

Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 48 (1968)

Heft: 2

Artikel: Zur Mineralchemie von Hellglimmern in den Tessineralpen

Autor: Schwander, H. / Hunziker, J. / Stern, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-37773>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Mineralchemie von Hellglimmern in den Tessiner Alpen

Von *H. Schwander* *), *J. Hunziker* **) und *W. Stern* *)

Mit 20 Textfiguren und 8 Tabellen

Zusammenfassung

In Fortsetzung früherer Untersuchungen über den Chemismus gesteinsbildender Biotite werden in der vorliegenden Arbeit chemische und physikalische Daten von 114 Glimmern (vor allem von Muskowiten) präsentiert. Die verwendeten spektrometrischen, spektrographischen, differentialthermoanalytischen und röntgendiffraktometrischen Methoden werden *kurz* beschrieben.

Anhand der nach FOSTER berechneten Strukturformeln werden die Ladungs- und Positionsverhältnisse der Glimmer-Oktaederschicht gestreift. Wesentliche Unterschiede bestehen zwischen dem Verhalten des Muskowit- und des Biotitchemismus gegenüber Muttergesteinszusammensetzung und Mineralbildungsbedingungen:

- Muskowite erweisen sich in ihrem chemischen Verhalten als weitgehend unabhängig vom Muttergesteinschemismus (Fig. 17, 18).
- Biotite hingegen bilden in ihrem Chemismus die Verhältnisse des Muttergesteines ab (Fig. 17).
- Muskowite verraten in ihrem Chemismus eine Abhängigkeit von den bei der Mineralbildung herrschenden p/t-Bedingungen, wobei der Temperatur ein entscheidender Einfluss zuzukommen scheint (Fig. 20).
- Biotite lassen auf Grund ihres Chemismus Rückschlüsse auf die physikalischen Bildungsbedingungen anscheinend nicht zu.

Die Vorliebe einzelner Elemente für besondere Mineralien kann auf verschiedenen Wegen verfolgt werden: entweder betrachtet man den Trend eines Elementes zu einer bestimmten Mineralart X oder Y, oder man untersucht das gegenseitige Verhalten zweier Elemente A/B innerhalb einer bestimmten Mineralart, oder endlich zweier Elemente innerhalb zweier Mineralarten $\left(\frac{A}{B}\right)_X / \left(\frac{A}{B}\right)_Y$. Kritisch ist in jedem Fall die Abklärung, ob Gleichgewicht erreicht wurde, und bei Vergleichen zwischen mehreren Mineralarten der Nachweis simultaner Genese. Eine spätere Arbeit soll diese Zusammenhänge anhand eines erweiterten Datenmaterials beleuchten.

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut, Bernoullianum, 4000 Basel.

**) Mineralogisch-Petrographisches Institut, Sahlistr. 6, 3000 Bern.

Zur Darstellung der analysierten Muskowite ist zu bemerken, dass die Hellglimmer auf Grund der Strukturformeln rechnerisch in die Endglieder Phengit, Ferrimuskwit und Idealmuskowit zerlegt wurden (Fig. 18). Von der Berechnung des Seladonitmoleküls wurde abgesehen, da Seladonit und phengitischer Glimmer erfahrungsgemäss nie zusammen vorkommen.

Die röntgendiffraktometrischen Daten bestätigen die gelegentlich früher schon geäusserte Vermutung, dass der Gitterparameter b der Hellglimmer empfindlich auf chemische Variationen innerhalb der Oktaederschicht anspricht (Fig. 5, 19).

Die Differentialthermoanalyse der untersuchten Glimmer liess auf Grund verschiedener exo- und endothermer Reaktionen die Bildung von drei Gruppen zu, denen aber keine grundsätzliche Bedeutung zukommt (Fig. 7). Es zeigte sich nämlich, dass gewisse Biotitpeaks, die gelegentlich zwischen 200 und 900°C auftreten können, zwar reproduzierbar sind, aber als Interferenzerscheinungen von zwei gegenläufigen Reaktionen (exotherme Oxidation FeO zu Fe₂O₃, und endotherme Entwässerung) aufgefasst werden müssen, weitgehend von äusseren Faktoren (Korngrösse etc.) abhängen und somit keine Materialkonstanten darstellen (Fig. 8).

Die Autoren haben sich bemüht, das recht umfangreiche Datenmaterial in möglichst knapper Form darzustellen, hoffen aber, dass die Lesbarkeit hierdurch und durch die notwendige Auslassung aller Zwischenresultate nicht allzu sehr gelitten hat.

Summary

As a continuation of earlier investigations on the chemistry of rock-forming biotites, this paper presents chemical and physical data of 114 micas (mainly muscovites). The spectrometrical, spectrographical, differential-thermoanalytical, and X-ray diffractometrical methods applied are *briefly* described.

Using the calculated structure-formulae after FOSTER, the charge- and position-proportions of the mica octahedron layer are treated roughly. Substantial differences exist between the character of the muscovite- and biotite-chemistry with respect to the composition of the mother-rock, and the conditions of mineral formation:

- the chemistry of the muscovites is shown to be fairly independant of the chemistry of the mother-rock (fig. 17, 18);
- on the other hand, the chemistry of the biotites is modelled on that of the mother-rock (fig. 17);
- the chemistry of the muscovites betrays a dependance on the p/t conditions during the mineral-formation, where the temperature has a decisive influence (fig. 20);
- the biotites, on the basis of their chemistry, give no definite conclusion as to the physical conditions of formation.

The tendency of individual elements to be found in particular minerals can be followed up in different ways: either one considers the trend of an element A to definite mineral-types X versus Y, or one can investigate the mutual behaviour of two elements A versus B within a definite mineral-type, or lastly two elements within two mineral-types $\left(\frac{A}{B}\right)_X / \left(\frac{A}{B}\right)_Y$. Critical is, in each case, the clarification whether equilibrium was reached. If two mineral-types X and Y are considered together, then it must be proved that X and Y were formed simultaneously. A future paper will examine these relationships, with the aid of enlarged data material.

In describing the analysed muscovites, one should mention that the light micas were mathematically split up into the end members phengite, ferrimuscovite, and "ideal"

muscovite, on the basis of the structure-formulae (fig. 18). The calculations of the celadonite molecule was disregarded, because celadonite and phengitic mica, according to experience, never occur together.

The X-ray diffractometrical data confirm the already expressed supposition that the lattice parameter *b* of the muscovites is quite sensitive to chemical variations within the octahedral layer (fig. 5, 19).

The differential-thermo-analysis of the determined micas permit the formation of three groups (on the basis of different exo- and endothermic reactions), to which, on the other hand, no basic significance can be seen (fig. 7). It can be shown that certain biotite peaks — which occasionally can occur between 200 and 900°C, can indeed be reproduced, but must be interpreted as interference phenomena of two reciprocal reactions (exothermic oxidation of FeO to Fe₂O₃, and endothermic dehydration) — depend extensively on exterior factors (grain size etc.), and are therefore not material constants (fig. 8).

The authors have striven as much as possible to concentrate the very extensive data-material, and to omit all intermediate results, but, on the other hand, hope that the readability has not thus suffered too much.

EINLEITUNG

Die vorliegende Arbeit ist eine erste Fortsetzung der am Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Basel durchgeführten Untersuchungen an dunklen Glimmern aus der Tessiner Region (WENK et al., 1963). In jenem ersten Bericht erfolgte eine Zusammenstellung chemischer und einiger physikalischer Daten von ca. 50 Biotiten und Phlogopiten. Hauptanliegen war zunächst die Schaffung einer Dokumentation, die Kenntnis der regionalen Streuung der Glimmerchemismen.

Darüberhinaus ging es vor allem darum, den Zusammenhang zwischen Glimmer- und Gesteinschemismus einerseits, und den Einfluss der alpinen Metamorphose auf den Glimmerchemismus andererseits abzuklären. Aus praktischen Gründen lagen die meisten Biotitfundpunkte im Verzascatal, wo infolge eines Kraftwerkbaues gute Aufschlussverhältnisse vorlagen. Es konnte gezeigt werden, dass der Mg-Gehalt der Mg- und Fe-reichen Biotitendglieder durch Paragenese und Gesteinszusammensetzung bedingt ist, und nicht durch Metamorphosegrad oder geologische Position. Biotite mit intermediären Mg/Fe-Verhältnissen kommen indessen in der Zone der Anatexis in sehr verschiedenartigen geologischen Körpern vor: in hellen und dunklen Gneissen, Glimmerschiefern und Pegmatiten; die Biotitvariation entspricht demzufolge im wesentlichen der Wirtgesteinsvariation.

1966 veröffentlichte STERN über Pegmatit- und Nebengesteinsglimmer der Tessiner Region neue geochemische Daten und konnte die Ähnlichkeit und nahe Verwandtschaft von Pegmatit- und Nebengesteinsglimmer nachweisen; die Entstehung der untersuchten Pegmatite infolge anatektischer Vorgänge wurde postuliert.

Die vorliegende Arbeit nun bringt neue geochemische und physikalische

Daten von 83 Muskowiten und 31 koexistierenden Biotiten. Mit den jetzt vorhandenen 50 koexistierenden Muskowit-Biotitpaaren wird endlich statistisches Arbeiten möglich. Sämtliche Analysenwerte wurden von denselben Analytikern und nach denselben Methoden gewonnen, so dass die Korrelation der Daten statthaft ist.

Die Schlussfolgerungen, von denen in der vorliegenden Arbeit ein Teil präsentiert wird, fassen hauptsächlich auf Überlegungen geochemischer Art; die petrographischen Aspekte sollen später von berufenerer Seite behandelt werden.

Dem Leiter des Mineralogisch-petrographischen Institutes, Herrn Prof. Dr. E. Wenk, verdanken wir zahlreiches Probenmaterial und die Erlaubnis, auf die Sammlungen des Institutes zurückzugreifen; wir danken ihm ferner für die Durchsicht des Manuskripts.

Die Arbeiten zur Mineralchemie der hellen Glimmer, sowie die Anschaffung einer DTA-Apparatur wurden in verdankenswerter Weise durch einen Forschungskredit des Schweizerischen Nationalfonds (Projekt 3136) ermöglicht.

METHODISCHES

Chem. Hauptkomponenten

Die Aufbereitung der Gesteinsproben und die chemische Analyse der Mineralmuster erfolgte grundsätzlich nach den 1963 (WENK et al., HUNZIKER, 1966; STERN, 1966) beschriebenen Methoden (siehe auch technische Daten S. 361).

Von den früher beschriebenen Verfahren abweichend wurde die Standardisierung enger gefasst und die Probenvorbereitung in vermehrtem Masse mechanisiert.

Der Boraxaufschluss der Silikatproben wurde verbessert, indem spezielle Graphittiegel (\varnothing 12,5 mm \times 12,5 mm „glasartige Kohle“, Typ 25201, Qualität V 25 der Firma Le Carbone) im Muffelofen 15' bei 1000° C verwendet wurden.

Die im Handel erhältlichen Mahleinrichtungen für Laboratoriumszwecke erwiesen sich als ungeeignet für den Dauerbetrieb, da sich die Mahlcharakteristik mit der Zeit änderte. Ein selbstkonstruierter Mahlautomat mit mechanisch gutgelagerten bewegenden Teilen¹⁾ erzielte eine reproduzierbare Korngrößenverteilung. Unserer Laborantin, Fräulein E. Nebel, verdanken wir die sorgfältige Ausführung der quantometrischen Hauptkomponentenanalysen.

Chem. Spurenelemente

Das spektrographische Spurenanalysenprogramm konnte mit den Elementen Li, Rb, Cs und F erweitert werden (STERN, 1967).

¹⁾ Die werkgerechte Ausführung verdanken wir Herrn E. Glauser.

Table with columns for Probe, Hauptkomponenten (SiO2, Al2O3, FeO, MnO, MgO, CaO, Na2O, K2O, TiO2, H2O, Summe), Strukturalformeln (Si, AlIV, AlVI, Fe2+, Fe3+, Mn, Mg, Ti, Summe, Ca, Na, K, Summe Bilanz, R, Fe), Phengitgehalte in %, and Spurenelemente in ppm (Ba, Be, B, V, Zr, Ni, Sr, Cr, Probe). The table contains detailed analytical data for various mineral samples.

Fortsetzung siehe Rückseite

Leere Seite
Blank page
Page vide

Tabelle 2. *Li-, Rb-, Cs- und Fluorgehalt einiger Muskowite*

Probe ppm	Li	Rb	Cs	F %	Probe ppm	Li	Rb	Cs	F %
Vz 222	80	660	180	< 0,1	Hu/St 900	50	550		< 0,1
Vz 297	85	700		< 0,1	Hu/St 915	110	500		< 0,1
Vz 298	180	1600	800	< 0,1	Hu/St 923	240	200		1,0
Vz 408 b	60	750	< 50	< 0,1	Toce 24 b	105	750		< 0,1
Vz 431 a	100	2000	< 50	< 0,1	Toce 59 b	35	65		< 0,1
Vz 443	19	560	< 500	< 0,1	Riv. 5	200	4000		< 0,1
Vz 477	180	2800	250	< 0,1	Wi 462	90	620	350	< 0,1
Vz 478 a	45	1150	< 500	< 0,1	Wi 464	60	500		< 0,1
Vz 478 c	55	1300		< 0,1	Ad. 41 b	85	1400	800	< 0,1
Vz 495	25	35		< 0,1	Vals I	60	1200	700	0,1
Vz 500 a	80	900	170	< 0,1	Ha 188	65	580	180	< 0,1
Vz 501	230	1500	180	< 0,1	Ha 198	110	300		< 0,1
Std 4 M	40	70		< 0,1	Ha 199	80	700		< 0,1
Bedr. 29 c	150	100		< 0,1	Sponda III	19	50	< 500	< 0,1
FK 220	35	700	< 500	< 0,1	Mis. 40	28	1150	< 500	< 0,1
Gli 1	110	1900	190	< 0,1					
Gli 11	150	800		< 0,1					

Technische Daten*Hauptkomponenten*

Spektrometer:	1,5 m JACO Atomcounter (Jarrell-Ash)
Dispersion:	2. Ordnung 2,7 Å/mm
Bereich:	2. Ordnung 2,200—4,500 Å
Anregung:	Hochspannungsfunken 22 KV (Primärspannung stabilisiert)
C:	0,05 mF
R:	25 KΩ
L:	40 mH
Hilfsfunkenstrecke:	3 Entladungen pro Halbwelle
Vorfunkzeit:	5 sec
Brennzeit:	nach Erreichen von 6000 Impulsen des IS unterbrochen (15—18 sek)
Pressling:	6 mm ∅ : Gewicht 200 mg Mischungsverhältnis Silikat (verglüht) zu Borax/Graphit = 1 : 4 : 20
Abbrand:	je 3 Tabletten pro Probe
Gegenelektrode:	RW-1, zugespitzt
Elektrodenabstand:	6 mm Konzentrationsbereich
Na	3302.32 Å IS
Si	2881.58 20—70 % SiO ₂
Al	3082.16 10—50 % Al ₂ O ₃
Fe	2599.40 2—30 % Fe ₂ O ₃

Mg	2802.70 Å	0,1—20 % MgO
Ca	3158.87	0,1—20 % CaO
Ti	3372.80	0,1—4 % TiO ₂
Mn	2593.73	0,05—2 % MnO

Alkalien und Spurenelemente

Spektrograph:	1,5 m JACO-Wadsworth-Gitterspektrograph (Jarrel-Ash)		
Dispersion:	1. Ordnung 10,8 Å/mm (Li, Rb, Cs, F)		
	2. Ordnung 5,4 Å/mm (Na, K, Spurenelemente)		
Bereich:	1. Ordnung 4.200—9.600 Å		
	2. Ordnung 2.100—4.800 Å		
Spalt:	25 μ 7-Stufenfilter vor Spalt		
	40 μ 7-Stufenfilter vor Spalt, Glasfilter		
Anregung:	RSV-Gerät, eingebaute Stromstabilisierung		
	Bogenstabilisierung: Stallwood-Jet, 5 l CO ₂ /min		
Abreissbogen:	Li, Rb, Cs, F:	Brennzeit 0,08 sec	Brennpause 0,08 sec
		Strom 12 A	
	Na, K:	Brennzeit 0,08 sec	Brennpause 0,32 sec
		Strom 12 A	
	Spurenelemente:	Brennzeit 0,08 sec	Brennpause 0,12 sec
		Strom 8 A	
Abbrandzeit:	2 min, ohne Vorbrennzeit		
Probe:	Pressling 6 mm Ø, Gewicht 200 mg		
	Mischungsverhältnis Li, Rb, Cs, F:		
	Silikat (verglüht): Ag-Pulf. purum:		
	CaCO ₃ : Graphit = 1 : 1 : 2 : 4,7		
	Doppelbelichtung 2 × 1 min		
	Na, K: Silikat: Li ₂ CO ₃ : RbCl: Graphit = 5 : 1 : 12,5 : 25		
	Spurenelemente Silikat (verglüht):		
	CuO: Graphit = 4 : 1 : 20		
Gegenelektrode:	RW-2 der Ringsdorff-Werke, zugespitzt		
Elektrodenabstand:	4 mm		
Linien:	Li 8126.5 Å	Na 3302.3 Å	Cr 4252.4 Å
	6707.8	K 4044.1	Sr 4077.7
	Rb 7800.2		Ni 3414.8

Cs 8521.1 Å
CaF 6064

Zr 3392.0 Å
B 2497.7
Be 2348.6
Ba 4554.0

Filmmaterial: Kodak Infrarot-Film 401

Kodak Spektrum Analysis
no. 1

Auf die Fluorwerte der untersuchten Glimmer sei hier kurz eingegangen, ohne einer gegenwärtig in Gang befindlichen Dissertationsarbeit über die nass-chemische Bestimmung des Fluors in Silikaten vorzugreifen.

Auffällig ist der ausserordentlich tiefe Fluorgehalt der hier spektrographisch untersuchten Hellglimmer. Er deckt sich mit den (allerdings spärlichen) Literaturwerten, die bisher aus dem Untersuchungsgebiet bekannt geworden sind (Chemismus Schweizer Gesteine, 1930, 1942) und deren Fluorgehalt im Mittel ca. 250 ppm beträgt, während der Mittelwert einer vergleichbaren Anzahl deutscher Muskowite (MÜLLER, 1966) 7500 ppm erreicht. Hervorgehoben sei, dass die Literaturwerte aus dem Tessin sich in erster Linie auf Pegmatitmuskowite beziehen, es sich bei den deutschen Hellglimmern aber um Granitmuskowite handelt. Ob hier genetisch bedingte Verschiedenheiten eine Rolle spielen, sei vorderhand dahingestellt. Dass die niedrigen Fluorkonzentrationen nicht etwa verfahrenstechnisch bedingt sind (es gelangten verglühte Muskowitproben zur Analyse), zeigt Fig. 1, da im geprüften Fall der durch Glühen bedingte

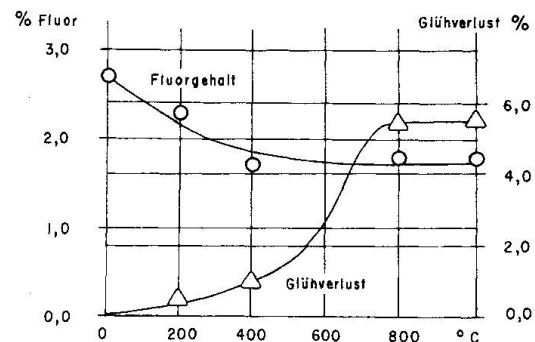


Fig. 1. Glüh- und Fluorgehaltsverlust des Lepidolitstandards NBS 183.

Fluorverlust auf ca. 30% beschränkt blieb. Es dürfte aber die Lage des Fluorions im Kristallgitter auf das Verhalten des Fluors unter thermischen Einflüssen eine Rolle spielen; sie sollte Gegenstand einer gesonderten Studie sein.

Physikalische Daten

Optik und Dichte

Die optischen Parameter n_β , n_γ und $2V$, sowie die Dichte D wurden nach den früher beschriebenen Verfahren (WENK et al., 1963; HUNZIKER, 1966) ermittelt; eine Übersicht gibt Tab. 3.

Tabelle 3. *Dichte, Lichtbrechung und Farbe. Muskowite*

Probe	Dichte	Lichtbrechung		Farbe Auflicht
		n_β	n_γ	
Vz 222	2,82	1,591	1,599	5 Y 8/1
Vz 297	2,76	1,595	1,601	5 Y 8/1
Vz 298	2,80	1,593	1,596	5 Y 8/1
Vz 408 b 1,2	2,85	1,595	1,599	5 Y 6/1
Vz 408 b 1,6	2,85	1,592	1,601	5 Y 7/1
Vz 431 a	2,73	1,595	1,604	5 GY 7/1
Vz 432	2,82	1,597	1,604	5 Y 8/1
Vz 443	2,87	1,594	1,600	5 Y 8/1
Vz 477 1,1	2,84	1,592	1,601	5 Y 8/1
Vz 477 1,6	2,85	1,598	1,605	5 GY 8/1
Vz 478 a	2,82	1,595	1,601	5 Y 7/1
Vz 478 b	2,85	1,594	1,601	5 Y 7/1
Vz 478 c	2,85	1,594	1,600	5 Y 7/1
Vz 495	2,81	1,595	1,599	5 Y 8/1
Vz 500 a	2,83	1,594	1,599	5 Y 8/1
Vz 501 1,0	2,78	1,595	1,598	5 YR 7/1
Vz 501 1,4	2,83	1,595	1,599	5 Y 8/1
Vz 501 1,8	2,82	1,595	1,598	5 YR 8/1
Std 4 M	2,84	1,594	1,599	5 Y 7/1
Bedr. 29c	2,87	1,594	1,602	N 6
FK 220	2,85	1,591	1,598	5 Y 8/1
FK 226	2,86	1,598	1,602	5 Y 8/1
FK 227	2,84	1,591	1,601	5 Y 8/1
Gli 1 1,5	2,74	1,591	1,597	N 8
Gli 4	2,84	1,593	1,601	5 Y 8/1
Gli 9	2,91	1,591	1,597	10 YR 8/2
Gli 10 1,1	2,85	1,594	1,599	5 Y 8/1
Gli 10 1,5	2,72	1,594	1,602	N 8
Gli 11 1,6	2,87	1,595	1,599	N 7
Hu/St 95	2,78	1,592	1,595	5 GY 9/1
Hu/St 900	2,85	1,595	1,602	5 Y 6/1
Hu/St 915 1,1	2,90	1,595	1,600	5 Y 8/1
Spl 22	2,83	1,593	1,597	N 9
Sponda III	2,86	1,595	1,601	5 Y 9/1
Toce 24 b	2,84	1,596	1,602	5 Y 7/1
Toce 59 a	2,81	1,594	1,599	N 9
Toce 59 b	2,76	1,594	1,600	5 GY 8/1
Riv 5	2,86	1,593	1,599	N 8
Binn 1 a	2,76	1,591	1,597	5 GY 9/1
WS 2261	2,84	1,596	1,602	5 Y 8/1
WS 2267	2,84			5 Y 8/1
Vals I		1,598	1,604	5 GY 7/1
Ad 41 b	2,86	1,598	1,604	5 GY 7/1
Wi 462	2,86	1,589	1,599	5 Y 8/1
Wi 464	2,87	1,597	1,602	5 Y 8/1
Ha 135	2,88	1,596	1,602	
Ha 188	2,84	1,597	1,601	10 XR 8/4
Ha 198	2,85	1,595	1,601	5 Y 8/1
Ha 199	2,85	1,595	1,600	5 Y 6/1
Ha 225	2,85	1,594	1,598	5 Y 7/1
Sementina	2,84	1,596	1,600	5 YR 9/1
	$\pm 0,02$		$\pm 0,001$	

Tabelle 3. (Fortsetzung)

Probe	Dichte	Lichtbrechung		Farbe Auflicht
		n_{β}	n_{γ}	
Mis 40	2,84	1,595	1,601	10 YR 7/2
KAW 74	2,88			
Hu 1079	3,03	1,607	1,613	5 Y 7/1
Hu 1086a	2,88	1,601	1,607	5 Y 6/1
Hu 1103	2,87	1,607	1,613	5 Y 6/1
Hu 1128	2,88	1,598	1,604	5 Y 7/1
Hu 1132	2,99	1,595	1,601	5 Y 7/1
Hu 1133a	2,91	1,603	1,609	5 Y 6/1
Hu 1160a ₂	2,89	1,593	1,599	5 Y 6/1
Hu 1170b ₁	2,89	1,593	1,599	5 Y 6/1
Hu 1170b ₃	2,95	1,603	1,609	5 Y 7/1
Hu 1202c	2,87	1,595	1,601	N 7
Hu 1202d	2,92	1,595	1,601	5 Y 7/1
WS 31a			1,596	N 0/9
WS 43a	2,86		1,606	N 0/8
WS 43b		1,605	1,608	5 YR 9/1
WS 62a	2,86	1,596	1,598	N 0/9
WS 64a		1,593	1,597	N 0/9
WS 64b	2,87	1,596	1,602	5 YR 9/1
WS 33a	2,91		1,598	N 0/9
Fa 2 h'	2,84		1,603	
Fa 6 i	2,82		1,614	
Fa 11 i	2,82		1,602	
Fa 17 a'	2,80		1,600	
Fa 25 a'	2,81		1,596	
Fa 25 a	2,81		1,600	
Fa 41 a'	2,80		1,602	
Fa 48 a'	2,81		1,605	
Fa 48 a	2,82		1,607	
	$\pm 0,02$		$\pm 0,001$	

Biotite und Phlogopite

Vz 443	3,1		1,645	5 YR 2/2
Vz 495	2,96		1,642	5 YR 7/1
FK 220	3,05		1,638	10 YR 6/4
FK 227	3,05		1,638	10 YR 3/2
Gli 4	3,1		1,653	5 YR 2/4
Gli 5	3,03		1,650	5 Y 2/1
Gli 9	3,1		1,652	
Hu/St 923	2,82		1,597	5 YR 8/1
Hu 1079	2,76		1,644	N 2
Hu 1086 a	3,11		1,634	N 1
Hu 1103	3,02		1,645	5 GY 2/1
Hu 1128	2,75		1,618	5 Y 4/1
Hu 1132	2,79		1,622	5 Y 5/1
Hu 1133 a			1,638	5 Y 2/1
Hu 1160 a ₂	3,07		1,638	5 YR 3/1
Hu 1170 b ₁	3,05		1,634	5 YR 3/2
Hu 1170 b ₃	3,17		1,649	
Hu 1202 c	3,01		1,638	10 YR 2/2
	$\pm 0,002$		$\pm 0,001$	

Tabelle 3. (Fortsetzung)

Probe	Dichte	Lichtbrechung n_γ	Farbe, Auflicht
Hu 1202 d	3,06	1,630	5 Y 2/1
WS 31 a		1,647	10 YR 6/2
WS 43 a	3,01	1,645	5 GY 5/2
WS 62 a		1,642	5 YR 4/4
WS 64 a		1,646	5 YR 4/4
WS 64 b		1,644	10 YR 5/2
Ha 135	3,16	1,621	
Ha 198	3,08	1,643	
Ha 199	3,13	1,647	
Ha 225	2,92	1,611	
	$\pm 0,002$	$\pm 0,001$	

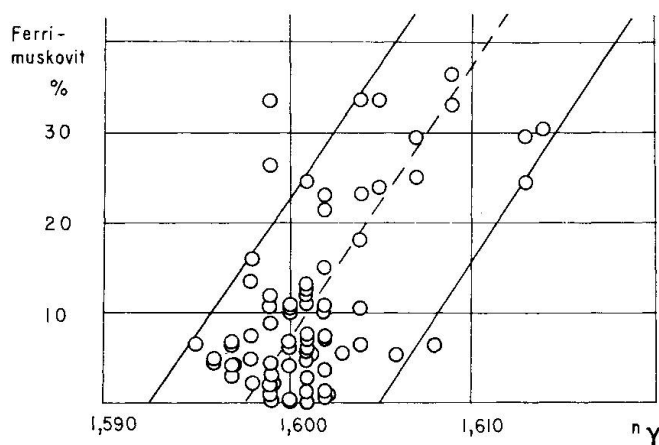
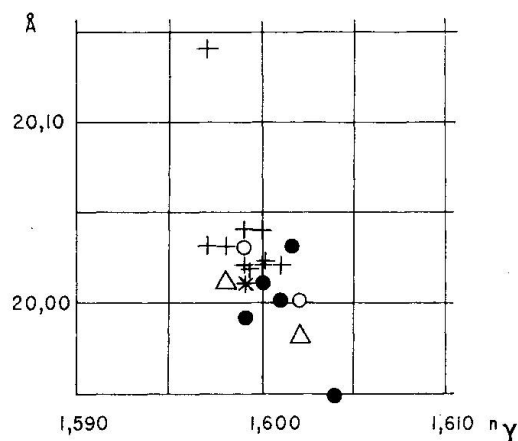
Fig. 2. Beziehung zwischen Ferri-muskowitgehalt und Brechungsindex n_γ .Fig. 3. Beziehung zwischen Brechungsindex n_γ und Gitterparameter c. Symbole: vgl. Tab. 4.

Fig. 2 bringt in graphischer Darstellung den Zusammenhang zwischen n_γ und Fe^{+3} .

In Fig. 3 ist die Relation des Gitterparameters c (vgl. auch S. 371) mit n_γ eingetragen.

Fig. 4 zeigt die Beziehung zwischen n_γ und der Dichte. Bemerkenswert ist die Breite des Streufeldes und die gegenseitige Überlagerung des Muskowit- und Biotitfeldes.

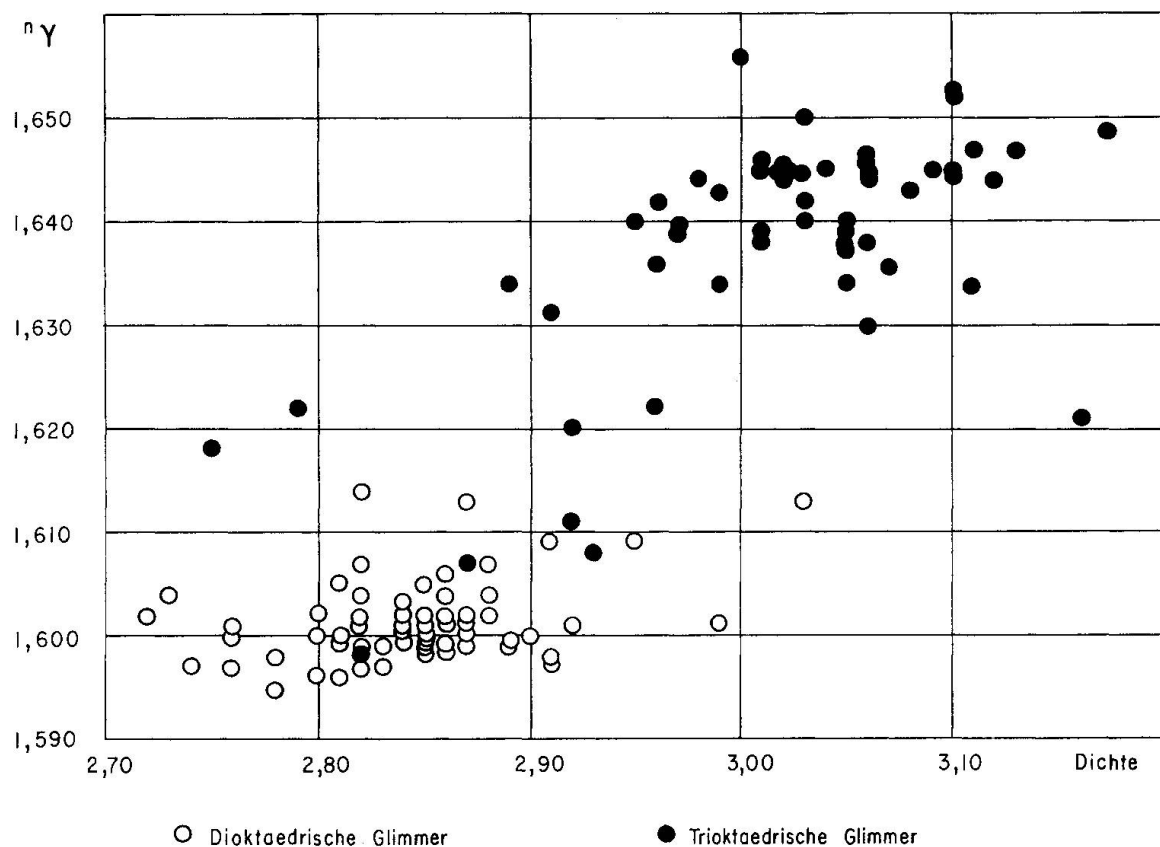


Fig. 4. Dichte und Brechungsindex n_γ der untersuchten di- und trioktaedrischen Glimmer.

Tabelle 4. Die in der vorliegenden Arbeit und bei WENK et al. (1963) verwendeten Gesteinsgruppen-Bezeichnungen und Symbole

Gesteinsgruppe	Symbol	Bezeichnung
I	△	Marmore, Karbonat-Glimmerschiefer (Calceschisti) und -phyllite: metamorphe mesozoische Sedimente.
III	●	Glimmerschiefer, mesokrate Plagioklasgneisse, untergeordnet dunkle Gneisskörper in Migmatitkomplexen: sedimentogene Schieferhülle, Alter des Sediments unbestimmt (vormesozoisch, mesozoisch).
IV	○	Leukokrate Gneisse, massige Granitoide, chymogener Anteil der Migmatite: syn- bis spätkinematische, granitoide Kerngesteine mehrheitlich anatektischen Ursprungs.
V	+	Pegmatite.
Kl	*	Klüfte.

Tabelle 5. Muttergestein und Fundort der chemisch analysierten Glimmer

Probe	Muttergestein und geologischer Verband	Fundort	Koordinaten
Vz 222	Epidot-Zweiglieder-Mikrokin-Oligoklasgneiss, leukokrat, Verzasca-Gneiss	Föpia, N Lavertezzo	708.45/125.0
Vz 297	Beryll-Turmalin-Zweiglieder-Pegmatit, postkinemat. Gang	Verzascafluss S Lavertezzo	708.45/122.9
Vz 298	idem	Strasse Lavertezzo-Cognora	708.6 /124.5
Vz 408 b	Zweiglieder-Oligoklas-Schiefergneiss, mesokr., Paragesteinszone, Contra-Orselina	N Gordemo	708.8 /116.5
Vz 431 a	Zweiglieder-Andesingneiss, mesokr., Paragesteinszone, Contra-Orselina	N Gordemo	708.9 /116.6
Vz 432	Zweigliederpegmatit, spätkinemat. Gang, Zone Contra-Orselina	N. Gordemo	708.8 /116.4
Vz 443	Oligoklas-Zweiglieder-Schiefergneiss, Schieferzone N Zone Mergoscia	Neue Verzasca-Strasse	709.6 /118.6
Vz 477	Muskowit-Beryllpegmatit im Vogorno-Gneiss	Pizzo Vogorno	708.45/122.9
Vz 478 a	Zweiglieder-Oligoklasgneiss, leukokrat, Verzasca-Gneiss	La Marcia	702.23/131.15
Vz 478 b	Zweiglieder-Oligoklasschiefergneiss, mesokr. Scholle in Migmatit	ibidem	ibidem
Vz 478 c	Zweiglieder-Oligoklasschiefergneiss, mikroklinf., Verzasca-Gneiss	ibidem	ibidem
Vz 495	Zweiglieder-Plagioklasgneiss, mesokr., Hülle Augengneiss	Sprügh	703.2 /137.55
Vz 500 a	Zweiglieder-Schiefer, Paragestzone N Adergr. von Mergoscia	Valle della Cazza	709.5 /117.97
Vz 501	Zweigliederpegmatit, postkinematischer Gang	Oer S Lavertezzo	708.6 /122.95
Std 4 m	Zweiglieder-Oligoklasgneiss, Verzasca-Gneiss	Brione-Verzasca	703.7 /128.25
Bedr. 29 c	Klinoisit-Plagiokl.-Calcitglimmerschiefer, Bündnersch., Bedr. zone	Ambri, Riale Secco	695.25/151.75
FK 220	Zweiglieder-Plagiokl.-Gneiss, Campo Tencia-Masse	V. di Prato (Maggia)	696.88/138.22
FK 226	Staurol.-Granat-Zweiglieder-Plag.gneiss, Campo Tencia-Masse	V. di Prato (Maggia)	697.74/139.86
FK 227	Zweiglieder-Plagiokl.-Gneiss, Campo Tencia-Masse	ibidem	697.25/139.75
Gli 1	Granat-Turm.-Beryll-Zweigliederpegmatit, postkinemat. Gang	Bondasca, Bergell	766.85/132.5
Gli 4	Zweigliedergranitgneiss, Tambo Kristallin	San Giacomo N Chiavenna	748.8 /133.9
Gli 5	Zweigliedermergneiss, Zone v. Pontebrolla	Pontebrolla	701.5 /116.0
Gli 9	Muskowit-Pegmatit	Centovalli	691.9 /112.0
Gli 10	Zweigliederpegmatit im Tambo Kristallin	Prato bei Chiavenna	751.05/129.70
Gli 11	Zweiglieder-Epidot-Albit-Mikrokingneiss, Adula-Decke	Nordportal Bernhardintunnel	734.05/153.75
Hu/St 95	Dolomitmarmor	A. Sfilie, V. Campo	680.9 /125.4
Hu/St 900	Feinflaseriger Zweiglieder-Oligokl.-Mikrokingneiss, Antigorio-Gn.	San Carlo, Val Bavona	683.95/140.45
Hu/St 915	Zweiglieder-Granatpegmatit, diskordant	Valle Vigizzo	682.73/109.40
Spl 22	Staurolith-Muskowitschiefer	Pizzo Teggiolo	656.75/121.7
Sponda III	Disthen-Staur.-Zweiglieder-Schiefer, Campo Tencia-Masse	Alpe Sponda	702.5 /142.0
Toce 24 b	Zweiglieder-Oligoklas-Mikrokingneiss, Verampio-Gneiss	Verampio, V. d'Antigorio	688.5 /121.6
Toce 59a, b	Zweiglieder-Pegmatit, Gang in boudin. Meta-Peridotit	A. Mondei, Moncuoco	660.95/103.75
Riv. 5	Muskowit-Pegmatit, diskord. in Bündnerschiefer	V. Lodrino	715.15/124.25
Binn I a	Bündnerschiefer	Binntal/Wallis	656.0 /134.8
WS 2261	Marmor	Stbr. Peccia, V. Maggia	688.8 /142.1
WS 2267	Silikatmarmor	Castione b. Bellinzona	723.9 /121.1
Vals I	Schiefriger Phengitgneiss	Stbr. S Vals	733.5 /163.6
Wi 462	Kluft in Monte Leone-Gneiss	Val Isorno	669.65/112.15
Wi 464	Kluft in Monte Leone-Gneiss	Val Isorno	669.65/112.15

Ad 41 b	Granat-Biotit-Chlorit-Albit-Hellglimmersch., Aduladecke	Halde Bernardintunnel-Nordportal	734 /154
Ha 135	Hornblendegarbenschiefer	Kastelsee, V. Formazza	676.2 /141.3
Ha 188	Quartenschiefer	Längtal	671.9 /146.2
Ha 198	Zweiglimergneiss, Lebendummatrix	Tosa-Fall	674.7 /140.0
Ha 199	Zweiglimergneiss, Lebendunkonglomerat	Tosa-Fall	674.7 /140.0
Ha 225	Quartenschiefer	Längtal	672.1 /146.3
Ha 238	Marmor	Frùa, Val Formazza	675.05/140.9
Sementina	Muskowit-Pegmatit	Sementina	719.40/116.15
Mis 40	Zweiglimer-Oligokl-gneiss	Neue Calancastrasse NE Roveredo	731.2 /123.0
KAW 74	disk. Muskowitpegmatit	Valle di Campo	721.93/125.18
Hu 1079	Zweiglimer-Oligokl.-Andes.-Gneiss, Typ Antigorio, Forno-Z./Is. S.	Valle di Campo	674.2 /125.2
Hu 1086 a	Zweiglimer-Oligokl.-Andesin-Gneiss, Forno-Zone	A. Cravairola	675.2 /126.6
Hu 1103	Mikrokin-Granit-Gneiss, Verampio-Granit-Gneiss	Val Antigorio	668.9 /122.0
Hu 1128	Schiefer. Zweiglimer-Oligokl.-Andes.-Gneiss, Antigorio-Einheit	Val Formazza	677.6 /136.7
Hu 1132	Granat-Oligokl.-Zweiglimer-schiefer, Baceno-Schiefer	Val Antigorio	669.9 /125.2
Hu 1133 a	Staurolithf. Epidot.-Oligokl.-Zweiglimer-sch., Baceno-Schiefer	Val Antigorio	668.1 /121.5
Hu 1160 a2	Granatf. Oligoklas-Zweiglimer-Schiefer, Isorno-Serie	A. Cravairola	676.7 /123.9
Hu 1170 b1	Granatf. Oligoklas-Zweiglimer-Schiefer, Isorno-Serie	A. Cravairola	678.8 /125.8
Hu 1170 b3	Zweiglimer-Oligoklas-Schiefergneiss, Isorno-Serie	A. Cravairola	678.8 /125.8
Hu 1202 c	Granatf. Oligoklas-Zweiglimer-Schiefer, Isorno-Serie	ibidem	674.7 /123.4
Hu 1202 d	Granatf. Plagioklas-Zweiglimer-Schiefer, Isorno-Serie	ibidem	674.7 /123.4
WS 31 a	Konk. Zweiglimer-Pegmatit, Zone von Orselina	Orselina	704.28/114.88
WS 33 a	Disk. Muskowit-Pegmatit, Zone von Locarno	Centovalli	686.65/110.08
WS 43 a	Konk. Zweiglimer-Pegmatit, Zone von Pontebrolla	Auessio	698.50/115.55
WS 43 b	Leukokr. Biotit-Muskowitgneiss, Zone von Pontebrolla	Auessio	698.50/115.55
WS 62 a	Konk. Zweiglimer-Granatpegmatit, Zone von Bellinzona	V. Morobbia	723.13/115.55
WS 64 a	Konk. Zweiglimer-Pegmatit	Sementina	717.85/115.10
WS 64 b	Feink. Zweiglimergneiss	ibidem	717.85/115.10
Fa 2 h'	Kluft in Monte Leone-Gneiss	Val Isorno	669.65/112.2
Fa 6 i	Zweiglimergneiss, Antigorio	Campaglia SE Varzo	664.6 /116.4
Fa 11 i	Zweiglimergneiss	Leventina	716.8 /134.56
Fa 17 a'	Kluft	Colla bei Fusio	695.2 /145.15
Fa 25 a'	Kluft in Glimmerquarzit	Lukmanierstrasse	712.6 /153.5
Fa 25 a	Glimmerquarzit	ibidem	712.6 /153.5
Fa 41 a'	Kluft	Stollen Robiei-S. Carlo	683.4 /142.8
Fa 48 a'	Kluft	Alte Kaserne	650.0 /115.15
Fa 48 a		ibidem	650.0 /115.15
Spl 18 a	Phlogopitmarmor	Stbr. Enzo bei Villadossola	665.7 /112.65
Hu/St 923	Phlogopitmarmor	Cristallina	685.4 /148.2
Mis. 40		Neue Calancastrasse NE Roveredo	731.2 /123

Röntgenoptik

Serien von Glimmergitterdaten gehören zu den Seltenheiten in der mineralogischen Literatur. Der Zusammenhang zwischen Gittergrösse und Kristallchemie ist nicht restlos geklärt. Es schien uns deshalb wichtig, zum mindesten eine gewisse Anzahl der analysierten Hellglimmer röntgenoptisch zu untersuchen. Es lag nahe, aus dem vorliegenden analysierten Muskowitmaterial einige Proben mit möglichst variierendem Phengitgehalt für diese Untersuchung heranzuziehen.

Einkristallaufnahmen schieden von vornherein aus, da Daten über einen einzelnen Kristall nur schwer mit chemischen Durchschnittswerten verglichen werden können. Auf der Suche nach einem genauen und vor allem schnellen Verfahren konzentrierten wir uns auf Guinier-Pulveraufnahmen und Röntgendiffraktometrie. Guinieraufnahmen eignen sich zur schnellen Strukturzuordnung gut, während die quantitative Auswertung nach unseren Erfahrungen mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist.

Da das mineralogische Institut der Universität Basel selbst nicht über ein Röntgendiffraktometer verfügt, bedeutete es für uns eine grosse Hilfe, eine Anzahl Messungen im mineralogischen Institut der Universität Bern und im Laboratorium der Firma Philips in Zürich durchführen zu können. Wir möchten an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. E. Niggli für sein freundliches Entgegenkommen und Herrn PD Dr. Tj. Peters für seine Anleitung sowie Herrn Bräm von der Firma Philips, Zürich, herzlich danken.

Die ausgesuchten Hellglimmerproben wurden in Achatbechern auf einem Misch- und Mahlautomaten vierzig Minuten gemahlen. Die Proben wiesen hierauf eine hinreichende Feinheit auf. Etwa 300 mg jeder Probe wurden zunächst übersichtshalber zur Identifizierung der anwesenden Strukturtypen ohne Si-Zusatz röntgendiffraktometrisch untersucht und anschliessend mit einem 10%igen Zusatz von Si aufgenommen; jede Messung wurde sechsmal wiederholt. Über das Gerät und die Messbedingungen gibt Tabelle 6 Auskunft.

Tabelle 6

Gerät: Philips Röntgendiffraktometer.

Anregung: 40 KV, 22 mV, Fe-Röhre, Cu-Röhre.

Goniometer (Proportionalzähler).

Vortrieb: $\frac{1}{2}^\circ/\text{Min.}$ zur Messung der Reflexe.

$1^\circ/\text{Min.}$ bei Übersichtsmessungen.

Mn-Filter, 4° -Blenden, jede Messung 6mal wiederholt.

Präparat: Mit Teflonstempel in Halter gepresst (20 mm \varnothing).

Probe gedreht.

Menge ca. 300 mg.

10% Si als Eichzumischung.

Reflexe: 060 2 $\theta \pm 80^\circ$ d = 1,50 Si = 72° d = 1,65 Fe-R.

0010 2 $\theta \pm 58^\circ$ d = 2,00 Si = $60\frac{1}{2}^\circ$ d = 1,92 Fe-R.

060 2 $\theta \pm 61,7^\circ$ d = 1,50 Si = $56,2^\circ$ d = 1,65 Cu-R.

0010 2 $\theta \pm 45,3^\circ$ d = 2,00 Si = $47,3^\circ$ d = 1,92 Cu-R.

Aus den d-Werten berechnen sich die b- und c*-Parameter; unter Verwendung eines Winkels β von $95^{\circ}11'$ (BRINDLEY, 1961) erhält man c, und aus der Proportion $a : b = \sqrt{3} : 3$ lässt sich a ermitteln, vergleiche Tabelle 7. Bei allen Proben handelt es sich vorwiegend um den 2-M-Typus, einige wenige weisen eventuell einen geringen Anteil an 1-M- oder 3-T-Individuen auf.

Tabelle 7. Gitterparameter und Phengitgehalt einiger Muskowite

	a berechnet in Å	b in Å	c in Å	Ideal- muskowit in %	Ferri- muskowit in %	Phengit in %	Gesteins- gruppe
Vz 297	5,20	9,01	20,02	74,5	3,5	22,0	V
Vz 297 b	5,19	8,99	20,05	75,0	4,0	21,0	IV
Vz 477 1,6	5,23	9,05	20,02	63,5	11,0	25,5	V
Vz 501 1,4	5,21	9,01	20,02	68,5	4,5	26,5	V
Gli 1	5,22	9,02	20,03	87,5	2,5	10,0	V
Gli 10	5,22	9,04	20,03	67,0	11,0	22,0	IV
Hu/St 900	5,22	9,03	20,00	44,5	5,0	50,5	IV
Hu/St 915	5,19	8,99	20,04	70,5	5,5	24,0	V
Binn I a	5,19	8,99	20,21	76,0	2,0	22,0	I
Vals I	5,22	9,03	19,95	14,0	12,5	66,5	III
Toce 59 b	5,20	9,00	20,02	74,5	0,5	25,5	V
Sementina	5,26	9,11	20,02	74,0	2,0	24,0	V
WS 2261	5,22	9,02	19,98	46,0	0,5	53,5	I
Fa 25 a'	5,23	9,06	20,30	57,5	2,5	40,0	KI
Ha 199	5,22	9,03	20,01	46,0	5,0	49,0	III
Ha 225	5,20	9,01	20,01	23,0	6,5	70,5	I
Riv. 5	5,19	8,99	20,04	75,5	6,0	18,5	V
Sponda III	5,18	8,98	20,20	90,0	0,0	10,0	III
Hu 1132	5,20	9,02	20,00	74,5	6,5	19,0	III
Hu 1170 b ₁	5,20	9,01	19,99	71,0	1,5	27,0	III
Wi 462	5,23	9,05	20,02	16,5	17,0	66,5	KI
Wi 464	5,21	9,03	20,04	27,0	12,5	60,0	KI
WS 33 a	5,22	9,04	20,03	32,5	3,0	64,5	V
WS 43 b	5,22	9,04	20,01	13,0	3,5	83,5	III
WS 64 a			20,14	69,5	3,5	27,0	V
WS 64 b			20,03	70,5	4,0	25,5	III
		$\pm 0,02$	$\pm 0,01$				

Grundsätzlich sind nun verschiedene Relationen zwischen Gitterparametern und chemischen Grössen denkbar; denn wenn auch die Anordnung der einzelnen Ionen in der Einheitszelle im wesentlichen gegeben ist, so sollten doch die sich substituierenden Kationen mit ihren zum Teil recht verschiedenen Ionenradien Änderungen in den Gitterdimensionen zur Folge haben, wobei selbstverständlich der Idealmuskowit (mit seinem grossen Anteil am kleinen Al^{+3} -Ion) die kleinsten Gitterdimensionen aufweisen müsste. Tatsächlich zeigt Diagramm Fig. 5, dass im Phengit/Idealmuskowit/Ferrimuskowit-Dreieck die kleinsten Gitterwerte in der Idealmuskowitecke liegen.

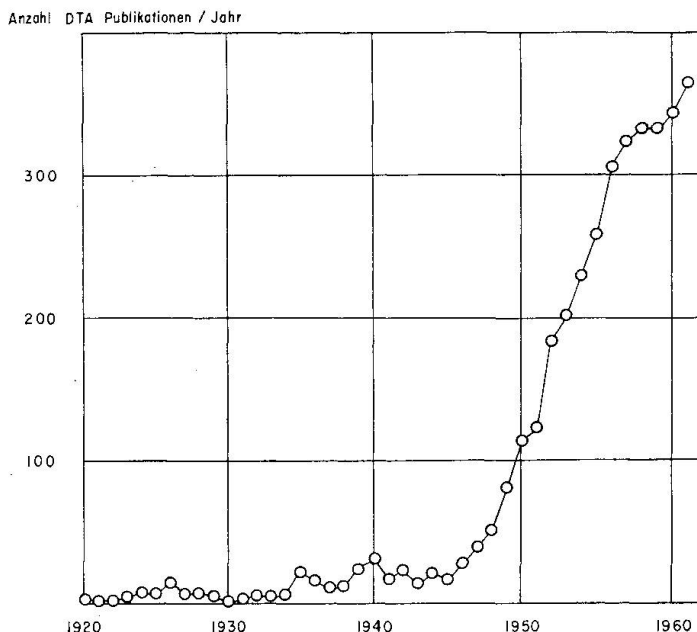


Fig. 6. Die jährlichen Publikationen auf dem Gebiet der Differential - Thermoanalyse (zusammengestellt nach SMOTHERS und CHIANG, 1966).

bereitung, Korngrösse, Materialdichte, Probengeometrie, Aufheizungscharakteristik etc.) ab und ist zuweilen kritisch.

Besonders nützlich musste sich aus diesen Gründen eine DTA-Apparatur erweisen, die es erlaubt, mehrere Proben in demselben Arbeitsgang aufzuheizen. Effekte der Geometrie etc. und der Qualität der Reproduzierbarkeit können mit der verwendeten DTA-Apparatur Typ Holderbank gut verfolgt werden.

Es wurden zunächst 50 Muskowite und 49 Biotite thermoanalytisch erneut aufgenommen, vergleiche auch STERN (1966), S. 174, HUNZIKER (1966), S. 511. Die neuen Resultate sind in Fig. 7 gruppenmässig zusammengestellt.

		Endotherm		Exotherm	
Muskowite	I	860° C	1110°		
	II	880° C	1130°		
	III		1110—1130°		
Biotite	I		1150°	440°	870°
	II		± 1160°	410°	
	III	610° C	± 1170°		

Ähnlich wie bei spektrographischen Analysenverfahren ist bei der DTA eine peinlich eingehaltene Standardisierung notwendig, um reproduzierbare Kurven zu erhalten. Dies gilt nicht nur für die Probenvorbereitung, sondern namentlich auch für die Konstanz der Aufheizung. Geringfügige Abweichungen verursachen hier schwer durchschaubare Reaktionen.

Wie sehr die Kurvencharakteristik zuweilen von äusseren Faktoren (z.B. Korngrösse) abhängen kann, möge folgendes Beispiel illustrieren.

Bei einigen Biotiten fällt eine exotherme Reaktion bei $\pm 610^\circ \text{C}$ auf (siehe Fig. 8). Der Verlauf der exothermen Oxydations-, wie der endothermen Ent-

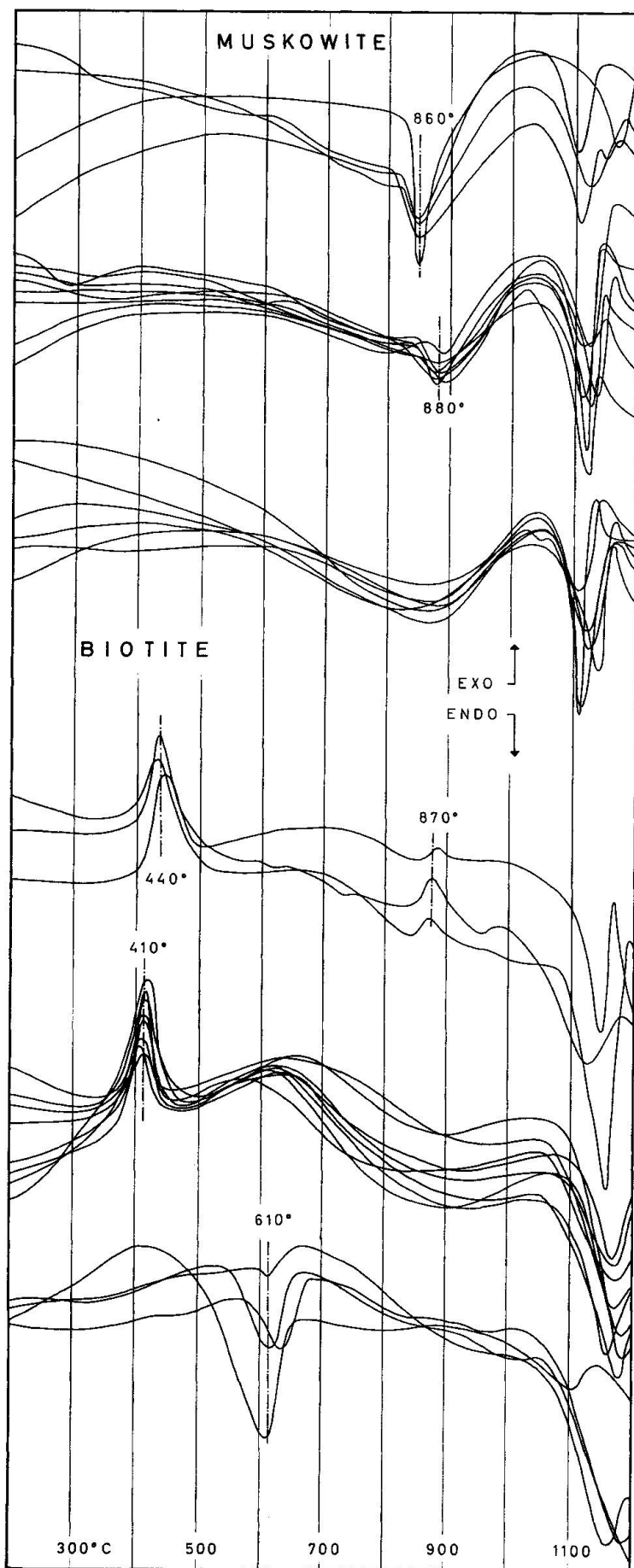
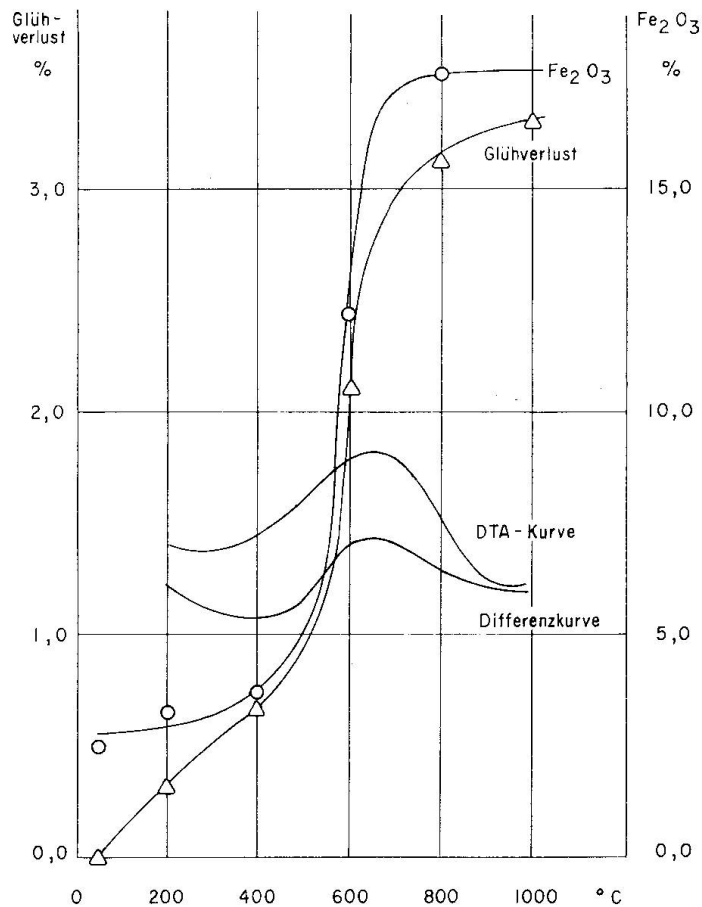


Fig. 7. Differential - Thermo-
analyse einiger Muskwite
und Biotite.

Fig. 8. Der Zusammenhang zwischen exothermer Eisenoxydation ($\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3$), endothermem Glühverlust und der DTA-Aufnahme. Die Differenz des exo- und des endothermen Vorganges ergibt die „Differenzkurve“ (relativer Massstab).



wässerungskurve ist weitgehend von der Korngrösse und von der Probenpackung im Messblock abhängig. Je nach Reaktionsverlauf ist demnach eine verschiedene Interferenz der beiden exo- und endothermen Kurven zu erwarten und es können somit sowohl peak-Höhe als auch peak-Lage variieren.

Tatsächlich zeigen die Biotite bei DT-analytischen Aufnahmen im Temperaturbereich zwischen 200 und 900° C zuweilen derartige peaks. Sie sind insofern als Geisterpeaks zu betrachten, indem sie gewissermassen Schnitteffekte von zwei variablen Kurven darstellen und nicht direkt von einer physikalischen oder chemischen Grösse abhängen. Sie sind bei standardisierten Arbeitsbedingungen reproduzierbar, können jedoch nicht zur Identifizierung von ablaufenden Reaktionen oder gar zur Bestimmung von Mineralgemischen herangezogen werden. Wir sind der Meinung, dass auch die exothermen peaks bei 410—440° C auf ähnliche Erscheinungen zurückzuführen sind.

Apparatur: DTA Typ Holderbank
gesteuerte Aufheizung bis 1200° C
Thermoelemente: Thermokantal P/N
Probenkopf: Inconel, 6löchrig
Aufheizcharakteristik: 10°/min

Präparat:
Mineralpulver feiner
als 60 μ
inerte Referenzsubstanz:
 Al_2O_3 , mehrfach gegläht

AUSWERTUNG DER CHEMISCHEN UND PHYSIKALISCHEN DATEN

Muskowit und koexistierender Biotit in ihrem kristallchemischen Verhalten

Die Struktur der Glimmer wurde durch PAULING (1930), JACKSON und WEST (1931) und weitere Forscher geklärt. Die Strukturformel lässt angesichts der Substitutionsmöglichkeiten auf den Tetraeder- und Oktaederplätzen eine grosse Variabilität im Glimmerchemismus erwarten, je nach der stofflichen Zusammensetzung des Muttergesteins, der Paragenese und den physikalisch-chemischen Bedingungen (HEINRICH, 1946; ENGEL und ENGEL, 1960).

Reihenuntersuchungen an Glimmern zeigten indessen, dass der Substitution gewisse Grenzen gesetzt sind und dass die Formelsummen nicht konstant sind, indem z.B. die ideale Ladung der Oktaederschicht sowohl unter- wie überschritten werden kann. FOSTER wies 1960 nach, dass Ladungsdefizite der Oktaederschicht infolge Einbaus von X^{+2} - anstelle von X^{+3} -Ionen durch Si-Zunahme bzw. Al-Abnahme in den Tetraedern ausgeglichen wird, während ein Ladungsüberschuss entweder durch vermehrten Al-Einbau in den Tetraedern oder durch unvollständige Besetzung der Oktaederplätze kompensiert wird, vgl. auch Fig. 9.

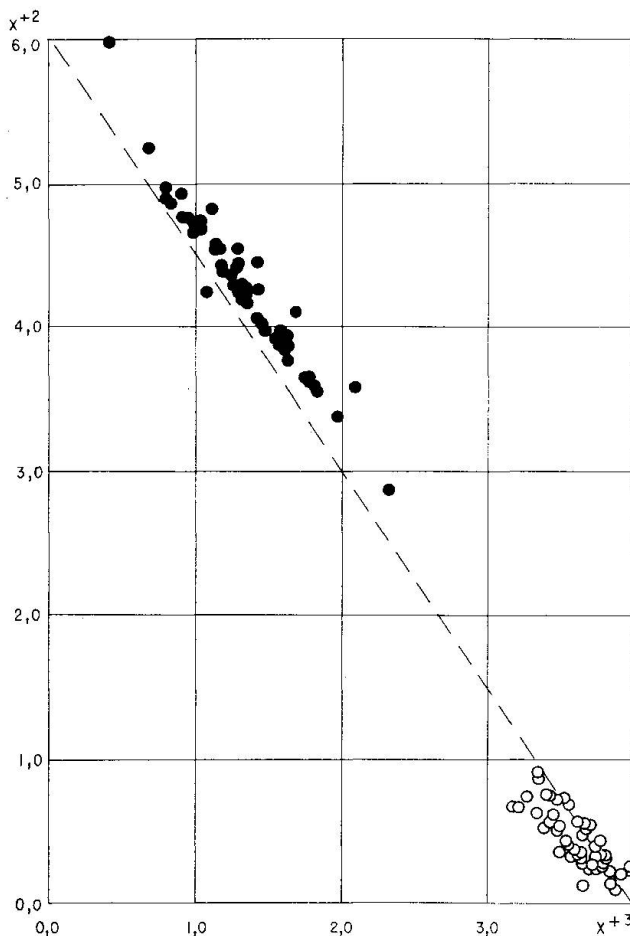


Fig. 9. Die Beziehung zwischen zweiwertigen und dreiwertigen Kationen in den Oktaedern koexistierender Muskowite und Biotite. Kreise: Muskowite; Punkte: Biotite.

Die koexistierenden Biotite und Muskowite aus dem mittleren Tessin zeigen nun, dass

1. bei den Muskowiten ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Ladung der Oktaederschicht und der Besetzung dieser Schicht besteht, während für die koexistierenden Biotite ein solcher Bezug nicht gilt (Fig. 10). Hingegen besteht

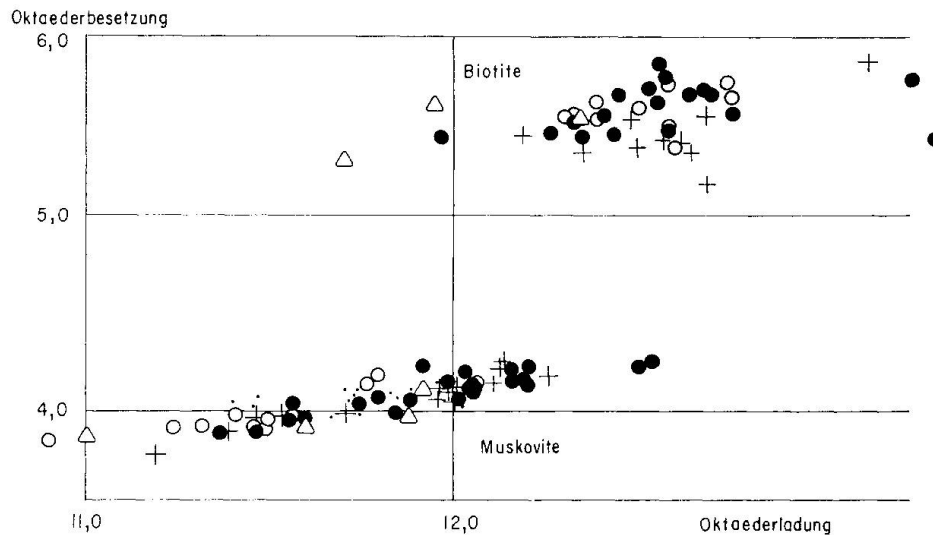


Fig. 10. Oktaederbesetzung und Oktaederladung koexistierender Muskowite und Biotite aus der Tessiner Region (alle Werte). Die Punkte entsprechen Literaturdaten (GRAESER und NIGGLI, 1967); zu den übrigen Symbolen vgl. Tab. 4.

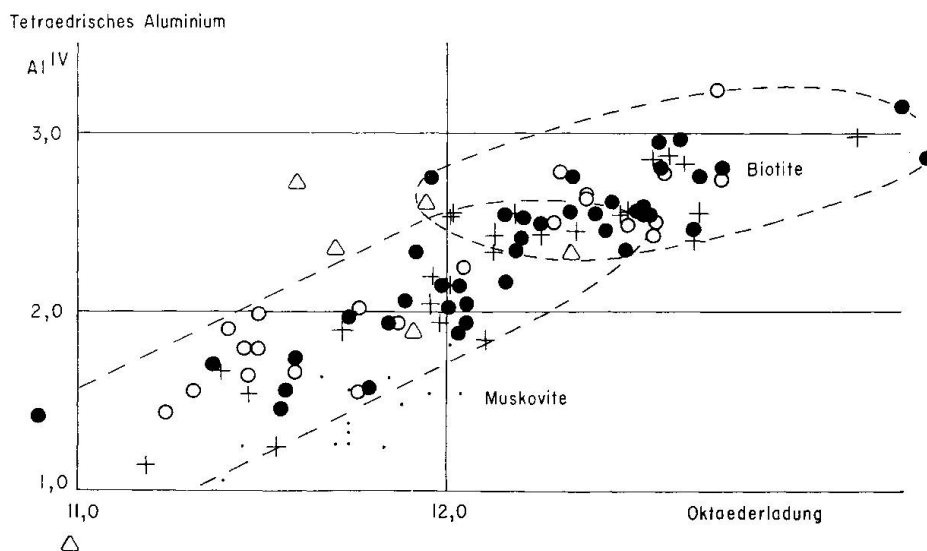
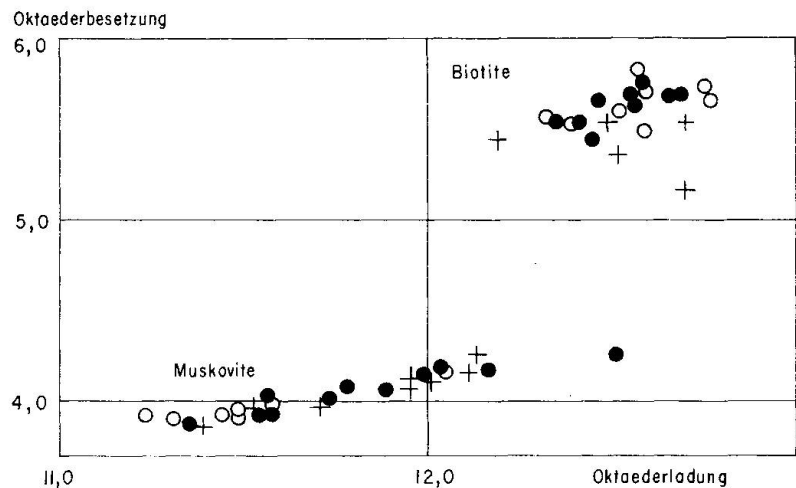


Fig. 11. Tetraedrisches Aluminium und Oktaederladung koexistierender Muskowite und Biotite aus der Tessiner Region (alle Werte). Die Punkte entsprechen Literaturdaten (GRAESER und NIGGLI, 1967); zu den übrigen Symbolen vgl. Tab. 4.

2. sowohl für Muskowite als auch für Biotite ein, wenn auch lockerer Zusammenhang zwischen Oktaederladung und Al^{+3} -Einbau in den Tetraedern, vgl. Fig. 11. Bemerkenswert ist ferner
3. dass die Biotite einen Oktaeder-Ladungsüberschuss aufweisen bei einer konsequenten Unterbesetzung der Oktaederpositionen, während die koexistierenden Muskowite mehr oder weniger gleichmässig um die idealen Werte pendeln, vgl. Fig. 12a, b.

Fig. 12a. Oktaederbesetzung und Oktaederladung koexistierender Muskowite und Biotite aus dem mittleren Tessin. Symbole: vgl. Tab. 4.



Tetraedrisches Aluminium (Al^{IV})

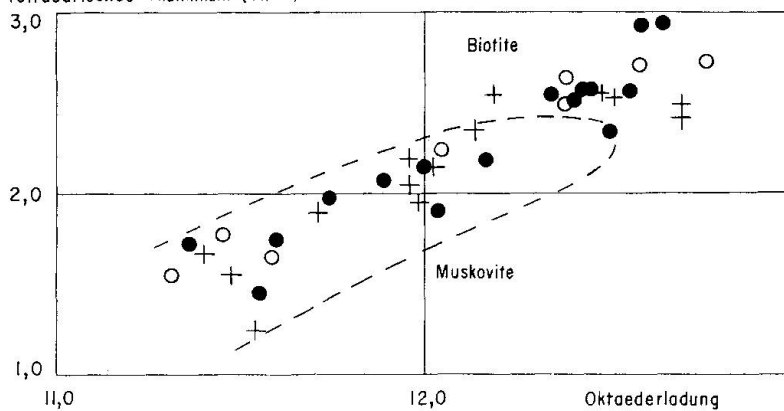


Fig. 12b. Tetraedrisches Aluminium und Oktaederladung koexistierender Muskowite und Biotite aus dem mittleren Tessin. Symbole: vgl. Tab. 4.

Die analysierten Muskowite haben in vielen Fällen — unabhängig von der Art des Muttergesteins — die strukturellen Idealwerte (vollbesetzte Oktaederposition, ausgeglichene Oktaederladung) erreicht, während dies bei den koexistierenden Biotiten nie der Fall ist.

Hieraus liesse sich allenfalls schliessen, dass die untersuchten Muskowite aus einem mit allen notwendigen Elementen versehenen Medium auskristallisierten und sich eine den herrschenden physikalischen Bedingungen entsprechende Ionenkonfiguration einstellen konnte, die koexistierenden Biotite sich aber nach einem wesentlich eingeschränkteren Elementangebot richten mussten. Es würde dies heissen, dass die untersuchten Muskowite vor den koexistieren-

den Biotiten entstanden wären — wie dies auch aus gewissen physikalischen Altersbestimmungen von JÄGER et al. (1963, 1967) hervorzugehen scheint.

Einige geologische Beobachtungen weisen jedoch auf eine simultane Bildung der koexistierenden Muskowite und Biotite hin, indem beide lagenweise miteinander verwachsen vorkommen und eine identische Regelung aufweisen. Einzelne geochemische Befunde, welche diese Kontroverse näher beleuchten können, sollen später von WENK (1968) eingehend behandelt werden.

Die besonderen Verhältnisse der koexistierenden Glimmer werden hier vorerst nur gestreift. Wird das Verhalten der Elemente A, B... gegenüber den Mineralarten X, Y... betrachtet, so sind in der Praxis verschiedene Methoden denkbar:

1. es wird die Vorliebe eines Elementes A für mehrere Mineraltypen X, Y... betrachtet, oder
2. es wird das gegenseitige Verhalten (Diadochie) mindestens zweier Elemente A, B innerhalb einer Mineralspezies X untersucht, oder
3. es werden die Verteilung, resp. die Verteilungsverhältnisse mehrerer Elemente gegenüber mehreren Mineralarten geprüft: $\left(\frac{A}{B}\right)_X / \left(\frac{A}{B}\right)_Y$ ²⁾.

In allen drei Fällen muss das betrachtete System physikalisch-chemisches Gleichgewicht erreicht haben; in den Fällen 1 und 3 sollte zudem die Gleichaltrigkeit der untersuchten Mineralarten gegeben sein.

MCKAY hat (1965) Methode 1 etwas näher beleuchtet und sich in erster Linie mit den Verteilungskoeffizienten einzelner Elemente im Hinblick auf die zwei Mineralarten Muskowit und Biotit beschäftigt. Es sind aber die Verteilungsquotienten zweier Elemente von grösserem Interesse, da hier die Phänomene der Diadochie — und damit verbunden jene der Mineralbildungsbedingungen — eine Rolle spielen (vgl. Fig. 13).

Das Verhalten diadocher Elemente kann Aufschluss geben über den Grad des erreichten Gleichgewichts; fehlendes oder mangelndes Gleichgewicht wird streuende Verteilungskoeffizienten zur Folge haben. Grundbedingung für Koeffizientvergleiche koexistierender Mineralien ist selbstverständlich der Nachweis (oder die Voraussetzung), dass die untersuchten Mineralien gleichzeitig entstanden sind.

²⁾ Rechnerisch lässt sich leicht nachweisen, dass dieser Quotient identisch ist mit dem

$$\text{aus der Literatur bekannten Koeffizienten } \frac{\left(\frac{\frac{A}{A+B}}{1 - \frac{A}{A+B}}\right)_X}{\left(\frac{\frac{A}{A+B}}{1 - \frac{A}{A+B}}\right)_Y}$$

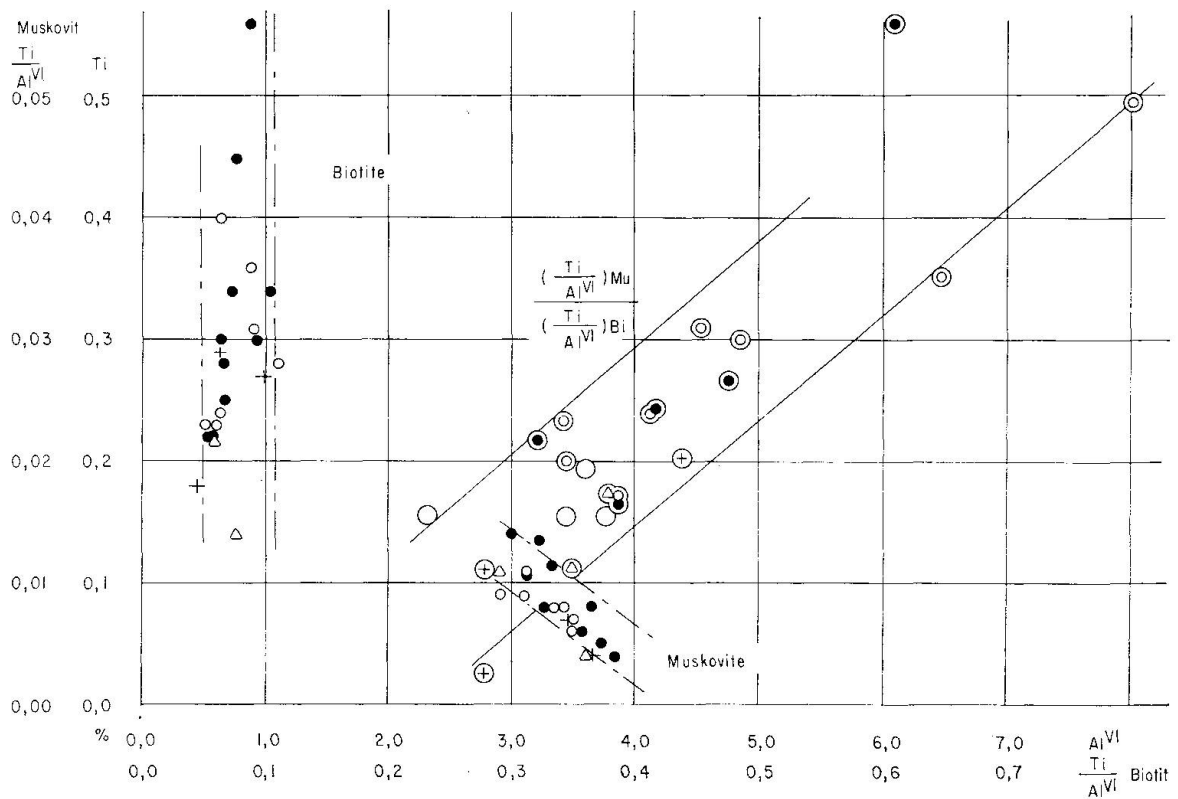


Fig. 13. Die Relation $\left(\frac{A}{B}\right)_X / \left(\frac{A}{B}\right)_Y$ als Resultierende der Beziehung $\left(\frac{A}{B}\right)_X$ und $\left(\frac{A}{B}\right)_Y$ in zeichnerischer Darstellung. A = Ti; B = Al^{IV}; X = Muskowit; Y = Biotit; vgl. S. 379. Der Verlauf der Resultierenden wird im gegebenen Fall durch Muskowit bestimmt. Zeichen-erklärung vgl. Tab. 4.

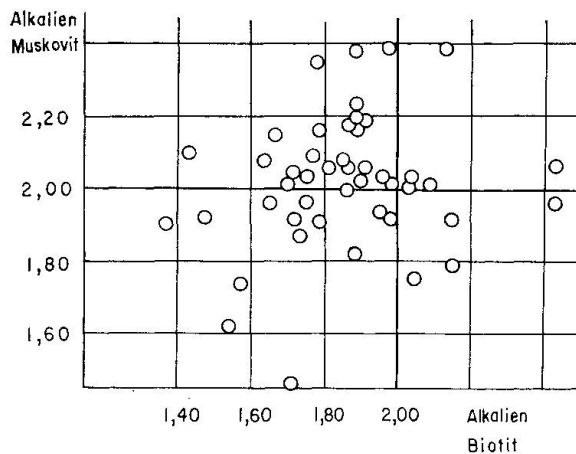


Fig. 14. Die Alkalisumme (Formelwerte) der koexistierenden Muskowite und Biotite. Eingetragen sind die Punkte der Tessiner Region (alle Werte).

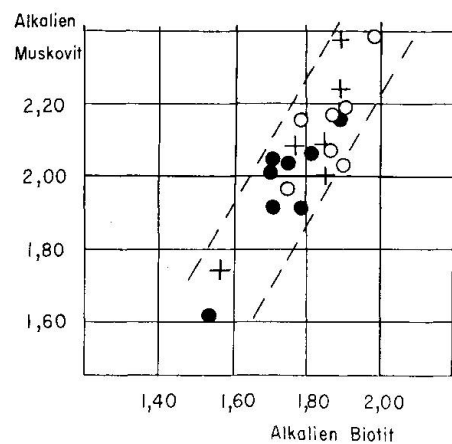


Fig. 15. Die Alkalisumme der koexistierenden Muskowite und Biotite des mittleren Tessin (Vz-Punkte). Symbole: vgl. Tab. 4.

Fig. 16a. Die Beziehung zwischen tetraedrischem Aluminium und Totalaluminium der untersuchten Biotite. Die einzelnen Gesteinsgruppen weisen verschiedene Streufelder auf.

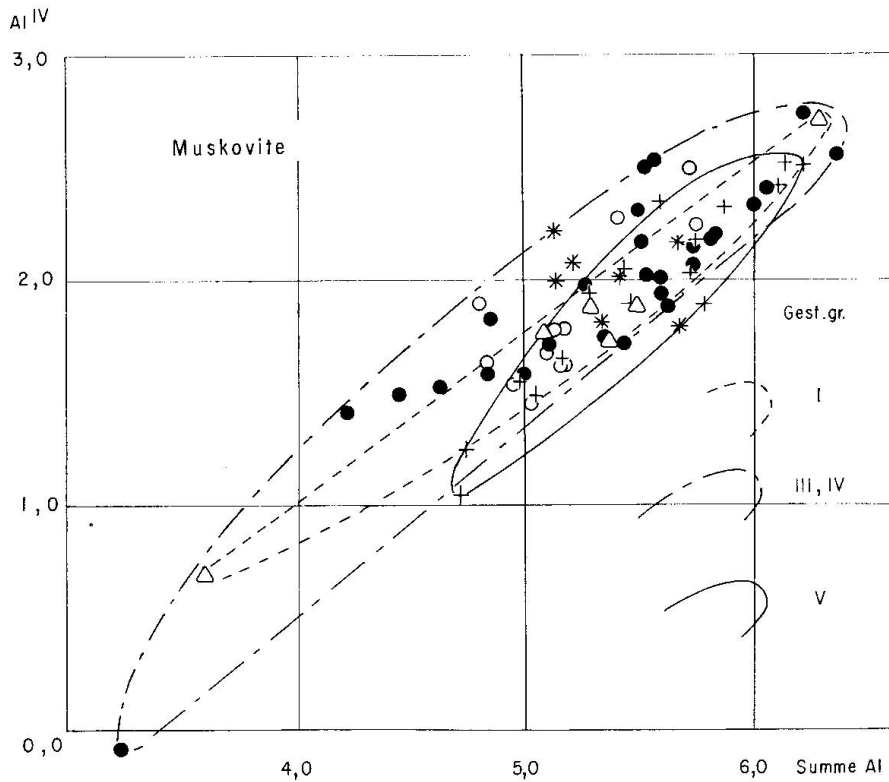
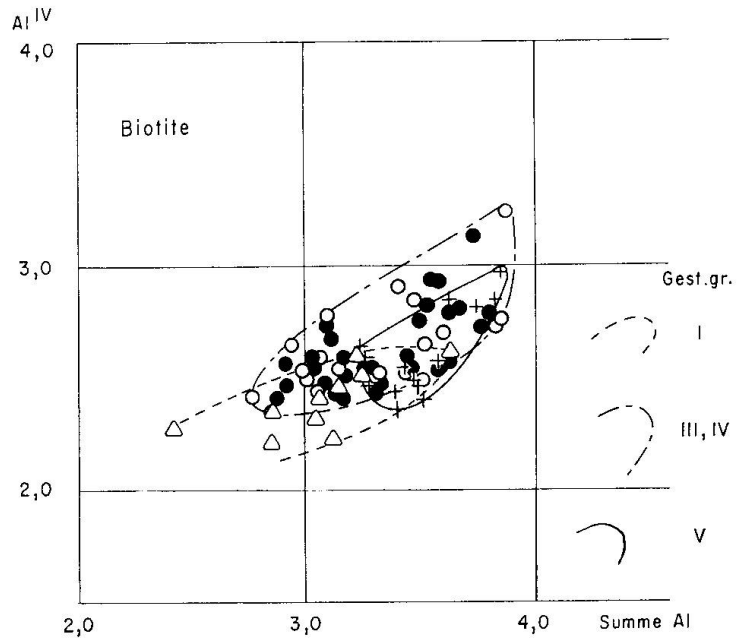


Fig. 16b. Die Beziehung zwischen tetraedrischem Aluminium und totalem Aluminium der untersuchten Muskovite. Eine Aufteilung nach Gesteinsgruppen kann nicht festgestellt werden. Symbole: vgl. Tab. 4.

Aber nicht nur die Verteilungskoeffizienten liefern ein Bild regionaler Charakteristiken. Die erreichte Alkalisumme sollte beispielsweise sowohl für Muskowite, als auch für Biotite einen Schwerpunkt bei 2.00 aufweisen. In Fig. 14 ist $\sum (\text{Na}, \text{K})_{\text{Musk.}}$ gegen $\sum (\text{Na}, \text{K})_{\text{Biotit}}$ sämtlicher untersuchter koexistierender Glimmer eingetragen; das Streufeld ist gross, mit einer deutlichen Tendenz zu erhöhten Alkaliwerten für Muskowit. Das petrographisch einheitlichere Gebiet des mittleren Tessin (Val Verzasca) liefert ein wesentlich engeres Streufeld (Fig. 15), der Trend zu alkalireichen Muskowiten ist noch ausgeprägter. Auch hier zeigt sich wieder ein andersartiges Verhalten der Muskowite gegenüber den Biotiten. Ähnliches geht aus Fig. 16a, b hervor: eingetragen ist das tetraedrische Al^{IV} (bzw. Si) gegen $\sum (\text{Al}^{\text{IV}} + \text{Al}^{\text{VI}})$. Die Muskowite lassen im Gegensatz zu den Biotiten (16b) keine Abhängigkeit vom Gesteinschemismus erkennen.

Fig. 17 bringt in Dreiecksprojektion, wie sie bei der Biotitdarstellung Ver-

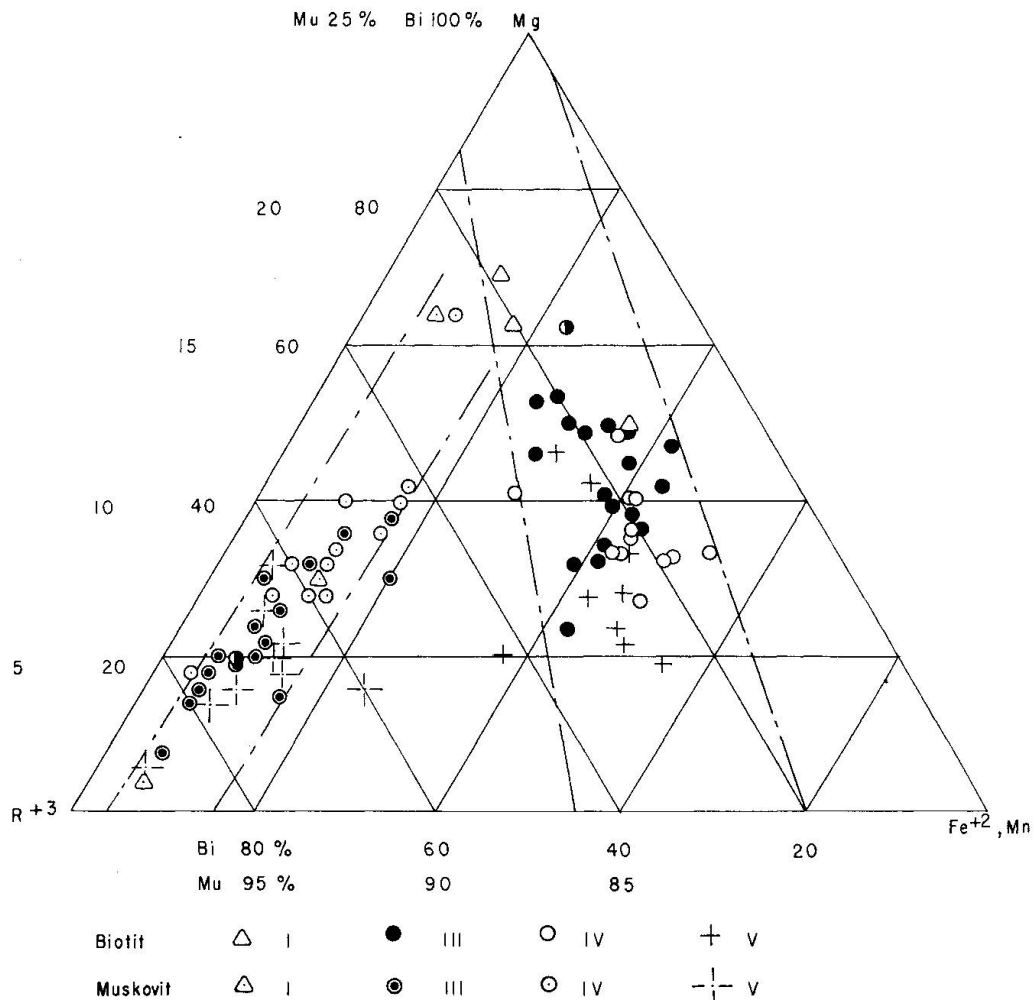


Fig. 17. Koexistierende Muskowite (linkes Feld; gestreckte Skala!) und Biotite (rechtes Feld). Symbole: vgl. Tab. 4.

wendung findet, die Oktaederverhältnisse koexistierender Muskowite und Biotite (man beachte, dass das Muskowitfeld vierfach gestreckt wurde). Das Muskowitfeld ist auffällig schmal; eine Häufung nach Gesteinsgruppen kann hier — im Gegensatz zum Biotitfeld — nicht beobachtet werden.

Wägen wir die kristallchemischen Verhältnisse der untersuchten Muskowite und Biotite gegeneinander ab, so dürfen wir festhalten, dass

1. die Muskowite von ihrem Muttergestein weitgehend unabhängig sind;
2. die Muskowite ihre ladungsmässig idealen Oktaederverhältnisse in hohem Masse erreicht haben;
3. die Biotite von ihrem Muttergestein chemisch weitgehend abhängig sind (vgl. WENK et al., 1963);
4. die Biotite ihre ladungsmässig idealen Oktaederverhältnisse nicht erreicht haben.

Muskowit und Phengit

Wenn auch die Struktur der Hellglimmer und ihre chemische Variationsbreite im wesentlichen bekannt sind, so herrscht doch Unklarheit darüber, was als Muskowit, und was als Phengit zu bezeichnen ist, und wie die beiden Minerale chemisch gegeneinander abzugrenzen sind. In Anlehnung an WINCHELL (1951), DEER, HOWIE and ZUSSMAN (1962); TRÖGER (1967) wird in der vorliegenden Arbeit Muskowit in folgende Mischglieder zerlegt:

Muskowit s.l. (= Hellglimmer) ist Mischung von

- Muskowit s.s. (Idealmuskowit) $K_2Al_4(OH)_4Si_6Al_2O_{20}$
- Phengit (Picro- + Ferrophenig) $K_2(Mg, Fe^{II})Al_3(OH)_4Si_7AlO_{20}$
- Ferrimuskowit $K_2Fe_2^{II}Al_2(OH)_4Si_6Al_2O_{20}$

Seit der Arbeit von HENDRICKS und ROSS (1941) ist gelegentlich eine Mischreihe Muskowit-Seladonit postuliert worden (ERNST, 1963; CROWLEY und ROY, 1964; WISE und EUGSTER, 1964; VELDE, 1965 und GRAESER und NIGGLI, 1967) und Gegenstand kristallographischer, geochemischer und petrographischer Forschung gewesen. Seladonit wird dort z.T. als Endglied einer Mischreihe verstanden, die vom trisilizischen Idealmuskowit über gleichfalls trisilizischen Phengit zum tetrasilizischen Seladonit führt. Gegen die Annahme einer derartigen Mischreihe sprechen zwei Tatsachen:

1. Seladonit gehört nicht zu den dioaktaedrischen Glimmern s.s., ist kein einheitlich definiertes Mineral und zerfällt selbst in vier, nach anderen Autoren sechs Teil-Endglieder;
2. Seladonit und phengitische Hellglimmer kommen nach petrographischen und experimentellen Befunden nie zusammen vor. WISE und EUGSTER (1964): "Celadonite . . . occurs throughout the zeolite and prehnite-pumpellyite facies but does not occur in the greenschist facies", und VELDE

(1965): "Natural phengites are found in metamorphic and igneous rocks, whereas glauconitic celadonites are minerals, produced in low-grade hydrothermal or diagenetic deposits. Both the chemical composition and the geologic environment separate these two mineral groups."

Aus diesen Gründen wird in der vorliegenden Arbeit bei der Umrechnung der Muskowitformel von der Verwendung des Seladonitbegriffes abgesehen, zumal es für seine Verwendung keine stichhaltigen Gründe gibt: es genügt die Idealmuskowit-Phengit-Ferrimuskowitreihe um die in der Natur vorkommenden Hellglimmer in Dreiecksprojektion wiederzugeben. Bei sehr Al-armen Muskowiten kann nötigenfalls Fe^{+3} anstelle von Al^{VI} verrechnet werden (FOSTER et al., 1960). Diese Dreiecksprojektion ermöglicht auch auf besonders einfache Weise die Abklärung von Zusammenhängen zwischen chemischen Daten einerseits und physikalischen andererseits (vgl. Fig. 17, 18).

WINCHELL (1951) postulierte einen solchen Zusammenhang mit den optischen Daten und der Dichte; diese Relation scheint nach unseren Erfahrungen nicht zu bestehen (sie konnte auch von MUELLER, 1966, nicht nachgewiesen werden).

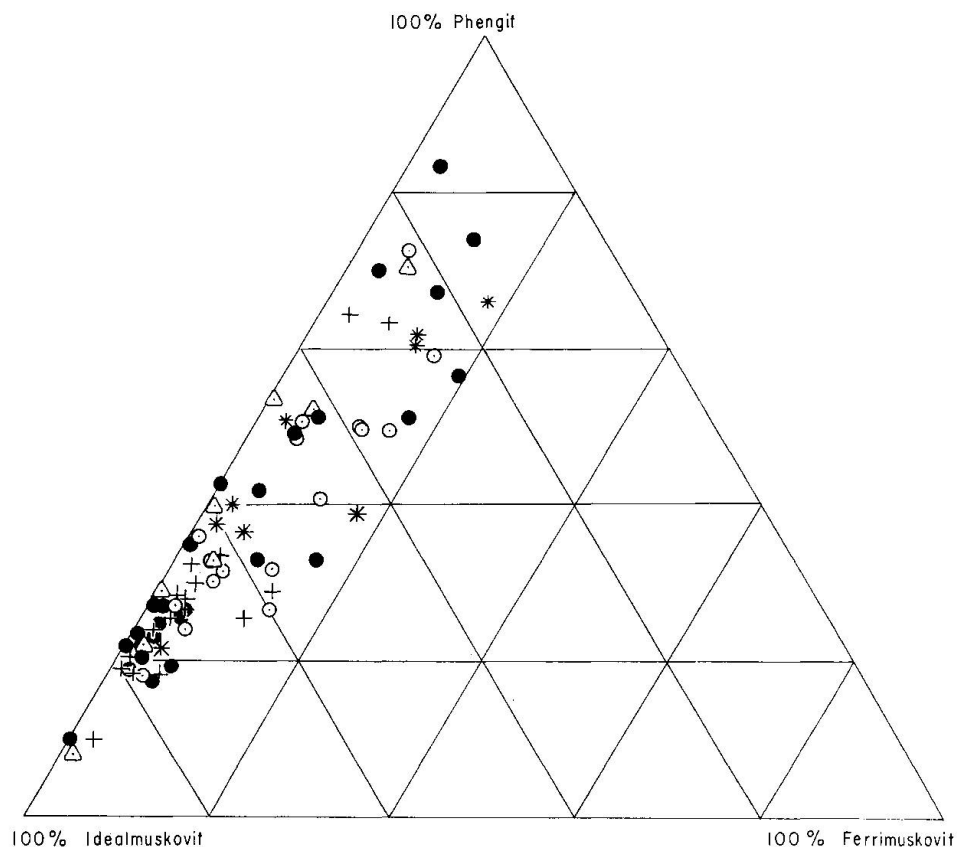


Fig. 18. Phengit-, Idealmuskowit- und Ferrimuskowitgehalt der untersuchten Hellglimmer. Symbole: vgl. Tab. 4.

Selbstverständlich kann hier nicht über alle getesteten Beziehungen eingehend berichtet werden; Tab. 8 gibt stattdessen eine Übersicht über die von uns geprüften Beziehungen.

Tabelle 8. *Geprüfte Beziehungen*

	Phengit	Ideal- muskowit	Ferri- muskowit	n_γ	Dichte	b	c
Phengit		Fig. 18	Fig. 18	—	—	Fig. 5	—
Idealmuskowit	Fig. 18		Fig. 18	—	—	Fig. 5	—
Ferrimuskowit	Fig. 18	Fig. 18		Fig. 2	—	Fig. 5	—
n_γ	—	—	Fig. 2		Fig. 4	—	Fig. 3
Dichte	—	—	—	Fig. 4		—	—
Gitterparameter b	Fig. 5	Fig. 5	Fig. 5	—	—		—
Gitterparameter c	—	—	—	Fig. 3	—	—	—

—: mit den angewandten Methoden keine Beziehung feststellbar.

Phengit ist aber nicht nur von mineralogischem und geochemischem Interesse. Der Phengitgehalt eines Gesteines gilt als Hinweis in der petrographischen Faziesbestimmung; Phengit wird als typische Hochdruck-Tieftemperaturbildung der Epizone betrachtet (TRÖGER, 1967). ERNST hat 1963 die Meinung vertreten, dass die chemische Variationsfähigkeit der phengitischen Hellglimmer bei steigender Temperatur, aber gleichbleibendem Druck, abnimmt. Dieser Behauptung wurde indessen von McNAMARA (1965) widersprochen. McNAMARA glaubt im Gegenteil, dass die chemische Variationsbreite der Phengite mit steigenden Druck-Temperaturverhältnissen zunimmt. Gleichfalls abgelehnt wird von ihm die These, dass Phengite bei steigender Metamorphose muskowitischer werden. Einander derart widersprechende, durch Feld- und Labordaten belegte Meinungen mögen zunächst überraschen; sie erklären sich aber aus der geringen Menge des Beobachtungsmaterials, das entweder keine sichere Interpretation zulässt, oder — schlimmer — nicht existierende Relationen vortäuscht. Hier hilft nur der eingangs postulierte grosse Datenumfang.

Ein Beispiel möge die Verhältnisse erläutern: Fig. 19a bringt in umgezeichneter Form ein Diagramm nach CROWLEY and ROY (1964), das auf Grund von 5 Messpunkten eine Beziehung zwischen Phengitgehalt und dem Gitterparameter b postuliert. Fig. 19b zeigt dieselbe Beziehung, dargestellt auf der Basis von 20 Messpunkten, vgl. auch Tabelle 7. Fig. 19a gibt in diesem Falle zwar kein ganz falsches, aber doch sehr idealisiertes Bild — wie es leicht entsteht, wenn eine Kurve durch bloss drei Punkte belegt wird.

Die hier untersuchten Hellglimmer weisen eine so grosse chemische Variationsbreite auf und decken ein derart komplexes geologisches Gebiet, dass Einflüsse der Umgebung, der Metamorphose auf den Muskowitchemismus festgestellt werden müssten, sofern solche überhaupt bestehen. Tatsächlich zeigt die regionale Verteilung des Phengitgehaltes (Fig. 20) Besonderheiten: in einem

Feld, das im Westen gegen die V. Maggia reicht und im Norden die Linie V. Bedretto–Hinterrhein umfasst, treten phengitreiche Muskowite auf. Ein Kerngebiet, das sich von der östlichen V. Maggia zum Bergell erstreckt, ist durch \pm reine Muskowite (Idealmuskowite) ausgezeichnet. Dieses Kerngebiet deckt sich weitgehend mit dem Diopsid-Calcitfeld TROMMSDORFFS (1966). Auffällig ist aber eine lokal oft starke Streuung der Phengitgehalte.

Grundsätzlich trifft wohl die Annahme eines phengitreichen Gürtels nach GRAESER und NIGGLI (1967) zu; es darf aber nicht übersehen werden, dass nach dem vorliegenden Befund die Schwankungen des Phengitgehaltes innerhalb

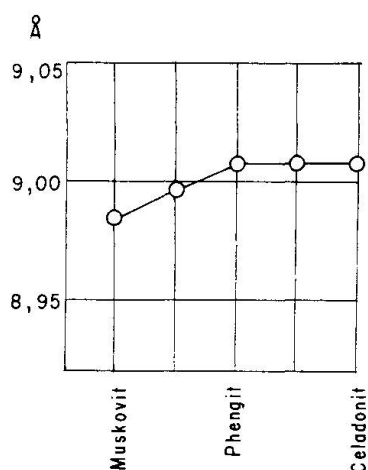


Fig. 19a. Beziehung zwischen Phengitgehalt und Gitterparameter b . Umgezeichnet nach CROWLEY und ROY, 1964.

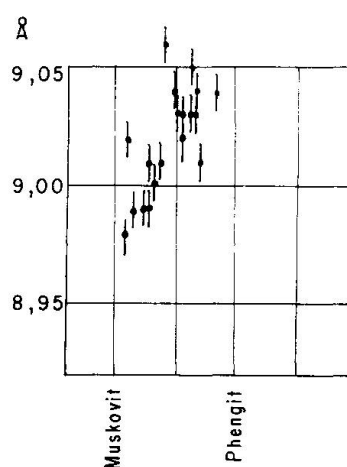


Fig. 19b. Beziehung zwischen Phengitgehalt und Gitterparameter b . Eigene Werte.

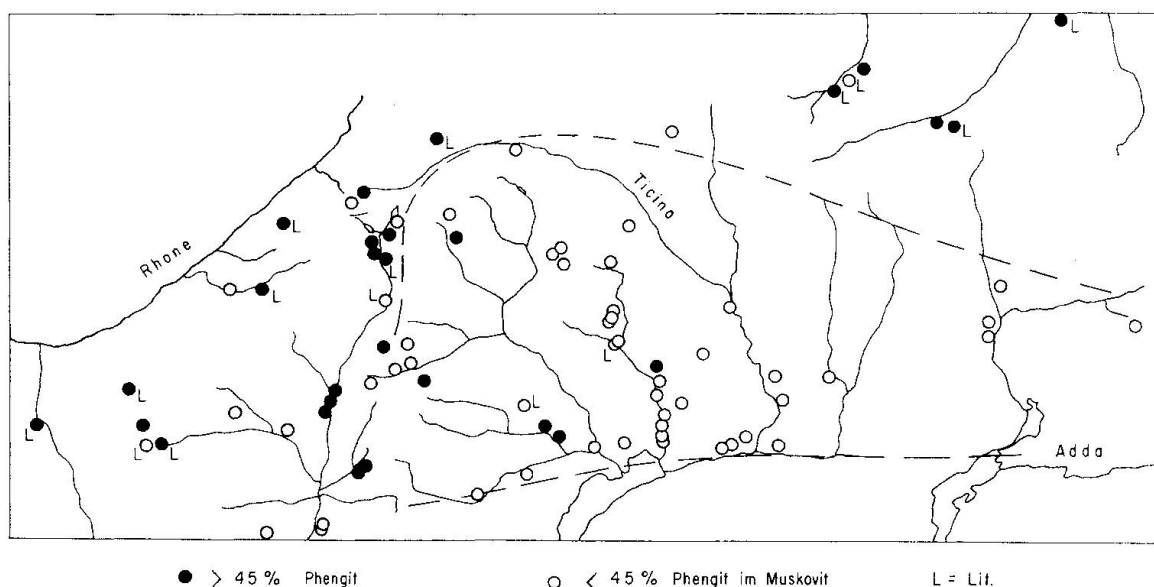


Fig. 20. Regionale Verbreitung und Phengitgehalt der untersuchten Muskowite. Die Literaturpunkte sind der Arbeit von GRAESER und NIGGLI (1967) entnommen.

dieses Gürtels beträchtlich und eher grösser als jene des Kerngebietes sind. Wir sind ferner der Meinung, dass die Punktdichte in den Randgebieten immer noch zu gering ist; es soll dieser Mangel jedoch behoben werden.

VELDE (1965) hat die Stabilitätsbereiche und das Vorkommen phengitischer Glimmer eingehend untersucht. Aus seinen Diagrammen (speziell Fig. 3) geht hervor, dass der Phengitgehalt der Hellglimmer in erster Linie von der Bildungstemperatur abhängt und in wesentlich geringerem Mass vom Bildungsdruck. Man wird demnach mit der Annahme wohl nicht fehlgehen, dass die im Untersuchungsgebiet gefundene Phengitvariation in erster Linie auf Temperaturdifferenzen (vgl. WENK, 1962) zurückzuführen ist; Druckunterschiede müssen zwischen Tessin und Albula vorhanden gewesen sein — sie lassen sich jedoch durch unsere geochemische Daten nicht belegen.

LITERATUR

SMPM = Schweiz. Mineralogische u. Petrographische Mitteilungen

Zitierte Literatur

- BRINDLEY, G. W. (1961): X-ray identification and crystal structures of clay minerals. London.
- Chemismus Schweizer Gesteine (1930, 1942), Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie XIV, XX.
- CROWLEY, M. S. and ROY, R. (1964): Crystalline solubility in the muscovite and phlogopite groups. Amer. Mineral., 49, S. 348.
- DEER, W. A., HOWIE, R. A. and ZUSSMAN, J. (1962): Rock-forming Minerals. London.
- ENGEL, A. E. J. and ENGEL, C. G. (1960): Progressive Metamorphism and Granitization of the Major Paragneiss, Northwest Adirondack Mountains, New York. Bull. geol. Soc. Amer., 71, S. 1.
- ERNST, W. G. (1963): Significance of phengitic micas from low-grade schists. Amer. Mineral., 48, S. 1357.
- FOSTER, M. D. (1960a): Layer charge relations in the dioctahedral and trioctahedral micas. Amer. Mineral., 45, S. 383.
- (1960b): Interpretation of the composition of trioctahedral micas. Geol. Surv. Prof. Paper, 354-B.
- FOSTER, M. D. et al (1960): Iron-rich muscovitic mica from the Grandfather Mountain area. Amer. Mineral., 45, S. 383.
- GRAESER, St. und NIGGLI, E. (1967): Zur Verbreitung der Phengite in den Schweizer Alpen; ein Beitrag zur Zoneographie der Alpenen Metamorphose. In: Etages tectoniques, Lausanne.
- HEINRICH, E. (1946): Studies in the mica group; the biotite-phlogopite series. Amer. Journ. Science, 244, S. 836.
- HENDRICKS, S. B. and ROSS, C. S. (1941): Chemical composition and genesis of glauconite and celadonite. Amer. Mineral., 26, S. 638.
- HUNZIKER, J. C. (1966): Zur Geologie und Geochemie des Gebietes zwischen Valle Antigorio (Provincia di Novara) und Valle di Campo (Kt. Tessin). SMPM 46, S. 473.
- JÄGER, E., NIGGLI, E. and BAETHGE, H. (1963): Two standard minerals, biotite and muscovite, for Rb-Sr and K-Ar age determinations, sample Bern 4B and Bern 4M from a gneiss from Brione, Valle Verzasca (Switzerland). SMPM 43, S. 465.

- JÄGER, E., NIGGLI, E. und WENK, E. (1967): Rb-Sr-Altersbestimmungen an Glimmern der Zentralalpen. Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F., 134. Lfg.
- JÄGER, E. and NIGGLI, E. (1967): Geological meaning of Rb-Sr age results as studied on samples from the Central Alps. Aus: "Radioactive dating and methods of low-level counting." Vienna, Intern. atomic energy agency.
- McKAY, D. S. (1965): Chemistry of coexisting metamorphic muscovite and biotite from Eastern New York, Diss. Rice Univ. U.S.A.
- McNAMARA, M. (1965): The lower greenschist facies in the Scottish Highlands. Geol. Förening, Stockholm Förh., 87, S. 347.
- MÜLLER, G. (1966): Die Beziehung zwischen der chemischen Zusammensetzung, Lichtbrechung und Dichte einiger koexistierender Biotite, Muskowite und Chlorite aus granitischen Tiefgesteinen. Contrib. Mineral. and Petrol., 12, S. 173.
- PAULING, L. (1930): The structure of some sodium and calcium aluminosilicates. Proc. nat. Acad. Sc., 16, S. 123.
- SMOTHERS, W. J. and YAO CHIANG, M. S. (1966): Differential thermal analysis. New York.
- STERN, W. B. (1966): Zur Mineralchemie von Glimmern aus Tessiner Pegmatiten. SMPM, 46, S. 137.
- (1967): Zur spektrographischen Simultananalyse der Alkalien und des Fluors in Silikaten. SMPM, 47, S. 873.
- TRÖGER, W. E. (1967): Optische Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale. II. Stuttgart.
- TROMMSDORFF, V. (1966): Progressive Metamorphose kieseliger Karbonatgesteine in den Zentralalpen zwischen Bernina und Simplon. SMPM, 46, S. 431.
- VELDE, B. (1965): Phengite micas: synthesis, stability and natural occurrence. Amer. Journ. Science, 263, S. 886.
- WENK, E. (1962): Plagioklas als Indexmaterial in den Zentralalpen. SMPM, 42, S. 139.
- WENK, E., SCHWANDER, H., HUNZIKER, J. und STERN, W. (1963): Zur Mineralchemie von Biotit in den Tessiner Alpen. SMPM, 43, S. 435.
- WISE, W. S. and EUGSTER, H. P. (1964): Celadonite: Synthesis, thermal stability and occurrence. Amer. Mineral., 49, S. 1031.

Nicht zitierte, aber in der vorliegenden Arbeit verwendete Literatur

- ALBEE, A. L. (1965): Phase equilibria in three assemblages of kyanite-zone pelitic schists, Lincoln Mountain Quadrangle, Central Vermont. J. Petrol., 6, S. 246—301.
- BROWN, C. B. (1962): Influence of layer charge on X-ray properties of muscovite. Dissert. Abstr. U.S.A., 22, S. 2123.
- BROWN, G. (1955): The effect of isomorphous substitution on the intensities of (001) reflexions of mica- and chlorite-type structures. Mineral. Mag., 30, S. 657.
- BURNS, A. F. and WHITE, J. L. (1963): The effect of potassium removal on the b-dimension of muscovite and dioctahedral soil micas. In: Intern. Clay Conf. 1963, 1, S. 9.
- BUTLER, B. C. M. (1967): Chemical Study of Minerals from the Moine Schists of the Ardnamurchan Area, Argyllshire, Scotland. Journ. Petrol., 8, S. 233.
- E-AN-ZEN and ALBEE, A. L. (1964): Coexistent muscovite and paragonite in pelitic schists. Amer. Mineral., 49, S. 904.
- FRANZINI, M. (1965): Sull'effetto dello ione K^+ nel determinare l'effetto strutturale delle miche triottaedriche. Riassunto in: Rendic. Soc. Mineral. XXI, S. 356.
- (1966): Nuovi dati sulla struttura delle miche triottaedriche. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A-vol. LXXIII.
- GAGNY, C. et NICOLAS, A. (1966): La séparation des minéraux dans les roches. Nantes.

- GRUNER, J. W. (1935): The structural relationship of glauconite and mica. *Amer. Mineral.*, 20, S. 699.
- HARDER, H. (1956): Untersuchungen an Paragoniten und an natriumhaltigen Muskowiten. *Heidelberger Mitt.*, 5, S. 227.
- HENDRICKS, S. B. and JEFFERSON, M. E. (1939): Polymorphism of the micas. *Amer. Mineral.*, 24, S. 729.
- JASMUND, K. (1950): Texturaufnahmen von plättchenförmigen Mineralien submikroskopischer Größenordnung in einer Debye-Scherrerkamera. *N. Jahrb. Mineral., Mh.* 1950, S. 63.
- KRETZ, R. (1963): Distribution of magnesium and iron between orthopyroxene and calcic pyroxene in natural assemblages. *J. Geol.* 71, S. 773—785.
- MÜLLER, G. (1966a): Der Einfluss verschiedener Substitutionen auf die Gitterkonstanten von koexistierenden Biotiten und Muskowiten. *Contrib. Mineral. and Petrol.*, 13, S. 59.
- (1966b): Die autometamorphe retrograde Umwandlung von Biotiten in Chlorite und Muskowite in sauren Tiefengesteinen. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 13, S. 295.
- O'HARA, M. J. (1964): Ungleichwertigkeit von Verteilungskoeffizienten und Verbindungslinien koexistierender Pyroxene. *Geol. Mag.* 101, S. 472; Referat in: *Zentralbl. Mineral.* II, 1965, Nr. 2608.
- PAPST, A. (1955): Redescription of the single layer structure of the micas. *Amer. Mineral.*, 40, S. 967.
- PARRISH, W. and MACK, M.: X-ray analysis data books, I—III.
- RADOSLOVICH, E. W. (1960): The structure of muscovite $Ka_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$. *Acta Cryst.*, 13, S. 919.
- RADOSLOVICH, E. W. and NORRISH, K. (1962): The cell dimensions and symmetry of layer-lattice silicates. I. Some structural considerations, II. Regression relations. *Amer. Mineral.*, 47, S. 599, 617.
- RIMSAITE, J. H. Y. (1964): On micas from magmatic and metamorphic rocks. *Beitr. Mineral. Petrol.*, 10, S. 152.
- (1967): Studies of rock-forming micas. *Geol. Surv. Canada, Bull.* 149.
- RÖSLER, H. J. und LANGE, H. (1965): *Geochemische Tabellen*. Leipzig.
- SAXENA, S. K. (1966): Distribution of elements between coexisting muscovite and biotite and crystal chemical role of titanium in the micas. *N. Jahrb. Mineral. Abh.* 105, S. 1.
- ROUXHET, P. C. and BRINDLEY, G. W. (1966): Experimental studies of fine-grained micas: I. organic contamination on the surface of wet-ground muscovite; II. the water content of wet-ground micas. In: *Clay mineralogy*, 6, S. 211.
- SCHWANDER, H. (1960a): Quantitative spektrochemische Bestimmung der Hauptkomponenten von Feldspäten und anderen Silikaten. *SMPM*, 40, S. 8.
- (1960b): Neue Anwendungen zur quantitativen spektrochemischen Bestimmung der Hauptkomponenten in Silikatgesteinen und -mineralien. *SMPM*, 40, S. 289.
- SCOTT, A. D. and REED, M. G. (1964): Expansion of potassium-depleted muscovite. In: *1st Meeting Clay Minerals Soc. Madison*.
- SEIFERT, F. (1966): Ein Rechenprogramm zur Umrechnung von Glimmeranalysen in Strukturformeln. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 13, S. 83.
- SMITH, J. V. and YODER, H. S. (1956): Experimental and theoretical studies of the mica polymorphs. *Mineral. Mag.*, 31, S. 209.
- STEVENS, R. E. (1946): A system for calculation analyses of micas and related minerals to end members. *U.S. Geol. Surv. Bull.* 950, S. 101.
- VELDE, B. (1965): Experimental determination of muscovite polymorph stabilities. *Amer. Mineral.*, 50, S. 436.

- (1966): Upper stability of muscovite. *Amer. Mineral.*, 51, S. 924.
- (1967): Si⁺⁴ content of natural phengites. *Contr. Mineral. and Petrol.*, 14, S. 250.
- VISTELIUS, A. B. and SARMANOV, O. V. (1961): On the correlation between percentage values: major component correlation in ferromagnesium micas. *Journ. Geol.*, 69, S. 145.
- YODER, H. S. and EUGSTER, H. P. (1955): Synthetic and natural muscovites. *Geochim. et cosmochim. Acta*, 8, S. 225.

Manuskript eingegangen am 30. Oktober 1967.