

BOHUSLAV CAMEL, JURAJ MACEK\*

**KONTAKT-KALZIUMSILIKAT-HORNFELSEN IN DEN KLEINEN KARPATEN**

(Abb. 1–2)

**Kurzfassung:** Die Verfasser führten an zwei Vorkommen von Kontakt-Hornfelsen aus dem Gebiete des Bratislavaer Granitoidenmassivs und an Kontakt-Hornfelsen des Harmonia-Gebietes im Gebirge der Kleinen Karpaten Vergleiche der optischen Eigenschaften von Mineralen durch. Jedes dieser Vorkommen stellt separate Bedingungen der Genese dar, weshalb auch die Unterschiedlichkeit des Charakters der Minerale bedeutend gross ist, obwohl es sich hier um die gleiche Assoziation von Mineralen handelt. Die Unterschiede der genetischen Bedingungen der Hornfelsen werden in der Arbeit getrennt beleuchtet.

**Резюме:** Авторы приводят сравнения оптических свойств минералов двух местонахождений контактных роговиков в области Братиславского гранодиоритового массива и контактных роговиков в области Гармония в Малых Карпатах. Каждое из местонахождений представляет особые условия генезиса и поэтому различие в характере минералов довольно большое, хотя речь идет и тех же самых ассоциациях минералов. Различие в генетических условиях роговиков объясняется в работе отдельно.

Im Gebiete des Kristallinikums der Westkarpaten gibt es in der Zone kristalliner Schiefer verhältnismässig wenig solcher Schiefergesteinsfolgen, die grössere Lagen Kalksteine oder anderer Karbonatsedimente enthielten. Kalksteinlinsen oder deren dünne Lagen können in der Kambrosilur- (Kambroordovizium-) Serie der Gemeriden gefunden werden. Bedeutend seltener sind Kalksteine in der devonischen bis unterkarbonischen Rakovec-Serie des Zips-Gömörer Erzgebirges (Spišsko-Gemerské rudohorie) (z. B. bei Dobšiná und Košická Belá), sowie auch an weiteren Stellen dieser Serie mit intensiv entwickeltem diabasischem Vulkanismus (z. B. bei der Ortschaft Hnilčík). Hier bildet der karbonatische Bestandteil nur enge Einlagerungen oder an Kalzit bereicherte unterbrochene dünne, mit Pyroklastika wechselnde Lagen.

Aber auch im Gebiet des Kristallinikums der Tatroveporiden kommen manchmal kleinere Kalksteinlinsen oder andere Karbonatlagen und Einlagerungen vor. Sie pflegen häufig in den Amphibolit- und Metatuffzonen zu sein und dies zumal dort, wo sich im Kristallinikum mächtigere Akkumulationen dieser Gesteine befinden [z. B. in der Krakovčá-Zone der Veporiden im Gebiete der Gemeinde Hronec (Tri vody), bei Brezno usw.]. Grössere Kalksteinlinsen und -lagen kommen in der Kokava-Serie des veporiden Kristallinikums vor, wo stellenweise die vereinzelt Karbonatvorkommen beträchtlich rekristallisiert (marmorisiert) oder auch vererzt bzw. von Metasomatose betroffen sind.

Die bekanntesten Vorkommen paläozoischer Kalksteine im Kristallinikum von Kerngebirgen sind im Gebiet der Kleinen Karpaten in der sogenannten Harmonia-Serie (Devon bis Unterkarbon), wo diese Kalksteinlinsen durch Intrusion granitoider Gesteine kontaktmetamorphiert wurden. Es entstanden so Kalziumsilikat-Hornfelsen (Erlane), wie sie von B. C a m b e l (1954) beschrieben wurden. Laut Klassifikation von V. M.

---

\* Univ.-Prof. RNDr. B. C a m b e l, Dr.Sc., RNDr. J. M a c e k, Geologisches Institut der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Bratislava, Štefánikova 41.

Goldschmidt (1911) handelt es sich hier um Kalziumsilikat-Hornfelsen, die in die siebente bis zehnte Klasse von Hornfelsen (Plagioklas-Diopsid-Hornfels; Grossular-Plagioklas-Diopsid-Hornfels; Grossular-Diopsid-Hornfels sowie den häufigsten Typ. den Wollastonit-Diopsid-Hornfels mit Vesuvian) gehören.

Eine eingehendere kristalloptische und Röntgenbeugungsforschung an Mineralen von Kalziumsilikat-Hornfelsen führten M. Čajková und E. Šamajová (1961) durch. Die Ergebnisse dieser Forschung werden zum Vergleich in der separaten Tabelle (Tab. 1) angeführt.

Aufgabe der gegenwärtigen kristalloptischen Forschung, deren Ergebnisse hier dargestellt werden, war die Identifikation und der gegenseitige Vergleich von Mineralen verschiedener Typen von Kalziumsilikat-Hornfelsen, welche an mehreren Stellen im Gebiet des Bratislavaer Granodioritmassivs vorkommen. Das Schieferkristallinikum in welchem sich die Hornfelsen oder Karbonate befinden, liegt im Liegenden der Harmonia-Serie und laut palynologischer Forschung handelt es sich um eine Schichtengruppe des älteren Paläozoikums.

Im Giebete dieses Schieferkristallinikums des Bratislavaer Massivs sind Karbonatlagen sehr selten und kommen nur an einigen Stellen vor, und dies zumal an solchen mit grösseren Amphibolit- und Metatuffvorkommen. Solche Metabasite mit kleinen Einlagerungen von Karbonaten oder mit einem erhöhten Gehalt des Karbonatanteils wurden an mehreren Stellen der vulkanogenen Schieferzone gefunden. Es hing von der Intensität der Metamorphose und der Reinheit der Kalksteine ab, ob Kalziumsilikat-

Tabelle 1. Übersicht der optischen Werte einiger Kontaktminerale aus dem Gebiet Dolínkovský vrch. Entnommen der Arbeit von M. Čajková, E. Šamajová (1961).

Mineral	Brechungsindex	Doppelbrechung	2 V	Ch <sub>m</sub>	Ch <sub>z</sub>	optische Orienta-tion	Röntgen-Diffraktion
Granat Grossular	n = 1,7299 n auf der opt. Achse 1,8394	0,0028	64°	+			Mineral durch RTG-Diffraktion bestätigt
Vesuvian	n mit c = = 1,737–1,742	0,005	38°	+			Mineral durch RTG-Diffraktion bestätigt
Wollasto-nit	n = 1,664	0,011	44°	–	–		Mineral durch RTG-Diffraktion bestätigt
Epidot	n = 1,7652		61°	–		c/n = 12°	Mineral durch RTG-Diffraktion bestätigt
Diopsid	n = 1,682		58–63°	+		c/n = 36°	Mineral durch RTG-Diffraktion bestätigt

Hornfelsen entstanden oder ob es nur zu einer mehr oder minder grossen Umkristallisierung der Karbonate kam.

Kalziumsilikat-Hornfelsen beschreibt bereits P. S. Richarz (1908) und dies aus dem Gebiet des Hainburger Schlossberges (Österreich) und erwähnt auch ähnliche Funde im Gebiet von Lamač. Er setzt deren Entstehung aus dolomitischen Mergeln voraus. J. Koutek und V. Zoubek (1936, S. 20) führen an, dass die Kalziumsilikat-Hornfelsen untergeordnet als Einlagen in Amphiboliten vorkommen und deren Gestreiftheit verursachen, wobei die hellen Streifen diopsidangereichert sind oder es überwiegen in ihnen Diopsid und Minerale der Epidot-Zoisitgruppe. Der Anteil an Amphibol ist verschieden und als Akzessorien treten hier Titanit und Pyrrhotin auf. Sie führen Vorkommen solcher Hornfelsen an und zwar in Amphibolitschollen auf dem Hügel Vefká baňa (Gemeinde Rača) und einer nördlich des Forsthauses Kamzík und östlich von Železná studienka (Eisenbrünnel) sich befindlichen Amphibolitscholle. Dieser Fund, sowie auch jener von Lamač waren für die Autoren dieses Beitrags unauffindbar und konnten deshalb nicht studiert werden.

Demgegenüber wurden Proben des Hügels Vefká Baňa studiert. Ein neues Vorkommen von Hornfelsen wurde im Amphibolitsteinbruch im Tal des Baches Bystrica festgestellt, wo Fleckamphibolite abgebaut werden (der Steinbruch befindet sich 250 m östlich der Kote 371 im Tal des Baches Bystrica).

Ausserdem wurden im Verlaufe der Forschungsarbeit im Gebiete der Kleinen Karpaten weitere Fundstätten von Kalziumsilikat-Hornfelsen u. zw. in der Antimonlagerstätte Cajla-Pezinok festgestellt. In der Antimonlagerstätte wurde eine 1–2 m mächtige Linse von Hornfelsen in Amphiboliten gefunden. Auch wurden laut persönlicher Mitteilung des Geologen St. Polák bei Erforschungsbohrarbeiten im Gebiet des Pezinok-Perneck-Kristallinikums eine ca. 1 dm mächtige, gut abgegrenzte Lage nahezu unrekristallisierten Kalksteins in der Amphibolitgesteins-Zone festgestellt. Es ist dies ein weiterer Beweis von der Existenz solcher Kalksteinlagen in Metatuffen.

Lagen von Karbonatsedimenten in Tuffen und Tuffiten befinden sich nördlich der Ortschaft Dúbravka am über den Hügel Bržítie zur Kote 245 hin verlaufenden Kamm, wo tuffogenes Material und an Karbonaten angereicherte Lagen wechseln. Solche Metatuffe mit verhältnismässig erheblichem primärsedimentär-karbonatischen Bestandteil, können an den aufragenden Klippen am Kamm des Hügels beobachtet werden. Da hier eine schwache Metamorphose besteht, entstanden keine Kalziumsilikat-Hornfelsen.

In den Kleinen Karpaten kombinieren zwei Typen von Metamorphose, welche bei der Entstehung von Kalziumsilikat-Hornfelsen zusammenwirken. Es sind dies die ältere epizonale, dynamische Metamorphose, welche vor der progressiv-periplutonischen, jüngeren durch Intrusion granitoiden Magmas verursachten variscischen Metamorphose verlief. Kalziumsilikat-Hornfelsen entstanden nur dort, wo diese periplutonische Metamorphose ausreichend intensiv war. Dies pflegt gewöhnlich dort zu sein, wo die Schollen des Schiefermantels tiefer ins Milieu des intrudierenden Magmas gelangten und hier zwar stark thermisch, jedoch im Grunde dennoch nur isochemisch metamorphiert wurden.

Die Autoren suchten zwei Fundstellen von Kalziumsilikat-Hornfelsen aus, die sich voneinander durch die Herkunft des Karbonatanteils unterscheiden.

a) Das Vorkommen von Hornfelsen im oberen Amphibolit-Steinbruch im Tal des Baches Bystrica, 250 m östlich der Kote 379. Dieses Vorkommen stellt einen magmatischen, gabbrodioritischen oder gabbroiden hypoabyssalen Gangkörper dar, der nach vorhergehender epizonaler Umwandlung stark kontaktmetamorphiert wurde. Dabei entstanden Kalziumsilikat-Hornfelsen nach dem Eingriff der Kontaktmetamorphose und

dies an den Stellen der vorhergehenden Akkumulation, der bei der Umwandlung von primären Mineralen freigesetzten Karbonate, in die Risse und Mylonit-Zonen.

b) Das Vorkommen von Hornfelsen bei Vefká Baňa (Kote 443) nordwestlich von Rača. Dieses Vorkommen stellt Lagen von Metadibasen und Metatuffen mit Karbonateinlagerungen oder solcher Tuffe dar, die mit Karbonaten angereichert wurden.

Die optische Erforschung von Mineralen der Kalziumsilikat-Hornfelsen führte Dr. J. Macek durch. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengefasst.

Der Chemismus und die planimetrischen Analysen der Gesteine basischen Vulkanismus, der Chemismus der Hornfelsen und jener der granitoiden Gesteine, welche an den Kontaktstellen mit den Hornfelsen auftreten, werden in Tabelle 2 angeführt.

### *Die angewendeten Methoden der optischen Erforschung*

Die optischen Konstanten wurden anhand des Carl Zeiss, Jena-Universaldrehtisches gemessen.

Die Brechungsindexe wurden am U-Tisch nach der Methode der drehbaren Nadel (M. Novotný 1968) gemessen. Die Messungen wurden im monochromatischen Licht der Wellenlänge  $\lambda = 589$  nm und bei einer Temperatur von  $18-20$  °C durchgeführt. Die gemessenen Konstanten wurden am Abbé-Refraktometer (bis zum Wert 1.7 des Brechungsindex) sowie am Jelly-Refraktometer (über 1.7) abgelesen. Die erreichte reproduzierbare Genauigkeit betrug  $\pm 0.001$ .

a) durch Subtrahieren von den Hauptindizes.

b) mit dem Kompensator nach Eringhaus, wobei die Stärke folgendermassen gemessen wurde: das zu messende Korn wurde ausgespart und an die drehbare Nadel befestigt. Nach vorhergehender Kontrolle auf Parallelität der Flächen wurde die Stärke  $t$  mittels geeichtem Mikrometer gemessen. Die Kontrolle der Messung der Stärke des Präparats mittels beschriebener Methode wurde anhand des Interferenzmikroskopes MPT-5, eines polnischen Erzeugnisses durchgeführt. Die reproduzierbare Genauigkeit betrug  $\pm 0.001$ .

„2 V“ wurde durch direktes Messen am U-Tisch sowie durch Ablesen vom Wulffschen Netz ermittelt.

Die Basizität der Plagioklasse wurde am U-Tisch bestimmt und durch Messungen der Brechungsindexe in den optischen Hauptrichtungen kontrolliert.

Die Ordnungsstufe  $O_i$  wurde auf Grund der Messung von  $2V$ ,  $D\gamma\alpha$ ,  $D\gamma\beta$  bzw.  $D\beta\alpha$  nach F. Feduk (1964) bestimmt.

Die Röntgendiffraktion der Minerale wurde von M. Vondrovic durchgeführt. Verwendet wurde hierzu der Röntgendiffraktograph der Fa. Philips mit dem Goniometer PW 1050 in Verbindung mit der hochstabilisierten Hochspannungsquelle PW 1130. Zur Anwendung gelangte die Cu-Strahlung bei einer Spannung von 40 kV und der Intensität von 20 mA. Die  $\beta$ -Strahlung wurde mittels Ni-Filter eliminiert.

a) Kalziumsilikat-Hornfelsen des Gebietes Bratislava, oberer Amphibolit-Steinbruch, Tal des Baches Bystrica, 250 m östlich der Kote 371.

Im Steinbruch wurden Fleckamphibolite abgebaut. Diese sind das Umwandlungsprodukt gabbroider porphyrischer hyposabyssaler basischer Gesteine (Chemismus siehe Tab. 2, Analyse Nr. 631). Die Amphibolite bilden eine etwa 1 km lange, 50–200 m mächtige linsenförmige Lage in Granitoiden dar. Die Amphibolitscholle wird von leukokraten aplitoiden Graniten und Pegmatiten durchdrungen. Am nördlichen Ende der Amphibolitscholle befindet sich der obere Amphibolit-Steinbruch (in Fleckamphiboliten).

Table 2. Der Chemismus der Amphibolite, Hornfelsen und Granite aus dem Gebiet der Kleinen Karpaten

	Amphibolite					Skarne		Granit
	47 AA <sub>3</sub>	50 AA <sub>4(1)</sub>	52 AA <sub>3</sub>	631	53 AA <sub>4(3)</sub>	630	629	
CHEMISCHE ANALYSE	SiO <sub>2</sub>	48,84	47,79	46,59	47,11	46,44	41,01	70,40
	TiO <sub>2</sub>	1,65	0,81	0,97	1,04	1,13	0,36	0,06
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,58	16,39	18,47	19,42	17,96	21,76	15,24
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,32	3,48	3,62	2,07	3,48	3,65	1,70
	FeO	3,70	7,47	5,63	4,92	3,82	0,67	1,23
	MnO	0,19	0,16	0,16	0,14	0,17	0,14	0,67
	CaO	13,82	10,35	11,93	13,72	21,35	27,11	2,45
	MgO	7,33	8,10	6,34	7,17	2,05	1,95	0,65
	Na <sub>2</sub> O	3,36	3,30	3,10	2,72	1,77	0,14	2,90
	K <sub>2</sub> O	0,36	0,78	1,16	0,25	0,35	0,05	3,73
	H <sub>2</sub> O	0,16	0,21	0,09	0,04	0,16	0,08	0,21
	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0,31	0,69	1,56	1,59	0,88	3,37	0,53
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41	0,34	0,06	0,14	0,29	0,16	0,16
	Summe	99,93	99,87	99,48	100,33	99,25	100,45	100,93
MINERALANFESSE ZUSAMMENSETZUNG in Vol. %	Amphibol	67,80	60,49	67,48	65,07	62,70		Plagioklase
	Unzerlegter	22,20	15,91	10,10	29,10	26,63		An13—20 = 37 % K—Spate = 20 %
	Plagioklase							Quarz = 31 % Muskov. = 5 %
	Zerlegter							Biotit = 6 %
	Plagioklas	3,00	10,58	10,10	3,52	3,66		Amphibol— Akzessorien = 2 %
	Miner. d. Epidot-	6,05	5,09	8,85		+		
	Magnetit, Titanagnetit, Sulfid	+	5,45	3,52		7,13		
	Zirkon, Apatit				2,25	+		
	Leukox.	0,90	+ 2,00 + Quarz	+		+		
	Biotit-Quarz	—				—		
Verhältnis Amphibol: Spat Punktezahl		68,32	61,32	67,29		63,30		
		374	2310	453		3000		
	Zusammen	99,95	100,3	99,95	99,94	100,12		
		Ø 47+66			Ø 21+27		Ø 67+68	

MIKROELEMENTE (ppm)									
Ga <sup>3+</sup>	9	11	10	12	13	6	18	22	
Cr <sup>3+</sup>	156	107	360	360	529	305	400	19	
V <sup>3+</sup>	364	467	316	160	157	302	< 10	695	
Ni <sup>2+</sup>	141	81	275	104	180	275	104	10	
Co <sup>2+</sup>	43	41	76	42	37	37	35	10	
Cu <sup>2+</sup>	13	68	19	100	20	21	195	28	
Zn <sup>2+</sup>	158	220	380	56	110	93	30	130	
Sr <sup>2+</sup>	62	47	14	35	33	34	37	—	
Y <sup>3+</sup>	28	32	16	25	22	28	14	—	
Se <sup>2+</sup>	207	224	166	277	241	159	355	180	
Ba <sup>2+</sup>	90	93	60	75	148	134	20	630	
Rb <sup>+</sup>	Sp	Sp	Sp	3	Sp	Sp	—	90	
Li <sup>+</sup>	—	—	—	—	—	—	—	10	
Su <sup>2+</sup>	—	—	—	—	—	—	—	22	
Pb	—	—	—	< 10	< 10	—	< 10	—	

Erläuterungen: Analyse 47 — Amphibolit, Ortschaft Rača, Hügel Veká Baňa, südlich; Analyse 50 — Amphibolit, Ortschaft Dúbravka, Hügel Hlavý-Brázil; Analyse 52 — Amphibolit, Bratislava, unterer Amphibolit-Steinbruch, Tal des Baches Bystrica; Analyse 631 — Fleckenamphibolit, Bratislava, oberer Amphibolit-Steinbruch, Tal des Baches Bystrica; Analyse 53 — Aktinolithischer Schiefer, Ortschaft Lamač, aufgegebenen Steinbruch; Analyse 111 — Granodiorit, Železná studienka (Eisenbrünnel) Steinbruch, Tal des Baches Bystrica; Analyse 630 — Kalziumsilikat-Hornfels, Ortschaft Rača, Hügel Veká Baňa; Analyse 620 — Kalziumsilikat-Hornfels, Steinbruch im Tal des Baches Bystrica, Bratislava; Die Analyse 47, 50, 52, 53 sind der Arbeit B. Cambel, G. Kupčo (1965) entnommen; Zu Analyse 47 — Die Gehalte an Mikroelementen wurden als Mittelwerte der Analyse 47 + 66 errechnet; Analyse 631 — Die Gehalte an Mikroelementen stellen die errechneten Mittelwerte aus den Analysen 67 + 68 dar; Die Analysen 631 und 630 führte Dipl.-Ing. E. Walec, Geologisches Institut d. Slow. Akad. d. Wiss. (1971) durch; Analyse 1/11 — entnommen der Arbeit B. Cambel, J. Vatach (1956).

und am südlichen der untere (in homogenen Amphiboliten) Tab. 3, Analyse Nr. 631). Die Kalziumsilikat-Hornfelsen des oberen Steinbruchs stellen die Ausfüllungen der unregelmässigen 2–10 cm mächtigen Sprünge in magmatogenen Amphiboliten dar. Die Ausfüllung dieser Sprünge ist unregelmässig (Abb. 1), häufig von nestartiger Form und ein Teil davon wird von Feldspat und kleinen Sulfidzusammenballungen (Pyrrhotin) ausgefüllt. Es handelt sich hierbei um die Migration der Feldspatmasse aus den benachbarten Matabasiten dergestalt, dass um die Äderchen herum die Amphibolite an Feldspat abgereichert und durch Amphibolite bereichert sind. Diese Feldspäte sind saurer als jene des Muttergesteins (siehe Tab. 3). Andere Äderchen haben neben Feldspaten auch rekristallisierten Kalzit und Kalziumsilikat-Hornstein, der entweder eine zusammenhängende Ausfüllung oder nur Zusammenballungen in bestimmten Abschnitten der Äderchen bilden. Pyrrhotin, geläufiger Bestandteil der Amphibolite und Metatuffe pflegt in diesem Gebiet laufend Bestandteil von Feldspatäderchen zu sein (Abb. 2). Die Karbonate in der Sprungausfüllung sind Akkumulationen des vorhergehenden Stadiums der epizonalen Metamorphose basischer Gesteine und sind die Träger des zur Bildung von Kalziumsilikat-Mineralen in den Äderchen notwendigen Kalziums.

b) Kalziumsilikat-Hornfelsen des Gebietes Vefká Baňa (Kote 433 nordwestlich der Ortschaft Rača).

Der Hügel Vefká Baňa (Kote 433) wird von Amphiboliten aufgebaut, deren Chemismus und mineralogische Zusammensetzung in Tabelle 2 unter 47 angeführt ist. Der Charakter des Amphibolitgesteins dieses Gebietes lässt sich jedoch besser im Stein-

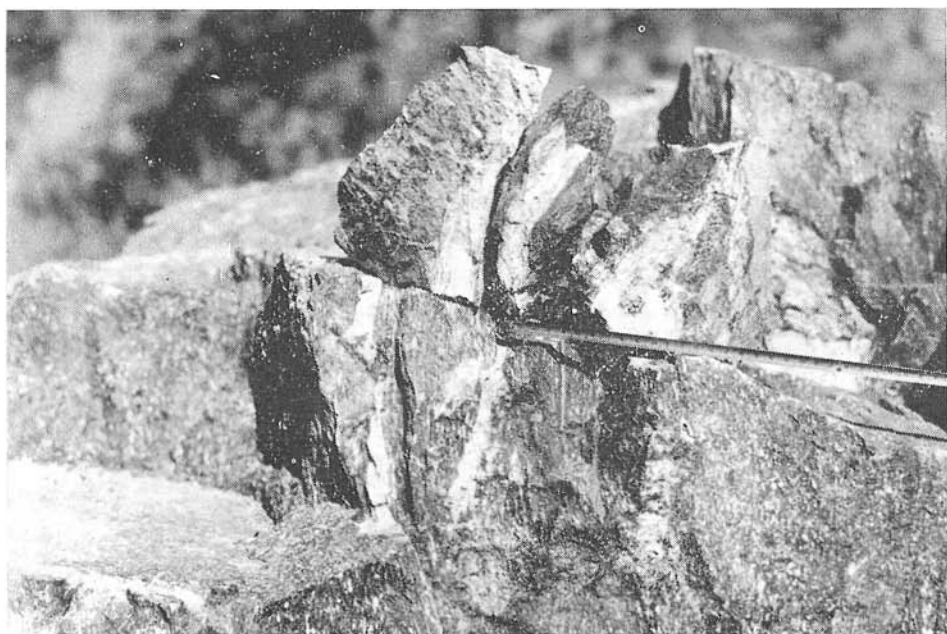


Abb. 1. Äderchen mit Gehalten an Kalziumsilikat-Mineralen in Fleckamphiboliten, Steinbruch im Tal des Baches Bystrica, Bratislava, Kleine Karpaten. Foto C. Chladová.

Tabelle 3. Die optischen Eigenschaften der Minerale in Amphiboliten und Kalziumsilikat-Hornfel

Gestein	Mineral	kurze Charakteristik	Brechungsindex	Doppelbrechung $\gamma-\alpha$
Amphibolit  Chem. Analyse Nr. 631	Gemeiner Amphibol	idiomorph, weniger hypidiomorph, grün, pleochroitisch, säulen- bis nadelförmiger verwachsener Plagioklas	$n_\alpha = 1,638 \pm 2$ $n_\beta = 1,648 \pm 2$ $n_\gamma = 1,656 \pm 2$	0,016—0,020
	Na-Ca-Feldspat	sehr stark umgewandelt, hypidiomorph bis idiomorph, überwachsen von nadelförmigen gemeinem Amphibol	$n_\alpha = 1,559$ $N_\gamma = 1,567$	0,008
Kalziumsilikat-Hornfels      Chem. Analyse Nr. 629	Granat Grossular	durchsichtig, farblos bis bräunlich, isotrop, idiomorph bis hypidiomorph, stellenweise kompakt	$n_D = 1,728$ bis 1,738	
	Vesuvian	idiomorph bis hypidiomorph, farblos, körnig, säulenförmig, zonal, verwachsend mit Granat und Epidot	$n_\varepsilon = 1,708$ $n_\omega = 1,712$	0,004
	Prehnit	durchsichtig, farblos, hypidiomorph bis allotriomorph	$n_\alpha = 1,617$ $n_\beta = 1,624$ $n_\gamma = 1,646$	0,029
	Klinozoisit	farblos, hypidiomorph bis idiomorph verwachsen mit Epidot	$n_\alpha = 1,712$ $n_\gamma = 1,722$	0,010
	Epidot	farblos bis gelblich, hypidiomorph, schwach pleochroitisch in Paragenese mit Klinozoisit, Granat und Kalzit	$n_\alpha = 1,716$ $n_\gamma = 1,737$	0,020—0,022
	Na-Ca-Spat	idiomorph bis hypidiomorph, zonal, schwach umgewandelt mit häufigem Vorkommen von Verwachsungen (010) weniger $\perp$ $\frac{[018]}{(001)}$	$n_\alpha = 1,537$ $n_\beta = 1,541$ $n_\gamma = 1,545$ $n_\beta = 1,545$	$\gamma - \alpha = 0,008$ $\gamma - \beta = 0,004$ $\gamma - \alpha = 0,008$
	Kalzit	kompakt, von Granat überwachsen sowie von Epidot und Vesuvian	$n_\varepsilon = 1,487$ $n_\omega = 1,657$	$\varepsilon - \omega = 0,170$



sen der Lokalität oberer Amphibolit-Steinbruch, Tal des Baches Bystrica, Bratislava

2 V	Ch <sub>m</sub>	CH <sub>z</sub>	Opt. Orientation	Chemismus	Anmerkung
80° ± 2°	—	+	$\gamma'c = 19' - 20'$ $0_1/c = 31'$ $0_1/\gamma = 50'$	Im Sinne E. Trögers (1956) Gehalt 15–20 Mol % (Fe <sup>2</sup> + Fe <sup>3</sup> + Mn) F. Fediuk 1966) 25 Mol %	In unmittelbarer Nähe der Kalziumsilikat-Hornfelsen wurde Grünerit gefunden
80° ± 2°	+			An <sub>90</sub> ± 5	Verwachsungen wurden nicht beobachtet
Die Ergebnisse der RTG-Diffraktion der studierten Granate, ihr Vergleich mit den Tabellenwerten nach MICHEJEV (1957) weist die beste Übereinstimmung mit Grossular auf					Ausnahmsweise schwach anisotrop verwachsen von Kalzit, Epidot und Vesuvian
	—	—		Im Sinne E. Trögers (1956) Gehalt bis 0,5 % H <sub>2</sub> O bis 2,5 % (TiO <sub>2</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO)	Ausnahmsweise schwach doppelachsig
65° – 67°	+	+		Im Sinne E. Trögers (1956) Al-Prehnit mit 3–4 % Fe-Prehnit	An der Lokalität Rača, Vefká baňa nicht gefunden worden
88° ± 2°	+		$\alpha c = + 3' - 5'$ $\gamma/a = 18' - 20'$	Im Sinne von A. Dudek, F. Fediuk, M. Palivcová (1962) beinhaltet 6–8 Mol % Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> [O OH SiO <sub>4</sub>  Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ]	
82° ± 2°	—		$\alpha c = 0' \pm 2'$ $\gamma/a = 25' \pm 2'$	Im Sinne von A. Dudek, F. Fediuk, M. Palivcová (1962) Gehalt 16–20 Mol % Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> [O OH SiO <sub>4</sub>  Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ]	
82° ± 2°				An <sub>18</sub> ± 1	Ordnungsstufe
80 ± 2	—			An <sub>28</sub> ± 2	Oi = 90 – 100
	—			Kalzit bestätigt durch Farbproben	In Proben der Lokalität Rača nicht gefunden

Tabelle 4. Die optischen Eigenschaften der Minerale in Amphiboliten und Kalziumsilikat-Horn

Gestein	Mineral	kurze Charakteristik	Brechungsindex	Doppelbrechung $\gamma-\alpha$
Amphibolit	Gemeiner Amphibol	idiomorph bis hypidiomorph, pleochroitisch säulenförmig, weniger nadelförmig	$n_z = 1,658$ $n_\beta = 1,655$ —	0,017—0,021
	Na-Ca-Spate		Die ursprüngliche Basizität des Plagio Umwandlung, mit opti	
Kalziumsilikat-Hornfels	Granat	idiomorph bis hypidiomorph weniger kompakt, durchsichtig bis schwachrosa, in Paragenese Diopsid, Epidot und Vesuvian	$n_x = 1,730$ — $n_z = 1,740$	
	Vesuvian	idiomorph, weniger hypidiomorph, selten kompakt, farblos, in Paragenese mit Klinozoisit-Epidot-Granat	$n_z = 1,712$ $n_{oy} = 1,716$	0,004
	Klinozoisit	hypidiomorph, weniger idiomorph, feinkörnig, farblos, in Paragenese mit Granat, Epidot und Vesuvian	$n_\alpha = 1,714$ $n_\beta = 1,718$ $n_\gamma = 1,724$	0,010
	Epidot	idiomorph, weniger hypidiomorph, grosse Auswüchse an den Rissen, gemeinsam mit Klinozoisit, schwach pleochroitisch	$n_\beta = 1,735$	0,030
	Zoisit	hypidiomorph, farblos	$n_\beta = 1,699$	0,005
	Augit	hypidiomorph, schwach pleochroitisch, an den Rissen zusammen mit Plagioklas	$n_\alpha = 1,692$ $n_\beta = 1,702$ $n_\gamma = 1,722$	0,030
	Diopsid	hypidiomorph bis alлотriomorph, feinkörnig, schwach pleochroitisch	$n_\alpha = 1,682$ $n_\beta = 1,688$ $n_\gamma = 1,714$	0,031
	Na-Ca-Spate	hypidiomorph, schwach umgewandelt, zonar, mit Verwachsungen (010) weniger $\perp \begin{smallmatrix} [010] \\ (001) \end{smallmatrix} \perp \begin{smallmatrix} [100] \\ (010) \end{smallmatrix}$	$n_\alpha = 1,541$ $n_\beta = 1,544$ $n_\gamma = 1,549$ $n_\beta = 1,550$	$\frac{0,008}{0,007}$

felsen der Lokalität Vefká Baňa (Kote 433 NW von Rača)

2 V	Ch <sub>m</sub>	CH <sub>z</sub>	optische Orientation	Chemismus	Anmerkung
72°–78°	—	+	$\gamma/c = 19^\circ-20^\circ$ $0_1/c = 32^\circ$ $0_1\gamma = 51^\circ-53^\circ$	Im Sinne E. Trögers (1956) Gehalt 25–35 Mol % (Fe <sup>2+</sup> +Mn+Ti) F. F e d i u k s (1966) 40 Mol % (Mg+Fe <sup>2+</sup> +Fe <sup>3+</sup> +Mn)	Mit Plagioklas, weniger markant als bei Lokalität 1
klases ist wegen der ausserst starken sehen Methoden nicht messbar					
Die RTG-Diffraktion wurde nicht durchgeführt. Die Einreihung gemäss Brechungsindex würde Grossular entsprechen					Sehr schwach anisotrop
einachsige	—	—		Im Sinne E. Trögers (1956) Gehalt bis 0,5 % H <sub>2</sub> O bis 3,5 % (TiO <sub>2</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO)	Selten schwach anomal doppelachsige
90° ± 2°			$\alpha/c = 0^\circ \pm 2^\circ$ $\gamma/a = 24^\circ \pm 2^\circ$	Im Sinne von A. Dudek, F. F e d i u k, M. P a l i v c o v á (1962) Gehalt 10 Mol % Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> [O OH SiO <sub>4</sub>  Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ]	
75° ± 77°	—		$\alpha/c = -3^\circ-5^\circ$ $\gamma/a = 28^\circ \pm 2^\circ$	Im Sinne von A. Dudek, F. F e d i u k, M. P a l i v c o v á (1962) Gehalt 20–25 Mol % Ca <sub>2</sub> Fe <sub>3</sub> [O OH SiO <sub>4</sub>  Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ]	
44°–56°	+	—			Wurde in den Proben der Lokalität Železná studienka nicht gefunden
66°–72°	+		$\gamma/c = 50^\circ-53^\circ$ $\alpha/c = 38^\circ-40^\circ$ $0_1/c = 15^\circ-17^\circ$		Selten
58°–61°	+		$\gamma/c = 43^\circ-45^\circ$ $0_1/c = 12^\circ-14^\circ$	Den festgestellten optischen Werten nach ist die Einreihung in die zugehörige Reihe unsicher	
80° ± 2°	—			An <sub>27</sub> ± 1	
87° ± 2°	—			An <sub>35</sub> ± 2	

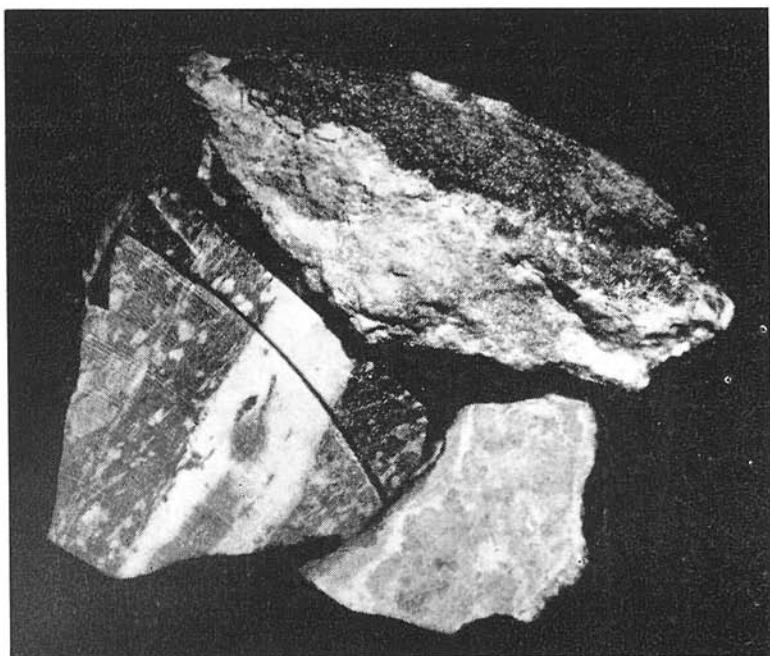


Abb. 2. Einzelne Gangproben mit Gehalten an r) Kalziumsilikat-Mineralen, b) Na-Ca-Spaten mit Pyrrhotin (dunkle Mitte der Ader). Foto C. Chládová.

bruch von Malá Baňa verfolgen, einem älteren Steinbruch, wo heute noch in Künstlichen Aufschlüssen die Art der metamorphierten vulkanogenen Gesteinsfolge verfolgt werden kann. Auf dem Hügel Vefká Baňa können im Schutt zwischen Amphiboliten kompakte Stücke Hornfelsens gefunden werden, welche bis zu 1 dm Mächtigkeit haben. Es kann deshalb angenommen werden, dass hier die Lagen der Kalziumsedimente in Tuffen, zum Unterschied von anderen Stellen, verhältnismässig mächtiger waren. Diese tuffogene Gesteinsfolge ist durch das in der Umgebung auftretende granitoide Gestein metamorphiert. Die gesamte Scholle der Metatuffe und Amphibolite ist als Rest eines Mantels zu betrachten, der tiefer ins magmatische Milieu gelangte und deshalb bislang nicht aberodiert wurde.

In den abgenommenen Proben wurde kein Kalzit festgestellt was bedeutet, dass die Zusammensetzung des Kalksteins chemisch den Entstehungsbedingungen von Kalziumsilikat-Mineralen entsprach. Leider ist es nicht möglich die Stellung der Hornfels in den Amphiboliten an Ort und Stelle, im Aufschluss, zu studieren sondern nur als dem Schuttmaterial entnommene Proben. Die optischen Eigenschaften der Amphibolit- und Hornfelsminerale sind in Tabelle 4 angeführt.

#### *Vergleich der Ergebnisse*

**G r a n a t:** die optischen Eigenschaften der Granate stimmen grundsätzlich überein. An den von den Verfassern studierten Lokalitäten wurde eine nur schwache Anisotropie

der Granate festgestellt. Es handelt sich hierbei also um normale Grossulare. Die aus der Harmonie (Harmonia) stammenden Hornfelsen haben demgegenüber stark zweiachsige Granate mit höherem Brechungsindex, der ebenfalls dem Grossular entspricht. Die Anomalien bezüglich der optischen Konstanten werden von den Autoren M. Č a j k o v á, E. Š a m a j o v á (1961) dahingehend interpretiert, dass die Andradit- und Uwarowitanteile ungleichmässig vertreten sind.

**Vesuviane:** Es treten Unterschiede auf, zwischen den Vesuvianen aus dem Steinbruch in Tal des Baches Bystrica (weilers nur Steinbruch) und dem Fund an Hornfelsen des Hügels Vefká Baňa im Gebiet der Ortschaft Rača (weilers nur Rača). Nimmt man die Bestimmung des Chemismus der Minerale laut optischen Eigenschaften als Kriterium (Tabellen von E. Tr ö g e r, 1956), dann sind die Vesuviane von Rača eisenhaltiger (bis zu 3,5 % Fe) als jene des Steinbruchs im Bystrica-Tal (bis 2,5 % Fe). Es handelt sich aber hier in beiden Fällen um Vesuviane geläufiger optischer Eigenschaften.

Demgegenüber ist der Vesuvian aus Harmonia Wiluit, hat eine hohen Brechungsindex, was die Autoren M. Č a j k o v á, E. Š a m a j o v á (1961) mit einem höheren Fe- und Ti-Gehalt oder mit einem Austausch von Aluminium mit Magnesium im Gitter des Vesuviane erklären.

**Prehnit:** Dieser findet sich nur im Steinbruch im Tal des Baches Bystrica und da er in Assoziation mit Kalziumsilikat-Mineralen auftritt (Granat, Diopsid, Vesuvian), ist er als Neubildung zu betrachten und nicht als das Produkt sekundärer Veränderungen der Minerale von Amphiboliten bzw. jener der Kalziumsilikat-Hornfelsen.

**Die Gruppe des Epidots:** Die Minerale gehören der Reihe Klinozoisit-Epidot an. Optisch sind sich diese beiden von den Autoren erforschten Lokalitäten ähnlich. Die Klinozoisite des Steinbruchs sollten den optischen Konstanten nach (A. D u d e k, F. F e d i u k, M. P a l i v c o v á 1962), zwischen 6–8 Mol % des Bestandteils  $\text{Ca}_2\text{Fe}_3[\text{O}/\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$  haben und die Klinozoisite des Hügels Vefká Baňa bis zu 10 Mol %. Desgleichen haben die Epidote des Steinbruchs gemäss den optischen Eigenschaften weniger Fe und zwischen 16–20 Mol % des Bestandteils  $\text{Ca}_2\text{Fe}_3[\text{O}/\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$ , während jene aus Rača bis zu 25 Mol % aufweisen. Zoisite wurden nur in Rača gefunden. In der primären Assoziation von Ca-Silikaten aus Hornfelsen sind sie verhältnismässig häufig und den optischen Konstanten nach haben sie ziemlich wenig Fe (unter 5 %). Die Zoisite und Klinozoisite von Harmonia wurden nicht beschrieben. Die Epidote von Harmonia haben gemäss den optischen Eigenschaften anomal hohe Brechungsindexe, niedriges 2 V, was den Autoren M. Č a j k o v á, E. Š a m a j o v á (1961) zufolge, auf einen höheren Gehalt von Fe und niedrigen Mn-Gehalt hinweist. Den Tabellenwerten zufolge (A. D u d e k, F. F e d i u k, M. P a l i v c o v á, 1962) würde dies einem Gehalt von über 35 Mol % des Bestandteils  $\text{Ca}_2\text{Fe}_3[\text{O}/\text{OH}/\text{SiO}_4/\text{Si}_2\text{O}_7]$  entsprechen.

**Pyroxene:** Diese wurden in Hornfelsen des Gebietes der Lokalität Rača festgestellt. Es handelt sich hierbei um verhältnismässig feinkörnige Diopside, deren Einreihung in die entsprechende Reihe im Sinne von A. D u d e k, F. F e d i u k, M. P a l i v c o v á (1962) gemäss den ermittelten optischen Konstanten unsicher ist. Aus dem angeführten Grunde wird ihr Chemismus nicht näher bestimmt.

Eine Besonderheit der Rača-Assoziation ist, dass in den Rissen der Ca-Silikate, als jüngeres Gliede in der Paragenese mit den Na-Ca-Spaten, vereinzelt relativ grobkörniges Pyroxen-Augit gebildet wird.

Die Pyroxene des Gebietes Harmonia weisen optische Eigenschaften geläufiger Diopside der Reihe Diopsid-Hedenbergit auf.

**Plagioklase:** Nach Literaturangaben ist die Entstehung saurer Spate in Kalzium-

silikat-Hornfelsen keine Besonderheit und wird durch den lokalen Mangel an Ca, das bei der Bildung von Ca-Silikaten aufgebraucht wurde, bedingt.

Als Neubildungen der Plagioklase in der Hornfelsassoziation wurden in den Sprüngen der Amphibolite saurere Plagioklase ( $An_{18} - An_{28}$ ) an der Lokalität Steinbruch im Tal des Baches Bystrica und basischere ( $An_{27} - An_{35}$ ) an der Lokalität Rača (Vefká Baňa) festgestellt. Die primären Plagioklasse sind in den Amphiboliten sehr stark umgewandelt (Fleckamphibolite, Steinbruch,  $An_{60-5}$ ) bis unmessbar (Rača). Die Neubildungen von Plagioklassen die in einigen Fällen an den Stellen der zersetzten Plagioklase entstehen sind, was die Basizität anbelangt, ähnlich den Plagioklassen aus Ca-Silikat-Hornfelsen.

In Harmonia (der Harmonie) finden sich im Zusammenhang mit der Hornfelsassoziation der Minerale Neubildungen bedeutend saurer Plagioklase (Albitoligoklase bis Albite). Laut B. Cambel (1958) betragen sie bis zu 10 % und dies in granat-diopsidischem vesuvianischem feldspatigem Hornfels. Die Autoren M. Čajková, E. Šamajová (1961) führen keine Feldspate an.

Kalzit: Diese wurden nur im Steinbruch im Tal des Baches Bystrica gefunden. In Rača wurde Kalzit direkt in Assoziation mit Ca-Silikat-Hornfelsen nicht festgestellt. In Harmonia ist Kalzit in verschiedenem Masse umkristallisiert und bildet das Grundgestein in welchem sich die Ca-Silikate als verstreute Zusammenballungen, Gangzonen bis konzentrierte, massive (2—3 dm mächtige) Akkumulationen bilden.

### *Schlussfolgerung*

In der Arbeit wird eine optische Charakteristik der Kalziumsilikat-Hornfels-Minerale des Gebietes der Kleinen Karpaten dargelegt und es werden die Entstehungsbedingungen von Kontakthornfelsen der einzelnen Lokalitäten beleuchtet. Den optischen Werten nach kann konstatiert werden (gemäss den Tabellen von E. Tröger 1956 und A. Dudek, F. Feduk, M. Paličová 1962), dass die Minerale der Hornfelsen des Gebietes Rača (Vefká Baňa) reicher an Eisen sind als dies bei den Hornfelsen des Bratislavaer Steinbruchs im Tal des Baches Bystrica der Fall ist. Dies kann dahingehend gedeutet werden, dass die Hornfelsassoziation der Minerale im Bratislavaer Steinbruch, die in den engen Rissen magmatogener Amphibolite entstand, sich im Hinblick auf die erschwerte Migrierbarkeit von Fe und Mn, unter grösserem Mangel an Eisen und Mangan bildete.

Die Kalziumsilikat-Hornfelsen aus Harmonia kristallisierten in Kalksteinen an deren direkten Kontaktstellen mit dem Granodiorit des Modraer Typs. Die Minerale dieser Hornfelsen sind variabler, was zumal mit dem primären Gehalt an Verunreinigungen, dem Charakter der Metamorphose und deren Intensitätsgrad zusammenhängt. Den Forschungen von M. Čajková, E. Šamajová (1961) zufolge besitzen die Hornfelsminerale dieses Gebietes viele optische Anomalien deren Ursache bislang nicht genügend geklärt ist.

Übersetzt von E. WALZEL.

### SCHRIFTTUM

- CAMBEL, B., 1954: Geologicko-petrografické problémy v SV časti krýštalínika Malých Karpát. Geol. práce 30, Bratislava, S. 3—65.  
 CAMBEL, B., 1958: Príspevok ku geológii peziško-perneckého krýštalínika. Acta Geol. et Geogr. Univ. Com., Geologica 1, Bratislava, s. 137—163.  
 CAMBEL, B., JARKOVSKÝ, J., 1967: Geochemie der Pyrite einiger Lagerstätten der Tschechoslowakei. Vydav. SAV, Bratislava, 493 S.

- CAMBEL, B., KUPČO, G., 1965: Petrographie und Geochemie der metamorphen Hornblendegesteine aus der Kleinkarpatenregion. *Náuka o zemi 1*, Bratislava, 104 S.
- CAMBEL, B., VALACH, J., 1956: Granitoidné horniny v Malých Karpatoch, ich geológia, petrografia a petrochémia. *Geol. práce 42*, Bratislava, 150 S.
- ČAJKOVA, M., ŠAMAJOVÁ, E., 1961: Príspevok ku topografickej mineralógii Malých Karpát. *Acta Geol. et Geogr. Univ. Com., Geologica 4*, Bratislava, S. 51–67.
- DUDEK, A., FEDIUK, F., PALIVCOVÁ, M., 1962: Petrografické tabuľky. Nakl. ČSAV, Praha, 303 S.
- FEDIUK, F., 1964: Určovanie chemického zloženia a stupňa usporiadanosti štruktúrnej mriežky plagioklasov optickými metódami. Manuscript. Katedra petrografie Karlovej univerzity Praha, 117 S.
- FEDIUK, F., 1960: Príspevek k metodice optického určování chemizmu některých monoklinických amfibolů. *Publ. Fac. Sci. Univ. J. E. Purkyně 476*, S. 329–338.
- NOVOŤENÝ, M., 1968: Die Anpassung des Fedorovtisches für die Bestimmung der Lichtbrechung. *Časopis pro miner. a geol. 13*, 4, Praha, S. 405–410.
- KOUTEK, J., ZOUBEK, V., 1936: List Bratislava 4758 geol. mapy ČSR, vysvetlivky. Knihovna St. geol. úst., 18, Praha.
- KOUTEK, J., ZOUBEK, V., 1936: Zpráva o geologických studiích a mapování v okolí Bratislavy. *Věstn. St. geol. úst. 12*, Praha, S. 67–87.
- RICHARZ, P. S., 1908: Der südliche Theil der Kleinen Karpathen und die Hainburger Berge. *Mit. der geol. Ges. Wien*, S. 1–10.
- TRÜGER, W. E., 1956: Optische Bestimmung der gesteinsbildenden Minerale. Springer Verlag, Stuttgart, 822 S.

Zur Veröffentlichung empfohlen von L. KAMENICKÝ.