

ZUR MINERALOGIE DER MAGNETIT-ILMENIT-VERERZUNG DES SERPENTINITES
VON STEGSDORF BEI FRIESACH IN KÄRNTEN

von

M.A. Göttinger und F. Pertlik [†])

(eingelangt am 9.11.1982)

Zusammenfassung

Die in der Literatur beschriebenen Magnetitvererzungen in Österreich können nach genetischen Kriterien in sechs verschiedene Vererzungsgruppen unterteilt werden. Aus der Gruppe der Vererzungen in Serpentiniten und Chloritschiefern bzw. deren Randgesteinen wurde ein neu gefundenes Magnetit-Ilmenit-Vorkommen bei Stegsdorf mineralogisch untersucht. Die Vererzungen treten in Chloritschiefern (Typ 1) und Dolomiten (Typ 2) auf.

Nach EMS-Analysen besteht der Chloritschiefer zum überwiegenden Teil aus Pennin. In beiden Vererzungstypen enthält der Magnetit einen Ulvöspinellanteil zwischen 1 und 2 Mol.%. Der Ilmenit enthält durchschnittlich 15 Mol.% Geikielithanteil, 5 Mol.% Pyrophanitanteil und 5 Mol.% Hämatitanteil. Unter der Voraussetzung eines chemischen Gleichgewichtes ergeben sich Metamorphosetemperaturen von ca. 480°C. Dies entspricht mittlerer bis oberer Grünschieferfacies. Aus dem Mineralinhalt der Umgebungsgesteine sind ebenfalls Metamorphosebedingungen (alpine Metamorphose) der oberen Grünschieferfacies ableitbar.

Einleitung

Südöstlich Stegsdorf (W Friesach, Kärnten) - Österr. Karte 1:50.000, Blatt 186, St. Veit/Glan - sind im Nordteil des Bürgerspitalwaldes Serpentinite mit einer auffälligen Magnetit-Ilmenit-Vererzung aufgeschlossen. Untersuchungen dieser Vererzung mit modernen Analysemethoden liegen bislang nicht vor, sodaß eine überblicksmäßige mineralogische Bearbeitung angebracht erschien.

Nach Literaturangaben können die in Österreich bekannten Magnetitvererzungen in folgende genetische Typen eingeteilt werden:

1. Vererzungen an Diabasen und Grünschiefern:

Platte bei Graz, Neustift bei Graz-Andritz und Hamun bei Bleiburg, Ktn. (FRIEDRICH, 1953)
Arzwalldgraben bei Waldstein, Stmk. (TUFAR, 1977, 1981).

2. Vererzungen in Serpentiniten und Chloritschiefern:

Bernstein, Rumpersdorf und Steinbach, Bgld. (KURZWEIL, 1966, EVREN, 1972, HUBER und HUBER, 1977)
Kraubath, Stmk. und Hirt, Ktn. (MEIXNER 1953a, 1953b, 1963, 1966, 1968)
Hollersbachtal, Sbg., Gösleswand, Ostt. (WEINSCHENK, 1896)
Schwarzsee-Rotkopf-Ochsner-Greiner u.a., Tirol (WENINGER, 1974)
Schwarze Wand, Sbg. (WEINSCHENK, 1896, KOLLER und RICHTER, 1980)
Riffelkar, Sbg. (ZIRKL, 1966, 1978)
Stegsdorf, Ktn. (diese Arbeit)

[†]) Anschrift der Verfasser:
Dr. Michael A. Göttinger, Doz. Dr. Franz Pertlik
Universität Wien, Institut für Mineralogie und Kristallographie
A-1010 Wien, Dr. Karl-Lueger-Ring 1

3. Vererzungen in Skarnen:

- a) "primary skarns": Wollanig, Ktn. (PETRASCHECK, 1927, PLÜCHINGER, 1953)
- b) "internal reaction skarns": Kottaun, NÖ (GÜTZINGER, 1981)
- c) Stellung nicht bekannt: Lindau, NÖ. (HOLZER und NEUWIRTH, 1962),
Sieggrabener Kogel, Bgld., und Waldbach, Stmk.
(TUFAR, 1966, 1968).

Über Skarnvererzungen (Begriff und Begriffswandel "Skarn", Historie) sei auf die Arbeiten von FRIETSCH (1977), GÜTZINGER (1981), EINAUDI und BURT (1982) hingewiesen.

4. Vererzungen vom Lagergang-Typ:

Pitten, NÖ (TUFAR, 1972)
Raggatal-Kreuzeck, Ktn. (REDLICH, 1931).

5. Vererzungen in regionalmetamorphen Sedimenten:

Plankogel, Stmk. (WEBER, 1972, 1978; TOLLMANN, 1977)
Burgstall/Arzberg, Stmk. (WEBER, 1977, 1982)
St. Jakob/Breitenau, Stmk. und Pöllau, Stmk. (REDLICH, 1931)
Metnitz, Innerkrems, Sonntagsberg bei St.Veit/Glan und Moosburg, alle Ktn.
(REDLICH, 1931).

Zu bemerken ist, daß einzelne dieser Vererzungen auch mit Grünschiefern bzw. Diabasen in Zusammenhang stehen (z.B. Plankogel, Stmk.).

6. Vererzungen vom "Typ Stubai":

Stubaital, Tirol (VOHRZYKA, 1968).

Diese Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit der österreichischen Magnetitvorkommen. Eine Grenzziehung zwischen massiver Vererzung (z.T. ehemalige Lagerstätten) und Vorkommen ist nicht gegeben.

Geologischer Rahmen und Mineralisation des Serpentinits

Das Gebiet westlich Friesach wurde von ZADORLAKY-STETTNER (1960, 1961, 1962) im Rahmen einer Dissertation an der Universität Wien geologisch bearbeitet. Nach diesem Autor liegen Serpentinitt-Schollen (erste Erwähnung durch PETERS 1855) an der Grenze zwischen dem hangenden Friesacher Marmor (entspricht der Zossener-St.Martiner-Marmorserie) und dem liegenden Friesacher Zweiglimmerschiefer, wobei die Position der Serpentinite tektonisch bedingt sein dürfte. Diese Gesteine des Friesacher Halbfensters (TOLLMANN, 1977) werden als Friesacher Komplex zusammengefaßt, der zur Hüttenberger Serie gehört (vgl. dazu auch BECK-MANNAGETTA, 1959).

ZADORLAKY-STETTNER (1960, 1961) unterschied in den sich auf eine Länge von etwa 800 m (W-E) erstreckenden Ultrabasitvorkommen massige, dunkelgrüne Serpentinite im Westen und eher hellgrüne, geschieferte Abarten im Osten sowie Serpentinitt-randgesteine. Als Hauptminerale des Serpentinites wurden von diesem Autor Antigorit mit eingestreuten Breunneriten beschrieben, als Erzminerale Magnetit und Ilmenit und untergeordnet Magnetkies und Pyrit. "Ilmenit bildet Lagen und Schlieren. Er umschließt auch die Antigorite, was auf seine Entstehung während der Metamorphose hinweist" (l.c.). Akzessorisch kommt Pentlandit vor, sodaß eine genetische Beziehung zum Hirter Serpentinitt in Erwägung zu ziehen ist. In Analogie zu den Serpentinitt-Vorkommen von Hüttenberg und Hirt werden Dunite und Harzburgite als Ausgangsgesteine angenommen (vgl. CLAR und MEIXNER, 1953; MEIXNER, 1953a, 1956). Als Serpentinitt-randgesteine des Vorkommens bei Stegsdorf werden Tremolit führende Dolomite und Chloritschiefer angeführt.

Die in der geologischen Karte (ZADORLAKY-STETTNER, 1960, 1961) eingezeichneten drei Serpentinorkommen treten als auffälliges morphologisches Element in der Landschaft hervor. Die gegenständliche Vererzung ist nach einigen Beobachtungen lediglich am Nordwest-Hang des mittleren Serpentinorkommens aufgeschlossen.

Neue mineralogische Untersuchungen

Die Mineral- und Gesteinsuntersuchungen erfolgten mittels Dünn- und Anschliffen. Mineralanalysen wurden mit einer Elektronenstrahl-Mikrosonde, Typ ARL-SEMQ, bei einer Anregungsspannung von 15 kV durchgeführt. Gemessen wurde gegen Mineralstandards, die Korrekturen erfolgten nach BENCE und ALBEE (1968). Die Mineralphasen wurden auch röntgenographisch identifiziert.

Der Serpentin besteht zum überwiegenden Teil aus Antigoritserpentin und Talk. Reste von Olivin und Orthopyroxenen liegen neben Erz (Magnetit) in der feinfilzig verwachsenen Grundmasse vor. In einigen Magnetitkristallen sind neu gesproßte Antigoritserpentinplättchen eingeschlossen. Im Serpentin treten nahezu monomineralische, weiße Tremolitpartien auf, die stellenweise herausgewittert sind. Die Tremolite besitzen maximal eine Korngröße von 1 mm und sind regellos zu einem massigen, feinkörnigen Tremolitfels mit geringen Mengen Talk verwachsen.

Am Rand des Serpentinits treten tief dunkelgrüne Chloritschiefer auf, die eine Magnetit-Ilmenit-Vererzung tragen (Vererzungstyp 1). Daran anschließend bildet Dolomit derbe, spätige Massen mit derbem, grobkörnigen Magnetit-Ilmenit-Erz (Vererzungstyp 2), mit gelegentlicher Apatitführung.

Diese beiden Gesteine (Chloritschiefer und Dolomite) stellt ZADORLAKY-STETTNER (1960, 1961) zur Gruppe der Serpentinrandgesteine. Eine weitere Fortsetzung, etwa zum Marmor, ist in der Umgebung dieser Vererzung nicht aufgeschlossen.

Als Haupterzträger können zwei Gesteine mit folgenden Mineralgesellschaften ausgedeutet werden:

1. Magnetit-Ilmenit-Chlorit (Typ 1)
2. Magnetit-Ilmenit-Dolomit-Apatit (Typ 2).

Der Vererzungstyp 1

Er tritt in charakteristischen Vererzungsschnüren (bis 5 mm Durchmesser, mehrere Zentimeter Länge) im feinkörnigen (Zehntelmillimeter) Chlorit auf. Die Erzschnüre werden von bis 1 mm großen Magnetiten und Ilmeniten gebildet, wobei sowohl magnetitreiche als auch ilmenitreiche Partien vorkommen. Im Durchschnitt ist das Mengenverhältnis etwa 1:1. Eine deutliche Kornregelung in s ist beobachtbar. Das gesamte Gestein ist weiters gleichmäßig mit Pyrit durchstäubt. EMS-Analysen zeigen, daß der Chlorit (Tab. 1) nach seiner Zusammensetzung als Pennin einzu-stufen ist (vgl. HÜDL, 1943, HEY, 1954). Der Magnetit ist sehr rein, der Uivöspinnellanteil liegt zwischen 1 und 2 Mol.% (siehe Tab. 2).

Der Ilmenit enthält bis zu 4,7 Gew.% MgO und 2,1 Gew.% MnO, sodaß durchschnittlich etwa 17 Mol.% Geikielithkomponente und 4 Mol.% Pyrophanitkomponente errechenbar sind. Der aus der Ladungsbilanz errechnete molare Hämatitanteil liegt bei 4 % (siehe Tab. 3).

Beide Erzminerale bilden ein auffallendes Pflastergefüge, und in der Regel liegen sogenannte Tripelpunkt-Korngrenzen ("triple junction") - 120° - vor.

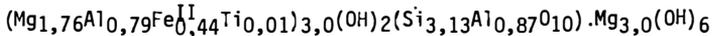
Der Vererzungstyp 2

Das Trägergestein der Vererzung ist spätiger Dolomit mit geringen FeO (durchschnittlich 4,1 Gew.%) und MnO (durchschnittlich 1,1 Gew.%) Gehalten. Das ent-

Tabelle 1: EMS-Analyse (je drei Messungen an vier Mineralkörnern) von Chloriten aus dem Vererzungstyp 1; Angaben in Gew.% (Standardabweichungen in Einheiten der letzten Stellen).

SiO ₂	33,16(41)
TiO ₂	0,07(7)
Al ₂ O ₃	14,94(68)
Cr ₂ O ₃	0,02(2)
FeO	5,54(37)
MnO	0,06(1)
MgO	33,81(50)
CaO	0,04(3)
	<hr/>
	87,64

Die Berechnung auf 10 Kationen ergibt folgende Formel:



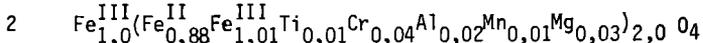
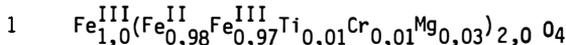
Die theoretische Ladungsbilanz kann mit 27.94⁺ gegen 28.0⁻ als ausgeglichen angenommen werden, besonders unter Berücksichtigung der geringen zusätzlichen Mengen an Cr, Mn, Ca und Ni (im EDAX festgestellt). Nach HEY (1954), DEER et al. (1962) und TRÖGER (1971) ist dieser Chlorit als Pennin zu bezeichnen.

Tabelle 2: EMS-Analysen (je drei Messungen an 5 Mineralkörnern) von Magnetiten aus den Vererzungstypen 1 und 2; Gehalte in Gew.% (Standardabweichung in Einheiten der letzten Stellen).

	1	2
TiO ₂	0,47(2)	0,42(10)
Cr ₂ O ₃	0,16(2)	1,38(9)
Al ₂ O ₃	≤ 0,01	0,49(20)
Fe ₂ O ₃ +)	67,15	69,42
FeO	30,14	27,18
	} (10)	} (68)
MnO	0,06(1)	0,19(7)
MgO	0,54(2)	0,47(5)
	<hr/>	<hr/>
	98,52	99,55

+) nach Berechnung der Ladungsbilanz aus den Gesamt-FeO-Gehalten errechnet.

Auf 3 Kationen berechnet und unter Berücksichtigung der Ladungsbilanz ergeben sich folgende Formeln:



spricht einer Formel $(Ca_{0,48}Mg_{0,46}Fe_{0,05}Mn_{0,01})[CO_3]$. Die Vererzung ist mittel- bis grobkörnig (Millimeterbereich) und schlierig bis massig angelegt. Das Gestein enthält ähnlich wie bei Vererzungstyp 1 eine gleichmäßige Pyritdurchstäubung. Es überwiegt Magnetit, der Ilmenitanteil wird auf ca. 10 Vol.% geschätzt. Gelegentlich tritt Apatit auf, der im Schnitt 0,2 Gew.% FeO und wenige Hundertstel% MgO und MnO enthält.

Der Magnetit bildet xenomorphe bis hypidomorphe Körner (durchschnittliche Korngröße 2 mm). EMS-Analysen ergeben nur geringe Fremdelementgehalte, der Ulvöspinelanteil liegt zwischen 1 und 2 Mol.% (siehe Tab. 2).

Der Ilmenit, in plattigen, xenomorphen bis hypidomorphen Individuen mit einer Korngröße bis 2 mm auftretend, enthält bis zu 3,9 Gew.% MgO und bis zu 3,3 Gew.% MnO. Er ist somit Mg-ärmer und Mn-reicher als im Vererzungstyp 1. Der durchschnittliche Geikielithgehalt beträgt 14 Mol.%, der durchschnittliche Pyrophanitgehalt 7 Mol.% (siehe Tab. 3). Auch in diesem Vererzungstyp bilden die Erzminerale stellenweise ausgezeichnete Pflastergefüge mit Tripelpunkt-Korngrenzen.

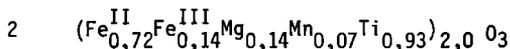
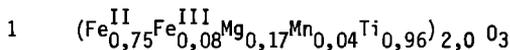
Für beide Vererzungstypen gilt, daß die Mineralkörner innerhalb der Meßgenauigkeit homogen sind (von Korn zu Korn der gleichen Mineralart). Zonarbau ist nicht beobachtbar.

Tabelle 3: EMS-Analysen (je drei Messungen aus fünf Mineralkörnern) von Ilmeniten aus den Vererzungstypen 1 und 2; Gehalte in Gew.% (Standardabweichung in Einheiten der letzten Stellen).

	1	2
TiO ₂	51,85(23)	50,93(95)
Cr ₂ O ₃	≤ 0,01	0,06(1)
Al ₂ O ₃	≤ 0,01	0,02(1)
Fe ₂ O ₃ †)	4,33	7,57
FeO	36,56	35,04
	} (77)	} (53)
MnO	2,01(15)	3,26(21)
MgO	4,61(11)	3,86(11)
	99,36	100,74

†) nach Berechnung der Ladungsbilanz aus den Gesamt-FeO-Gehalten errechnet.

Auf 2 Kationen berechnet und unter Berücksichtigung der Ladungsbilanz ergeben sich folgende Formeln:



In Mol.% ausgedrückt:

	Ilmenit	Geikielith	Pyrophanit	Hämatit
1	75	17	4	4
2	72	14	7	7

Zur Mineralisation des Friesacher Marmors

Da in weiterer Folge Serpentin-Chloritfels-Dolomit-Aufschlüsse fehlen, wurde auch der an den Serpentin im Süden angrenzende Silikatmarmor besonders auf seinen Lösungsrückstand untersucht. Der Marmor ist weiß bis hellgrau mit einer Korngröße um 2 mm. Der Lösungsrückstand wurde aus ca. 1 kg Silikatmarmor mittels verdünnter Essigsäure [$\text{p} = 1,05 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$] : dest. $\text{H}_2\text{O} = 1 : 1$] gewonnen. Im Mittel sind dies ca. 10 Gew.% der Ausgangssubstanz.

Muskovit und praktisch eisenfreier Biotit (Phlogopit) mit unbestimmbaren, winzigen Erzeinschlüssen (Hämatit?) bilden neben xenomorphem Quarz die Hauptmenge des Lösungsrückstandes. Daneben findet sich häufig Pyrit (Würfel mit Pentagondodekeder), seltener farbloser bis hellblauer Fluorit, Granat, Rutil, Plagioklas und Turmalin. Nach den Gitterkonstanten $a_0 = 15,958(5)$, $c_0 = 7,193(3) \text{ \AA}$ (Weissenberg-Methode, CuK_α -Strahlung) ist der Turmalin der Serie Dravit-Schörl zuzuordnen (EPPRECHT, 1953). ZADORLAKY-STETTNER (1960, 1961) führt noch Epidot, Zoisit und Titanit an, diese Minerale konnten jedoch von uns nicht gefunden werden.

Die Korngröße der Minerale des Lösungsrückstandes schwankt um einen halben Millimeter, mit Ausnahme von Rutil und Plagioklas, die nur Zehntelmillimeter-Größe erreichen.

Dieser Mineralbestand unterscheidet sich wesentlich von dem des erzführenden Dolomites, sodaß ein kontinuierlicher Übergang dieser beiden Gesteine nicht angenommen wird.

Diskussion

Aufgrund der geologischen Position sind die Magnetit-Ilmenit-Vererzungen mit der Entstehung und nachfolgenden Serpentinisierung bzw. Metamorphose der Ultrabasilkörper eng verknüpft. Nach HEGEMANN und ALBRECHT (1954) können die untersuchten Magnetite anhand der Gehalte an Al, Mg, Ti, Mn und Cr als intrusiv magmatisch-metamorph gedeutet werden. Ähnliche Elementmuster von Magnetiten aus Serpentiniten geben sowohl KIRCHNER (1977) als auch SHCHEKA et al. (1978) an. Die Gehalte an MgO in den Ilmeniten von durchschnittlich 4,2 Gew.% bei gleichzeitigen MnO-Gehalten von durchschnittlich 2,6 Gew.% stellen einen nicht häufigen Befund dar (vgl. DEER et al., 1962). Hohe MgO-Gehalte (Geikielith-Anteil) von 5,2 Gew.% sind in Ilmeniten aus Granatwebsteriten des mittleren Kamptales, NÖ, bekannt geworden (SCHARBERT, 1979). Inwieweit sich gleichzeitig ein deutlicher MnO-Gehalt auf die Bildungsbedingungen auswirkt, kann mit den verfügbaren Daten nur schwer abgeschätzt werden (vgl. CZAMANSKE und MIHALIK 1972).

Das Magnetit/Ulvöspinell-Ilmenit/Hämatit Geothermometer (BUDDINGTON und LINDSLEY 1964) - unter stillschweigender Voraussetzung eines vorliegenden chemischen Gleichgewichtes - ist mit gerade noch zulässiger Extrapolation anwendbar. Es ergibt sich für den Schnittpunkt $\text{Mtg}_{7,5}\text{Usp}_{2,5}$ mit $\text{Ilm}_{0,6}\text{Häm}_{5}$ eine Temperatur von ca. 480°C und ein Sauerstoffpartialdruck f_{O_2} von ca. 10^{-23} bar. Die Temperatur läßt sich als Metamorphosetemperatur der alpidischen Metamorphose deuten, wobei realistisch ein Wert von $480 \pm 40^\circ\text{C}$ annehmbar ist. Dieser Wert entspricht einer Metamorphosetemperatur der oberen Grünschieferfacies (WINKLER, 1967, 1979). Zu etwas höheren Temperaturen (höherer Hämatitanteil des Ilmenites) gelangt KIRCHNER (1977) bei Magnetit-Ilmenit-Untersuchungen vom Ferschtal, Pinzgau, Hohe Tauern.

Abschätzungen über die Metamorphosebedingungen der Umgebungsgesteine, vor allem des quarzreichen Granatzeiglimmerschiefers, können nach ZADORLAKY-STETTNER (1960, 1961) gemacht werden. Nach diesen Angaben liegt Quarz-Albit-Epidot-Almandin Subfacies bzw. "low grade metamorphism" vor (WINKLER 1967, 1979).

Danksagung

Die Mikrosondenmessungen konnten in dankenswerter Weise auf einem Gerät des "Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung" (Proj.Nr.1939) am Institut für Analytische Chemie der Universität Wien durchgeführt werden.

Literatur

- BECK-MANNAGETTA, P. (1959): Übersicht über die östlichen Gurktaler Alpen. Jb. Geol. B.-A. 102, 313-352.
- BENCE, A.E. und A.L. ALBEE (1968): Empirical correction factors for the electron microanalysis of silicates and oxides. Jour.Geology 76, 382-403.
- BUDDINGTON, A.F. und D.H. LINDSLEY (1964): Iron-Titanium oxide minerals and synthetic equivalents. J. Petrol. 5, 310-357.
- BURT, D.M. (1982): Skarn Deposits - Historical Bibliography through 1970. Econ. Geol. 77, 755-763.
- CLAR, E. und H. MEIXNER (1953): Die Eisenspatlagerstätte von Hüttenberg und ihre Umgebung. Carinthia II, 143(63.) 67-92.
- CZAMANSKE, G.K. und P. MIHÁLIK (1972): Oxidation during Magmatic Differentiation, Finnmarka Complex, Oslo Area, Norway: Part 1. The Opaque Oxides. J. Petrol. 13, 493-509.
- DEER, W.A., R.A. HOWIE und J. ZUSSMAN (1962): Rock-forming minerals. London: Longmans, Green and Co Ltd.
- EINAUDI, M.T. und D.M. BURT (1982): Introduction-Terminology, Classification, an Composition of Skarn Deposits. Econ. Geol. 77, 745-754.
- EPPRECHT, W. (1953): Die Gitterkonstanten der Turmaline. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 33, 481-505.
- EVREN, I. (1972): Die Serpentinegesteine von Bernstein und Steinbach (Burgenland). Tschermarks Min. Petr. Mitt. 17, 101-122.
- FRIEDRICH, O.M. (1953): Zur Erzlagerstättenkarte der Ostalpen. Radex Rdsch. Jg. 1953, 371-407.
- FRIETSCH, R. (1977): The Iron Ore Deposits in Sweden. In: The Iron Ore Deposits of Europe and adjacent Areas. Vol. I. (A. Zitzmann ed.) Hannover: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- GÜTZINGER, M.A. (1981): Mineralogische Untersuchungen des Magnetitvorkommens Kottaun bei Geras, niederösterreichisches Moldanubikum. Ein Beitrag zur Genese von Skarnen. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., Abt.I, Sitzungsberichte, 190, 45-78.
- HEGEMANN, F. und F. ALBRECHT (1954): Zur Geochemie oxydischer Eisenerze. Chem. Erde 17, 81-103.
- HEY, M.H. (1954): A new review of the chlorites. Min. Mag. 30, 277-292.
- HÖDL, A. (1942): Ober Chlorite der Ostalpen. N. Jb. Min., Bl. Bd. 77, 1-77.
- HOLZER, H. und K. NEUWIRTH (1962): Ober den ehemaligen Eisensteinbergbau Kottaun bei Geras (Niederösterreich). Montan-Rundschau Jg. 10, 191-193.
- HUBER, S. und P. HUBER (1977): Mineralfundstellen Bd. 8: Oberösterreich, Niederösterreich und Burgenland. München: Ch. Weise. Innsbruck: Pinguin.

- KIRCHNER, E.Ch. (1977): Erste Untersuchungsergebnisse über die Zusammensetzung von Magnetiten aus den Hohen Tauern. Österr. Akad.Wiss., Math.-naturwiss.Kl., Anzeiger 114, 96-99.
- KOLLER, F. und W. RICHTER (1980): Rodingites in ultramafic rocks of the Eastern Alps. Öfioliti, 5, 73-78.
- KURZWEIL, H. (1966): Zur Erzführung der Serpentine und Chloritschiefer um Steinbach (Burgenland). Verh. Geol. 8.-A., Jg. 1966, 53-54.
- MEIXNER, H. (1953a): Der Serpentin des Grießerhofs (Gulitzen) bei Hirt, Kärnten. Carinthia II, 143.(63.), 140-144.
- MEIXNER, H. (1953b): Die Minerale aus dem Dunitserpentin von Kraubath (Steiermark). Joanneum Miner. Mitt. 1953, 21-23.
- MEIXNER, H. (1956): Nickelmineralisation und Stoffwechselbeziehungen zwischen Serpentinegestein und Eisenspatlagerstätten am Beispiel des Antigoritits von Grießerhof bei Hirt, Knt. Carinthia II, SH 20, 95-107.
- MEIXNER, H. (1963): Magnetitwürfel aus dem Serpentin vom Grießerhof bei Hirt, Kärnten. Karinthin 48, 17-20.
- MEIXNER, H. (1966): Magnetitkristalle (Würfel, Oktaeder, Rhombendodekaeder) aus dem Serpentinegebiet von Kraubath (Steiermark) und Hirt (Kärnten). Karinthin 54, 203-210.
- MEIXNER, H. (1968): Neuer Beitrag zu den Kraubather Magnetit-Würfeln. Karinthin 59, 64-65.
- PETERS, K. (1855): Bericht über die geologische Aufnahme in Kärnten 1854. Jahrb. k.k. Geol. R.-A. 6, 508-580.
- PETRASCHECK, W. (1927): Zur Tektonik der alpinen Zentralzone in Kärnten. Verh. Geol. B.-A., Jg. 1927, 151-164.
- PLÜCHINGER, B. (1953): Erläuterung zur geologischen Neuaufnahme des Draukristallabschnittes westlich von Villach. In: Skizzen zum Antlitz der Erde, Festband: Kober, (Küpper, H., Exner, Ch. und Grubinger, H. eds.) Wien: Brüder Hollinek.
- REDLICH, K.A. (1931): Die Geologie der innerösterreichischen Eisenerzlagerstätten. Wien-Berlin: J. Springer. Düsseldorf: Vlg. Stahl Eisen.
- SCHARBERT, H.G. (1979): Mg-reicher Ilmenit in einem Granatwebsterit im Granulitkörper von St. Leonhard, Mittleres Kamptal, Niederösterreich. Österr. Akad. Wiss., Math.-naturwiss.Kl., Anzeiger 116, 161-165.
- SHCHEKA, S.A., A.G. PYATKOV, A.A. VRZHOSEK, G.B. LEVASHEV und R.A. OKTYABR'SKIY (1978): Trace-element paragenesis in magnetite. Geochem. Int. 15, 56-64.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich, Bd.I: Die Zentralalpen. Wien: F. Deuticke.
- TRÜGER, W.E. (1971): Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller).
- TUFAR, W. (1966): Die Vererzung vom Siegggrabener Kogel (Burgenland). Verh. Geol. 8.-A., Jg. 1966, 55-69.
- TUFAR, W. (1968): Die Eisenlagerstätte von Buchwald ober Waldbach (Oststeiermark). Tschermaks Min. Petr. Mitt. 12, 350-391.

- TUFAR, W. (1972): Die Eisenlagerstätte von Pitten (Niederösterreich). Ein Beitrag zum Problem der ostalpinen Spatlagerstätten. Joanneum Miner. Mitt. 1972, 101-154.
- TUFAR, W. (1977): Die Evolution der Lagerstätten. Giessener Geologische Schriften (Festschrift R. Weyl) 12, 383-428.
- TUFAR, W. (1981): Die Vererzung der Ostalpen und Vergleiche mit Typlokalitäten anderer Orogengebiete. Mitt. Österr. Geol. Ges. 74/75, 265-306.
- VOHRZYKA, K. (1968): Die Erzlagerstätten von Nordtirol und ihr Verhältnis zur alpinen Tektonik. Jb. Geol. B.-A. 111, 3-88.
- WEBER, L. (1972): Zur Geologie der Umgebung von Gasen (Oststeiermark) westlich Birkfeld. Mit besonderer Berücksichtigung der Magnetitlagerstätte am Plankogel sowie der Arsen-Goldlagerstätte Gasen-Straßegg. Vorarbeit am Institut f. Geologie der Universität Wien, 1972.
- WEBER, L. (1977): Die Stellung der stratiformen Blei-Zinkvererzungen im Grazer Paläozoikum, beleuchtet an Hand der Lagerstätten Schrems-Rechberg sowie Kaltenberg-Burgstall (Oststeiermark). Joanneum Mitt. Geol. Paläont. Bergb. 38, 123-141.
- WEBER, L. (1978): Die geologischen Verhältnisse des NE-Teils des Grazer Paläozoikums unter besonderer Berücksichtigung der Vererzungen. Unveröff. Bericht der Bleiberger Bergwerks Union, A-9530 Bad Bleiberg.
- WEBER, L. (1982): The Stratiform Lead-Zinc Mineralisation of the "Paleozoic of Graz", Styria, Austria. Miner. Depos. (im Druck).
- WEINSCHENK, E. (1896): Die Mineralvorkommen des Groß-Venedigerstockes in den Hohen Tauern. Ein Beitrag zur Kenntnis der "Alpinen Mineral-lagerstätten". Z. Kristallogr. 26, 337-508.
- WENINGER, H. (1974): Die alpinen Klüftminerale der österreichischen Ostalpen. Der Aufschluß SH 25.
- WINKLER, H.G.F. (1967): Die Genese der metamorphen Gesteine. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- WINKLER, H.G.F. (1979): Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- ZADORLAKY-STETTNER, M. (1960): Beiträge zur Kenntnis der geologischen und petrographischen Verhältnisse und der Erzlagerstätten in den östlichsten Gurktaler Alpen, westlich von Friesach in Kärnten. Diss. Phil. Fak. Univ. Wien 1960, Nr. 20.290.
- ZADORLAKY-STETTNER, N. (1961): Petrographisch-geologische Untersuchungen in den östlichen Gurktaler Alpen, westlich von Friesach in Kärnten. Verh. Geol. B.-A., Jg. 1961, 155-170.
- ZADORLAKY-STETTNER, N. (1962): Die Erzlagerstätten zwischen Metnitz- und Gurktal westlich von Friesach in Kärnten. Berg- u. Hüttenm. Mh. 107, 342-351.
- ZIRKL, E.J. (1966): Zur Mineralogie des Stubachtales, besonders des Totenkopfes im Pinzgau/Salzburg. Der Aufschluß SH 15, 72-80.
- ZIRKL, E.J. (1978): Der Totenkopf. Lapis, Jg. 3, 7/8, 34-38.