

Neue Aspekte zum Problem der ostalpinen Spatlagerstätten am Beispiel einiger Paragenesen vom Ostrand der Alpen

Werner Tufar

Zusammenfassung

Bisher wurden die Eisenspat-Lagerstätten am Ostrand der Alpen als typisch »jung«, d. h. alpidisch und als tektonisch nicht beansprucht angesehen. Die Neuuntersuchung gewisser Siderit-Lagerstätten zeigte, daß diese Auffassung nicht weiter aufrechterhalten werden kann. Diese Siderit-Lagerstätten lassen ein präalpidisches Alter sowie starke tektonische Beanspruchung und Durchbewegung erkennen. Sie liegen heute in umgeprägter, metamorpher Form vor. Zum gleichen Ergebnis führte die Untersuchung einer in diesem Gebiet neu aufgefundenen Vererzung mit sideritischem Karbonat, welche als charakteristische Gemengeteile Granat, Graphit und Molybdänglanz enthält.

Jene Paragenesen mit Siderit lassen ersehen, daß Siderit in genetisch unterschiedlichen Bildungen auftritt und ergeben ferner, daß Siderit und somit Spatlagerstätten in den Ostalpen auch in voralpidischer Zeit gebildet wurden.

Durch die Untersuchung dieser Eisenspat-Lagerstätten wird die Problematik der bisherigen Auffassung der ostalpinen Spatlagerstätten und damit der Metallogene der Ostalpen veranschaulicht.

Experimentelle Untersuchungen widerlegen ebenfalls, daß die in den verschiedenen Stockwerken auftretenden ostalpinen Spatlagerstätten einer gemeinsamen Bildung angehören.

Die ostalpinen Spatlagerstätten stellen keine zusammengehörige einheitliche Gruppe dar. Sie wurden, wie überhaupt die Lagerstätten der Ostalpen, sowohl in alpidischer wie in präalpidischer Zeit gebildet.

Die Spatlagerstätten der Ostalpen nehmen seit langem bei der Behandlung des Problems der ostalpinen Metallogene eine besondere Stellung ein. Der Mineralinhalt, die Entstehung und das Alter der Siderit- und Magnesitlagerstätten der Ostalpen wurde in einer großen Anzahl von Veröffentlichungen untersucht.

Von den älteren Arbeiten sei besonders auf die Beiträge von K. A. Redlich (1903, 1907, 1909, 1914, 1931, 1934) und K. A. Redlich und O. Großpietsch (1913) zu diesem Thema verwiesen.

Das Fundament vieler Untersuchungen über die Vererzung der Ostalpen bilden die vergleichenden Lagerstättenstudien an Magnesiten und Sideriten der Alpen von W. Petrascheck (1932).

Darin folgert W. Petrascheck (1932), daß die Magnesite und Siderite der Ostalpen eine einheitliche und genetisch zusammengehörige Gruppe darstellen, gleichgültig ob sie in Gestalt von metasomatischen oder gangförmigen Lagerstätten auftreten. Darüber hinaus wären die Magnesite und Siderite in den Alpen zonar angeordnet, wobei diese zonare Anordnung durch die Tiefenlage und nicht durch des stratigraphische Niveau bedingt werde. Selbst innerhalb des alpidischen Zyklus stuft er die Lagerstätten jung ein, da sie posttektonisch wären und nur Spuren germanotyper Tektonik erkennen ließen. Eine Rekristallisation oder eine Metamorphose von Lagerstätten schließt W. Petrascheck (1932) aus, da nach seinen Untersuchungen die Lagerstätten noch ihr Primärgefüge zeigen. Nur gelegentlich soll eine lokale Mylonitisation auftreten.

E. Clar (1947, 1953) bestätigt in seinen zusammenfassenden Untersuchungen über die ostalpine Vererzung die Auffassung von W. Petrascheck (1926, 1932, 1947). Als Begründung für eine einheitliche alpidische Vererzung der Ostalpen führt E. Clar (1953) die räumliche Zonengliederung und das alpidische Alter an, d. h., die Lagerstätten wären jünger als die Haupttektonik der Ostalpen.

Kürzlich wurde von E. Clar (1965) eingehend das Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen behandelt und bei dieser Gelegenheit unterstrichen, daß dieses Bewegungsbild die Zonenanordnung der alpidischen Metallogenese bestätige. Er verweist dabei auch auf die Eisenspat-Lagerstätten des Alpen-Ostrandes. Nach seinen Untersuchungen läge der Herd für den azendent-epigenetischen Anteil der spätorogenen und in bezug auf die tektonischen Strukturen post- bis parakinematischen Vererzung im Mobilisationsbereich der metamorphen Tiefenachse des Gebirges. Die Mobilisation selbst hätte sich in der Oberkreide und im Alttertiär vollzogen. Das heutige Nebeneinander der metallogenetischen Zonen sei auf den Vorgang des Zergleitens in jüngerer Phase aus einer ursprünglich vertikalen Folge während der Lage über dem Herdgebiet abzuleiten. Der bestechendste Hinweis auf diesen Vorgang wäre nach E. Clar (1965) die schon von W. Petrascheck stark hervorgehobene Verdopplung der Sideritzonen: In Nordkärnten und im Wechselabschnitt stehe der reichen Sideritzone der nach Norden abgeglittenen Grauwackenzone parallel dazu eine südlichere Sideritzone im tektonisch tieferliegenden und zurückgebliebenen Kristallin (mit relativ autochthoner Sedimentdecke) gegenüber. Wenn man die beiden gedanklich übereinander anordne, entspräche dies im Mittelabschnitt auch einer Abfolge ihrer Bildungstemperatur.

Für die zu seiner westkarpathisch-alpinen Erzprovinz zählenden Lagerstätten der Ostalpen unterstreicht W. E. Petrascheck (1955, 1963), einmal den großzügigen Zonarbau mit symmetrisch abnehmender Bildungstemperatur. Dieser wäre von einem Tiefenherdbereich unter den Zentralalpen ausgegangen. Das junge Bildungsalter der Lagerstätten, vorwiegend tertiär, teilweise auch noch oberkretazisch, wäre gesichert.

Vor kurzem ging W. Petrascheck (1966) von diesem Schema etwas ab. Er nimmt zwar weiterhin nur ein alpidisches Alter für die ostalpine Vererzung an, verteilt diese aber zeitlich auf die gesamte Dauer der Evolution der Ostalpen vom alpidischen Geosynkinalstadium bis in das spät-orogene tonalitische Intrusionsstadium. Was den bisher unterstrichenen Zonarbau anbelange, so hätten die mehrphasigen Deckenschübe und die auf den periadriatischen Tonalitplutonismus zurückgehende spät-orogene Gold- und Sideritvererzung im zentralen Alpenkern das scheinbare Bild einer einheitlichen symmetrisch-zonaren Vererzung geschaffen.

In zahlreichen Arbeiten behandelt O. M. Friedrich (1942—1969) die Vererzung der Ostalpen und dabei besonders deren Siderit- und Magnesitlagerstätten. Auch er stuft die Lagerstätten der Ostalpen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, als »jung«, d. h. alpidisch, ein. Die Lagerstätten des Alpen-Ostrand es werden von O. M. Friedrich (1968) in einer kürzlich erschienenen zusammenfassenden Arbeit als einheitlich alpidisch eingestuft. Die zahlreichen altersmäßig und genetisch so unterschiedlichen Lagerstätten dieses Gebietes wurden allerdings nicht näher untersucht. In einer früheren Zusammenfassung hatte O. M. Friedrich (1962) als Beweis für ein alpidisches Alter angeführt, daß in Lagerstätten dieses Gebietes »...kein Siderit bekannt ist, der durchbewegt und nachher rekristallisierte...«.

Wieweit die hier abrißhaft skizzierte bisherige Auffassung eines jungen, d. h. alpidischen Alters der Vererzung der Ostalpen und somit deren Spatlagerstätten, zutreffend ist, läßt sich am Beispiel einiger Siderit-Lagerstätten des Alpen-Ostrand es überprüfen.

Vorkommen von Eisenspat treten an mehreren Stellen im unterostalpinen Semmering-Mesozoikum auf. Ihr Alter steht somit als alpidisch fest.

In der Grobneisserie des unterostalpinen Altkristallins, einer voralpidischen Kristallinserie mit alpidischer Diaphthorese, liegt die Eisenspat-Lagerstätte von Pitten. Die Neuuntersuchung dieser Siderit-Lagergänge durch W. Tufar (1970a, 1972) ergab ein präalpidisches Alter der Vererzung. Diese wurde stark tektonisch beansprucht und durchbewegt und liegt heute in ungeprägter, metamorpher Form vor. Durchbewegter und nachher rekristallisierter Siderit läßt sich — entgegen der Schlußfolgerung von O. M. Friedrich (1962) — in dieser und in anderen Siderit-Lagerstätten dieses Gebietes nachweisen. Eine Metamorphose des Vorkommens fand bereits in voralpidischer Zeit statt und führte zu der für Pitten typischen Magnetitprossung in den Siderit-Lagergängen. Diese zeichnen sich durch einen mannigfaltigen Mineralinhalt aus, was sowohl Gangarten wie Erze anbelangt.

Im Altbestand dieser Lagerstätte läßt sich mit sideritischem Karbonat auch Hochtemperatur-Kupferkies nachweisen. Daraus ergeben sich Bildungstemperaturen, wie sie von alpidischen Paragenesen in diesem Gebiet nicht erreicht wurden (vergl. W. Tufar (1963, 1968a, 1969). Diese Temperaturen waren außerdem um einiges höher als jene, welche die bisherige Auffassung für die gegenüber den Sideriten als höher temperiert angesehenen Magnesite annimmt.

Charakteristisch sind für diese Vererzung außerdem Magnetkies, Wismutglanz und Spuren von gediegenem Gold. Dies ist von Bedeutung, da H. Meixner (1953a) in einer zusammenfassenden Arbeit anführt, daß ein bemerkenswertes Ergebnis das Fehlen von Bi-Mineralen im Eisenspatlagerstättenzug vom Semmering über den steirischen Erzberg bis zur Teitschen bei Aussee sei. Wie die Untersuchungen von W. Tufar (1972) zeigten, tritt in der Eisenspat-Lagerstätte von Pitten neben Wismutglanz noch Emplektit auf. Außerdem finden sich nach W. Tufar (1965) gediegenes Wismut, Wismutglanz, Emplektit und (?) Aikinit-Patrit im Siderit der Knappenkeusche bei Steinhaus am Semmering.

Die ebenfalls im unterostalpinen Altkristallin gelegene Lagerstätte vom Buchwald ober Waldbach stellt nach W. Tufar (1968c) wieder eine präalpidische Bildung dar. Diese zeichnet sich durch die Paragenese Siderit-Granat aus und enthält ebenfalls Hochtemperatur-Kupferkies. Granat verdrängt in dieser Vererzung Siderit und sprießt sogar im Rekrystallisationsstadium von Siderit. Die Kristallisation von Granat geht auf eine voralpidische Regionalmetamorphose zurück. Da dieses Mineral in alpidischer Zeit nicht in diesem Gebiet gebildet wurde, ermöglicht Granat durch sein Auftreten somit eine altersmäßige Einstufung dieser Siderit-Vererzung.

Eine von W. Tufar (1970b) neu aufgefundene benachbarte Vererzung im Kristallin NW von Voralpe in der Oststeiermark ist wieder durch die Paragenese sideritisches Karbonat-Granat gekennzeichnet, wobei auch hier das sideritische Karbonat von Granat verdrängt wird. Es liegt eine syngenetische, präalpidische Vererzung vor, in der als weitere charakteristische Erze Graphit und Molybdänglanz auftreten.

Die Paragenese Siderit-Granat stellt einen eigenen Typ ostalpinen Spatlagerstätten dar. Hier kommen noch Graphit und Molybdänglanz dazu.

Graphit und Molybdänglanz treten als charakteristische Gemengteile zusammen auch in sulfidischen Vererzungen dieses Gebietes auf. Beide Erze geben Hinweise auf euxinische Verhältnisse im ursprünglichen Sediment vor der präalpidischen Regionalmetamorphose. Sie lassen ferner erkennen, daß die Mitwirkung syngenetischer und sedimentärer sowie biogener Prozesse bei der ostalpinen Metallogenese, einschließlich der Bildung von Spatlagerstätten, doch nicht ganz von der Hand zu weisen ist.

Die kurze Besprechung dieser drei Eisenspat-Lagerstätten ergab die Tatsache, daß Siderit in den Ostalpen schon in voralpidischer Zeit gebildet wurde und läßt außerdem ersehen, daß dieser in genetisch unterschiedlichen Bildungen auftritt.

Die alpidische Orogenese und die damit verbundene Metamorphose, welche im Altkristallin zu einer Diaphthorose (Chloritisierung) führte, fand die Lagerstätten schon fertig gebildet vor und führte in diesen zu einer Chloritisierung.

Diese Eisenspat-Lagerstätten eignen sich durch ihre tektonische Stellung vorzüglich dazu, die auf W. Petrascheck (1926, 1932) zurückgehende Ansicht einer zonaren Anordnung und genetischen Verknüpfung der Siderit- und Magnesit-Lagerstätten näher zu untersuchen. Eine »Bluts-

verwandschaft« der ostalpinen Siderit- und Magnesit-Lagerstätten glaubt auch H. Meixner (1953b) bewiesen zu haben.

Geht man von einer Zusammengehörigkeit zwischen den als höher temperiert (tektonisch tiefer) aufgefaßten Magnesit-Vorkommen und den dagegen als tiefer temperiert (tektonisch höher) betrachteten Siderit-Lagerstätten aus, so zeigen diese in den beiden oberostalpinen Grauwacken-Decken tatsächlich eine Niveaubeständigkeit bzw. Schichtgebundenheit. Die Magnesit-Lagerstätten finden sich im Karbon der Unteren Grauwacken-Decke (Veitscher Decke), während die Siderite im kalkigen Altpaläozoikum der Oberen Grauwacken-Decke (Norische Decke) auftreten. Diese Niveaubeständigkeit läßt auch an die Möglichkeit von »schichtgebundenen« präalpidischen Mineralisationen denken.

In den tektonisch höheren, ebenfalls oberostalpinen Nördlichen Kalkalpen, somit oberhalb der Siderite der Oberen Grauwacken-Decke, wird die Trias sowohl von Siderit wie von Magnesit vererzt.

Unterhalb der Magnesite der Unteren Grauwacken-Decke, tektonisch tiefer und unter dem Oberostalpin, finden sich ebenfalls Siderit- und Magnesit-Lagerstätten. Sie treten sowohl im Mittelostalpin wie im Unterostalpin auf, außerdem sind Karbonspäte aus Lagerstätten im Pennin bekannt.

Wie diesem mehrmaligen Wechsel bzw. Nebeneinander und Übereinander von Magnesit- und Siderit-Lagerstätten zu entnehmen ist, kann eine einheitliche Spatvererzung bzw. Spatmineralisation in den Ostalpen ausgeschlossen werden.

In diesem Zusammenhang muß aber unterstrichen werden, daß F. Angel und F. Trojer (1953, 1955) nach ihren Untersuchungen für einen Teil der Spatmagnesite der Ostalpen eine variszische Metasomatose von Kalksteinen des Silurs bis Karbon folgern.

O. M. Friedrich (1968) versucht durch Neueinführung seiner »Lagerstätten des Geosynklinallagerstätten« des alpidischen Zyklus eine voralpidische Anlage von u. a. Spatlagerstätten auszuschließen. Er führt die »Geosynklinallagerstätten« auf unbewiesene bis in das Sima reichende Risse zurück und läßt die Anlage dieser Lagerstättengruppe bereits im Perm beginnen.

Wie im östlichen Mittelmeergebiet zu ersehen ist (vergl. R. Brinkmann (1966) kam es aber bereits im Oberkarbon zur Anlage der alpidischen Geosynklinale. Ohne hier näher darauf einzugehen, ob die weltweit charakteristischen »Geosynklinallagerstätten« in den von O. M. Friedrich (1968) angeführten Vorkommen vorliegen, steht fest, daß jene Lagerstätten zu ihrer Entstehung eine Geosynklinale voraussetzen. Es erhebt sich daher die Frage, ob unbewiesene, hypothetische Risse bis in das Sima oder noch tiefer und »Geosynklinallagerstätten« in den Ostalpen sich zu einer Zeit bilden konnten, in der noch kein »Geosynklinallagerstätten« vorlag. Die Werfener Schichten schließen sich innig an die permischen Bildungen an. Von Absenkung geosynklimalen Ausmaßes und geosynklinaler Fazies kann bei ihnen noch nicht gesprochen werden; diese setzen erst im Anis, ganz ausgeprägt erst im Ladin ein.

Die bekannte Erscheinung, daß die als alpidisch postulierten Lagerstätten der Grauwackenzone auf diese beschränkt bleiben und nicht in die überlagernden Nördlichen Kalkalpen hineingehen, wird mit der abdichtenden Wirkung der Werfener Schichten als StauhORIZONT (Permeabilitäts-grenze) erklärt. Nimmt man somit eine Bildung von »Geosynklinallagerstätten« im Sinne von O. M. Friedrich (1968) bereits im Perm an, so ergibt sich die Frage, mit welchem Recht man die erst in der skythischen Stufe der Trias entstandenen Werfener Schichten zur Beweisführung einer jungen Vererzung als abdichtenden StauhORIZONT (Permeabilitäts-grenze) heranzog.

Untersuchungen von E. Schroll (1961), W. Siegl (1964, 1969) und anderen zeigen, daß auch die Magnesite der Nördlichen Kalkalpen noch umstritten sind. Nach O. M. Friedrich (1963) allerdings wären diese Magnesite eindeutige Glieder der alpidischen Vererzung der Ostalpen und stünden mit den Magnesiten sowie Eisenspäten in tieferen Stockwerken in Verbindung. Gegen eine mögliche salinare oder sedimentäre Deutung dieser Magnesite und als Beweis für seine Auffassung weist O. M. Friedrich (1963) auf recht beträchtliche Temperaturen bei dieser »Vererzung« hin. Diese folgert er aus Kupferkiesentmischung in Zinkblende und Kupferkiesentmischung in Bornit in der Lagerstätte Diegrub.

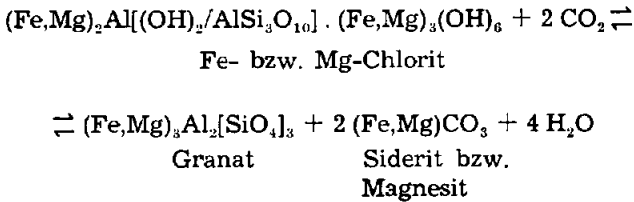
Diese Schlußfolgerungen sind aber nicht haltbar. Als geologisches Thermometer ist bekanntlich Kupferkiesentmischung in Zinkblende nicht zu verwenden. Wie aus Abb. 18 und Abb. 19 der Untersuchung von O. M. Friedrich (1963) zu ersehen ist, liegt keine Entmischung von Kupferkies in Bornit vor, sondern ein Zerfall von Bornit unter descendenten Einflüssen: Bornit zeigt in beiden Abbildungen deutlich die »Sprungkrankheit«, bzw. ein »Craquelée«, also das typische Merkmal des unter Verwitterungsbedingungen zerfallenden Bornits. Darüber hinaus ist zu erkennen, daß jener Bornit nach {100} von einer »Vorstufe«, diese von Idait und dieser wieder von feinspindeligen Kupferkies verdrängt wurde. In seiner Arbeit über Idait publizierte G. Frenzel (1959) zahlreiche vergleichbare Abbildungen mit den entsprechenden Beschreibungen. Eine ausführliche Darstellung dieser Umbildungsvorgänge durch descendenten Einfluß auf Bornit mit den entsprechenden Abbildungen wurde von W. Tufar (1967, 1968b) beim Nachweis einer »Vorstufe« von Idait bei dessen Bildung aus Bornit von der Kupferlagerstätte Trattenbach beschrieben.

Zum Thema der Magnesit-Lagerstätten sei am Rande bemerkt, daß Bornit und andere Kupfererze nicht nur auf hydrothermale Bildungen beschränkt sind, sondern auch als sekundäre Bildungen auftreten können.

Aus neuerer Zeit liegen experimentelle Untersuchungen vor, die ebenfalls bei der Betrachtung der ostalpinen Siderit- und Magnesit-Lagerstätten zu berücksichtigen sind. Mehrere Untersuchungen wurden von W. Johannes (1966—1970) durchgeführt. Auf Grund seiner Ergebnisse glaubt W. Johannes (1970) die von W. Petrascheck (1926, 1932, 1947), H. Meixner (1953b) und anderen Forschern vertretenen genetischen Zusammenhänge der ostalpinen Siderit- und Magnesit-Lagerstätten bestätigen zu können.

Diese experimentellen Untersuchungen beweisen die Möglichkeit, daß bei der Metasomatose Siderit und Magnesit aus einer Lösung bei einem Temperaturgefälle gebildet werden können. Gerade aber dadurch widerlegen diese Untersuchungen, daß, wie o. a., die in den Ostalpen in den verschiedenen tektonischen Stockwerken vorkommenden Siderit- und Magnesit-Lagerstätten einer gemeinsamen Bildung angehören.

Erste Ergebnisse eigener Hydrothermalversuche lassen außerdem als eine weitere Bildungsmöglichkeit von Magnesit- sowie von Siderit-Lagerstätten auch an folgende Reaktion denken:



Wie aus dieser Besprechung zu entnehmen ist, können die Ergebnisse der Neuuntersuchung von Eisenspat-Lagerstätten des Alpen-Ostrand es nicht mit der bisherigen Auffassung über die ostalpinen Spatlagerstätten und darüber hinaus mit der bisherigen Ansicht über die Metallogenese der Ostalpen, wie sie z. B. in den Arbeiten von E. C l a r (1947, 1953, 1965), O. M. F r i e d r i c h (1962, 1968), H. M e i x n e r (1953a, b), W. P e t r a s c h e c k (1926, 1932, 1947), W. E. P e t r a s c h e c k (1955, 1963, 1966) und anderen Forschern dargelegt wird, in Einklang gebracht werden.

In diesen Untersuchungen läßt man genetisch und altersmäßig unterschiedliche Bildungen außer acht. Anders ist nicht zu erklären, daß bisher als Beispiele für junge, alpidische Vererzungen angeführte Lagerstätten bei näherer Untersuchung (vergl. W. T u f a r, 1968a, 1969, 1970a, 1972) präalpidische Bildungen ergaben, die heute in umgeprägter, metamorpher Form vorliegen.

Wie am Beispiel der ostalpinen Siderit- und Magnesit-Lagerstätten ersehen werden kann, ist von Bedeutung, ob die für Parallelisierungen verwendeten Karbonate in metasomatischen Stöcken vorliegen, oder ob die Karbonate in bunt zusammengesetzten Ganglagerstätten auftreten.

Die bisherige Auffassung einer alpidischen Metallogenese der Ostalpen wird zwar gerne als gesichert dargestellt, die Problematik dieser Ansicht ist aber, wie schon die Besprechung einiger Eisenspat-Lagerstätten vom Alpen-Ostrand zeigt, nicht zu übersehen.

Wenngleich zur Klärung der hier angeschnittenen Fragen noch eingehendere Untersuchungen nötig sind, kann dennoch gesagt werden, daß die ostalpinen Spatlagerstätten keine zusammengehörige Gruppe darstellen. Sie weisen, wie überhaupt die Lagerstätten der Ostalpen, unterschiedliche Entstehung auf und wurden sowohl in alpidischer wie in präalpidischer Zeit gebildet.

Herrn Prof. Dr. E. H e l l n e r (Marburg/Lahn) danke ich für sein Interesse und die stete Förderung meiner Untersuchungen. Herrn Prof. Dr. F.

Angel (Graz) sei für manchen wichtigen Hinweis und für freundliche Diskussion gedankt. Herrn Prof. Dr. K. Gripp (Lübeck) danke ich für wertvolle Anregungen. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft gilt mein Dank für die Bereitstellung einer Sachbeihilfe.

Literatur

- Angel, F., und Trojer, F. 1953, Der Ablauf der Spatmagnetit-Metasomatose. Radex-Rdsch., H. 7/8, 315—334.
- Angel, F., und Trojer, F. 1955, Zur Frage des Alters und der Genesis alpiner Spatmagnetit. Radex-Rdsch., H. 2, 374—392.
- Brinkmann, R. 1966, Abriß der Geologie, Bd. 2: Historische Geologie, Stuttgart.
- Clar, E. 1947, Ostalpine Vererzung und Metamorphose. Verh. Geol. Bundesanst. Wien, Jg. 1945, H. 1-2, 29—37, Wien.
- Clar, E. 1953, Über die Herkunft der ostalpinen Vererzung. Geol. Rdsch., Bd. 42, 107—127, Stuttgart.
- Clar, E. 1965, Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. Verh. Geol. Bundesanst. Wien, Sonderheft G, 11—35, Wien. — Zeitschrift deutsch. geol. Ges., Jg. 1964, Bd. 116, 2. Teil, 267—291, Hannover.
- Frenzel, G. 1959, Idait und »blaubleibender Covellin«, N. Jb. Miner. Abh., Bd. 93, H. 1, 87—132, Stuttgart.
- Friedrich, O. M. 1942, Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Bd. 90, H. 9, 131—136, Wien.
- Friedrich, O. M. 1948, Überschiebungsbahnen als Vererzungsflächen. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 93, H. 1-3, 14—16, Wien.
- Friedrich, O. M. 1951, Zur Genese ostalpiner Spatmagnetit- und Talklagerstätten. Radex-Rdsch., H. 7, 281—298.
- Friedrich, O. M. 1953, Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rdsch., H. 7/8, 371—407.
- Friedrich, O. M. 1958, Zur Genesis der ostalpinen Spatmagnetit-Lagerstätten. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, Jg. 103, H. 12, 244.
- Friedrich, O. M. 1959, Zur Genesis der ostalpinen Spatmagnetit-Lagerstätten. Radex-Rdsch., H. 1, 393—420.
- Friedrich, O. M. 1962, Neue Betrachtungen zur ostalpinen Vererzung. Der Karinthin, Folge 45/46, 210—228.
- Friedrich, O. M. 1963, Zur Genesis des Magnesites vom Kaswassergraben und über ein ähnliches Vorkommen (Diegrub) im Lammertal. Radex-Rdsch., H. 2, 421—432.
- Friedrich, O. M. 1967, Die Genesis des Magnesits — der heutige Stand der Erkenntnisse. Erzmetall, Bd. 20, H. 11, 538—540.
- Friedrich, O. M., und Mitarbeiter 1968, Beiträge über das Gefüge von Spatlagerstätten. Radex-Rdsch., H. 2, 113—126.
- Friedrich, O. M. 1968, Die Vererzung der Ostalpen, gesehen als Glied des Gebirgsbaues. Archiv für Lagerstättenforschung in den Ostalpen, Bd. 8, 1—136, Selbstverlag O. M. Friedrich, Leoben.
- Friedrich, O. M. 1969, Beiträge über das Gefüge von Spatlagerstätten, IV. Teil. Radex-Rdsch., H. 3, 550—562.
- Johannes, W. 1966, Experimentelle Magnetitbildung aus Dolomit + $MgCl_2$. Contr. Mineral. and Petrol., Bd. 13, 51—58.
- Johannes, W. 1968, Experimentelle Sideritbildung aus Calcit + $FeCl_2$. Contr. Mineral. and Petrol., Bd. 17, 155—164.
- Johannes, W. 1969a, Siderit-Magnetit-Mischkristallbildung im System $Mg^{2+} - Fe^{2+} - CO_3^{2-} - Cl_2^{2-} - H_2O$. Contr. Mineral. and Petrol., Bd. 21, 311—318.
- Johannes, W. 1969b, An experimental investigation of the system $MgO - SiO_2 - H_2O - CO_2$. Amer. Journ. of Science, Bd. 267, 1083—1104.

- Johannes, W. 1970, Zur Entstehung von Magnesitvorkommen. N. Jb. Miner. Abh., Bd. 113, H. 3, 274—325, Stuttgart.
- Meixner, H. 1953a, Mineralogisches zu Friedrichs Lagerstättenkarte der Ostalpen. Radex-Rdsch., H. 7/8, 434—444.
- Meixner, H. 1953b, Mineralogische Beziehungen zwischen Spatmagnetit- und Eisenspatlagerstätten der Ostalpen. Radex-Rdsch., H. 7/8, 445—458.
- Petrascheck, W. 1926, Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. C. R. 14. Congrès Géol. Int. Madrid, 1—13, Madrid.
- Petrascheck, W. 1932, Die Magnesite und Siderite der Alpen. Vergleichende Lagerstättenstudien. Sitzungsber. Akad. Wiss. in Wien, Mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, Bd. 141, H. 3/4, 195—242, Wien.
- Petrascheck, W. 1947, Die alpine Metallogenese. Jb. Geol. Bundesanstalt Wien, Jg. 1945, Bd. 90, 129—149, Wien.
- Petrascheck, W. E. 1955, Großtektonik und Erzverteilung im mediterranen Kettensystem. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, Bd. 164, H. 3, 109—130, Wien.
- Petrascheck, W. E. 1963, Die alpin-mediterrane Metallogenese. Geol. Rdsch., Bd. 53, 376—389, Stuttgart.
- Petrascheck, W. E. 1966, Die zeitliche Gliederung der ostalpinen Metallogenese. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, Bd. 175, H. 1-3, 57—74, Wien.
- Redlich, K. A. 1903, Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen. Jb. k. k. Geol. Reichsanstalt, Bd. 53, 285—294, Wien.
- Redlich, K. A. 1907, Die Genese der Pinolithmagnesite, Siderite und Ankerite der Ostalpen. Tschermaks min. u. petr. Mitt., Bd. 28, 499—505, Wien.
- Redlich, K. A. 1909, Die Typen der Magnesitlagerstätten. Zeitschrift f. prakt. Geologie, Jg. 17, 300—310.
- Redlich, K. A., und Großpietsch, O. 1913, Die Genese der kristallinen Magnesite und Siderite. Zeitschrift f. prakt. Geologie, Jg. 21, 90—101.
- Redlich, K. A. 1914, Die Bildung des Magnesits und sein natürliches Vorkommen. Fortschr. Miner., Bd. 4, 9—42.
- Redlich, K. A. 1931, Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerz-lagerstätten. Wien, Berlin und Düsseldorf.
- Redlich, K. A. 1934, Die Typen der Magnesitlagerstätten, ihre Bildung, geologische Stellung und Untersuchung. Zeitschrift f. prakt. Geologie, Jg. 42.
- Schroll, E. 1961, Über das Vorkommen von Magnesit in alpinen Salzlagerstätten. Radex-Rdsch., H. 5, 704—707.
- Siegl, W. 1964, Die Magnesite der Werfener Schichten im Raume Leogang bis Hochfilzen sowie Ellmau in Tirol. Radex-Rdsch., H. 3, 178—191.
- Siegl, W. 1969, Entwurf zu einer salinar-sedimentären Entstehung der Magnesite vom Typ Entachen (Salzburg). Mineral. Deposita, Bd. 4, 225—233. Berlin.
- Tufar, W. 1963, Die Erzlagerstätten des Wechselgebietes. Joanneum, Mineralog. Mitteilungsblatt, H. 1, 1—60, Graz.
- Tufar, W. 1965, Neue Wismutmineralfunde und ein neuer Goldfund aus der Steiermark. Joanneum, Mineralog. Mitteilungsblatt, H. 2, 67—72, Graz.
- Tufar, W. 1967, Der Bornit von Trattenbach (Niederösterreich). N. Jb. Miner. Abh., Bd. 106, H. 3, 334—351, Stuttgart.
- Tufar, W. 1968a, Der Alpen-Ostrand und seine Erzparagenesen. Freiburger Forschungshefte, C 230 Mineralogie-Lagerstättenlehre: Probleme der Paragenese von Mineralen, Elementen und Isotopen, Teil I, Breithaupt-Kolloquium 1966 in Freiberg, 275—294, Leipzig.
- Tufar, W. 1968b, Die Kupferlagerstätte von Trattenbach (Niederösterreich). Tschermaks min. u. petr. Mitt., Bd. 12, H. 2/3, 140—181, Wien.
- Tufar, W. 1968c, Die Eisenerzlagerstätte vom Buchwald ober Waldbach (Oststeiermark). Tschermaks min. u. petr. Mitt., Bd. 12, H. 4, 350—391, Wien.
- Tufar, W. 1969, Das Problem der ostalpinen Metallogenese, beleuchtet am Beispiel einiger Erzparagenesen vom Alpenostrand. Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, Bd. 177, H. 1-3, 1—20, Wien.

Tufar, W. 1970a, Die Eisenspatlagerstätte von Pitten (Niederösterreich). Eine metamorphe Sideritlagerstätte aus den Ostalpen. Fortschr. Miner., Bd. 48, Beiheft 1, 95—96, Stuttgart.

Tufar, W. 1970b, Neue Vererzungen aus der Steiermark. Joanneum. Mineralog. Mitteilungsblatt, H. 1/2, 27—37 (201—211), Graz.

Tufar, W. 1972, Die Eisenlagerstätte von Pitten (Niederösterreich) — Ein Beitrag zum Problem der ostalpinen Spatlagerstätten. Joanneum, Mineralog. Mitteilungsblatt, H. 1, 1—54 (101—154), Graz.

New Views on the Problem of the Siderite-Magnesite Deposits of the Eastern Alps Shown by the Example of some Parageneses from the Eastern Border of the Alps

Werner Tufar

SUMMARY

The siderite-magnesite deposits have been a special problem of the metallogenesis of the Eastern Alps for quite a long time. The mineral content, the genesis, and the age of these deposits have been examined in a large number of publications.

Without regard for their occurrence in different tectonic positions and host rocks, the siderite-magnesite deposits from crystalline series up to those of the Mesozoic of the Northern Calcareous Alps are still considered to be associated. They are classified as typical members of the Alpine metallogenesis. Likewise the types of emplacement (metasomatic stocks or vein deposits) are not considered in these conclusions.

Moreover the association of the magnesite and siderite occurrences is emphasized. The magnesite deposits are interpreted to be formed under higher temperature conditions (tectonically deeper) than the siderite deposits.

Reinvestigation of some siderite deposits from the Eastern border of the Alps, which are regarded as typically "young", i. e. Alpine age, and without any marked evidence of tectonism, demonstrates that this opinion can no longer be accepted. These siderite deposits show in contrast marked effects of tectonism and are metamorphosed. An investigation of a newly discovered deposit of sideritic carbonate in this area leads to the same result.

The mineral parageneses of these siderite deposits indicate formation at high temperature; hence association with metallogenesis of Alpine age is excluded. From this it follows, firstly, that siderite in the Eastern Alps was also formed in pre-Alpine time, and secondly, that siderite-magnesite mineralisation not only of Alpine age took place in the Eastern Alps.

The temperatures of formation inferred in this study for siderite deposits are somewhat higher than those assumed in the past for the formation of magnesite deposits.

These siderite deposits were metamorphosed by regional metamorphism during Alpine orogenesis.

A characteristic mineral of some of these deposits is garnet, which replaces the siderite. Garnet was not formed in this crystalline complex in Alpine time, but during pre-Alpine regional metamorphism. Hence it shows that these siderite deposits must also be pre-Alpine.

The distinctive siderite-garnet paragenesis of these deposits reflects a unique type of siderite deposit in the Eastern Alps.

A newly found deposit of pre-Alpine age, distinguished by paragenesis of sideritic carbonate with garnet, also contains graphite and molybdenite as characteristic components. Their presence indicates euxinic conditions for the original sediment.

Graphite and molybdenite also occur together in other ore deposits in this region, and suggest that the interplay of syngenetic and sedimentary as well as biogenic processes in the metallogenesis of the Eastern Alps cannot be dismissed, even for the formation of siderite-magnesite deposits.

If one investigates the zoning of the magnesite-siderite deposits closely, it can be seen that, having regard for the tectonic position, the siderites of the "Obere Grauwacken-Decke" do, indeed, overlie the magnesites of the "Untere Grauwacken-Decke". Magnesite and siderite are encountered again above the "Obere Grauwacken-Decke" in the Northern Calcareous Alps. Likewise, they occur beneath the magnesites of the "Untere Grauwacken-Decke". Thus it follows, that no zoning which can be related to a single magnesite-siderite mineralization, can be recognized in the Eastern Alps.

To prove the association of the controversial magnesites of the Northern Calcareous Alps with the magnesites in the deeper levels one requires as evidence rather high temperatures of formation. These were assumed to emanate from exsolutions of chalcopyrite in sphalerite, and from exsolutions of chalcopyrite in bornite from the Diegrub deposit. This evidence is not conclusive since exsolutions of chalcopyrite in sphalerite cannot be considered as a geothermometer, and the described exsolutions of chalcopyrite in bornite arise from transformation and replacement of bornite under conditions of weathering.

Experimental studies have demonstrated the possibility of metasomatic formation of siderite and magnesite from solutions in a temperature gradient. On the other hand they discount the possibility that the siderite-magnesite deposits of the Eastern Alps, which occur in different levels, have a common origin.

The siderite-magnesite deposits of the Eastern Alps do not represent a single associated unit. They have different origins, as also do the ore deposits of the Eastern Alps, and were formed both in Alpine and pre-Alpine times.

DISCUSSION

Petrascheck: Ich möchte hier doch einige Worte zur Ehrenrettung der Unitaristen sagen. Der erste und älteste Unitarist, mein Vater, hat schon vor 50 Jahren gesagt, daß es neben der von ihm angenommenen tertiären alpidischen Vererzung varistische und altalpine Lagerstätten gibt. Es

haben dann später in sehr ernstlichem Bemühen die unitaristischen und keineswegs immer doktrinär als Lehrer auftretenden Lagerstättenforscher ihre Meinungen vielfach geändert und es haben in ähnlicher Weise, belehrt durch viele Beobachtungen und Anregungen von außen, Friedrich und ich sich dazu bekannt, daß ein Großteil der alpidischen Vererzung während des gesamten Prozesses, während der gesamten Evolution des alpidischen Orogens vom Geosynklijalstadium über die mittelkretazische bis in die tertiäre Phase entstanden ist. Also ein einheitlicher Akt im Sinne des klassischen französischen Dramas wird auch von den Unitaristen in keiner Weise mehr angenommen. Ich habe die immer sehr sorgfältigen mikroskopischen Beobachtungen und Feststellungen von Herrn Tufar geschätzt und bewundert. Und ich glaube, daß mit seinen Beobachtungen weitere Schritte zur Herauslösung älterer Bestandteile der alpinen Lagerstätten gefunden werden. Ich halte es aber bedenklich, von Lagerstätten, denen kaum der Name Lagerstätte zugesprochen werden kann, die zum Teil als Rucksackvorkommen zu bezeichnen sind, von alten verfallenen Stollen, deren Untersuchung zweifellos wertvoll ist, also aus solchen Vorkommen heraus rings um den Hohen Wechsel, weitreichende extrapolierende Schlüsse zu ziehen, die von Tirol bis in die Slowakei reichen.

Tufar: Die unitarische Auffassung wurde bereits in einer Arbeit von B. Granigg in den Grundzügen aufgestellt, die im Jahre 1912 unter dem Titel »Über die Erzführung der Ostalpen« in den Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien, Band 5, Seite 345 bis 367, erschienen ist.

Wie die Literatur des letzten Jahrzehntes zeigt (vergl. z. B. E. Clar, 1965, O. M. Friedrich, 1962, 1968, W. E. Petrascheck, 1963, 1966) sind noch immer zu viele ostalpine Lagerstätten, auch gerade Kleinstvorkommen, ungeprüft als jung, d. h. dem alpidischen Zyklus zugehörig, eingestuft worden. Neben Vererzungen vom Alpen-Ostrand (Niederösterreich, Burgenland, Oststeiermark) konnte von mir bereits im ganzen Bereich des Altkristallins und des Paläozoikums der Ostalpen für zahlreiche Vorkommen der Nachweis erbracht werden, daß es sich um präalpidische Erzmineralisationen handelt, wie z. B. Moosburg/Kärnten, Meiselding/Kärnten, Ramingstein/Salzburg. Dies deckt sich auch mit den Blei-Blei-Modellaltern der Bleiglanze, die für Moosburg, Meiselding und andere Vorkommen bekannt sind.

Dabei handelt es sich — wie überhaupt für die Ostalpen charakteristisch — sowohl um Kleinstvorkommen, die man als »Rucksack-Lagerstätten« bezeichnen könnte, wie auch um Vorkommen, die zwar heute nicht ökonomisch zu verwerten sind, aber in der Vergangenheit eine bedeutende Bergbautätigkeit aufgewiesen haben.

Es erscheint mir daher notwendig zu fordern, daß man nur solche Erzmineralisationen dem alpidischen Zyklus zuordnet, für deren alpidisches Alter ein stichhaltiger Beweis erbracht wird.

Maucher: Ich möchte hier einen Kompromißvorschlag machen. Es wird, glaube ich, immer wieder vergessen, daß vor etwa 15 bis 20 Jahren der Terminus nicht »unitaristisch-alpidische« Metallogene war, sondern uni-

taristische alpidisch-tertiäre Metallogenese. Das Wort »tertiär« ist im Rückzugsgefecht ganz langsam, aber sicher verschwunden.

Wenn Sie darüber sprechen, Herr Tufar, rennen Sie offenen Türen ein. Ich halte Ihre Argumentierung, Ihre Befunde für durchaus richtig und wertvoll und habe also nichts dagegen. Aber ich darf Sie noch auf etwas anderes aufmerksam machen. Wenn ich mich recht erinnere, gibt es eine alte Arbeit, ich glaube von Turn, der Sideritgerölle in den Werfener Schichten gefunden hat. Das heißt also, man hat auch früher schon sehr schöne Befunde dafür gehabt, daß es ganz sicher Sideritlagerstätten gibt, die mindestens älter sein müssen als Werfen.

Tufar: Obwohl man in den letzten zehn Jahren davon abgerückt ist, Vererzungsvorgänge in den Ostalpen ausschließlich in das Tertiär zu stellen, haben dennoch E. Clar 1965, O. M. Friedrich, 1962, 1968, W. E. Petrascheck, 1963, 1966 und andere Forscher noch immer wesentliche Teile der ostalpinen Vererzung in den Zeitraum Kreide bis Tertiär verlegt.

Abgesehen davon ging es hier gar nicht darum, ostalpine Vorkommen innerhalb des alpidischen Zyklus umzugruppieren, sondern darum, daß bisher als Beweis für die Auffassung einer alpidischen Vererzung der Ostalpen angeführte Vorkommen eine präalpidische Anlage nachweisen lassen.

Die Frage lautet also, für welche bisher als alpidisch eingestuft Vorkommen sich wirklich eine alpidische Bildung nachweisen läßt.

Wie die Diskussion über die »Brunnsink-Breccie« zeigt, sind Berichte über Geröllfunde von Karbonspäten kritisch zu beurteilen und verlangen eine sorgfältige Untersuchung. Beispielsweise sind nach G. Riehl-Herwirsch angebliche Siderite aus Gosau-Geröllen tatsächlich eisenhaltiger Dolomit.

Riehl-Herwirsch: Ich habe zwei Punkte anzuführen:

1. Während der alpidischen Orogenese traten im Wechsel mehrere Phasen auf, welche die Lagerstätten dieses Gebietes dann ebenfalls mitgemacht haben müssen. Kann die Bildung der Lagerstätten nicht während einer der alpidischen Phasen erfolgt sein?

2. Was die Diskussionsbemerkungen von Herrn Prof. Maucher über Sideritgerölle anbelangt, kann ich zur Antwort von Kollegen Tufar nur unterstreichen: Die »Sideritgerölle« der Gosau erwiesen sich nach den chemischen Analysen als Eisendolomit. Ein Block, der etwa zur Hälfte metasomatisch vererzt, in Eisendolomit umgewandelt ist, ließ auf Grund von Mikrofossilien als Alter Nor nachweisen. Diese Bestimmung wurde von H. M ostler in Innsbruck durchgeführt. Es liegt somit ein norischer Kalk vor, der dort metasomatisch in Eisendolomit umgewandelt wurde.

Tufar: Wie die Untersuchungen, z. B. in Pitten oder im Buchwald zeigen, sind in diesen alten, d. h. präalpidischen Lagerstätten oft mehrere Umbildungsphasen festzustellen, die man zeitlich in präalpidische und alpidische Phasen auftrennen kann.

Jaffé: Noch eine kleine Frage zu diesem anisotropen Magnetit von Pitten: Warum zeigt dort der Magnetit diese auffallende Anisotropie?

Tufar: Diese Erscheinung könnte auf Spurengehalte zurückzuführen sein, vielleicht auch auf den Einbau von Mangan. Diese Frage müßte durch eine Spezialuntersuchung geklärt werden.

Di Colbertaldo: Per quanto riguarda la magnetite anisotropa debbo dire che è stata pure da me osservata è descritta per il giacimento di Cogne in Val Aosta è che tanto più essa è anisotropa tanto più è magnetica.

Maucher: Wahrscheinlich geringer Gehalt an Titan. Wenn Magnetite etwas Titan haben, dann werden sie anisotrop. Ich habe aber auch eine Frage. Sind keine Titanminerale vorhanden?

Tufar: Titanminerale treten nur in Spuren auf. Ich nehme daher an, daß nicht Titan die Anisotropie des Magnetits von Pitten bewirkt; vielmehr könnte diese auf den Mangengehalt zurückzuführen sein. Magnetit bildete sich in Pitten aus sideritischem Karbonat, das durch höhere Mangengehalte ausgezeichnet ist. Außerdem weist der Magnetit von Pitten eine sehr schöne Spaltbarkeit auf. Die Spaltbarkeit von Magnetit führt man in anderen Lagerstätten auf den Mangengehalt zurück.

Klemm: Ich möchte die Frage zu dem Hochtemperatur-Kupferkies stellen.

Tufar: Die typischen oleanderblatt- bis lanzettförmigen Umwandlungslamellen lassen erkennen, daß ursprünglich ein Hochtemperatur-Kupferkies vorlag.

In den Untersuchungen von J. E. Hiller und K. Probsthain (Thermische und röntgenographische Untersuchungen am Kupferkies. — Zeitschrift f. Kristall., Bd. 108, 108—129, 1956) wird als Umwandlungstemperatur von tetragonalem Kupferkies in eine Hochtemperatur-Mischkristallphase 550° C angegeben. Der Umwandlungspunkt tetragonaler Kupferkies—kubischer Hochtemperatur-Kupferkies betrug in den Experimenten von R. A. Yund und G. Kullerud (The System Cu-Fe-S.—Carnegie Inst. Wash., Year Book 60, 180—181, 1961; Thermal Stability of Assemblages in the Cu-Fe-S System.—Journal of Petrology, Bd. 7, Nr. 3, 454—488, Oktober 1966) für synthetischen Kupferkies 547° C ± 5° C, während sich synthetischer tetragonaler Kupferkies im Gleichgewicht mit Kupfernitrit bei annähernd 480° C in die kubische Modifikation umwandelte.

Klemm: Es gibt aber auch Oleanderblattstrukturen in Kupferkiesen, die diese Temperaturen bei weitem nicht erreicht haben, so daß Sie diese Temperaturangaben nur mit großen Einschränkungen machen dürfen.

Tufar: Da Kupferkies in der Natur nicht ganz stöchiometrisch zusammengesetzt ist, eine Beobachtung, welche auch die Untersuchung von E.-D. Franz (Stöchiometrischer Kupferkies, stabilisiert durch Substitution von Schwefel durch Selen. — N. Jb. Miner. Mh., Jg. 1971, H. 1, 11—18, Stuttgart, Januar 1971) bestätigte, liegt bei natürlichen Hochtemperatur-Kupferkiesen ein Umwandlungsintervall vor, dessen untere Grenze aber noch als hochtemperiert zu bezeichnen ist. Die von E.-D. Franz ermittelte Werte 530° C bis 480° C für die Tief-Hochtemperaturinversion beziehen sich auf stöchiometrischen Kupferkies, stabilisiert durch Ersatz von Schwefel durch Selen.

Klemm: Den gibt es aber selten in der Natur — wenn überhaupt — so nur sehr selten. Die Erzmikroskopiker sind im allgemeinen nicht ohne Grund sehr vorsichtig mit geothermometrischen Äußerungen im Zusammenhang mit Oleanderstrukturen.

Tufar: Stöchiometrischer Kupferkies ist bisher aus natürlichen Vorkommen nicht bekannt geworden.

Bei tieferen Temperaturen, z. B. bei 300° C gebildete Kupferkiese weisen nicht mehr diese charakteristischen oleanderblatt- bis lanzettförmigen Umwandlungslamellen auf.

Klemm: Das habe ich auch nicht gesagt, sondern lediglich, daß ich mich weigern würde, aufgrund von Oleanderstrukturen irgendwelche Temperaturangaben zu machen.

Tufar: Sofern man am Kupferkies die charakteristischen oleanderblatt- bis lanzettförmigen Umwandlungslamellen von Hochtemperatur-Kupferkies nachweisen kann, ergeben sich für diesen Kupferkies hochtemperierte Bildungsbedingungen.

Klemm: Granat im Siderit darf keineswegs als variskisches Indiz gedeutet werden, obwohl in Ihrem Falle die Deutung vermutlich richtig ist.

Tufar: Durch Vergleich von alpidischen und voralpidischen Paragenesen ist am Alpen-Ostrand bekanntlich zu ersehen, daß die alpidische Metamorphose in diesem Gebiet nicht die zur Bildung von Granat notwendigen Bedingungen erreichte.

Was die Paragenesen aus Vorkommen vom Alpen-Ostrand anbelangt, so treten hier mehrere Mineralien auf, die hochtemperierte Mineralvergesellschaftungen anzeigen, wie z. B. Granat (»Mischalmandin«). Darüber hinaus kann im Altkristallin um Voralp Staurolith beobachtet werden.

Eigene experimentelle Untersuchungen werden unter anderem über die Stabilität der hier besprochenen oststeirischen Siderit-Granat-Vererzungen durchgeführt. Diese Hydrothermalversuche zeigen ebenfalls, daß jene Vererzungen Bildungstemperaturen aufweisen, die als hochtemperiert zu bezeichnen sind und von alpidischen Paragenesen in diesem Gebiet nicht erreicht wurden.

Klemm: Ich wollte nur davor warnen, daß man den Granat gewissermaßen als Indiz für bestimmte geologische Bildungszeiten nimmt, wie ich es aus Ihren Ausführungen entnommen habe.

Tufar: Beim Granat vom Buchwald handelt es sich nicht um Spessartin, sondern um einen komplexen »Mischalmandin«.

Die zeitliche Einstufung und das Verhältnis zur alpidischen Orogenese bzw. Metamorphose ergibt sich durch das auflagernde Semmering-Mesozoikum, das die relativ autochthone Sedimentdecke des darunter liegenden Altkristallins darstellt.

Durch die alpidische Metamorphose kommt es, wie der einschlägigen Literatur zu entnehmen ist, als Charakteristikum in der Semmering-Trias zur Neubildung von Phengit, im darunter liegenden Altkristallin zur Diaphthoresis, die sich in einer Chloritisierung des voralpidischen Granats und Biotits äußert.