

## Die Genesis der krystallinen Magnesite und Siderite.

Ein Beitrag zum gegenwärtigen Stande dieser Frage mit besonderer Berücksichtigung der Veitsch und des steirischen Erzberges.

Von

K. A. Redlich und O. Großpietsch, Leoben.

### Literatur-Verzeichnis.

#### I. Magnesit.

1. Rumpf, J.: Über krystallisierte Magnesite aus den nordöstlichen Alpen. *Tschermak's Mineralogische Mitt.*, Wien 1873, S. 263.
2. Rumpf, J.: Über krystallisierte Magnesite und ihre Lagerstätten in den nordöstlichen Alpen. *Verh. k. k. Geol. Reichsanstalt*, Wien 1873, S. 312.
3. Rumpf, J.: Crinoiden aus dem Sunkgraben. *Tschermak's Mineralogische Mitt.*, Wien 1874, S. 91.
4. Rumpf, J.: Über steirische Magnesite. *Mitt. d. naturwissensch. Vereines f. Steiermark*, Graz 1867, S. 91.
5. Foulton, H. v.: Über die Gesteine und Minerale des Arlbergtunnels. *Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt*, Wien 1885, S. 87.
6. Koch, M.: Mitteilungen über einen Fundpunkt von Unterkarbon in der Grauwackenzone der Nordalpen. *Z. Dtsch. Geol. Ges.*, Berlin 1893, S. 294.
7. Vacek, M.: Einige Bemerkungen über das Magnesitvorkommen am Sattlerkogel in der Veitsch und die Auffindung einer Karbonfauna daselbst. *Verh. k. k. Geol. Reichsanstalt*, Wien 1893, S. 401.
8. Weinschenk, E.: Das Talkvorkommen bei Mautern in Steiermark. *Z. f. prakt. Geol.*, Berlin 1900, S. 41.  
Weinschenk, E.: Zur Kenntnis der Graphitlagerstätten I. *Chemische Studien II. Alpine Graphitlagerstätten. Abhandlungen Kgl. Bayr. Akademie der Wissenschaften*, II. Kl, XX. Abt. II, S. 231.
10. Weinschenk, E.: Beobachtungen über die Bildung des Graphites usw. *Z. f. prakt. Geol.*, Berlin 1903, S. 16.
11. Redlich, K. A.: Über das Alter und die Entstehung einiger Erz- und Magnesitlagerstätten der steirischen Alpen. *Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt*, Wien 1903, S. 285. (Bezieht sich auch auf Siderit.)
12. Canaval, R.: Über zwei Magnesitvorkommen in Kärnten. *Carinthia II*, Nr. 6, Klagenfurt 1907.
13. Weinschenk, E.: Grundzüge der Gesteinskunde, Freiburg i. Br. 1905, Bd. II, S. 315.
14. Redlich, K. A.: Die Genesis der Pilonitmagnesite, Siderite etc. *Tschermak's Mineralogische Mitt.*, Wien 1907, S. 499.
15. Redlich, K. A., und Cornu, F.: Zur Genesis der alpinen Talklagerstätten. *Z. f. prakt. Geol.*, Berlin 1908, S. 145.
16. Cornu, F.: Die Minerale der Magnesitlagerstätte des Sattlerkogels (Veitsch). *Z. f. prakt. Geol.*, Berlin 1908, S. 449.
17. Sigmund, A.: Die Minerale Niederösterreichs. Wien 1909, S. 70.
18. Redlich, K. A.: Kritische Bemerkungen zu Herrn A. Sigmunds: Die Minerale Niederösterreichs. *Centralblatt f. Mineralogie*, Stuttgart 1908, S. 742. Desselben Autors: Letztes Wort zu A. Sigmunds Minerale Niederösterreichs. *Dieselbe Ztschr.* 1909, S. 689.
19. Redlich, K. A.: Die Typen der Magnesitlagerstätten. *Z. f. prakt. Geol.*, Berlin 1909, S. 300.
20. Mohr, H.: Zur Tektonik und Stratigraphie der Grauwackenzone zwischen Schneeberg und Wechsel. *Mitt. Geol. Ges.*, Wien 1910, S. 104.
21. Hörhager, J.: Über die Bildung alpiner Magnesitlagerstätten und deren Zusammenhang mit Eisensteinlagern. *Österr. Z. f. Berg- und Hüttenwesen*, Wien 1911.
22. Großpietsch, O.: Zur Mineralkenntnis der Magnesitlagerstätte Eichberg am Semmering. *Centralblatt f. Mineralogie*, Stuttgart 1911, S. 433.
23. Redlich, K. A.: Entstehung, Vorkommen und Verwertung des Magnesites. C. Doelter: *Handbuch der Mineralchemie*, Dresden 1912, Bd. I, S. 243.
24. Kern, A.: Der Magnesit und seine technische Verwertung, Glückauf 1912, S. 271.
25. Canaval, R.: Das Magnesitvorkommen von Trens bei Sterzing in Tirol. *Z. f. prakt. Geol.*, Berlin 1912, S. 320.
26. Redlich, K. A.: Das Schürfen auf Erze von ostalpinem Charakter. *Montanistische Rundschau*, Wien 1912.
27. Heritsch, F.: Beiträge zur Geologie der Grauwackenzone des Paltenthal (Obersteiermark). *Mitt. naturwissensch. Vereines f. Steiermark*, Graz 1911.
28. Retgers, J. W.: Über den Isomorphismus in der Dolomitreihe. *Neues Jahrb. f. Mineralogie*, Stuttgart 1891, Bd. I, S. 132.
29. Pfaff, F. W.: Beiträge zur Entstehung des Magnesits und Dolomits. *Neues Jahrb. f. Mineralogie*, Stuttgart 1894, 9. Beilg. Bd. S. 485.

#### II. Siderit.

30. Schoupe, A. v.: Geognostische Bemerkungen über den Erzberg bei Eisenerz und dessen Umgebung. *Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt*, Wien 1854, S. 396.
31. Brunlechner, A.: Die Form der Eisenerzlagerstätte in Hüttenberg. *Z. f. prakt. Geol.*, Berlin 1893, S. 301. Referiert von R. Canaval in *Carinthia II*, Klagenfurt 1894, S. 47.
32. Vacek, M.: Skizze eines geologischen Profils durch den steirischen Erzberg. *Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt*, Wien 1900, S. 23.
33. Baumgärtel, B.: Der Erzberg bei Hüttenberg in Kärnten. *Jahrb. k. k. Geol. Reichsanstalt*, Wien 1912, S. 219.
34. Taffanel, M. I.: Le gisement de fer spatique de l'Erzberg. *Annales des mines IV*, 1903, S. 24.
35. Stelzner, A. W., und A. Bergeat: Die Erzlagerstätten, Leipzig 1904, Bd. I, S. 190.
36. Redlich, K. A.: Der Kupferbergbau Radmer an der Hasel. *Berg- u. hm. Jahrb. k. k. Mont. Hochschulen Leoben und Pibram* 1905. Als S.-A.: *Bergbaue Steiermarks VI*, Leoben 1905.
37. Redlich, K. A.: Die Eisensteinbergbaue der Umgebung von Payerbach-Reichenau. *Berg-*

- u. hm. Jahrb. k. k. Mont. Hochschulen zu Leoben und Pibram 1907. Als S.-A.: Bergbane Steiermarks VIII, Leoben 1907.
38. Redlich K. A.: Die Erzlagerstätten von Dobschau und ihre Beziehungen zu den gleichartigen Vorkommen der Ostalpen. Z. f. prakt. Geol., Berlin 1908, S. 320
39. Heritsch, F.: Zur Genesis des Spateisensteinlagers des Erzberges bei Eisenerz in Obersteiermark. Mitt. Wiener Geol. Ges., Wien 1908, S. 396.
40. Redlich, K. A.: Der Kupferbergbau Seekar in den Radstätter Tauern (Salzburg). Z. f. prakt. Geol., Berlin 1911, S. 350.
41. Linck, G.: Über die Bildung der Carbonate des Calciums, Magnesiums und Eisens. C. Doelter: Handbuch der Mineralchemie, Dresden, 1912, Bd. I. S. 113.
42. Leitmeier, H.: Vorkommen und Genesis des Siderites. C. Doelters Handbuch der Mineralchemie, Dresden 1912, Bd. I, S. 433.
43. Granigg, B.: Bilder über metasomatische Prozesse auf alpinen Erzlagerstätten. Österr. Z. f. Berg- und Hüttenwesen, Wien 1912, S. 675.

### I. Magnesit.

Durch Redlichs Aufnahmearbeiten in den verschiedenen Magnesitgebieten und durch das reiche im Laufe der Jahre am steirischen Erzberg gesammelte Material, das die Grundlage einer in absehbarer Zeit erscheinenden Erzbergmonographie bildet, liegt nun eine große Anzahl von Beobachtungen vor, welche einen tieferen Einblick in die Genesis dieser Karbonate gestatten.

Eine Reihe namhafter Forscher hat in den letzten vier Jahrzehnten an diesem Problem gearbeitet. So hat J. Rumpf (L. V. 1, 2, 3, 4) in den siebziger Jahren die Entstehung der Magnesitlagerstätten durch die Annahme zu erklären versucht, daß silurische Thermen an seichten Stellen des Meeres die gelösten Carbonate zum Absetzen gebracht hätten, und daß daher diese Lagerstätten sedimentären Charakters seien.

1885 fand H. Foullon (L. V. 5) im Sunk bei Trieben (Paltental, Steiermark) in den Zwischenräumen der Magnesitindividuen Epidotkrystalle, eine Beobachtung, auf welche wir in diesen Ausführungen noch zurückkommen werden.

Im Jahre 1893 hat zum erstenmal M. Koch (L. V. 6), welcher die im Liegenden des Veitscher Magnesitlagers vorkommenden Fossilien als dem Karbon angehörig erkannt hatte, die Ansicht von dem metamorphen Charakter dieser Lagerstätte ausgesprochen, ohne sie näher zu begründen. Über den Chemismus dieses Vorganges hat er sich keine Rechenschaft abgelegt, da er die Umwandlungsreste für Kalk und nicht für Dolomit hielt.

1900 erwähnte E. Weinschenk (L. V. 8, 9, 10) kurz das Vorkommen der stock-

förmigen Magnesite im Liesing- und Paltental (Steiermark) und deren Vergesellschaftung mit ausgedehnten Talklagerstätten; solche Bildungen können nach Weinschenk nur durch Massenzufuhr von Magnesiumverbindungen erklärt werden, da sonst das Stadium der Dolomitisierung kaum überschritten worden wäre. Die Pinolite hält dieser Autor für Imprägnationen der Tonschiefer, in welchen die Hauptmasse des Gesteines aus flach-rhomboedrischen Krystallen von Magnesit besteht, während der ursprüngliche Tonschiefer völlig umkrystallisiert wurde.

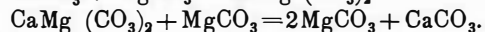
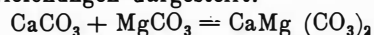
Die früher erwähnte, von M. Koch aufgestellte Hypothese wurde im Jahre 1903 zuerst von Redlich (L. V. 11) auf Grund zahlreicher Beobachtungen und Analysen bewiesen. Es erfolgte der Hinweis auf das innige Zusammenvorkommen von Magnesit und Dolomit, ferner auf die genetische Analogie mit Siderit und Ankerit.

Ein Jahr später schloß sich auch R. Canaval (L. V. 12) dieser Ansicht insofern an, daß er zwar den metamorphen Charakter dieser Bildungen anerkannte, es jedoch für wahrscheinlich hielt, daß die Kalke schon während ihrer Sedimentierung umgewandelt worden seien, so daß sie ihrer Entstehung nach an der Grenze zwischen den sedimentären und metamorphen Bildungen ständen.

Im Jahre 1905 erklärte E. Weinschenk (L. V. 13) die Entstehung der körnigen Magnesite als Metamorphosierung der Kalke durch postvulkanische Prozesse. Die Umwandlung sei durch magnesiumhaltige Lösungen erfolgt, die als letzte Folgeerscheinungen granitischer Eruptionen oder Lakkolithbildungen anzusehen seien.

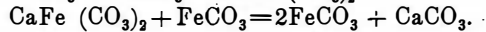
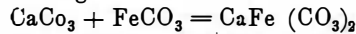
In einer 1907 erschienenen Arbeit versuchte Redlich (L. V. 14) die bis dahin ziemlich vage Vorstellung der Carbonatmetamorphose präziser zu fassen. Die Annahme, die in ihren Grundzügen auch heute noch, wenn auch in modifizierter Form, festgehalten wird, obwohl sie nicht mehr als die einzige Entstehungsmöglichkeit gelten kann, ging dahin, daß der primär vorhandene Kalk durch den Einfluß magnesiumhaltiger Wässer und unter der Mitwirkung von Lösungsgenossen zuerst in Dolomit und dieser durch weitere Zufuhr derselben in Magnesit umgewandelt wurde.

In rein schematischer Form wurde dieser Umwandlungsprozeß durch folgende Gleichungen dargestellt:



Dasselbe Prinzip wurde auch auf die Entstehung des Siderites angewendet, so daß

sich folgende, ganz analoge Reaktionsgleichungen aufstellen ließen:



Wurde ein solcher Prozeß durch uns nicht bekannte Ursachen unterbrochen, so konnte die Reaktion nicht bis zu dem Endgliede Magnesit (Siderit) fortschreiten, sondern sie blieb bei Zwischenprodukten (Dolomit, Ankerit) stehen, deren Vorkommen in allen Carbonatlagerstätten nachgewiesen werden kann. Es ist ferner anzunehmen, daß bei der geringen Reaktionsgeschwindigkeit dieser Umsetzung nicht alle Partien einer Magnesit- oder Sideritlagerstätte sich schon an dem Endpunkte des Umwandlungsprozesses befinden.

Da die reagierenden Lösungen stets Magnesium und Eisen in wechselnden Mengen enthalten, ist die Möglichkeit gegeben, daß beide früher erwähnten Umsetzungen gleichzeitig erfolgen, so daß sich Ankerit und Breunerit neben allen möglichen Mischungsgliedern bilden können. Ob im allgemeinen die Reaktion direkt zu einem krystallinen Zustand oder primär zu einem Kolloid führt, ist nicht nachzuweisen. Ebenso kann die Frage der Herkunft der magnesiumhaltigen Wässer nur hypothetisch behandelt werden.

Der Bestätigung dieser Anschauung kam im Laufe der Jahre weiteres Beobachtungsmaterial zu Hilfe. So fand Redlich in der Magnesitmasse verschiedener Fundorte Crinoidenreste, die teilweise in Dolomit, teilweise in fast ganz reinen Magnesit umgewandelt sind (L. V. 19). Ferner wurde des öfteren das Auftreten primärer und sekundärer Minerale im Magnesit beschrieben: Kupferkies, Fahlerz, Antimonit u. a. m.

Trotzdem der metamorphe Ursprung der Magnesit- und Sideritlagerstätten nun als bewiesen gelten konnte, wies A. Sigmund (L. V. 17) in seiner 1909 erschienenen Arbeit diese Entstehungsweise ohne jede Begründung zurück und stellte sich auf den Standpunkt der Sedimentationshypothese, einer Ansicht, die Redlich in kurzer Kritik (L. V. 18) widerlegt hat.

Dagegen bestätigte J. Hörhager (L. V. 21) durch sein in der Gegend von Turrach (Steiermark) gesammeltes und zum Teil mit Analysen belegtes Material die Beobachtungen Redlichs durch den Nachweis verschieden zusammengesetzter Mischungsglieder zwischen Calcium- Magnesium- und Eisencarbonat und leitete das Augenmerk auf die im Kalk auftretenden Spalten und Hohlraumausfüllungen.

Wenn trotz aller bis zu dieser Zeit gelieferten Beweise A. Kern (L. V. 24) 1912 aber-

mals der sedimentären Entstehungsweise das Wort spricht und für seine Anschauung lediglich die große Ausdehnung dieser Lagerstätten (sie reichen mit Unterbrechungen vom Semmering bis nach Tirol) und das Fehlen der Fossilien in den Magnesiten ins Treffen führt, so kann dies nur auf unvollständige Benutzung der vorhandenen Literatur zurückzuführen sein, was auch R. Canaval (L. V. 25) in seiner Arbeit über den Magnesit von Trens andeutet.

Wie schon des öfteren dargelegt wurde, führt der ganze Zug unserer Ostalpen von Gloggnitz bis nach Südtirol krystallinen Magnesit; der größte Teil dieser Lagerstätten liegt im Carbon.

Beginnen wir am Semmering, so finden wir hier die Magnesite des Eichberges, von Klamm und einige kleinere, bis gegen Neuberg reichende Vorkommen. An diese schließt sich die mächtige Lagerstätte des Sattlerkogels in der Veitsch an, welcher das Vorkommen am Pretalpaß und eine Reihe weniger wichtiger Fundorte im Mürztal folgen: Kindberg, St. Marein u. a. In der Nähe von Bruck an der Mur findet sich Magnesit bei Oberort, im Kotzgraben bei Oberaich und am Häuselberg bei Leoben. Die Magnesitführung setzt sich nun über St. Michael (Jassinggraben), dem Paltental folgend, über Wald bis in den Sunk bei Trieben fort. Das Vorkommen von St. Martin im Ennstal bildet den Übergang zu den Dientener Lagerstätten in Salzburg und zu der von Trafoi in Tirol. Von Bruck an der Mur zweigt ein anderer, stark unterbrochener Zug ab, welcher die Vorkommen von Breitenau bei Mixnitz und Turrach in Steiermark, St. Oswald und Radenthein in Kärnten, ferner Trens und Gomagoi in Tirol umfaßt.

Es ist interessant, daß die meisten dieser Vorkommen an der seismischen Mürztallinie und ihrer südwestlichen Fortsetzung liegen.

Alle diese vorstehend aufgezählten Vorkommen sind genetisch ident und stehen zu den krystallinen Schiefen in engster Beziehung. Es spricht hierfür die an den einzelnen Fundorten nachgewiesene Paragenesis. So fand, wie schon früher erwähnt, H. v. Foullon im Magnesit des Sunk, Redlich in einem vom Semmering stammenden Siderit Epidotkrystalle, welche überdies auch im Magnesit von Nyustija (Ungarn) vorkommen, der dem alpinen vollkommen gleicht. Das Auftreten von Quarz, Talk und Rumpfit in allen Magnesitlagerstätten deutet ebenfalls auf die gleiche Entstehungsweise hin, ebenso die von R. Canaval (L. V. 25) in Trens bei Sterzing gefundenen Verwachsungen von Albit und Magnesit.

Die weitere Paragenesis, d. i. das primäre Zusammenvorkommen mit einer Reihe sulfidischer und anderer Minerale, wie Arsenfahlerz, Kupferkies, Bleiglanz, Glaukodot und Eichbergit (L. V. 15. 23) mag nur aus dem Grunde hervorgehoben werden, als sie den genetischen Zusammenhang mit den Sideriten andeutet, wie dies ausführlicher von Redlich in der Arbeit: „Das Schürfen auf Erze von ost-alpinem Charakter“ (L. V. 26) dargelegt wurde.

Schließlich sei der Vollständigkeit halber auf die jüngeren Gänge hingewiesen, welche die fertige Magnesitlagerstätte durchsetzen und welche von F. Cornu (L. V. 16) in der Veitsch studiert wurden. Die nachstehende Mineralzusammenstellung dieses Fundortes ist deshalb von großem Interesse, weil sich mit Ausnahme einer untergeordneten Aragonit- und einer noch geringeren Calcitbildung in der dritten Generation in der Lagerstätte nirgends der reine Kalk, sondern stets nur Dolomit und Magnesit finden.

I. Generation.

Quarz, prominierend.  
Fahlerz, derb (arsenhaltiges Antimonkupferfahlerz).  
Pyrit, meist derb, selten krystallinisch.  
Dolomit, weiß, grobkrystallin, seltener.

II. Generation.

Dolomit, grobkrystallin, prominierend.  
Quarz, zurücktretend.  
Rumpfit.  
Pyrit.

III. Generation.

Quarz.  
Dolomit, stets krystallisiert, oft wasserhelle, doppelspatähnliche Krystalle.  
Ankerit, krystallisiert.  
Aragonit, krystallisiert.  
Calcit in winzigen Kügelchen als große Seltenheit und von sehr junger Bildung.  
Rumpfit.  
Bergleder.  
Kerolith.  
Pyrolusit und Wad.  
Pyrit als Einschluß in Dolomitkrystallen.

IV. Generation.

Dieselbe umfaßt die epigenetischen Produkte der Sulfidgänge, die Minerale des „eisernen Hutes“:  
Malachit.  
Azurit.  
Thrombolit.  
Ein unbestimmbares tyrolitähnliches Mineral.  
Chrysoköll.  
Kupferpecherz.  
Limonit.  
Goethit, als Pseudomorphose nach Pyrit.

Die ab und zu auftretende Lehmausfüllung der im Laufe der Zeiten entstandenen Spalten, in welcher sich Reste von *Rhinoceros tychorrhinus* fanden, sind wohl im Alter wenig von den zuletzt angeführten Oxydationsmineralien verschieden. In Ihnen fand Cornu auch Aragonit als Sinterbildung und Epsomit als Ausblühung.

Die von Großpietsch für diese Arbeit ausgeführten Analysen, zu welchen auch eine Reihe älterer hinzugenommen wurde, gestatten einen tieferen Einblick in die sich abspielenden komplizierten metamorphen Prozesse und sollen in Verbindung mit den Resultaten der Naturbeobachtung dem Mineralsynthetiker eine Kontrolle des Laboratoriumsversuches bieten.

Beginnen wir mit der wichtigsten und auch am besten bekannten Lagerstätte, der Veitsch. Der Sattlerkogel, das eigentliche Bergbauterrain, besteht aus zwei in karbonen Schiefen und Konglomeraten eingelagerten Wurzeln von karbonem Kalk. In ihnen liegen die durch Metamorphose entstandenen Dolomite und Magnesite. Das aus früheren Arbeiten (L. V. 11, S. 291; 19, S. 307; 23, S. 251) bekannte Bild (Fig. 1) zeigt in a den Dolomit, in b den Magnesit, deren Zusammensetzung folgende ist (Analysen Nr. 1 und 2):

Nr. 1<sup>1)</sup>.

CaCO <sub>3</sub> . . . .	54,12 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	42,75 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	2,11 -
Rückstand . . . .	1,70 -
	100,68 Proz.

Auf reines Carbonat umgerechnet:

CaCO <sub>3</sub> . . . .	54,68 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	43,19 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	2,13 -

Nr. 2<sup>2)</sup>.

CaCO <sub>3</sub> . . . .	1,22 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	46,04 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	2,48 -
Glühverlust . . . .	49,15 -
Rückstand . . . .	2,40 -
	101,29 Proz.

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub> . . . .	2,13 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	94,34 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	3,53 -

Ähnliches stellt die Fig. 2 dar. Nachstehend die Analysen (Nr. 3 Magnesit A, Nr. 4 Dolomit B).

	Nr. 3 <sup>3)</sup> .	Nr. 4.
CaCO <sub>3</sub> . . . .	5,3 Proz.	54,10 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	84,5 -	41,34 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	6,1 -	1,19 -
Rückstand . . . .	3,4 -	2,46 -
	99,3 Proz.	99,09 Proz.

<sup>1)</sup> Analytiker Hofrat R. Schöffel, Leoben.  
<sup>2)</sup> Analytiker Ingenieur R. Banco, Veitsch.  
<sup>3)</sup> Analytiker Ingenieur R. Banco, Veitsch.

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	5,5 Proz.	55,75 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	88,1 -	42,61 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	6,4 -	1,64 -

Wo Dolomit oder Magnesit an den Quarzit angrenzen, ist eine starke Zunahme des Kieselsäuregehaltes zu beobachten, was folgende Analysen (Nr. 5 und 6) zeigen.

Nr. 5<sup>4)</sup>.

CaO	. . . . .	25,07 Proz.
MgO	. . . . .	18,51 -
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	. . . . .	1,80 -
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	. . . . .	0,51 -
SiO <sub>2</sub>	. . . . .	15,51 -
Glühverlust	. . . . .	38,60 -
		<u>100,00 Proz.</u>

Auf reines Carbonat umgerechnet:

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	51,99 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	44,96 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	3,05 -

Nr. 6.

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	2,76 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	76,46 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	6,31 -
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	. . . . .	1,47 -
SiO <sub>2</sub>	. . . . .	12,30 -
		<u>99,30 Proz.</u>

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	3,23 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	89,39 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	7,38 -

Ein für die Genesis besonders interessantes Stück ist in Fig. 3 abgebildet. Zahlreiche Crinoiden A durchschwärmen ein grauschwarzes Carbonat. Dieselben haben eine dem Magnesit gleiche Zusammensetzung, während die Masse B, in der sie eingelagert sind, derselbe Dolomit ist, wie er durch die Analyse Nr. 1 gekennzeichnet ist. Von den Crinoideen liegen zwei Analysen (Nr. 7 und 8) von verschiedenen Stücken vor.

Nr. 7.

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	4,29 Proz.	Nr. 8 <sup>4)</sup> .	2,10 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	66,30 -		91,06 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	11,74 -		2,70 -
Rückstand	. . . . .	nicht bestimmt		nicht bestimmt

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	5,25 Proz.	2,19 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	81,12 -	94,99 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	13,63 -	2,82 -

Nach dieser Feststellung war es nahelegend, auch Fossilien aus der Umgebung anderer Magnesitvorkommen zu untersuchen. Im Hangenden der Lagerstätte des Häuselberges bei Leoben (L. V. 15) finden wir graue Dolomite (s. Analyse Nr. 9), in welchen auch die eingebetteten Crinoiden aus Dolomit bestehen (s. Analyse Nr. 10).

<sup>4)</sup> Analytiker Ingenieur R. Banco, Veitsch.

<sup>5)</sup> Analytiker Dr. F. Hüttinger, Kapfenberg.

Nr. 9<sup>6)</sup>.

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	57,8 Proz.	Nr. 10.	56,94 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	38,0 -		39,95 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	3,4 -		2,52 -
Rückstand	. . . . .	1,7 -		0,81 -
		<u>100,9 Proz.</u>		<u>100,22 Proz.</u>

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	5,52 Proz.	57,28 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	41,0 -	40,19 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	3,8 -	2,53 -

Am Kalvarienberg bei Leoben, ungefähr 1 km von der früher erwähnten Fundstelle entfernt, finden sich in dem fast magnesiumfreien karbonen Kalk die gleichen Crinoiden, welche, wie die Analyse Nr. 11 zeigt, ebenfalls aus reinem Kalk bestehen.

Nr. 11.

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	92,82 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	Spur -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	1,06 -
Rückstand	. . . . .	5,70 -
		<u>99,58 Proz.</u>

Die Umrechnung ergibt 98,87 Proz. Calcium- und 1,13 Proz. Eisencarbonat. Analoge Verhältnisse kann man im Sunk bei Trieben beobachten. Dort haben die karbonen Kalke, auf welchen der Magnesit aufsetzt, eine reiche Fossilführung: Productiden, Korallen, Gastropoden, Crinoideen u. a. In einer Entfernung von 50 m von der Magnesitlagerstätte ist die Zusammensetzung des Kalkes (s. Analyse Nr. 12) keine wesentlich andere als näher dem Magnesit, ungefähr 4—5 m im Liegenden (Analyse Nr. 13).

Nr. 12.

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	95,51 Proz.	Nr. 13.	93,31 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	2,95 -		3,37 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	1,68 -		0,35 -
Rückstand	. . . . .	Spur -		2,56 -
		<u>99,78 Proz.</u>		<u>99,59 Proz.</u>

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	95,70 Proz.	96,17 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	2,61 -	3,47 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	1,69 -	0,36 -

Dagegen bestehen die in diesem fast reinen Kalk eingebetteten Fossilien bereits aus Dolomit, wie die Analyse (Nr. 14) der Productidenschalen dieses Fundortes beweist.

Nr 14.

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	53,18 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	42,95 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	1,12 -
Rückstand	. . . . .	1,92 -
		<u>99,17 Proz.</u>

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub>	. . . . .	54,69 -
MgCO <sub>3</sub>	. . . . .	44,16 -
FeCO <sub>3</sub>	. . . . .	1,15 -

Als große Seltenheit konnten auch im Magnesit des Sattlerkogels und des Sunks

<sup>6)</sup> Analytiker Ingenieur R. Banco, Veitsch.

Crinoidenstielglieder gefunden werden, welche selbst aus Magnesit bestehen. Die Konturen dieser Fossilreste gegenüber der sie umgebenden Masse sind jedoch so verwischt, daß nur noch undeutliche Umriss und der Nahrungskanal sichtbar sind. Die Isolierung derselben war nicht möglich, doch hat die Bauschanalyse eines solchen Stückes die Zusammensetzung des typischen Veitscher Magnesites ergeben. Hierdurch ist auch die Haltlosigkeit der von A. Kern (L. V. 24) aufgestellten Behauptung — das Fehlen der Fossilien in Magnesit — bewiesen.

Die in allen Lagerstätten sich findenden, chemisch identen Dolomite lassen sich ihrer Entstehung nach in entsprechende Altersstufen teilen. Die ältesten Formen sind jene grauen Dolomite, welche als eine Art Verdrängungspseudomorphose des ursprünglichen Kalkes angesehen werden können, da die Bankung noch vollständig erhalten ist (s. Fig. 1, 2 und 3 und die dazu gehörigen Analysen). Ferner sind hierher zu rechnen die weißen — seltener grauen oder gelben — Rhomboeder, welche im Magnesit wie porphyrische Ausscheidlinge schwimmen (Analyse Nr. 15 und 16, Fig. 4 A). Am Eichberg am Semmering konnten ähnliche, bis faustgroße Krystalle beobachtet werden, welche jedoch zum größten Teil aus Magnesit bestehen (Analyse Nr. 17). Als jüngere Generation sind die Gangdolomite (Analyse Nr. 18) zu betrachten, welche teils trübe, teils wasserhelle (Analyse Nr. 19), meist gut ausgebildete Rhomboeder bilden, während jene Pseudomorphosen nach Aragonit (Analyse Nr. 20), welche schon F. Cornu (L. V. 16) beschrieben hat, die jüngste Bildung darstellen.

Analyse Nr.	15	16	17	18	19	20
CaCO <sub>3</sub> . . . .	55,20 Proz.	55,52 Proz.	0,87 Proz.	54,53 Proz.	56,78 Proz.	52,95 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	42,84 -	43,46 - <sup>7)</sup>	92,61 -	41,47 -	41,44 - <sup>7)</sup>	43,73 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	1,91 -	1,02 -	4,84 -	2,38 -	1,78 -	0,50 -
Rückstand . . .	Spur -	Spur -	1,43 -	1,16 -	Spur -	2,17 -
Summe	99,50 Proz.	100,00 Proz.	99,75 Proz.	99,54 Proz.	100,00 Proz.	99,35 Proz.

Als reines Carbonat berechnet:

CaCO <sub>3</sub> . . . .	55,22 Proz.	55,52 Proz.	0,88 Proz.	55,43 Proz.	56,78 Proz.	54,49 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	42,87 -	43,46 -	94,29 -	42,15 -	42,44 -	45,00 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	1,91 -	1,02 -	4,93 -	2,42 -	1,78 -	0,51 -

Endlich mag ein pinolitähnlicher Dolomit (Analyse Nr. 21) erwähnt werden, welcher als rund umschriebene Partie im pinolitischen Magnesit des Sunks gefunden wurde und der sich nur durch seinen matteren Glanz von Magnesit unterscheidet. Nach R. Bancos Angaben hat er folgende Zusammensetzung:

<sup>7)</sup> Aus der Differenz bestimmt.

Nr. 21.	
CaO . . . .	29,64 Proz.
MgO . . . .	21,29 -
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	1,82 -
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	0,07 -
SiO <sub>2</sub> . . . .	0,26 -
Glühverlust . .	46,92 -
100,00 Proz.	

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub> . . . .	54,69 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	40,95 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	4,36 -

Am Semmering und auf der Kotalpe bei Turrach sind die Verhältnisse den eben beschriebenen überaus ähnlich. Steigt man von Aue bei Schottwien den Nordhang des Semmeringmassivs auf, so trifft man in mehrfacher Wechsellagerung Magnesite und Dolomite an, welche in der Höhe in reinen Kalk übergehen (L. V. 20). Dieser Kalk wird nur durch spärliche Magnesiteinschlüsse unterbrochen, deren Zusammensetzung Analyse Nr. 22 zeigt. Das unmittelbar benachbarte Gestein nähert sich bereits einem Dolomit (Analyse Nr. 23), während einen halben Meter weiter der Magnesiumcarbonatgehalt auf 14 und an manchen Stellen sogar bis auf 6 Proz. herabsinkt (Analyse Nr. 24).

Analyse Nr.	22.	23.	24.
CaCO <sub>3</sub> . . . .	1,18 Proz.	39,54 Proz.	79,47 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	80,63 -	49,94 -	13,78 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	3,78 -	3,29 -	1,80 -
Rückstand . . .	13,03 -	6,37 -	4,16 -
Summe	98,62 Proz.	99,14 Proz.	99,21 Proz.

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub> . . . .	1,38 Proz.	42,62 Proz.	83,61 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . .	94,21 -	53,83 -	14,50 -
FeCO <sub>3</sub> . . . .	4,41 -	3,55 -	1,89 -

Ähnliche Verhältnisse kann man auf der Kotalpe beobachten. Das in Figur 5 dargestellte Stück, das bereits in Redlichs „Entstehung und Vorkommen des Magnesits“ (L. V. 23) auf Seite 251 abgebildet wurde, zeigt den grobkristallinen Magnesit B, der folgende Zusammensetzung hat (Analyse Nr. 25).



a Dolomit. b Magnesit.

Fig. 1.  
Dolomit als letzter Rest  
des Umwandlungsprozesses.  
Sattlerkogel, Veitsch.



Fig. 3.

A In Magnesit umgewandelte  
Krinoidenstielglieder.  
B Dolomit.  
Aus den Rändern der Magnesitlagerstätte der Veitsch.

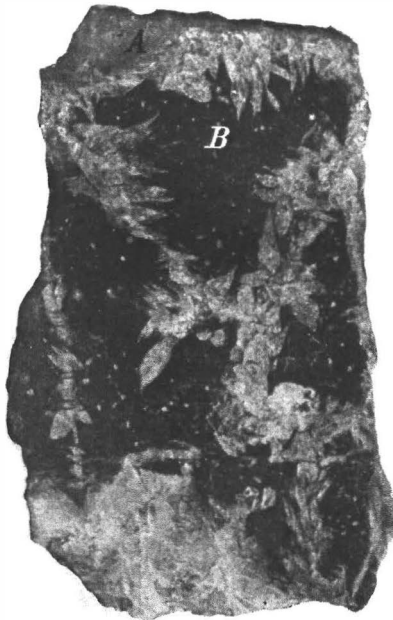


Fig. 2.

A Magnesit. B Dolomit.  
Sattlerkogel, Veitsch.

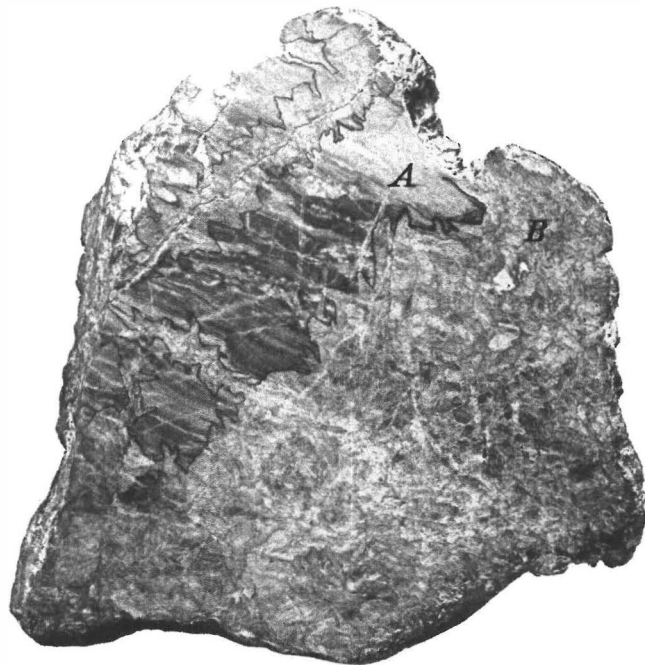


Fig. 5.

Eindringen des Magnesites in den ursprünglichen Kalk. Dort,  
wo sich Magnesit ausscheidet, derbe ungebantete Masse B, dagegen  
bei der Dolomitisierung Schichtung noch erhalten.  
Kotalpe bei Turrach.

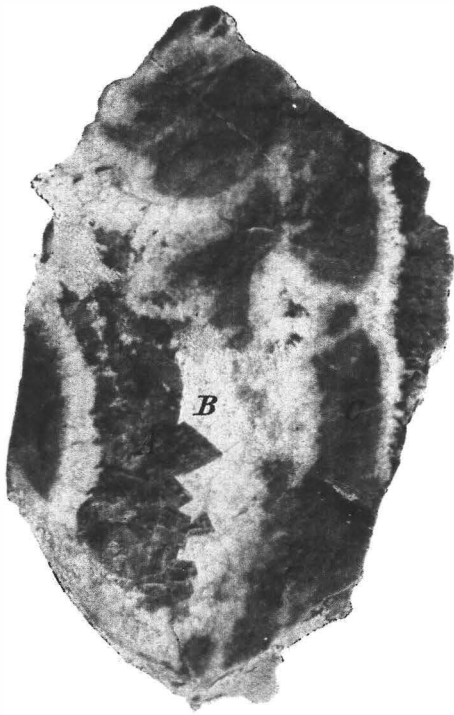


Fig. 7.  
A Siderit gelb. B Ankerit weiß. C Ankerit grau.  
Erzberg (Steiermark).



Fig. 8.  
A Siderit gelb. B Ankerit weiß.  
Erzberg (Steiermark).

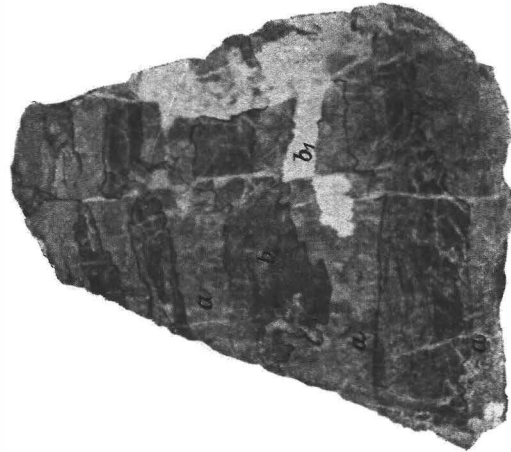


Fig. 6.  
Siderit verdrängt den Kalk.  
a Siderit. b und b<sub>1</sub> Ankerit.  
Erzberg (Steiermark).



Fig. 9.  
Kalkrhomboeder im Siderit.  
Erzberg (Steiermark).  
(Analogon zu den Dolomithomboedern im  
Magnesit Fig. 4.)



Fig. 4.  
Augen von Dolomithomboedern im Magnesit  
(Breunerit).  
Sattlerkogel, Veitsch.



Nr. 25 <sup>8)</sup> .	
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	3,82 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	79,88 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	12,47 -
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,29 -
Rückstand . . . . .	3,54 -
100,00 Proz.	

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub> . . . . .	3,97 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	83,06 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	12,97 -

Das noch in der Schichtung erhaltene Nebengestein A ist normaler Dolomit (Analyse Nr. 26) oder an manchen Stellen dolomitischer Kalk (Analyse Nr. 27).

	Nr. 26.	Nr. 27.
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	53,17 Proz.	61,46 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	37,48 - <sup>9)</sup>	31,88 - <sup>9)</sup>
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	4,72 -	5,62 -
Rückstand . . . . .	6,63 -	1,04 -
100,00 Proz.		100,00 Proz.

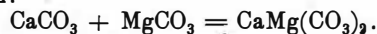
Als reines Carbonat berechnet:

CaCO <sub>3</sub> . . . . .	54,80 Proz.	62,11 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	40,14 -	32,22 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	5,06 -	5,67 -

Welche Schlüsse lassen sich nun aus den Naturbeobachtungen und den Analysen ziehen? Die Umwandlung der ursprünglich zweifellos aus Calciumcarbonat bestehenden Fossilien kann nur durch magnesiumhaltige Lösungen bewirkt worden sein, wobei die fossile Schale rascher der Umsetzung anheimgefallen ist als das sie umgebende Gestein. Während dieses noch aus Kalk besteht, ist der Aragonit der Muschelschalen des Sunks in Dolomit verwandelt. Die nächste Stufe ist die Dolomitisierung von Fossilien und Nebengestein (Häuselberg), dann die Umwandlung der Crinoideen in Magnesit, während das sie umgebende Gestein noch aus Dolomit besteht (Sattlerkogel). Schließlich sind sowohl Fossilien als Nebengestein zu Magnesit geworden. Wenn dieser letzterwähnte Zustand nur höchst selten beobachtet werden kann, — wir konnten ihn sowohl in der Veitsch als im Sunk sehen — so hat dies seinen Grund in dem Krystallisationsprozeß des Magnesites, durch welchen die ursprüngliche Struktur des Gesteines meist vollständig verloren geht. Daraus erklärt sich auch das Verschwinden der Bankung, die im Dolomit noch deutlich sichtbar ist, im Magnesit dagegen bereits häufig fehlt. Schöne Beispiele gibt es in der Veitsch, wo geschichtete Schollen von Dolomit in dem massigen grobkristallinen Magnesit schwimmen. Andererseits sehen wir die Schichtung im Kirchnerbruch und Leitner-

bruch am Semmering und an anderen Orten im Magnesit noch erhalten.

Denselben Vorgang, den wir bei der Dolomitisierung der Fossilien beobachtet haben, können wir auch auf die Umwandlung der Kalke übertragen, welche durch die Einwirkung magnesiumhaltiger Lösungen zu Dolomit werden:



Wenn Redlich in seinen früheren Arbeiten von einer Art Diffusion bei diesem Vorgange gesprochen hat, so erscheint dieser Ausdruck insofern berechtigt, als die ursprüngliche Schichtung und der sonstige Charakter des Gesteins im Dolomitstadium erhalten geblieben sind. Diese Dolomite sind stets als primäre oder Reliktdolomite bezeichnet worden (Fig. 1 a, Fig. 2 b etc.).

Die eben beschriebene Entstehungsweise des Dolomites entspricht vollkommen den Forderungen des von G. Linck (L. V. 41) aufgestellten Gesetzes, welches hier wörtlich zitiert wird: „Der Dolomit bildet sich bei Gegenwart von Calciumcarbonat in der Lösung oder bei Gegenwart von labilen Modifikationen des Calciumcarbonats im Bodenkörper als Produkt eines Gleichgewichts zwischen Magnesiumcarbonat in der Lösung und im Bodenkörper unter gleichzeitiger Aufzehrung des vorhandenen Calciumcarbonats“. Erhöhung von Temperatur und Druck, ferner die Anwesenheit von Lösungsgenossen und besonders von Kohlensäure werden die Dolomitbildung begünstigen. Ob dieser Dolomit durch fortdauernde Zufuhr magnesiumhaltiger Wässer noch einer weiteren Umwandlung in der Richtung gegen den Magnesit fähig ist — wie es bis jetzt von Redlich angenommen wurde —, erscheint fraglich. Nachdem von J. W. Retgers (L. V. 28) aufgestellten Satze, nach welchem Körper, welche Doppelsalze bilden, keine Mischung eingehen können, wäre dies theoretisch unmöglich. Die im vorstehenden gegebenen Analysen sprechen ebenfalls dagegen, da in der Natur keine Übergangsglieder vom Dolomit zum Magnesit nachzuweisen sind. Wo trotzdem die Analyse einen höheren Magnesiumgehalt angibt, als dem reinen Dolomit entspräche, wird es sich wohl nur um ein Gemenge von Magnesit und Calcit handeln, wobei die Möglichkeit einer gesetzmäßigen Verwachsung nicht ausgeschlossen ist. Mischsalze zwischen Magnesium- und Calciumcarbonat wurden in der Natur nur dort beobachtet, wo das letztere in der Form des wenig stabilen Vaterits vorhanden war. Die künstliche Herstellung der Mischsalze ist F. W. Pfaff und C. Klement gelungen, allerdings unter anderen Bedingungen, als sie von uns für die Entstehung

<sup>8)</sup> Analytiker Hofrat R. Schöffel in Leoben.

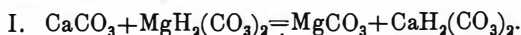
<sup>9)</sup> Aus der Differenz bestimmt.

des Dolomites und Magnesites angenommen werden.<sup>10)</sup>

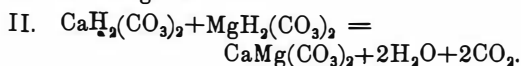
Trotzdem durch diese Versuche die Existenzmöglichkeit der Mischungsreihe Calcit-Dolomit-Magnesit bewiesen zu sein scheint, kann diese Tatsache doch nicht zur Unterstützung der Redlich'schen Magnesithypothese herangezogen werden, da die Beobachtung im Felde den Resultaten des Laboratoriumsversuches widerspricht. Was wir an Mischungen finden, sind Kalke mit einem wenige Prozente nicht übersteigenden Magnesitgehalt oder Magnesite mit ebenso wenig Kalk, weitaus am häufigsten aber sind es normale Dolomite, was aus den angeführten Analysen hervorgeht. Hingegen machen die von Pfaff und Klement gewonnenen Ergebnisse die Vermutung wahrscheinlich, daß die Magnesitgenese in der Natur eine andere ist, als man aus diesen Versuchen schließen könnte.

Wenn man auch auf Grund dieser Tatsachen die Umwandlung des Dolomites in Magnesit als unwahrscheinlich ansehen muß, so darf doch die Möglichkeit eines solchen Vorganges nicht ganz von der Hand gewiesen werden; denn die Magnetisierung der im Dolomit ruhenden fossilen Muschelschalen wäre auf andere Weise schwer zu erklären.

Herr Dr. H. Leitmeier in Wien, der gegenwärtig mit Versuchen über die Synthese der Carbonate beschäftigt ist, hat in privater Mitteilung die Ansicht geäußert, daß die Umsetzung des Kalkes in Magnesit vielleicht direkt erfolgen könnte. Dieser Vorgang läßt sich schematisch durch folgende Gleichung ausdrücken:



Das am schwersten lösliche Magnesiumcarbonat fällt aus, während das in Lösung bleibende Calciumcarbonat neuerlich der Einwirkung des gelösten Magnesiumbikarbonates ausgesetzt ist:



Das Endstadium wäre bei dieser Annahme Dolomit, doch ist zu seiner Bildung immer ein großer Überschuß an Magnesiumcarbonatlösung erforderlich.

G. Linck spricht einen ähnlichen Gedanken aus, nur meint er, daß nach vollendeter Dolomitisierung des Kalkes sich aus der Magnesiumbikarbonatlösung Magnesit absetzt.

Die Form der Magnesitlagerstätten hielt Redlich (L. V. 23) ursprünglich nicht nur durch die tektonische Stellung des Neben-

gesteines, sondern auch durch Volumzunahme bedingt. Der schematischen Darstellung (Fig. 25 der zitierten Arbeit) entnehmen wir, daß die primäre Kalkbank zerrissen und dann erst metamorphosiert wurde. Die Stockform der Lagerstätte wurde durch eine bei der Metamorphose eintretende Volumzunahme zu erklären versucht, für welche auch das Aussehen einzelner Stücke unserer Aufsammlungen spricht.

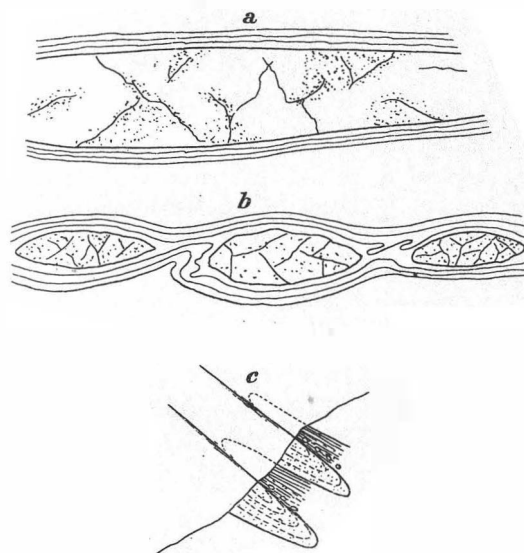


Fig. 10.

a) Ursprüngliche Kalkbank, örtlich metamorphosiert.

b) Durch tektonische Einflüsse in Linsen aufgelöst (Bild im Streichen), ursprüngliche Spalten verschwunden, jüngere entstanden, teils mit Dolomit, Quarz usw. gefüllt, teils leer.

c) Durch Überschiebung in übereinanderliegende Schuppen geteilt (Bild nach dem Verflachen) Eichberg, Semmering.

Das eingehende Studium der Semmeringmagnesite hat jedoch ergeben, daß wenigstens bei diesem Vorkommen die Vererzung schon vorbei war, als die letzte Auseinanderreißung erfolgte. So finden wir am Eichberg am Semmering drei übereinandergelagerte Magnesitschuppen, zwischen welchen im Schiefer (im verruselten Gebirge) abgerundete Magnesitbrocken liegen, die zweifellos bei der Verfaltung, bzw. Überschiebung der ursprünglichen einheitlichen Magnesitlagerstätte von dieser abgerissen und mit der Schiefermasse verknetet wurden.

Nach dieser Feststellung ist daher die Fig. 25 der vorerwähnten Arbeit so zu deuten, daß nicht die Volumvermehrung allein die Stockform hervorgerufen hat, sondern daß die Ursache derselben in der verschiedenen Plastizität des Magnesites und des Schiefers zu suchen ist. Während der plastischere

<sup>10)</sup> Näheres hierüber in den Artikeln von G. Linck und H. Leitmeier in Doelters Handbuch der Mineralchemie.

Schiefer sich allen tektonischen Umformungen anpassen konnte, wurde der spröde Magnesit in Stücke zerrissen, von denen die großen mehr oder minder abbauwürdige Lagerstätten, die kleineren und kleinsten aber die früher erwähnten „Magnesitgerölle“ im Schiefer bilden (siehe die nun modifizierte Figur im Text der vorliegenden Arbeit).

## II. Siderit.

Der Siderit unserer Ostalpen tritt in ausgesprochenen Gängen, und zwar in metamorphen Lagern auf. Da die Gänge meist der Schichtung folgen und massige Struktur zeigen, hielt man sie lange für sedimentäre Bildungen und erst in neuerer Zeit sind sie als epigenetisch erkannt worden. Trotzdem es namentlich in petrographischer Hinsicht interessant wäre, auf die Entstehungsbedingungen dieser Lagerstätten näher einzugehen, müssen wir uns darauf beschränken, nur den nach Kalk metamorphen Typus der Sideritlagerstätten zu untersuchen, da derselbe ein vollständiges Analogon der krystallinen Magnesite bildet. Hierzu erscheint das von Redlich genauer studierte Gebiet des steirischen Erzberges und seiner östlichen Fortsetzung (Radmer bei Hieflau) besonders geeignet.

Wie im ersten Teile der vorliegenden Arbeit beim Magnesit, mag auch hier ein kurzer historischer Überblick über die Entwicklung dieses Forschungsgebietes gegeben werden. Da alle wichtigen Daten in Doelters „Handbuch der Mineralchemie“ ausführlich behandelt sind, genügt hier eine kurze Darstellung.

Der steirische Erzberg wurde genauer zum ersten Male im Jahre 1854 von A. v. Schoupe (L. V. 30) beschrieben, der ihn für sedimentäre Bildung hielt. Diese Ansicht wurde auf sämtliche alpine Sideritvorkommen übertragen und hatten noch bis vor wenigen Jahren ihre Anhänger. So vertritt sie M. Vacek in einer im Jahre 1900 erschienenen „Skizze eines geologischen Profiles durch den Erzberg“ (L. V. 32), und auch in Stelzner-Bergeats Lagerstättenlehre (Auflage 1904) ist der Erzberg noch als ein sedimentäres Produkt angegeben.

1893 erklärte A. Brunlechner (L. V. 31) die Erze des Hüttenberger Erzberges im allgemeinen für sedimentäre Absätze; in einem Referat über diese Arbeit wies C. Canaval auf das Vorkommen von Pegmatiten hin und deutete damit die Wahrscheinlichkeit der epigenetischen Entstehung an. Im Jahre 1902 griff B. Baumgärtl (L. V. 33) die Anregung Canavals auf und erklärte die Pegmatite des Hüttenberger Erzberges als Nach-

schübe granitischer Intrusionen, denen als letzte Äußerungen der vulkanischen Prozesse Thermalquellen gefolgt sind, welche den Pegmatit kaolinisiert und den Kalk in eine Siderit-Ankeritmasse umgewandelt haben.

Das benachbarte Auftreten von Siderit, Ankerit und Kalk am steirischen Erzberg und einige im folgenden geschilderten Beobachtungen bewogen Redlich im Jahre 1903 (L. V. 11), die metasomatische Entstehung dieser Lagerstätten zu vertreten, eine Anschauung, die H. v. Höfer im selben Jahre in einer brieflichen Mitteilung an M. J. Taffanel (L. V. 34) kurz geäußert hatte.

Den Beweis hierfür erbrachte Redlich 1905 in einer Studie über das Vorkommen bei Radmer an der Hasel (L. V. 36), welches die Fortsetzung des steirischen Erzberges bildet. Im Jahre 1907 (L. V. 14) versuchte er, den metasomatischen Prozeß durch die eingangs erwähnten Gleichungen auszudrücken. Im selben Jahre gab auch E. Heritsch (L. V. 39) einen kurzen Abriss über die Genesis des steirischen Erzberges, ohne jedoch im Wesentlichen neue Gedanken zu bringen. Das von ihm hervorgehobene Auftreten von Siderit im Porphyroid, dem Liegenden der Erzmasse, ist zwar sehr interessant, doch kann es allein keinen Beweis für die Epigenese liefern, da schon F. Pošepny des öfteren in seinen Erzlagerstättenstudien darauf hinwies, daß solche in das Liegende reichende Trümmer — er nennt sie „Zotten“ — auch in Sedimenten vorkommen können, wenn sich dieselben auf einer von Furchen und Rissen durchzogenen Unterlage diskordant absetzen. Als Beispiel dafür können die Muldenausfüllungen durch eocäne Kohle im Kreidekalk von Carpano, dem Liegenden der jüngeren liburnischen Schichten dienen.

Die bestehenden Anschauungen über die Genesis der Sideritlagerstätten hat H. Leitmeier 1912 (L. V. 42) zusammengestellt und sich ebenfalls für die metamorphe Entstehung ausgesprochen.

Die Verhältnisse am steirischen Erzberg mögen im folgenden beschrieben werden. Auf einer Unterlage von Porphyroiden liegen zwei durch rote, grüne und graue sericitische Schiefer getrennte Schuppen von teilweise umgewandeltem Kalk. Daß die Umwandlung keine vollständige ist, zeigt die Analyse Nr. 28, deren Material von einer ungefähr 40 m von der eigentlichen Lagerstätte entfernten Stelle des Liegendkalkes stammt, während selbst mitten im Erzkörper oft noch fast eisenfreie, also nicht metamorphosierte Kalkpartien zu finden sind. So ergab die Analyse eines solchen Stückes einen Gehalt von 0,84% Eisencarbonat.

Nr. 28.			
CaCO <sub>3</sub>	93,16 Proz.	Als reines Carbonat:	
MgCO <sub>3</sub>	Spur -	CaCO <sub>3</sub>	98,67 Proz.
FeCO <sub>3</sub>	1,26 -	FeCO <sub>3</sub>	1,33 -
Rückstand	5,91 -		
	100,33 Prozent		

Fig. 6 wurde bereits seinerzeit in Redlichs Arbeit „Die Erzlagerstätten von Dobschau“ abgebildet; da jedoch die Reproduktion so schlecht ist, daß gerade die wichtigsten feinen Unterschiede nicht sichtbar sind, wurde dieses besonders charakteristische Stück hier nochmals abgebildet. Die einzelnen gelblich-braunen (a), grauen (b<sub>1</sub>) und weißen Partien (b<sub>2</sub>) desselben wurden getrennt analysiert und ergaben folgende Resultate:

Nr. 29	a	94,63	Proz FeCO <sub>3</sub>
Nr. 30	b <sub>1</sub>	33,78	-
Nr. 31	b <sub>2</sub>	37,90	-

Wir sehen also, daß in dem ganzen Stücke kein Kalk mehr vorhanden ist. Der Siderit a und der Ankerit b<sub>2</sub> sind zweifellos Neubildungen, während die scheinbar noch nicht umgewandelte graue Partie b<sub>1</sub> bereits so viel Eisen enthält, daß sie sich vom weißen Ankerit nur durch ihre Struktur und durch die kohlige Substanz bedingte graue Farbe unterscheidet.

Das gleiche zeigt Fig. 7, in welcher A der Siderit (Analyse Nr. 32), B der weiße (Analyse Nr. 33) und C der graue Ankerit (Analyse Nr. 34) sind.

	Nr. 32.	33.	34.
CaCO <sub>3</sub>	1,14 Proz.	50,97 Proz.	46,27 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	2,46 <sup>1)</sup> -	13,05 -	14,63 -
FeCO <sub>3</sub>	96,16 -	35,67 -	35,78 -
Rückstand	0,24 -	Spur	4,90 -
	100,00 Proz.	99,69 Proz.	99,58 Proz.

Als reines Carbonat berechnet:

CaCO <sub>3</sub>	1,15	51,13	48,87
MgCO <sub>3</sub>	2,48	13,08	15,46
FeCO <sub>3</sub>	96,37	35,79	35,67.

Das in Fig. 8 abgebildete Stück zeigt den Siderit A (Analyse 35) neben dem Ankerit B (Analyse 36), wobei der erstere von dem zwar jüngeren letzteren Gestein in der Zeitfolge nur wenig verschieden ist.

	Nr. 35.	36.
CaCO <sub>3</sub>	2,45 Proz.	49,35 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	1,37 <sup>11)</sup> -	37,35 -
FeCO <sub>3</sub>	95,88 -	12,91 -
Rückstand	0,30 -	0,12 -
	100,00 Proz.	99,73 Proz.

Als reines Carbonat berechnet:

CaCO <sub>3</sub>	2,47	49,54
MgCO <sub>3</sub>	1,38 -	38,50 -
FeCO <sub>3</sub>	96,15 -	12,96 -

<sup>11)</sup> Aus der Differenz bestimmt.

• Auch die vom Hüttenberger Erzberg (Kärthen) analysierten Stücke ergaben, daß die dem gelben Siderit unmittelbar benachbarten weißen, dem Kalk äußerlich gleichenden Partien 30,69 Proz. FeCO<sub>3</sub> enthalten (Analyse Nr. 37), während 3—4 cm weit vom Siderit bereits auf 17,07 Proz. herabsinkt (Analyse Nr. 38).

	Nr. 37.	38.
CaCO <sub>3</sub>	46,06 Proz.	51,93 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	12,78 -	28,58 -
FeCO <sub>3</sub>	30,69 -	17,07 -
Rückstand	10,47 -	2,47 -
	100,00 Proz.	100,05 Proz.

Als reines Carbonat:

CaCO <sub>3</sub>	51,44	53,22
MgCO <sub>3</sub>	14,27 -	29,29 -
FeCO <sub>3</sub>	34,29 -	17,49 -

In einer Entfernung von 20 cm vom Erzkörper enthält der Kalk 5,50 Proz., 1 m nurmehr 0,71 Proz. FeCO<sub>3</sub>.

Wie unsicher es selbst bei großer Übung ist, derartige Carbonate nach dem Aussehen zu beurteilen, beweist die wechselnde Zusammensetzung der noch deutliche Bankung aufweisenden grauen Relikte, in welchen wir bis zu 42 Proz. Eisencarbonat nachweisen konnten.

Ähnlich verhält es sich mit dem in Fig. 9 dargestellten Stücke. In einem dunkelbraunen Siderit schwimmen Rhomboeder eines gelblich-weißen Minerals, das nach Analyse Nr. 39 fast reiner Kalk ist. Solche oft Kopfgröße erreichenden Einschlüsse sind durchaus nicht selten; bald sind es Kalke mit wechselndem Magnesiumgehalt (Analyse Nr. 40) bald reine Dolomite, (Analyse Nr. 41). Sie alle sind nur auf Grund der chemischen Untersuchung zu erkennen.

	Nr. 39.	40.	41.
CaCO <sub>3</sub>	96,21 Proz.	91,00 Proz.	54,14 Proz.
MgCO <sub>3</sub>	Spur -	6,76 <sup>12)</sup> -	43,42 <sup>12)</sup> -
FeCO <sub>3</sub>	3,67 -	2,24 -	2,44 -
Rückstand	Spur	Spur -	Spur -
	99,88 Proz.	100,00 Proz.	100,00 Proz.

Als reines Carbonat berechnet:

CaCO <sub>3</sub>	96,32	91,00
MgCO <sub>3</sub>	0,00 -	6,67 -
FeCO <sub>3</sub>	3,68 -	2,24 -

Um das Analysenbild zu vervollständigen, wollen wir die in Redlichs Arbeit „Der Kupferbergbau in Radmer an der Hasel“ an der Hand eines Ortsbildes gegebenen Daten hier wiederholen. An der Grenze zwischen den weichen Schiefen und den Kalken sind Erzlösungen eingedrungen, welche den Kalk in einen magnesiumhaltigen Ankerit umgewandelt haben. Fünf Meter vom Erz ent-

<sup>12)</sup> Aus der Differenz bestimmt.

fernt hat der Kalk die in der Analyse Nr. 42 gegebene Zusammensetzung. Gegen den Erzkörper zu wächst der Magnesium- und Eisengehalt (Analyse Nr. 43), während der Ankerit selbst, der primären Kupferkies, Fahlerze u. a. führt, durch die Analysen Nr. 44 und 45 charakterisiert ist.

	Nr. 42 <sup>13)</sup> .	43 <sup>13)</sup> .
CaCO <sub>3</sub> . . .	96,96 Proz.	80,40 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . .	1,41 -	1,41 -
FeCO <sub>3</sub> . . .	1,06 -	7,10 -
Rückstand . . .	0,60 -	8,12 -
	100,03 Proz.	100,28 Proz.

Als reines Carbonat berechnet:

CaCO <sub>3</sub> . . . . .	97,52 Proz.	87,20 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	1,42 -	7,73 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	1,06 -	5,07 -

	Nr. 44 <sup>13)</sup> .	45 <sup>13)</sup> .
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	51,16 Proz.	50,09 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	28,22 -	27,99 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	16,74 -	17,60 -
Rückstand . . . . .	4,05 -	4,35 -
	100,12 Proz.	100,03 Proz.

Als reines Carbonat berechnet;

CaCO <sub>3</sub> . . . . .	53,23 Proz.	52,35 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	29,36 -	29,25 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	17,41 -	18,40 -

Diese Ankerite ähneln durch ihre grobkristalline Struktur und durch die Umrandung der Individuen mit kohligter Substanz äußerlich den kristallinen Magnesiten. Sie sind mit der gleichen Mineralführung auch am Erzberge anzutreffen; ein dem pinolitischen Magnesit täuschend ähnliches Stück zeigte folgende Zusammensetzung (Analyse Nr. 46):

Nr. 46.	
CaCO <sub>3</sub> . . . . .	48,76 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	38,36 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	12,85 -

Auch in Mitterberg bei Bischofshofen (L. V. 38) treten sie als Gangmasse mit Kupferkies und anderen Sulfiden auf; sie bilden dort die jüngere Generation gegenüber den Siderit-Kupferkiesgängen (Analyse Nr. 47).

Nr. 47.	
FeO . . . . .	8,23 Proz.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,58 -
MnO . . . . .	0,51 -
CaO . . . . .	26,61 -
MgO . . . . .	11,68 -
SiO <sub>2</sub> . . . . .	12,33 -
CO <sub>2</sub> . . . . .	38,38 -
	99,32 Proz.

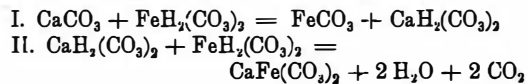
Als reines Carbonat berechnet:

CaCO <sub>3</sub> . . . . .	55,74 Proz.
MgCO <sub>3</sub> . . . . .	28,68 -
FeCO <sub>3</sub> . . . . .	15,88 -

Vergleicht man die Analysen jener Siderite, welche einen geringen Magnesium-

gehalt haben, so drängt sich die Ähnlichkeit der Verhältnisse mit denen des Magnesites unwillkürlich auf. Wie wir dort nur kalkarme Magnesite, Kalke mit sehr wenig Magnesium, zumeist aber Dolomite von ziemlich konstanter Zusammensetzung nachweisen konnten, so finden wir auch in den Eisenspatlagerstätten Siderite mit wenig Kalk, während der Eisengehalt der Kalke kaum einige Prozent erreicht. Es scheint also, daß ebenso wie beim Magnesit isomorphe Mischsalze zwischen Calcium- und Eisencarbonat nur in beschränktem Maaße möglich sind, was schon J. W. Retgers behauptet hat. Dagegen tritt, ganz entsprechend dem von ihm aufgestellten, in neuerer Zeit allerdings angezweifelte Gesetze, Ankerit am häufigsten auf, und wir können auch bei diesem beobachten, daß der Kalkgehalt mit geringen Abweichungen konstant bleibt.

Es ist daher berechtigt, den Chemismus der Sideritgenese auf analoge Weise zu erklären wie beim Magnesit. Die schematischen Gleichungen wären folgende:



Nach dieser Annahme bildet sich zuerst Siderit, dann Ankerit. Wir glauben die Wahrscheinlichkeit derselben an Hand der abgebildeten Stücke beweisen zu können. So kann man sich z. B. bei dem in Fig. 6 dargestellten Stücke vorstellen, daß in die Haarrisse des ursprünglich carbonen Kalkes Eisencarbonatlösungen mit überschüssiger Kohlensäure eingedrungen sind. Längs dieser Spalten hat sich Siderit gebildet, wobei der gelöste Kalk gleichzeitig mit der unverbrauchten Eisencarbonatlösung in die benachbarten Gesteinspartien gedrängt wurde und nach der Gleichung II den weißen Ankerit gebildet hat.

Sowohl der Siderit als der weiße Ankerit wurden unter Ausscheidung der kohligten Substanz umkristallisiert. Die Reaktion war damit noch nicht beendet, denn es wurden auch die angrenzenden, noch grauen Teile in Ankerit umgewandelt; doch kam es aus unbekanntem Gründen nicht zu einer Umkristallisation. Auf die noch vollkommen frischen Kalkpartien mit ihrem minimalen Eisengehalt, welche am weitesten von den Zufahrtswegen der Eisencarbonatlösungen liegen, wurde bereits an früherer Stelle hingewiesen.

Wir haben in den vorstehenden Ausführungen der Einfachheit wegen stets vom magnesiumfreien Ankerit ebenso wie vom Dolomit gesprochen, obwohl die Doppelsalznatur des Ankerites nicht mit Sicherheit erwiesen ist. In Wirklichkeit ist das Eisen immer zum Teil durch Magnesium

<sup>13)</sup> Analytiker Ing. F. Eichleiter, Wien.

ersetzt, da die reagierenden Lösungen stets beide Elemente enthalten.

Diese auffallende Tatsache, daß fast alle alpinen Siderite  $MgCO_3$  enthalten, der dem ursprünglichen Kalk fehlt, wird um so interessanter, wenn wir sehen, daß die auf derselben Lagerstätte sich findenden Ankerite reicher daran sind.

Die Umsetzung erfolgte teils an der Grenze der Kalke und der Nachbarschichten, teils haben präexistierende Spalten im Kalk den Zugang der Lösung in die Masse erleichtert. Daß solche Hohlräume vorhanden waren, zeigen die oft quer zu den Kalken verlaufenden Erzanhäufungen, die primär mit der Erzmasse zusammenhängen und sich auch durch Drusenräume als Gangausfüllungen mit massiger Struktur kennzeichnen.

Durch unsere Darlegungen hat die Hypothese der metasomatischen Verdrängung des Kalkes durch magnesia- und eisenreiche Lösungen Stützen erlangt, welche sie zur Erkenntnis erhebt. Daß in den Kalken neben der leichten Umsetzbarkeit des Materials präexistierende Spalten als Zufahrtswege eine gewisse Rolle spielen, wurde bereits gesagt.

Ist so die Epigenesis, bzw. die metasomatische Veränderung reichlich bewiesen,

bleibt doch noch vieles in Dunkel gehüllt, was mit dieser Frage zusammenhängt. Wir sehen fast nirgends die Zufahrtswege in Form von zuscharenden primären Gängen an die Erzmasse, ebenso fehlen uns Anhaltspunkte für die richtige Deutung des Ursprunges der magnesia- und eisenhaltigen Wässer. Wenn Weinschenk granitische Magmen, Redlich dagegen die reichlich im Palaeozoicum auftretenden basischen Magmen als die Erzbringer zu sehen glaubt, so sind dies einstweilen nur Verlegenheitserklärungen. Hier muß vor allem die geologische Kartierung im großen Maßstab und die durch sie einsetzende Erkenntnis uns dem Ziele vielleicht näher bringen. Ist die moderne Ansicht der Massenverschiebungen der Gesteine bei der Gebirgsbildung richtig, so ändert sich das Bild des „Woher“ ganz bedeutend; dann wäre das Fehlen der Zufahrtswege nichts Auffallendes, und wir müssen mit großer Vorsicht die Quelle für jene letzten Äußerungen vulkanischer Tätigkeit suchen, die sich in Form magnesia- und eisenreicher Wässer geäußert hat, da sie weit entfernt von der heutigen Lagerstätte, getrennt durch Gebirgszüge, liegen kann.

## Referate.

### Geologische Verhältnisse und Erzgänge der Bergbaue des siebenbürgischen Erzgebirges.

Unter dem obigen Titel liegt uns ein bedeutsames Werk, eine umfassende geologische und bergmännische Monographie des siebenbürgischen Goldbergbaudistriktes vor, welche mit Berücksichtigung der reichen Ergebnisse der Studien älterer und neuerer Forscher sowie auf Grund der Beobachtungen des Verfassers, Dr. Moritz von Pálffy, das Erzvorkommen der siebenbürgischen Landesteile unter neuen und, wie wir sehen werden, sehr interessanten Gesichtspunkten behandelt<sup>1)</sup>.

Ein nicht geringes Verdienst des Verfassers ist es, daß er die außerordentliche Bemühung

<sup>1)</sup> Geologische Verhältnisse und Erzgänge der Bergbaue des siebenbürgischen Erzgebirges (mit 8 Tafeln und 78 Abbildungen im Text). Übersetzung des im Februar 1911 erschienenen, von der Ungar. Geologischen Gesellschaft mit der Szabó-Medaille ausgezeichneten ungarischen Originals. — Mitteilungen aus dem Jahrbuch der Kgl. Ungarischen Geologischen Reichsanstalt Budapest, XVIII. Band, 4. (Schluß-) Heft. Budapest 1912. —

nicht scheute, das über die jetzt nicht mehr befahrbaren, verfallenen Gruben noch vorhandene Material zu sammeln und in vielen Fällen vom Untergange zu retten, auch selbst noch viele solche Gruben befahren zu haben, welche, derzeit schon eingestellt, binnen kurzer Zeit wohl nicht mehr zugänglich sein dürften.

Das Werk enthält vor allem ein Verzeichnis der einschlägigen Literatur vom Jahre 1774 bis einschließlich 1910, womit die stattliche Anzahl von 189 Werken und Veröffentlichungen aufgezählt wird.

Bezüglich der Ausstattung des Werkes sei hervorgehoben, daß dem Texte unter anderm sechs Tafeln sehr gelungener photographischer Landschaftsaufnahmen eingeschaltet sind, womit einerseits die charakteristischen Gebirgsformen dargestellt, außerdem auf zahlreichen solcher Photographien die geologischen Grenzen in deutlicher Weise ersichtlich gemacht wurden.

Die sonstigen Abbildungen und Kunstbeilagen stellen häufig solche Karten vor, welche mit großer Mühe aus Karten verschiedenen Alters, verschiedenen Maßstabes und mitunter