

Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse
vom 25. Juni 1965

Sonderabdruck aus dem Anzeiger der math.-naturw. Klasse der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1965, Nr. 9

(Seite 194 bis 199)

Das korr. Mitglied H. Heritsch übersendet eine kurze von ihm selbst verfaßte Mitteilung, betitelt:

„Die Anwendung des Magnetkies-Geothermometers auf einige Fundpunkte in den östlichen Ostalpen (Gleinalpe, Koralpe, Rabenwald).“ Von Haymo Heritsch. Aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz.

Vor einiger Zeit, H. Heritsch (1963 a), habe ich das Pyrit-Magnetkies-Geothermometer auf einen pyrit- und magnetkies-führenden Marmor der Schieferhülle der Gleinalpe angewendet. Über die dort benützte Literatur hinaus ist inzwischen über die Frage der Temperaturbestimmung mit Hilfe von koexistierendem Magnetkies und Pyrit eine große Zahl von Arbeiten erschienen, z. B. R. G. Arnold (1962); R. G. Arnold und L. E. Reichen (1962); R. G. Arnold, R. G. Coleman und V. C. Fryklund (1962); P. R. Buseck (1962, 1964); R. H. Carpenter und G. A. Desborough (1964); K. v. Gehlen (1963); D. I. Groves und R. J. Ford (1963); S. Gupta (1965); G. Kullerud, B. R. Doe, P. R. Buseck und P. F. Tröfthen (1963); K. K. Rao (1964); W. Schreyer, G. Kullerud und P. Ramdohr (1964). Diese Arbeiten beschäftigen sich nicht nur mit der Anwendung der Arnoldschen Ergebnisse, sondern auch mit dem Auftreten von monoklinem Magnetkies und mit der Frage, ob auch dann das Geothermometer — eventuell nach Umwandlung des monoklinen Magnetkieses in die hexagonale Form durch Einwirkung höherer Temperatur — angewendet werden kann.

Diese Erweiterung der Kenntnisse gab den Anlaß, das schon beschriebene Vorkommen der Gleinalpe, H. Heritsch (1963 a), erneut zu untersuchen und drei weitere Beispiele aus den östlichen Ostalpen hinzuzufügen.

Der Magnetkies aus dem magnetkies- und pyritführenden Marmor vom Kleingraben, Gebiet der Gleinalpe, Steiermark, zeigt in Pulveraufnahmen von langer Belichtungszeit schwache Linien bei $d = 5,75 \text{ \AA}$ und $d = 3,15 \text{ \AA}$, die nach R. H. Carpenter und G. A. Desborough (1964) für monoklinen Magnetkies bezeichnend sind. Auf Diffraktometeraufnahmen hat der breite Peak bei $d \approx 2,05 \text{ \AA}$ mehrere Zacken, woraus ebenfalls auf die Anwesenheit von monoklinem Magnetkies geschlossen werden kann, vgl. G. Kullerud et al. (1963). In der Tabelle 1 ist in der Spalte „nicht erhitzt“ der d -Wert für die Mitte des mehrere Spitzen zeigenden Reflexes angegeben.

Der Magnetkies wurde im Glasröhrchen auch einer Erhitzung bei etwa 380° C durch 6 Minuten hindurch ausgesetzt. Dadurch wird der Peak bei $d = 2,057 \text{ \AA}$ schmal und scharf, G. Kullerud et al. (1963), D. I. Groves und R. J. Ford (1963), P. R. Buseck (1964), und weicht von dem Wert ohne Erhitzung nicht wesentlich ab. Wendet man die Kurven von R. G. Arnold (1962) zur Temperaturbestimmung an, so erhält man etwa 500° C als Bildungstemperatur für im Gleichgewicht stehenden Pyrit und Magnetkies im Marmor. Aus dem in meiner Arbeit, H. Heritsch (1963 a) gegebenen Wert $d = 2,055 \text{ \AA}$ folgt eine Bildungstemperatur von 520° C .

Im Gebiet der Koralpe wurden Vorkommen aus dem Sauerbrunngraben bei Stainz untersucht. Dort kommt einmal in einem größeren Marmorzug, vgl. H. Heritsch (1963 b), Magnetkies und Pyrit in deutlichen Kristallen vor. Auch hier treten beide Mineralien — wie im Marmor vom Kleingraben — gemeinsam im kleinen Volumen auf. Neben schwachen Linien um $d = 3,7 \text{ \AA}$ und $d = 3,1 \text{ \AA}$, vgl. R. H. Carpenter und G. A. Desborough (1964), einer Pulveraufnahme weist ein sehr breiter Peak in Diffraktometeraufnahmen mit mehreren, allerdings undeutlichen Spitzen auf einen monoklinen Magnetkies hin. In der Tabelle 1 ist in der Spalte „nicht erhitzt“ der d -Wert für die Mitte des breiten Peaks angegeben. Die Probe wurde in derselben Weise, wie im oben beschriebenen Beispiel erhitzt, wodurch auch hier der Peak schmal und scharf wird. Die Anwendung derselben Kurven aus der angeführten Literatur liefert für die Bildungstemperatur von Magnetkies und Pyrit im Gleichgewicht die Werte 500° C bzw. 520° C .

Wenige hundert Meter von dem gerade beschriebenen Vorkommen im Marmor liegt, an der Basis des Marmorzuges, eine Serie von diopsidführenden Gesteinen, vgl. H. Heritsch (1963 b). Darin erscheint ebenfalls Magnetkies und Pyrit räum-

lich ganz benachbart, aber nicht mehr in deutlichen Kristallen, sondern als unregelmäßige Flecken zwischen den anderen Gesteinsgemengteilen. In den Diffraktometeraufnahmen tritt bei $d = 2,065 \text{ \AA}$ ein einziger scharfer Peak auf. Dies ist ein Zeichen für die Anwesenheit von hexagonalem Magnetkies, G. Kullerud et al. (1963); D. I. Groves und R. J. Ford (1963). Trotz räumlicher Nähe ist hier gegenüber dem früheren Fundpunkt eine wesentlich niedrigere Bildungstemperatur zu verzeichnen, nämlich 350° C .

Tabelle 1

$d_{10\bar{1}2}$ -Wert, Fe-Gehalt und geschätzte Bildungstemperatur (R. G. Arnold, 1962) für einige Magnetkiese aus den östlichen Ostalpen. Soweit monokliner Magnetkies vorliegt, ist $d_{10\bar{1}2}$ durch eine ganze Anzahl von d -Werten zu ersetzen (R. H. Carpenter und G. A. Desborough, 1964).

Fundpunkt, Paragenese	nicht erhitzt			nach Erhitzung auf etwa 380° C durch 6 Minuten		
	d (Å)	% Fe	Temperatur	d (Å)	% Fe	Temperatur
Gleinalpe, Kleingraben, Marmor	2,055	46,4	520° C	2,057	46,6	500° C
	2,057	46,6	500° C			
Koralm, Sauerbrunn- graben, Marmor	2,057	46,6	500° C	2,055	46,4	520° C
Koralm, Sauerbrunn- graben, Diopsidfels	2,065	47,2	350° C	—	—	—
Rabenwald, Talkbergbau, Tagbau Wiedenhofer, Quarzgang	2,067	47,4	310° C	2,067	47,4	310° C

Aus der bekannten Talklagerstätte auf dem Rabenwald, Oststeiermark, stammt das nächste Beispiel. Das untersuchte Stück wurde im Tagbau Wiedenhofer, Etage 1104 m von Werksleiter Th. Woat gefunden. Pyrit und Magnetkies kommen räumlich ganz benachbart in einem Quarzgang vor, der in innigem Kontakt mit einem Talk-Chlorit-Tremolitgestein steht. Obwohl der Peak bei $d = 2,067 \text{ \AA}$ auch in der nicht erhitzten Probe schmal und scharf ist und somit, wie im vorhergehenden Beispiel, auf die hexagonale Form des Magnetkieses

hinweist, wurde eine Erhitzung, 380° C durch 6 Minuten, vorgenommen, die aber, wie zu erwarten, an der Lage des Peaks nichts ändert.

Zur Interpretation der mitgeteilten Werte können etwa folgende Überlegungen angestellt werden. Das Meßergebnis für den Quarzgang auf dem Rabenwald paßt für hydrothermale Bildung. Sollte die Entstehung des erzführenden Quarzganges in den Bildungsakt der Talklagerstätte fallen, so ist die Temperatur von 310° C durchaus mit der Talkbildung verträglich; P. W. Metz und H. G. F. Winkler (1963) halten die Bildung von Talk, allerdings aus Dolomit und Quarz, ab 300° C für möglich. Sollte der hydrothermale Quarzgang später in die Lagerstätte eingedrungen sein, so zeigt er, daß danach die Temperatur der Lagerstätte nicht über 310° C gestiegen ist.

Die Temperatur der Magnetkies-Pyrit-Bildung in dem Diopsid-Gestein des Sauerbrunngrabens ist sehr niedrig und kann nicht die Bildungstemperatur des Gesamtgesteines wiedergeben. Die Bildungstemperaturen für Diopsid liegen nämlich nach den Kurven von W. F. Weeks (1956 a, b) weit über 300° C, und die experimentellen Untersuchungen von H. G. F. Winkler und W. Johannes (1963) bzw. P. W. Metz und H. G. F. Winkler (1963) erfordern ebenfalls viel höhere Temperaturen: etwa 500° C. Die gefundenen niedrigen Temperaturen im Diopsid-Gestein des Sauerbrunngrabens für Magnetkies-Pyrit können z. B., wenn man eine nicht sehr wahrscheinliche hydrothermale Nachphase ausschließt, so erklärt werden, daß die beiden Erze erst nach Überschreiten des Maximums der Metamorphose bei fallender Temperatur entstanden sind, wodurch sich eine Parallele zu den Verhältnissen in Bodenmais, Bayern, ergibt; vgl. letzte Gleichgewichtseinstellung, W. Schreyer, G. Kullerud und P. Ramdohr (1964).

Bezüglich der in den Marmoren gefundenen hohen Temperaturen ist derzeit die Frage noch nicht beantwortet, ob solche aus monoklinem Magnetkies und Pyrit bestehende Paragenesen als Geothermometer benützt werden dürfen, vgl. z. B. G. Kullerud et al. (1963) und P. R. Buseck (1964). Im vorliegenden Fall ist die, unter der Voraussetzung der Zulässigkeit nach der üblichen Methode, d. h. also durch Erhitzen des monoklinen Magnetkieses, bestimmte Bildungstemperatur von 500 bis 520° C durchaus sinnvoll. Es bleibt dann allerdings noch zu klären, warum im Sauerbrunngraben die Magnetkiese der Diopsid-Gesteine eine „letzte Gleichgewichtseinstellung“ mitgemacht haben, die Magnetkiese des benachbarten Marmors jedoch nur

eine Umwandlung von hexagonalen in monoklinen Magnetkies zeigen.

Weitere Untersuchungen dieser Art an verschiedenem Material aus den Ostalpen sind derzeit am hiesigen Institut im Gange.

Zum Schluß möchte ich den Naintscher Talkumwerken und insbesondere Herrn Werksleiter Th. Woat für die Überlassung des Untersuchungsmateriales vom Rabenwald danken.

Literatur

Arnold R. G. (1962). Equilibrium relations between pyrrhotite and pyrite from 325° to 743° C. *Econ. Geol.* 57, 72.

Arnold, R. G. und Reichen, L. E. (1962). Measurement of the metal content of naturally occurring, metal-deficient, hexagonal pyrrhotite by an x-ray spacing method. *Am. Min.*, 47, 105.

Arnold, R. G., Coleman, R. G. und Fryklund, V. C. (1962). Temperature of crystallization of pyrrhotite and sphalerite from the Highland-Surprise Mine. *Econ. Geol.* 57, 1163.

Buseck, P. R. (1962). Pyrrhotite from Tem Piute, Nevada. *Carn. Inst. Year Book*, 61, 161.

Buseck, P. R. (1964). Discussion of „Pyrrhotite measurement“ by Groves and Ford. *Am. Min.* 49, 1491.

Carpenter, R. H. und Desborough, G. A. (1964). Range in solid solution and structure of naturally occurring troilite and pyrrhotite. *Am. Min.* 49, 1350.

Gehlen, K. v. (1963). Pyrrhotite phase relations at low temperatures. *Carn. Inst. Year Book*, 62, 213.

Groves, D. I. und Ford, R. J. (1963). Note on the measurement of pyrrhotite composition in the presence of both hexagonal and monoclinic phases. *Am. Min.* 48, 911.

Gupta, S. (1965). Pyrrhotite Geothermometry and its application to the sulfide ores of the Mosaboni Mines. *Econ. Geol.* 60, 175.

Heritsch, H. (1963 a). Pyrit und Magnetkies in einem Marmor der Gleinalpe, Steiermark. *Anz. Akad. Wien, math.-naturw. Klasse*, 128.

Heritsch, H. (1963 b). Exkursion in das Gebiet der Koralpe. *Mitt. Naturw. Verein Steiermark*, 93, 178.

Kullerud, G., Doe, B. R., Buseck, P. R. und Tröfthen, P. F. (1963). Heating experiments on monoclinic pyrrhotites. *Carn. Inst. Year Book*, 62, 210.

Metz, P. W. und Winkler, H. G. F. (1963). Experimentelle Gesteinsmetamorphose VII. Die Bildung von Talk aus kieseligem Dolomit. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 27, 431.

Schreyer, W., Kullerud, G. und Ramdohr, P. (1964). Metamorphic conditions of ore and country rock of the Bodenmais, Bavaria, Sulfide deposits. *N. Jb. Miner. Abh.*, 101, 1.

Weeks, W. F. (1956 a). A thermochemical study of equilibrium relations during metamorphism of siliceous carbonate rocks. *Journ. Geol.*, 64, 245.

Weeks, W. F. (1956 b). Heats of formation of metamorphic minerals in the system CaO — MgO — SiO₂ — H₂O and their petrological significance. *Journ. Geol.*, 64, 456.

Winkler, H. G. F. und Johannes, W. (1963). Experimentelle Metasomatose an einem Granitkontakt. *Naturwissensch.*, 50, 730.