

Aus dem Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz

## Ein Chlorit vom Ochsenkogel aus der Gleinalpe, Steiermark

Von Thilo TEICH

Mit 1 Abbildung und 2 Tabellen (im Text)

Eingelangt am 30. März 1984

**Inhalt:** An Hand von optischen, chemischen und röntgenographischen Daten wird gezeigt, daß es sich bei dem in der Steiermark, südöstlich vom Gleinalpen-Sattel, unterhalb des Ochsenkogels, im Kristallin des Gleinalpengebietes, am Übergang vom Serpentinitt zu Amphibolit aufgefundenen Chlorit um einen aus dem Amphibolit gebildeten Klinochlor bis Grochaut handelt.

Südöstlich vom Gleinalpen-Sattel, unterhalb des Ochsenkogels, befindet sich im Kristallin der Gleinalpe (Steiermark) ein Amphibolitzug mit linsenförmigen Einschaltungen von Serpentinitten (vgl. z. B.: Geologische Karten von BECKER 1979 oder EBNER 1983).

Im Rahmen einer Exkursion des hiesigen Institutes wurde unterhalb des Ochsenkogels, oberhalb des Weges zwischen Brendlstall und Schanzkreuz, ein faustgroßer, aus mehreren zentimetergroßen, dunkelgrün glänzenden Schuppen bis Tafeln aufgebaute Chloritbrocken gefunden.

Im Dünnschliff finden sich mächtige, leicht verbogene, parallel der ausgezeichneten Spaltung (001), zwillingslamellierte Schichtpakete mit niedriger Doppelbrechung und normaler Interferenzfarbe. Die Zwillingslamellen mit der Verwachsungsebene parallel (001) sind in Schnittlagen parallel zur kristallographischen Z-Achse des Chlorites auf Grund ihrer Auslöschungsschiefe besonders schön zu beobachten. Bei positivem optischen Charakter ist der Achsenwinkel ( $2V_z$ ), wahrscheinlich hervorgerufen durch die Verzwilligung des Chlorites, äußerst klein, d. h. fast einachsigt. Der Pleochroismus für  $n_\alpha$  ist farblos bis leicht gelblich bzw. für  $n_\beta$  und  $n_\gamma$  grünlich.

Die chemische Analyse des Chlorites und die daraus vorgenommene Formelberechnung, ausgewiesen in Tab. 1, zeigen, daß ein Magnesium-reicher, Eisen-armer trioktaedrischer Chlorit vorliegt, der bedingt durch geringen Gesamteisengehalt, in der Nomenklatur nach TSCHERMAK 1890 und 1891, als Orthochlorit zu bezeichnen ist. Nach einer von HEY 1954 vorgeschlagenen bzw. von TRÖGER & TROCHIM 1967 weitgehend beibehaltenen kristallchemischen Gliederung ist der untersuchte Chlorit, auf Grund seines geringen gewichtsprozentischen  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -Anteils (der deutlich unterhalb des Abgrenzungsschlüssels von 4 Gewichtsprozent  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  liegt), als „unoxidized“ Orthochlorit bzw. Orthochlorit anzusprechen. Kristallchemisch klassifiziert, an Hand der hier nicht wiedergegebenen Diagramme nach HEY 1954, befindet sich der Chloritprojektionspunkt im Feld für Klinochlor, nahe der Grenzfläche zu Sheridanit bzw. nach FOSTER 1962, deutlich im Feld für Klinochlor. Ein gleichlautendes Ergebnis, dargestellt in Abb. 1, Klinochlor nahe der Feldgrenze zu Grochaut, erhält man mit Hilfe des chemischen Variationsdiagrammes für

Tab. 1: Chemische Analyse und Formelberechnung (auf 10 Kationen) eines Chlorites vom Ochsenkogel in der Gleinalpe, Steiermark. Analytiker: W. BEKE und T. TEICH

SiO <sub>2</sub>	28,73	Si	2,81	} 4,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19,85	Al	1,19	
TiO <sub>2</sub>	0,16	Al	1,09	} 6,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,76	Ti	0,01	
FeO	8,19	Fe <sup>3+</sup>	0,13	
MnO	0,10	Fe <sup>2+</sup>	0,67	
MgO	27,49	Mn	0,01	
CaO	0,15	Mg	4,00	
Na <sub>2</sub> O	0,36	Ca	0,02	
K <sub>2</sub> O	0,05	Na	0,07	} 6,00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,00	K	0,00	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	12,76	P	0,00	
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,72	(OH)	8,30	
100,32				

Orthochlorite (ist 14 Å – Chlorite oder Normal-Chlorite mit niedrigen Eisen-(III)-Gehalten) nach TRÖGER & TROCHIM 1967. Außerdem enthält Abb. 1 die Verteilungsfelder für die chemischen Variationen der Orthochlorite in verschiedenen Gesteinsvorkommen nach TRÖGER & TROCHIM 1967. Im vorliegenden Fall liegt die chemische Zusammensetzung des Klinochlor-Grochautites vom Ochsenkogel, für die Verteilung in Gesteinen der magmatischen Abfolge, knapp außerhalb des Feldes der Zusammensetzung für Chlorite in Serpentiniten und Peridotiten bzw. für Vorkommen in metamorphen Gesteinen innerhalb des Feldmaximums der Zusammensetzung für Chlorite in Grünschiefern, Chloritschiefern und Amphiboliten.

Auf röntgenographischem Wege kann aus geeichten Diffraktometeraufnahmen, durch Bestimmung der d-Werte (001) und (060), die chemische Zusammensetzung des Chlorites vom Ochsenkogel ebenfalls annähernd bestimmt werden. Die zunehmende Kationen-Vertretung, von Aluminium für Silizium in der Talk-Schicht (den tetraedrischen Positionen), bewirkt eine lineare Verkleinerung des basalen d(001)-Reflexes von 14,3 auf 14,0 Å in Orthochloriten, entsprechend der in Tab. 2 ausgewiesenen Gleichungen (vgl. z. B.: BRINDLEY 1961, ALBEE 1962 oder BAILEY 1975). In den Oktaederpositionen der Talk- und Brucitschicht ergibt der zunehmende Ersatz, von Magnesium durch Eisen-(II)

Legende Abb. 1:

### CHLORIT, OCHSENKOGEL, GLEINALPE

- chemisch
- <sub>1</sub> röntgenographisch (Gesamteisen, HEY 1954)
- <sub>2</sub> ——— " ——— (Eisen-II, SHIROZU 1958)
- ▲ KLINOCHLOR in Serpentiniten der Gleinalpe (ANGEL 1924)

Verteilung:

- — — CHLORITE IN GRÜNSCHIEFERN, CHLORITSCHIEFERN UND AMPHIBOLITEN
- ..... CHLORITE IN SERPENTINITEN UND PERIDOTITEN

und Mangan, daß der b-Parameter der monoklinen und orthogonalen Zelle, den man aus dem Reflex d (060) erhält, linear von 1,53 zu 1,55 Å ansteigt, gemäß der in Tab. 2 dargelegten Gleichungen nach ENGELHARDT 1942, HEY 1954, SHIROZU 1958 und BRINDLEY 1961. Eine entsprechende Zusammenfassung und Gegenüberstellung der auf chemischen und röntgenographischen Wege bestimmten Zusammensetzung sowie der röntgenographisch bestimmten d-Werte und der aus der chemischen Formel berechneten d-Werte des untersuchten Chlorites bringt Tab. 2. Die an Hand der d-Werte bestimmte Zusammensetzung des Chlorites (interpretiert in Abhängigkeit vom Eisen-(II)-Gehalt: Grochaut bzw. Gesamteisengehalt: Grochaut-Rhipidolith nahe Klinochlor) ist zum Vergleich in das

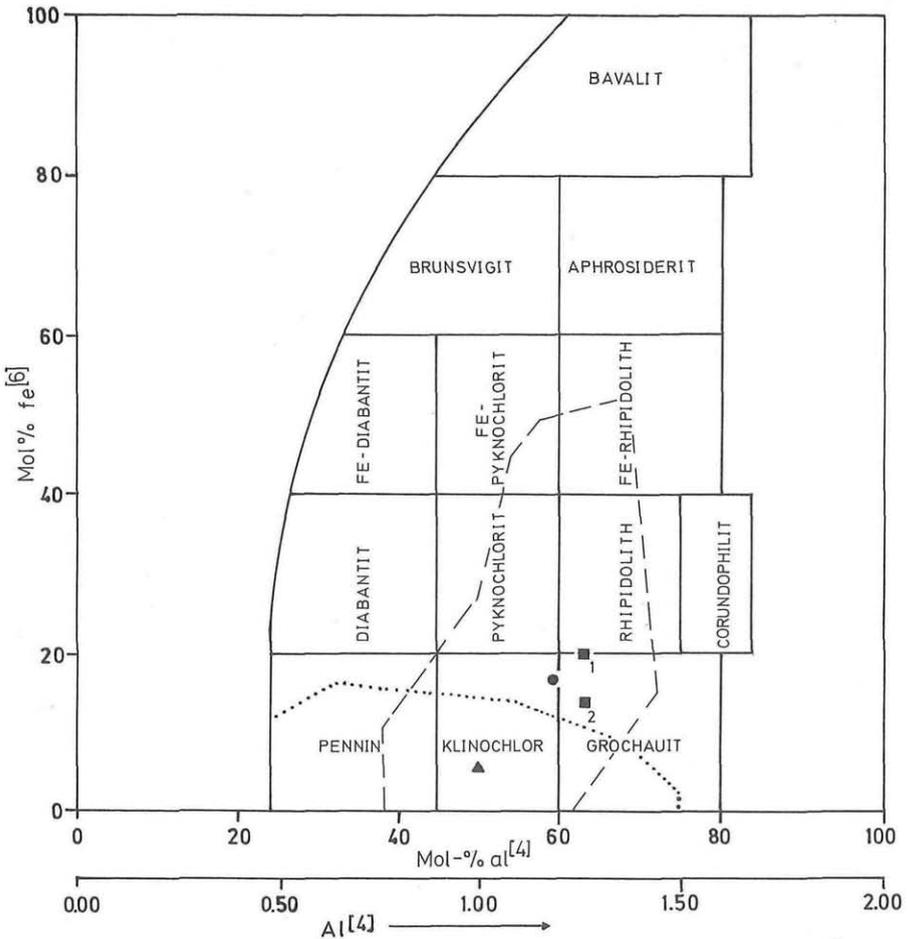


Abb. 1: Chemisches Variationsdiagramm der Orthochlorite (14 Å-Chlorite oder Normal-Chlorite mit niedrigen Eisen-(III)-Gehalten) und chemische Variation der Normal-Chlorite in Gesteinsvorkommen der magmatischen Abfolge (Chlorite in Serpentiniten und Peridotiten) bzw. der metamorphen Abfolge (Chlorite in Grünschiefern, Chloritschiefern und Amphiboliten) nach TRÖGER & TROCHIM 1967. Eingetragen ist der Chlorit vom Ochsenkogel aus der Gleinalpe (chemisch- und röntgenographisch bestimmt) und der Klinochlor aus Serpentiniten des Gleinalpengebietes nach ANGEL 1924.

Tab. 2: Chlorit, Ochsenkogel, Gleinalpe: Vergleich der chemisch ermittelten Zusammensetzung mit der röntgenographisch bestimmten Zusammensetzung des Chlorites bzw. Vergleich der röntgenographisch festgestellten d-Werte mit den aus der chemischen Analyse berechneten d-Werten des Chlorites. Die Diffraktometeraufnahmen (Wellenlänge: Cu K $\alpha$  = 1,54178 Å, Ni-Filter) wurden geeicht mit Quarz, Silizium und Talk.

Chlorit, Ochsenkogel, Gleinalpe, Mittelwert gebildet aus drei und mehr Diffraktometeraufnahmen:

$$d_{(001)} = 14,177 \text{ \AA}$$

$$d_{(060)} = 1,539 \text{ \AA}, b = 9,234 \text{ \AA}$$

Berechnung von  $d_{(001)}$  bzw.  $b$  aus der chemischen Formel (Tab. 1).

Berechnung von Al<sup>[4]</sup>, Fe- und Mn-Werten aus dem röntgenographisch bestimmten  $d_{(001)}$  bzw.  $b$ . Röntgenographisch ist:

Aus der chemischen Formel ist:

Al <sup>[4]</sup> = 1,19	BRINDLEY (1961)	$d_{(001)} = 14,55 \text{ \AA} - 0,29 (\text{Al}^{[4]}) = 14,20 \text{ \AA}$	Al <sup>[4]</sup> = 1,25
Al <sup>[4]</sup> = 1,19	BAILEY (1975)	$d_{(001)} = 14,648 \text{ \AA} - 0,378 (\text{Al}^{[4]}) = 14,205 \text{ \AA}$	Al <sup>[4]</sup> = 1,28
Al <sup>[4]</sup> + Al <sup>[6]</sup> + Cr = 2,28	BAILEY (1975)	$d_{(001)} = 14,52 \text{ \AA} - 0,14 (\text{Al}^{[4]} + \text{Al}^{[6]} + \text{Cr}) = 14,20 \text{ \AA}$	Al <sup>[4]</sup> + Al <sup>[6]</sup> + Cr = 2,45
Fe <sup>2+</sup> = 0,67	ENGELHARDT (1942)	$b = 9,22 \text{ \AA} + 0,028 (\text{Fe}^{2+}) = 9,24 \text{ \AA}$	Fe <sup>2+</sup> = 0,51
Fe <sup>2+</sup> + Mn <sup>2+</sup> = 0,68	SHIROZU (1958)	$b = 9,21 \text{ \AA} + 0,039 (\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}^{2+}) = 9,23 \text{ \AA}$	Fe <sup>2+</sup> + Mn <sup>2+</sup> = 0,62
Fe <sup>2+</sup> + Mn = 0,68	BRINDLEY (1961)	$b = 9,21 \text{ \AA} + 0,037 (\text{Fe}^{2+}, \text{Mn}) = 9,23 \text{ \AA}$	Fe <sup>2+</sup> + Mn = 0,66
Fe <sup>tot.</sup> + Mn <sup>2+</sup> = 0,81	HEY (1954)	$b = 9,202 \text{ \AA} + 0,028 (\text{Fe}^{tot.} + 0,047 \text{ Mn}^{2+}) = 9,225 \text{ \AA}$	Fe <sup>tot.</sup> + Mn <sup>2+</sup> = 0,99

Diagramm, Abb. 1, nach TRÖGER & TROCHIM 1967 eingetragen und bestätigt, bei leicht erhöhten Aluminium- und Eisen-Werten, das Ergebnis der chemischen Analyse.

Zusammenfassend kann daher festgestellt werden, daß es sich beim Chlorit vom Ochsenkogel um einen Orthochlorit oder trioktaedrischen Normal-Chlorit mit einer 14-Ängström-Struktur (Polytyp IIb nach BROWN & BAILEY 1962) mit geringen Eisen-(III)-Gehalten in den Oktaederlagen handelt, der auf Grund seiner verhältnismäßig geringen Eisen-(II)-Substitution für Magnesium in den Oktaederpositionen, der Magnesium-reichen aber Eisen-(II)-armen: Pennin-Klinochlor-Grochaut-Reihe angehört. In Abhängigkeit des Ersatzes von Silizium durch Aluminium in den Tetraederpositionen ist der Ochsenkogel-Chlorit als Klinochlor bis Grochaut zu bezeichnen. Die Formelberechnung (Tab. 1) zeigt ferner, daß die Summe der dreiwertigen Kationen in den Oktaederlagen fast gleich der Summe der dreiwertigen Aluminium-Substitutionen in den Tetraederlagen ist. Im Gegensatz zu einem von ANGEL 1924:138 beschriebenen, Eisen-armen Magnesium-Chlorit: Klinochlor (zum Vergleich eingetragen in Abb. 1) aus Serpentiniten des Gleinalpengebietes, entspricht der eisenreichere Magnesium-Chlorit: Klinochlor bis Grochaut vom Ochsenkogel auf Grund des höheren Aluminium-Anteils eher der metamorphen Paragenese des Amphibolites.

Wie die experimentellen Untersuchungen (vgl. z. B.: YODER 1952, ROY & ROY 1955 oder NELSON & ROY 1958) zeigen, besitzen die Magnesium-Chlorite ein recht breites Stabilitätsfeld mit einem oberen Temperaturbereich von 680 bis 700° C bei 0,7 bis 2,0 Kilobar Druck bzw. einem unteren Temperaturbereich im Mittel um 450° C, so daß in der vorliegenden Untersuchung eine nähere Aussage über die Bildungsbedingungen des Ochsenkogel-Chlorites nicht möglich ist.

## Dank

Zur Ausführung dieser Arbeit standen mir die Mittel und Einrichtungen des Institutes für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Karl-Franzens-Universität Graz, Vorstand Univ.-Prof. Dr. E. M. WALITZI, zur Verfügung.

## Literatur

- ALBEE A. L. 1962. Relationships between the mineral association, chemical composition and physical properties of the chlorite series. – *Amer. Miner.* 47, 851–870.
- ANGEL F. 1924. Gesteine der Steiermark. – *Mitt. naturw. Ver. Steiermark*, 60, Graz 1924.
- BAILEY S. W. 1975. Chlorites, 7, 191–263 in GIESEKING J. E. 1975.
- BECKER L. P. 1979. Geologische Karte der Republik Österreich. – Blatt: 162, Köflach, hrsg. v. d. Geol. B. A., Wien 1979.
- BRINDLEY G. W. 1961. Chlorite minerals. 6, 242–296 in BROWN G. 1961.
- BRINDLEY G. W. & BROWN G. 1980. Crystal structures of clay minerals and their identification. – *Mineralogical Society, Monogr.* 5, London 1980.
- BROWN G. 1961. The x-ray identification and crystal structures of clay minerals. – *Mineralogical Society (Clay miner. Gr.)*, London 1961.
- BROWN B. E. & BAILEY S. W. 1962. Chlorite polytypism: I. Regular and semirandom one-layer structures. – *Amer. Miner.* 41, 819–850.
- EBNER F. 1983. Geologische Karte des mittleren Murtales (Bezirke Graz, Graz-Umgebung und Teile des Bezirks Bruck/Mur). – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmuseum Joanneum*, 44, Graz 1983.

- ENGELHARDT W. v. 1942. Die Strukturen von Thuringit, Bavalit und Chamosit und ihre Stellung in der Chloritgruppe. – Z. Krist. 104, 142–159.
- FOSTER M. D. 1962. Diagramm in BRINDLEY G. W. & BROWN G. 1980.
- GIESEKING J. E. 1975. Soil components. Vol. 2, Inorganic components. – Springer Verl. Berlin 1975.
- HEY M. H. 1954. A new review of the chlorites. – Miner. Mag. 30, 277–292.
- NELSON B. W. & ROY R. 1958. Synthesis of the chlorites and their structural and chemical constitution. – Amer. Miner. 43, 707–725.
- ROY D. M. & ROY R. 1955. Synthesis and stability of minerals in the system  $MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$ . – Amer. Miner. 40, 147–178.
- SHIROZU H. 1958. Gleichung aus BRINDLEY G. W. & BROWN G. 1980.
- TRÖGER W. E. 1967. Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Teil 2, Textband. – Verlag E. Schweizerbart, Stuttgart 1967.
- TRÖGER W. E. & TROCHIM H.-D. 1967. Diagramme in TRÖGER W. E. 1967.
- TSCHERMAK G. 1890. Die Chloritgruppe. – Sitzungsber. d. Akad. Wiss. Wien, Abt. I. 99, 174–266.
- TSCHERMAK G. 1891. Die Chloritgruppe. – Sitzungsber. d. Akad. Wiss. Wien, Abt. I. 100, 29–107.
- YODER H. S. 1952. The  $MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O$  system and the related metamorphic facies. – Amer. Journ. Sc. BOWEN Vol. 569–627.

Anschrift des Verfassers: Dr. Thilo TEICH, Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Karl-Franzens-Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Österreich.