

# MAGMATISCH KONTROLLIERTE VERERZUNGEN IM ORDOVIZIUM DER GRAUWACKENZONE (SALZBURG-TIROL)

von H. Mostler\*)

mit 8 Abb.

## Zusammenfassung

Zunächst wird ein kurzer Überblick über die geologisch-tektonischen Ereignisse innerhalb der Grauwackenzone gegeben und ihre Beziehungen zur Entstehung der Vererzungen aufgezeigt und anhand einer Tabelle illustriert.

Im besonderen jedoch wird der kaledonische Zyklus als ein sehr komplexer Vorgang herausgegriffen und die damit zusammenhängende Lagerstättenbildung dargelegt.

Durch Herauentwicklung einer Taphrogeosynklinale, die im mittleren Ordovizium ihren Höhepunkt erreicht, kommt es zur Bildung von Becken, Tief- und Hochschwellen. In ersteren bilden sich disseminierte Fe-Cu-Zn-(Pb-Au) Erze, in Verbindung mit vereinzelt massiven Stockwerkmineralisationen vom Cyprien-Typus, während in den Tiefschwellenbereichen Kieslager vom Typus Kelchalpe, die allerdings bis in den Hochschwellenbereich reichen können, auftreten.

Die Hochschwellen sind durch Eisenerze, vorwiegend dem Lahn/Dill-Typus zuordenbar, charakterisiert, wobei einerseits alle Übergänge zu den Eisenerzen vom Teliuc/Ghelar-Typus gegeben sind, andererseits ein Konnex zu den Kupferlagerstätten des Typus Kelchalpe besteht.

Die Porphyroide (Abkömmlinge von Rhyolithen, Rhyodaziten und Dazit) sind im Westabschnitt der Grauwackenzone nur sehr schwach mineralisiert. Im Osten jedoch weisen sie Eisenerze vom Lahn/Dill-Typus auf, wobei diese nur innerhalb der dazitischen Anteile der Porphyroide auftreten. Saure Glieder der Porphyroide führen Eisenjaspiliten.

Abschließend wird noch kurz auf eine Chamositvererzung eingegangen, die im Untersilur auftritt und für das kurzwährende Tafelstadium sehr typisch ist.

---

\*) Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Helfried Mostler, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, Universitätsstr. 4, A-6020 Innsbruck

## Summary

A brief view on the geologic-tectonic events in the Greywacke Zone and their relations to the origin of the ore mineralizations is given and illustrated by a table.

In particular the Caledonian cycle as a very complex process is pointed out and the therewith connected formation of deposits is presented.

The development of a taphrogeosyncline, which reached its climax in the Middle Ordovician; leads to the formation of basins, deep and high situated swells. In the basins disseminated Fe-Cu-Zn-(Pb-Au) ores, connected with sporadic massive stockwerk-mineralizations of the Cyprus type, in the deepwater swells kies ore deposits of the "Kelchalpe" type occur, which can indeed reach up to the swells in shallow water position.

These swells are characterized by iron ores (oxidic and carbonatic ores), predominantly belonging to the Lahn/Dill type. On the one hand all transitions to the iron ores of the Teliuc/Ghelar type are existent, on the other hand a connexion to the copper deposits of the Kelchalpe type.

In the western part of the Greywacke Zone the porphyroids (descendants from rhyolites, rhyodacites and dacites) are very weakly mineralized, but in the east they show iron ores of the Lahn/Dill type, which occur only in the dacitic parts. Acidic units of the porphyroids bear iron-jaspilites.

Finally a chamosite ore mineralization is shortly discussed, which appears in the Lower Silurian and is very typical for the short table stage.

## Inhalt

1. Einleitung und Problemstellung
2. kaledonischer Zyklus
3. Fe-Cu-Zn-(Pb-Au) Erze vom Cypern-Typus
4. Fe-Erze vom Lahn/Dill-Typus, an basischen Vulkanismus gebunden
5. Kieslager vom Typus Kelchalpe
6. Fe-Erze, an saure bis intermediäre Vulkanite gebunden
7. Chamosit-Thuringiterze des Tafelstadiums

## Literaturnachweis

## 1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Erst über eine ausführliche geologisch-petrologisch orientierte Untersuchung im Westabschnitt der Grauwackenzone war es möglich, dem Werdegang der in diesem Raum auftretenden Vererzungen nachzuspüren. Eine eingehende minerogenetische Analyse, die gesamte Nördliche Grauwackenzone erfassend (MOSTLER, 1984, in Druck), hat aufgezeigt, daß sich deren Vererzungen streng an die geologisch-tektonischen Entwicklungsstadien halten. Dem Autor gelang es, innerhalb der Grauwackenzone folgende geologisch-tektonische Ereignisse (Zyklen) nachzuweisen:

Ein kaledonischer Zyklus, dessen Beginn schwer erfaßbar ist, der jedoch bis in das höhere Ordovizium reicht, d.h. in einer Heraushebung der Geosynklinalfüllung und anschließender Aufschmelzung der kontinentalen Kruste kulminiert. Abgelöst wird dieser Zyklus von einem kurzwährenden Tafelstadium, dessen Wirksamkeit im höchsten Ordoviz und basalen Silur nachweisbar ist.

Danach setzt ein frühvariskischer Zyklus ein, der mit dem Niederbrechen des erst kurz zuvor konsolidierten Krustenabschnittes initiiert wird und bis in das hohe Oberdevon reicht. Beendet wird dieses Ereignis von einer hochaktiven Phase, als hochvariskischer Zyklus bezeichnet, welcher durch tiefgreifende Veränderungen im Geosynklinalablauf charakterisiert ist. Im späten Abschnitt dieses Stadiums wird die Grauwackenzone in das Metamorphosegeschehen eingebunden (Grünschieferfazies) und erhält ihre erste großtektonische Prägung (Decken- und Schuppenbau). Dieses einschneidende Ereignis wurde im mittleren Oberkarbon abgeschlossen und wird vom spätvariskischen Zyklus abgelöst, der vorwiegend von Prozessen der Montigenese diktiert wird. Heraushebung des variskischen Gebirges (Plombierung des hochvariskischen Schuppenbaues durch intramontane Molassesedimente), in vielen Bereichen nach einer vorangegangenen hochoberkarbonen Verkarstung, sowie Anlage von Grabenbrüchen - dies alles sind Ereignisse des bis in das höhere Unterperm hineinreichenden spätvariskischen Zyklus.

Daran schließt über ein Molassestadium ein längerwährendes Tafelstadium, das im Westen bis in die tiefere Mitteltrias reicht, im Osten bereits im Oberperm durch Anlage eines Riftsystems gestört wird, das die erste frühalpidische Phase einleitet.

Alle hier angezogenen Ereignisse haben direkt oder indirekt zu Mineralisationen beigetragen, z.T. haben sie auch Veränderungen in den früheren Vererzungen herbeigeführt. Da alle in paläozoischer Zeit entstandenen Erze auch dem alpidischen Geschehen ausgesetzt wurden, war es ebenso notwendig, die Veränderungen dieser während des alpidischen Ablaufes in den Griff zu bekommen. Hiezu hat der Autor fünf einschneidende Ereignisse herausarbeiten können, die modifizierend auf die im Paläozoikum entstandenen Mineralisationen wirkten (MOSTLER, 1984, in Druck).

Ziel dieser Studie war es jedoch, nur einen, und zwar den ältesten Zyklus herauszugreifen, anhand dessen der komplexe Ablauf der Vererzungen im Zusammenhang mit dem geotektonischen Geschehen aufgezeigt werden soll (Abb. 1).

Stratigraphie	400	Geologisch-tektonische Entwicklungsstadien	Faziesentwicklung (Lithologie)	Magmatismus	Metamorphose	Vererzung
SILUR	418	<p>synsed. Bruchtekt. Ignimbritplatte</p>	Dolomit-Kieselschieferkomplex  Flachwasserkalke, Tiefschwellenkalke, Schwarzschiefer Konglomerate (kaledonische Granite)		Metamorphose	Kieslager  Fe-Cu (Zn, Pb)  Chamosit-Thuringit
	418	<p>...</p> <p>kambo?-ordovizisches Taphrogeosynklinalestadium</p>	<p>Ashgill-Kalke Caradoc-Sandsteine</p> <p>siltige Tonschiefer vorwiegend Subgrauwacken (flyschoide Sedimente)</p>			
KAMBRIUM	495	<p>...</p> <p>Riftsystem</p>	Kristallinkonglomerate, -breccien Eruptivbreccien		Amphibolitfazies	
PRA-KAMBRIUM	530	<p>...</p> <p>Altkristallin</p>	Amphibolite und Granitgneise, in Form von Geröllen nachgewiesen			

Abb. 1: Schematische Darstellung der geologisch-tektonischen Entwicklungsstadien und der damit in Verbindung stehenden Vererzungen

## 2. KALÉDONISCHER ZYKLUS

Über das kristalline Basement der Nördlichen Grauwackenzone sind wir im Westabschnitt nur auf indirektem Weg informiert, und zwar einmal aufgrund der ausschließlich aus "Altkristallin"-Komponenten zusammengesetzten Breccienströme und Konglomerate, die den stratigraphisch tiefsten Teil der Grauwackenzone darstellen, zum anderen sind es Eruptivbreccien, die ebenso das gleiche Altkristallinspektrum in Form von mitgerissenen Gesteinsbrocken beinhalten. Wie eine Komponentenanalyse (MOSTLER, 1968) ergab, muß es sich um ein vorkaledonisch metamorphosiertes Basement gehandelt haben, das der Amphibolitfazies angehört.

Nachdem Äußerungen, die der sardischen Phase zuordenbar wären, in den Ostalpen nicht sicher nachweisbar sind, darüber hinaus diese Phase auch am Locus typicus nicht hochorogen wirksam wurde, muß man für die Bildung des Basements der Grauwackenzone ein dem cadomischen Zyklus zuordenbares hochorogenes Ereignis in Betracht ziehen (siehe Abb. 1).

Die Grauwackenzone, heute von mittel- bzw. unterostalpinen tektonischen Einheiten unterlagert, verlor ihr Basement im Zuge der alpidischen Gebirgsbildung, bedingt durch eine grundgebirgsnahe Abscherung.

Bereits im basalit erhaltenen Teil (nur im Westabschnitt) läßt sich eine Faziesaufsplitterung in Form von Hochschwellen, Tiefschwellen und Becken feststellen, wobei sich im zentralen Beckenbereich in einem schmalen Segment ozeanische - Rücken-Basalte entwickelten (COLINS et al., 1980). Ein derart gestalteter Ablagerungsraum entspricht einem über einem Manteldiapir entwickelten Taphrogen, das sich nach Ansicht des Verfassers im weiteren Verlauf des Ordoviziums zu einer Taphrogeosynklinale im Sinne von FAIRBRIDGE (1975) ausgeweitet hat (siehe hiezu Abb. 2). Die Schwellen und Becken der Taphrogeosynklinale sind im Gegensatz zur später angelegten variskischen Geosynklinale N-S orientiert.

Die Gesamtbreite des Taphrogeosynklinalgebietes beträgt mindestens 100 km (Abb. 3). Nebst der Produktion von Riftbasalten drang in einem Fall sogar Mantelmaterial in die Kitzbüheler Schwelle empor und schuf dort einen Intrusionskörper, bestehend aus Serpentiniten, mächtigen Gabbros und Basalten. Diese Intrusion entspricht in vielen Details dem von MAXWELL (1973) erstellten Modell eine hypothetischen Ophiolithdiapirs.

Aufgrund der gesteins- und mineralchemischen Untersuchungen (COLINS et al., 1980) sind die kambrisch?-ordovizischen basischen Gesteine im Westabschnitt der Grauwackenzone zweifelsohne als tholeiitische Basalte mit einer Förderposition im Bereich eines ozeanischen Rückens anzusprechen. Sie sind fast ausschließlich in Form von Pillow-Laven entwickelt, treten nur im Zeller Becken auf, und sind im Gegensatz zu jenen in den Schwellenbereichen gasblasenfrei.

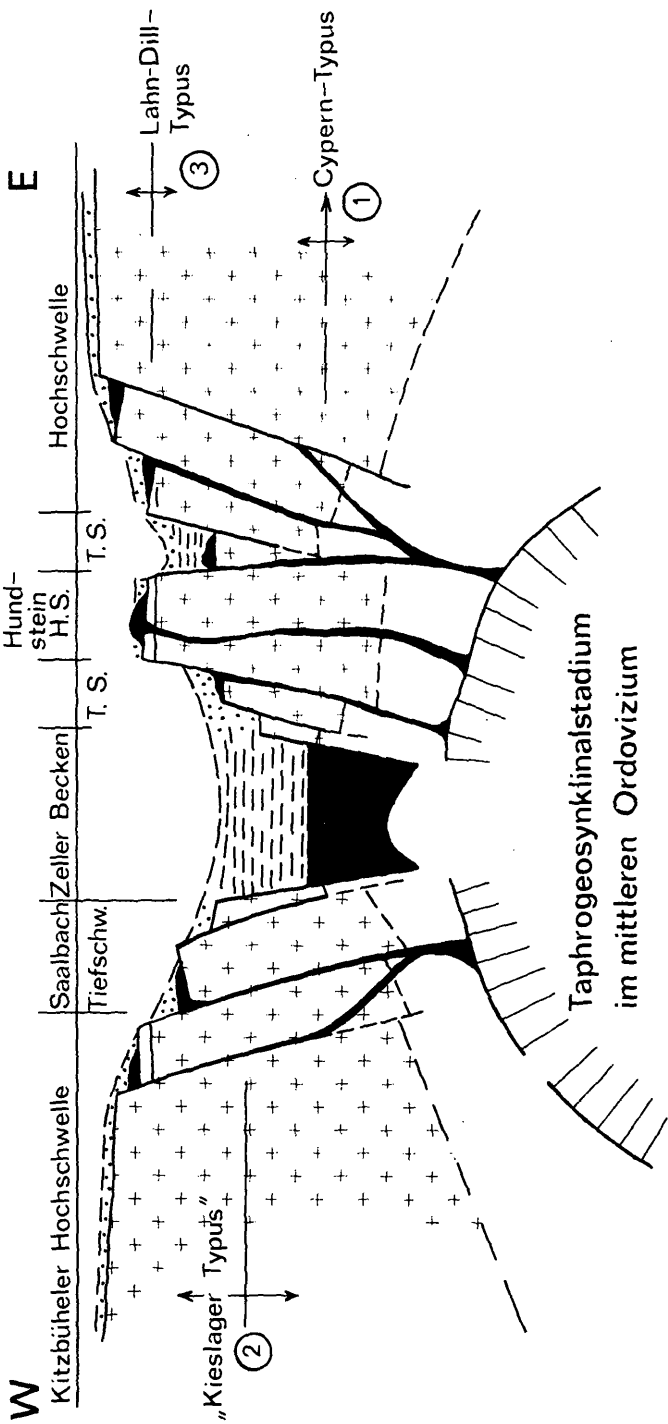


Abb. 2: Taphrogeosynkinalstadium zur Zeit des mittleren Ordoviziums im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Salzburg-Tirol)

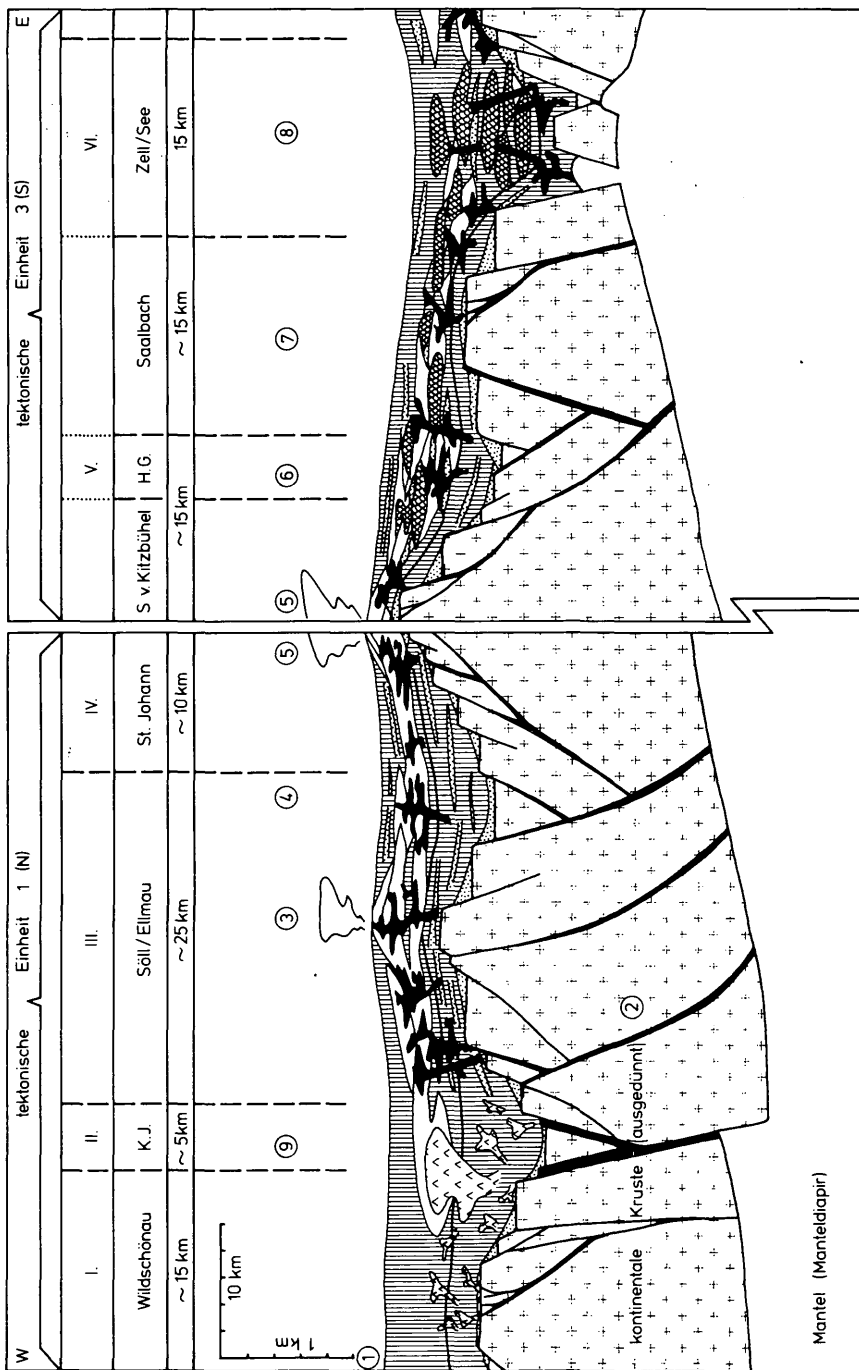


Abb. 3: Das ordovizische Riftsystem der Nördlichen Grauwackenzone Salzburgs und Tirols, nach tektonischen Einheiten aufgliederbar (nach DAVOGG, 1981)

### 3. Fe-Cu-Zn-(Pb-Au) VERERZUNGEN

Ausgelöst durch eine hydrothermale Konvektion, in die das Meerwasser mit-  
einbezogen ist, kommt es im Bereich des Zeller Beckens zu einer disseminier-  
ten Fe-Cu-Zn(Pb-Au) Vererzung (siehe Abb. 4). Im Zuge dieses Prozesses  
erfuhren die Pillow-Laven und die sie durchschlagenden Gänge, hervorgeru-  
fen durch Hitzekonvektion und Massentransport, eine hydrothermale Metamor-  
phose; diese hat Temperaturen von 500° überschritten, wie die Anwesenheit  
von gemainer grüner und brauner Hornblende beweist. Daß diese Metamor-  
phose auf kein regional-metamorphes Ereignis zurückgeht, läßt sich an den  
sie begleitenden Sedimenten ablesen, deren Mineralparagenese höchstens  
eine Bildungstemperatur von 425° erfahren hat. Hätte es sich hiebei um  
einen regional-metamorphen Akt gehandelt, müßte sich dieser in den Sedi-  
menten durch Bildung von Biotit und Granat geäußert haben.

Die kaledonische Entwicklung im Zeller Becken und die damit verbundene Vererzung

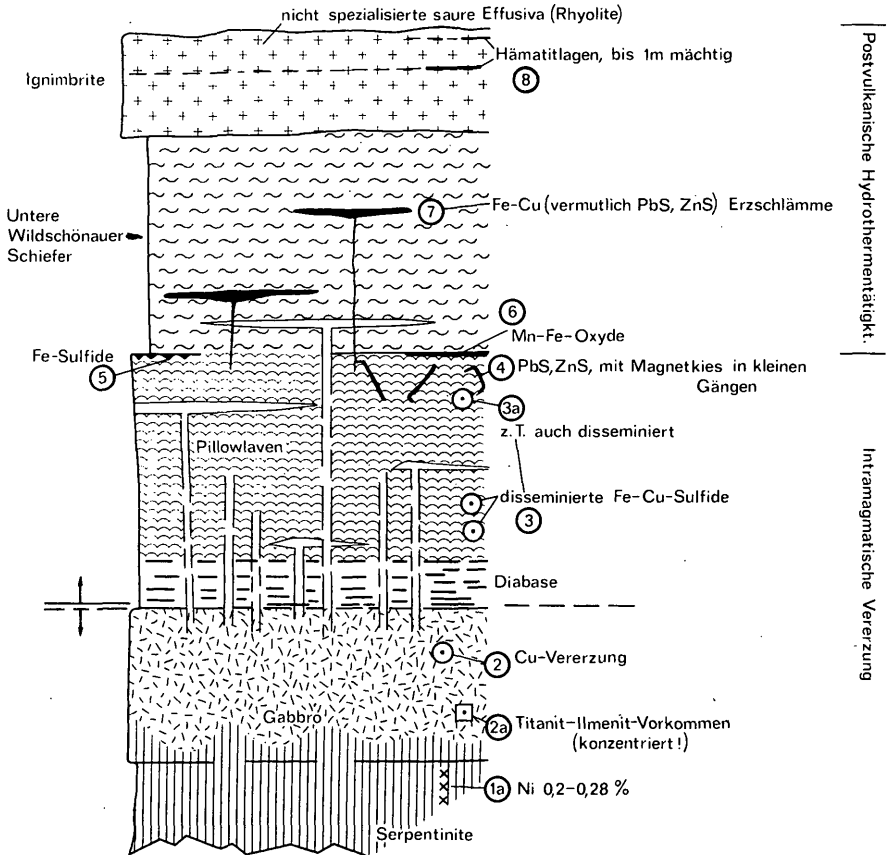


Abb. 4: Die kaledonische Entwicklung im Zeller Becken und die damit ver-  
bundene Vererzung



Die gasblasenreichen Pillow-Laven der Schwellenfazies, denen immer wieder pyroklastische und feindetritische Sedimente zwischengeschaltet sind, sind selbst nicht vererzt; nur sehr selten konnte fein verteilter Kupferkies in diesen nachgewiesen werden.

Dagegen tritt zwischen den einzelnen Lavadecken bzw. meist am Top örtlich stark anschwellender Pillow-Laven-Körper eine Roteisensteinvererzung auf; im Flankenbereich ist diese zusammen mit einer Sideritvererzung, in einer Reihe von Fällen sogar mit einer Kupfervererzung vergesellschaftet (Abb. 5).

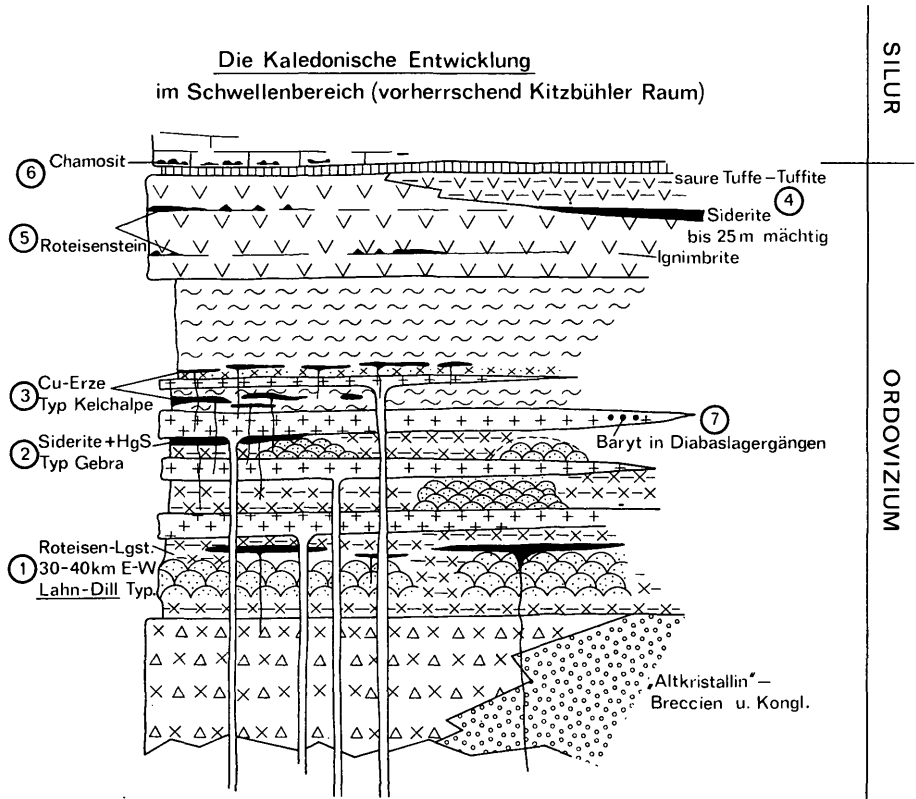


Abb. 5: Kaledonische Entwicklung im Schwellenbereich, unter Berücksichtigung der Vererzung

Roteisenstein-Sideritvererzungen, die örtlich zu Kupfererzen überleiten können, sowie Kupferlagerstätten, fast ausschließlich aus Kupferkies bestehend, sind in den Schwellenbereichen weitverbreitet. Ihre Gebundenheit an Vulkanite in Schwellenposition und der Konnex zur Eisen-Kupfervererzung wurde erst durch die Untersuchungen von H. MOSTLER (1984, in Druck) bekannt.

Die zuerst genannte Fe-Cu-Zn-(Pb-Au) Vererzung entspricht am ehesten dem Cypern-Typ, wenn auch bisher keine massiven Fe-Cu-Erzkörper nachgewiesen werden konnten.

An einer Stelle jedoch (Maishofen) wurde eine "Stockwerk"-Vererzung, die ein knapp 20 m mächtiges Gesteinspaket vererzt, beobachtet. Sie ist besonders durch "fracture fillings" mit Magnetkies, seltener "cavity fillings" mit Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende und Jasper gekennzeichnet. In Kleinspalten treten neben sehr viel Jasper vor allem Magnetkies und Chlorit auf. Über dieser Stockwerk-Vererzung folgen disseminiert vererzte Pillow-Laven, die in den tieferen Bereichen neben einer homogenen Disseminierung noch zusätzlich eine epigenetische Metallisation an Inhomogenitätsflächen aufweisen.

Generell lassen sich, wenn man von der Stockwerk-Vererzung absieht, phänomenologisch drei Vererzungsformen unterscheiden: Vererzungen innerhalb der Pillows, am Rand der Pillows und solche, die vom Inneren der Pillows über den Rand hinweg in die mit Jasper gefüllten Zwickelräume führen.

Die disseminiert vererzten Pillows weisen einen Kupfergehalt von 0.2 bis 0.5%, einen Zinkgehalt von 0.4 bis 0.9% und einen Bleigehalt von 0.1 bis 0.2% auf. Das Gold schwankt zwischen 1 und 3 ppm.

Völlig analoge Vererzungen konnte der Verfasser in den oberen Pillow-Laven-Folgen der Ophiolithe des Nordapennins studieren. Auch dort ist Gold in Spuren nachgewiesen (Apenninic type, ZUFFARDI, 1977).

Am Top der Tiefwasser-Pillows treten ziemlich horizontbeständig Eisensulfide (Magnetkieslager) auf. In einem Fall wurde auch eine Mangan-Eisen-mineralisation nachgewiesen.

#### 4. Fe-ERZE VOM LAHN/DILL-TYPUS

Unmittelbar mit dem Magmatismus in Verbindung zu bringen sind die über weite Strecken vom Autor innerhalb der letzten zwei Jahre nachgewiesenen und eingehend untersuchten Roteisensteinlagerstätten, die dem Lahn/Dill-Typus sehr ähneln; jedoch hat eine genauere Analyse aufgezeigt, daß diese Vererzung zwar im Grundcharakter dem Lahn/Dill-Typus weitgehend entspricht, in einigen Details aber doch beträchtlich davon abweicht. Durch mehrere, sehr detailliert aufgenommene Profile gestützt, gelangte der Verfasser, was die Lagerstättenposition anlangt, zu folgender Vorstellung (siehe Abb. 6).

Örtlich stark anwachsende, auf pyroklastischem Material oder auf Lava-decken aufsetzende Pillow-Laven-Körper werden häufig nach einer primären  $\text{SiO}_2$ -Produktion (Fe-freier Jasper) von roten Tuffen mit Einschaltungen von Roteisenerzen überlagert. Die in Abb. 7 dargestellten Roteisensteinkörper selbst sind in mehrere eisenreichere und  $\text{SiO}_2$ -reichere Lagen gegliedert, d.h. es kommt zu einer im Chemismus rasch wechselnden Abfolge, die im höheren Abschnitt von sehr feinkörnigem roten pyroklastischen Material unterbrochen werden, worauf neuerlich eine Förderung von Hämatit-Jaspillit-

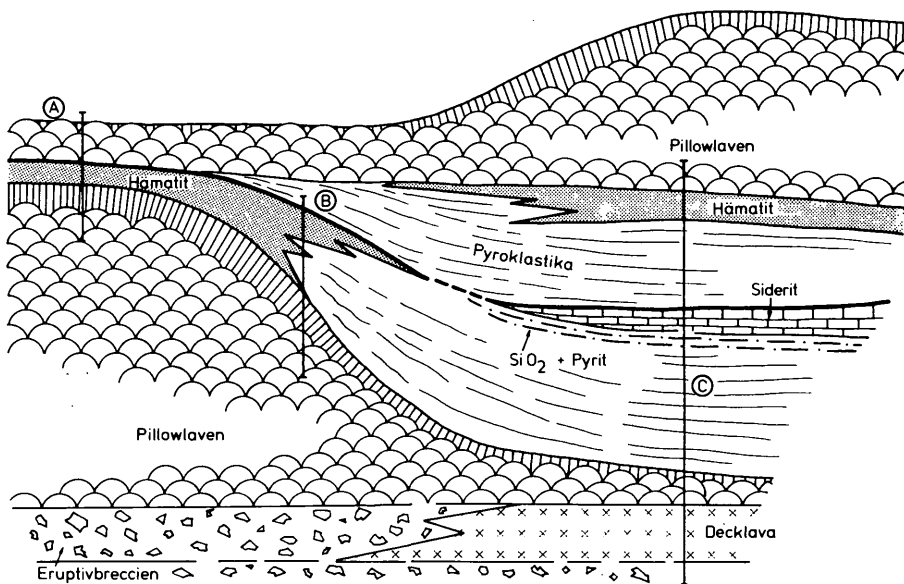


Abb. 6: Hämatitvererzung, am Top von Pillow-Laven des Flachwassers auf-sitzend (Profil A), oder im Flachwasserbereich nach Auffüllen der Depressionen mit Pyroklastika (Profil B und C) situiert. Im tieferen Bereich entstehen über Pyroklastika zunächst kieselsäurereiche Pyriterze, die von Sideriten abgelöst werden.

Lagern einsetzt. Die damit mancherorts in Verbindung auftretenden Eisenkarbonate (sie sind in die Abb. 7 nicht miteingeflossen) entstammen einer späteren Mobilisierung, die dem Alpidikum zuzuordnen ist.

Aus den internen Gefügen des Primärerzes geht eindeutig hervor, daß es sich bei den Ausfällungsprodukten um kolloidale Gemenge von amorpher Kieselsäure in Verbindung mit Eisen handelt. Trotz der schwachen Metamorphose sind kolloidartige Bänderungen, diverse Gelstrukturen mit Schrumpfrissen etc. zu beobachten.

Diese derart gestalteten Erze haben sich auf jeden Fall unter oxydierenden Bedingungen gebildet.

Dort, wo sich über Tuffen oder Agglomeraten - abgelagert in Depressionen - Eisenerze bildeten, beginnt die Ausscheidungsfolge mit pyritreichen, etwas kupferführenden  $\text{SiO}_2$ -Lagen, über welchen lagige Siderite auftreten (reduzierende Bedingungen). Ni- und Cu-Gehalte der Siderite stimmen mit jenen, die DOLEZEL & SCHRÖLL, 1979, aus dem Westteil der Grauwackenzone beschrieben haben, gut überein; z.T. sind ihre Gehalte noch höher (siehe MOSTLER, 1984, in Druck).

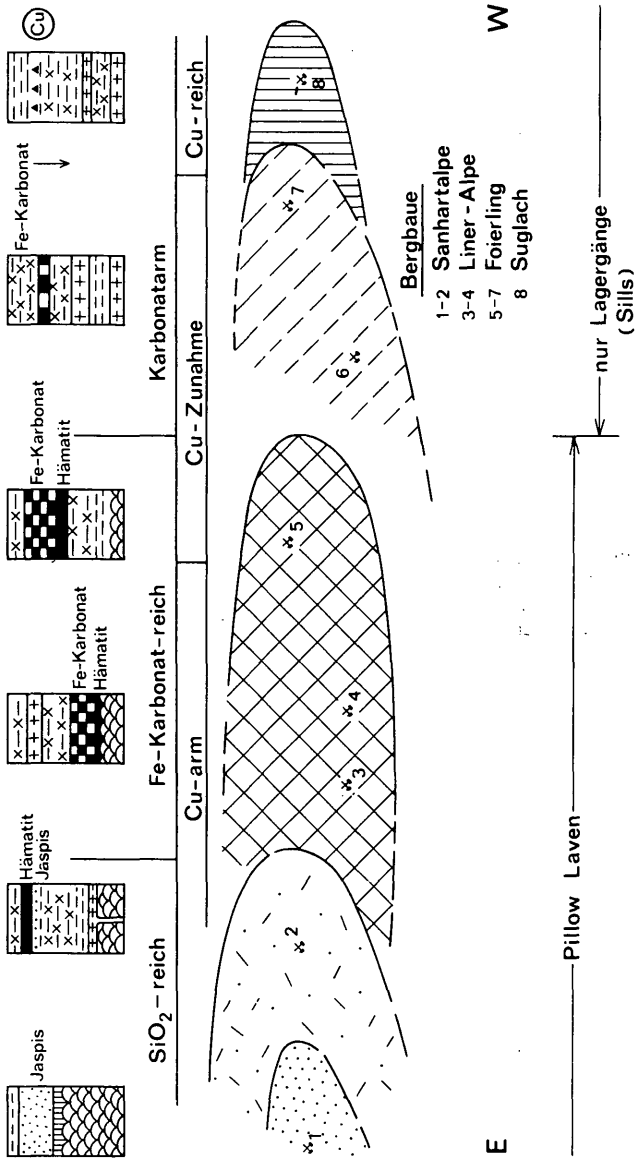


Abb. 7: Darstellung ausgewählter Profile, die von SiO<sub>2</sub>-reicher Fe-Vererzung ohne Cu zu Sideriten, die zunächst noch Cu-arm sind, überleiten, und schließlich über Cu-reichere Mineralisationen in reinen Cu-Lagerstätten enden

Erst in den höheren Schichtfolgen, nach Auffüllen der Depressionen mit pyroklastischem Material, das zunächst noch graugrüne Färbung aufweist, entwickeln sich allmählich daraus rote Tuffe (oxydierendes Milieu), in denen sehr bald die ersten Roteisensteinvererzungen nachgewiesen werden konnten.

Abschließend seien die vom Lahn/Dill-Typus abweichenden Faktoren aufgeführt.

Die Eisenerzkörper sind ausschließlich an tholeiitische Basalte gebunden; Keratophyre fehlen. Die Basalte werden nur von Tuffen und Tuffiten, nicht aber von Kalken überlagert. Die intern lagig aufgebauten Erzhorizonte zeigen keine Aufarbeitung. Das Alter der Vererzung ist durchwegs ordovizisch (Präcaradoc-Alter). Die einzelnen Erzkörper sind sehr klein (höchstens 7 m mächtig, laterale Ausdehnung kaum über 200 m hinausgehend). Außerdem besteht zu den Kupferlagerstätten vom Typ Kelchalpe eine lückenlose Verbindung.

KRÄUTNER (1977) hat in den Poiana-Rusca Mts. (Rumänien) dem Lahn/Dill-Typus einen Teliuc/Ghelar-Typus gegenübergestellt, wobei letzterer sich vor allem durch das Vorwiegen von Eisenkarbonaten, durch ein hohes Mn:Fe-Verhältnis sowie durch Ausscheidung der Erze in einem bathymetrisch tiefer gelegenen Bereich und durch fehlende Resedimente vom ersteren unterscheidet. Versucht man, nach diesen Gesichtspunkten die im Ordovizium auftretenden Eisenlagerstätten aufzugliedern, dann findet man alle Übergänge zwischen dem Lahn/Dill- und Teliuc/Ghelar-Typus.

Obwohl, wie bereits vorher erwähnt, Abweichungen zum Lahn/Dill-Typus gegeben sind, sieht der Verfasser von der Aufstellung eines neuen Lagerstättentypus ab und plädiert dafür, den Begriffsinhalt für den Lahn/Dill-Typus zu erweitern.

## 5. KIESLAGER VOM TYPUS KELCHALPE

Im Vergleich zu den Vererzungen der Zeller Beckenfazies (Tiefwasserentwicklung) sind die Kieslager des Typus Kelchalpe in Schwellenposition anzutreffen. Gerade diese Gebundenheit an die hohen Ablagerungsbereiche der Taphrogeosynklinale haben den Verfasser veranlaßt, einen eigenen Kieslagertypus aufzustellen.

Am besten ist dieser Typus am ehemaligen Kelchalpenbergbau zu studieren. Dieser Bergbau gehört einem Lagerstättenzug an, der sich von der Wildalpe über die Bachalpe zur Kelchalpe zieht, und auch einen Konnex mit den Vererzungen am Staff und auf der Sonnenspitze bildet. Durch genaue Geländeaufnahmen ist es nun gelungen, den Zusammenhang mit der Hochalpe-Foierlingzug, der sich vorwiegend aus Roteisenstein- und Sideritvererzungen zusammensetzt, nachzuweisen. Bereits POSEPNY (1880: 384) hat eine derartige Verbindung vermutet.

Sehr wesentlich ist es jedoch, daß sich im Bereich der Kelchalpe die Roteisenstein- und Kupfervererzungen treffen, und zwar sind diese stets an bunte pyroklastische Gesteine gebunden.

Folgende Parameter sind für den Kelchalpe-Typus charakteristisch:

### 1) Geologisch-tektonische Position

Der Kelchalpe-Typus tritt innerhalb der Taphrogeosynklinale sowohl im Tief-schwellen- als auch im Hochschwellenbereich auf. Er ist einerseits verknüpft mit mächtigen Lavadecken, denen Tuffe zwischengeschaltet sind, oder er tritt am Top von Flachwasser-Pillow-Laven auf; auch dort nur innerhalb der Tuffe oder in Wildschönauer Schiefeln.

### 2) Lithologische Gebundenheit

Die Erze sind nie an die basischen Magmatite selbst gebunden, sondern nur an die sie begleitenden Pyroklastika und sandigen Wildschönauer Schiefer; letztere haben sich während der Stillstandsphasen der Magmenförderung gebildet.

### 3) Vererzungsart

Eine auffallend monotone Vererzung charakterisiert den Kelchalpe-Typus. Es sind ausschließlich Kupferkies-Pyritvererzungen, die von Quarz und Eisenkarbonat begleitet werden. Keine Spur von anderen Erzen ist erkennbar. Die von ILKHANI, 1971, und SCHULZ, 1972, zum Primärerz gerechneten Titanminerale haben nichts mit der Vererzung zu tun. Die Falbenschiefer sind stark durchbewegte Gesteine am Rand der Vererzung (Mylonite), bei denen im Zuge eines Rekristallisationsprozesses Rutil und z.T. auch Kupferkies und Pyrit aufsproßten (auf die Natur der Falbenschiefer wird von MOSTLER in einer eigenen Arbeit eingegangen).

Sehr charakteristisch ist die bereits erwähnte Verbindung zwischen den Kupfererzen und den Roteisenstein-Sideritvererzungen. Kupferkies und z.T. Pyrit sind mit Hämatit und Siderit vergesellschaftet.

### 4) Vergleiche mit anderen Kieslagertypen

Hier sind vor allem die alpinen Kieslager im Sinne von O.M. FRIEDRICH (1953) zu nennen, die sich vorwiegend aus Pyrit zusammensetzen, wobei diese oft reich an Kupfer sein können. Neben Kupfer treten auch noch Blei-, Zink-, Nickel-Kobalterze sporadisch auf. Sowohl geologisch als auch lagerstättenkundlich betrachtet bieten sich auch hier Möglichkeiten der Untergliederung an, die vom Verfasser in einer eigenen Arbeit vorgestellt werden. Es handelt sich hier um einen weiteren Kieslagertypus innerhalb des Zeller Lagerstättenraumes.

Betrachtet man die drei Hauptvererzungstypen (Cypern-Typus, Lahn/Dill-Typus in etwas abgewandelter Form, und Typus Kelchalpe), die unzweifelhaft mit dem ordovizischen Riftmagmatismus in Verbindung stehen, so drängt sich unwillkürlich die Frage nach deren proximaler und distaler Vererzung auf.

Strenggenommen läßt sich weder vertikal noch lateral, wenn man vom Riftsystem als Quelle der Magmenproduktion ausgeht, eine Zonierung feststellen, und somit ist eine Diskussion hinsichtlich einer proximalen und distalen Position der Vererzung, die eng mit dem magmatischen Geschehen in Verbindung steht, wenig zielführend. Die disseminierte Vererzung in den Pillow-Laven ist über den ganzen Zeller Raum hinweg gleichbleibend. Eine Änderung tritt erst in den mineralisierten tieferen Wildschönauer Schiefeln auf, die die Beckenfüllung über den Tiefwasserbasalten darstellen. Anstelle des Magnetkieses tritt Pyrit und gegenüber den disseminierten Erzen drängen nun Kupfererze in den Vordergrund.

Die innerhalb der Pillow-Laven auftretenden, an jüngere Schwachstellen gebundenen Gangvererzungen haben zur Anreicherung von Zinkblende und Bleiglanz geführt. Besonders reich an Zinkblende ist die Lagerstätte Thumersbach, wo Zinkblende stets mit Bleiglanz auftritt, eine Vererzung, die sich im gesamten Zeller Raum in Form von Gängen nachweisen läßt. Hierbei handelt es sich allerdings um jüngere Mobilisate (alpidischen Alters).

Während in den Tiefwasserbasalten Vererzungen fast ausschließlich präsent sind, fehlen solche in den Basalten der Schwellenbereiche.

Die Tief- und Hochschwellen werden von aufgeschmolzenem Mantelmateriale gespeist. Die Pillow-Laven sind undifferenziert, wogegen das Ganggefölge, besonders die Sills, starke Magmendifferenzierungen aufweist; auch sie sind erzfrei! Die Erze im Hochschwellenbereich treten erst über dem Top der Basalte bzw. Flachwasser-Pillow-Laven auf, sind also stets an vulkanoklastische Abfolgen gebunden. Es handelt sich hierbei um Roteisenstein-Sideritlagerstätten mit in lateraler Fortsetzung zunehmender Kupferführung. Die kieselsäurereichen Roteisensteinbildungen liegen der Förderposition näher, während jenen mit höheren Kupfergehalten eine distale Position zukommt. Für diesen Lagerstättentypus kann man das von PLIMER, 1978, vorgeschlagene Schema hinsichtlich proximaler und distaler schichtgebundener Erzlagerstätten jedoch durchaus anwenden.

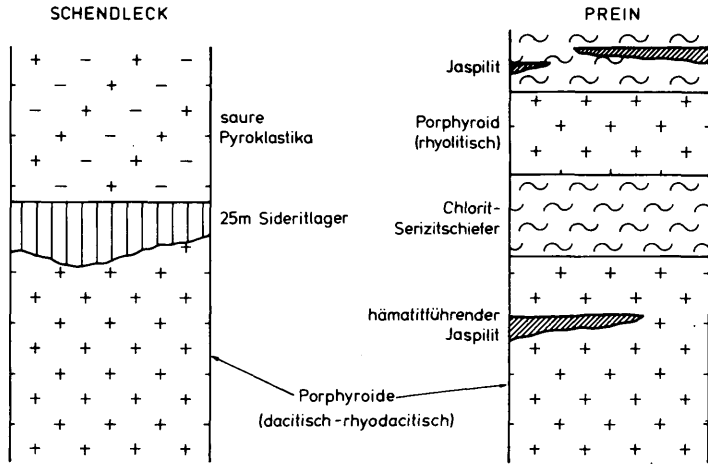
## 6. Fe-ERZE, AN SAURE BIS INTERMEDIÄRE VULKANITE GEBUNDEN

Die Porphyroide, worunter man schwach metamorphosierte Vulkanite versteht, die sich vorwiegend aus Alkalirhyolithen und Rhyodaziten zusammensetzen, folgen unvermittelt über den Sedimenten der taphrogeosynklinalen Entwicklung. Die so plötzliche tiefgreifende Veränderung im frühgeosynklinalen Geschehen geht auf die Auswirkung der takonischen Phase zurück, die sich besonders im Westabschnitt der Grauwackenzone durch eine starke Bruchtektonik äußerte. Dadurch wurden beträchtliche Gebiete dem marinen Ablagerungsraum entzogen, insbesondere jene der Schwellenfazies, während die in ursprünglicher Beckenposition als Vulkaninseln im marinen Flachwasserbereich verblieben.

Eine stärkere Vererzung weisen nur die im Ostabschnitt verbreiteten Porphyroide auf. Es handelt sich um Eisenerze, die einmal in Form von Roteisenstein und Eisenkieselerzen, zum anderen als Siderite auftreten (BAUMGARTNER, 1976). In allen Fällen (siehe Abb. 8) sind die Erze an jene Porphyroide gebunden, die einen mehr intermediären Chemismus aufweisen. HEINISCH (1980) konnte eindeutig nachweisen, daß die Porphyroide des Gebietes um die Veitsch völlig mit jenen des Eisenerzer-Raumes (beide vererzt) zusammenfallen.

Was also die Genese der Eisenerze betrifft (sie treten fast ausschließlich im Tuff- bis Tuffitgefölge der Porphyroide auf), so stehen sie jenen des Lahn/Dill-Typus nahe. Weder genetisch noch zeitlich hierherzustellen sind jene Siderite, die im wesentlichen den Steirischen Erzberg aufbauen (MOSTLER, 1984, in Druck).

Die vorwiegend sauren Vulkanite des höheren Ordoviziums, die mit zu den größten Ignimbritausbrüchen der Erde gehören, sind im Gegensatz zu den durchaus vergleichbaren, stark vererzten (Pb, Zn, Cu, Ba) permischen



nach W. BAUMGARTNER 1976

Abb. 8: Syngenetische Eisenerze, gebunden an den sauren bis intermediären hochordovizischen Vulkanismus am Ostrand der Grauwackenzone (Steiermark)

Quarzporphyren der Südalpen, mit Ausnahme der zuvor genannten Fe-Mineralisation, erzfrei. Auf der Suche nach einer Erklärung der Sterilität der ordovizischen Porphyroide wurde zunächst der Frage hinsichtlich der stofflichen Spezialisierung nachgegangen. Wenn man beispielsweise die Cu-Pb-Zn-Gehalte zwischen den ordovizischen und permischen Quarzporphyren vergleicht, so gibt es kaum Unterschiede (KLAU & MOSTLER, 1982).

Die permischen Quarzporphyre sind wesentlich stärker differenziert und in ihrer Entwicklung vielphasiger; außerdem sind sie durch eine sehr starke Propylitisierung gekennzeichnet, die intrapermisch ablief, was damit belegt werden kann, daß sie von der höchsten Ignimbriteinheit permischen Alters plombiert wurde (BRANDNER & MOSTLER, 1982). Der Hauptgrund ist jedoch im großtektonischen Rahmen zu sehen. Die Porphyroide der Grauwackenzone sind im Zuge einer intensiven Hebungstektonik, d.h. im Gefolge einer starken Dehnung, in Verbindung mit einem geosynklinalen Geschehen, entstanden, während der permische Quarzporphyr die Position eines typischen Subsequentits einnahm. Damit ist auch die Frage nach dem Fehlen von "porphyry copper ores" in den ordovizischen Porphyroiden beantwortet.



## 7. CHAMOSIT-THURINGITERZE DES TAFELSTADIUMS

Die Chamosit-Thuringitvererzung setzt mit der ersten Karbonatgesteinsentwicklung über Aufarbeitungsprodukten der vorwiegend subaerisch entstandenen Ignimbrite (Porphyroide) ein.

Gut erschlossen ist diese Vererzung in einem Seitengraben bei Westendorf und auf den Spießnägeln nächst Aschau im Spertental. Im letzteren Vorkommen treten die Erze direkt über gut aufbereiteten hochordovizischen Rhyolithen auf. Sie bilden in den basalsten Karbonatgesteinen bis zu 30 cm mächtige schichtkonkordante Lager, die ihrerseits noch stark von Silikatdetritus beeinflußt sind (AL-HASANI & MOSTLER, 1969).

Wesentlich mächtiger sind die Chamosit-Thuringiterze bei Westendorf (MOSTLER, 1968, wo über den Porphyroiden grobklastische Aufarbeitungsprodukte entwickelt sind, die von feldspatreichen Sandsteinen (2 m) überlagert werden. Gleichzeitig mit dem Einsetzen der Karbonatsedimente finden sich, analog zu den Spießnägeln, Chamosit-Thuringiterze, die einmal bankextern, also in Zwischenlagen der Karbonatgesteine, gebildet wurden, zum anderen sind hier bankinterne Chamositerze entwickelt, die in Form von Onkoiden auftreten. Die basalen Karbonatgesteine sind auch hier relativ reich an Silikatdetritus. Außerdem sind sie durch Stromatolithenführung ausgezeichnet, so daß es möglich erscheint, daß die Stromatolithen zum Aufbau der Chamositerze (in Onkoidausbildung) mit beigetragen haben.

Echte Ooide, wie sie sonst bei diesen Erztypen häufig auftreten, konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Chamosit-Thuringiterze, zu denen sich untergeordnet noch Hämatit und Pyrit gesellen, entstanden unmittelbar, nachdem sich dieser Krustenabschnitt im höheren Ordovizium konsolidiert hatte, und gerade im Begriff war, über ein verstärkt epirogenetisches Initialstadium das frühvariskische Geosynklinalgeschehen einzuleiten. Vor allem Chamosite sind im Ordovizium und Silur Europas weitverbreitet und treten bevorzugt in epikratonischen marinen Bereichen auf (WOPFNER & SCHWARZBACH, 1976). Ihr Auftreten innerhalb der Grauwackenzone im tiefsten Silur markiert das Auslaufen des an den kaledonischen Zyklus anschließenden Tafelstadiums. Dieses Tafelstadium setzt im Ashgill ein und endet mit dem basalen Llandovery.

## Literaturnachweis

- AL-HASANI, N. & H. MOSTLER (1969): Zur Geologie der Spießnägels südlich Kirchberg (Nördliche Grauwackenzone, Tirol). - Veröff. Univ. Innsbruck 9, Alpenkundl. Studien V, 1-26, Innsbruck.
- BAUMGARTNER, W. (1976): Zur Genese der Erzlagerstätten der östlichen Grauwackenzone und der Kalkalpenbasis (Transgressionsserie) zwischen Hirschwang/Rax und Neuberg/Mürz. - Berg- u. Hüttenmännische Mh., Jg. 121, H. 2, 51-54, Springer-Verlag.
- BRANDNER, R. & H. MOSTLER, H. (1982): Der geologische Aufbau des Schlerngebietes und seiner weiteren Umgebung. - Exkursionsführer, Jahrestagung der Österr. Geol. Ges., Seis am Schlern, Südtirol, 1-42.
- COLINS, E., HOSCHEK, G. & H. MOSTLER (1980): Geologische Entwicklung und Metamorphose im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone unter besonderer Berücksichtigung der Metabasite. - Mitt. österr. geol. Ges., 71/72, 1978/1979, 342-378, 17 Abb., 4 Tab., Wien.
- DAVOGG, B. (1981): Geologische Untersuchungen an basischen Magmatiten im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone unter besonderer Berücksichtigung ihrer Eignung als natürliche Rohstoffe. - Diss., Univ. Innsbruck, 132 S.
- DOLEZEL, P. & E. SCHROLL (1972): Zur Geochemie der ostalpinen Siderite. - 2nd Intern. Symp. Min. Dep. Alps, Ljubljana 1972, 343-359.
- FAIRBRIDGE, R.W. (1975): Continental margin sedimentation. - IX. Internat. Sediment. Congr., vol. P 1, Theme 4, Tectonic and sedimentation, 109-120, Nizza.
- FRIEDRICH, O.M. (1953): Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. - Radex-Rdsch., 371-407, mit Karte 1:500 000.
- HEINISCH, H. (1980): Der ordovizische "Porphyroid"-Vulkanismus der Ost- und Südalpen - Stratigraphie, Petrographie, Geochemie. - Diss., Univ. München, 253 S.
- ILKHANI-GLIDJAI, E. (1971): Die Erzlagerstätten südöstlich von Kitzbühel (Tirol). - Diss., Univ. Innsbruck.
- KLAU, W. & H. MOSTLER (1983): Zn-Pb-F-mineralization in Middle Permian of Tregiovo (Province of Bozen/Trient, Italy). - In: SCHNEIDER, H.-J. (Ed.): Mineral Deposits of the Alps and of the Alpine Epoch in Europe, 71-80, 6 Abb., Springer-Verlag.
- KRAUTNER, H.G. (1977): Hydrothermal sedimentary iron ore related to submarine volcanic rises: the Teliuc-Ghelar type as a carbonatic equivalent of the Lahn-Dill type. - In: KLEMM, D.D. & H.-J. SCHNEIDER (Ed.): Time- and Strata-Bound Ore Deposits, 232-254, 14 figs., Springer-Verlag.
- MAXWELL, J.C. (1973): Ophiolites - old oceanic crust or internal diapirs?. - In: Symp. Ophiolites in the Earth's Crust. Moscow: Acad. Sci. USSR, 71-73.
- MOSTLER, H. (1968): Das Silur im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Tirol und Salzburg). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 18. Bd., 1967, 89-150, Wien.
- MOSTLER, H. (1984, in Druck): Zum minerogenetischen Stockwerkbau in der Nördlichen Grauwackenzone (Ostalpen, Österreich).

- PLIMER, I.R. (1978): Proximal and distal stratabound ore deposits. - Mineral. Deposita (Berl.) 13, 345-353.
- SCHULZ, O. (1972 a): Horizontgebundene altpaläozoische Kupfervererzung in der Nordtiroler Grauwackenzone, Österreich. - TPM Tschermaks Min. Petr. Mitt. 17, 1-18, Springer-Verlag.
- SCHULZ, O. (1972 b): Neuergebnisse über die Entstehung paläozoischer Erzlagerstätten am Beispiel der Nordtiroler Grauwackenzone. - 2<sup>nd</sup> Intern. Symp. Min. Dep. Alps, Ljubljana 1972, Geological Transactions and Reports, vol. 15, 125-140.
- SCHULZ, O. (1974): Metallogenese im Paläozoikum der Ostalpen. - Geol. Rdsch. 63, 93-104.
- WOPFNER, H. & M. SCHWARZENBACH (1976): Ore deposits in the light of paleoclimatology. - In: WOLF, K.H. (Ed.): Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits, vol. 3: Supergene and Surficial Ore Deposits; Textures and Fabrics, 43-87, Elsevier Publ. Comp.
- ZUFFARDI, P.(1977): Ore/mineral deposits related to the Mesozoic ophiolites in Italy. - In: KLEMM, D.D. & H.-J. SCHNEIDER (Ed.): Time- and Strata-Bound Ore Deposits, 314-327, Springer-Verlag.