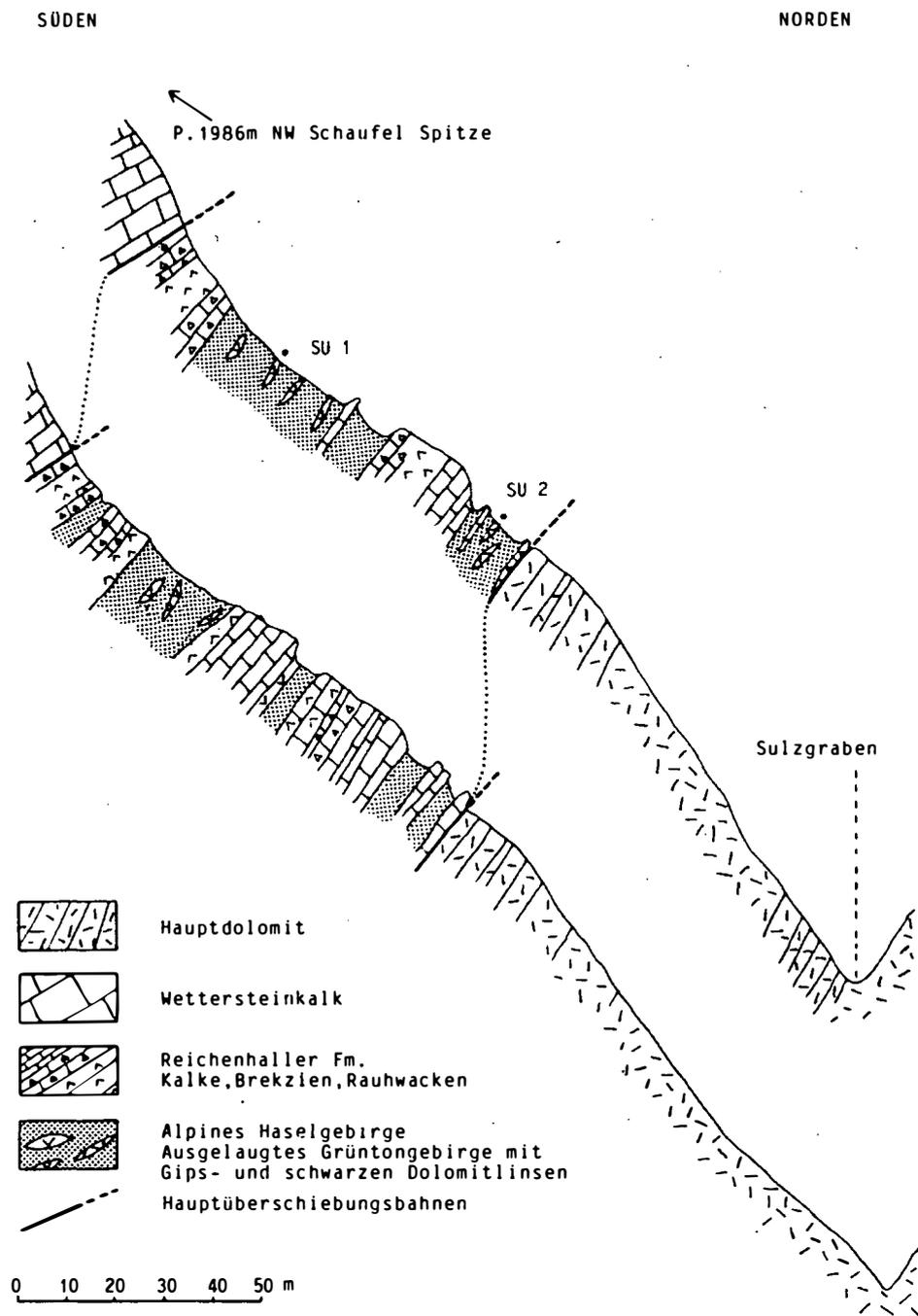


Abb. 3: Profilschnitte durch das Salinarvorkommen im oberen Sulzgraben (orogr. links) mit Lage der S-Isotopenproben

Die besten Aufschlüsse finden sich zwischen Schichthals und Sonntagstell und in den nach Osten hinabziehenden Gräben des Schichteneeders (vgl. AMPFERER, 1908: 295; 1942: Fig. 66). Das Profil (Abb. 4) weist im oberen Teil reichlich grüne Haselgebirgs-Klastika auf, während der mittlere und tiefere Abschnitt durch eine \pm sedimentäre Wechselfolge von m-mächtigen Gipsbänken mit kavernösen Dolomiten und vereinzelt fossilführenden Kalken mit

Neritaria stanensis (PICHLER) - Abb. 5 - bestimmt wird.

Eine ältere S-Isotopenprobe (PAK, 1974: 191 - dort allerdings fälschlicherweise als "Lachwaldspitze am Achensee" geführt) lieferte den erwarteten hoch positiven $\delta^{34}\text{S}$ -Wert von + 25.6‰ CDT. Als weiteres geochemisches Charakteristikum sei auf die wiederholt anzutreffende violette Fluoritmine-

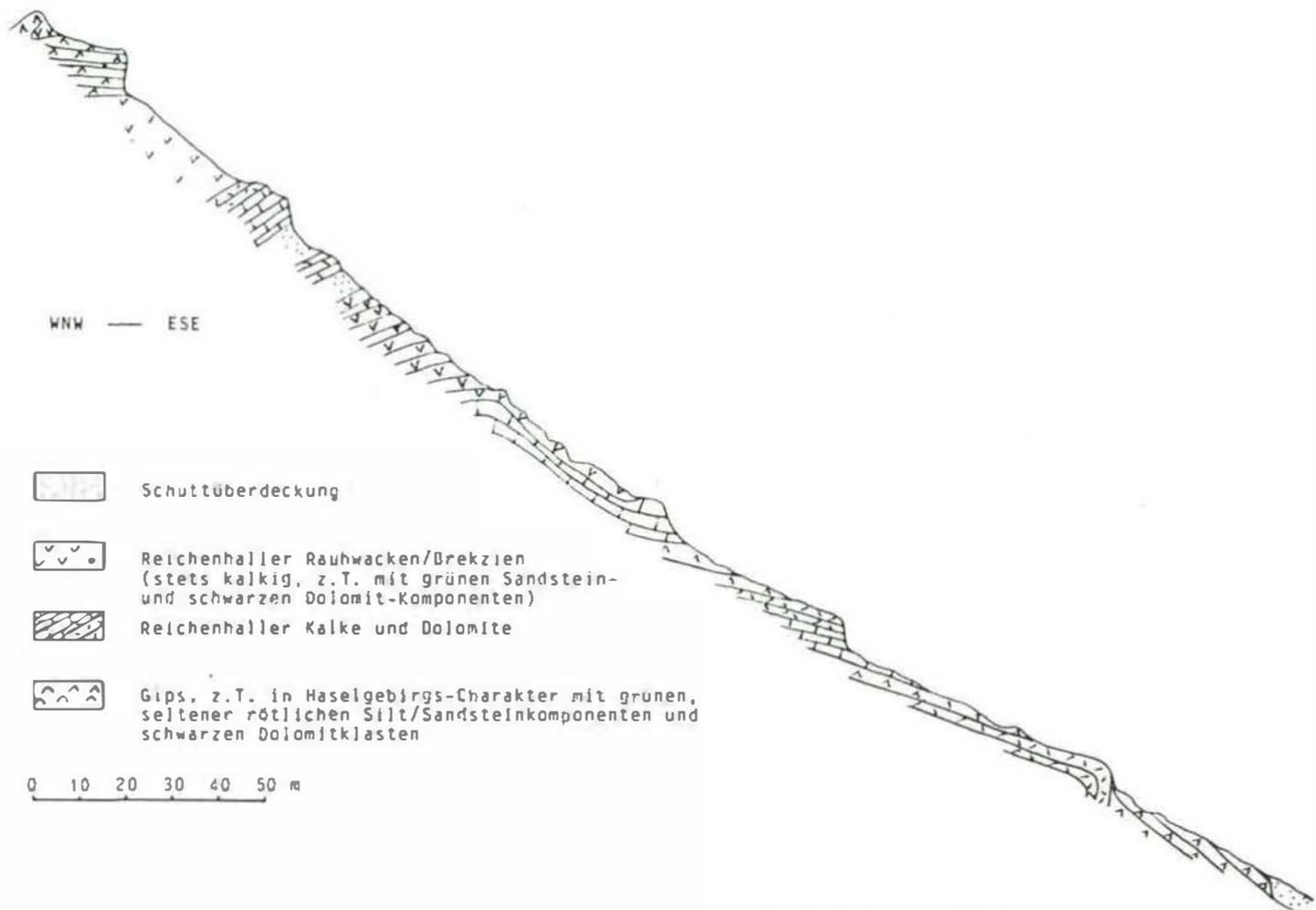


Abb. 4: Profil durch die gipsführende Reichenhaller Abfolge im Bereich E Sonntagstell (Rofan)



Abb. 5: Dünnschliff eines Gastropoden-Pelmikrits aus den Reichenhaller Schichten des Aufschlusses Sonntagstell mit Quer- und Längsschnitten von *Neritaria stanensis* (PICHLER). Probe Schi 2. Bildbreite = 16 mm

ralisation hingewiesen, die häufig in unteranischen Karbonatgesteinen auftritt (vgl. GÖTZINGER & WEINKE, 1984, GÖTZINGER, 1985, WALLENTA & GÖTZINGER, 1985).

3. Geochemie der Gipsgesteine

Tab. 1 gibt einen ersten Überblick über einige Haupt-, Neben- und Spurenelemente der Gipsgesteine, gemessen mittels AAS in HCl-Aufschlüssen. Aufgrund der zu geringen Probenzahl und fehlender veröffentlichter Daten muß von einer geochemischen Differenzierung

oberpermischer und untertriadischer Ca-Sulfatgesteine (vgl. BODE et al., 1987) vorerst Abstand genommen werden. Möglicherweise dürften jedoch erstere im Schnitt einen etwas höheren Background für Cu, Pb, Zn (U) aufweisen, was generell aus der spurenhafte Mineralisation im Oberperm abgeleitet werden kann. Weiters soll hingewiesen werden, daß sich in diesen obertägigen Gipsaufschlüssen häufig noch geringe Prozentsätze von Anhydrit (neben Magnesit und Dolomit) im XRD identifizieren ließen. Beim derzeit herrschenden Klima würde man eine vollständige Hydratation des Anhydrits erwarten (vgl. SHUKLA & FRIEDMAN, 1981).

Probe	Fundort	SO ₄	Ca	Mg	Fe	Sr	Mn	Zn
Schi 3	Schichthals	n.b.	23.9	0.4	2170	766	112	16
V 1	Mitterbergrunse	59.6	26.1	0.7	413	1530	20	11
SU 3	Oberer Sulzgraben	51.6	25.5	0.04	1835	2150	30	13
Schi 4	Schichthals	53.3	25.7	0.06	1600	1867	37	29
SU 1	Oberer Sulzgraben	56.3	25.3	2.7	910	2610	58	29

Tab. 1: Geochemische Analysen von permoskythischen Gipsgesteinen des Karwendel- und Rofangebirges. Angaben für SO₄, Ca und Mg in Gew.-%, Rest in ppm

4. Sedimentologie und Sedimentpetrographie der grünen Haselgebirgsklastika

Im folgenden werden die häufig auftretenden, grünlich gefärbten Sandsteine des Haselgebirges sedimentologisch näher charakterisiert. Das Hauptproblem dabei war, daß sich an keiner der untersuchten Lokalitäten ein primär zusammenhängendes Profil von mehr als 1 m erarbeiten ließ.

4.1. Sedimentstrukturen

4.1.1. Steinsalzkristallhohlformen, -skelette und -ausgüsse

Häufig treten lagenweise einige mm bis maximal 5 cm große kubische Hohlformen in den Sandsteinen auf, die eindeutig primären Halitkristallen zuzuschreiben sind. Sie wurden bereits von PICHLER, 1859: 174, aus dem Halltal beschrieben. Nicht selten finden sich auch Kristallskelette, aufgebaut aus einer Anzahl von zonar angeordneten Schalenkru-

sten, die mit grünen Siltfüllungen alternieren. Die hellen Schalenkrusten bestehen aus idiomorph begrenzten, klaren bis ziegelroten Quarzkriställchen (240–500 µm Durchmesser) und farblosen bis orange gefärbten Fe-Magnesiten (bis 3 mm Kantenlänge), die z.T. limonitisiert sind. Nach XRD-Untersuchungen und Einbettungsmethoden (vgl. KENNEDY, 1947) handelt es sich um die Glieder Breunnerit/Mesitinspat. Daneben treten auch "Pseudomorphosen" von Gips oder Siltmatrix nach Halit auf, die nicht selten eingedellte Kristallflächen und ausgezogene Kristallenden und -ecken zeigen, typische Kennzeichen von Halit-XX (sog. hopper im Angelsächsischen), die in äußerst flachen Salztümpeln (saline mud flats, sand flats, salt pans) bei starker Evaporation und großer Wachstumsgeschwindigkeit gebildet wurden (vgl. NEEV & EMERY, 1967, ARTHURTON, 1973, HANDFORD, 1982, HARDIE et al, 1985, LOWENSTEIN & HARDIE, 1985).

Ein Zusammenhang mit dem im Alpenen Haselgebirge recht häufigen Tonwürfelsalz (auch Jod- oder Kropfsalz genannt - Etymologie vgl. GÖRGEY, 1912: 377) drängt sich zwangsläufig auf (vgl. NOEGERATH, 1846, HAIDINGER, 1847, GÖRGEY, 1912, MAYER, 1913, WESTNER, 1951). Letzteres findet sich im Bereich der Salzberge untertage in verschiedenen Größenbereichen, eingewachsen in verschiedene Silt- und Tonsteine (graue, grüne, schwarze, rote) und zeigt neben seiner roten Farbe häufig verzerrte, von 90° deutlich abweichende Winkel. Beim vorsichtigen Herauslösen des NaCl bleibt in fast allen Fällen neben dispers verteiltem Hämatit (vgl. NEUMAYER, 1981: 78) ein filigranes Skelett aus Quarz und Fe-Magnesit-XX zurück (vgl. GRIMM, 1962a, b, HILLER & KELLER, 1965).

Die Genese dieser Steinsalzkristall-Ausgüsse und -Hohlformen, wofür in der Literatur eine Reihe von Termini existieren (Steinsalz-Pseudomorphosen, Sand-Steinsalz-Kristalle, Granokristalle, Steinsalz-Kristall-Relikte, Steinsalzkristalloide, Steinsalz-Kristall-Marken, etc.; im Angelsächsischen unter displace halite casts, skeletal halite, displace hopper crystals) ist je nach Form und Habitus verschieden (vgl. SOUTHGATE, 1982), im Detail auch heute noch nicht gänzlich geklärt (vgl. LINCK, 1946, GORNITZ & SCHREIBER, 1981, PARNELL, 1983, JOKOB, 1983, 1984, HAUSCHKE, 1985). Für die Bildung der Quarz- und Karbonatapatiten ist eine diagenetische Neubildung in salinaren elektrolyt-reichen Lösungen zu postulieren, die vollkommen an-

alog der weitverbreiteten Authigenese der biternierten "Salinarquarze" ist (vgl. GRIMM, l.c., NACHSEL, 1966, 1969, FRANZ, 1967, SCHETTLER, 1972).

4.1.2. Rippelmarken

Selten wurden Wellenrippelmarken mit $R_i = 7$, $H = 5-15$ mm gefunden.

4.1.3. Bioturbation und inkohlte Pflanzenreste

Die grünen Silt- und Sandsteine sind häufig durchwühlt. Selten wurden kohlige, unbestimmbare cm-große pflanzliche Reste gefunden und weisen mm- bis 1 cm dicke Grabgänge auf, die jedoch meist 2 mm stark und unverzweigt sind. Sie liegen \pm in der ss-Fläche. Daneben treten auch Spreitenbauten auf, die einen Durchmesser von ca. 1 cm aufweisen.

4.1.4. Tonscherben

Große siltige Intraklaste, meist sehr gut gerundet, sind lagenweise in den Sandsteinen anzutreffen. Die Größe liegt meist im Bereich von 1 cm.

4.1.5. Trockenrisse

Selten konnten Trockenrisse gefunden werden. Der Abstand der Netzleisten beträgt 2–4 cm.

4.1.6. Silcrete

Wenige mm dicke, dunkle, dichte Quarzkrusten treten auf unebenen, oft von Rissen durchzogenen Lagen der Sandsteine auf. Vermutlich handelt es sich dabei um pedogene Quarz-Zementation (Silcrete).

4.2. Mineralbestand

Es handelt sich um gut ausgewaschene, meist unter 1% Matrix führende Arkosen, lithische Arkosen bis Subarkosen (Abb. 6). Es sind gut sortierte, subgerundete bis gerundete, textuell reife Fein- bis Feinstsandsteine (selten Mittelsandsteine). Untersucht wurden die detritischen Komponenten Quarz, Feldspat, Gesteinsbruchstücke und Glimmerminerale, sowie Schwerminerale und Zement.

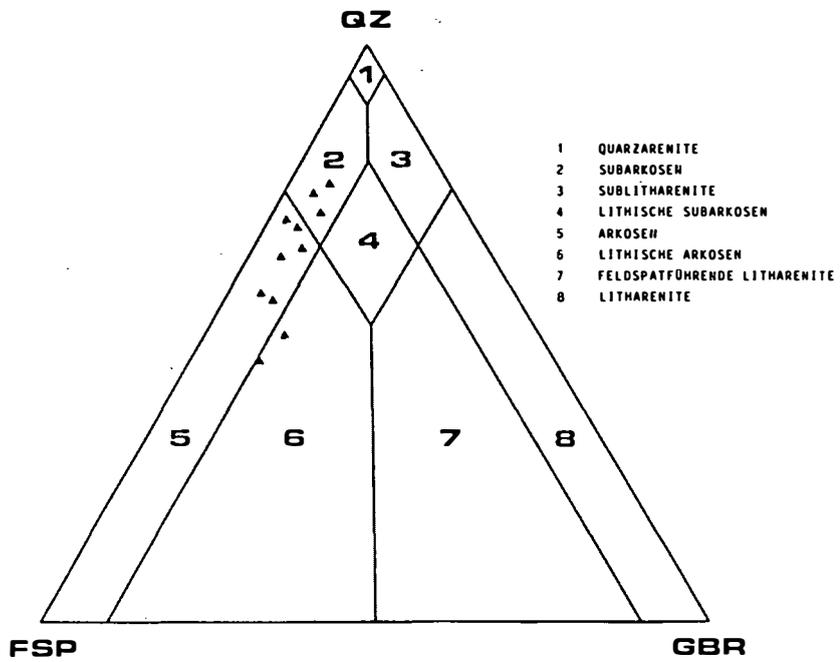


Abb. 6: Klassifikation der grünen Haselgebirgs-Sandsteine nach McBRIDE, 1963, modifiziert: Qz (mono- und polykristalliner Quarz) - Feldspäte - Gesteinsbruchstücke

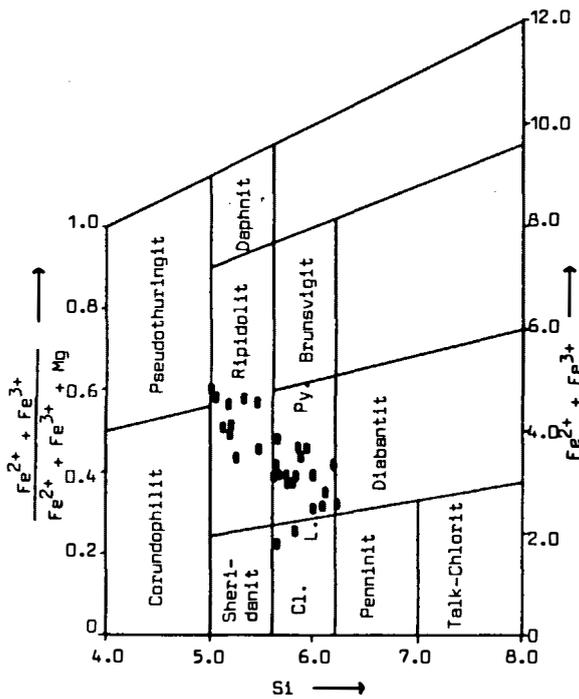


Abb. 7: Klassifikation der detritären Chlorite nach HEY, 1954

- Cl = Clinochlor
- L = Leuchtenbergit
- Py = Pyknochlorit

Quarz

Die hier betrachteten monokristallinen Quarze sind nicht bis schwach undulöse, z.T. einschlußreiche (u.a. winzige fluid inclusions, die oft lagig angeordnet sind) Kristalle, die durch die Bank diagenetisch weitergewachsen sind. Die ursprüngliche Kornform ist meist durch Pigmentierung bzw. spätdiagenetische Neuspaltung winziger Quarz-XX (s.u.) gut erkennbar. Porphy Quarze wurden nicht beobachtet.

Feldspäte

Die ursprünglich reichlich vorhandenen Feldspäte (hauptsächlich Kalifeldspäte) sind stets sehr stark bis komplett in Phyllosilikate umgesetzt und liegen i.d.R. als Pseudomorphosen vor. Maximale Interferenzfarben sind grauschwarz. Selten wurden Mikrokline beobachtet. In den Proben aus dem Utzschneider Werk/Haller Salzberg liegen die Feldspäte besser erhalten vor, sodaß gefolgert werden kann, daß die Feldspatersetzung bis dato andauert. Zwillinge wurden nicht gefunden.

Nach Mikrosondenanalysen handelt es sich um K-Feldspäte mit meist >90 Mol.-% Or. Sie sind jedoch stets weitgehend umgesetzt in ein Serizit/Chloritgemenge (mit ca. 3% FeO + Fe₂O₃ und 4–11% MgO in der Analyse).

Detritische Glimmer

Es herrschen Hellglimmer vor. Chlorite und gebleichte Biotite sind untergeordnet. Die analysierten Hellglimmer (EMPA) weisen 1–17 Mol.-% Par-An teil auf (meist 6–11).

Die Chlorite plotten nach HEY, 1954, i.w. in die Felder des Pyknochlorits und Ripidolits (Abb. 7), was gut mit den XRD-Analysen übereinstimmt. Nach FOSTER, 1962, handelt es sich um Mg-reiche Ripidolite und Brunsvigite. Neben grünen Chloritvarietäten wurden auch selten ungefärbte gefunden, z.T. in Paragenese mit Muskovit innerhalb eines Korns.

Gesteinsbruchstücke

- 1) Metamorphe GBR: Polykristalline Quarze treten in Form von "recrystallized metamorphic quartz" (KRYNINE, 1940) untergeordnet auf.
- 2) Sedimentäre GBR: sehr gut gerundete Feinsiltklasten bis cm-Größe (Übergänge zu flat pebbles).

3) Vulkanische GBR: fragliche chert-Fragmente.

Matrix

Die gut ausgewaschenen Feinsandsteine führen kaum Matrixanteile. Nur bisweilen ist lagenweise tonig-siltige Grundmasse eingeschaltet, aus der auch die aufgearbeiteten flat pebbles herzuleiten sind.

Zement

Es handelt sich zur Hauptsache um Quarz-Zement. Er tritt zum einen in Form von oft breiten syntaxialen Anwachssäumen auf, zum anderen als charakteristische, 5–10 µm große Nuklei von oft pseudokubischem Habitus (Identifikation im KEVEX) massenhaft an Korngrenzen.

Karbonatzement kommt nur akzessorisch vor. Fragliche Kaolinitaggregate konnten beobachtet werden.

Erzminerale

Nicht selten tritt Pyrit und vereinzelt auch Kupferkies (Identifikation im KEVEX) in den Opakfraktionen auf.

Schwerminerale

Wie aus Abb. 8 ersichtlich, besteht das SM-Spektrum zur Hauptsache aus Zi, Tu und Ap. Letzterer ist vielfach authigen neugebildet.

Zirkon

In wechselnden Häufigkeiten finden sich idiomorphe, oft zonierte Individuen und bereits zerbrochene, metamiktisierte Körner. In einem Fall (Probe SU 3) liegt die Vermutung auf diagenetische Neubildung nahe, zumal die Individuen sehr gehäuft beinahe größengleich und idiomorph auftreten (ca. 80 µm Länge).

Nicht selten trifft man auch im Schliff auf lagi-ge "Zirkonseifen", zusammen mit reichlich Opaksubstanz und Turmalin. Diese Zirkone sind oft von einem rostigen Hof umgeben, der möglicherweise radioaktiver Entstehung ist.

Turmalin

Er überwiegt in den meisten Fällen leicht über Zirkon. Es fanden sich nur braune Farbvarietäten. Etwa

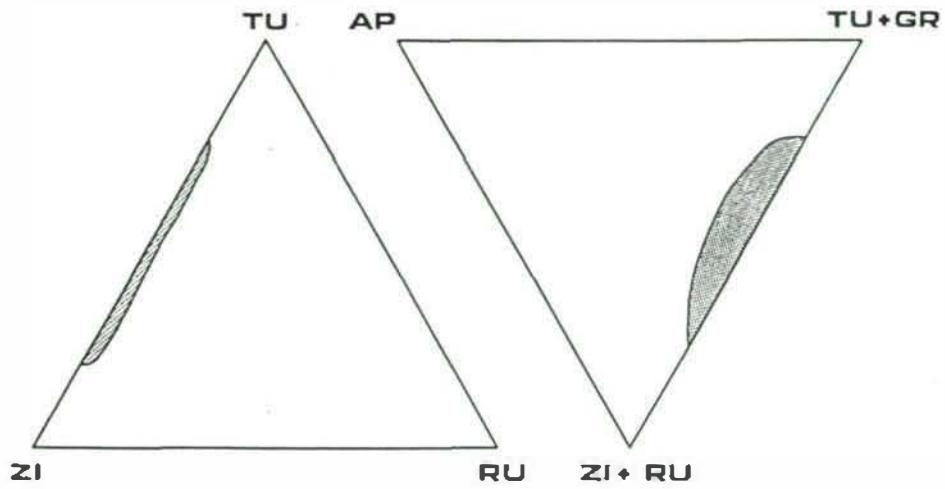


Abb. 8: Graphische Darstellung des SM-Spektrums der grünen Haselgebirgs-Klastika im Raum des Karwendels und Rofans. Probenzahl = 12

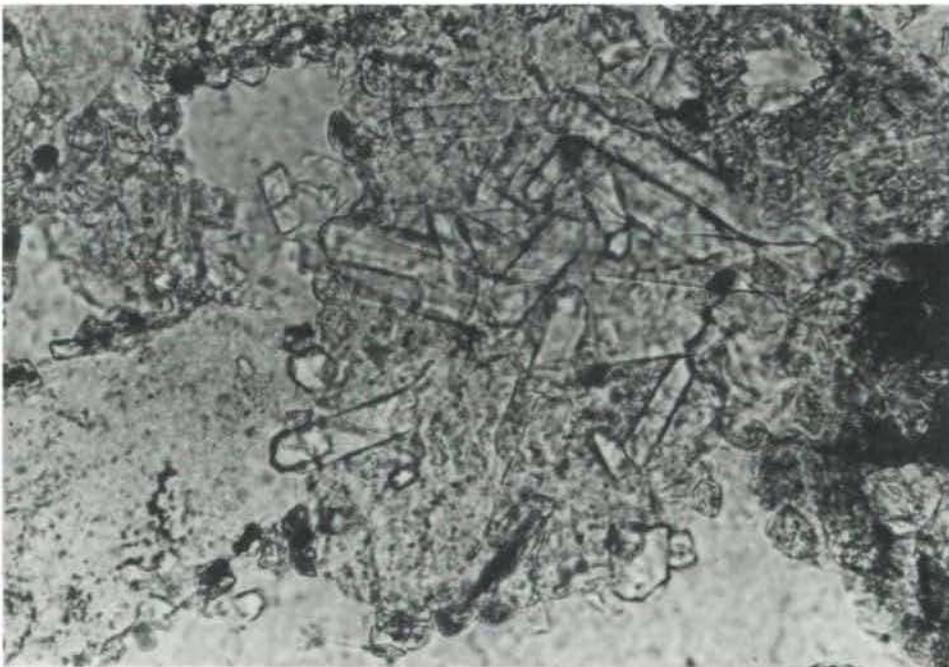


Abb. 9: Authigener Apatitcluster in grünen Haselgebirgs-Sandsteinen (Probe Nr. 107). // Nicols. Bildbreite = 0.3 mm

die Hälfte der Individuen ist authigen weitergewachsen (vgl. SPÖTL, 1987b). Zonarbau tritt bisweilen auf.

Apatit

In den Streupräparaten konnten nur mehr wenige Exemplare der vermutlich primär reichlicher vorhandenen Ap-Fraktion gefunden werden. Diagenetisch ist in fast allen Fällen Apatit neu gebildet worden. In clusterartigen Aggregaten entwickelten sich bis zu 450 µm lange, prismatische, einschlußarme Kristalle (Abb. 9). Sie sind häufig biterminiert und vollkommen idiomorph (vgl. MADER, 1985).

Rutil

Rutil wurde nur in Einzelkörnern gefunden.

Diagenese

Folgende Prozesse konnten herausgearbeitet werden, die vereinfacht nach folgendem Schema gegliedert werden können, wobei jedoch große gegenseitige Überlappungen bestehen.

- (1) Syntaxiale Qz-Zement-Abscheidung in optischer Kontinuität mit dem detritischen Kern
- (2) K-Feldspat-Umsetzung in Phyllosilikate. Die im Verwitterungsbereich beginnende Feldspatersetzung fand ihre Fortsetzung in der Diagenese und führte i.d.R. zu einer vollständigen Umsetzung der Partikel in ein feinfilziges Aggregat aus Hellglimmern und Chloritmineralen. Letztere tragen zusammen mit Prozeß 8 zur charakteristischen Grünfärbung des Gesteins bei.
- (3) Vermutlich Ap-Auflösung unter leicht saurem pH und diagenetische Ausfällung unter vollständiger Qz-Verdrängung.
- (4) Teilweise Anhydrit-Ausscheidung im Porenraum. Verdrängung von Quarz und Feldspat
- (5) Spätdiagenetische Qz-Ausfällung in Form von klaren, ± isometrischen XX (unter 10 µm), die oft massenhaft auftreten können.
- (6) Geringfügige Karbonatzementation in Zwirkelporen.
- (7) Starke Drucklösung und Anhydritlösung. Bildung eines suturierten Kornkontaktgefüges.
- (8) Stellenweise feinste Chloritauthigenese, die mitverantwortlich zeichnet für die Grünfärbung des Gesteins.

- (9) Lokale Hämatitmineralisation (Aufschluß Sulzgraben).

5. Korrelation: Grüne Haselgebirgsklastika-Mitterberger Schichten (Oberperm)

Die grünen Haselgebirgsklastika treten in völlig analoger Ausbildung außerdem im Gebiet Mitterberg am Hochkönig-Lammermasse-Dachsteinsüdseite-Schildmauer bei Admont bis mindestens zum Kaswassergraben bei Großreifling auf. Sie werden dort als Mitterberger Schichten bzw. ausgelaugtes Haselgebirge (in der Varietät des Grüntongebirges nach SCHAUBERGER, 1949) angesprochen (GEYER, 1914, GANSS et al., 1954, GABL, 1954, UNGER, 1967, MOSTLER, 1972a, b, NOWY & LEIN, 1984, HESS, 1985, KIRCHNER, 1987).

Folgende stratigraphische Fixpunkte existieren:

- In grünen Tonschiefern des Karlbach-Profiles/Dachsteinsüdseite bestimmte KLAUS Oberperm-Sporen, außerdem treten Melaphyrkomponenten auf (ERKAN, 1977: 361).
- An der Typlokalität der Mitterberger Schichten, dem stillgelegten Kupfererzbergbau Mitterberg, erfolgt die Einbindung dieser Serien durch die Überlagerung von Werfener Schichten (MOSTLER, 1972a).

Durch zwei neue S-Isotopendaten kann nun diese Einstufung weiter untermauert werden:

Pr. MI 1	Bergbau Mitterberg, 7. Sohle, 3000 m W Emilstollen	+ 11.9‰ CDT
Pr. K 3	Karlgraben, Gipsbank im tektonisch Liegenden des etwa 30 m mächtigen violetten Quarzitkomplexes in ca. 1600 m NN	+ 11.0‰ CDT

Aufgrund vorliegender Daten möchte ich als Arbeitshypothese eine Parallelisierung der grünen Haselgebirgsklastika im Raum des östlichen Karwendelgebirges mit den Mitterberger Schichten postulieren. Das fehlende laterale Bindeglied könnte das Gips/Anhydritvorkommen (zusammen mit der Solequelle im 7. Lauf) im ehemaligen Kupfererzbergbau Rerobichl bei Kitzbühel (MUTSCHLECHNER, 1968) darstellen, das ebenfalls einen oberpermischen $\delta^{34}\text{S}$ -Wert geliefert hat (PAK, 1982: 193).

6. Fazielle Interpretation der permoskythischen Evaporite im Untersuchungsgebiet

Die bisherige Kenntnis der Fazies der Mitterberger Schichten beschränkt sich auf das Herausstreichen ihres klar salinaren Einschlages (Gips- und Anhydritlagen, Hinweise auf primäre Halitführung) und Fossillosigkeit.

Die sedimentologische Analyse dieser Klastika im Raum des Karwendels spricht für ein evaporitisches, vermutlich supratidales Environment, etwa vergleichbar rezenten saline mud/sand flats mit einzelnen salt pans (vgl. HANDFORD & BASSETT, 1982, LOWENSTEIN & HARDIE, 1985, PRESLEY, 1987).

Die oberskythisch-unteranisischen Gipsgesteine dürften einzelnen evaporitischen Flachstwasserbereichen entstammen, die immer wieder trockenfielen und sich in Sabkhas umwandelten. Inwieweit auch Steinsalz an der Sedimentation beteiligt war, läßt sich zur Zeit nicht sicher entscheiden (vgl. dazu PAK & SCHAUBERGER, 1981). Sicherlich muß mit bedeutenden postsedimentären Lösungs- und Kollapsprozessen gerechnet werden, die im Verein mit Dedolomitisierungen zur Bildung von Teilen der weitverbreiteten Reichenhaller Rauhwackenhorizonte geführt haben.

Dank

Für stetes Interesse und Ermöglichung der Schwefelisotopenanalysen (Analytiker: Dr. E. PAK/Wien) möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Univ.-Prof. Dr. Helfried MOSTLER, sehr herzlich danken. Herr Univ.-Doz. Dr. Franz VAVTAR stellte freundlicherweise eine Gipsprobe aus dem ehemaligen Bergbau Mitterberg für die Analyse zur Verfügung. Für die Durchsicht des Manuskripts sei Herrn Univ.-Prof. Dr. Helfried MOSTLER und Herrn Univ.-Doz. Dr. Rainer BRANDNER gedankt.

Literatur

- AMPFERER, O. (1908): Studien über die Tektonik des Sonnwendgebirges. - Jb. Geol. R.-A., **58**, 281-304.
- AMPFERER, O. (1942): Geologische Formenwelt und Baugeschichte des östlichen Karwendelgebirges. - Denkschriften Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., **106**, 1-95.
- AMPFERER, O. & HEISSEL, W. (1950): Das östliche Karwendel. Erläuterungen zur geologischen Karte des östlichen Karwendels und des Achensee-Gebietes. - 55 S., Innsbruck (Wagner).
- AMPFERER, O. & OHNESORGE, T. (1924): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Republik Österreich, Blatt Innsbruck-Achensee (Nr. 5047). - 108 S., Wien (Geol. B.-A.).
- ARTHURTON, R.S. (1973): Experimentally produced halite compared with Triassic layered of northeast Yorkshire. - *Sedimentology*, **17**, 221-232.
- BODE, W., BRODE, T., REUTER, A. & ZACHMANN, D. (1987): Geochemische Untersuchungen zur Differenzierung von Anhydriten des Zechsteins (A3) und des Oberen Buntsandsteins. - [in]: Klare, B. & Schröder, B. (eds.): International Symposium Zechstein 1987, Abstracts, 20.
- 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.
- EISBACHER, G. (1963a): Sedimentpetrographische Untersuchungen am alpinen Buntsandstein im Raume Innsbruck-Saalfelden. - Unveröff. Diss. Univ. Innsbruck, 85 S.
- EISBACHER, G. (1963b): Primäre gerichtete Gefüge und Paläogeographie des alpinen Buntsandsteines im Raume Innsbruck-Saalfelden. - *Veröff. Mus. Ferd.*, **43**, 133-141.
- EISBACHER, G. (1969): Neue Beobachtungen zur Deutung der knolligen Magnesite im Tonschieferkomplex des alpinen Buntsandsteines der Nördlichen Kalkalpen. - *Miner. Dep.*, **4**, 219-224.
- ERKAN, E. (1977): Uran- und gipsführendes Permoskyth der östlichen Ostalpen. - *Jb. Geol. B.-A.*, **120/2**, 343-400.
- FOSTER, M.D. (1962): Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. - *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, **414-A**, 1-33.

- FRANZ, E. (1967): Zur Frage der Genese authigener idiomorpher Quarze im Salinar. - *Z. angew. Geol.*, 13/3, 157-159.
- GABL, G. (1964): Geologische Untersuchungen in der westlichen Fortsetzung der Mitterberger Kupfererzlagerstätte. - *Arch. Lagerst.forsch. Ostalpen*, 2, 2-31.
- GANSS, O., KÜMEL, F. & SPENGLER, E. (1954): Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe. - *Wiss. Alpenvereinshefte*, 15, 1-82.
- GEYER, G. (1914): Die Aufschliessungen des Bosrucktunnels und deren Bedeutung für den Bau des Gebirges. - *Denkschriften Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl.*, 82, 1-40.
- GÖRGEY, R. (1912): Zur Kenntnis der Kalisalzlager von Wittelsheim im Ober-Elsaß. - *Tschermaks Miner. Petrogr. Mitt.*, 31, 339-468.
- GORNITZ, V.M. & SCHREIBER, B.C. (1983): Displacive halite hoppers from the Dead Sea: some implications for ancient evaporite deposits. - *J. Sedim. Petrol.*, 51/3, 787-794.
- GÖTZINGER, M.A. (1985): Mineralisationen in den Gutensteiner Schichten (Anis) Ostösterreichs. Ein Überblick. - *Arch. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, 6, 183-192.
- GÖTZINGER, M.A. & WEINKE, H. (1984): Spurenelementgehalte und Entstehung von Fluoritmineralisationen in den Gutensteiner Schichten (Anis-Mitteltrias), Nördliche Kalkalpen, Österreich. - *Tschermaks Miner. Petrogr. Mitt.*, 33, 101-119.
- GRIMM, W.-D. (1962a): Ausfällung von Kieselsäure in salinar beeinflussten Sedimenten. - *Z. dt. geol. Ges.*, 114, 590-619.
- GRIMM, W.-D. (1962b): Idiomorphe Quarze als Leitmineralien für saline Fazies. - *Erdöl & Kohle, Erdgas, Petrochemie*, 15/11, 880-887.
- HAIDINGER, W. (1847): Über die Pseudomorphosen nach Steinsalz. - *Natwiss. Abh.*, 1, 65-78.
- HANDFORD, C.R. (1982): Terrigenous clastic and evaporite sedimentation in a recent continental Sabkha-Playa basin, Bristol dry lake, California. - [in]: HANDFORD, C.R., LOUCKS, R.G. & DAVIES, G.R. (eds.): *Depositional and diagenetic spectra of evaporites*. - *Soc. Econ. Paleont. Miner. Core Workshop*, 3, 276-304.
- HANDFORD, C.R. & BASSETT, R.L. (1982): Permian facies sequences and evaporite depositional styles, Texas Panhandle. - [in]: HANDFORD, C.R., LOUCKS, R.G. & DAVIES, G.R. (eds.): *Depositional and diagenetic spectra of evaporites*. - *Soc. Econ. Paleont. Miner. Core Workshop*, 3, 210-237.
- HARDIE, L.A., LOWENSTEIN, T.K. & SPENCER, R.J. (1985): The problem of distinguishing between primary and secondary features in evaporites. - [in]: SCHREIBER, B.C. & HARNER, H.L. (eds.): *Sixth Symposium on salt*, Toronto 1983, 11-39, Alexandria (Salt Inst.).
- HAUSCHKE, N. (1985): Beitrag zur Genese des Unteren Gipskeupers (km 1). - Unveröff. Diss. Univ. Münster, 258 S.
- 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.
- 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.
- HEY, M.H. (1954): A new review of chlorites. - *Min. Mag.*, 30, 277-292.
- HILLER, J.E. & KELLER, P. (1965): Untersuchungen an den Lösern der Kalisalzlagerstätte Buggingen. - *Kali & Steinsalz*, 5/6, 190-203.
- HIMMELBAUER, A. (1931): Der petrographische Aufbau der österreichischen alpinen Salzlagerstätten verglichen mit dem Staßfurter Permsalze. - *Sitzber. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., Abt.1*, 140, 347-357.
- JAKOB, H. (1983): Über Sand-Steinsalzkristalle. - *Aufschluß*, 34, 47-64.
- JAKOB, H. (1984): Über experimentell erzeugte Sand-Steinsalz-Kristalle. - *Aufschluß*, 35, 161-167.
- KENDALL, A.C. (1984): Evaporites. - in: WALKER, R.G. (ed.): *Facies models*. - *Geoscience Canada Reprint Series*, 1, 259-298.
- KENNEDY, G.C. (1947): Charts for correlation of optical properties with chemical composition of some common rock-forming minerals. - *Amer. Miner.*, 32, 561-573.
- KIRCHNER, E.C. (1987): Die Mineral- und Gesteinsvorkommen in den Gipslagerstätten der Lammernasse, innerhalb der Hallstattzone, Salzburg. - *Jb. Haus der Natur*, 10, 156-167.
- 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.
- KRYNINE, P.D. (1940): Petrology and genesis of the Third Bradford Sand. - *Pennsylvania State Coll. Bull.*, 29, 1-134.
- LECHLEITNER, C. (1878): Über den rothen Sandstein an der Grenze der Central- und nordtiroler

- schen Kalkalpen. - 40 S., Innsbruck (Programm Gymn. Innsbruck).
- LINCK, O. (1946): Die sogenannten Steinsalz-Pseudomorphosen als Kristall-Relikte. - Abh. Senckenberg. naturforsch. Ges., **470**, 1-50.
- LOWENSTEIN, T. & HARDIE, L.A. (1985): Criteria for the recognition of salt-pan evaporites. - *Sedimentology*, **32**, 627-644.
- MADER, D. (1985): Diagenetic evolution of opaque and transparent heavy minerals reflecting colour genesis in continental fluvial Buntsandstein red beds of the Eifel (FR Germany). - [in]: MADER, D. (ed.): Aspects of fluvial sedimentation in the Lower Triassic Buntsandstein of Europe. - *Lecture Notes in Earth Sciences*, **4**, 531-560.
- MAYER, F. (1913): Geologisch-mineralogische Studien aus dem Berchtesgadener Land. - *Geognost. Jahreshft*, **25**, 121-158.
- McBRIDE, E.F. (1963): A classification of common sandstones. - *J. Sedim. Petrol.*, **33/3**, 664-669.
- MOSTLER, H. (1972a): Zur Gliederung der Permoskyth-Schichtfolge im Raume zwischen Wörgl und Hochfilzen (Tirol). - *Verh. Geol. B.-A.*, **1972**, 155-162.
- MOSTLER, H. (1972b): Anhydrite and gypsum in low grade metamorphic rocks along the northern margin of the Grauwackenzone (Tyrol, Salzburg). - [in]: RICHTER-BERNBURG, G. (ed.): *Geology of saline deposits. Proceedings Hanover Symposium 1968.* - *Earth Science Series 7*, 213-214, Paris (UNESCO).
- MUTSCHLECHNER, G. (1968): Das Kitzbüheler Bergbaugesbiet. - [in]: WIDMOSER, E. (Hrsg.): *Stadtbuch Kitzbühel*, **2**, 11-30, Kitzbühel.
- NACHSEL, G. (1966): Quarz als Faziesindikator. - *Z. angew. Geol.*, **12/6**, 322-326.
- NACHSEL, G. (1969): Idiomorphe Quarze und Ver-taubungen im Kaliflöz "Staßfurt" des Südharz-Kalireviers. - *Z. angew. Geol.*, **15/8**, 420-425.
- NEEV, D. & EMERY, K.O. (1967): The Dead Sea. Depositional processes and environments of evaporites. - *Bull. Isreal Geol. Survey*, **41**, 1-147.
- NEUMAYER, M. (1981): Gefügestudien in alpinen Salzlagerstätten. - Unveröff. Diss. Univ. Innsbruck, 127 S.
- NIELSEN, H. (1979): Sulfur isotopes. - [in]: JÄGER, E. & HUNZIKER, J.C. (eds.): *Lectures in isotope geology*, 283-312, Berlin (Springer).
- NOEGERATH (1846): Irreguläre Steinsalz-Krystalle und Pseudomorphosen nach solchen. - *N. Jb. Miner., Geognosie, Geol. u. Petrefaktenkunde*, **1846**, 307-317.
- NOWY, W. & LEIN, R. (1984): Zur Geologie des Bos-ruck-Autobahntunnels (Pyhrnautobahn, Öster-reich). - *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.-natwiss. Kl.*, **111**, 166-174.
- PAK, E. (1982): Schwefelisotopenuntersuchungen am Institut für Radiumforschung und Kernphysik III. - *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl.*, **118**, 187-199.
- PAK, E. & SCHAUBERGER, O. (1981): Die geologi-sche Datierung der ostalpinen Salzlagerstät-ten mittels Schwefelisotopenuntersuchungen. - *Verh. Geol. B.-A.*, **1981/2**, 185-192.
- PARNELL, J. (1983): Skeletal halites from the Juras-sic of Massachusetts, and their significance. - *Sedimentology*, **30**, 711-715.
- PICHLER, A. (1859): Beiträge zur Geognosie Tirols. Aus dem Inn- und Wipptale. - *Z. Ferd. f. Tirol u. Vorarlberg*, **8**, 137-232.
- PRESLEY, M.W. (1987): Evolution of Permian Evapo-rite Basin in Texas Panhandle. - *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, **71/2**, 167-190.
- SCHAUBERGER, O. (1949): Die stratigraphische Aufgliederung des alpinen Salzgebirges. - *Berg- u. Hüttenm. Mh.*, **94/3**, 46-56.
- SCHAUBERGER, O. (1968): Lagerstättenbeschrei-bung des Salzberges Hall i. Tirol. - Unveröff. Manuskript, 17 S., Bad Ischl.
- SCHETTLER, H. (1972): The stratigraphical signifi-cance of idiomorphic crystals in the saline for-mations of the Werra-Ems area, north-western Germany. - [in]: RICHTER-BERNBURG, G. (ed.): *Geology of saline deposits. Proceedings Hanover Symposium 1968.* - *Earth Science Se-ries 7*, 111-127, Paris (UNESCO).
- SCHMIDEGG, O. (1951): Die Stellung der Haller Salzlagerstätte im Bau des Karwendelgebir-ges. - *Jb. Geol. B.-A.*, **94**, 159-205.
- SOUTHGATE, P.N. (1982): Cambrian skeletal hali-te crystals and experimental analogues. - *Sedi-mentology*, **29**, 391-407.
- SHUKLA, V. & FRIEDMAN, G.M. (1981): An unusu-al occurrence of surficial anhydrite in a moist temperate zone: exmple from the Lockport Formation (Middle Silurian) of New York. - *Sedim. Geol.*, **29**, 125-131.
- SPÖTL, C. (1987a): Sedimentologisch-fazielle und geochemische Untersuchungen am permosky-thischen Salinar der Nördlichen Kalkalpen. - Unveröff. geol. Diplomarb. Univ. Innsbruck, 130 S.
- SPÖTL, C. (1987b): Eine klastisch-evaporitische Oberperm-Entwicklung im Hallstätter Salz-berg (Salzkammergut, Österreich). - *Mitt. österr. geol. Ges.*, **80**, 115-141.

- SPÖTL, C. (1988): Evaporitische Fazies der Reichenhaller Fm. (Skyth/Anis) im Haller Salzberg (Tirol). - Jb. Geol. B.-A., 131/1 (in Druck).
- UNGER, H.J. (1967): Geologische Untersuchungen im Kupferbergbau Mitterberg in Mühlbach/Hochkönig (Salzburg). - Unveröff. Diss. Univ. Innsbruck, 61 S.
- WALENTA, K. & GÖTZINGER, M.A. (1985): Ein neues Vorkommen flächenreicher Fluorite in den Gutensteiner Schichten, Oberösterreich. - Mitt. Österr. Miner. Ges., 130, 21-26.
- WESTNER, G. (1951): Ein Beitrag zur Kenntnis der Salzlagerstätte Berchtesgaden. - Unveröff. Diss. Univ. München, 128 S.

Anschrift des Verfassers:

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