

III. ABHANDLUNGEN

Aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz

Ein Beitrag zur Frage der Bildungsbedingungen der Talklagerstätten auf dem Rabenwald

Von Haymo HERITSCH

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle (im Text)

Eingelangt am 30. Jänner 1970

Inhalt: Sieben neue Analysen einer Talk-Klinochlor-Quarz-Paragenese (Talkum H) der Lagerstätte auf dem Rabenwald werden mitgeteilt. Überlegungen über das Ausgangsmaterial werden angestellt. Angaben über die Bildungstemperatur der Lagerstätte auf Grund der in letzter Zeit untersuchten und hier anwendbaren Reaktionsgleichungen werden gemacht.

Schon in einer früheren Arbeit, HERITSCH 1967, konnten aus der Paragenese Talk-Klinochlor-Quarz Aussagen über die Bildungstemperatur der Talklagerstätten auf dem Rabenwald auf Grund von Phasendiagrammen des Systems $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ nach FAWCETT & YODER 1966 und auf Grund von nur drei chemischen Analysen gemacht werden. Inzwischen liegen weitere sieben neue chemische Vollanalysen der von der Firma Talkumwerke Naintsch mit Talkum H bezeichneten Rohware vor, vgl. Tabelle 1, wobei insbesondere nun auch zuverlässige CO_2 -Werte zur Verfügung stehen. Wie ersichtlich, ist die Variationsbreite dieser neuen Analysen verhältnismäßig gering, was natürlich auch im berechneten Mineralbestand und im Verhältnis $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{MgO}$ zum Ausdruck kommt. Graphisch stellt sich das in Abb. 1 in einer dichten Punkteanhäufung um das in HERITSCH 1967 beschriebenen Material H dar. Es kann daher weiterhin nach FAWCETT & YODER 1966 auf eine Bildungstemperatur von 450 bis 500 ° C, vielleicht bis 550 ° bei einem angenommenen Druck von 2 kb geschlossen werden. Der Schwerpunkt der Punkteanhäufung der neuen Analysen liegt ebenfalls im Feld Quarz-Chlorit, greift jedoch in das Feld Quarz-Talk-Chlorit deutlich hinüber. Wie schon früher erwähnt, HERITSCH 1967, ist die Abweichung in Betracht der überhaupt erreichbaren Genauigkeit so klein, daß darauf kein wesentlicher Wert zu legen ist, umso mehr als in der natürlichen Paragenese nicht nur die Kationen Si, Al, Mg, sondern auch andere, wenn auch nur untergeordnet, beteiligt sind. Auch eine eventuelle kleine Verschiebung der Verbindungslinien Quarz-Chlorit könnte die Paragenese in das Feld Quarz-Talk-Chlorit fallen lassen, was möglicherweise durch eine kleine Änderung von Druck und Temperatur erreicht werden könnte.

Der röntgenographisch (Diffraktometeraufnahmen) bestimmte Mineralbestand stimmt durchaus mit den berechneten Mineralbeständen überein. Es muß nur bemerkt werden, daß Magnesit das vorwiegende Karbonat ist.

1. Die Betrachtung der Talk-Chlorit-Quarz-Paragenese des Rabenwaldes mit Hilfe von Phasendiagrammen des Systems $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ hat den großen Vorteil, daß die Hauptkomponenten berücksichtigt werden, die, wie in den be-

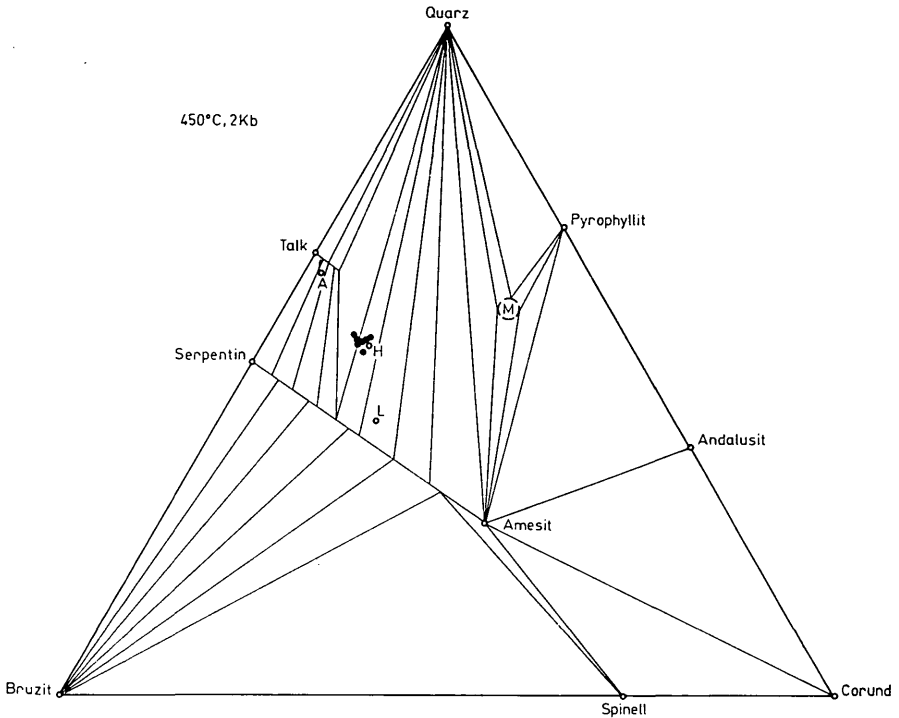


Abb. 1: Isotherme Projektion im System $MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ für $450^\circ C$ und $2 Kb$ nach FAWCETT & YODER 1966. Mit Ringen bezeichnet sind: A-Talkum A; H-Talkum H und L-Leuchtenbergit nach HERITSCHE 1967. Mit ausgefüllten Kreisen sind die Projektionspunkte der sieben neuen chemischen Analysen von Rohware Talkum H bezeichnet.

rechneten Mineralbeständen ersichtlich, etwa 90 Gew.-% der Paragenese ausmachen. Nimmt man also an, daß im Ausgangsmaterial hauptsächlich die Komponenten SiO_2 , Al_2O_3 und MgO im gewünschten Verhältnis vorliegen, so folgt unter der Voraussetzung der Erreichung des chemischen Gleichgewichtes, zumindest im kleinen Volumen, unter den experimentell gefundenen Bedingungen die beobachtete Paragenese.

Die hier auftretende Frage ist nun, wie es überhaupt zur erforderlichen chemischen Zusammensetzung des Ausgangsmaterials kommen kann, wobei versuchsweise auch Fälle ohne die Möglichkeit bedeutender Stoffangaben diskutiert werden sollen. Aus einer graphischen Darstellung, die nach FAWCETT & YODER 1966 für unsere Zwecke etwas geändert ist, Abb. 2, kann folgendes abgelesen werden.

a) Die gewünschte chemische Zusammensetzung ist auf der Verbindungslinie Enstatit-Pyrop, bzw. innerhalb des Bereiches Forsterit-Enstatit-Pyrop erreichbar. Entsprechende Gesteine müßten bedeutende Mengen von Granat (Pyrop) enthalten und sind unter den ultrabasischen Gesteinen nicht bekannt. Ferner müßten für solche Gesteine Stoffwanderungen angenommen werden, da Pyrope aus entsprechend ultrabasischen Gesteinen auch noch CaO reichlich enthalten. Der CaO -Gehalt ist jedoch in der Talk-Klinochlor-Quarz-Paragenese des Raben-

waldes extrem klein, Kalzium müßte daher abwandern. Dasselbe gilt für viele ultrabasische Gesteine mit entsprechendem Verhältnis von $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{MgO}$, wie etwa auch für die seltenen Ariëgite als denkbare Ausgangsmaterial. Diese letzteren Gesteine scheiden allerdings wegen ihrer gänzlich anderen Paragenese aus, ROSENBUSCH 1908, ROSENBUSCH & OSANN 1923.

b) Ein Gemenge von Pennin, Amesit, Corrensit, Talk und Quarz kann ebenfalls die notwendige chemische Zusammensetzung erreichen lassen, vgl. Abb. 2 und BRADLEY & WEAVER 1956. Solche Paragenesen gibt es in den Salztonen, vgl. BRAITSCH 1962:178. Daher resultieren in Salztonen und Tonen, die in Zusammenhang mit marinen Evaporiten stehen, auch chemische Zusammensetzungen, die der chemischen Zusammensetzung der Talk-Klinochlor-Quarz-Paragenese des Rabenwaldes sehr ähnlich sind, jedoch meist weniger MgO enthalten, vgl. die chemischen Analysen der Corrensit-Tonfraktion aus Sedimenten des Steinmergel-Keupers von Göttingen, ECHLE 1961, und eines Rückstandstons aus einem Steinsalz- und Sylvinit-Gestein von Yorkshire; ARMSTRONG und Mitarbeiter 1951, vgl. Tab. 1.

Höhere MgO-Werte weist auch ein grauer Salzton auf, der wegen des neben Chlorit vorkommenden Illites relativ viel K_2O und Al_2O_3 enthält, vgl. Tab. 1. Dabei geht der hohe MgO-Gehalt auf Chlorit zurück, von dem nach NIEMANN 1960 angenommen wird, daß er an Ort und Stelle aus der Lösung als diagenetische Neubildung entstanden ist, während der Illit detritischer Herkunft ist, CORRENS 1939, NIEMANN 1960. Die hohe MgO-Konzentration kann daher in den Salztonen aus dem hohen MgO-Gehalt der Evaporite bezogen werden. Es ist also durchaus denkbar, daß als Sedimentbildung in Salztonen eine chemische Zusammensetzung erreicht werden kann, die weitgehend der vorliegenden Klinochlor-Talk-Quarz-Paragenese entspricht.

c) Eine weitere Möglichkeit besteht in Zufuhr bedeutender Magnesiummengen in Lösungsform zu einem sandig-tonigen Sediment mit Kaolinit und/oder Montmorillonit und Quarz (vgl. Abb. 2). An eine solche Möglichkeit der Bildung der Lagerstätte auf dem Rabenwald wird wohl meist gedacht.

d) Grundsätzlich ist es ebenso möglich, daß ein Gemenge von Al-Hydroxyden und Quarz das Ausgangsmaterial bildet (vgl. Abb. 2), das weiterhin durch Mg-Lösungen eine Zusammensetzung erhält, die der Paragenese Klinochlor-Talk-Quarz entspricht. Ein solches Gemenge, das wiederum extrem arm an Alkalien und Kalzium ist, kann im sedimentären Bereich durch eisenarme Bauxite, die noch zusätzlich eingeschlemmten Quarz enthalten, realisiert sein. Da die meisten Bauxite größere Mengen von Eisenhydroxyden bzw. Eisenoxyden enthalten, müßte man hier wohl auch an eine Abwanderung von Eisen in Lösungsform denken.

2. Wählt man aus der vorliegenden Paragenese, wie sie sich in den berechneten Mineralbeständen ausdrückt, den Ausschnitt Talk-Quarz-Magnesit, so hat man zwar einen Hauptbestandteil (Klinochlor) und damit den Al-Gehalt vernachlässigt, jedoch den vorhandenen Magnesit berücksichtigt; man kann dann aber auf andere schon vorliegende experimentelle Untersuchungen zurückgreifen. JOHANNES 1966 b, 1967 hat die Reaktionsgleichung

Quarz + Magnesit + Wasser \rightleftharpoons Talk + Kohlendioxyd
oder formelmäßig ausgedrückt

$4 \text{SiO}_2 + 3 \text{MgCO}_3 + 1 \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 1 \text{Mg}_3(\text{OH})_2 \text{Si}_4\text{O}_{10} + 3 \text{CO}_2$
untersucht.

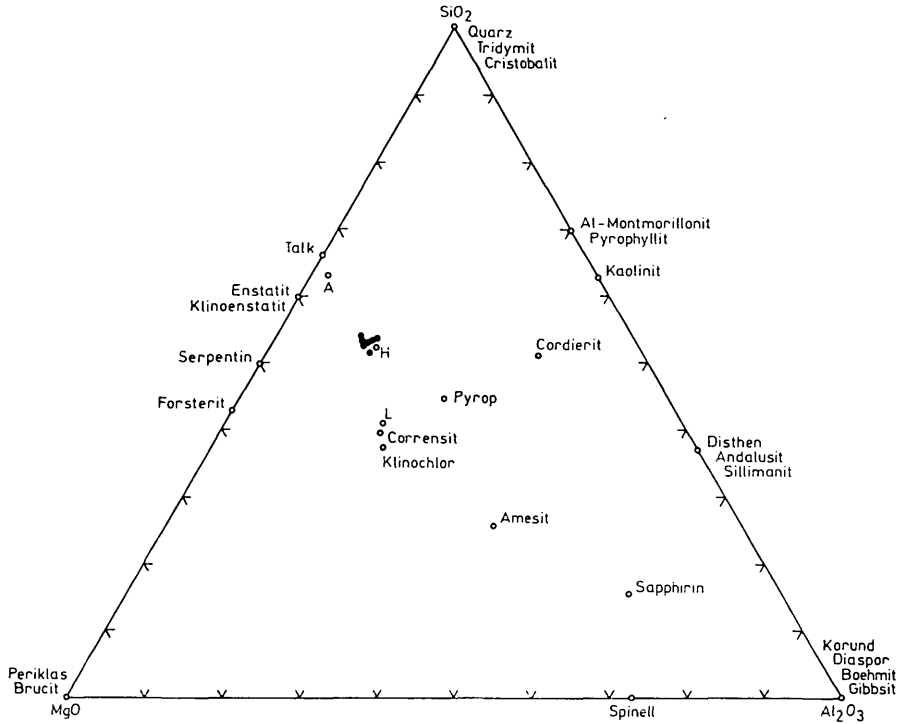
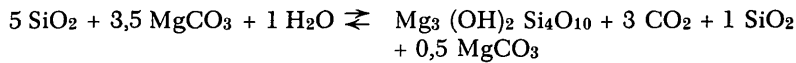


Abb. 2: Projektionspunkte der chemischen Zusammensetzung von Phasen auf die wasserfreie Fläche des Tetraeders $MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ nach FAWCETT & YODER 1966. Die Zusammensetzung Corrensit ist nach BRADLEY & WEAVER 1956 eingetragen. Mit Ringen bezeichnet sind: A-Talkum A; H-Talkum H und L-Leuchtenbergit nach HERITSCH 1967. Mit ausgefüllten Kreisen sind die Projektionspunkte der sieben neuen chemischen Analysen von Rohware Talkum H bezeichnet.

Die Tatsache, daß in den beobachteten Paragenesen, wenn auch im geringen Maße, noch Quarz und Magnesit vorkommen, kann in der Weise interpretiert werden, daß die Reaktion nicht zu Ende gelaufen ist. Der Überschuß an Quarz erfordert außerdem eine größere Menge von SiO_2 als in der Reaktionsgleichung ausgewiesen wird. Daraus ergibt sich für den vorliegenden Fall ein Stoffumsatz etwa in folgender Form:



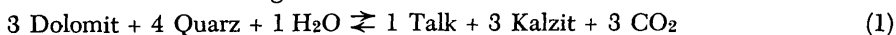
Die Reaktionsgleichung ist im System MgO, SiO_2, H_2O, CO_2 divariant und die Gleichgewichtstemperatur ist daher nicht nur vom Druck, sondern auch von der Zusammensetzung der fluiden Phase abhängig. Man kann annehmen, daß die Reaktion nur knapp über der Gleichgewichtskurve abgelaufen ist und daß der Partialdruck von CO_2 — schon wegen des Ausgangsmaterials — nicht klein war. Dann folgen für die Bildungstemperatur Werte von $400^\circ C$ bis höchstens $500^\circ C$ bei 2 kb Gesamtdruck, vgl. hiezu JOHANNES 1966 b, der sich mit der Frage der Talkbildung in Spatmagnetit-Lagerstätten auseinandersetzt. Das

stimmt mit den Aussagen aus den Diagrammen nach FAWCETT & YODER 1966 gut überein. Temperaturen über 550 ° C bis 560 ° C, bei niedrigem Partialdruck von CO₂ sogar über 500 ° C sind nicht mehr möglich, da sonst Forsterit hätte entstehen müssen, der in den Lagerstätten vom Rabenwald nicht vorkommt.

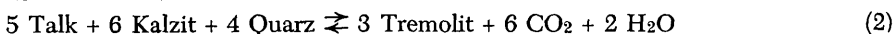
Für die Bildung der Paragenese Talk-Quarz-Magnesit nach der von JOHANNES 1966 b und 1967 untersuchten Reaktionsgleichung muß daher eine Mineralkombination Quarz + Magnesit vorgelegen sein. Diese Quarz-Magnesit-Paragenese ist in ihrem Ursprung mit großer Wahrscheinlichkeit als metasomatische Bildung anzusehen, wobei die Bedingungen für die Umwandlung eines Dolomites in Magnesit durch MgCl₂-Lösungen (Kalzium wandert in Form von CaCl₂ ab) ebenfalls von JOHANNES 1966 a ausführlich untersucht sind. Es läge also ein kieseliger Dolomit oder ein Dolomitmergel (das Aluminium wird in dem betrachteten Ausschnitt vernachlässigt) vor, der in Magnesit und Quarz umgewandelt worden ist. Diese Umwandlung von Dolomit in Magnesit erfolgt im weiten Druck- und Temperaturbereich, JOHANNES 1966 a und USDOWSKI 1967. Eine Metasomatose eines Dolomites in Magnesit ist darnach z. B. bei 2 kb und bei einer Temperatur von 200 °—400 ° C durchaus möglich. JOHANNES 1966 a hat in seinen Versuchsergebnissen vor allem an die Spatmagnesitbildung gedacht.

Damit zeichnet sich folgende Bildungsmöglichkeit der Paragenese Talk-Quarz-Magnesit des Rabenwaldes ab: kieseliger Dolomit (oder Dolomitmergel) wird durch Magnesiumlösungen bei einem Druck von z. B. 2 kb und steigenden Temperaturen in die Paragenese Magnesit-Quarz übergeführt. Bei weiterer Steigerung der Temperatur findet im Bereich von 400 °—500 ° C in Abhängigkeit vom CO₂-Partialdruck die Bildung von Talk statt, JOHANNES 1966 b. Für die verbreitete Paragenese Klinochlor + Talk + Quarz ± Magnesit muß man noch Al₂O₃ berücksichtigen, das aber im Dolomitmergel durchaus enthalten ist.

3. Wenn man einen kieseligen Dolomit als Ausgangsmaterial annimmt, so kann man auch noch folgende Reaktionsgleichungen nach METZ & WINKLER 1963, WINKLER 1967, METZ, PUHAN & WINKLER 1968, TURNER 1967, METZ & TROMMSDORFF 1968 berücksichtigen:



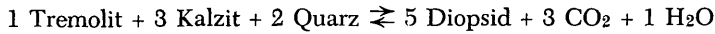
und da auch gelegentlich in der Lagerstätte des Rabenwaldes Tremolit vorkommt:



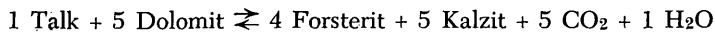
Die bivariate Reaktionsgleichung (1) läuft bei 1 kb Gesamtdruck und im Bereich von etwa 0,2—0,9 Molenbruch CO₂ in der fluiden Phase im Temperaturbereich von etwa 370 °—460 ° C ab, bei 2 kb sind die Temperaturen mit etwa 420 °—500 ° C höher. Die bei den angegebenen Drücken erforderlichen Temperaturen stimmen also auch hier mit den oben, aus anderen Reaktionsgleichungen erschlossenen Temperaturen, überein. Es ist natürlich vorausgesetzt, daß Talk in Gleichung (1) stabil ist. Die sich aber hier ergebende Schwierigkeit ist, daß in den natürlichen Paragenesen des Rabenwaldes Kalzit überhaupt nicht oder nur in ganz geringer Menge, keinesfalls jedoch in einer solchen Menge, wie sie der Reaktionsgleichung (1) entsprechen würde, vorhanden ist. Es müßte daher ein Abtransport von Kalzit nach der Reaktion in großem Maßstab erfolgt sein, d. h. es müßte ein ausgedehnter Stofftransport stattgefunden haben. Über solche Stofftransporte liegen — zum Unterschied zu dem vorher besprochenen Fall der Magnesitbildung — keine experimentellen Untersuchungen vor. An jenen Stellen der Lagerstätte, an denen Tremolit vorliegt, hat noch die Reaktion (2) stattgefunden, d. h. dort wäre Kalkspat nicht entfernt worden. Diese Reaktion

(2) läuft nach METZ, PUHAN & WINKLER 1968 bei einem Gesamtdruck von 1 kb und einem Molenbruch von CO₂ in der fluiden Phase von 0,2—0,9 bei einer Temperatur von über 500 ° C bis maximal 530 ° C ab, sinkt jedoch bei sehr niedrigen und sehr hohen CO₂-Partialdrucken ab und erreicht im Punkt I für 1 kb Gesamtdruck bei 490 ° C und einem Molenbruch von CO₂ mit 0,98, wird aber für 2 kb höher liegen.

Damit kann man für die Tremolitbildung Temperaturen von etwa 500 ° C oder etwas über 530 ° C ansetzen. Zu ähnlichen Abschätzungen gelangt man nach der aus thermodynamischen Überlegungen berechneten Angaben von TURNER 1967. Interessanterweise finden Reaktionen zur Diopsid- oder Forsteritbildung, etwa:



und



nicht statt, obwohl sie temperaturmäßig im Bereich zwischen etwa 0,2—0,9 Molenbruch für CO₂ nur wenig höher liegen, als die Reaktionsgleichung für die Tremolitbildung, vgl. METZ & TROMMSDORFF 1968.

Im Fall einer natürlichen Paragenese ist aber selbstverständlich nicht nur zu berücksichtigen, ob eine bestimmte erforderliche Temperatur erreicht worden ist, es ist auch notwendig, daß ein entsprechendes Ausgangsmaterial — wozu auch ein erforderlicher Partialdruck von CO₂ gehört — überhaupt vorhanden ist.

Zusammenfassung

Die Anwendung der Zustandsdiagramme von FAWCETT & YODER 1966 auf 7 neue Analysen von Rohware H aus dem Bergbau Rabenwald bestätigt die schon einmal, HERITSCH 1967, erschlossenen Werte für die Bildungsbedingungen mit etwa 450—500 ° C bis höchstens 550 ° C bei 2 kb Druck.

Als Ausgangsmaterial für die Lagerstätte lassen sich verschiedene Möglichkeiten denken; unter den magmatischen Gesteinen gibt es keines, das ohne größeren Stofftransport die gewünschte Paragenese geben kann, während Salztone sehr ähnliche chemische Zusammensetzung erreichen können und nur ganz geringe Stofftransporte erfordern würden. Sandig-tonige Sedimente oder kieselige Bauxite erfordern praktisch die Zufuhr des gesamten Magnesiums in einem metasomatischen Prozeß.

Eine weitere Möglichkeit ist eine metasomatische Umwandlung eines kieseligen Dolomites (oder Dolomitmergels) in einen kieseligen (oder kieselig-tonigen) Magnesit durch Abwanderung von Kalzium. Weiterhin erfolgt dann eine Umwandlung von Magnesit und Quarz in Talk. Die hier nötigen Temperaturen sind nach JOHANNES 1966 b, 1967 bei 2 kb ebenfalls im Bereich von etwa 400 ° bis höchstens 500 ° C. Eine direkte Umwandlung eines kieseligen Dolomites (oder Dolomitmergels) in Talk und Kalzit erfordert bei 1 kb wieder Temperaturen im Bereich von etwa 370 °—460 ° C, METZ, PUHAN & WINKLER 1968, METZ & TROMMSDORFF 1968. Allerdings müßten hier bedeutende Kalzitmengen nach der Reaktion abtransportiert werden. Eine etwas höhere Temperatur von etwa 500 °—530 ° C würde auch das Auftreten von Tremolit an den Stellen der Lagerstätte erklären, wo Kalzit noch vorhanden ist.

Der Firma Talkumwerke Naintsch möchte ich auch an dieser Stelle meinen Dank für die freundlicherweise gewährte Möglichkeit der Publikation der chemischen Analyse aussprechen.

Literatur

- ARMSTRONG G., DUNHAM K. C., HARVEY C. O., SABINE P. A. & WATERS W. F. 1952. The paragenesis of sylvine, carnallite, polyhalite and kieserite in Eskdale borings nos. 3, 4, and 6, northeast Yorkshire, *Min. Mag.* 29:667.
- BRADLEY W. F. & WEAVER C. E. 1956. A Regularly Interstratified Chlorite-Vermiculite Clay Mineral, *Amer. Min.* 41:497.
- BRITSCH O. 1962. Entstehung und Stoffbestand der Salzlagerstätten, in: *Mineralogie und Petrographie in Einzeldarstellungen*, 3. Bd., Springer-Verlag, Berlin — Göttingen — Heidelberg.
- CORRENS C. W. 1939. In: BARTH T. F., CORRENS C. W. & ESKOLA P. Die Entstehung der Gesteine, Springer-Verlag, Berlin.
- ECHLE W. 1961. Mineralogische Untersuchungen an Sedimenten des Steinmergelkeupers und der Roten Wand aus der Umgebung von Göttingen, *Beitr. Min. Petr.* 8:28.
- FAWCETT J. J. & YODER H. S. 1966. Phase Relationships of Chlorites in the System $MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$, *Amer. Min.* 51:353.
- HERITSCH H. 1967. Über die Bildungstemperatur der Talklagerstätten auf dem Rabenwald, *Mitteilungsblatt Abt. Min. Landesmus. Joanneum*, H. 1/2:40.
- JOHANNES W. 1966 a. Experimentelle Magnesitbildung aus Dolomit + $MgCl_2$, *Contr. Mineral. and Petrol.* 13:51.
- JOHANNES W. 1966 b. Bildung von Talk aus Quarz und Magnesit, *N. Jahrbuch f. Mineralogie, Monatshefte* 1966:305.
- JOHANNES W. 1967. Zur Bildung und Stabilität von Forsterit, Talk, Serpentin, Quarz und Magnesit im System $MgO-SiO_2-H_2O-CO_2$, *Contr. Mineral. and Petrol.* 15:233.
- METZ P., PUHAN D. & WINKLER H. G. F. 1968. Equilibrium Reactions on the Formation of Talc and Tremolite by Metamorphism of Siliceous Dolomite, *Naturwissenschaften*, 55 (5):225.
- METZ P. & TROMMSDORFF V. 1968. On Phase Equilibria in Metamorphosed Siliceous Dolomites, *Contr. Mineral. and Petrol.* 18:305.
- METZ P. W. & WINKLER H. G. F. 1963. Experimentelle Gesteinsmetamorphose — VII. Die Bildung von Talk aus kieseligem Dolomit, *Geochim. et Cosmochim. Acta* 27:431.
- NIEMANN H. 1960. Untersuchungen am Grauen Salzton der Grube „Königshall-Hindenburg“, Reyershausen bei Göttingen, *Beitr. Min. Petr.* 7:137.
- ROSENBUSCH H. 1908. *Mikroskopische Physiographie der Massigen Gesteine*, Zweite Hälfte — Ergußgesteine, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- ROSENBUSCH H. & OSANN A. 1923. *Elemente der Gesteinslehre*, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- TURNER F. J. 1967. Thermodynamic Appraisal of Steps in Progressive Metamorphism of Siliceous Dolomitic Limestones, *N. Jahrbuch f. Mineralogie, Monatshefte* 1967:1.
- USDOWSKI H. F. 1967. Die Genese von Dolomit in Sedimenten, in: *Mineralogie und Petrographie in Einzeldarstellungen*, 4. Bd., Springer-Verlag, Berlin — Heidelberg — New York.
- WINKLER H. G. F. 1967. Die Genese der metamorphen Gesteine, 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin — Heidelberg — New York.

Tabelle 1

Chemische Analysen und berechnete Mineralbestände von Rohware Talkum H der Lagerstätte auf dem Rabenwald							
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	47,60	45,88	46,59	46,50	47,55	45,23	47,46
TiO ₂	0,88	0,85	1,04	1,06	0,23	0,46	0,16
Al ₂ O ₃	9,98	10,64	11,20	11,40	10,56	11,61	11,19
Fe ₂ O ₃	0,05	0,50	0,44	0,44	0,00	0,00	0,00
FeO	1,22	1,19	1,47	1,47	0,85	0,98	0,76
MnO	0,02	0,03	0,03	0,03	—	—	—
MgO	30,30	30,29	29,33	28,85	30,88	30,56	30,77
CaO	0,20	0,12	0,44	0,45	0,22	0,12	tr.
Na ₂ O	0,09	0,08	0,09	0,09	0,06	0,06	0,05
K ₂ O	0,44	0,45	0,56	0,59	0,35	0,40	0,35
P ₂ O ₅	0,07	0,03	0,04	0,13	0,09	0,10	0,03
CO ₂	1,49	1,74	0,25	0,85	1,50	2,00	0,45
H ₂ O+	7,46	7,93	7,87	7,87	7,69	8,38	8,53
H ₂ O-	0,17	0,31	0,77	0,28	0,23	0,25	0,21
S	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00
	99,97	100,04	100,12	100,06	100,21	100,15	100,01
SiO ₂	54,2	52,9	53,5	53,6	53,5	51,7	53,1
Al ₂ O ₃	11,3	12,2	12,9	13,1	11,8	13,3	12,5
MgO	34,5	34,9	33,6	33,3	34,7	35,0	34,4
Mineralbestand, berechnet:							
Klino- chlor	44,0	48,0	49,0	49,5	49,5	55,0	54,0
Talk	45,0	36,5	36,5	33,5	37,5	29,0	35,0
Quarz	1,5	5,0	5,0	6,0	6,0	7,0	6,0
Glimmer	4,5	5,0	6,0	6,0	3,5	4,0	3,5
Magnesit (+ Kalzit)	3,0	3,5	1,5	2,0	3,0	4,0	1,0
Erz, Apatit	2,0	2,0	2,0	3,0	0,5	1,0	0,5

Tabelle 1, Fortsetzung

Chemische Analysen von Tonen und Tonfraktionen aus Evaporiten			
	ECHLE 1961	ARMSTRONG u. Mitarb. 1951	NIEMANN 1960
SiO ₂	47,0	51,8	37,54
TiO ₂	0,7	0,8	0,93
Al ₂ O ₃	15,6	13,0	20,96
Fe ₂ O ₃	}	2,7	3,64
FeO		2,0	1,40
MnO	0,05	nb.	0,07
MgO	20,6	15,7	19,81
CaO	tr.	0,4	0,37
Na ₂ O	0,5	tr.	0,53
K ₂ O	2,3	0,8	3,22
P ₂ O ₅	0,05	tr.	0,33
CO ₂	nb.	2,4	nb.
H ₂ O+	nb.	8,9	9,96
H ₂ O-	nb.	—	nb.
S	nb.	0,6	nb.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Haymo HERITSCH, Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz.