

# Untersuchung und Berechnung einiger Biotite aus Graniten des nordwestlichen Fichtelgebirges/NE-Bayern

Autor(en): **Goeman, Ulfert E.H.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **52 (1972)**

Heft 2

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40606>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Untersuchung und Berechnung einiger Biotite aus Graniten des nordwestlichen Fichtelgebirges/NE-Bayern

Von *Ulfert E. H. Goeman* (Braunschweig)\*)

Mit 7 Textfiguren und 1 Tabelle

## Zusammenfassung

Aus sudetischen Graniten des nordwestlichen Fichtelgebirges/NE-Bayern werden Biotite verschiedener Lokalitäten separiert und untersucht. Die Berechnung der Biotit-Formel erfolgt über die Zahl der Anionenvalenzen auf der Basis von  $O_{20}$  und  $(OH, F)_4$  unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Summe 4 für  $(OH + F)$  selten erreicht wird. Folglich wird die Summe der erhaltenen Anionen durch Abzug des nötigen Sauerstoff-Ersatzes für  $2 F = O^{2-}$  und  $2 (OH)^- = O^{2-}$  durch den Faktor 20 dividiert.

Grundsätzlich geht aus der Berechnung hervor, dass die  $(OH + F)$ -Gruppe der Biotite höhere Strukturwerte als 4 erreicht, die Oktaederpositionen konsequent unterbesetzt sind und vor allem die Alkalien der Zwischenschicht deutlich unter dem Idealwert 2 liegen.

## Abstract

From sudetic granites of the northwestern Fichtelgebirge (NE-Bavaria, W-Germany) biotites of various localities are separated and analysed. The calculation of the biotite-formula is based on the number of anion-valences with  $O_{20}$  and  $(OH, F)_4$  taking into account that the sum 4 for  $(OH + F)$  is seldom reached. After subtraction of the necessary oxygen-replacement for  $2 F = O^{2-}$  and  $2 (OH)^- = O^{2-}$  the sum of the calculated anions is divided by the divisor 20.

Based on that calculation the  $(OH + F)$ -group of the biotites shows higher structural values than 4, the octaeder-positions are consequently reduced and above all the alkalis of the twelve-fold coordinated X-layer (K, Na, etc.) are evidently lying under the ideal value of 2.

## 1. Einleitung

Die vorliegende Untersuchung von Biotiten aus Graniten und von einem Glimmergranodiorit des nordwestlichen Fichtelgebirges ist Teil einer grösseren Arbeit, die sich mit der Petrographie dieser Granitstöcke und ihrem tektonischen Gefügeplan befasst.

---

\*) Dr. U. Goeman, Mineralogisch-Petrographisches Institut der Technischen Universität Braunschweig, Konstantin-Uhde-Str. 1, D-33 Braunschweig.

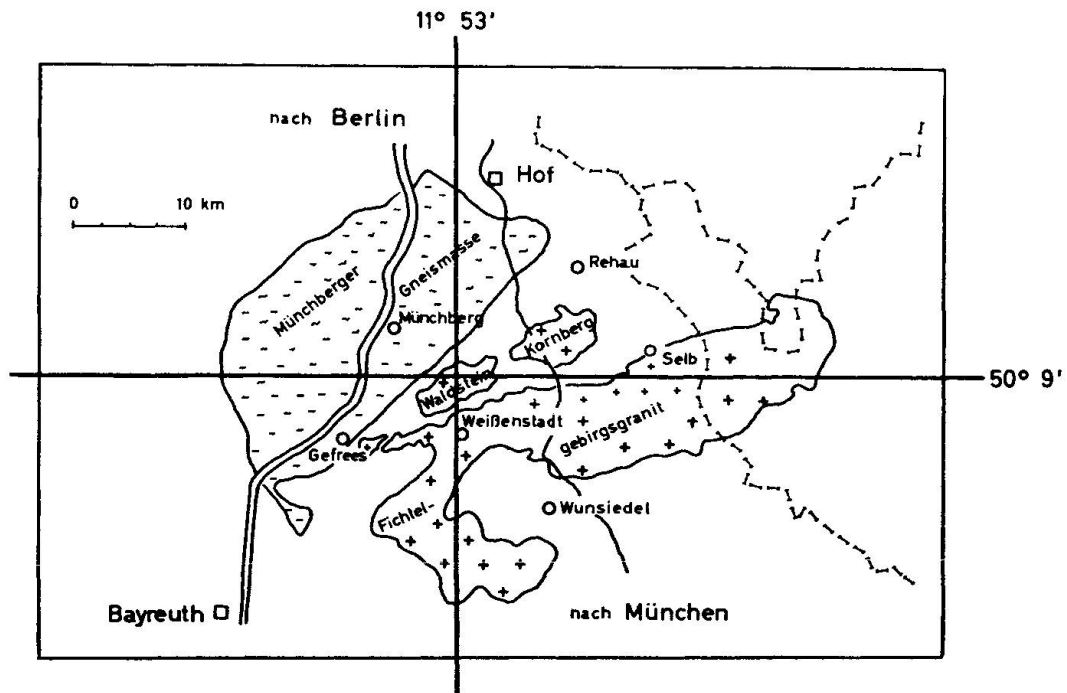


Fig. 1. Übersicht. Die kleinen Granitstöcke von Reut, Waldstein und Kornberg zwischen dem Fichtelgebirgsgranit und der Münchberger Gneismasse.

Der nördlich dem grossen Fichtelgebirgs-Granitkörper vorgelagerte Granit-zug (Fig. 1) setzt sich zusammen aus den in paläozoischen Phylliten und Glimmerschiefern steckenden Kuppeln der Reut bei Gefrees (Probe 1), dem Waldstein mit dem Epprechtstein (Nrn. 2–3, 5) sowie dem Kl. und Gr. Kornberg (Nrn. 6–7). Bei der Reut handelt es sich um einen feinkörnigen Granit im Randbereich, nach der Mineralzusammensetzung und dem Chemismus ein Glimmergranodiorit; die Aufnahme von dachnahen Tonschiefern lässt hier den Biotit in Einschlüssen bis 40 Vol.-% ansteigen. Die mittel- bis grobkörnigen Granite des Waldsteins und Kornbergs haben normale Biotitgehalte um 5–8 Vol.-%.

Zum Vergleich werden noch neben der Probe Nr. 4 vom Waldstein zwei weitere Biotitanalysen von G. MÜLLER (1966) aus dem südlichen Fichtelgebirgs-zug herangezogen, die ausser Rudolfstein (ein später eingedrungener Zinn-granit) dem gleichen Granitpluton angehören.

## 2. Biotituntersuchungsmaterial

- Nr. 1 Glimmergranodiorit von Reut b. Gefrees/Bruch Kolb  
Blatt Nr. 5936 Bad Berneck R<sup>44</sup> 83 150 H<sup>55</sup> 50 000
- Nr. 2 Granit vom Waldstein /Br. Reinersreuth-Henschel  
Blatt Nr. 5837 Weissenstadt R<sup>44</sup> 90 000 H<sup>55</sup> 56 000

- Nr. 3 Granit vom Waldstein/Br. Streuspitze-Grasyma  
Blatt Nr. 5837 Weissenstadt R<sup>44</sup> 90 250 H<sup>55</sup> 54 600
- Nr. 4 Granit vom Waldstein/Bruch Hegner  
Blatt Nr. 5837 Weissenstadt R<sup>44</sup> 90 270 H<sup>55</sup> 54 550  
(zit. aus G. MÜLLER, 1966)
- Nr. 5 Granit vom Epprechtstein/Schlossbrunnenbruch-Reul  
Blatt Nr. 5837 Weissenstadt R<sup>44</sup> 94 600 H<sup>55</sup> 56 625
- Nr. 6 Granit vom Gr. Kornberg/Bruch Steinhöhe  
Blatt Nr. 5838 Selb R<sup>45</sup> 03 250 H<sup>55</sup> 62 050
- Nr. I Contaminierter Granit der Kösseine/Kleinwendern  
Blatt Nr. 6038 Waldershof R<sup>45</sup> 00 860 H<sup>55</sup> 40 180  
(zit. aus G. MÜLLER, 1966)
- Nr. 7 Contaminierter Granit vom Gr. Kornberg/Wolfgangarten  
Blatt Nr. 5838 Selb R<sup>45</sup> 00 650 H<sup>55</sup> 58 770
- Nr. II Granit (Zinngranit) vom Rudolfstein/Versuchsstollen  
Blatt Nr. 5937 Fichtelberg R<sup>44</sup> 91 930 H<sup>55</sup> 49 180  
(zit. aus G. MÜLLER, 1966)

### 3. Methodik der analytischen Bestimmung

Nach der üblichen Brech- und Siebaufbereitung wurde der Biotit aus der Siebfraktion von 125–250  $\mu$  mit dem Frantz Magnetic Separator durch Ausnutzung verschiedener Stromstärken und Neigungen getrennt und angereichert. Um die häufig eingewachsenen Apatit- und Zirkoneinschlüsse weitgehend aus den Blättchenpaketen zu entfernen, wurden die Biotite unter Äthanol in einer Reibschale aufgerieben und in kleinste Blättchen aufgespalten. Dabei konnte eine wesentliche Verkleinerung der Biotit-Basisflächen vermieden werden.

Der Nassaufschluss erfolgte mit HClO<sub>4</sub> und HF und machte die flammenfotometrische Bestimmung der Alkalien und Erdalkalien nach SCHUHKNECHT sowie die Absorptionsbestimmung des Gesamteisens möglich. Direkt aus der Siebfraktion wurde mit Ammoniumvanadat der Eisen-II-Gehalt bestimmt (PETERS, 1968). Röntgenfluoreszenzbestimmungen erbrachten die Gehalte an SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> und MnO. Die MgO-Bestimmung erfolgte komplexometrisch aus dem Nassaufschluss durch Titration der Summe MgO + CaO (WEIBEL, 1961) unter Subtraktion der vorher durch die Flammenfotometrie erhaltenen CaO-Gehalte.

Nach STERN (1964) bricht das Biotitgitter erst bei einer Temperatur von 1150–1200° C zusammen. Bei entsprechend hohem Glühen der Substanz wurde der Glühverlust (H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>, F<sup>-</sup>) bestimmt, unter Berücksichtigung des vorhandenen und potentiell oxydierten FeO-Gehaltes der Biotite. Es erwies sich bei den vermuteten hohen Tonerdegehalten der Biotite als vorteilhaft, das Fluor durch Fällung als Bleichlorofluorid zu bestimmen.

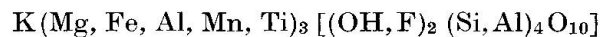
#### 4. Beitrag zur kristallchemischen Berechnung der Glimmer unter besonderer Berücksichtigung der Biotite

Die kristallchemische Formel der Glimmer, insbesondere der komplex zusammengesetzten Biotite, wird unterschiedlich dargestellt, obwohl an der Grundform, wie sie PAULING (1930) entwickelte, nicht viel geändert wurde. Entscheidend ist letzten Endes die Berechnungsart, die Besetzung der Gitterplätze und den Ladungsausgleich in Einklang zu bringen. Eine Auswahl von verwendeten Biotitformeln zeigt die Vieldeutigkeit an:

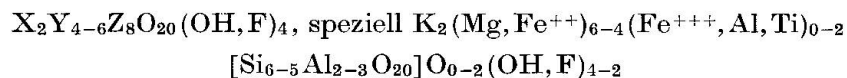
PAULING (1930)



MACHATSCHKI (1932/53)



DEER, HOWIE, ZUSSMAN (1962)



M. D. FOSTER (1960)



Unter Verwendung der Formeln von PAULING (1930), MACHATSCHKI (1932) und MARSHALL (1935) berechnete HOLZNER (1936) die Glimmerformel auf der Basis von  $\text{O} = 11$ , wobei er das  $(\text{OH})_2 = \text{O}^{2-}$  setzte (also  $10 + 1 \text{O}^{2-}$ ). Dagegen gehen DEER, HOWIE und ZUSSMAN (1962) von der Zahl der *Anionenvalenzen* aus auf der Basis von 24 (O, OH, F) durch Verdoppelung der Sauerstoffe auf  $\text{O} = 20$  und volle Hinzuzählung der verdoppelten  $(\text{OH} + \text{F})_2 = 4$ . Die Berechnung in Bd. III dieser Autoren (1962) zeigt aber, dass die Summe 4 für (OH + F) nur selten erreicht wird. Zudem ergibt sich eine Verkleinerung der zugrundegelegten Einheit durch Division durch volle 24 und man erreicht für die oktaedrischen Ionen und die grossen Kaliumatome eine Vergrösserung der Verhältniszahlen, so dass sie der Glimmerformel besser entsprechen.

FOSTER (1960) geht den umgekehrten Weg über die Basis der *Kationenvalenzen*, die sie gleich 22 setzt, als Einheit der halben Einheitszelle. Dabei lässt sie die Werte für  $\text{H}_2\text{O}^+ + \text{F}^-$  ausser Betracht, da diese, wie sie selbst angibt, bei einer Vielzahl alter Glimmeranalysen sicher unvollständig, zu niedrig oder überhaupt nicht bestimmt wurden. Gerade das Wasser (nebst Fluor) nimmt jedoch im Hydroxyl-haltigen Schichtsilikat eine kristall-strukturell und -chemisch bestimmende Schichtlage ein. Damit verzichtet FOSTER bewusst auf die Ausrechnung der Anionenzahlen, die sie 10 für O und 2 für (OH) als gegeben einsetzt. Jedoch tragen die Anionen aber mit dem Sauerstoff den Hauptanteil für das Gitter am Silikatbau bei. Nicht ersichtlich bleibt bei

der Formelberechnung von FOSTER, warum sie der Wertigkeit der Elemente derartiges Gewicht beimisst (Ca/2, Ba/2, Mg/2, R<sup>+++</sup> gegenüber R<sup>++</sup>), obwohl nach MACHATSCHKI (1930) die Metallatome ohne Rücksicht auf die Wertigkeit lediglich nach ihrer Raumbeanspruchung im Kristall zusammengefasst werden.

Wie STERN (1966) ausführte, «soll die FOSTER-Methode den Vorteil haben, dass das dadurch möglich gewordene Kalkül der Ladungsbilanz (wohlbemerkt, unter Nichtberücksichtigung von OH + F) eventuelle Rechnungsfehler zuverlässig anzeigt, Analysenfehler jedoch nur bedingt registriert werden». Gerade das Umgekehrte, nämlich eine wirksame Kontrolle der Analysenfehler auf Grund einwandfreier Formulierung wäre erwünscht. In jüngerer Zeit (1966) hat MÜLLER bei seinen Untersuchungen über Glimmer aus Graniten des oberbayerischen Raumes und von Oberösterreich auch eine Biotit- und eine Muskowit-Analyse aus meinem engeren Arbeitsgebiet gebracht. In seiner kristallchemischen Berechnung hielt er sich im wesentlichen an die von FOSTER entwickelte Methode, die Formel auf der Basis von 22 Kationenvalezen zu berechnen, bezog jedoch die Anionen O + (OH)<sub>2</sub> mit ein, indem er sie durch den bei der Kationenberechnung erhaltenen Divisionsfaktor teilte. Den 44 Kationenvalezen der vollen Formeleinheit mit 30 auf Tetraeder-, 12 auf Oktaeder- und 2 auf Zwischenlagen entsprechen somit 40 Sauerstoff-Anionenvalezen nebst 4 Valenzen für OH + F. Durch Beziehung auf die Kationenvalezen, nicht die der Anionen, wird auch klar, warum dann die Summe der Sauerstoffe nicht auf 40 ausgehen kann.

Die von MÜLLER (1966) angegebenen Biotitanalysen zeigen allesamt zu hohe Oxydwerte, deren Summe (bis zu 102,57 Gew.-%) unwahrscheinlich erscheint (was bleibt dann noch kontrollierbar?). Es ist nicht einzusehen, warum das Ca in seinen Glimmerformeln ausser Betracht gelassen ist. Ein Teil des angegebenen Ca kann zusammen mit dem bestimmten Phosphor eventuell noch vorhandenem Apatit zugeschrieben werden. Manchmal findet man feinste Apatitnadelchen parallel (001) in den Glimmerblättchen eingelagert. Darüber hinaus ist aber auch Ca im Biotit vorhanden, das das K ersetzen kann (s. auch Fig. 3). Diese Tendenz des Einbaus von Ca in Glimmern lässt sich leicht in intermediären bis basischen Gesteinen wie Granodiorit, Diorit und Gabbro verfolgen, in denen die Kalziumwerte deutlich ansteigen.

HOLZNER (1936) kommt für den Biotit aus der Glimmergruppe zu der Ansicht, dass er aus verschiedenen Schichten von der Art zweier Phlogopit- und einer Muskowit-Komponente zusammengesetzt ist. DEER, HOWIE und ZUSSMAN (1962) bestätigen, dass die Kationen der Oktaedergruppe bei Biotiten und Lepidolithen immer unter dem Wert 6 (der halben Formeleinheit) liegen, allerdings den Grenzwert 5 selten unterschreiten (s. a. Tab. 1). So ist die Annahme gar nicht so abwegig (HOLZNER 1936, SERDYUCHENKO 1948), dass diese Glimmer durch die deutliche Schwankung in ihrer Oktaederbesetzung zwischen 6 und 4 aus zwei- und dreioktaedrischen Schichten aufgebaut sind.

Tabelle 1. *Chemismus, spezif. Gewicht und Dichte der untersuchten Biotite im Vergleich mit Biotitanalysen des engeren Fichtelgebirgsraumes sowie kristallchemische Formulierung*

	1	2	3	4	5	6	I	7	II
SiO <sub>2</sub>	34,4	34,6	34,5	33,15	33,4	32,8	34,3	32,1	34,26
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,3	22,1	21,7	22,73	21,5	21,5	20,3	17,9	24,56
TiO <sub>2</sub>	3,57	2,00	2,33	2,95	2,41	2,23	2,44	4,00	1,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,02	0,68	0,99	1,36	2,63	1,44	3,07	1,33	1,26
FeO	21,71	24,26	25,53	23,74	23,96	28,24	23,2	27,77	23,23
MnO	0,31	0,45	0,48	0,45	0,48	0,27	0,21	0,33	0,47
MgO	6,80	2,17	2,03	2,11	1,89	1,78	5,31	3,99	0,98
Li <sub>2</sub> O	0,02	0,18	0,15	0,54	0,16	0,09	0,11	0,03	0,56
Na <sub>2</sub> O	0,19	0,20	0,18	0,27	0,17	0,22	0,18	0,17	0,24
K <sub>2</sub> O	5,86	8,75	7,69	8,90	8,15	6,79	8,32	7,55	9,20
Rb <sub>2</sub> O	—	—	—	0,25	—	—	0,10	—	0,49
CaO	1,68	0,09	0,14	0,10	0,08	0,17	0,53	0,53	0,10
F <sup>-</sup>	0,21	1,76	1,41	1,59	1,13	1,24	0,68	0,34	2,77
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4,24	3,11	3,69	3,41	4,15	3,74	3,50	4,12	3,87
N <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0,19	0,12	0,08	0,05	0,15	0,15	0,10	0,05	0,10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	—	—	—	0,45	—	—	0,12	—	0,07
	100,50	100,47	100,90	102,05	100,26	100,66	102,47	100,21	103,55
	-0,09	-0,74	-0,59	-0,67	-0,48	-0,52	-0,29	-0,15	-1,17
	100,41	99,73	100,31	101,38	99,78	100,14	102,18	100,06	102,38
n β'	1,653	1,651	1,652	1,653	1,650	1,649	1,645	1,658	1,644
2 V <sub>x</sub>	5-12°	5-10°	5-10°		5-10°	4-11°		5-10°	
D	3,06	3,12	3,14	3,102	3,13	3,15	3,127	3,14	3,063

Zahl der Kationen, berechnet auf 20 O

	1	2	3	4	5	6	I	7	II
Si <sup>4+</sup>	5,30	5,36	5,40	5,10	5,35	5,22	5,22	5,17	5,23
Al <sup>3+</sup>	2,70	2,64	2,60	2,90	2,65	2,78	2,78	2,83	2,77
Al <sup>3+</sup>	0,62	1,40	1,40	1,22	1,41	1,26	0,85	0,57	1,65
Ti <sup>4+</sup>	0,41	0,23	0,27	0,34	0,29	0,27	0,28	0,48	0,16
Fe <sup>3+</sup>	0,35	0,08	0,12	0,16	0,32	0,17	0,35	0,16	0,14
Fe <sup>2+</sup>	2,80	3,14	3,34	3,06	3,21	3,76	2,94	3,74	2,97
Mg <sup>2+</sup>	1,56	0,50	0,47	0,48	0,45	0,42	1,20	0,96	0,22
Mn <sup>2+</sup>	0,04	0,08	0,06	0,06	0,06	0,04	0,03	0,04	0,06
Li <sup>+</sup>	0,01	0,11	0,09	0,33	0,10	0,06	0,07	0,02	0,34
Na <sup>+</sup>	0,08	0,06	0,06	0,08	0,05	0,07	0,05	0,05	0,07
K <sup>+</sup>	1,15	1,73	1,54	1,75	1,67	1,38	1,61	1,56	1,79
Ca <sup>2+</sup>	0,28	0,02	0,02		0,01	0,03		0,09	
Rb <sup>+</sup>				0,02			0,01		0,05
OH <sup>-</sup>	4,36	3,22	3,85	3,50	4,43	4,08	3,54	4,43	3,94
F <sup>-</sup>	0,10	0,86	0,70	0,77	0,58	0,62	0,33	0,18	1,34
O	20,00	20,00	20,00	19,86	20,00	20,00	20,08	20,00	19,35

Im Dünnschliff findet man gelegentlich schmale parallele Leistenverwachsungen von Biotit mit Muskowit.

### 5. Ergebnisse der kristallchemischen Formulierung nach O<sub>20</sub> und (OH,F)<sub>4</sub>

Bei der Berechnung der Biotitanalysen halte ich mich bewusst an die kristallchemische Formulierung im Sinne von MACHATSCHKI. Die kristallchemische

Betrachtung birgt den grossen Vorteil der besseren Vergleichsmöglichkeit, da die gewonnenen Daten den Ergebnissen der chemischen Analyse angepasst sind (vgl. dazu SEIFERT, 1966, S. 83, Einleitung).

Bei meiner Berechnung wird unter Zugrundelegung der allgemein anerkannten Strukturformel der Biotite die Summe der erhaltenen Anionen nach Abzug des nötigen Sauerstoff-Ersatzes für  $2 F = O^{2-}$  und  $2 (OH)^- = O^{2-}$  durch den Faktor 20 (als fest-definierte Grösse in der Anionengruppe, gerechnet pro halbe Einheitszelle, DEER, FOSTER u. a.) dividiert. Dieser Teilungskoeffizient lässt durch einfache Division die entsprechenden Valenzen der Kationen errechnen. Zusätzlich bringt er aber für die Anionengruppe  $(OH + F)$  die nach der Formel zu erwartenden Annäherungswerte und zeigt durch Über- oder Unterschreiten des postulierten Faktors 4 eine Über- oder Unterbesetzung der  $(OH)^-$ -Schichten an. Grundsätzlich wird wohl dieser Faktor überschritten, da gerade das Wasser im Dach eines Granitplutons, wo es zu pegmatitisch-hydrothermalen Mineralbildungen und zur Umwandlung zu Hydroglimmern kommt und es zur Chloritisierung der Biotite (und Kaolinisierung der Feldspäte) weiterführt, reichlich zu erwarten ist.

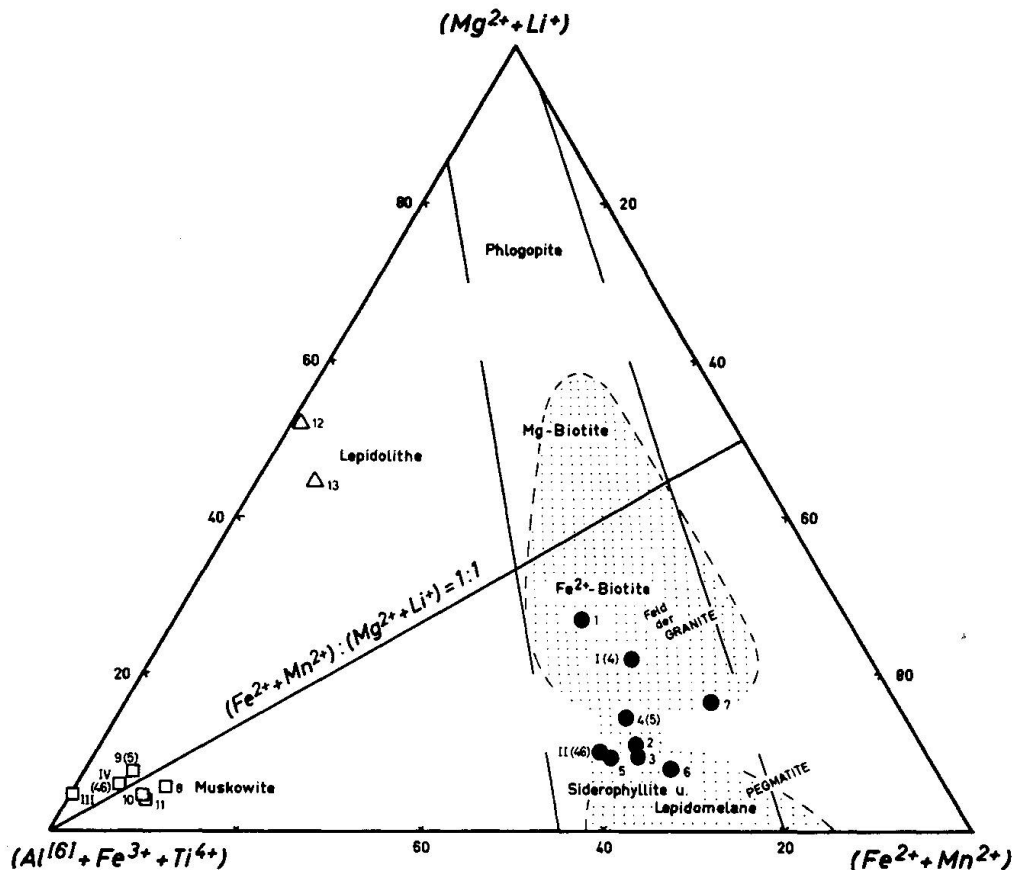


Fig. 2. Projektionspunkte der analysierten Biotite (schwarze Kreise). Verteilung ihrer Kationen auf die oktaedrischen Gitterplätze (modifiziert nach FOSTER und MÜLLER). Beziehungen zwischen chemischer Zusammensetzung und geologischem Auftreten. Zum Vergleich Lage der Muskowite und Lepidolithe gleicher Lokalität.



Die Fig. 2 Dreieck ( $\text{Al}^{6l} + \text{Fe}^{3+} + \text{Ti}^{4+}$ ) – ( $\text{Fe}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ ) – ( $\text{Mg}^{2+} + \text{Li}^+$ ) zeigt nach FOSTER (1960) das Verhältnis der Kationen in 6er Koordination. Berücksichtigt ist dabei nach MÜLLER (1966) das zusätzlich auftretende Lithium, das bei einem ähnlichen Ionenradius das Magnesium ersetzt (0,68 Å gegenüber 0,66 Å) und besonders für die Gliederung der Hellglimmer von grösserer Bedeutung ist (vgl. im Dreieck, Fig. 2, die isolierte Lage einiger hier zusätzlich eingetragener Muskowite und Lepidolithe gleicher Lokalität).

Für die linke untere Dreiecksspitze ist die Bezeichnung ( $\text{Al}^{6l} + \text{Fe}^{3+} + \text{Ti}^{4+}$ ) angebracht, da die allgemeine Bezeichnung  $\text{R}^{3+}$  (nach FOSTER), bzw.  $\text{Me}^{3+}$  (nach MÜLLER) irreführend ist, da vom Aluminium nur das oktaedrische einzubeziehen ist.

In dieser Dreiecksdarstellung ist das divergierende  $\text{Fe}^{2+} - (\text{Mg}^{2+} + \text{Li}^+)$ -Verhältnis durch die Trennlinie 1 : 1 besonders herausgestellt. Die untersuchten Biotite des nordwestlichen Fichtelgebirges sind den eisenreichen Typen zuzuordnen (s. chemische Analyse, Lichtbrechung, Dichte). Sie liegen jedoch im *Übergang* und im *Grenzbereich* zum Feld der *Lepidomelane*.

Von Reut, Waldstein, Epprechtstein und Kornberg sind die in Tab. 1 aufgeführten neuen Biotitanalysen mit schwarzen Kreisen eingetragen. Biotit Nr. 1 stammt aus dem Biotitgranodiorit von Reut bei Gefrees, mit reichlich assimiliertem Material. In der Darstellung nach FOSTER kommt er in das Feld normaler Granite in Richtung zur (Mg + Li)-Spitze zu liegen. Die von G. MÜLLER stammenden Biotitanalysen des Granits vom Waldstein (Br. Hegner) und des Zinngranits vom Rudolfstein (Nrn. 4 und II) liegen zwischen den von FOSTER gezogenen Granit- und Pegmatit-Feldern. Die Projektionen der von mir analysierten Biotite bestätigen die Vermutung von MÜLLER, dass der Bereich der Biotite aus normalen Graniten zum Pegmatitfeld erweitert werden muss. Mit den neugewonnenen Ergebnissen lässt sich ein Hiatus zwischen diesen Feldern nicht mehr aufrechterhalten, sondern es besteht ein Übergang ent-

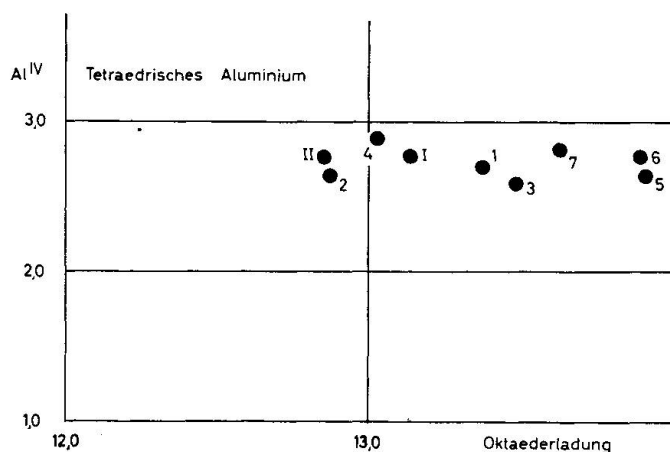


Fig. 3. Tetraedrisches Aluminium und Oktaederladung von Biotiten des Fichtelgebirges (nach SCHWANDER et al., 1968).

sprechend dem petrographischen Befund einer festgestellten Tendenz zu pegmatitischer Kristallisation.

Fig. 3 zeigt die Abhängigkeit des tetraedrigen Aluminiums ( $Si^{4+}$  zum Idealwert 8,00 ersetzend) von der Oktaederladung. Es fällt auf, dass alle untersuchten Biotite aus Graniten und granitischen Gesteinen mit bis zu 13,89 (Epprechtstein) positiven Valenzen auf den oktaedrischen Gitterplätzen (Idealwert 12,00) stark überbesetzt, auf den tetraedrischen Plätzen mit 29,17 (Wolfsgarten/Gr. Kornberg) aber deutlich unterbesetzt sind. Ein gewisser Prozentsatz dieses Überschusses liegt begründet in der gegenüber FOSTER (1960) geänderten Berechnungsart unter Einbeziehung von  $OH^-$  und  $F^-$ . Trotzdem bleibt ein starker Ladungsüberschuss bestehen.

Ein Zusammenhang zwischen Oktaederladung und  $Al^{3+}$ -Einbau in den Tetraedern ist nur innerhalb geringer Grenzen bei Muskowiten denkbar. Beim Biotit ergibt sich bei relativ konstanten tetraedrigen  $Al^{3+}$ -Werten nur eine weite Auffächerung entsprechend der schwankenden Oktaederladung ( $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ti^{4+}$ ,  $Mg^{2+}$ ).

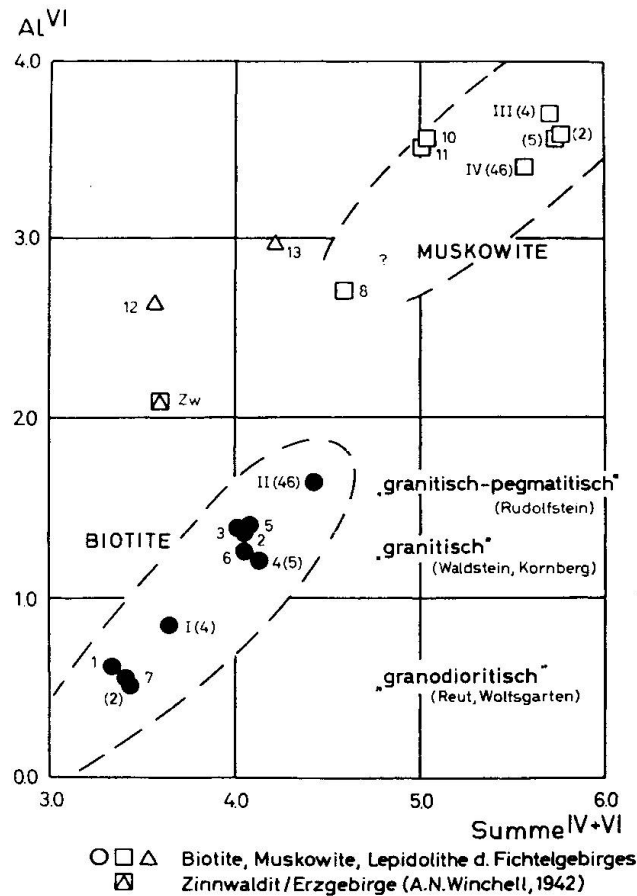


Fig. 4. Verhältnis des Al in oktaedrischer Position zur Summe des Gesamtaluminiums (in IVer und VIer Koordination) der Biotite und einiger koxistierender Muskowite. Zusätzlich wurden zwei Biotitanalysen aus dem südlichen Fichtelgebirgszug (Kösseine, Rudolfstein) miteinbezogen. Zum Vergleich die Projektion eines Zinnwaldits aus dem Erzgebirge.

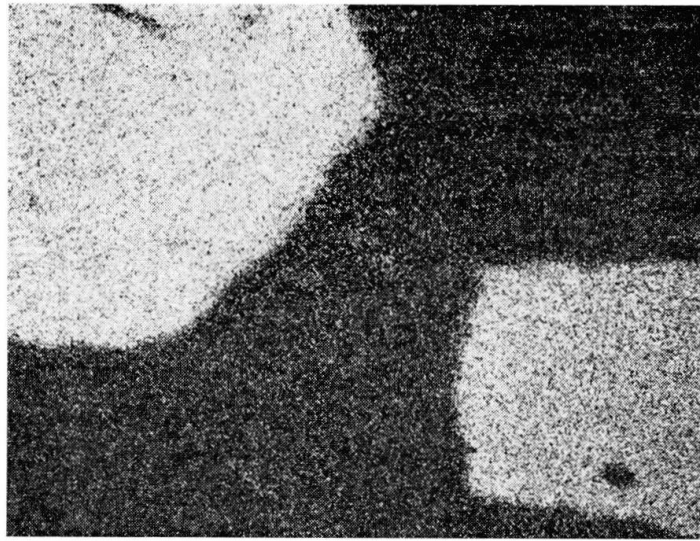


Fig. 5. Rückstreuelektronenbild, compo. invers. u. Röntgenrasterbild;  $\text{CaK}_{\alpha}$ ,  $540\times$ . Granit vom Gr. Kornberg/Br. Wolfsgarten.

Diese Aufnahme gibt einen Überblick über die Verteilung des Kalziums im Biotit, bzw. Apatit. Rechts unten und links oben zwei stark reflektierende Apatitkörner mit hohen Ca-Werten. Bemerkenswert die fein-disperse Verteilung des Kalziums in der dunklen, diagonal-durchziehenden Biotittafel.

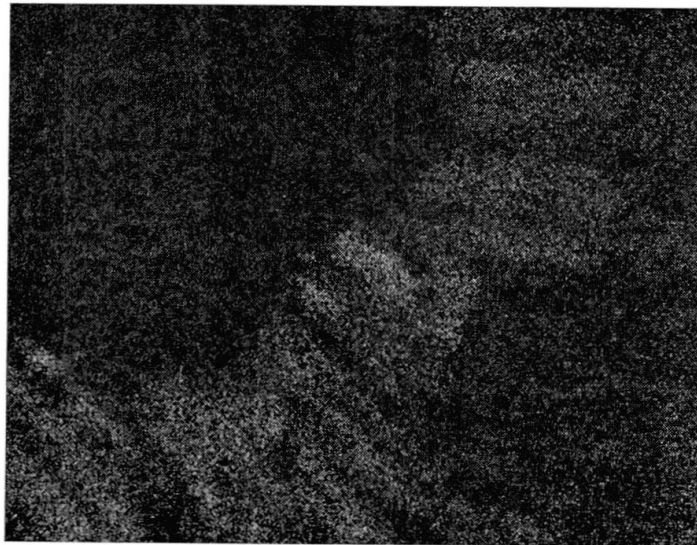


Fig. 6. Röntgenrasterbild  $\text{KK}_{\alpha}$ ,  $540\times$ ; Granit vom Gr. Kornberg/Br. Wolfsgarten.

Gleicher Ausschnitt wie in Fig. 5, d. h. links oben und rechts unten Apatite, dunkel. Diagonal nach rechts laufend Biotit mit dispers verteiltem Kalium. Deutliche «Auswaschung» des Kaliums entlang den vorgegebenen Spaltrissen.

Da in den angeführten Biotiten bei in sich relativ konstanten  $\text{Si}^{4+}$ -Werten stets ein fast gleichbleibender Einbau von  $\text{Al}^{3+}$  als Ersatz für  $\text{Si}^{4+}$  erfolgt, wirken sich schwankende  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalte der Biotitanalysen ausschliesslich auf das oktaedrisch eingebaute Al aus. Aus dieser Gesetzmässigkeit lässt sich der Übergang von Biotiten aus granodioritischen Gesteinen zu solchen granitischer

bis granitisch-pegmatitischer Zusammensetzung ableiten (s. in Fig. 4 das Feld der Biotite).

Mit der Jeol JXA 5 A Elektronen-Mikrosonde wurde eine charakteristische Biotitprobe aus dem Granit des Gr. Kornbergs im Labor für Werkstoffuntersuchung/München auf einige Hauptelemente geprüft. Hierzu wurden Scanning-Bilder in der Vergrößerung  $540\times$  bei 20 kV Elektronenspannung und  $\pm 0,1\ \mu\text{A}$  Probenstrom aufgenommen. Davon seien nur die Verteilungsbilder des Kalziums, bzw. Kaliums herausgegriffen (Fig. 5 und 6). Sie zeigen, dass das Kalzium (Fig. 5) über die ganze Biotittafel fein verteilt vorkommt und offensichtlich das Kalium in der Zwischenschicht ersetzt; gleichzeitig zeigt die Fig. 6 die sekundär noch beschleunigte, streifige «Auswaschung» des Kaliums entlang vorgegebener Spaltrisse.

In Fig. 7 ist die Abweichung der untersuchten Biotite vom idealen Strukturformelwert unter Berücksichtigung von 20 Sauerstoffen (vgl. S. 322) in Strukturhäufigkeitsdiagrammen dargestellt; daraus ergeben sich für die untersuchten Biotitproben folgende Gesetzmässigkeiten:

1. In der (OH + F)-Gruppe werden bei den Biotiten höhere Strukturwerte als 4 erreicht, durch stärkeren Wassereinbau infolge autopneumatolytischer Beeinflussung.
2. Die Oktaederpositionen sind konsequent unterbesetzt.

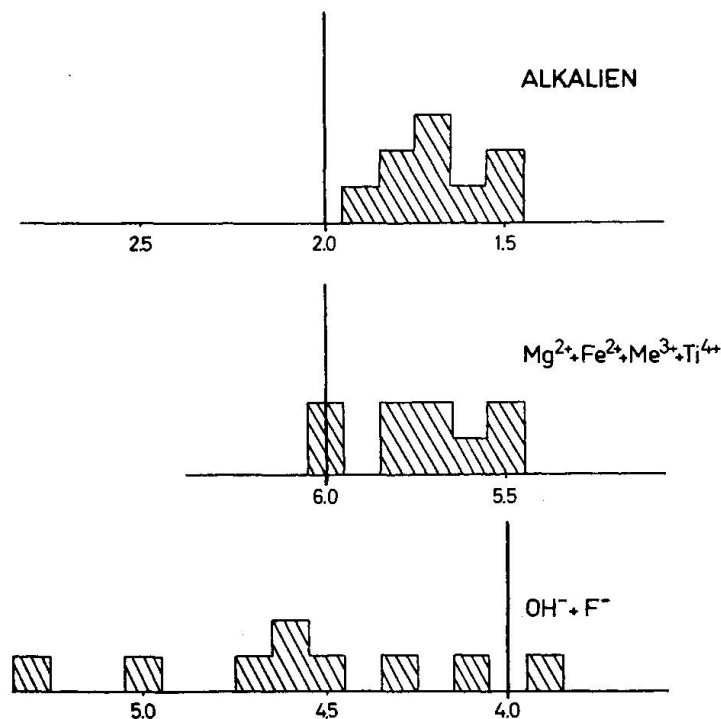


Fig. 7. Abweichungen von der idealen Biotitstrukturformel. (x-Achse: Formelwerte; idealer Wert durch dicken, vertikalen Strich gekennzeichnet. y-Achse: Häufigkeit der erbrachten Fälle). Es bestehen systematische Abweichungen von der idealen Strukturformel, gerade beim Biotit (DEER et al. 1962, STERN 1966).

3. Ähnlich wie bei FOSTER (1960) angegeben, liegen die Alkalien der Zwischenschicht deutlich unter dem Idealwert 2,00. Auf diese Unterbesetzung der Zwischenschicht wurde in einigen Arbeiten mehrfach hingewiesen (LAMBERT 1959, EVANS und GUIDOTTI 1966, BUTLER 1967). OKRUSCH (1969) errechnete bei der Kontrolle seiner röntgenfluoreszenzanalytisch und flammenfotometrisch gewonnenen Analysen von Biotiten jedoch mit der Mikrosonde vorwiegend höhere  $K_2O$ -Werte (durch Erfassung nur der frischesten Mineralblättchen), so dass die Besetzung der Zwischenschicht dem Idealwert 2 recht nahe kommt.

Bei der Überprüfung von Biotitanalysen ergeben sich in der Folge meist niedrigere  $SiO_2$ -Gehalte und damit weniger  $Si^{4+}$ , so dass zu dessen Ersatz bei Auffüllung der Tetraederbesetzung auf den vollen Wert von 8 mehr  $Al^{3+}$ -Ionen (IVer koordiniert) aus der Oktaederposition herangezogen werden müssen. Damit erniedrigt sich die Summe der oktaedrischen Positionen auf Kosten höherer X-Besetzungen.

Allgemein errechnen sich in der Zwischenschicht Differenzen um 15%, die lokal (Nr. 1, Reut bei Gefrees) bis zu 25% darunter liegen. Legt man aber im letzteren Fall nicht die Schicht-Besetzung, sondern die Ladung der Kaliumionen und ihrer Substituenten (besonders den Ersatz durch zweiwertiges Kalzium, vgl. Fig. 5) zugrunde, dann schrumpfen die Differenzbeträge stark zusammen. Den Alkali-Verlust muss man Fehlstellen, Einbau von  $OH^-$ -Ionen zu Hydrobiotit zufolge mechanischer Beanspruchung und angreifenden autoneumatolytischen bis hydrothermalen Vorgängen zuschreiben.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für die Bereitstellung von Mitteln recht herzlich gedankt. Weiterhin bin ich zu Dank verpflichtet: Herrn Dr. P. Richter vom Mineralogisch-Petrographischen Institut der Universität Würzburg für die röntgenfluoreszenzanalytischen Ergebnisse, Herrn R. Sauer vom Max-Planck-Institut für Silikاتفorschung in Würzburg für die Fluorbestimmungen, Herrn Prof. Dr. R. Eigenfeld, ebenfalls Würzburg, für viele anregende Hinweise und Diskussionen.

Die Scanning-Aufnahmen verdanke ich dem Labor für Werkstoffuntersuchung in München.

#### Literatur

SMPM = Schweiz. Mineral. u. Petrogr. Mitteilungen

- BUTLER, B. C. (1967): Chemical study of minerals from the Moine schists of the Ardnurchan area, Argyllshire, Scotland. *J. Petrol.* 8, 233–267.
- DEER, HOWIE and ZUSSMAN (1962): *Rock Forming Minerals*, Vol. 3, Sheet Silicates.
- EVANS, B. W. and GUIDOTTI, C. V. (1966): The sillimanite-potash feldspar isograd in Western Maine/USA. *Contr. Mineral. Petrol.* 12, 25–62.
- FOSTER, M. D. (1960): Interpretation of the composition of trioctohedral micas. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper*, 354-B, 11–49.
- (1960): Layer charge relations in the dioctohedral and trioctohedral micas. *Amer. Mineral.*, 45, 383.

- FOSTER, M. D., WONES, D. R. and EUGSTER, H. P. (1963): The atomic ratios of natural ferruginous biotites with reference to the stability relations of the ferruginous biotite, annite. *J. Petrol.* 4, 302–306.
- FOSTER, M. D. (1964): Water content of micas and chlorites. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 474-F, 1–15.
- HOLZNER, J. (1936): Über den «anomalen» Kristallbau der Biotite. *Z. Krist.* 95, 435–450.
- KUNITZ, W. (1924): Die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung und den physikalisch-optischen Eigenschaften innerhalb der Glimmergruppe. *N. Jb. Mineral., B.-Bd.* 50, 365–413.
- LAMBERT, R. St. J. (1959): The mineralogy and metamorphism of the Moine Schists of the Morar and Knoydart districts of Inverness-shire. *Trans. Roy. Soc. Edin.* 63, p. 553.
- MACHATSCHKI, F. (1930): Die Formel des Astrophyllites und seine Beziehungen zu den Glimmern. *Zbl. Mineral. (A)*, 255–267.
- (1932): Die Calcium-Sprödglimmer. *Zbl. Mineral. (A)*, 65–68.
- MARSHALL, C. E. (1935): zit. a. HOLZNER, J.
- MÜLLER, G. (1966): Die Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung, Lichtbrechung und Dichte einiger koexistierender Biotite, Muskowite und Chlorite aus granitischen Tiefengesteinen. *Contr. Mineral. Petrol.* 12, 173–191.
- (1966): Die autometamorphe retrograde Umwandlung von Biotiten in Chlorite und Muskowite in sauren Tiefengesteinen. *Contr. Mineral. Petrol.* 13, 295–365.
- (1966): Der Einfluss verschiedener Substitutionen auf die Gitterkonstanten von koexistierenden Biotiten und Muskowiten. *Contr. Mineral. Petrol.*, 13, 59–74.
- (1967): Der Einfluss der mechanischen Zerkleinerung auf den Kaliumgehalt von Biotitfraktionen. *Contr. Mineral. Petrol.* 15, 356–361.
- NIGGLI, C. R. (1965): Über die Natur sagenitartig angeordneter Nadeln im Biotit. *SMPM* 45, 807–818.
- OKRUSCH, M. (1969): Die Gneishornfelse um Steinach in der Oberpfalz. *Contr. Mineral. Petrol.* 22, 32–72.
- PAULING, L. (1930): The structure of micas and related minerals. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 16, 123 (M. A. 4–368).
- PETERS, A. (1968): Ein neues Verfahren zur Bestimmung von Eisen(II)-oxid in Mineralen und Gesteinen. *N. Jb. Mineral. Mh.* 119–125.
- SCHWANDER, H., J. HUNZIKER und W. STERN (1968): Zur Mineralchemie von Hellglimmern. *SMPM* 48, 357–390.
- SEIFERT, F. (1966): Ein Rechenprogramm zur Umrechnung von Glimmeranalysen in Strukturformeln. *Contr. Mineral. Petrol.* 13, 83–88.
- SERDYUCHENKO, D. P. (1948): The chemical composition and classification of micas. *Doklady Akad. Sci. USSR*, 59, p. 545.
- STERN, W. B. (1966): Zur Mineralchemie von Glimmern aus Tessiner Pegmatiten. *SMPM* 46, 137–188.
- WEIBEL, M. (1961): Die Schnellmethode der Gesteinsanalyse. *SMPM* 41/2, 285–294.

Manuskript eingegangen am 1. März 1972.