

Zur Genese ostalpiner Spatmagnetit- und Talklagerstätten

O. M. Friedrich, Montanistische Hochschule Leoben

(Die im Schrifttum geäußerten bisherigen Anschauungen; Abwägen der einzelnen Meinungen gegeneinander; Stellungnahme dazu auf Grund der Lagerstättenbeobachtungen und des geologischen Baues der Ostalpen; Auswertungen und Schlußfolgerungen daraus.)

(The different views on mineral deposits as expressed in the literature to date; comparison of the different views. Reactions to them on the basis of observations of the deposits and the geological formations of the Eastern Alps; Utilisation and conclusions.)

(Les points de vue différents concernant les gisements de minerais dans la littérature actuelle; comparaison des points de vue divers; appréciation de ceux-ci en se basant sur les observations faites des gisements de minerais et des formations géologiques des Alpes de l'Est; interprétation et conclusions.)

Zu den wenigen Mineralien, die trotz der ungeheuren steuerlichen und sonstigen Lasten in Österreich noch lohnend abgebaut werden können, zählen Magnetit und Talk. Diese beiden Minerale treten in den Ostalpen in verschiedenen, zum Teil recht großen Lagerstätten auf. So ziehen Magnetitvorkommen perlschnurartig vom Semmering über Neuberg, Veitsch, Umgebung Leoben (Kaintaleck-Oberdorf, Jassing, Häuselberg), Wald, Trieben, Lassing, Martin a. d. Enns, Wagrein-Dienten, Leogang, Fieberbrunn bis nach Lannersbach ins Zillertal. Diesem nördlichen Zug stehen einige vereinzelte Vorkommen südlich des Alpenhauptkammes gegenüber; unter diesen ist jenes auf der Millstätteralm (Radenthein) das wichtigste. Geologisch gehören dahin auch noch die Vorkommen von Oswald und Stangensattel, Tragail, weiters Trens bei Sterzing und Zupanell in der Ortlergruppe.

Die wichtigsten Talklagerstätten der Ostalpen liegen zum Teil ebenfalls in der nördlichen Grauwackenzone, oft sogar auf derselben Lagerstätte wie Magnetit und mit diesem so innig vergesellschaftet, daß es sogar möglich ist, daß in einer Lagerstätte sowohl ein Talk- wie auch ein Magnetitbergbau umgeht. Deshalb muß man beide Minerale gemeinsam behandeln. Hieher gehören die Vorkommen vom Rabenwald bei Anger, Oberdorf-Kaintaleck, Kammer, Mautern, Wald, Lassing. Daneben gibt es noch eine ganze Anzahl von Talkvorkommen in anderer geologischer Stellung, beispielsweise die an Serpentin gebundenen Vorkommen von Hirt, sowie viele, allerdings meist kleine Vorkommen im Tauernbereich, in Kalkglimmerschiefern der „Schieferhülle“, in, um und an Stelle von Serpentinlinsen, wie etwa das Vorkommen von Schellgaden, Oberdorf a. d. Lieser, Fusch, Greiner, Pregratten. Auf diesen letzteren Vorkommen tritt neben Talk noch häufig Hornblende (Tremolit) auf, als Asbest beziehungsweise Asbestine; dafür fehlt diesen Vorkommen dann meist der Magnetit.

Trotzdem diese Lagerstätten die Grundlagen unserer Magnetit- und Talkindustrie bilden, sind unsere Kenntnisse über genauere geologische Stel-

lung, über die Entstehung usw. noch recht dürftig. Wohl kennt man namentlich von den größeren, in Bergbaubetrieb befindlichen Lagerstätten den örtlichen Bau zum Teil recht gut, weil ja der Abbau dessen Kenntnis erzwingt, aber über die Genesis und viele andere lagerstättenkundliche Fragen wie Metamorphose usw. gehen die Meinungen noch weit auseinander. Die Lagerstättenkunde hat sich ja wohl auch zumeist mit den Erzen befaßt, erst in neuerer Zeit bezieht man auch die Minerale der Gruppe „Steine und Erden“ in diese ein.

Es erscheint daher nötig, daß wir zunächst die bisher geäußerten Meinungen und Anschauungen überblicken, um darüber klar zu werden, welche Theorien über die Bildung der Magnetit- und Talklagerstätten bisher aufgestellt, ob und in wie weit diese anerkannt oder auch abgelehnt werden. Wir wollen zu diesem Zwecke die wichtigen Arbeiten kurz referieren, geordnet nach dem Erscheinungsjahr der jeweils ersten Veröffentlichung eines Forschers über dieses Gebiet. Nur so ist es möglich zu sehen, welche Abschnitte aus dem großen Fragenkomplex schon genügend beachtet sind und wo etwa neue Untersuchungen einsetzen müßten.

Die Kenntnis unserer ostalpinen Magnetit- und Talklagerstätten fußt auf den älteren Arbeiten von Koch und Rumpf. Schon 1883 erkannte M. Koch (27) das karbone Alter der Kalke der Veitscher Magnetitlagerstätte und spricht sich für metasomatische Bildung des Magnetits aus, allerdings, ohne diese Anschauung näher zu begründen. Johann Rumpf (59, 60, 61) wies 1873 als erster auf die Mitwirkung von Thermen bei der Pinolithbildung hin, trennt bereits den „dichten“, in Serpentin auftretenden Magnetit vom spätigen und hebt die verschiedenartige Entstehung beider Arten hervor, erkennt auch, daß Talk auf den Magnetitlagerstätten jünger als der Magnetit sein müsse, daß Magnetit in Talk umgewandelt werde und betont, daß die verschiedenen Lagerstätten des Spatmagnetits „gleichartiger, durch ein und dieselben Ursachen bedingter Entstehung sein“ müssen. Er denkt allerdings daran, daß die Magnetit führenden Thermen

in schlammigen Tümpeln Magnesitkristalle gebildet hätten, dieser somit mehr oder weniger sedimentärer Entstehung sei.

In zahlreichen Arbeiten befaßt sich sodann K. A. Redlich mit dem Magnesit-Talkproblem. Schon in einem seiner ersten Aufsätze (45) weist er darauf hin, daß Eisenspat-, Ankerit- und Spatmagnesitlagerstätten genetisch enge verwandt und durch Metasomatose entstanden seien. 1909 (48) zergliedert er die Magnesitlagerstätten in mehrere Typen, und zwar: 1. Typus Hall/Tirol, umfaßt die salinare Bildung, bei uns vertreten durch das namengebende Vorkommen, der Salzlagerstätte von Hall und, wie wir jetzt annehmen, durch das Vorkommen im Kaswassergraben bei Großreifling im Ennstal. 2. Typus Kraubath, bildet Gangfüllungen in Serpentin (= dichter Magnesit, damals Giobertit genannt, welcher Name aber seither ungebräuchlich geworden ist). 3. Typus Greiner (Zillertal), bildet Porphyroblasten in Talk- und Chlorit-schieferhöfen um Serpentin (Listvänit nach Nikitin); diesem Typus gehören neben Greiner viele kleine im Tauerngebiet an. 4. Typus Veitsch, metasomatische Stöcke oder Linsen. Diesem Typus sind die größten und demnach auch wirtschaftlich wichtigsten Lagerstätten zuzuzählen. Er führt ihre Bildung auf die heute als Grünschiefer usw. vorliegenden Diabase beziehungsweise auf deren saure Glieder, den Quarzkeratophyren, zurück, wobei der Chromgehalt der begleitenden Talke eher für noch basischere Herkunft spricht. 5. Endlich der Typus Hydromagnesit nördlich Ashcroft im Lilloet District (Britisch-Kolumbien), allerdings ohne Näheres über dieses Vorkommen angeben zu können.

1934 bringt er in einer weiteren Arbeit ähnlichen Titels noch den Sagvandit, als eigenen Typus unter, da inzwischen TFW Barth dieses aus Enstatit-Bronzit und Magnesit \pm Olivin bestehende Tiefengestein aus Norwegen beschrieben hatte (55).

1912 (50) erwähnt er beim Vorkommen der Kotalm bei Turrach, das unter dem Namen Stangensattel bekannt ist, daß der Kalk durch Magnesit direkt verdrängt werden könne, ohne daß das Doppelsalz Dolomit sich dazwischen schiebe und daß der Talk bei den Spatmagnesitlagerstätten an die Stelle der Schiefererze bei den Eisenspaten trete. 1908 (46) beschreibt er kurz die Vorkommen auf der Millstätteralm (Radenthein) und Oswald, während sein Mitarbeiter Cornu im selben Jahrgang dieser Zeitschrift (11) die Minerale der Lagerstätte Veitsch beschreibt. Von diesen interessieren uns neben dem Magnesit in genetischer Hinsicht die Sulfide Eisenkies, Kupferkies, Tetradrit und die Silikate Leuchtenbergit (= Rumpfit) und Bergleder. In einer gemeinsam mit Großpietsch (52) verfaßten Arbeit zu Genesis der kristallinen Magnesite hebt Redlich 1913 hervor, daß Quarz, Talk und Leuchtenbergit (damals Rumpfit genannt*) in allen Magnesitlagerstätten vorkämen, daß die Kristalle in den Magnesitstöcken kristalloblastisch gewachsen seien, wobei sowohl Schichtung wie auch Fossilreste meist verloren gingen, die Schichtung aber in den Bänder-

magnesiten mitunter erhalten beziehungsweise abgebildet werden könne. Er weist ferner erneut auf die schon von Retgers (N. Jb. Min 1, 1891, 132) erwiesene Tatsache hin, daß Stoffe, die Doppelsalze bilden, keine Mischkristalle geben können, so daß es einerseits Kalke mit nur geringen MgO-Gehalten, andererseits Magnesite mit nur wenig CaO gäbe und daß dazwischen das Feld des Doppelsalzes Dolomit liege. Am Semmering war die Vererzung vorbei, als die letzte Gesteinsauseinanderreißung erfolgte und die häufige Stockform der Magnesitlagerstätten sei in der verschiedenen Plastizität von Schiefer und Magnesit zu suchen. Ferner wird in dieser Arbeit darauf hingewiesen, daß der Eisenspat stets etwas $MgCO_3$ führe, auch wenn im ursprünglichen Kalk kein $MgCO_3$ enthalten gewesen sei. Die Zufuhrwege für die Lösungen und deren Herkunft seien noch nicht geklärt.

Auch in seiner Arbeit über den Karbonzug der Veitsch (51) hebt er im selben Jahr 1913 hervor, daß die Magnesitbildung vor der tektonischen Zerreißung erfolgt sein müsse, da die Magnesite in die Schiefer eingewickelt seien. Die Magnesitmasse sei durch Quarzite in zwei große Teile geteilt, wobei die Überschiebungsfläche an schwarzen, mitgerissenen Schieferfetzen und eingekneteten Magnesitgeröllen kenntlich sei. Das gleiche sei auch im Vorkommen Arzbach bei Neuberg der Fall. Jüngere Störungen mit aufgepreßten schwarzen Schiefen verqueren am Sattlerkogel die Magnesit-Quarzitmasse. An Silikaten treten Talk und Leuchtenbergit (damals Rumpfit genannt) auf.

In seiner Bearbeitung der Magnesite des Semmerings (54) weist Redlich auf die verschiedenen dort vorkommenden Sulfide, wie Bleiglanz, Antimonit, Kupferkies, Eisenkies, Arsenfahlerz, Eichbergit (= Boulangerit nach Friedrich) (68 c), Talk, Leuchtenbergit sowie auf den Apatitgehalt hin, wobei er betont, daß Magnesit und Talk zusammengehören, gleichzeitig gebildet seien, wobei der Talk besonders an den Rändern der Magnesitmassen aufträte. In einer Zusammenfassung seiner bisherigen Arbeiten gibt Redlich dann 1914 noch einmal einen Überblick über das damalige Wissen von den Magnesitlagerstätten (53), ohne aber neue Beobachtungen anzuführen.

Zuletzt beschrieb Redlich 1935 (56) eine Anzahl weiterer Magnesitvorkommen, darunter jene vom Sunk, Wald, Leogang, Lannersbach und der Millstätteralm (Radenthein).

*) Nach G. Tschermak (73 a) stellt der „Rumpfit“ kein eigenes Mineral dar, sondern ist ein eisenarmer Klinochlor (Leuchtenbergit). Firtsch erhielt durch unrichtige Analysen 12,09% MgO statt 33,30 und 41,66% Al_2O_3 statt 20,07%, darauf glaubte er auf ein neues Mineral schließen zu müssen, das er „Rumpfit“ nannte. A. Hödl (23) bestätigte dieses Ergebnis Tschermaks, wonach die meisten „Rumpfite“ richtig als Leuchtenbergit zu bezeichnen seien, nur der „Rumpfit“ vom Häuselberg bei Leoben erwies sich übereinstimmend mit Analysen die K. A. Redlich anfertigen ließ, als etwas eisenreicher und ist daher zum Grochaut zu rechnen. Die somit auf völlig falschen Analysen Firtschs fußende Bezeichnung „Rumpfit“ ist daher durch Leuchtenbergit (und Grochaut) zu ersetzen und sollte nicht mehr gebraucht werden.

In einer früheren Arbeit (47) hatten sich Redlich und Cornu auch mit der Genesis der alpinen Talklagerstätten befaßt. Für einige Vorkommen, namentlich für jenes am Häuselberg bei Leoben, kommen sie darin zum Schluß, daß dieselben Magnesialösungen, die den Kalk zu Magnesit umsetzen, die Tonschiefer des Nebengesteins vertalken, wobei der Al-Gehalt der Schiefer teilweise in eisenarme Chlorite (damals Rumpfit genannt) übergeführt werde. Die Quelle für den Magnesiumgehalt der Lösungen glauben sie in Grünschiefern, die aus Diabasen entstanden sind, oder in Serpentininen zu sehen. Dagegen lehnen sie Weinschenk's (75, 76) Herleitung von den Zentralgraniten entschieden ab, namentlich wegen des Cr-Gehaltes mancher Talke.

Der bekannte Kärntner Lagerstättenbeschreiber R. Canaval (6) äußerte sich 1904 über den Magnesit von Tragail (Drautal), der im Kristallin liege, und erwähnt kurz jenen von der Kotalm (= Stangensattel), von dem er eine Analyse anführt. 1912 (7) beschreibt er kurz das Vorkommen von Trens bei Sterzing, ohne in einer dieser Arbeiten eigene Ansichten über die Entstehung zu vertreten.

Hingegen verbreitet sich Hörhager (24) 1911 über die Genesis, hebt auf Grund von Analysen hervor, daß Eisenspat- und Magnesitlagerstätten verwandt sein müßten, glaubt aber, daß die Kalke von oben nach unten in Magnesit umgewandelt worden seien. Seine „Zeugen für die Wirkung des Vulkanismus, der bei der Hebung der Alpen tätig gewesen ist“, nämlich der Serpentin im Radlgraben bei Gmünd, der Pegmatit der Millstätteralm und der Graphit von Klammberg, werden heute wohl kaum als solche anerkannt werden, höchstens würde der Serpentin als ein Glied des simischen, initialen Magmatismus im Sinne Stilles (69, 70) gelten gelassen, während der Pegmatit im Altkristallin mit dem alpidischen Magmatismus wohl nichts zu tun hat, noch weniger der Graphit.

H. Leitmeier (28, 29) setzt sich zunächst mit K. A. Redlich auseinander und betont, daß er der Redlich'schen Typengliederung der Magnesitlagerstätten nicht so weitgehende Bedeutung beilege wie dieser selbst. Er zeigt, daß die Crinoiden, welche Redlich als umgewandelt zu Magnesit anführt, tatsächlich nur aus Dolomit bestehen und daß Redlich's Angabe wahrscheinlich auf einer falschen Analyse oder auf Verwechslung beruhe, auch habe Redlich schließlich selbst diese letzte Möglichkeit zugegeben. Aus Versuchen anderer kommt Leitmeier zu folgendem Schluß: „Lösungen, die hauptsächlich dissoziiertes $MgCl_2$ und Kohlensäure neben anderen Bestandteilen enthalten, dringen in Kalksteine ein. Bei erhöhter Temperatur und Druck wirkte das Mg-Salz auf den Kalk ein und setzt diesen zu Ca-Mg-Salzen (Lincksches Mischsalz) um. Gleichzeitig, vorher oder nachher konnte je nach Umständen $MgCO_3$ in der Hydratform sich abscheiden. Beides, $MgCO_3$ und die Mischsphärolithe, wandelten sich später in Magnesit beziehungsweise Dolomit um.“ Deshalb sei marine Magnesitbildung durchaus nicht auf den Typus Hall beschränkt. — Er hält somit eine sedi-

mentäre Magnesitbildung für möglich, ohne es aber klar auszusprechen.

J. Kern (25, 26) bezweifelt die metasomatische Entstehung und denkt an sedimentäre Bildung unter Mitwirkung magnesiareicher Diabase oder Porphyre, die bei der Grünschieferbildung MgO freigaben, welches, als Magnesitgel ausgefällt, unter hohen Temperaturen und Drucken zu Spatmagnesit umkristallisierte.

A. Kieselinger (26 a) hebt 1923 hervor, daß der Talk der obersteirischen Grauwackenzone (Mautern, Rannach, Kallwang) immer an tektonischen Störungsflächen aufträte und ein Produkt der Dynamometamorphose darstelle.

H. Mohr (40) weist 1925 darauf hin, daß die Magnesitlagerstätten in gewisser Hinsicht als „metamorphe Gesteine“ der ersten Tiefenstufe anzusprechen seien, was sowohl aus dem Bestand an Begleitmineralien, wie Epidot, Chlorit, Talk, in Trens aber auch Albit und Zoisit, hervorgehe, wie auch aus dem Zustand der Nebengesteine, die stets Glieder der ersten Tiefenstufe seien. Auch seien ein gewisser Mindestdruck und eine bestimmte, geringste Wärmehöhe Voraussetzung dafür, daß sich Magnesit bilden könne. Er führt den Ausdruck „Eklektogenese“ für Vorgänge ein, welche aus einem komplexen Stoffbestand bestimmte Elemente auswählen und anreichern und nimmt an, daß die Magnesitlagerstätten aus Dolomit durch einen solchen Prozeß hervorgegangen seien. Dabei nähme das Molvolumen beträchtlich ab, was mit den Verhältnissen in der Natur übereinstimme, da diese beträchtliche Raumschwunde erkennen ließen. Dolomite würden überdies bei bestimmten Verhältnissen inkongruent gelöst, indem zunächst das $CaCO_3$ löslich werde und $MgCO_3$ sich daher anreichern müsse, so daß es auf diese Weise zur Bildung von Magnesitlagerstätten kommen könne.

Rozsa (58) will im selben Jahr den Magnesit als Meeressediment erklären, das an der Tiefenmetamorphose bereits als solches teilnahm.

In einer der ersten gefügekundlichen Untersuchungen einer Lagerstätte überhaupt stellte E. Clar (8) schon 1931 fest, daß die Bändermagnesite der Breitenau keine Tektonite, sondern durch Metasomatose entlang s-Flächen entstanden sind.

In einer gemeinsamen Arbeit weisen dann Clar und der Verfasser (9), ohne im einzelnen auf Magnesit- oder Talklagerstätten einzugehen, darauf hin, daß Kristallisationshöfe, auch wenn kein Intrusivkern sichtbar ist, als mögliche Zentren der Vererzung in Betracht kommen können.

Noch genauer umreißt Clar diese inzwischen weiter ausgebauten Anschauungen in seiner Arbeit 1945 (10), die den Zusammenhang von Vererzung und Gesteinsmetamorphose bespricht. Dieser Zusammenhang hebt die Einzellagerstätte aus ihrer lokalen in eine regionale Größenordnung. Alpidische Vererzung und zugleich die alpidische Metamorphose können als Folgeerscheinung nur den tiefentektonischen Umwälzungen der alpidischen

„Hauptbewegungsphase und den damit zusammenhängenden Wärme- und Lösungsbewegungen zugeordnet werden, wobei auf die gewohnte Herleitung von einem sichtbaren oder hypothetischen Magmenkörper so lange verzichtet werden müsse, als wir nicht wissen, ob die Lösungen des Stoffwechsels der dazugehörigen Metamorphose überhaupt Abspaltungen eines primär-intrusiven Magmenkörpers sind“. Bezeichnend für diese Vorgänge seien Stoffwechsel und nicht reine Stoffzufuhren, „gleichgültig, welcher Herkunft diese Lösungen letztlich auch seien, sie tauschen auf ihrem Wege Stoffe aus und beladen sich mit fremden“. Dadurch überlagern sich „primäre“ und „sekundärhydrothermale“, vielleicht auch pseudohydrothermale Prozesse weitgehend. Clar weist dann auf die bekannten Schwierigkeiten hin, die entstehen, wenn man die Spatmagnesite als Gefolge saurer, zentralgranitischer Magmenkörper erklären will; aber auch Schwinnners Herleitung aus Bereichen „basischen Magmenregimes“ führe zu unlösbaren Widersprüchen, denn die Magnesite sind sicher nicht annähernd so alt wie die Intrusionen der basischen Massen, diese müßten vielmehr später durch thermale Wässer belebt worden sein. Diese Anschauung sei heute wohl von allen Forschern, die sich in den Ostalpen mit den Problemen der Spatmagnetitgenese befassen, als einzig befriedigende Lösung anerkannt und angenommen. Lediglich über die Frage sei man sich noch nicht einig, ob die Magnetitbildung noch an die variskische Gebirgsbildung angeschlossen werden könne oder eine wahrscheinlich frühe Phase der alpidischen Vererzung darstelle. Weiters führe Schwinnners Feststellung, daß die Magnesite in Bereichen basischen Magmagregimes lägen, auf den Gedanken, daß auch andere Lagerstätten vom chemischen Charakter der weiteren, von der Metamorphose betroffenen Umgebung beeinflußt sein könnten und daß gewisse Hofbildungen chemisch-geologische Strukturen vielleicht nur indirekt abbilden.

A. Himm el b a u e r (22) spricht sich 1933 für metasomatische Magnetitbildung aus. Als Hinweis für diese führt er an, daß erstens Crinoiden in Magnetit umgewandelt seien (siehe aber Leitmeier [28]!), zweitens daß Magnesite nicht niveaubeständig seien, daher sedimentäre Bildung ausscheide und daß drittens Übergänge und Parallelen zu den Eisenspatlagerstätten vorhanden seien, und schließlich viertens, daß in den Magnetitlagerstätten recht konstant Cu-, Sb- und As-Mineralen vorhanden seien. Fraglich sei aber, ob die Metasomatose ursprünglich von Kalk ausgehe oder Dolomit bezorugt habe. Weiters führt er Clar an, welcher von den Magnetiten der Breitenau gezeigt habe (8), daß der Magnetit ein altes Gefüge abbilde, daher jünger als die Hauptschieferung sein müsse. Über Bringer und Spender des Magnetits führt Himmelbauer die Anschauungen W e i n s c h e n k s (75, 76) an, welcher die Zentralgranite dafür namhaft macht, während Redlich auf Grund des Chemismus an basische Magmen denke und P e t r a s c h e c k die Andesite der Südalpen dafür nenne, ohne sich für die eine oder andere Meinung zu entscheiden.

Sehr ausführlich befaßt sich W. P e t r a s c h e c k 1928 (42) mit dem Magnetitproblem, nachdem er sich schon früher (41) kurz über diese Frage geäußert hatte. Er hebt hervor, daß Magnesite leicht rekristallisieren müßten, da sie verhältnismäßig leicht löslich seien, daß die nordalpinen Eisenspatvorkommen durchwegs nördlicher als die Magnesite liegen und daß der Deckenbau die Lagerstätten in der Teufe nicht abschneide. In einer weiteren Veröffentlichung (43) setzt sich dieser Forscher sehr eingehend mit Zusammenhängen, aber auch Unterschieden der Magnetit- und der Eisenspatlagerstätten der Ostalpen auseinander. Er hebt darin nochmals hervor, daß die Eisenspatlagerstätten stets weiter im Norden vorhanden sind, nahe den Kalkalpen, während die Magnesite näher der Zentralzone liegen; wenn der Magnetit aber einmal nahe den Kalkalpen vorhanden sei, dann sei er stets eisenreich. Beide Lagerstättengruppen seien nicht niveaubeständig, wohl aber bevorzugen sie eine gewisse Tiefenlage, sedimentäre Bildung sei deshalb wohl ausgeschlossen. Die Eisengehalte könnten vom Kalk her übernommen sein. Talk sei auf den Magnetitlagerstätten zugleich mit dem $MgCO_3$ entstanden, meist in der Hülle, wobei sich Talk und Pyrit gegenseitig ausschließen*). Die Schichtung sei sedimentär angelegt und von der Vererzung übernommen worden, das Pinolitgefüge entstehe in unreinen Kalken durch Kristalloblastese. Besonders hervorgehoben wird der Umstand, daß bisher Magnetitgänge unbekannt sind. Durch Übergänge, wie sie die Vorkommen bei Flachau, Wagrain und Dienten zeigen, sei der Zusammenhang zwischen Eisenspat- und Magnetitlagerstätten gegeben. Das Gefüge dieser beiden Spatgruppen sei primär und hebe sich vielfach von dem der umgebenden Gesteine stark ab, wenngleich örtlich die Erze auch durchbewegt sein können. Die Metasomatose bevorzuge oft einzelne Bänke ohne erkennbaren Grund. Die Eisenspat-, Magnetit- und die Ni-Co-Lagerstätten der Grauwackenzone seien Teile einer zusammengehörenden Paragenese, die Beziehungen zu den Tauerngold- und Blei-Zink-Lagerstätten der Kalkalpen zeige. Auch stimme die räumliche Anordnung mit den Teufenunterschieden überein. Die Tektonik sei zur Hauptsache fertig gewesen, als sich die Vererzung abspielte, aber geringe Bewegungen, vor allem Brüche, folgten ihr nach. Danach sei die Mineralisierung erfolgt, als der Deckenbau der Alpen bereits vollendet war, er habe sich also nach der austrischen (= alttertiären) Gebirgsbildung vollzogen. Die Leukophyllite der Oststeiermark vertreten gewissermaßen die Magnesite, sie seien prämiocän und nach A. Vendl an Störungslinien durch aufsteigende Mg-Lösungen entstanden. Bezüglich des Alters der Vererzung kommt Petrascheck zum Schluß, daß diese älter als das Braunkohlenmiozän, aber jünger als vorgosauische Tektonik sein

*) Dem ist entgegenzuhalten, daß ganz prächtige Pyritkristalle, oft Zwillinge, reichlich im Talk von Oberdorf bei Trajöß vorkommen [K. Matz, (31a)], ebenso in Eichberg, Mautern und bis 2,5 kg schwere Kristalle aus dem Talk vom Arzbachgraben bei Neuberg bekannt geworden sind [Sigmund, (68a)].

müsse, so daß Oligozän oder älteres Miozän in Frage komme. Als Erzsponder käme der andesitische Vulkanismus der Südlapen, nicht aber der Zentralgranit in Betracht.

In neuester Zeit (1945) befaßte sich Petrascheck nochmals mit der Frage, ob die Spatmagnesite in die ostalpine Hauptvererzung hineingehören oder nicht (44). Er zeigt, daß deren Bildung sicher nachtriadisch sein müsse, da bei Leogang triadisches Basiskonglomerat noch in Magnesit umgewandelt ist und verweist in diesem Zusammenhang auch auf die in der Trias vorkommenden Magnesite von Zumpnell in der Ortlergrube. Ferner weist er auf die großen Magnesiamengen hin, die in den ostalpinen Eisenspat-Ankerit-Lagerstätten enthalten sind, weshalb man mit den gleichen Erzspondern auch für die Magnesitlagerstätten rechnen könne, so daß kein zwingender Grund vorliege, für diese Vorkommen einen ultrabasischen Herd annehmen zu müssen. Er neigt dazu, das andesitische Magma Südosteuropas als Erzsponder anzusehen, wobei „ein Zusammenhang der jungtertiären Eruptiva mit dem angenommenen und ausgebreiteten Herd in der Tiefe dennoch durchaus möglich ist“.

Der Verfasser veröffentlichte Beobachtungen (15), die er 1935 an der Magnesitlagerstätte Entacher in der Dientener Gegend machte. Das Vorkommen liegt im typischen „Saubergkalk“, der von Graptolithenschiefen und Lyditbänken unterlagert wird. Die Fossilfunde bezog Frau Ida Peltzmann in ihre eigene Bearbeitung ein. Danach ist Untersilur (Ordovicium) in Graptolithenschieferfazies ausgebildet, vom Obersilur (Gotlandium) ist die Stufe e_{α_3} durch Fossilien belegt, e_{β} durch Analogie mit dem Alticolakalk wahrscheinlich; dem untersten Unterdevon (e_{γ}) im Liegenden des Saubergkalles entsprechen die Kalke V, während der Saubergkalk dem obersten Unterdevon entspricht. Es ist dies genau die gleiche Schichtfolge, die am steirischen Erzberg von der Eisenmetasomatose erfaßt wurde. Soweit bisher Fossilfunde das Alter der Kalke, die zu Magnesit umgewandelt worden waren, eindeutig feststellen ließen, handelte es sich um Karbon (Obere Viséstufe [Metz 36]), während hier eindeutig viel tieferes Altpaläozoikum vorliegt.

In einem Sonderheft, das den Teilnehmern zu Beginn des Leobner Bergmannstages 1937 ausgehändigt wurde, gab der Verfasser (17) einen ausführlichen Überblick über die ostalpine Mineralprovinz und geht darin auch auf die Genesis der Spatmagnesite ein. Es konnte dargelegt werden, daß im behandelten Raume zwischen Hochkönig—Grimming—Sonnblick und Turrach die Vererzung von jenen Kristallisationshöfen ausging, denen als Teilerscheinung auch die einzelnen Zentralgranitfladen zugehören und daß die Metamorphose und der Vererzungsvorgang auf dieselben auslösenden Ursachen beziehbar sind, nämlich auf die reichlichen Lösungen im Gefolge der alpidischen, tektonischen und magmatischen Großvorgänge. Zu der uns hier interessierenden Magnesitbildung wird hervorgehoben, daß der metasomatische Charakter und eine irgend-

wie geartete, mehr oder minder lockere Bindung an die Eisenspatvererzung wohl ziemlich allgemein angenommen werde, daß aber der Chemismus der Magnesitlagerstätten durchaus eigene Züge aufweise und Anklänge an basisches Magma zeige. In der Grauwackenzone sind die Magnesite nur örtlich gehäuft, nicht so gleichmäßig verbreitet, wie etwa die Eisen- oder Kupferlagerstätten; außerhalb dieser Zentren treten diese Lagerstätten nur sehr vereinzelt auf. Darin werden Hinweise auf eine gewisse Selbständigkeit der Magnesitvererzung erblickt, die nur durch Mg-reiche Eisendolomite mit der Ankeritphase, die der eigentlichen Fe-Cu-Vererzung vorangeht, verbunden sind. Auch das wenn auch nur spärliche Auftreten von Ni- und Co-Mineralen und Cr-Gehalten (Fuchsite), örtlich auch von Mg-Ni-Silikaten oder Millerit und anderen, sowie die steten, oft recht reichlichen Gehalte an Ti und P (Apatit) weisen auf Einflüsse basischen Magmas. Aus der Zusammenfassung dieser Eigenheiten kam der Verfasser schon damals zum Schluß, daß jene Lösungen, welche die Regionalmetamorphose auslösen, und zwar anscheinend frühe Stadien dieser, bei der Serpentinisierung von Ultrabasiten (Peridotiten) Magnesia und die oben angeführten Elemente aufgenommen, verfrachtet und an geeigneten Orten wieder abgesetzt habe. Erst in einer späteren orogenen Phase sei in diesen Lösungen der Gehalt an anderen Stoffen so sehr angestiegen, daß die übrigen Erzlagerstätten gebildet werden konnten. Übergangsglieder zwischen den Teilvorgängen seien vorhanden und erhärten diese Vorstellungen.

Schon vorher hatte der Verfasser im Mai 1937 auf der Tagung der deutschen geologischen Gesellschaft in Freiberg in einem Vortrag (18) darauf hingewiesen, daß der Stoffbestand der ostalpinen Hauptvererzung der zentralgranitischen Stoffsippe entspricht, durch die Aufnahme und Einbeziehung „basischer Metalle“ (Mg, Ti, Cr) erweitert und daß die Lagerstätten teilweise noch durchbewegt und regionalmetamorph sind. Dieser Zeitpunkt (Mai 1937) sowie jener der oben besprochenen Arbeit verdienen hinsichtlich einer Bemerkung Schwingers wegen der Priorität ausdrücklich festgehalten zu werden, wodurch diese Auslassung (68, S. 137, Fußnote) richtiggestellt wird.

In einer eingehenden Bearbeitung der Talklagerstätten des Rabenwaldes (20) zeigt der Verfasser, daß diese Lagerstätten ebenfalls ein Glied des ostalpinen Magnesiametasomatose bilden. Im Zuge einer Orogenese mit weitreichenden, flachen Überschiebungen von Koralmkristallin über Raabalpenserie wurden kalireiche Granite hochgepreßt und erstarrten syntektonisch in recht geringer Rindentiefe zu „Grobgneis“ beziehungsweise als Feingranit, unter Bedingungen, die etwa jenen der Zentralgranite der Tauern entsprachen. Dadurch wird eine Pegmatitphase unterdrückt, an deren Stelle eine sehr intensive Kalimetasomatose tritt, welche besonders an Bewegungsflächen angreift und alle erreichbaren Gesteine in Serizit-Quarzschiefer, hier örtlich Kornstein geheißen = Leukophyllit (Starkl) umprägt. In weitaus geringerem

Maße oder überhaupt kinetisch nicht beeinflußt tritt diese K-Aushauchung als Mikroklinbildung der Augengneise uns entgegen. Im Ersterben der K-Metasomatose wird die Gebirgsbildung neuerlich rege; die Koralm- und die Grobgneisserie werden weiter kräftig gegeneinander geschoben, die Lösungen nehmen immer mehr Mg auf, werden dafür immer ärmer an K. Als Übergang bildet sich auf Ruschelzonen reichlich Biotit, dann in großer Menge Talk und soweit Kalke zugegen sind auch Magnesit und Dolomit, ebenso Tremolit-Strahlstein und Chlorit. Die weiter ansteigende kräftige Mg-Mobilisierung löst verschiedene Silikatumbildungen aus, so Muskowit zu Leuchtenbergit unter Disthenausscheidung, Granat und Biotit zu Pennin. Schließlich vertalkt jedes gerade vorhandene Gestein, auch Pegmatite und Gneise. Beständig sind von allen gesteinsbildenden Mineralien in dieser Talkphase nur Rutil und Titanit, Apatit und Graphit und derbe Quarzknauer, während normale Quarzkörnchen ebenfalls aufgezehrt werden. Örtlich steigt der CO₂-Partialdruck so sehr an, daß sich im Talk massenhaft kleine Magnesitporphyroblasten bilden. Die Magnesiametasomatose hält an, solange die Gebirgsbildung dauert; Bewegungen nennenswerten Ausmaßes haben sich nach der Talkbildung nicht mehr abgespielt, wohl aber kleine örtliche Verstellungen mit seifigen Schmierletten. Für Alter und Stoffherleitung gibt es keine beweisenden Beobachtungen; es wird aber vermutet, daß die Talkbildung alpidisch sei und das Mg bei der Serpentinisierung der weiter östlich reichlich vorhandenen Peridotite freigemacht wurde.

Auch R. Schwinner hat sich mehrfach mit dem Magnesitproblem befaßt, so in einem Vortrag auf dem Bergmannstag 1937 (65). Er leugnet dabei jeden Zusammenhang der Spatmagnesitlagerstätten mit granitischen Intrusionen, betont im Gegenteil, daß Magnesite ausschließlich in Gebieten lägen, die durch basischen Magmenzuschuß gekennzeichnet seien, wobei er sowohl an Diabase und Gabbros wie auch an Serpentine denkt. Auch verneint er alpidisches Alter und hält die Magnesite für älter als sudetisch oder erzgebirgisch gebildet (Stille), also irgendwie zur karbonen Gebirgsbildung gehörend. Er nimmt an, daß die erste der varistischen Gebirgsbildungen alte basische Magmenherde aktivierte, dabei Olivinfelse zu Serpentin umbaute und deren Lösungen sollen dann auf dem Umwege über das Grundwasser deszendiert die Spatmagnesite gebildet haben. Auch in einigen weiteren Aufsätzen (66, 67) wendet sich Schwinner dagegen, daß Spatmagnesite und die sonstigen ostalpinen Erzlagerstätten genetisch verwandt seien, und spricht sich dafür aus, daß bestimmte Lagerstätten stets auf einen bestimmten Pluton rückbezogen werden müßten. 1935 hat er darauf hingewiesen (64), daß der Magnesit der Millstätteralm (Radenthein) im Gegensatz zu den alten, durch Diaphthorese gekennzeichneten Störungen von relativ jungen Schubflächen eingefaßt und durchsetzt werde, die auf eine Aufschubung nach N und O weisen, heftige Mylonitierung erzeugen, welche von einer Vertalkung be-

gleitet sei, was einer rückschreitenden Metamorphose entspräche. 1939 (66) hebt er hervor, daß die Radentheiner Magnesite „stets an submeridionalen Störungen eingeschaltet sind, die stets mindestens zwei verschiedene tektonische Phasen repräsentieren, alle aber jünger sind als Bau, Formung und Kristallisation der Glimmerschieferserie“, so daß sie dieser nicht zuzuzählen, sondern wahrscheinlich paläozoisch seien. Auch neuerdings (68) wendet sich Schwinner nochmals gegen jede genetische Verwandtschaft der Magnesit- und sonstigen Erzvorkommen der Ostalpen, wie auch gegen das alpidische Alter der Magnesite, allerdings ohne neue Gründe für seine Anschauungen anzuführen.

F. Angel, dem wir so viele Fortschritte in der Kenntnis der Gesteinswelt der Ostalpen, Vorstellungen über Stoffhaushalt und Stoffwechsel verdanken, leitet erstmalig die Spatmagnesite aus der metamorphen Umwandlung basischer Massen ab. Er geht dabei aus von den Verhältnissen in der von ihm und seinen Schülern besonders genau untersuchten Gleinalm, bespricht (3, 4) ausführlich deren Stoffwechselfvorgänge bei der „Gleinalmkristallisation“. Bei dieser werden zunächst große Mengen Wasser frei, aber auch Kohlensäure und Magnesia. Letztere findet sich zum Teil mit der Kohlensäure zu Magnesit-Brunnerit zusammen, welcher teilweise im Gestein selbst gebunden wird und die verbreiteten Brunneritserpentine gibt, zum anderen Teil abwandert und so die MgO-Mengen für die Spatmagnesite liefern könne. Da überdies die wichtigsten Spatmagnesitlagerstätten nicht in höheren Schichten bekannt seien als Karbon und andererseits die Gleinalmkristallisation ebenfalls wahrscheinlich in die Karbonzeit falle, sei es naheliegend, beide Vorgänge miteinander zu verbinden. Er trennt deshalb die Magnesitbildung von der Eisenspatvererzung ganz ab und begründet dies vor allem auch mit der geochemischen Verwandtschaft von Mg und Fe, die immer zusammengehen, wenn sie gleichzeitig in Lösung vorhanden seien, so daß deshalb eine Trennung in Eisenspatlagerstätten einerseits und Magnesitvorkommen andererseits undenkbar sei, solange kein Prozeß bekannt ist, der beide Metalle trennen würde. Er hält deshalb die Magnesite als Abkömmlinge der varistischen Umprägung von Ultrabasiten zu Serpentin durch die Gleinalmkristallisation, während die Eisenspatlagerstätten durch die alpidische Tauernkristallisation aus der Eisenmobilisierung bei der weit verbreiteten Diaphthorese mit ihren Stoffwechselfvorgängen entstanden seien.

H. Meixner (34) erklärte die von ihm bearbeitete Talk-Brunneritlagerstätte von Schellgaden entstanden durch Verdrängung einer einst vorhandenen kleinen Serpentinlinse durch zentralgranitische Restlösungen, wobei sich neben Talk und reichlich Chlorit, Magnetit und Tremolit große Brunneritporphyroblasten bildeten. Ein Teil der Lagerstättenmasse ist als Listwänit zugegen, also als Gestein mit einem Mineralbestand von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{3}{4}$ Magnesitporphyroblasten, $\frac{2}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ Talk, dazu Chlorit und Magnetit.

In einem kurzen Exkursionsbericht (35) ergänzt er die Typengliederung Redlichs, so daß diese nachfolgende Glieder enthält: 1. Typus Kraubath, 2. Typus Hall, 3. magmatisch in Sagvandit abgechiedener Magnesit, 4. Typus Veitsch, 5. Typ Schellgaden, in Listwänit umgewandelter Serpentin, 6. Magnesit in Serpentinhöfen, und zwar 6 a Subtypus Ochsenkogel, zweitstufige Umprägung und 6 b. Subtypus Greiner, erststufig.

K. Metz (37) zeigte 1938, daß die Magnesite in tektonisch tieferen Abschnitten liegen als die Fe-Cu-Lagerstätten, wobei sie eisenreicher werden, wenn sie sich jenen nähern. Auch erweisen sich die Eisen-Kupferlagerstätten da und dort jünger als die Magnesite. Vom Semmering bis ins Ennstal seien beide Lagerstättengruppen durch die norische Überschiebung getrennt, die alpidischen Alters sei. Die Metamorphose (Tauernkristallisation?) verlaufe mit der Vererzung parallel und sei alpidisch. Überdies erkennt er in Magnesiten der Umgebung Leobens jüngere, helle Magnesitnachschiebe, also mehrphasige Magnesitzufuhr. Die Quelle für das Mg erblickt Metz in Stoffwanderungen, die bei der Metamorphose basischer Magmen auftreten. In einer kleinen Übersichtstabelle stellt er die Magnesitbildung in die vorgosauische bis eozäne Frühphase der alpidischen Orogenese. 1949 beschreibt er (38, 39) die Geologie der Talklagerstätte Mautern; darin spricht er die Talk- und die Magnesitbildung als zusammengehörige Vorgänge an, die Talke seien metasomatisch aus karbonen Schiefen entstanden. Dabei scheint Kalk in großen Massen abgewandert zu sein, während in den Magnesitlagerstätten bei der Metasomatose meist die Masse des Karbonats stark zunimmt. Die Lagerstätte liegt nahe der südlichen Fortsetzung der Radmerstörung. Tektonische Bewegung hat teilweise den Talk noch stark betroffen. Die letzten Bewegungen werden im Sinne der Weyerer Tektonik als Folge der nachgosauischen Westüberschiebung und vor Ablagerung des Braunkohlentertiärs eingestuft.

In einer Vortragsfolge hatte sich 1937 A. Winkler v. Hermeden (77) sehr ausführlich mit der Geologie der Ostalpen und deren Bodenschätzen befaßt, wobei er auch auf die Magnesitlagerstätten eingegangen war. Er hebt darin besonders hervor, daß die Hauptachse der Gebirgsbildung unter der Grauwackenzone lag; darin hatten sich nicht nur die größten Massenbewegungen, sondern auch magmatische Tiefenerscheinungen vollzogen, als deren Folge er die reichlichen Lagerstätten dieser Zone ansieht.

H. Schneiderhöhn (62) bespricht in seinem ausführlichen Lehrbuch der Lagerstättenkunde die ostalpinen Magnesitlagerstätten nur kurz, schließt sich hinsichtlich ihrer Entstehung der üblichen Metasomatose an und erblickt in ihnen ein normales Glied der tertiären, ostalpinen Metallprovinz. Ähnlich faßt er sich in den „Kurzvorlesungen“ (63), in denen er weiters auf die Verwandtschaft mit den Talklagerstätten hinweist und eine Entstehung aus metamorph mobilisierten Lösungen für durchaus möglich, ja sogar für wahrscheinlich hält.

A. Thurner (73) weist darauf hin, „daß die nördliche Grauwackenzone noch in den alpidischen Gebirgsbildungen, besonders in der austrischen Phase intensiv durchbewegt wurde“ und daß die Erzlagerstätten in dieser tektonisch auffallenden Zone liegen. Hingegen seien die Magnesitlagerstätten nicht in diesen tektonisch bevorzugten Zonen angeordnet, seien zu Linsen ausgewalzt, so daß sie die alpidischen Bewegungen der Grauwackenzone mitgemacht haben müßten, daher älter als die Eisenspäte seien. Ferner spräche die nach Schwinner deszendente Entstehung der Magnesite im Gefolge basischer Eruptiva für eine Trennung der Magnesit- und der Eisenspatlagerstätten, weshalb Thurner sie mit der varistischen Gebirgsbildung zusammenhängt. Magnesite und Eisenspäte hätten deshalb nichts miteinander gemeinsam, sie seien sowohl zeitlich wie auch genetisch zu trennen.

Kürzlich äußerte der Montangeologe der Veitscher Magnesitwerke, Z. Rohn (57) seine Anschauungen über die Entstehung der Spatmagnesite. Diese bilden trotz der Größe der einzelnen Lagerstätten stets nur verschwindend kleine Teile der nördlichen Grauwackenzone und seien durchaus nicht an eine bestimmte Altersschicht gebunden, treten aber ausschließlich in Sedimenten auf, was für sedimentäre Entstehung unter besonderen Bedingungen spräche. Dadurch sei auch die Häufung der Vorkommen an bestimmte Gebiete erklärt. Jedes dieser Gebiete habe seine Eigenheiten in bezug auf Gefüge, Begleitminerale, Chemismus usw. Überall gäbe es gewissermaßen ein Hauptvorkommen, das streichend von einer Anzahl Nebenvorkommen begleitet sei. Im allgemeinen sei das Liegende quarzreich, das Hangende aber reich an Kalk. Zumeist beständen die an Schiefer grenzenden Teile aus Dolomit. Die praktisch durchgeführte Gewinnung von MgO aus Meerwasser zeige, daß es durchaus möglich sei, daß sich Magnesitlagerstätten aus dem Meerwasser, also sedimentär bilden können. Deshalb ließen sich die Magnesite durch Mitwirkung submariner basischer Ergüsse ungewungen erklären. Der Charakter der Lagerstätten sei weniger linsig, wie bisher allgemein angenommen werde, sondern eher bankförmig, wobei diese Bänke tektonisch zu einzelnen Blöcken und Schollen zerrissen werden. Viele Magnesitvorkommen seien durch Verwitterung entwertet, dies betreffe namentlich Breunnerite.

Von ausländischen Arbeiten, die sich mit Problemen einer hydrothermal aktivierten Mg-Wandlung befassen, ist mir nur jene von G. Faust (12) bekannt geworden. Sie behandelt die Abläufe im Kristallisationshof um ein in Dolomit eingedrungenes Magma und zeigt, wie hydrothermale Lösungen, welche durch die Entdolomitierungszone strömen, Mg anreichern und andernorts wieder abscheiden können. Diese Arbeit enthält auch zahlreiche Dissoziationsdiagramme.

Was geht nun aus dieser Übersicht über das Schrifttum bezüglich der Entstehung der Magnesit- und Talklagerstätten hervor? Zunächst einmal unbestreitbar die Tatsache, daß trotz vieler einschlä-

giger Arbeiten wichtige Fragen noch ungeklärt oder zum mindesten sehr umstritten sind und verschiedenartig beantwortet werden. Nur durch sorgfältiges und unvoreingenommenes Abwägen der einzelnen Hinweise und Gründe kann es gelingen, unsere Kenntnisse weiterzubringen. So wollen wir aus der Vielheit der noch ungelösten Probleme zunächst einige Grundfragen herauschälen und diese untersuchen, um darauf bauend wenn möglich zu einem Bild über die heutigen Anschauungen zu gelangen.

1. Sedimentär oder metasomatisch?

Die erste und wichtigste Grundfrage ist wohl die, ob die Magnesit- und Talklagerstätten sedimentärer oder metasomatischer Entstehung sind.

Schon Redlich hat in seiner Typengliederung hervorgehoben, daß sedimentäre Bildung durchaus möglich sei, und zwar eng mit der Entstehung von Salzlagerstätten zusammenhängend. Es ist dies sein Typus Hall/Tirol. Für die Magnesite vom Typus Veitsch lehnt er aber diese Bildung ab und bezeichnet diese als metasomatischer Natur, gestützt auf viele auf den Lagerstätten vorhandene Hinweise auf eine Verdrängung des Kalkes durch Magnesit. Hingegen vertreten Rumpf, Kern, Leitmeier, Rozsa und neuerdings Rohn die sedimentäre Entstehung, während die meisten anderen die Metasomatose als wahrscheinlicher ansehen, ausgenommen Mohr, Schwinner und Thurner.

Der Typus Hall scheidet für die hier behandelten Lagerstätten, die im großen und ganzen etwa dem Typus Veitsch entsprechen, aber vermehrt um gewisse Talklagerstätten, die dem Typus Greiner nahe stehen, wohl aus, da die Lagerstätten dieses Types mit leicht kenntlichen salinaren Gesteinen, beispielsweise mit Gips verknüpft sind, wie das Vorkommen im Kaswassergraben so schön zeigt (31 und eigene Beobachtungen).

Rohn hält die Spatmagnesite vom Typus Veitsch, die nachfolgend stets gemeint sind, auch wenn der Kürze halber nur von „Magnesit“ gesprochen wird, vor allem deshalb für sedimentär, weil sie ausschließlich in den Absatzgesteinen Kalk und Dolomit enthalten sind. Dem ist entgegenzuhalten, daß auch die metasomatische Bildung Kalk oder Dolomit als Muttergestein verlangt, das reaktionsfreudig einer Metasomatose leicht unterliegt und das überdies das Anion des Magnesits, das Karbonation schon enthält, so daß eine solche Umwandlung chemisch gewissermaßen schon vorbereitet ist, da nur das Kation Ca gegen Mg ausgetauscht zu werden braucht. Dabei wachsen die Magnesitkörner während dieses Prozesses in Form einer Kristallblastese. Die Bindung der Magnesite an Kalk und Dolomit genügt also m. E. nicht als Hinweis auf sedimentäre Bildung.

Wohl aber könnte es als triftiger Hinweis gelten gelassen werden, wenn die Magnesite stets in einer bestimmten Altersschicht auftreten würden. Für die Veitsch ist nach Metz oberes Visé, also Karbon nachgewiesen, für Sunk ebenfalls karbonenes Alter des Triebensteinkalkes wahrscheinlich; für

das Vorkommen Entacher konnten Peltzmann und ich zeigen, daß Saubergerkalk, also oberstes Unterdevon den Träger des Magnesits darstellt. Für Leogang hat W. Petrascheck darauf hingewiesen, daß noch Basisbrekzie der Trias in Magnesit umgewandelt wurde und für das Vorkommen am Zupanell und Stiereck in der Ortlergruppe (21) werden ebenfalls Triasschichten angegeben. Der Marmor der Millstätteralpe galt als Altkristallin, doch ist jetzt Paläozoikum wahrscheinlich, aber nach dem Aussehen des begleitenden Dolomites auch Trias nicht ganz unmöglich (Angel-Awerzger, 5). Daraus geht, wie auch schon W. Petrascheck betont hat, hervor, daß die Magnesite an recht verschiedenen alten Kalke und Dolomite gebunden und daher durchaus nicht niveaubeständig sind.

Auch die Lagerstättenform und das Gefüge könnten wichtige Hinweise auf eine etwaige sedimentäre Entstehung der Magnesit- und Talklagerstätten abgeben, insbesondere, wenn die Form irgendwie schichtig wäre. Dies ist aber keineswegs der Fall, denn überall handelt es sich um stockförmige oder bankige Massen, Klötze oder Platten, soweit nicht Schollen oder reine Schubspäne vorliegen, die als Härtlinge in Schiefer eingewickelt sind. Lediglich die da und dort vorhandenen „Bändermagnesite“ erinnern an schichtigen Bau; doch konnte Clar gerade für solche Bändermagnesite aus der Breitenau schon 1931 zeigen, daß sie metasomatisch entstanden sind und ein älteres Gefüge abbilden. Nach einer Diskussionsbemerkung Clars an einem über dieses Thema gehaltenen Sprechabend (24. Jänner 1951) in meinem Institut hält er heute, nach neuen Erfahrungen in Hüttenberg, die Bändersiderite und die Bändermagnesite für genetisch sehr enge verwandt. Dabei können solche Bändererze irgendwie ein vorbestehendes „s“ abbilden, das aber durchaus nicht mit der ehemaligen Schichtung zusammenhängen muß, sondern dieses soweit es überhaupt nachweisbar ist, unter bestimmten, meist stumpfen Winkeln schneiden kann.

Auch ist nirgends etwa ein normales Auskeilen einer Magnesitlagerstätte bekannt geworden, wie es ein sedimentäres Lager unbedingt wenigstens da und dort erkennen lassen müßte, das durch Bergbau so weitgehend aufgeschlossen ist, wie es bei diesen Lagerstätten der Fall ist. So weit die Umgrenzung nicht tektonisch bedingt ist oder vertalkt erscheint, sieht man immer wieder gerade aus der Verzahnung der Magnesitstöcke mit dem umgebenden Kalk oder Dolomit Hinweise auf die metasomatische Umsetzung. Gefügebilder dieser Art waren es ja, die Redlich zur Anschauung über die metasomatische Natur führten. Er nannte zahlreiche Punkte, die Hinweise in diesem Sinne geben und bildete einige besonders schöne Verwachsungen. Einer der schönsten Aufschlüsse dieser Art liegt im Tagbau auf Magnesit auf der Inschlagalm bei Leogang, wo Kalk- beziehungsweise Dolomitreste fingerförmig, ja, richtig netzartig, vom Magnesit verdrängt werden, so daß sich m. E. hier jeder Zweifel über die Metasomatose erübrigt. Und auf dem Stangensattel (Nockgebiet) sieht man den von der Kotalm herauf-

ziehenden Kalk gangartig-nesterig von Spatmagnetit durchzogen, von Klüften und Rissen, die oft schräg zur Schieferung den Kalk durchsetzen, diesen verdrängend, wobei in einer und derselben Kalkbank mehrere solche Magnesitzüge vorhanden sind, die eben verschiedenen Parallelspalten entsprechen. Der Magnetit ist (durch die Überschiebung der unmittelbar benachbarten Karbonatdecke über das Paläozoikum?) in mehrere Schollen zerlegt, die nach NW ziehen und seinerzeit ebenfalls beschürft wurden. Nicht weit dahinter folgt dann der eingeklemmte Triasdolomit. Gleichzeitig kann man an diesem kleinen, unbauwürdigen Vorkommen ersehen, wie von diesen Rissen ausgehend der Magnetit kristalloblastisch seine großen Rhomboeder in den Kalk hinein vorschiebt. Auch hier kann man von mehr als bloß von einem Hinweis auf die Metasomatose sprechen, denn beweisender als hier können die Verwachsungsverhältnisse nicht erwartet werden und ich wüßte nicht, wie man diese auf sedimentäre Entstehung umdeuten könnte.

Auch die oft sehr schönen Dolomiddoppelspäte, die beispielsweise Heinz Meixner von der Sunk (33) beschrieb, aber auch in der Veitsch und in der Inschlagalm usw. vorkommen, in Hohlräumen, die bei der Metasomatose durch den dabei eintretenden Raumschwund (siehe Abschnitt über das Mollvolumen) entstanden, weisen auf diese Art der Entstehung.

Auf verschiedenen Magnetit- und Talklagerstätten werden immer wieder Pseudomorphosen von Talk nach Magnetit aufgefunden, besonders schöne in Oberdorf-Kaintaleck, wo H. Welser (74) sie beschrieb und am Rabenwald, wo ich sie erkannte und zeigte, wie weit verbreitet sie dort sind (20). Sie stellen nichts anderes dar, als eine gesteigerte zweite Phase der Magnesiametasomatose, oft durch einen tektonischen Akt von der ersten Phase, der Umbildung des Kalkes oder Dolomits zu Magnetit abgetrennt.

Hält man sich alle diese Momente vor Augen, so muß man die Metasomatose wohl unbedingt vorziehen und die sedimentäre Entstehung als höchst unwahrscheinlich bezeichnen.

2. Beziehungen Magnetit zu Eisenspat

Weit schwieriger läßt sich die zweite Hauptfrage beantworten, nämlich jene, ob die Magnetitlagerstätten mit den Eisenspatlagerstätten genetisch zusammenhängen oder nicht. Namhafte Forscher wie Redlich und Petrascheck sprechen sich für verwandte Bildung aus, während ebenso namhafte wie Angel und auch Metz eine solche ablehnen oder nur bedingt gelten lassen.

Als Gründe, die dafür sprechen, daß beide zusammengehören, werden angeführt: In beiden Gruppen kommen dieselben chemischen Elemente Magnesium und Eisen an Kohlensäure gebunden vor, lediglich das gegenseitige Mengenverhältnis ist in beiden verschieden. Fast alle Eisenspatvorkommen enthalten mehr oder minder reichlich

$MgCO_3$ und sehr viele Magnesite sind sehr eisenreich, so daß sie teilweise schon als Breunnerite zu bezeichnen wären. In einigen Lagerstätten sei der Gehalt an beiden Elementen so hoch, daß sie als Übergangslagerstätten angesehen werden können, wobei vor allem auf das Vorkommen Thurnhof bei Flachau hingewiesen wird. Petrascheck betont, daß die Magnesiamengen, die auf den Eisenspat-Ankeritvorkommen gebunden sind, größenordnungsmäßig dem Magnesiumgehalt der Magnetitlagerstätten nicht viel nachstehen und umgekehrt. Ferner wird darauf hingewiesen, daß beide Lagerstättengruppen nebeneinander in der Grauwackenzone vorhanden seien, aber Metz betont in diesem Zusammenhang, daß sie durch die norische Überschiebung getrennt seien. Als weiterer Hinweis für gemeinsame Entstehung wird das Gefüge angeführt, das in beiden Lagerstättengruppen vergleichbar sei, wenn auch echte Pinolithbildung bei Eisenspatlagerstätten zurücktrete. Insbesondere seien die Bändererze beziehungsweise Bändermagnesite in beiden Gruppen örtlich gut ausgebildet, ein Umstand, den E. Clar in einer Diskussionsbemerkung 1951 besonders unterstrich. Auch die auf beiden Gruppen gewissermaßen als Übergangsteile beziehungsweise Nachschübe vorhandenen sulfidischen Erze wird hingewiesen.

Die schwerwiegendsten Einwände erhebt Angel, indem er einerseits auf die nahe geochemische Verwandtschaft von Eisen und Magnesium hinweist, die es unwahrscheinlich erscheinen läßt, daß sich beide Elemente trennen, wenn sie irgendwo gemeinsam entbunden und verfrachtet würden. Dieser Umstand wiegt sicher schwer, denn die Natur kann nicht von einem gegebenen Gesetz abweichen, wie dies die Menschen so gerne tun. Wohl gelingt es der Natur, beide Elemente zu trennen, und zwar sogar fein säuberlich, wenn es ihr möglich ist, das Eisen von der zweiwertigen in die dreiwertige Form überzuführen, denn dreiwertiges Eisen ist in den rhomboedrischen Karbonaten nicht isomorph mit dem Magnesium. Das schönste mir bekannte Beispiel dafür sind einerseits die schneeweißen, eisenfreien Gänge von dichtem Magnetit im Serpentin von Kraubath und die dort vorhandenen Brauneisenerze des Liechtensteinerberges mit ihren Gehalten an Cr und Ni, worauf schon H. Meixner (32 a) aufmerksam machte. Aber gerade auf den uns interessierenden Eisenspatlagerstätten liegt das Eisen in zweiwertiger Form vor und es bestehen keinerlei Hinweise darauf, daß es etwa auf dem Umwege über dreiwertiges Eisen abgeschieden worden wäre. Soweit es zu Ferrieisen oxydiert war, bildete es Eisenglanz, der als solcher ausfällt und nicht weiter zu Eisenspat reduziert wird (Waldenstein). Ein Ausweg bestünde allerdings darin, daß das Magnesium ja auch gar nicht gleichzeitig in den vererzenden Lösungen in ausschlaggebender Menge neben Eisen vorhanden gewesen sein muß, denn selbst wenn wir annehmen, daß die Eisenspat- und die Magnetitlagerstätten einem zusammengehörenden Großvorgang entstammen, sind zwischen den Teilvorgängen der Eisenspat- und der

Magnesitphase nicht nur räumliche, sondern auch zeitliche Unterschiede anzunehmen, wie dies von fast allen hydrothermalen Erzlagerstätten hinreichend bekannt ist, ohne daß sich diese Unterschiede etwa über getrennte Orogenesen oder geologisch erfaßbare Perioden erstrecken müssen. Der Erzsponder könnte etwa zuerst Magnesium an die Lösungen abgegeben haben und erst später das Eisen. Das könnte zutreffen, wenn beispielsweise zunächst Ultrabasite durch metamorphosierende Lösungen serpentiniert wurden und dabei MgO abwandert und Mg-Metasomatose auslöst und anschließend durch diaphthoritische Vorgänge Eisenminerale wie Granat zu Chlorit umgeprägt wurden, wobei bei diesem Prozeß dann Eisen frei, Magnesia aber verbraucht wird. Da aber bei keinem dieser Prozesse ein Element allein vorhanden ist, sondern nach dem Prinzip der fraktionierten Auflösung oder Fällung stets beide, aber in verschiedenen Mengenverhältnissen sich auswirken, ließe sich der Eisengehalt der Magnesite und umgekehrt der Magnesiumgehalt der Eisenspatite leicht erklären. Dann könnten wohl beide Vererzungen Teile eines im großen einheitlichen genetisch zusammengehörigen Vererzungsvorganges sein, mit geringen, aber immerhin merkbaren Altersverschiedenheiten der einzelnen Phasen. Dahin weisen vielleicht gewisse Altersunterschiede, die beispielsweise Metz betont, der beide Phasen durch die norische Überschiebung trennt. Auch sonst wird mehrmals die Magnesitbildung älter eingestuft als die Eisenspatitbildung, darauf wird im Abschnitt über das Alter näher eingegangen.

In (16) konnte ich zeigen, daß der eigentlichen Eisenspatitbildung im Nockgebiet eine Eisendolomit-Ankeritbildung vorangeht und eine übersteigerte Eisenzufuhr folgen kann, die zur Abscheidung von Magnetit und Magnetkies in Eisenspat führt. Dort folgt also auf ein Abklingen der Magnesiazufuhr zuerst ein normales und dann ein ungewöhnliches Ansteigen der Eisengehalte in den Lösungen, verbunden mit zunehmender Wärmehöhe und Druck, also eine deutliche Rejuvenation und damit Verhältnisse, wie ich sie in etwas anderer Art, aber doch prinzipiell ähnlich, bei der Magnesiometasomatose am Rabenwald feststellen konnte. Dabei tritt uns der im Nockgebiet festgestellte Ablauf vom Katschberg beziehungsweise Innerkrems über den ganzen sogenannten südlichen Eisenerzzug bis Hüttenberg, Waldenstein und Pack, wenn auch örtlich stark abgeändert, immer wieder entgegen, ist im Westen, also nahe dem Tauerngebiet (Innerkrems) allerdings weit stärker ausgeprägt als im Osten, wo Magnetit fehlt. Und es ist überaus bezeichnend, daß hier im Westen, wo die Wärmehöhen und Drucke am größten waren, neben den Eisenspatitlagerstätten auch eine ganze Anzahl von Spatmagnesiten vorhanden ist, wie Radenthein, Oswald, Stangensattel und Eisenhut-West.

Angel wies mündlich andererseits auf das Magnesitvorkommen Inschlagalm hin, wo eine reine Magnesitlagerstätte vorliegt, die derzeit in einem Tagbau abgebaut wird und daher sehr gut auf-

geschlossen ist. Etwa 100 m bis 150 m tiefer liegen die Cu-Ni-Erze der Voglerhalt mit dem Thomas- und Johannesstollen unmittelbar in der Fall-Linie darunter und eindeutig im selben Kalkzug! Dabei ist der Magnesit frei von Sulfiden, wenn man von gelegentlichen Pyritspuren und ganz vereinzelt Malachitfleckchen absieht und die Kupfer-Nickelerze, die im wesentlichen aus Fahlerz mit Kiesen in Ankerit bestehen, enthalten, soweit man bei den verbrochenen Stollen an den reichlichen Haldenstücken beurteilen kann, keinen Magnesit. Ich habe im vorigen Jahr diese eigenartigen Vorkommen selbst angesehen und kann diese Angaben Angels nur bestätigen, so daß es schwierig ist, beide Vererzungen als streng zusammengehörig anzusehen. Ob ein geringer Altersunterschied, wie er zwischen einzelnen Phasen eines Vererzungsvorganges immer wieder zu sehen ist, genügt, um hier einen Ausweg finden zu lassen, möchte ich derzeit noch nicht behaupten.

W. Petrascheck betont auch, daß bei den Lagerstätten der nördlichen Grauwackenzone die Eisenspatite fast durchwegs weiter nördlich liegen als die Magnesite. Nimmt man metamorphosierende Lösungen der Zentralalpen als Erzbringer an, würde das heißen, daß das Eisen und das Kupfer weiter vom entbindenden Herd weggewandert seien als die Magnesite, das heißt, daß diese unter etwas höheren P-T-Bedingungen entstanden als jene, was gut in das beobachtbare Erscheinungsbild paßt.

Oder aber, man erblickt im Sinne Winklers die magmatische Hauptachse unter der nördlichen Grauwackenzone, dann läßt sich diese räumliche Anordnung auch als Teufenunterschied auffassen, was im Grunde genommen auf dasselbe hinausläuft.

Als ein weiteres Unterschiedsmerkmal beider Lagerstättengruppen wird angeführt, daß die Eisen-Kupferlagerstätten nicht selten Gangbildungen erkennen lassen, während von den Magnesitlagerstätten bisher noch keine Gänge bekannt geworden sind. Dieser Einwand läßt sich verschieden auslegen, einmal zeitlich-tektonisch, dann auch bedingt durch die Festigkeit des Nebengesteins. Beim Alter kommen wir darauf zurück. Auf eine auf die Magnesitbildung folgende, vielleicht gar nicht sehr starke Orogenese wird mehrfach hingewiesen, so von Redlich, Metz und mir. Andererseits treten typische Eisenspatitgänge fast nur in harten, festen Nebengesteinen auf, wie beispielsweise im Porphyroid in Altenberg-Bohnekogel. Diese harten, splittig brechenden Gesteine erhalten naturgemäß eingeschlossene Eisenspatitgänge weitaus besser als die mehr oder minder weichen Schiefer, welche allenthalben das Nebengestein der Magnesitlagerstätten bilden, soweit dieses nicht durch metasomatisch verdrängte Kalke und Dolomite gegeben ist. In diesen Kalken und Dolomiten sind gangartige Trümmer auch bei den Magnesitlagerstätten bekannt, so sehr schön aufgeschlossen im Stangensattel (Nockgebiet). Wie wir später noch sehen, vertalkt die zweite, meist nach einer mehr oder minder schwachen Bewegung einsetzende Phase der Magnesiometasomatose nicht nur örtlich den Magnesit, son-

dem recht verbreitet vor allem die umhüllenden Schiefer oder bildet reichlich mürben Chlorit verschiedener Art. Daß solche weiche Schiefer jeder kleinsten Beanspruchung fließend nachgeben, läßt es verständlich erscheinen, daß darin keine echten Gänge mehr auffindbar sind.

Zusammenfassend möchte ich mich daher in Anbetracht dieser verschiedenen Schwierigkeiten für keine der geäußerten Meinungen streng festlegen, halte aber derzeit einen Mittelweg für gangbar und wahrscheinlich, nämlich den, beiden Arten der Vererzung eine gewisse Selbstständigkeit im Sinne einzelner Teilvorgänge eines zusammengehörenden, großen, regionalen Vorganges zu belassen, wobei möglicherweise ein orogenetischer Akt sich dazwischen schiebt. Um aber ins klare zu kommen, sind auf beiden Lagerstättengruppen weitere Untersuchungen nötig.

3. Erzsponder und Erzbringer

Konnte man die Unterschiede bezüglich der eben erörterten Frage noch als Meinungsverschiedenheiten gelten lassen, so prallen bezüglich der nächsten Hauptfrage, die zu erörtern ist, nämlich jener nach Erzsponder und Erzbringer, die Differenzen hart aufeinander.

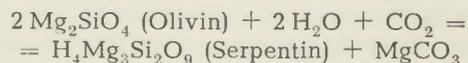
Alte basische Erstarrungsgesteine, wie Gabbro, Diabase oder Peridotite, werden von Schwinner und Redlich dafür verantwortlich gemacht; Altmeister Weinschenk denkt an den Zentralgranit, W. Petrascheck erblickt in den Magmen, zu welchen die Andesite der Südalpen und Dinariden gehören, die Quelle für den Magnesiumgehalt, während Clar und ich die Meinung vertraten, daß als Erzbringer jene Lösungsvorgänge anzusehen seien, welche tauernmetamorphe Umprägungen auslösen.

Geochemisch weist die Gesellschaft: viel Magnesium neben Spuren Cr, ab und zu Ni oder Co bei steter Anwesenheit von ziemlich viel Ti und P als Apatit deutlich basischen Einschlag auf. Das Magnesium läßt sich als Hauptmetall sowohl der Talk- wie auch der Magnesitbildung in der nötigen Konzentration wohl kaum direkt von einem rein sauren Erzsponder ableiten, doch könnten immerhin Vorgänge nach der Art, auf die Faust verwies, also etwa eine Kontaktmetamorphose in einem Dolomit, die erforderlichen Bedingungen schaffen. Da aber außer Magnesium auch noch die übrigen auf basisches Magma weisenden Elemente Cr, Ti und namentlich P zugegen sind, liegt ein extrem basisches Magma, etwa ein Peridotit, doch näher.

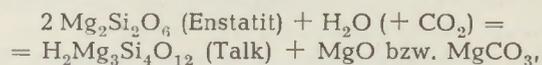
Das Chrom tritt uns auf unseren Lagerstätten sowohl der Magnesit-Talkgruppe wie auch auf den sulfidischen Erzen immer wieder in Spuren entgegen, und zwar einerseits als Färbemittel des Talkes, worauf schon Redlich, namentlich 1911, verwies (49) (siehe auch Doelter, Handbuch der Mineralchemie, Abschnitt Talk), und noch weit verbreiteter als Fuchsit. Allerdings verlief bei zwei von H. Meixner (32) untersuchten grünen Talken die Probe negativ, während sich das Chrom in Fuchsit leicht nachweisen ließ. Apatit wird auf Magnesit- und Talklagerstätten häufig gefunden,

oft in großen, schönen Kristallen (K. Matz, 31 b, A. Sigmund, 68 b, auch Storz, 71) und schlägt eine Brücke zum Spargelstein des Typus Greiner. Rutil und Titanit sind mikroskopisch fast in jedem Vorkommen reichlich vorhanden.

Man denkt bei der Magnesiaabspaltung oft an Serpentinisierungen, also an Vorgänge, wie sie Angel für das Gleinalmmassiv darlegte (1, 2). Wird Olivin in Serpentin übergeführt, so verläuft der Prozeß nicht etwa in Form einer einfachen Wasseraufnahme, sondern es wird dabei Magnesia-Ion freigesetzt, das abwandert und in einigen Fällen — und zwar dann, wenn Kohlensäure mit entsprechendem Partialdruck zugegen ist, wie eben bei den Breunneritserpentin der Gleinalm (Ochsenkogel), aber auch beim analogen Typus Greiner — in den entstehenden Serpentin als Breunnerit eingebaut werden kann. Dabei läuft die Umsetzung etwa nach folgender Gleichung ab:



Reicht aber der Partialdruck der Kohlensäure nicht dazu aus, daß sich MgCO_3 innerhalb der Gesteinsmasse bilden kann, dann wandert das MgO ab und kann andernorts Magnesiametasomaten auslösen. In gleicher Weise wird Enstatit-Bronzit in Talk verwandelt, wobei ebenfalls die Kohlensäure gleich wirkt wie bei Olivin:



falls CO_2 vorhanden ist. Diese letzte Umsetzung verläuft leicht, auch schon bei Verwitterung, wie man an Bronziten von Kraubath sehen kann, die häufig von Talk umrindet sind und wie ein fehlgeschlagener Versuch darlegte, Bronzit wegen seines Glanzes als Füllstoff für Kunstharzpreßkörper zu verwenden, wobei der Bronzit aber dabei zu Talk umgewandelt wurde, welcher mit dem Preßharz nicht abbindet. Ist bei der Umsetzung Kalk zugegen, so kann sich aus Enstatit-Bronzit Tremolit bilden, etwa nach der Formel $2 \text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6 \text{ (Enstatit)} + \text{CaCO}_3 = \text{CaMg}_3\text{Si}_4\text{O}_{12} \text{ (Tremolit)} + \text{MgCO}_3$. Diese und möglicherweise verschiedene andere Reaktionen spielen sich bei der Umbildung von Ultrabasiten zu Serpentin und seinen typischen Hofgesteinen ab und bei vielen dieser Vorgänge wird Magnesia frei oder es kann, wie gezeigt wurde, MgCO_3 gebildet werden. Im Bereich der metamorphen Einheit der Gleinalm konnte Angel verschiedentlich solche Umwandlungen in schulmäßig typischen Beispielen studieren und davon gehen seine Überlegungen auch aus.

In diesem einen Punkt, nämlich daß der geochemische Stoffbestand der Magnesit-Talklagerstätten basischen Einschlag zeigt und sich schwer als reine Restlösungsdifferentiation saurer Granite deuten lasse, hat Schwinner recht; allerdings habe ich schon Monate vor ihm darauf hingewiesen, wie ich in der Schriftumsübersicht darlegte. Nur sind jene basischen Gesteine, an die Schwinner denkt, nämlich jene, die als Amphibolite, Gabbros, auch als Diabase und Grünschiefer vorliegen, des-

halb nicht direkt als Erzpender heranzuziehen, weil sie um ganze geologische Epochen früher erstarrten, teilweise im Altkristallin, teilweise zur Zeit des Paläozoikums. Dies hat schon Clar gegen Schwinner eingewendet.

Basische Erstarrungsgesteine sind in der ganzen Welt weit verbreitet, hingegen ist unser Typus Veitsch der Magnesit- und Talklagerstätten nur auf ganz wenige Punkte beschränkt, unter denen uns hier eben die Ostalpen in erster Linie interessieren. Es ist deshalb kaum anzunehmen, daß jedes beliebige basische Gestein Magnesit-Talklagerstätten unserer Gruppe bilden kann, denn sonst müßten diese Lagerstätten ungleich viel verbreiteter sein als sie es sind. Wo finden sich nicht überall an der Erdoberfläche Peridotit-Serpentin und wie selten sind dagegen Magnesitlagerstätten! Es müssen so für die Magnesit-Talkbildung ganz besondere Umstände zutreffen, damit diese wirklich lagerstättenbildend eintritt und wir gehen wohl nicht fehl, wenn wir diese Anlässe in den Umständen suchen, die bei einer der ostalpinen Orogenesen wirksam waren.

Wegen des relativ wenig durchbewegten Ein-druckes, den die betreffenden Lagerstätten machen, halte ich Vorgänge der varistischen Orogenese für deren Bildung für wenig wahrscheinlich, wenn-gleich bei der Serpentinisierung im Gleinalmbereich ähnliche Vorgänge damals sicherlich abgelaufen sind, auf die sich Angel beruft.

Von mehr oder minder primär-magmatischen Ereignissen, die da in Frage kommen können, wäre zunächst auf den initialen, basischen Magmatismus der alpidischen Orogenese zu verweisen, von dem vor allem Anzeichen in jenen Gesteinen vorliegen, die als Ophiolithe beziehungsweise alpidische Serpentine bekannt und beispielsweise in Gesteinen der Tauernschieferhülle ungemein verbreitet sind.

Damit haben wir uns auch schon für die dritte der von Cornelius (10 a) aufgezeigten Phasen dieser Bildungen entschieden, nämlich für die penninische Hauptförderung, die am wahrscheinlichsten erscheint. Für sie gilt zunächst ebenfalls, daß zur Intrusion der basischen Magmen noch besondere Umstände hinzukommen müssen, um Anlaß zur Lagerstättenbildung zu geben. In der Tauernkristallisation, der die Serpentine unterlagen, ist ein solcher Sonderumstand zweifellos gegeben und es scheint durchaus nicht ausgeschlossen, aus einem Wechselspiel dieses früh-alpidischen „Ophiolithmagmatismus“ mit der Tauernkristallisation unsere Magnesit- und Talklagerstätten der Ostalpen abzuleiten.

Wie in der Schrifttumsübersicht dargelegt, hatte ich für die Talklagerstätten des Rabenwaldes zeigen können, daß dort Lösungen zuerst eine recht lebhaft Kaliumzufuhr brachten, welche verschiedene Gesteine zu Weißschiefern = Kornstein = Leukophyllit umsetzten. Allmählich trat Magnesium an die Stelle des Kaliums, wobei im Übergang reichlich Biotit entstand. Erst nachher reichert sich das Magnesium in den Lösungen so sehr an, daß sich Magnesit- und Talkbildung in großem Ausmaße

einstellen konnte. Die Lösungen schlugen daher deutlich von sauerem Magmencharakter zu basischerem um. Ganz analogen Vorgängen begegnet man in den Gesteinen des Tauernbereiches immer wieder. Namentlich sind Gesteine, welche dem „Kornstein“ des Rabenwaldes durchaus vergleichbar sind, als Weißschiefer und dergleichen weit verbreitet, beispielsweise in durchbewegten Zonen der Zentralgranitfladen. Auch in diesen Gesteinen folgt auf eine ausgesprochene Kalimetasomatose (Kalifeldspatung, Serizitisierung) eine Magnesia-mobilisation, die über den in beiden Gebieten überaus bezeichnenden Leuchtenbergit zu den eisenreichen Chloriten der alpinen Kluftmineralparagenesen überleitet.

Suchen wir auf Magnesit-Talklagerstätten nach typomorphen Mineralien, so finden wir den Talk, eisenarmen Chlorit (Leuchtenbergit bis Grochaut, beide zusammen ehemals Rumpfit genannt), Tremolit-Strahlstein und Epidot, solche, die für eine erststufige Kristallisation kennzeichnend sind. Ob diese Einstufung auch für das Hauptmineral Magnesit zutrifft, oder ob dieser als Durchläufer zu betrachten ist, ist noch ungeklärt. Mohr und ich haben auf diesen Umstand bereits hingewiesen und es scheint, daß sowohl für die Magnesit- wie auch für die Talkbildung eine gewisse Mindesttiefe nötig ist. Mohr verwies in diesem Zusammenhang auf das Molvolumen. Dieses beträgt nach ihm für

Kalkspat = 73,53

Dolomit = 64,67

Magnesit = 55,70.

Bei einem Übergang von Kalkspat zu Magnesit ergibt sich daraus ein Raumschwund von 24,2%, bei der Bildung von Dolomit aus Kalk ein solcher von 12% und beim Übergang von Dolomit zu Magnesit mindert sich der Raumbedarf um 11,8%. Daraus geht zunächst hervor, daß die Verdrängungen von Kalk durch Dolomit und Magnesit druckempfindlich sind, und zwar fördert hoher Druck die Umwandlung. Darin liegt wohl auch die Ursache dafür, daß die Spatmagnesite nie oberflächennah entstanden, sondern daß dazu stets eine gewisse Mindesttiefe erforderlich ist, die eben mit dem Bereich einer erststufigen Kristallisation zusammenfallen dürfte.

Nach unten scheint keine enge Grenze zu bestehen, da die Lagerstätte der Millstätteralm deutlich auf noch stärker metamorphe Bereiche weist, die der zweiten Tiefenstufe nahe kommen, wie aus dem Radentheinit hervorgeht; siehe Angel-Awerzger (5).

Damit hängt auch die Frage nach den Teufenaufschlüssen zusammen, die bisher auf keinem Magnesitvorkommen nötig waren, aber nun doch allmählich verschiedentlich in Betracht kommen. Unter der rein geologischen Voraussetzung, daß der Lagerstättenträger, nämlich der Kalk beziehungsweise Dolomit, in die entsprechenden Teufen niedersetzt, scheint lagerstättenkundlich und geochemisch kein Grund vorzuliegen, der dagegen spräche, daß die derzeit bekannten Lagerstätten in noch wesentlich größere Teufen hinabreichen

können, als sie derzeit erschlossen sind beziehungsweise vermutet werden, zumindest in solche Teufen, die ein Bergbau ohne besondere Maßnahmen noch bewältigen kann. Es wäre sogar nicht unwahrscheinlich, daß die relativen Magnesitgehalte sich nach unten verbessern und der Anteil an unbrauchbarem Spatdolomit abnimmt.

Dieser erforderliche Mindestdruck spricht auch entschieden gegen die Annahme Schwingers, wonach die Magnesiametasomatose unter Mitwirkung des Grundwasserstromes abgelaufen wäre.

Mit der Bildung des Magnesites unter einem bestimmten Mindestdruck hängt auch das Gefüge der Magnesitlagerstätten und die sich daraus ergebende Kristallsprossung-Kristalloblastese zusammen. Dabei wird mehrfach auf die Eisblumentextur und auf die Pinolite verwiesen und hervorgehoben, daß diese auf den Eisenspatlagerstätten nicht vorkämen. Es erweist sich aber bei genauerem Zusehen, daß die Unterschiede nur gradueller Natur sind und dadurch hervorgerufen, daß die Magnesite als verhältnismäßig leicht lösliche Minerale leicht umkristallisieren (W. Petrascheck) beziehungsweise gleich primär recht grobspätig wachsen, während die Eisenspatite im allgemeinen wesentlich feinkörniger entwickelt sind.

Eisblumen- und Pinolittextur weisen aber darauf hin, daß die betreffende Magnesitbildung selbst in einem Zeitabschnitt relativer tektonischer Ruhe ablief, der aber fast immer von einem neuerlichen Aufleben tektonischer Vorgänge gefolgt wurde, wobei dann die Magnesitbildung sehr oft in eine Talkbildung umschlägt. Diese zweite Phase herrscht dann auf den Talklagerstätten mengenmäßig vor und es scheint manchmal, als ob die Talkbildung eine Art kinetisches Äquivalent der Magnesitbildung sei, doch werden in dieser Phase auch die vererzenden Lösungen chemischer aktiver, was einer Art Rejuvenation gleichzusetzen ist, einem Ausgreifen, Vorschreiten der Metamorphose in dieser orogenen Phase entsprechend. In ihr könnten nicht nur etwaige Magnesitgänge zerlegt, zu Schollen zerrissen und diese in die Schiefer eingewickelt worden sein, sondern deren Zerreibsel oder Lagerstättenpartien auch vertalkt und als solche verschiefert und uns dadurch nicht mehr kenntlich sein.

Räumliche Anordnung: Magnesit- und mit diesen zusammengehörige Talklagerstätten kennen wir, wie schon angeführt, einerseits aus der nördlichen Grauwackenzone vom Semmering bis ins Zillertal und dann südlich des Alpenhauptkammes zum Teil in etwas anderem Gesteinsverband. Das sind durchwegs Bereiche, die alpidisch aktiv waren. In alten, inaktiven Gebieten, wie in jenen der Kor- und Saualm oder der Ötztaler Alpen, aber auch jener der Gleinalm fehlen bezeichnenderweise nicht nur Talk- und Magnesitlagerstätten, obwohl in ihnen genügend Serpentin oder andere basische Gesteine vorhanden sind, sondern ebenso auch alle sulfidischen Erzlagerstätten der ostalpinen Hauptvererzung. Was in diesen Gebieten an Erzvorkommen

vorhanden ist, gehört entweder ganz anderen Vererzungszyklen an, wie beispielsweise die Kieslagerstätten Lamprechtsberg oder Lading (14) oder ist an alpidische Schwächezonen oder Deckengrenzen dieser Hochkristallinegebiete geknüpft, wie Waldenstein-Hüttenberg und dann stets von Diaphthorose begleitet, worauf ich schon vor 20 Jahren hinwies (13). Bezeichnenderweise setzt die Vererzung westlich der Ötztalermasse im Bereich des Engadiner Fensters sofort wieder ein (Tösens, Serafaus, Nauders), ebenso im Süden im Schneeberger Zug mit seiner berühmten Lagerstätte, allerdings ohne größere Magnesitlagerstätten (Trens bei Sterzing, 7) und mit Magnesit als Gangart in Schneeberg.

Besonders gehäuft sind Magnesitlagerstätten einerseits im Vorland des Mürztaler Grobgnaisbereiches, dessen Kristallisationsgeschichte in vielem dem Zentralgranit ähnlich ist, da in diesem Gebiet die Großlagerstätten Veitsch und Arzbach bei Neuberg und ihre Trabanten vom Semmering bis Oberdorf-Kaintaleck liegen. Dann im Gebiete vor dem Ankogel-Hochalm-Bereich der östlichen Hohen Tauern mit dem Zentrum um Wagrain—Lend—Dienten und schließlich in jenen Zonen, die dem Venedigerkern vorgelagert sind und dem die Vorkommen Inschlagalm—Fieberbrunn—Kitzbüchel bis Lannersbach zurechenbar sind. Das Verbreitungsgebiet der Spatmagnesitvorkommen deckt sich somit im großen und ganzen mit jenen Bereichen, in welchen wir von einem Einflußgebiet der Tauernkristallisation sprechen können. Dabei beschränkt sich diese Aufstellung nur auf die Spatmagnesite, auch könnte man Wald, Lassing und St. Martin als Bereich des Seckauergranites anführen. Die Lagerstätten vom Typus Greiner und Schellgaden sowie die Talk-Asbestvorkommen der Tauernschieferhülle sind so eindeutig an die Höfe der Tauernkristallisation gebunden, daß sich eigentlich jeder Hinweis erübrigt.

Überaus bezeichnend erscheint mir hingegen der Umstand, daß vom ganzen Balkan, der bekanntlich das Hauptverbreitungsgebiet des andesitischen Magmatismus und seiner reichen Vererzung ist und überdies ungemein häufig große Serpentinmassen enthält, keine Spatmagnesitlagerstätten bekannt sind. Dies spricht meines Erachtens dagegen, daß die Magnesitvererzung enge und direkt mit dem andesitischen Magmenbereich verknüpft sein soll.

W. Petrascheck hat schon darauf hingewiesen, daß die eisenarmen Spatmagnesite stets mehr oder weniger viel Talk enthalten. Es führt von den reinen Magnesitlagerstätten über verschiedene Zwischenglieder eine Übergangsreihe zu den Talklagerstätten vom Typus Mautern und Rabenwald und von diesen wieder, ohne scharfe Grenze, eine Reihe zu den typisch tauernmetamorphen Talk-Breunneritlagerstätten vom Typus Schellgaden und Greiner und weiter zu den Talk-Asbestlagerstätten von der Art wie zu Hofgastein, Fusch usw., die in den Kalkglimmerschiefen auftreten. Damit ist die Reihe von den Spatmagnesitvorkommen lückenlos

zu den Bildungen typischster Tauernkristallisation gespannt.

Als Einwand gegen eine Ableitung der Magnesitlagerstätten von Höfen einer Orometamorphose wurde die Frage aufgeworfen, warum Spatmagnetit nie in den Kalkglimmerschiefern vorkommt, obwohl dieses Gestein nicht weniger empfänglich gegen Metasomatose sein könne als andere Kalke, überdies in diesem Gesteinsverband reichlich mobilisierte Serpentine vorhanden sind. In den betreffenden Gesteinsverbänden der oberen Schieferhülle treffen wir vom Katschberg bis zum Brenner immer wieder Magnetit-Breunnerit-Talkvorkommen vom Typus Schellgaden oder Greiner. Sie sind stets gebunden an Serpentinhöfe oder an Orte, wo Serpentin ehemals vorhanden war, durch die Stoffwechsellvorgänge der Orometamorphose (Cornelius, 10 b) aber auch gänzlich aufgezehrt sein kann (Schellgaden) und durch ihre typischen Gesteins- und Mineralverbände ihr ehemaliges Dasein beweisen (Meixner, 34, 35). Dabei zeigt der fast stets sehr reichlich vorhandene Strahlstein beziehungsweise Tremolit (Asbest), daß in den betreffenden Abschnitten Ca in sehr beweglicher Form reichlich zugegen war. Alle diese Gesteine, einschließlich gewisser Teile der Zentralgranite, sind außerordentlich reich an Dolomit-Ankerit. Es scheint mir daher naheliegend zu sein, daß durch dieses mobile Ca die zu einer Magnetitbildung erforderliche Mg-Konzentration nicht erreicht, sondern daß statt seiner nur Dolomit-Ankerit mit weitgehendem isomorphen Ersatz des Fe durch Mg entstand. Damit stimmt überein, daß in diesen Lagerstätten Magnetit-(Breunnerit-)porphyroblasten nur auftreten, wenn typische Serpentinhofgesteine vorhanden sind (Schellgaden, Greiner usw.), nicht aber, wenn diese Gesteine bloß durch Chloritreichtum + Tremolit usw. nur angedeutet sind, wie dies etwa bei den Vorkommen beiderseits im Fuschertal der Fall ist. Da Magnetit in der ganzen Welt ja recht selten sind, kann man weiters schließen, daß die Bedingungen für seine Entstehung recht enge begrenzt sind und diese in den inneren Höfen der Orometamorphose nicht gegeben waren, sondern eben erst etwas weiter außerhalb.

Fassen wir nun die bisher bekanntgewordenen Tatsachen zusammen, welche Hinweise auf magmatische Zusammenhänge erkennen lassen, so können wir festhalten, daß vieles für die Mitwirkung der Tauernkristallisation im weiteren Sinn spricht, welche als *Erzbringer* gewirkt haben mag, während als *Erzspender* entweder direkt der initiale basische Magmatismus (Ophiolithe) der alpidischen Orogenese in Betracht kommt oder eine tauernkristalline Mobilisierung dieser basischen Magmenbereiche, allenfalls auch älterer basischer Gesteine gelten gelassen werden können, die rein passiv in den Bereich alpidischer Stoffwechsellvorgänge einbezogen worden waren.

Die engen Beziehungen zwischen Vererzung und Metamorphose hat Clar (10) jüngst so umfassend und treffend dargelegt, daß hier in diesem Rahmen nur darauf hingewiesen zu werden braucht.

4. Alter der Vererzung

Damit sind wir bei der letzten Hauptfrage angelangt, beim Alter dieser Mineralbildungen. Jene, welche eine sedimentäre Entstehung der Magnesitlagerstätten vertreten, müssen naturgemäß die Entstehung der Lagerstätten in jene Zeit verlegen, die für die Ablagerung der entsprechenden Kalk-Dolomitmassen in Betracht kommt, also Unter-Devon bis Karbon.

Schwinner spricht sich ebenfalls für varistisches Alter aus, und zwar für älter als sudetisch oder erzgebirgisch, doch sind diese Annahmen nicht sehr gewichtig, da bei ihm ja alles als „alt“ gilt, wie die Bänderkalke von Turrach und die dortige Überschiebung zeigen. Die Kalke hält er für Silur-Devon oder mindestens für paläozoisch, und die Überschiebung für varistisch (64), während Stowasser (72) zeigen konnte, daß das Gestein zentralalpine Trias ist und demgemäß der Zusammenschub nachtriadisch, das heißt, alpidisch sein müsse! 1945 wies Clar darauf hin, daß Schwingers Annahme einer direkten Ableitung der Magnesite von den alten basischen Massen zu unlösbaren Widersprüchen führe.

Als direkter Altershinweis ist zunächst die Feststellung W. Petraschecks zu werten, daß bei Leogang die Basisbrekzie der Trias von der Magnesia-metasomatose noch betroffen wurde, daß die Magnetitbildung daher jünger als Untertrias sein müsse. Auch verweist er auf Hammer (21), der in der Trias der Ortlergruppe die Spatmagnetite vom Zumpanell und Stiereck auffand und beschrieb. Das sind schwerwiegende Zeugnisse gegen eine alte, etwa varistische Magnesiazufuhr.

Angel sieht die Magnetitbildung vor allem deshalb als varistisch an, weil er die Magnesiabilisation als ein Glied der Gleinalmkristallisation auf faßt. Zweifellos hat bei dieser eine solche stattgefunden, ob sie aber zur Magnetitbildung führte oder sich in Chloritisierung oder ähnliche Umsetzungen erschöpft, dafür fehlen m. E. Hinweise, denn gerade die Bereiche mit typischer Gleinalmkristallisation sind frei von Magnesitlagerstätten und die spärlichen Talkbildungen, etwa am Rande des Kraubather Serpentinstockes, können einer jüngeren, alpidischen Mobilisation im Zuge der Ammeringkristallisation entsprechen. Außerdem ist die Gleinalmkristallisation stärker metamorph; ihr entspricht in der Typengliederung Meixners (35) der Subtypus Ochsenkogel, während die Magnetitbildung des Lagerstättentypus Veitsch deutlich erststufig ist und dem Subtypus Greiner näher verwandt erscheint.

Mehrfach wurde geschlossen, daß die Magnetit-Talklagerstättenbildung älter als die Eisenspatvererzung sei, weil die Magnesitlagerstätten randlich stärker durchbewegt erscheinen, als die Eisenspatlagerstätten. So betont Redlich, daß die Magnetitvererzung vollzogen war, als — wie er sich ausdrückt — die Gesteinsauseinanderreißung am Semmering erfolgte, beziehungsweise daß die Magnetitbildung vor der tektonischen Zerrei ßung erfolgt sein müsse (Veitsch, Arzbach), da die

Magnesite in Schiefer eingewickelt seien. Metz betont, daß alle Magnesite von tektonischen Flächen umgeben, selbst aber nicht durchbewegt sind und findet die Eisen- und Magnesitlagerstätten vom Semmering bis ins Ennstal durch die alpidische norische Überschiebung getrennt, sieht daher die Magnesit-Talklagerstätten als älter als jene an, wobei sie auch einem tektonisch tieferen Abschnitt angehören. Er stellt die Magnesit-Talklagerstätten deshalb in die vorgosauische bis eozäne Frühphase der alpidischen Orogenese. Auch sei die Talklagerstätte von Mautern nachtalkisch noch teilweise recht stark durchbewegt worden. Auch Thurner meint, daß die Magnesite stärker tektonisch durchgearbeitet seien als die Eisenspat- und trennt deshalb die Magnesite von der alpidischen Vererzung ab und hält sie für varistisch. Und Rohn hebt hervor, daß die Magnesite nicht selten zu Schollen und Blöcke zerrissen sind.

Auch der Hinweis W. Petraschecks, daß man wohl von den Eisenspatvorkommen Erzgänge kenne, nicht aber von den Magnesiten, läßt sich in diesem Sinne auslegen, daß Magnesitgänge bei jüngeren Orogenesen in einzelne Schollen zerlegt und diese in die Schiefer eingeschichtet, ja richtig eingewickelt worden sein könnten. Demgegenüber wies Clar auf dem schon erwähnten Sprechabend auf den Umstand hin, daß sich diese Erscheinung auch rein mechanisch erklären lasse, und zwar in dem Sinne, daß die Eisenspatgänge, wenn solche vorhanden sind, stets in harten, splittrig brechenden Gesteinen aufsetzen, beispielsweise im Porphyroid, während solche Gesteine als Nebengestein der Magnesitlagerstätten unbekannt sind; der Magnesit sei vielmehr stets in mehr oder minder weichen, plastischen Gesteinen vorhanden, die jede, auch geringe Beanspruchung fließend ausgleichen, so daß deshalb gar keine Magnesitgänge in diesen Gesteinen entstehen könnten. Die Magnesite werden dabei ferner als Härtlinge von den weichen Schiefen eingewickelt und könnten so ein höheres Alter in bezug auf die Tektonik vortäuschen, als ihnen zukomme, insbesondere im Vergleich mit den Eisenspaten.

Mehrfach wird Magnesit als Gangart auf Erzlagerstätten angeführt, so von Schneeberg/Tirol, Mitterberg und Schwarzenbach bei Dienten; auf letzterer tritt er so reichlich auf, daß man angeblich daran dachte, ihn auszuhalten und als Nebenprodukt zu verkaufen. In Mitterberg tritt der Magnesit als Gangart nach freundlicher Mitteilung von Dipl.-Ing. K. Matz in der älteren Pyrit-Kupferkiesgeneration auf, während Eisenspat der jüngeren Erzabfolge angehört, bezeichnenderweise begleitet von Apatit! Es könnte sein, daß dieses gelegentliche Vorkommen des Magnesits als Gangart auf den Erzgängen als Äquivalent für eigentliche Magnesitgänge aufgefaßt werden kann. Das würde übereinstimmen mit der Anschauung, daß die Magnesite ein Glied einer bestimmten Phase der Eisenspat-Kupfervererzung seien, widerspricht aber den Verhältnissen, die wir in Leogang beim Magnesit der Inschlagalm beziehungsweise dem Erz der Vogel-

halt sahen. Es braucht aber dieses Erz nicht unbedingt der Magnesitgeneration anzugehören.

Der Zusammenhang zwischen Magnesit- und Talklagerstätten, der unleugbar von reinen eisenarmen Magnesitlagerstätten mit gelegentlicher Talkführung namentlich auf Ruschel- und Störungszonen über die Vorkommen Millstätteralm, Oberdorf-Kaintaleck, Jassing zu Lagerstätten, die nur auf Talk bauwürdig sind, Mautern und Rabenwald führt, ist lückenlos. Von diesen Lagerstätten führen andererseits alle Übergänge zu den Talk-Magnesitlagerstätten des Typus Schellgaden und zum Subtypus Greiner (Meixner) mit zugehörigen Vorkommen etwa auf dem Tremmelberg bei Knittelfeld, Mitterberg ob Kolbnitz (Tauernbahn), Gösleswand in der Venedigergruppe und von hier weiter zu den Vorkommen in den Kalkglimmerschiefern der Tauernschieferhülle nach Art jener bei Fusch oder Hofgastein oder Peitler-Rennweg. Diese führen dann bezeichnenderweise sehr häufig Tremolit in feinen, asbestartigen Filzen (Asbestine), gar nicht selten in Bündeln, die bis $\frac{1}{2}$ m lang werden.

Den Zusammenhang zwischen der Magnesit- und Talkbildung und den Leukophylliten des Nordostspornes der Alpen betonte W. Petrascheck; mit diesen ist wieder die Brücke zu den Lagerstätten des Rabenwaldes mit ihrer eigenartigen Kalivorphase (Kornsteinbildung) geschlagen.

Damit können wir unsere Kenntnisse dahin zusammenfassen, daß viele Hinweise dafür vorliegen, daß die Magnesit- und Talklagerstätten der Ostalpen wahrscheinlich alpidischer Entstehung sein dürften, wobei aber noch ungeklärt ist, ob etwa frühälpisch und ein eigener Vorgang oder doch zur Hauptvererzung gehörig, wobei dann die Hinweise aus dem Gefüge der umhüllenden Schiefer auf scheinbar höheres tektonisches Alter durch die sehr unterschiedlichen Festigkeitseigenschaften der Nebengesteine erklärt werden können. Eine Trennung der Magnesit- und der Eisenspatphase könnte überdies dem sich immer deutlicher abhebenden Unterschied zwischen „altalpiner“ und „jungalpiner“ Vererzung der sulfidischen Lagerstätten entsprechen, also sich etwa so verhalten, wie etwa die Goldlagerstätten von Schellgaden zu den bekannteren Tauerngoldgängen von Radhausberg, Siglitz usw.

Überblicken wir abschließend die Ergebnisse unserer bisherigen Überlegungen, so können wir festhalten, daß die Magnesit- und Talklagerstätten der Ostalpen eine zusammengehörige Abfolge darstellen, metasomatisch entstanden. Zu den Eisenspatlagerstätten bestehen Beziehungen, die darauf schließen lassen, daß beide Gruppen Teile eines großen Vererzungsvorganges sein können, daß aber auch eine gewisse Selbständigkeit beider möglich wäre. Als Erzsponder wird entweder der penninische Initialmagmatismus der alpidischen Orogenese direkt angesehen, oder wahrscheinlicher eine orometamorphe Mobilisation dieser oder auch älterer basischer Massen. Damit ist auch das Alter als alpidisch im großen festgelegt, wobei aber noch offen bleibt, ob die Magnesiametasomatose im Ge-

folge der frühalpindischen Vorgänge ablief und in diesem Falle auf den penninischen Magmatismus direkt beziehbar ist oder ob die Magnesia durch eine spätalpidische Orogenese mittelbar freigemacht wurde.

Zusammenfassung

Die Spatmagnetit- und Talklagerstätten der Ostalpen sind Teile eines gemeinsamen Großvorganges und metasomatische, hydrothermale Bildungen, die auch Beziehungen zur Eisenspatvererzung zeigen, ohne daß aber eine sehr enge Zusammengehörigkeit oder unbedingte Gleichzeitigkeit der Mg- und der Fe-Vererzung dabei vorausgesetzt werden muß. Der penninische Initialmagmatismus der alpidischen Orogenese oder Stoffwechselvorgänge der alpidischen Orometamorphose kommen als Erzspender beziehungsweise Erzbringer in Betracht. Das Alter des Vererzungsvorganges wird als alpidisch angesehen.

Summary

The deposits of magnesium carbonate and talcum in the Eastern Alps are parts of a common geological development and metasomatic, hydrother-

mal formations which are related also to the mineralisation of FeCO_3 . A very close relation and absolute synchronism of the mineralisation of Mg and Fe need not necessarily be assumed. The penninic Initialmagmatismus of the alpidic orogenesis or assimilation can be considered as originators of minerals. It is assumed that the mineralisation process belongs to the alpidic epoch.

Résumé

Les gisements de carbonate de magnésie et de talc dans les Alpes de l'Est font partie d'un développement géologique commun et des formations métasomatiques et hydrothermiques montrant des relations à la minéralisation du carbonate de fer. Toutefois il n'est point nécessaire d'en supposer une relation étroite ou un synchronisme absolu de la minéralisation de Mg et de Fe. L'initialmagmatisme penninique de l'orogénèse alpidique ou des assimilations de l'orométagmorphose alpidique peuvent être considérés comme générateurs des minerais. Le processus de minéralisation est attribué comme appartenant à l'époque alpidique.

Literaturverzeichnis

- (1) Angel, Fr.: Gesteine der Steiermark. Mittg. natw. Ver. Steiermark 60. B. 1924.
- (2) Angel, Fr., und G. Martini: Die Serpentine der Gleinalpe. Tsch. M. P. M., 38, 1925, 353—357.
- (3) Angel, Fr.: Unser Erzberg. Mittg. natw. Ver. Steiermark, 75, 1939, 227—321.
- (4) Angel, Fr.: Der Kraubather Olivinfels- bis Serpentin-körper als Glied der metamorphen Einheit der Gleinalpe. Fortschr. Min., 23, 1939, XC—CIV (römische Seitenzahlen 90—104).
- (5) Awerzger, A., u. Fr. Angel: Die Magnesitlagerstätte auf der Millstätter Alpe bei Radenthein (Kärnten). Radex-Rdsch. 1948, 91—95.
- (6) Canaval, R.: Über zwei Magnesitvorkommen in Kärnten. Car. II., 1904.
- (7) Canaval, R.: Das Magnesitvorkommen von Trens bei Sterzing in Tirol. Zt. prakt. Geol., 20, 1912, 320—325.
- (8) Clar, E.: Die Gefügeregelung eines Bändermagnetits (aus der Breitenau bei Mixnitz, Steiermark), Jb. geol. B. A., 81, 1931, 387—401.
- (9) Clar, E., u. O. M. Friedrich: Über einige Zusammenhänge zwischen Vererzung und Metamorphose in den Ostalpen. Zt. prakt. Geol., 41, 1933, 73—79.
- (10) Clar, E.: Ostalpine Vererzung und Metamorphose. Verh. geol. B. A., 1945, 29—37.
- (10a) Cornelius, H. P.: Zur magmatischen Tätigkeit in der alpidischen Geosynklinale. Ber. Rst. Bofog, 1941, 89—94.
- (10b) Cornelius, H. P.: Neuere Erfahrungen über die Gesteinsmetamorphose in den Hohen Tauern. Tsch. M. P. M., 54, 1942, 178—182.
- (11) Cornu, Fr.: Die Minerale der Magnesitlagerstätte des Sattlerkogels (Veitsch). Zt. prakt. Geol., 16, 1908, 449—456.
- (12) Faust, G.: Dedolomitisation and his relation to a possible derivation of magnesium-rich hydrothermal solution. Am. Min., 34, 1949, 789—823.
- (13) Friedrich, O. M.: Die Siderit-Eisenglimmer-Lagerstätte von Waldenstein in Ostkärnten. Bg. hm. Jahrb., 77, 1929, 131—145.
- (14) Friedrich, O. M.: Eine alte, pegmatitische Erzlagerstätte (Lamprechtsberg). N. Jb. Min., Beilbd., 1933.
- (15) Friedrich, O. M., u. I. Peltzmann: Magnesitvorkommen und Paläozoikum der Entachenalm im Pinzgau. Verh. geol. B. A., 1937, 245—253.
- (16) Friedrich, O. M.: Über die Vererzung des Nockgebietes. Sitzber. Wr. Akad. mn., 145, 1936, 227—258.
- (17) Friedrich, O. M.: Überblick über die ostalpine Metallprovinz. Ztg. Bg. H. u. Salwes. i. D. R., 1937, 63—75.
- (18) Friedrich, O. M.: Kurzer Überblick über die Metallprovinz der Ostalpen und ihrer Vererzung. Zt. d. geol. Ges., 89, 1937, 281—283 (Vortragsbericht).
- (19) Friedrich, O. M.: Die ostalpine Hauptvererzung und ihre magmatischen Beziehungen. Bg. hm. Jb., 85, 1937, 283—286 (Vortragsbericht).
- (20) Friedrich, O. M.: Die Talklagerstätten des Rabeawaldes, Oststeiermark. Bg. hm. Moh., 92, 1947, 66—85.
- (20a) Großpietsch, O.: Apatit vom Sunk bei Trieben. Zt. Krist., 54, 1945, 461—466.
- (21) Hammer, W.: Ein Nachtrag zur Geologie der Ortlergruppe. Verh. geol. R. A., 1909, 199.
- (22) Himmelbauer, A.: Magnesit und Talk. In Stutzer, Lagerstätten der Nichterze. Bd. 5, 1933, 249—319.
- (23) Hödl, A.: Über Chlorite der Ostalpen. N. Jb. Min., 77, Beilbd. A. 1941.
- (24) Hörhager, J.: Über die Bildung alpiner Magnesitlagerstätten und deren Zusammenhang mit Eisensteinlagern. Ö. Zt. Bg-Hw. 59, 1911, 222—226.
- (25) Kern, J.: Der Magnesit und seine technische Verwertung. Glück auf, 48, 1912, 271—276.
- (26) Kern, J.: Bericht über ein Vorkommen von kristallinem Magnesit im Kronlande Salzburg. Selbstverlag, München, 1911. Mit zahlreichen Schnitten und Schurfskizzen auf 14 Tafeln.
- (26a) Kieslinger, A.: Zur Frage der Entstehung einiger alpiner Talklagerstätten. Centralbl. Min., 1923, 465—469.
- (27) Koch, M.: Mitteilung über einen Fund von Unterkarbon in der Grauwackenzone der Nordalpen. Zt. d. geol. Gesellschaft, 1883, 294.
- (28) Leitmeier, H.: Einige Bemerkungen über die Entstehung von Magnesit- und Sideritlagerstätten. Mittg. geol. Ges. Wien, 9, 1916, 159—166.

- (29) Leitmeier, H.: Zur Kenntnis der Karbonate. N. Jb. Min., **40**, Beilbd., 1916, 655.
- (30) Die Genesis der kristallinen Magnesite. Centralbl. Min., 1917, 446—454.
- (31) Machatschki, F.: Das Magnesitvorkommen im Kaswassergraben bei Großreifling. Centralbl. Min., 1922, 11—18.
- (31a) Matz, K.: Die Magnesit-Talklagerstätte im Obertal bei Oberdorf a. d. Lamming, Steiermark. Fortschr. Min., **23**, 1939, LXXVI—LXXIX.
- (31b) Matz, K.: Apatit und Strontianit von der Magnesit-Talklagerstätte Oberdorf an der Lamming, Steiermark. Centralbl. Min. A., 1939, 135—142.
- (32) Meixner, H.: Bestätigungsreaktionen an einigen neueren Funden von Fuchsit, grünen Glimmern und Talk. Centralbl. Min. A., 1931, 318—322.
- (32a) Meixner, H., u. L. Walter: Die Minerale des Serpentinegebietes um Kraubath, Obersteiermark. Fortschr. Min. **23**, 1939, LXXXI—LXXXIX.
- (33) Meixner, H.: Parasepiolith auf Magnesitlagerstätten vom Typus Veitsch. Tscherm. M. P. M., **43**, 1932, 182—193.
- (34) Meixner, H.: Die Talklagerstätte Schellgaden im Lungau, Salzburg, sowie dort neu aufgefundene Molybdänlanz und Zirkon. Zt. angew. Min., **1**, 1938, 134—143.
- (35) Meixner, H.: Ein Besuch der Talklagerstätte Schellgaden im Lungau auf der Vorexkursion der D. min. Ges. am 22. Aug. 1938. Fortschr. Min., **23**, 1939, XXV—XXVIII.
- (36) Metz, K.: Die stratigraphische Stellung der Veitsch auf Grund neuer Fossilfunde. Bg. hm. Jb., **85**, 1937, 1—5.
- (37) Metz, K.: Über die tektonische Stellung der Magnesit- und Erzlagerstätten in der steir. Grauwackenzone. Bg. hm. Moh., **86**, 1938, 105—113.
- (38) Metz, K.: Die Geologie der Talklagerstätte von Mautern im Liesingtale. Bg. hm. Moh., **94**, 1949, 157.
- (39) Metz, K.: Zur tektonischen Analyse der Umgebung der Mauterner Talklagerstätte in der steirischen Grauwackenzone. Bg. hm. Moh., **95**, 1950, 191—201.
- (40) Mohr, H.: Zur Entstehungsfrage der alpinen Spatmagnesite vom Typus „Veitsch“. Tsch. M. P. M., **38**, 1929, 137—158.
- (41) Petrascheck, W.: Das Alter alpiner Erze. Verh. geol. B. A., 1926, 108—109.
- (42) Petrascheck, W.: Metallogenetische Zonen in den Ostalpen. C. R., **14**, int. Geol. Kongr. Madrid, 1928.
- (43) Petrascheck, W.: Die Magnesite und Siderite der Alpen. Sitzber. Wr. Ak.-Mn., **141**, 1932, 195—242.
- (44) Petrascheck, W.: Die alpine Metallogenese. Jb. geol. B. A., **90**, 1945, 129—149.
- (45) Redlich, K. A.: Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen. Jb. geol. R. A., **43**, 1903, 285—294.
- (46) Redlich, K. A.: Zwei neue Magnesitvorkommen in Kärnten. Zt. prakt. Geol., **16**, 1908, 456—458.
- (47) Redlich, K. A., u. Fr. Cornu: Zur Genesis der alpinen Talklagerstätten. Zt. prakt. Geol., **16**, 1908, 145—152.
- (48) Redlich, K. A.: Die Typen der Magnesitlagerstätten. Zt. prakt. Geol., **17**, 1909, 300—310.
- (49) Redlich, K. A.: Woher stammt der Chromgehalt des Talkes und des serizitischen Nebengesteins auf den Erzlagerstätten der Ostalpen. Zt. prakt. Geol., **19**, 1911, 126.
- (50) Redlich, K. A.: Das Schürfen auf Erze von ostalpinem Charakter. Mont. Rdsch., 1912.
- (51) Redlich, K. A.: Der Karbonzug der Veitsch und die in ihm enthaltenen Magnesite. Zt. prakt. Geol., **21**, 1913, 406—419.
- (52) Redlich, K. A., u. Großpietsch: Die Genesis der kristallinen Magnesite und Siderite. Zt. prakt. Geol., **21**, 1913, 90—101.
- (53) Redlich, K. A.: Die Bildung des Magnesits und sein natürliches Vorkommen. Fortschr. Min., **4**, 1914, 9—42.
- (54) Redlich, K. A.: Das Karbon des Semmerings und seine Magnesite. Mittg. Wr. geol. Ges., **7**, 1914, 205—222.
- (55) Redlich, K. A.: Die Typen der Magnesitlagerstätten, ihre Bildung, geologische Stellung und Untersuchung. Zt. prakt. Geol., **42**, 1934, 156—159.
- (56) Redlich, K. A.: Über einige wenig bekannte kristalline Magnesitlagerstätten Österreichs. Jb. geol. B. A., **85**, 1935, 101—133.
- (57) Rohn, Z.: Zur Frage der Entstehung des kristallinen Magnesits. Monztg., 1950.
- (58) Rozsa, M.: Über die primäre Entstehung des kristallinen Magnesits. Centralbl. Min. A., 1925, 195—197.
- (59) Rumpf, J.: Über kristallinische Magnesite und ihre Lagerstätten in den nordöstlichen Alpen. Verh. geol. R. A., 1873, Nr. 17.
- (60) Rumpf, J.: Über kristallisierte Magnesite aus den nordöstlichen Alpen. Tsch. M. P. M., **4**, 1873, 263—272.
- (61) Rumpf, J.: Über steirische Magnesite. Mittg. natw. Ver. Steiermark, **13**, 1876, 91—96.
- (62) Schneiderhöhn, H.: Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde. Fischer, Jena, 1941, 711.
- (63) Schneiderhöhn, H.: Erzlagerstätten, Kurzvorlesungen. Fischer, Jena, 1944, 117—118.
- (64) Schwinner, R.: Das Karbongebiet der Stangalpe. C. R. Congr. Trät. Carb. Harlem, 1935, 1171—1257.
- (65) Schwinner, R.: Die Lagerstätten kristallinen Magnesits und ihre Verteilung im Gebirgsbau der Ostalpen. Bg. hm. Jb., **85**, 1937, 306—314.
- (66) Schwinner, R.: Bericht für 1938 über Untersuchungen, betreffend kärntnerische Magnesite. Verh. Rst. Bofog., Wien, 1939.
- (67) Schwinner, R.: Tektonik und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Zt. d. geol. Ges., **94**, 1942, 69—75 und ebenda 180—183.
- (68) Schwinner, R.: Gebirgsbildung, magnetische Zyklen und Erzlagerstätten in den Ostalpen. Bg. hm. Moh., **94**, 1949, 134—143.
- (68a) Sigmund, A.: Neue Mineralfunde in Steiermark. III. Mittg. natw. Ver. Stmk., **49**, 1913, 103—117, bes. 25. Minerale der Magnesitlagerstätte im Arzbachgraben bei Neuberg a. d. Mürz, S. 109—115.
- (68b) Sigmund, A.: Neue Mineralfunde in Steiermark. XI. Mittg. natw. Ver. Stmk., **60**, 1924, 7—11 (Talk, Rabenwald).
- (68c) Sigmund, A.: Die Minerale Niederösterreichs. 2. Aufl. Wien.
- (69) Stille, H.: Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Borntraeger, 1924.
- (70) Stille, H.: Zur Herkunft der Magmen. Abh. preuß. Akad. 1939, Mn. **119**, 1—31.
- (71) Storz, M.: Der Apatit als Begleitmineral von Talklagerstätten. Centralbl. Min. A. 1938, 79—82.
- (72) Stowasser, H.: Zur Schichtfolge, Verbreitung und Tektonik des Stangalm-Mesozoikums (Gurktaler Alpen). Verh. geol. BA. 1945, 199—214.
- (73) Thurner, A.: Gebirgsbildung und Erzführung in der Grauwackenzone. Verh. geol. BA. 1947, 83—94.
- (73a) Tschermak, G.: Analyse des Rumpfites. Min. Petr. Mittg., **32**, 1914, 542—543.
- (74) Welsch, H.: Über Pseudomorphosen von Talk nach Pinolit. Bg. hm. Moh., **86**, 1939, 78—79.
- (75) Weinschenk, E.: Das Talkvorkommen bei Mautern in Steiermark. Zt. prakt. Geol., **8**, 1900, 41.
- (76) Weinschenk, E.: Grundzüge der Gesteinskunde. Herder, Freiburg, 2. Aufl. 1907, 332.
- (77) Winkler v. Hermeden, A.: Der Bau der Ostalpen und ihre Bodenschätze. Ber. Freiburger geol. Ges. **16**, 1937, 223. Sitzg.

Seit Abschluß der vorliegenden Arbeit erschien eine Notiz von H. Leitmeier (Die Magnesitvorkommen Österreichs und ihre Entstehung. Montanztg. 67, 1951, 133—137 und 146—153). Er sieht im Einspießen großer Magnesitrhomboeder in feinkörnigem Kalk oder Dolomit kein Zeichen einer Metasomatose, sondern ein Abbild gemeinsamer Entstehung und gemeinsamer Umformung, er lehnt die Metasomatose ab und hält an seiner früheren Anschauung (1917, siehe Seite 288) fest, ohne diese hier klar zu umreißen oder auszusprechen.

Hingegen zeigt J. G. Llarena (Die Lagerstätten des sedimentären Magnesits im Paläozoikum der Westpyrenäen. Bg. hm. Moh. 96, 1951, 221—227) sehr eindringlich und klar, daß sich sedimentäre Magnesitlager-

stätten sowohl durch Gesteinsverband (Stratigraphie), wie durch ihre Form, ihr Gefüge, ihren Chemismus usw., eindeutig von unseren Magnesitlagerstätten unterscheiden.

In einem groß angelegten Vortrag auf der Herbsttagung des naturwissenschaftlichen Vereines für Kärnten sprach H. Schneiderhöhn am 4. November 1951 über Lagerstättenbildung und hält für unsere ostalpinen Lagerstätten einschließlich der Magnesite eine alpidische Regeneration im Sinne von Clar und dem Verfasser für gegeben, doch kann hier leider nicht mehr näher auf die durch diesen Vortrag eröffneten neuen Ausblicke eingegangen werden.

Dezember 1951