Die Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten (Alpine Kieslager) im Bereich der Nördlichen Grauwackenzone

Vorläufige Ergebnisse und einige Deutungsversuche

Heinz J. Unger

Zusammenfassung

Im Laufe der letzten Jahre wurde ein Großteil der Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten der Nördlichen Grauwackenzone geologisch untersucht.

Diese Untersuchungen beinhalten eine geologische Detailaufnahme der näheren Lagerstättenumgebung und der ehemaligen Bergbaue. Auf Grund dieser Aufnahmen konnten die Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten der Nördlichen Grauwackenzone (Alpine Kieslager nach O. M. Friedrich, 1953) als syngenetische Lager erkannt werden. Ihre Entstehung wurde durch das submarine Austreten von Hydrothermen (ev. in sog. Hydrothermallaugenbecken nach M. Hartmann, 1970) in das ganz junge Sediment bzw. auf den Meeresboden verbunden mit Ausfällung bzw. Sedimentation bewirkt. Diese Hydrothermen können im Zusammenhang mit vulkanischen Äußerungen oder als Restlösungen juvenil-basaltischer Magmenintrusionen aufgefaßt werden. Diese Restlösungen dürften, im Gegensatz zu Meggen und Rammelsberg, eine Ba-freie Zusammensetzung gehabt haben. Ba tritt höchstens im letzten, ehemals südlichsten »Becken« in sehr geringem Maße in Erscheinung. Im Zuge der alpidischen Orogenese glitt das paläozoische Gesteinspaket mit den in s lagernden Erzlagern und den darüber liegenden Nördlichen Kalkalpen nach N ab. Einzelne Fetzen des Gesteinsmaterials aus diesem paläozoischen Geosynklinaltrog blieben südlich der heutigen Salzachtallinie auf den Hohen Tauern hängen.

1. Geographische Lage der Lagerstätten (Abbildung 1)

Im Bereich der Nördlichen Grauwackenzone der Ostalpen, zwischen Gloggnitz im Osten und dem Oberpinzgau im Westen treten zwischen dem Liesingtal (Steiermark) und Mittersill im Salzachtal eine Reihe von Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten auf, die auf Grund ihrer

Genese und ihrer geographischen wie geologischen Lage einem einheitlichen Vererzungstyp zugeordnet werden können.

Vom Osten (Liesingtal) bis westlich von Mittersill (Oberpinzgau) finden sich folgende größere Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten:

Kallwang (wurde noch nicht bearbeitet)
Niederoeblarn
Walchen bei Oeblarn
Mandling (wurde nicht untersucht)
Limberg/Lienberg westlich Zell am See
Klucken, nördlich Piesendorf
Rettenbach
Bernstein (in der Rechnitzer Schieferinsel gelegen)

Diese Lagerstätten liegen mehr oder weniger knapp am südlichen Rand der Grauwackenzone. Wie die Detailaufnahmen einiger größerer Lagerstätten zeigten, trennt meistens nur ein sehr schmaler Streifen die Lagerstätten von den südlich angrenzenden, z. T. höher metamorphen Einheiten, oder sie liegen direkt in diesem Grenzstreifen (Walchen, Rettenbach).

Die meisten der hier besprochenen Lagerstätten wurden bereits zur Keltenzeit beschürft und erlebten sporadisch stärkere Abbauperioden mit zum Teil großen Förderraten.

In der Rechnitzer Schieferinsel (Burgenland), nordöstlich von Graz, in einer wahrscheinlich ebenfalls paläozoischen Gesteinsabfolge wurde die Lagerstätte Bernstein bearbeitet, die genetisch in den hier zu besprechenden Rahmen paßt.

2. Geologische Übersicht, Bemerkungen zur Tektonik

Die Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätte *Bernstein* liegt, abweichend von den anderen, oben angeführten Lagerstätten, in der sog. Rechnitzer Schieferinsel, die im wesentlichen aus Quarzphylliten, Quarzkieselschiefern, Kalk-Serizit-Schiefern, Graphitphyliten, Rauhwacken und Serpentin besteht. Das Gesteinsmaterial ist epimetamorph überprägt und zeigt zahlreiche Reliktstrukturen. Primärmaterial waren Tone, Mergel, Kalke und etwas Sand. In diese Serie intrudierte eine Folge von basischen Magmatiten, die heute als Ophiolite (Grünschiefer, Serpentin) vorliegen. Im gesamten kann der Geosynklinalcharakter der Gesteinsabfolge und der Erzlager als bewiesen betrachtet werden. Die nachfolgende Metamorphose ist hier im Osten geringer gewesen als z. B. im Pennin der Hohen Tauern. Alter der Gesteine: Unsicheres Paläozoikum im Liegenden mit Auflagerungen von Permotrias. Die Lagerstätte Bernstein wurde auf Grund ihrer genetischen Übereinstimmung zu den Kieslagern der Grauwackenzone hinzugezogen.

Die Lagerstätte *Walchen bei Oeblarn* liegt ca. 100 m im Hangenden der Grenze zwischen dem Komplex der Wölzer Glimmerschiefer im Süden und der Serie der Ennstaler Phyllite im N. Sie liegt also knapp am südlichen Rand der Grauwackenzone, in den Ennstaler Phylliten, die sich als Serie aus Serizitphylliten, quarzitischen Phylliten mit Einschaltungen

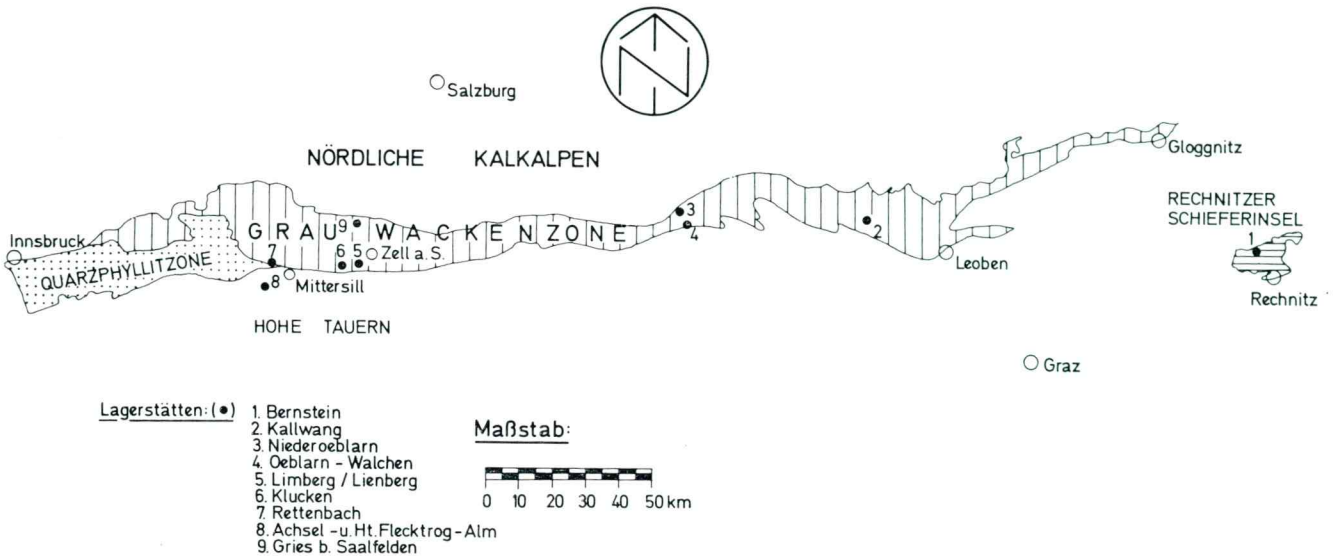

Abb. 1. Übersichtskarte der syngenetischen Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten der Grauwackenzone (nördl.), (gez. H. J. U n g e r, 1971/160)

von Graphitphylliten, Graphitquarziten und Grüngesteinen zusammensetzt. Im engeren Lagerstättenbereich treten gegen N zu mächtige Grünschieferzüge auf. Die Serie der Ennstaler Phyllite fällt mit mittleren Neigungen nach N ein, sie ist anchi- bis epimetamorph überprägt.

Im Zuge der alpinen Orogenese wurden die ursprünglich getrennten Sedimentationseinheiten (Wölzer Glimmerschiefer und Ennstaler Phyllite) gegeneinander bewegt. Das bereits wahrscheinlich variszisch mesozonal eingeformte Kristallin (Wölzer Glimmerschiefer) wurde dadurch randlich einer Diaphthorese unterworfen und somit den Ennstaler Phylliten in Bezug auf den Metamorphosegrad stark angeglichen.

Die Pauschalzusammensetzung beider Gesteinsgruppen ist sehr ähnlich, auf jeden Fall waren für beide Gesteine tonige bis sandige Sedimente mit Mergel- und Tuffeinlagerungen die Ausgangssedimente (H. Wieseneder, 1938; W. Fritsch, 1953).

Schon obertags ist eine deutliche Bruchtektonik zu erkennen, was die Grubenaufschlüsse untertags auch voll bestätigen. Sie ist nicht nur auf den engeren Lagerstättenbereich beschränkt, sondern setzt sich auch südlich davon fort. Es handelt sich im wesentlichen um SSW—NNE/ 70° NW bis seiger gerichtete Störungen. Alle größeren Verwürfe versetzen den östlichen Teil nach N, d. h. ins Hangende. Diese Hauptverwerfer wurden als Brüche mit Seitenverschiebung bezeichnet.

Es ist nicht zu erkennen, ob die Serie der Ennstaler Phyllite mit einer Transgressionsdiskordanz über den Wölzer Glimmerschiefern sedimentiert wurde, wie dies Vacek (1893) annahm oder ob sie später, vielleicht während der variszischen Gebirgsbildung, auf die Granatglimmerschiefer aufgeschoben wurden.

Zwischen nachmaligen Ennstaler Phylliten und den später zu Granatglimmerschiefern gewordenen Gesteinsgruppen bestand eine primäre, sedimentär-stratigraphische und auch tektonische Grenze. Bei der älteren Internfaltungstektonik wurden beide Komplexe durch gemeinsame Deformation und Metamorphose einander genähert und verschweißt. Die Wölzer Glimmerschiefer wurden graduell stärker deformiert und metamorphosiert.

Die zu dieser Internfaltung para- bis posttektonische Bildung von Hornblende und Granat wie auch die Internfaltung selbst klangen gegen N in den Ennstaler Phylliten allmählich aus, so daß sich ein Übergang, wenn auch nur sehr schwer faßbar, von Süden nach Norden bildete.

Eine jüngere Umscherungstektonik (W. Fritsch, 1953) erzeugte in beiden Einheiten die heute meßbaren s-Flächen, die nicht immer stoffkonkordant sind. Die älter angelegte tektonische Grenzfuge zwischen beiden Gesteinsgruppen erwies sich dabei als Schwächezone, wodurch es hier zu vermehrter Deformation, Verschuppung und auch Diaphthorese kam. Solcher Art wurde der erkennbare Grenzstreifen gebildet, an dem heute Gesteine mit stärkerem Unterschied in der Metamorphose und auch des Internbaus nahe beieinander liegen.

Die Lagerstätte *Limberg/Lienberg*, westlich von Zell am See liegt nahe dem südlichen Rand der Grauwackenzone, in der Serie der Pinzgauer Phyllite. Es handelt sich bei der Serie der Pinzgauer Phyllite (in etwa ein

Äquivalent zur Serie der Ennstaler Phyllite) um eine Wechselfolge von Serizitphylliten und quarzitischen Phylliten mit s-parallelen Einlagerungen linsen- bis lagenförmiger Art von graphitischen Phylliten und Grüngesteinen i. w. S. Sehr selten sind Kalklinsen zu beobachten. In den Serizitphylliten lagern die Erzlager in s der Gesteine.

Gefügemerkmale: Faltenachsen, Lineare und s-Flächensysteme der Serie der Pinzgauer Phyllite. Sie sind z. T. schwach bis stärker verfältelt und zeigen steil nach N (teilweise nach S) fallende Schieferungs-Flächen mit EW-Linearen.

Klare tektonische Linien sind im Lagerstättenbereich obertags nicht erfaßbar. Im gesamten liefert die Grauwackenzone im hier betrachteten Bereich das Bild eines Mulden- und Sattelbaues. Der Schmittengraben (westlich Zell am See) scheint die Muldenachse zu sein, während die Lagerstätte selbst im Bereich des steil nach Norden fallenden südlichen Sattelschenkels zu liegen scheint, der an der Salzachtallinie abgeschert sein dürfte.

Wie die untertägigen Aufschlüsse zeigen, scheint ein NW—SE streichendes Verwurfsystem im Bergbau die Lager zu zerlegen. Alte Berichte sprechen davon, daß der Limberger Bergbau in einem besonders stark zerklüfteten Gebirge umging. Theoretisch wäre eine starke Zerklüftung zu erwarten, da der Bergbau in einem geologischen Abschnitt steht, der knapp nördlich der Salzachtallinie, einem EW-streichenden, sehr markant ausgeprägten Lineament und W der sog. Zeller Linie, einem SN-streichenden, wahrscheinlich ebenfalls sehr markanten Lineament, an denen entlang die Gleitbewegungen der Grauwackenzone nach N vor sich gegangen sein dürften, liegt.

Die Lagerstätte *Rettenbach* als westlichster größerer Kupfer- und Schwefelkiesbergbau im Bereich der Nördlichen Grauwackenzone, liegt westlich von Mittersill im Oberpinzgau (Salzbug). Geologisch betrachtet liegt sie an der Grenze zweier geologischer Einheiten und zwar der Grauwackenzone im Norden und der Quarzphyllitzone im Süden. Die Serie der Pinzgauer Phyllite ist auch hier die am meisten verbreitete Gesteinsabfolge. Im großen gesehen bildet sie eine einförmige Gesteinsserie, die sich hauptsächlich aus Serizitschiefern bis Serizitquarziten und quarzitischen Phylliten mit einzelnen Zwischenlagen von Graphitphylliten und Grüngesteinen i. w. S. zusammensetzt. Ebenfalls in den Bereich der Nördlichen Grauwackenzone sind Kalke bis dolomitische Kalke zu stellen, die im untersuchten Gebiet vereinzelt vorkommen.

Beim Quarzphyllit handelt es sich nach B. S a n d e r (1921) um einen Phyllonit, in welchem neben Quarz und Serizit auch Turmalin, etwas Chlorit, Apatit und Leukoxen-artige Umwandlungsprodukte akzessorisch auftreten können.

Im untersuchten Gebiet kann innerhalb des Quarzphyllits kaum eine brauchbare Trennung einzelner Partien vorgenommen werden, höchstens das Auftreten von hellgrauen Quarzitpartien und teilweise eine stärkere Fe-Färbung, was auf Pyrit bzw. dessen Verwitterungsprodukte deutet.

Der Quarzphyllit wird als das stratigraphisch unmittelbar Liegende der Nördlichen Grauwackenzone aufgefaßt, was eine zeitliche Einstufung

von altpaläozoisch bis präcambrisch gestattet. Der Quarzphyllit dürfte einem selbständigen paläozoischen Sedimentationsraum mit etwas abweichenden faziellen Verhältnissen gegenüber dem Sedimentationsraum der Gesteine der Nördlichen Grauwackenzone zuzuordnen sein. Die Quarzphyllite weisen epizonale Metamorphose auf. In der Nördlichen Grauwackenzone dagegen liegt der Metamorphosegrad bei anchi- bis epizonal, er nimmt im allgemeinen von Norden nach Süden zu, so daß hier, am Übergang von der Grauwackenzone zum Quarzphyllit in den Gesteinen der Grauwackenzone ebenfalls epizonale Überprägung festzustellen ist, was eine scharfe Trennung beider Einheiten in diesem Bereich sehr erschwert, wenn nicht unmöglich macht.

Im Zuge der alpinen Orogenese sind die ursprünglich nebeneinander bzw. sogar übereinander (transgressiv) lagernden Sedimentationseinheiten von »Quarzphyllit- und Grauwackenzone« nach N und ineinander bewegt worden. Der bereits variszisch epizonal geformte und durchbewegte Quarzphyllit wurde steil gestellt (Einfallen 70—80° N), während die Gesteine der Grauwackenzone demgegenüber mit ca. 30—40° nach N einfallen. Es ergibt sich in diesem regionalen Abschnitt teilweise eine Winkeldiskordanz. Diese Winkeldiskordanz kann einer Orogenphase zugeordnet werden. Aufnahmetechnisch bietet dieser Umstand die einzige Handhabe einer befriedigenden Trennung beider Einheiten.

Ob man diese Winkeldiskordanz als Bewegungsbahn oder als Transgressionskontakt bezeichnet, ist eine Frage der Interpretation. Vieles spricht für einen Transgressionskontakt, da im allgemeinen typische Merkmale einer starken Bewegung in diesem Abschnitt fehlen.

Die Lagerstätte Rettenbach liegt, orientiert an diesem Transgressionskontakt, ca. 100 m im Liegenden davon im Bereich des Quarzphyllits. Betrachtet man dagegen die Lagerstätte im Verbande mit ihrer näheren geologischen Umgebung, so muß man feststellen, daß sich die Schwefelkiesvererzung in mehreren Lagern in den eindeutig zur Grauwackenzone gehörenden Gesteinen fortsetzt, was zu der Annahme berechtigt, daß wahrscheinlich ähnlich günstige Förder- und Sedimentationsbedingungen für eine Kupfer- und Schwefelkiesvererzung über einen geologisch längeren Zeitraum hinweg anhielten.

Nimmt man analoge Verhältnisse wie im Bereich der Lagerstätte Walchen bei Oeblarn an, so könnte man von einem ca. 400 m mächtigen Grenzstreifen zwischen Quarzphyllitzone und Nördlicher Grauwackenzone sprechen, in dem die synsedimentär entstandenen Schwefelkieslager mehr oder weniger stark zerlegt in konkordanter Form auftreten.

Das Großlineament bildet hier ebenfalls die im Salzachtal laufende sog. Salzachtallinie, an der sowohl die Quarzphyllitzone wie auch die Nördliche Grauwackenzone nach N abgeglitten sind (als Großeinheit). Im näheren Lagerstättenbereich sind keine klaren tektonischen Linien erfaßbar. Das einzige auskartierbare Störungssystem ist im Bergbau selbst aufgeschlossen. Mit N 15 E/70 NW dürfte es als Hauptrichtung der Verwerfer in der Lagerstätte angesehen werden. Obertags ist davon nichts erkennbar.

3. Erzbestand

Der Erzbestand kann mehr oder minder mit ganz geringen Abweichungen für alle genannten Lagerstätten pauschal behandelt werden. Die vererzten Partien (Lager) bestehen aus hellem, teilweise mürbem Serizitschiefer bis Serizitquarzit unterschiedlicher Mächtigkeit mit den Erzlagern in s. *Bernstein* weicht davon ab, das Erzlager liegt hier in Grünschiefern, die Einlagerungen von Quarz- und Schieferbändern, entsprechend den sedimentären Rhythmen zeigen.

Das Erz tritt als 20—200 cm mächtige Derberzlage mit randlich, hangend und liegend, schwach mit Erz durchsetzten Serizitquarzitlagen, dem sog. Imprägnationserz, auf.

Die Erzlager führen folgende Mineralien:

Schwefelkies
Kupferkies in wechselndem Anteil, teilweise lagenweise angereichert
Buntkupferkies vereinzelt
Ni-haltigen Magnetkies, in massigen Magnetkieslagen Gudmundit (FeSbS)
Arsenkies
Cubanit, Valleriit
Fahlerz, schwach silberhaltig
Bleiglanz und Zinkblende. In der Zinkblende tritt Zinnkies (Cu_2FeSnS_4) auf, sowohl als Entmischungskörperchen als auch in Lappen und kleinen Nestern
Myrmekite aus Tetraedrit, Bournonit, Boulangerit und einzelnen Jamesonitkörnern können in Magnetkieslagen auftreten
Titanmineralien (Rutil TiO_2, Ilmenit $FeTiO_3$, Titanit)
Gangarten: Quarz, Kalkspat, ankeritisches Karbonat

Eine Vielzahl verschiedener Metallsulfide ist an der Zusammensetzung des sog. Derberzes beteiligt und sie bewirken die außerordentlich komplexe Natur des Erzes. Sehr feinkörnige Verwachsung des Erzes. Sehr scharfer Kontakt zwischen Derberz und Imprägnationserz. Durch frühdiagenetische Bewegungen innerhalb der Sedimentationseinheit ist diese Randzone zwischen Derb- und Imprägnationserz stellenweise zerlegt. In solchen Fällen kann es vorkommen, daß mobilisierende Lösungen aus dem Erzlager eine Wanderung von Kupferkies, seltener Schwefelkies, am Auskeilenden hauptsächlich von Bleiglanz und Zinkblende bewirken, die dann kleine, senkrecht zum eigentlichen Lager stehende Klüfte ausheilen. Hereingebrochene Nebengesteinsbruchstücke im Derberzkörper sind äußerst selten.

Detaillierte Erzbeschreibungen können in den einzelnen Lagerstättenbearbeitungen nachgelesen werden, sie sollen hier nicht wiederholt werden.

Der Vererzungszyklus dürfte mit der Ausscheidung von Bleiglanz und Zinkblende geendet haben. Durch die schwach epizonale Metamorphose wurden dann hauptsächlich Bleiglanz, Zinkblende und Kupferkies mobilisiert und zusätzlich zu den Ausfällungen am Auskeilenden noch in Störungsbereichen bzw. senkrecht zum Erzkörper verlaufenden Spältchen abgesetzt, was früher als eigene Vererzungsphase gedeutet wurde. Jeder Derberzkörper deutet auf eine einzige ununterbrochene Thermenzufuhr

und jedes Lager ist von anderen Lagern durch räumliche (Zwischenschiefer bzw. Imprägnationszonen) und zeitliche (Mächtigkeit der Phyllite zwischen den einzelnen Lagern) Dislokation getrennt.

Zusammenfassend kann über den Erzbestand der Kieslager im Bereich der Nördlichen Grauwackenzone gesagt werden:

Das Erz zeigt einen Lagenbau im mm- bis cm-Rhythmus (hauptsächlich an der wechselnden Korngröße erfaßbar) mit eingelagerten Quarz-Glimmer-Lagen. Die Erze sind nicht verschiefert, haben also ihr sedimentäres Erzgefüge erhalten. Mylonitbildungen, Scherflächen und Ruschelzonen im Erzgefüge sind selten. Vor- bis frühdiagenetische Setzungs- und Gleiterscheinungen können z. T. erkannt werden, ergeben aber keine größere Bewegungsentfernungen. Die erfaßbare Metamorphose verlief rein statisch, es dürfte sich in diesem Fall um die alpidische handeln. Die Erze sind mechanisch nicht verformt, obwohl sie eine sehr kräftige Metamorphose überstanden haben dürften. Die Erzlager verhielten sich gegenüber den tektonischen Bewegungen als starrer Block, eingelagert in die leicht deformierbaren Phyllite. Damit dürfte auch ein en bloc-Abgleiten nach N zusammen mit den Nördl. Kalkalpen als wahrscheinlich angesehen werden. Ob die Erze im Zuge der variszischen Metamorphose überprägt wurden und nachfolgend von der alpidischen nochmals, ist aus den Anschliffen nich zu beantworten, Erfaßbar ist nur *eine* Metamorphose, die oben als statisch bezeichnete, die der alpidischen zuzurechnen sein dürfte.

4. Geochemische Bemerkungen

Geochemische Untersuchungen an einigen Kieslagern erbrachten bei folgender Problemstellung die unten angeführten Ergebnisse:

a) Läßt sich irgendeine Zonalität im Querschnitt der Erzlager feststellen? Ist im Liegenden oder Hangenden der Lager eine Zunahme bzw. Abnahme des Fe- bzw. Cu-Gehaltes erkennbar?

b) Sind irgendwelche Beweise für Lösungs- bzw. Wiederausfällungsvorgänge im Liegenden oder Hangenden der Lager erfaßbar?

c) Kann bei Erzlagern von Infiltrations- bzw. Imprägnationszonen gesprochen werden?

Zu a) Im Liegenden der Lager, am Kontakt Erz zu Nebengestein, tritt jeweils eine deutliche Fe-Anreicherung auf. Im eigentlichen Lagerbereich zeigt sich ein um 5 % liegender Fe-Gehalt, also eine deutliche Fe-Abnahme. Eine charakteristiche Abfolge des Fe- und Cu-Gehaltes im Lagerbereich ist außer den erwähnten Kupferkies-reicheren Lagen im Bereich mancher Lager nicht festzustellen.

Zu b) Im Hangenden der Lager tritt eine deutliche Abnahme des Fe-Gehaltes auf. Alle Lager werden im Hangenden von dem charakteristischen Serizitschiefer begleitet, was zu der Annahme berechtigt, daß durch den jungen Erzkörper in einem sehr frühdiagenetischen Stadium Lösungsvorgänge in Bezug auf SiO_2 stattfanden. Die erzführenden Schichten bestehen aus Serizitquarzit bis Serizitschiefer, die bis zu 25 m mächtig werden können. Nur der liegende Teil dieses Serizitgesteins ist in verschieden starkem Maße vererzt, wobei kompaktes Derberz bzw. Imprägna-

tionserz auftreten kann. Der darüber liegende Serizitquarzit ist entweder noch in s vererzt oder er liegt in Serizitschieferausbildung vor.

Zu c) Imprägnationszonen gibt es bei Lagern nicht. Als Infiltrationszone könnte man die sehr charakteristische Fe-Zunahme im Liegenden der Lager bezeichnen, wobei allerdings die Frage offen bleiben muß, ob mit dieser »Infiltration« nicht eher ein Absatz bei Lösungsvorgängen bezeichnet wird. Es muß also ungeklärt bleiben, ob die hohen Fe-Spitzen im Liegenden primär sedimentärer Natur sind oder ob sie sekundär »lösungsangereichert« entstanden sind. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang noch die verstärkte Quarzführung bei einigen Lagern im Liegenden.

5. Stellungnahme zur Genese der Kupfer- und Schwefelkieslager

(Abbildung 2)

Bei den Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten am südlichen Rand der Nördlichen Grauwackenzone (einschließlich der Lagerstätte Bernstein in der Rechnitzer Schieferinsel) handelt es sich um syngenetische Erzlager unregelmäßiger Form (linsig, lagig) in sedimentärem, anchi- bis epimetamorphem Phyllitverband mit Anzeichen wechselnder sedimentärer Rhythmen im Erz und im Nebengestein (im Makro- und im Mikrobereich). Die Erzlager sind im allgemeinen schwach metamorphosiert.

Für diese genetische Deutung sprechen folgende Überlegungen:

1. Ein stark gegliedertes Bodenrelief mit Rinnen, Untiefen und Sondermulden am Meeresboden mit kurzzeitiger Hydrothermen-Zufuhr erzeugte unregelmäßig geformte Derberzkörper. Stark reduzierendes Milieu, daher keine Einlagerung von Detritus. Schwache Streifung des Erzes durch Wechsel in der Mineralsedimentation.

2. Das sog. Imprägnationserz entspricht einer mengenmäßig geringeren Thermenzufuhr unter gleichzeitiger normaler Sedimentation der Gesteinsmatrix.

3. Keine Diskordanzerscheinungen. Die Erzlager bilden konkordante Einlagerungen im Gesteinsverband. Seitliches Auskeilen der Lager nach Osten und Westen mit Absatz von Bleiglanz und Zinkblende als kühltemperierten Modifikationen. Heutige Steilstellung der Erzlager wahrscheinlich durch zweimalige orogenetische bzw. tektonische Vorgänge.

4. Diagenetische bzw. durch orogene Vorgänge erzeugte Risse senkrecht zu den Lagern werden durch mobilisierte Mineralien (Bleiglanz und Zinkblende, Kupferkies) verheilt, stellen also in keiner Weise eine eigene Vererzungsphase dar.

5. Andeutungsweise ist ein zonenweiser Absatz von Kupferkies und Zinkblende erkennbar. Kupferkies tritt dabei in den ersten, heißeren Absätzen, Zinkblende in den späteren, kühleren Absätzen auf. Es handelt sich um eine sedimentäre Zonalität.

6. Keinerlei Nebengesteinsbeeinflussung, außer einer stärkeren »Verquarzung« der liegenden Gesteinspartien ist erfaßbar. Dies ist zu erklären: Als Vorphase der eigentlichen submarinen Hydrothermenzufuhr ist eine verstärkte Förderung von SiO_2, verbunden mit einem erhöhten Fe-Gehalt

anzunehmen. Diese Vorphase dürfte sich als schwächere Exhalation geäußert haben. Der erhöhte SiO_2-Gehalt im Liegenden der Lager, der sich durch starke Verquarzung des Phyllits in Form von Quarzknauern und reinen Quarzlagen und auch in Form eines im Durchschnitt höheren SiO_2-Gehaltes des Phyllits äußert, dürfte die Erscheinungsform dieser Vorphase dokumentieren. Durch diese »präthermale Verquarzung« wird manchmal eine genaue Grenzziehung zwischen der Liegendzone und den Gesteinen der Grauwackenzone erschwert. Als klar erfaßbare Vorphase der eigentlichen Vererzungs-Phase kann eine derartige Erscheinung wesentliche Hilfe leisten.

7. Im Hangenden treten meistens Anzeichen vulkanischen Geschehens auf. Somit könnte die sulfidische Hydrothermenzufuhr als prävulkanische, submarine Äußerung aufgefaßt werden. Die Erzlager sind eindeutig älter als die Grüngesteine.

Zusammenfassender Überblick der Genese der ostalpinen Kupfer- und Schwefelkieslagerstätten als Vererzungstypus:

1. Die Kupfer- und Schwefelkies-Lagerstätten der Nördlichen Grauwackenzone sind einem einzigen metallogenetischen Akt zuzuordnen, dessen Hauptaktivität einerseits im Raume Kallwang-Oeblarn, andererseits im Westen zwischen dem Großarltal—Zell am See und Mittersill zu suchen ist.

Die Hydrothermenzufuhr geschah in allen Abschnitten in verschiedenen Schüben, d. h. in verschiedenen Spezialbecken zeitlich und räumlich aufeinanderfolgend, so daß es möglich ist, eine gewisse zeitliche und zonale Übereinstimmung zwischen den Hauptvererzungsabfolgen zu erkennen.

Die eintönige und schwer unterscheidbare Abfolge der Gesteine im Bereich der Kieslager deutet mit ihrem langsamen Fazieswechsel auf eine sich langsam vertiefende, relativ schmale Zone hin. (M. Hartmann, 1970: 244 nennt solche Bereiche: «Hydrothermallaugenbecken«). Hinweise auf stärkere synsedimentäre Bewegungen im Bereich der Schwefelkieslager sind nicht erkennbar.

Natürlich wird auch ein gewisser Prozentsatz der Elemente, speziell der Schwefel, aus dem sedimentären Kreislauf unter Mitwirkung sulfatreduzierender, anaerober Bakterien stammen, doch dürfte dieser Anteil sehr gering sein.

2. Demnach handelt es sich bei den hierher zu stellenden Kieslagern um syngenetische, horizontbeständige Lager mit temporär wechselnder Hydrothermenzufuhr.

3. Ob und inwieweit diese Lagerstätten der variszisch angelegten Geosynklinale an einen frühgeosynklinalen Magmatismus geknüpft sind, bleibt noch offen. Auf jeden Fall können die alpinen Kieslager der Nördl. Grauwackenzone in gewissem Sinne als Vorläufer einer vulkanischen Tätigkeit gewertet werden, wie es die im Hangenden auftretenden Grüngesteine beweisen. Die Erzmineralien dürften in Lösungen »hydrothermaler Provenienz« transportiert worden sein und im kühleren Milieu submarin sedimentiert worden sein.

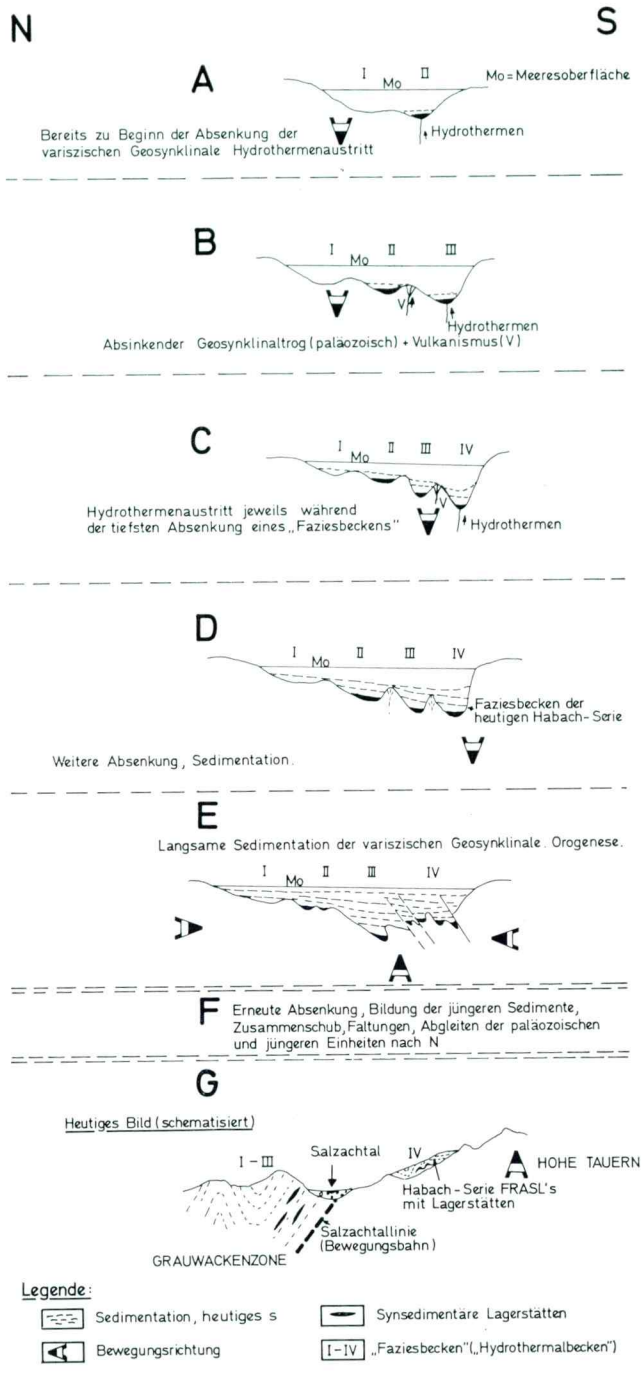

Abb. 2. Schematisierter geologischer Bildungs- und Bewegungsablauf im Oberpinzgau (Salzburg), (gez. H. J. Unger, 1971/160)

4. Für eine Herkunft des Erzbestandes der alpinen Kieslager aus submarin austretenden Hydrothermen spricht:

Eine oft zonare Abfolge vom Liegenden zum Hangenden mit erhöhter Kieselsäure-Förderung vor Beginn des eigentlichen Vererzungsvorganges, zonenweises Auftreten von Kupferkies-reicheren Lagen und als letzte bzw. den jeweiligen Hydrothermenschub abschließende Äußerung die Förderung von schwach thermalem Bleiglanz und Zinkblende.

G. Anger (1966: 55) schreibt den Erzinhalt der norwegischen und deutschen Schwefelkieslager gleicher bis ähnlicher Genese den Restlösungen juvenil-basaltischer Magmenintrusionen zu, wobei die Hydrothermen submarin ausgeflossen sein sollen.

Die liegenden Partien (liegendes Nebengestein) der Kieslager zeigen Ausscheidungen, die noch pneumatolytischen bis katathermalen Charakter zeigen. Am häufigsten ist eine intensive Durchdringung der Liegendpartien mit Kieselsäure zu beobachten.

Mit sinkender Temperatur der hydrothermalen Äußerungen kamen vorherrschend Cu-arme Fe-Sulfide geringer Menge als eigentliche Vorläufer der Hauptvererzungsphase (Imprägnationen im Liegenden der Derberzkörper). Dies gilt für jedes Lager. Erst beim eigentlichen Vererzungsvorgang, der den Derberzkörper bildete, treten lagenweise Kupferkies-reichere Partien im mm-Bereich auf. Bleiglanz und Zinkblende sind Äußerungen der Abschlußphase der Vererzung und bilden meist im Auskeilen und in senkrecht zu den Erzkörpern aufgerissenen Spältchen die Füllungen.

Im Gegensatz zu Meggen und Rammelsberg fehlt in den alpinen Kieslagern Schwerspat vollkommen, was z. B. G. Anger für die norwegischen Lagerstätten dahingehend deutet, daß diese Kieslagerstätten aus hydrothermalen Restlösungen gebildet wurden, die vom Mutter-Magma her eine Ba-freie Zusammensetzung aufwiesen.

5. Der teilweise im mm-Rhythmus auftretende Wechsel im Erzmineralbestand, gebildet durch Wechsel in der Korngröße einer Mineralart (z. B. des Schwefelkieses) oder durch Zwischenlagen anderer Erzmineralien spricht für sedimentäre Bildung.

6. Es herrscht eine absolute Konkordanz vom Liegenden zum Hangenden zwischen liegenden Gesteinspartien, liegender Imprägnationszone, Derberzkörper, hangender Imprägnationszone und hangenden Gesteinspartien.

Als Imprägnationszonen werden die Abschnitte im Liegenden und Hangenden des Derberzkörpers bezeichnet, die bei zunehmender bzw. abnehmender Hydrothermentätigkeit eine geringe bis schwache Durchsetzung des Gesteins mit Erzmineralien aufweisen.

7. Das prätektonische Alter der Kieslagerstätten der Nördl. Grauwackenzone ist bewiesen. Ihre sehr schwach metamorphe Überprägung entspricht dem Metamorphosegrad der sie umgebenden Gesteine. Die Überprägungen dürften durch zwei, heute nicht mehr trennbare orogenetische Phasen erfolgt sein.

Eine stellenweise festzustellende mm-weise Wechselfolge von Magnetkies und Schwefelkies beruht wahrscheinlich auf wechselndem Schwefel-

angebot im Zuge der hydrothermalen Tätigkeit. »Das Auftreten von Magnetkies ist keineswegs immer ein Zeichen für eine metamorphe Überprägung« (G. Anger, 1966: 57).

8. Stoffwanderungen von Erzmineralien durch mobilisierende Lösungen sind nur auf engstem Raume erkennbar. Früh- oder spätdiagenetische Veränderungen an den Erzlagern und ihrer nächsten Umgebung sind nicht mehr erfaßbar. Meistens füllen diese »Mobilisate« nur Klüfte in den Derberzkörpern bzw. in deren nächster Umgebung aus, die senkrecht zum Derberzkörper stehen.

Diese Kluftfüllungen sind auf jeden Fall jünger als das Derberz und bestehen aus Erzmineralien des eigentlichen Derberzes bzw. der Spätphase (Bleiglanz und Zinkblende), sehr selten auch aus Quarz. Man kann in diesem Falle mit Vorbehalt von »Rekristallisationserscheinungen« sprechen.

9. Über die Mineralfüllung der einzelnen Tröge von N nach S kann noch keine endgültige Aussage gemacht werden. Auf jeden Fall scheint in der Hydrothermenzusammensetzung weiter gegen S zu ein Wechsel eingetreten zu sein. Höhere Anteile von Ba und F scheinen den Sulfidanteil z. T. verdrängt zu haben.

Im Zuge der alpidischen Orogenese glitt dann das ganze Schichtpaket einschließlich der überlagernden Nördlichen Kalkalpen nach N ab, wobei es nicht ausgeschlossen werden kann, daß einzelne, weiter südlich gelegene Teile samt ihren Lagerstätten noch auf ihrer ursprünglichen Unterlage bzw. nur etwas weiter nördlich hängen blieben. Ihre unterschiedliche Zusammensetzung dürfte auf ihren weiter südlich gelegenen Faziesbereich z. Z. der Bildung zurückzuführen sein.

Schrifttum

Anger, G. 1966, Die genetischen Zusammenhänge zwischen deutschen und norwegischen Schwefelkies-Lagerstätten unter besonderer Berücksichtigung der Ergebnisse von Schwefelisotopen-Untersuchungen. Clausthaler Hefte zur Lagerstättenkunde und Geochemie der Mineralischen Rohstoffe, 3, 1966, 115 S, Clausthal.

Carstens, C. W. 1935, Zur Genesis der Kiesvorkommen des Trondhjemgebietes. p. f. the Department of Mineralogy and Geology, Technical Univ. Norway, 26, 1935, 1—40. Trondhjem.

Carstens, C. W. 1936, Zur Genesis der norwegischen Schwefelkiesvorkommen. Zs. Deutsch. Geol. Ges., 88, 4: 257—268.

Cissarz, A. 1957, Lagerstätten des Geosynklinalvulkanismus in den Dinariden und ihre Bedeutung für die geosynklinale Lagerstättenbildung. N. Jb. Min. Abh., 91, 1957: 485—540.

Degens, E. T. 1968, Geochemie der Sedimente. 282 S, Ferd. Enke Verlag, Stuttgart.

Friedrich, O. M. 1953, Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rdsch., 7/8, 1953: 371—408.

Friedrich, O. M. 1968, Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaus. Archiv f. Lagerstättenfg. i. d. Ostalpen, 8, 1968: 1—136.

Fritsch, W. 1953, Die Grenze zwischen den Ennstaler Phylliten und den Wölzer Glimmerschiefern. Mitt. d. Mus. f. Bergb., Geol. u. Technik am Landesmuseum »Joanneum«, 10, 1953: 13—20, Graz.

Hartmann, M. 1970, Bericht über geochemische Untersuchungen in den Hydrothermallaugenbecken am Boden des Roten Meeres. Geol. Rdsch., 60, 1970: 244—256.

Holzer, H. 1964, Erläuterungen zur Karte der Lagerstätten mineralischer Rohstoffe der Republik Österreich, 3. Teil. Verh. Geol. B. A. Wien, 1964: 29—64, Wien.

Korshinsky, D. S. 1950, Abriß der metasomatischen Prozesse. 1950, 827 S. Akademie-Verlag Berlin.

Metz, K. 1937, Die Stellung des diaphthoritischen Altkristallins in der steierischen Grauwackenzone. Zbl. Min. Geol. Pal. B., 1937.

Metz, K. 1952, Die stratigraphische und tektonische Baugeschichte der steirischen Grauwackenzone. Mitt. d. Geol. Ges. Wien.

Mostler, H. 1967, Das Silur im Westabschnitt der Nördlichen Grauwackenzone (Tirol und Salzburg). Mitt. Ges. Geol. Bergbaust., 18, 1967: 89—150, Wien.

Sander, B. 1920, Geologische Studien am Westende der Hohen Tauern, 2. Bericht. Jb. Geol. St. A., LXX, 1920, H 3/4. Wien.

Superceanu, C. I. 1967, Die Geosynklinal-Lagerstättenprovinzen Rumäniens. Geol. Rdsch., 56, 1967: 949—972.

Taupitz, K. C. 1954, Über Sedimentation, Diagenese, Metamorphose, Magmatismus und Entstehung der Erzlagerstätten. Chem. d. Erde, 17, 1954, 104—167.

Unger, H. J. 1968, Der Schwefel- und Kupferkiesbergbau in der Walchen bei Oeblarn im Ennstal. Archiv f. Lagerstättenfg. i. d. Ostalpen, 7, 1968, 2—52.

Unger, H. J. 1968, Geochemische Untersuchungen an Lagerstätten der Ostalpen. Archiv f. Lagerstättenfg. i. d. Ostalpen, 7, 1968, 102—111.

Unger, H. J. 1969, Die Schwefelkieslagerstätte Bernstein (Burgenland, Österreich). Archiv f. Lagerstättenfg. i. d. Ostalpen, 9, 1969, 3—33.

Unger, H. J. 1969, Der Schwefelkiesbergbau Rettenbach (Oberpinzgau/Salzburg). Archiv f. Lagerstättenfg. i. d. Ostalpen, 9, 1969, 35—64.

Unger, H. J. 1969, Detaillierte geologische Aufnahme des Walchengrabens bei Oeblarn (Ennstal) und des Niederoeblarner Grabens bis zum Ernestine-Stollen. Archiv f. Lagerstättenfg. i. d. Ostalpen, 9, 1969, 131—139.

Unger, H. J. Der Lagerstättenraum Zell am See. Archiv f. Lagerstättenfg. i. d. Ostalpen, im Druck.

Vacek, M. 1893, Über die Schladminger Gneismasse und ihre Umgebung. Verh. Geol. R. A. Wien.

Chalcopyrite and Pyrite Ore Deposits (Alpine Pyrite Ore Deposits) in the Northern Alpine Greywacke Zone

Heinz J. Unger

SUMMARY

A large part of copper and pyrite ore deposits of the Northern Greywacke Zone in the Eastern Alps has been geologically examined during the last years. These examinations comprise a detailed geological mapping of the former mines and their surroundings. The investigations proved the copper and pyrite ore deposits (O. M. Friedrich, 1953) to be of syngenetic origin. They originated by submarine exhalations of hydrotherms (perhaps "Hydrothermallaugenbecken" M. Hartmann, 1970) into the very young sediments respectively into the sea bottom. Subsequently there was sedimentation. The hydrotherms can be seen in connection with volcanism or as final solutions of juvenile basaltic magma

intrusions. These final solutions may have had, contrarily to Meggen and Rammelsberg, a Ba-free composition. Ba may, if at all, occur on a very small scale in the latest originally most southern basin. In the course of the Alpidic orogenetic process these Paleozoic rocks with the ore deposits and the overlaying Northern "Kalkalpen" slid northwards. Minor parts of that former Paleozoic geosyncline basin were deposed on the Hohen Tauern.

DISCUSSION

Tufar: Haben Sie Graphit als Gemengteil der Vererzung gefunden?

Unger: Im Hangenden bzw. Liegenden der Lager gibt es, wie Sie in meinen Publikationen nachlesen können, graphitische Schiefer bzw. graphitische Lagen. Innerhalb der Erzkörper können vereinzelt Bruchstücke von Graphitschiefermaterial vorkommen, doch tritt dieser Fall sehr selten auf.

Tufar: Liegt wirklich Valleriit vor oder handelt es sich nicht vielmehr um Mackinawit?

Unger: Valleriit und Cubanit sind Erzminerale, die heute, auf Grund der besseren Optik unserer Mikroskope, in jedem Erzlager vom Typus der »Alpinen Kieslager« gefunden werden können. Nach meinen Bestimmungen handelt es sich um Valleriit.

Tufar: Paragenetische Vergleiche lassen in diesen Vererzungen auf ein Vorliegen von Mackinawit schließen. Hier muß erst durch eine exakte Untersuchung, z. B. mit der Elektronen-Mikrosonde nachgewiesen werden, daß nicht Mackinawit vorliegt.

Warum wurde eigentlich von Ihnen nicht darauf hingewiesen, daß schon vor Jahrzehnten H e g e m a n n und andere Forscher diese Vererzungen als syngenetische Bildung erkannt haben?

Unger: Erstens handelt es sich hier um eine Zusammenfassung und einen vorläufigen Überblick über die bisherigen Ergebnisse und ich kann mich nicht entsinnen, daß H e g e m a n n die Definition in der von mir vorgenommenen Weise bereits darlegte. Zweitens: Wenn Sie sich die Mühe gemacht hätten und meine Arbeiten gelesen hätten, hätten Sie feststellen können, daß ich mich bereits in der Arbeit über die Lagerstätte Walchen (1968) ausführlichst mit H e g e m a n n und seinen Ausführungen beschäftigt habe. Daß ich ihn hier nicht nochmals zitierte, werte ich nicht als Versäumnis, da ich normalerweise bei Leuten, die Diskussionsfragen vorbringen, voraussetze, daß Sie meine Arbeiten gelesen haben. Ansonsten bin ich nicht dafür bekannt, daß ich »Vorgänger« nicht zitiere.

Bezüglich anderer Forscher, die die von mir untersuchten Lagerstätten als eindeutig syngenetisch bezeichnen, kann ich Ihnen im Moment keinen nennen, wüßte auch keinen mehr.

Tufar: Wie haben Sie nachgewiesen, daß z. B. Bleiglanz und Zinkblende niedrigtemperierte Bildungen in diesen Vererzungen darstellen?

Unger: Wenn Sie eine Reihe von Erzlagern dieses Typs untersucht hätten, hätten Sie ebenso wie ich feststellen können, — es handelt sich dabei um feldgeologische Ergebnisse, — daß die meisten Kieslager neben

einer linsigen Form mit seitlichem starken Ausdünnen des Derberzkörpers in den Auskeilbereichen Bleiglanz und Zinkblende in verstärktem Masse zeigen bzw. führen. Zum Beispiel wurde in der Walchen bei Oeblarn ein Einbau im Auskeilenden der Lager, — als »Bleistollen« bekannt, — nur auf Bleiglanz und Zinkblende angesetzt.

Woher, frage ich Sie, soll dieser Bleiglanz und diese Zinkblende kommen, wenn nicht als letzter niedrigtemperierter Anteil aus den Hydrothermen?

Maucher: Ich wiederhole hier etwas, was Herr T u f a r bereits gesagt hat. Ich wollte eigentlich meine Bemerkung damit eröffnen, daß ich Ihnen, Herr U n g e r, gratuliere, daß Sie das, was H e g e m a n n schon bewiesen hat, wieder bewiesen haben. Damit brauchen wir nicht mehr auf Details einzugehen. Nebenbei bemerkt hat auch H e g e m a n n Valleriit und Cubanit damals schon nachgewiesen, und unsere Mikroskope waren schon damals gut genug. Er hat allerdings Valleriit nachgewiesen, aber weil man den Mackinawit damals noch nicht kannte. Er würde heute auch sagen, es ist Mackinawit.

Dann eine ganz generelle Frage, die ich hier stellen möchte. Sie sprechen dauernd won den alpinen Kieslagerstätten. Bitte, was heißt »alpin«?

Unger: Die Bezeichnung »Alpine Kieslager« wurde, wenn ich mich richtig erinnere, von Herrn Prof. F r i e d r i c h (Leoben) speziell für den Typus der im Bereich der Nördl. Grauwackenzone auftretenden Kieslager eingeführt. Diese Bezeichnung habe ich übernommen. Es handelt sich dabei nach meinem Dafürhalten um eine Lagerstätten-Typus-Bezeichnung eben für die Kieslager der Nördl. Grauwackenzone als den typischen Vertretern.

Maucher: Also soll »alpin« heißen eine Lagerstätte, die innerhalb der Alpen liegt?

Unger: Ja! Nur würde ich das Wörtchen »alpin« im Zusammenhang mit Kieslager eben nur auf diesen speziellen Typus beziehen.

Maucher: Also ist auch Mitterberg eine alpine Kupferkieslagerstätte? Damit kann man nicht mehr generell sagen, daß alle alpinen Kieslagerstätten sedimentär sind.

Unger: Mitterberg ist zwar eine alpine Kupferkieslagerstätte, aber eben kein Kieslager, Herr Professor. Mitterberg ist eine reine Ganglagerstätte und niemand käme auf die Idee, diese Lagerstätte als »Alpines Kieslager« zu bezeichnen.

Maucher: Aber eine Kupfer- und Schwefelkieslagerstätte. Ich möchte mich nämlich ganz generell gegen dieses Wort »alpin« wenden. Unter alpinen Bleizinkerzen verstehen die meisten Leute Mežica, Raibl und Bleiberg. Was sind nun die anderen Bleizinkerze, wie sie zum Beispiel Prof. d i C o l b e r t a l d o heute beschrieben hat? Die sind doch auch alpin. Ich möchte mich gegen die falsche Verwendung des Begriffes »alpin« wenden. Wir werden im Laufe der Zeit hier noch einen Vortrag hören in dem das Wort »alpin« überhaupt nicht im Sinne von alpin sondern von »alpidisch« gebraucht ist, also als Zeitdefinition der alpidischen Orogenese. Es wäre, glaube ich, ganz glücklich, wenn wir uns einmal, wenn wir über alpine Lagerstätten im allgemeinen sprechen, darüber klar wären, was

wir unter »alpin« verstehen, ob wir alpin geographisch begreifen, oder ob wir es in irgendeiner anderen Form definieren.

Dann wollte ich noch etwas sagen zu Ihrer Bemerkung über das Barium. Sie sagten, daß Barium fehlte, weil wahrscheinlich im Stammagma kein Barium ist. Kurz anschließend darauf sprachen Sie dann, daß am anderen Ende das Barium und Fluor aufträten. Es ist doch wohl ein Irrtum zu sagen, weil in einer Lagerstätte kein Baryt ist, war in den Lösungen kein Barium: Es war das Fällungsmilieu eben nicht so, daß genügend Sauerstoff da war, um Bariumsulfat zu binden. Das Bariumsulfid ist sehr leicht löslich, geht eben weg und wird nicht gefällt. Einen Rückschluß von dem Mangel an Barium auf die Zufurlösungen zu stellen ist doch nur im großen Raum möglich. In dem Augenblick in dem Sie dann in diesem Raum an einer anderen Stelle das Barium haben, dann haben Sie eben dort nicht das stark reduzierende Milieu, sondern dort beginnt das oxydierende Milieu. Das ist doch eine reine Frage des Redox-Potentials, aber nicht eine Frage der Lösungszufuhr.

Unger: Ja, es ist möglich.

Maucher: Haben Sie Untersuchungen über Schwefelisotopen gemacht? Wenn Sie so schon eine moderne Lagerstättenbearbeitung über Kieslagerstätten machen wollen. Wie ist es mit den Schwefelisotopen?

Unger: Es wurden keine gemacht.

Maucher: Und geochemische Untersuchungen auch nicht?

Unger: Doch, es wurden röntgenfluoreszenzanalytische Untersuchugen gemacht.

Maucher: Was ist mit den Spurenelementen im Pyrit?

Unger: Untersuchungen in dieser Richtung sollen noch durchgeführt werden. Vorerst handelt es sich bei diesen Arbeiten um reine Bestandsaufnahmen feldgeologischer Art. Die Untersuchungen sind noch lange nicht abgeschlossen. Eine endgültige Stellungnahme soll noch nicht gegeben werden.