

III. WISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN

Aus dem Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz
und
aus dem Institut für Technische Geologie, Petrographie und Mineralogie
der Technischen Universität Graz

Röntgendaten von Nephelin und Rhönit-Kristalliten aus den basaltischen Gläsern des Steinberges bei Feldbach, Oststeiermark

Von Haymo HERITSCH
Mit einem Beitrag von Kurt KLIMA
Mit 4 Tabellen (im Text)
Eingelangt am 9. März 1987

Inhalt: Röntgendaten von Nephelin (HERITSCH & HÜLLER 1975) und Rhönit (HERITSCH 1986) aus basaltischen Gläsern vom Steinberg bei Feldbach, Oststeiermark, konnten durch den Einsatz von Guinier-Aufnahmen wesentlich verbessert werden. Der Ca- und K-enhaltende Nephelin hat Gitterkonstanten $a = 9,988$ (1) [Å] und $c = 8,374$ (1) [Å]. In Gläsern mit Nephelinsprenglingen und Rhönit kann Nephelin als innerer Standard verwendet werden, so daß für Rhönit genauere d-Werte zu erzielen sind. Eine Indizierung und Gitterkonstantenbestimmung ist allerdings nicht möglich. Der von KUNZMANN et al. 1986 angegebene Temperaturbereich der Stabilität von Rhönit unter Oberflächen-nahen Bedingungen mit 950–1040° C stimmt mit den Schmelztemperaturen der basaltischen Gläser vom Steinberg mit 1010–1150° C (HERITSCH & HÜLLER 1973) überein.

Es konnte nachgewiesen werden, daß in den basaltischen Gläsern des Steinberges bei Feldbach Kristallite von Rhönit vorkommen, HERITSCH 1986. Die hiezu verwendeten Röntgenaufnahmen waren wesentlich durch die sehr kleinen Kristallite im mengenmäßig überwiegenden Glas beeinträchtigt, worauf schon damals hingewiesen wurde. Dazu standen nur Röntgenaufnahmen eines Diffraktometers älterer Bauart mit CuK α -Strahlung zur Verfügung, so daß keine allzu große Genauigkeit der d-Werte zu erreichen war.

Außerdem traten immer auch – aber nur die allerstärksten – Reflexe eines Klinopyroxens auf, eine Schwierigkeit, die aber durch Vergleichsaufnahmen ausgeschaltet werden konnte.

Die in den üblichen Nachschlagewerken (Mineral Powder Diffraction File 1983, 1986) ausgewiesene Rhönit-Aufnahme gab keinen guten Vergleich, so daß auf die Angaben von WALENTA 1969 zurückgegriffen wurde.

Um bessere Röntgendaten für den vorliegenden Rhönit zu erreichen, war folgendes notwendig:

a) Eine umfangreiche Untersuchung an Gläsern von alten Aufsammlungen bis zu Funden aus neuester Zeit (1986) ergab, daß es sehr wohl bessere, d. h. größere Kristallite von Rhönit in den Gläsern gibt. Bemerkenswerterweise sind aber dann neben den Rhönit-Kristalliten auch Klinopyroxen-Kristallite in derselben Ausbildungsform, wie sie etwa in Abb. 2 und Abb. 3 bei HERITSCH 1986 dargestellt sind, vorhanden. Mengenmäßig überwiegen aber immer die Rhönit-Kristallite. Die Klinopyroxen-Kristallite sind optisch durch ihre geringere Absorption und daher besser zu sehende Doppelbrechung von den stark absorbierenden, fast opaken Rhönit-Kristalliten zu unterscheiden. In einzelnen Gläsern erreichen die Klinopyroxen-Kristallite neben sehr kleinen auch solche Größen, daß ein Achsenbild (ein Achsenbalken in Schnitten senkrecht zur Längserstreckung) zu beobachten ist.

Ein weiteres Ergebnis der Untersuchung zahlreicher Gläser ist es, daß gerade jene Gläser mit größeren Rhönit- und wenig Klinopyroxen-Kristalliten beträchtliche Mengen allerdings kleiner Nephelin-Einsprenglinge enthalten. Ein Vergleich der in Pulveraufnahmen zu erwartenden Reflexe von Rhönit und von Nephelin ergibt, daß nicht nur Rhönit sehr wohl neben Nephelin nachzuweisen ist, daß vielmehr sogar Nephelin sich sehr gut als interner Standard, besonders bei niederen d -Werten, verwenden läßt.

Für neue Röntgenaufnahmen des reinen Nephelins vom Steinberg, der sich hervorragend magnetisch aus den Gläsern abtrennen läßt, stand noch genügend Material zur Verfügung, vgl. HERITSCH & HÜLLER 1975, hier auch die weitere Beschreibung des Nephelins.

b) Für die Herstellung der Pulveraufnahmen stand die Guinier-Kamera am Institut für Technische Geologie, Petrographie und Mineralogie der Technischen Universität zur Verfügung. Über Instrument und Aufnahmetechnik berichtet Kurt KLIMA in einem eigenen Beitrag am Ende dieser Arbeit.

c) Bei der Untersuchung wurde folgendermaßen vorgegangen: Übersichtsaufnahmen mit dem Diffraktometer mit $\text{CuK}\alpha$ -Strahlung zeigten, daß der Nephelin vom Steinberg hervorragend kristallisiert ist und ungewöhnlich gute Aufnahmen liefert.

Die Tab. 1 enthält das Mittel aus drei Guinier-Aufnahmen mit $\text{CuK}\alpha_1$ und die Interpretation (Indizierung) nach KELLER & McCARTHY 1986. Daraus ergeben sich, berechnet aus 19 guten Reflexen, die Gitterkonstanten für Nephelin, die in Tab. 2 ausgewiesen sind. Die Abweichungen gegen die Angaben bei HERITSCH & HÜLLER 1975 übersteigen bei der Gitterkonstante a die dort angegebene Fehlergrenze, während für die Gitterkonstante c die Übereinstimmung besser ist. Für die Aussage aus den Diagrammen nach DONNAY et al. 1959 ergibt das wegen der Ungenauigkeit solcher graphischer Darstellungen keine wesentliche Änderung.

Die Tab. 1 enthält außerdem die aus den Gitterkonstanten der Tab. 2 berechneten d -Werte. Die Übereinstimmung bis zu sehr kleinen d -Werten ist zufriedenstellend. Der Faktor F_N nach SMITH & SNYDER 1979 ist noch besser als bei KELLER & McCARTHY 1986.

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß der Reflex bei $d = 8,65 \text{ \AA}$ in allen Pulveraufnahmen von Nephelin des Steinberges sehr gut erscheint. Gerade dieser Reflex aber fehlt bei Nephelin in älteren Tabellenwerken, z. B. in Mineral Powder Diffraction File 1983 oder BORG & SMITH 1969, während in Mineral Powder Diffraction File 1986 dieser Reflex sehr wohl angeführt ist.

Tab. 1: Guinier-Aufnahme von Nephelin aus basaltischem Glas vom Steinberg, Oststeiermark, Indizierung nach KELLER & MCCARTHY 1986: 826. Eichung mit Quarz als innerem Standard nach FRONDEL 1962. d_{calc} berechnet aus den Gitterkonstanten der Tab. 2. d -Werte in [Å]. $\text{CuK}\alpha 1 = 1,54051$ [Å]; F_N nach SMITH & SNYDER 1979, $N_{\text{poss.}}$ nach BORG & SMITH 1969.

d_{obs}	Int	hkl	d_{calc}	d_{obs}	Int	hkl	d_{calc}
8,65	16	100	8,65	1,5990	11	502	1,5989
4,994	16	110	4,994	1,5882	4	115	1,5879
4,325	23	200	4,325	1,5621	23	205	1,5618
4,288	13	111	4,289	1,5537	6	510	1,5536
4,187	45	002	4,187	1,5275	6	511	1,5275
3,842	74	201	3,843	1,5228	7	422	1,5227
3,269	57	210	3,269	1,4506	12	503	1,4705
3,045	17	121	3,046	1,4566	7	512	1,4565
3,008	100	202	3,008	1,4409	4	324	1,4402
2,883	42	300	2,883	1,4298	17	333	1,4297
2,577	27	212	2,577	1,3957	9	006	1,3957
2,497	20	220	2,497	1,3852	26	520	1,3851
2,437	6	113	2,437	1,3735	13	315	1,3733
2,399	14	310	2,399	1,3465	5	432	1,3465
2,3453	50	203	2,3453	1,3243	4	405	1,3241
2,3062	35	311	2,3063	1,3151	10	522	1,3150
2,1625	7	400	2,1625	1,2882	15	424	1,2884
2,1229	15	213	2,1229	1,2802	13	603	1,2809
2,0936	19	401, 004	2,0936	1,2672	7	433	1,2671
2,0817	14	312	2,0816	1,2563	8	306	1,2562
1,9844	11	320	1,9844	1,2358	7	530	1,2357
1,9309	14	321, 114	1,9308	1,2225	6	531	1,2225
1,9215	7	402	1,9213	1,2185	7	226	1,2183
1,8846	11	204	1,8843				
1,8415	7	411	1,8414				
1,7931	6	322	1,7932				
1,7630	7	214	1,7630				
1,7299	7	500	1,7300				
1,7207	5	412	1,7208				
1,7095	7	403	1,7095				
1,6941	11	304	1,6940				
1,6646	4	330	1,6647				
1,6346	9	420	1,6347				
1,6174	19	323	1,6174				
1,6044	7	421, 224	1,6044				

$F_{30} = 349,9 (0,0022; 39)$
 $F_{51} = 204,8 (0,0039; 64)$

Tab. 2: Gitterkonstanten von Nephelin aus basaltischem Glas, Steinberg bei Feldbach, Steiermark.

$$\begin{aligned}
 a &= 9,988(1) \text{ [Å]} \\
 c &= 8,374(1) \text{ [Å]} \\
 V &= 723,5(2) \text{ [Å}^3\text{]}
 \end{aligned}$$

Die große Genauigkeit der Nephelin-Reflexe gestattet es nun, Pulveraufnahmen von Gläsern mit Rhönit, mit unvermeidlich etwas Klinopyroxen und mit Nephelin als innerem Standard zu interpretieren. Die Tab. 3 bringt eine solche Guinier-Aufnahme eines Glases (HERITSCH & HÜLLER 1975); die Interpretation der Nephelin-Reflexe ist der

Tab. 3: Guinier-Aufnahme eines basaltischen Glases vom Steinberg, Oststeiermark, HERITSCH & HÜLLER 1975, mit kleinen Einsprenglingen von Nephelin, viel Kristalliten von Rhönit und sehr wenig Kristalliten von Klinopyroxen. Zur Interpretation: Nephelin nach Tab. 1 als innerer Standard, Rhönit nach GRÜNHAGEN & SECK 1972. Mit cpx ist der Beitrag der beiden stärksten Reflexe der wenigen Klinopyroxen-Kristallite bezeichnet. d-Werte in [Å].

d _{obs}	Glas		Nephelin		Rhönit		
		Int	d [Å]	Int	d [Å]	Int	
8,65		18	8,65	16			
8,09		13			8,08	20	
4,993		12	4,994	16			
4,811		2			4,81	25	
4,325		36	4,325	23			
-		-	4,288	13			
4,183		64	4,187	45			
3,842		91	3,842	74			
(3,720		1)			3,718	25	
3,459		1			3,454	40	
3,269		58	3,269	57			
-		-			3,202	20	
3,137		2			3,133	70	
3,045		8	3,045	17			
3,006		100	3,008	100			+ cpx
2,940		13			2,940	100	
2,883		23	2,883	42			
2,783		1			2,778	50	
2,693		11			2,690	100	
2,575		19	2,577	27			
2,547		21			2,548	90	+ cpx
2,497		12	2,497	20			
2,469		4			2,469	20	
-		-	2,437	6			
-		-			2,426	20	
2,398		19	2,399	14			
-		-			2,366	10	
2,345		30	2,3453	50			
-		-			2,329	15	
2,306		19	2,3062	35			
-		-	2,1652	7			
2,121		10	2,1229	15			
2,111		10			2,109	80	
2,092		11	2,0936	19	2,092	30	
2,082		2	2,0817	14			
1,995		5			1,993	30	
1,984		3	1,9844	11			

Tab. 1 entnommen. Für die Deutung von Rhönit ist die Aufnahme in Mineral Powder Diffraction File 1983 und 1986 nicht zu verwenden, wohl aber gibt es eine ausgezeichnete Deutungsmöglichkeit bei GRÜNHAGEN & SECK 1972, deren Werte sich auf Rhönit vom Löbauer Berg bzw. von Puy de St.-Sandoux beziehen. Dem optischen Bild entsprechend stören nur zwei Klinopyroxen-Reflexe, die mit cpx in der Tab. 3 bezeichnet sind.

Schließlich bestand noch der Wunsch, die (HERITSCH 1986) veröffentlichte Diffraktometeraufnahme zu wiederholen. Das Ergebnis ist in der Tab. 4 enthalten. Da in diesem Glas zwar nur Rhönit mit wenig Klinopyroxen vorkommt, aber der Glasanteil weit überwiegt, war die Guinier-Aufnahme zwar wesentlich genauer als die Diffraktometeraufnahme, aber der hohe Untergrund, hervorgerufen durch den eisenhaltigen Glasanteil, stört die Erfassung der Intensitäten beträchtlich. Gerade für die Erfassung der Intensitäten mußten daher Diffraktometeraufnahmen herangezogen werden. Das läßt dann eine einwandfreie Deutung zu. Neben Rhönit tritt noch etwas Klinopyroxen auf, was auch dem optischen Befund entspricht. Auch hier ist die Übereinstimmung mit den entsprechenden Daten für Rhönit bei GRÜNHAGEN & SECK 1972 sehr gut.

Es ist allgemein bekannt, daß Pulveraufnahmen von triklinen Kristallen mit so großen Gitterkonstanten wegen der Unmöglichkeit wenigstens sechs eindeutig zu indizierende Reflexe zu finden zur Bestimmung der Gitterkonstanten nicht ausgewertet werden können. Deshalb war es auch schon GRÜNHAGEN & SECK 1972 nicht möglich, den Satz von d-Werten aus Pulveraufnahmen für Rhönit vom Löbauer Berg und von Puy de St.-Sandoux zu indizieren und Gitterkonstanten zu bestimmen. Der vorliegende Satz von d-Werten aus Pulveraufnahmen des Rhönites vom Steinberg ist praktisch mit den Ergebnissen bei GRÜNHAGEN & SECK 1972 ident, so daß also auch eine eindeutige Indizierung und Gitterkonstantenbestimmung nicht möglich ist.

Außerdem sei noch erwähnt, daß die Pulverdaten von CAMERON et al. 1970 für Rhönit so stark von den d-Werten bei GRÜNHAGEN & SECK 1972 und den vorliegenden

Tab. 4: Guinier-Aufnahme von dunklen, kugeligen Absonderungen im basaltischen Glas vom Steinberg, Oststeiermark, HERITSCH 1986, mit viel Kristalliten von Rhönit und wenig Kristalliten von Klinopyroxen. Eichung mit Quarz als innerem Standard nach FRONDEL 1962. Zur Interpretation: Rhönit nach GRÜNHAGEN & SECK 1972 und 5 starke Reflexe von Klinopyroxen, HERITSCH 1986.

d_{obs}	Glas		Rhönit		Klinopyroxen	
	Int		d [Å]	Int	d [Å]	Int
8,08	25		8,08	20		
4,81	18		4,81	25		
-	-		3,718	25		
3,45	17		3,454	40		
-	-		3,202	20		
3,13	28		3,133	70		
2,99	100				2,983	100
2,942	67		2,940	100	2,937	30
2,899	20				2,893	20
2,782	20		2,778	50		
2,694	40		2,690	100		
2,548	90		2,548	90	3,543	80
2,517	30				2,512	40
-	-		2,469	20		
-	-		2,426	20		
-	-		2,366	10		
-	-		2,329	15		
2,109	42		2,109	80		
2,090	20		2,092	30		

d-Werten für Rhönit vom Steinberg abweichen, daß eine Auswertung danach nicht in Frage kommt. Ein weiterer Hinweis in diese Richtung findet sich bei dem engen Verwandten des Rhönites, nämlich bei Änigmatit. KELSEY & MCKIE 1963 hatten, trotz der Kenntnis der Gitterkonstanten aus Einkristalldaten, nur drei Reflexe einer Pulveraufnahme von Änigmatit eindeutig indizieren können, dazu ist noch ein peak eine Koinzidenz zweier Reflexe. Übrigens weichen die Angaben zur Indizierung von Änigmatit auch in Mineral Powder Diffraction File 1986:6 gegenüber der Originalarbeit von THOMPSON & CHISHOLM 1969 ab und weisen, im Gegensatz zum Original, überhaupt keine Koinzidenzen aus.

Genese. Das Vorkommen von Rhönit in SiO₂-armen vulkanischen Gesteinen (Nephelinbasaniten, Alkalibasalten), auch in ihrer glasigen Grundmasse ist mehrfach beschrieben, vgl. etwa DEER et al. 1978. Zur Entstehung in dieser Paragenese sei hier in Auswahl angeführt, daß etwa GRÜNHAGEN & SECK 1972 (hier auch eine Literaturübersicht) für Rhönitkristallisation Temperaturen zwischen 950° und 1100°C annehmen, wobei auf die Unsicherheit wegen des unbekanntenen Wasserdampf- und Sauerstoff-Partialdruckes hingewiesen wird. Nach KUNZMANN et al. 1986 ist Rhönit in „normativ untersättigten Alkalibasalten (ne > 6–7%) unter Oberflächen-nahen Bedingungen und bei Temperaturen von 950 bis 1040°C (weltweit) stabil“.

Die basaltischen Gläser des Steinberges haben einen normativen Nephelingeht von ne = 25–40%, HERITSCH & HÜLLER 1975, sie sind sicher unter sehr Oberflächen-nahen Bedingungen, nämlich in Lavaströmen, entstanden, FLÜGEL & HERITSCH 1968: 136 ff. Nimmt man außerdem die experimentell bestimmten Schmelztemperaturen der Gläser vom Steinberg mit 1010–1150° C hinzu, so stimmt das im wesentlichen mit den Temperaturangaben bei GRÜNHAGEN & SECK 1972 und KUNZMANN et al. 1986 überein. Außerdem sind die Schmelzversuche an basaltischen Gläsern des Steinberges (HERITSCH & HÜLLER 1973) bei 1 atm unter trockenen Bedingungen ausgeführt. Bei der ursprünglichen Entstehung der Gläser war aber unter etwas erhöhtem Druck sicher etwas Wasser vorhanden, was z. B. auch aus dem Vorkommen von Phillipsit und Analzim folgt (HERITSCH 1968). Dieser geringe Wassergehalt kann die Schmelztemperatur der Gläser etwas drücken.

Der mit Rhönit in fast gleichgestaltigen, aber etwas größeren Kristalliten auftretende Calcium-reiche Klinopyroxen ± Nephelin müßte (nach dem Diagramm von SOOD et al., das allerdings nur für reinen Diopsid und Nephelin gültig ist) schon bei 1150–1120° C kristallisieren, vgl. HERITSCH & HÜLLER 1973.

Wahrscheinlich ist folgender Ablauf zu erschließen: im sich rasch abkühlenden Restmagma beginnen bei etwa 1100° C Klinopyroxen-Kristallite (± Nephelin) sich auszuschcheiden, und sehr bald danach bei etwa 1040° C erscheinen dann Rhönit-Kristallite. Unter 1000° C verfestigt dann die Hauptmasse als Glas. Beide Kristallitarten werden damit als direkte Ausscheidung aus dem Magma aufgefaßt. Eine Umwandlung etwa des Rhönites in Klinopyroxen ist im Dünnschliff nicht erkennbar, KUNZMANN et al. 1986.

Zur Ausführung der Röntgenaufnahmen

Von Kurt KLIMA

Die Röntgenaufnahmen wurden mit einem computergesteuerten Guinier Diffraktometer (Type 642 der Fa. HUBER/Riemsting am Chiemsee) ausgeführt. Als Strahlenquelle diente eine Philips-Feinfokusröhre mit Cu-Anode. Ein fokussierender Johannsson Quarzmonochromator lieferte streng monochromatische K α_1 -Strahlung.

Im Gegensatz zu den üblichen Filmguinierkameras verwendet das Guinier Diffraktometer zur Erfassung der Röntgenreflexe ein Zählrohr, welches am Fokalkreis, an dem

sonst der Film positioniert wird, entlanggeführt wird. Die Positionierung des Zählrohres erfolgt durch einen Schrittmotor, der von einem mikroprozessorgestützten Steuergerät kontrolliert wird. Mit dieser Anordnung ist eine Winkelauflösung bis zu 0.002° für 2 Theta möglich.

Jede Aufnahme wird im Schrittverfahren aufgenommen, wobei Schrittweite und Meßzeit pro Schritt in weitem Rahmen wählbar sind. Die Wertepaare 2 Thetaposition und Intensität werden an einen Kleinrechner (HP 86B) übermittelt, wo sie gespeichert werden und zur Weiterverarbeitung stehen.

Die Präparate wurden durch Aufstäuben des Pulvers auf eine eingefettete, in einem Halter eingespannte Mylarfolie hergestellt.

Sämtliche Aufnahmen erfolgten in der Kamerastellung asymmetrische Transmission, Subtraktion.

Als Aufnahmebedingungen für Rhönit wurden gewählt:

Röhrenspannung	40 kV
Röhrenstrom	30 mA
Winkelbereich	8° – 50° 2 Theta
Blendenöffnung	0.08 mm
Schrittweite	0.02° 2 Theta
Integrationszeit	10 sek

Das Präparat wurde während der Aufnahme tangential zum Fokalkreis bewegt.

Jede Aufnahme erfolgte in 3 Schritten: Die nach den angeführten Parametern angefertigte Aufnahme wird vom Rechner weitgehend automatisch auf Reflexe untersucht. Die gefundenen Reflexe mit den zugehörigen Intensitäten werden als „Peakliste“ ausgedruckt und gespeichert.

Im zweiten Schritt werden die ermittelten Reflexpositionen durch eine neuerliche Aufnahme mit wesentlich kleinerer Schrittweite (im vorliegenden Fall 0.004° für 2 Theta) verfeinert, die nur die unmittelbaren Reflexbereiche erfaßt. Die exakte Reflexposition wird dabei durch Anpassung an eine quadratische Parabel ermittelt.

Als letztes wird die Lageabweichung der Reflexe des als innerer Standard verwendeten Minerals (hier Quarz bzw. Nephelin) bestimmt. Mit Hilfe der dabei ermittelten Korrekturwerte werden alle Reflexlagen korrigiert, so daß als Endergebnis eine Liste der exakten 2 Theta-Positionen sowie d-Werte aller gefundenen Reflexe vorliegt.

Dank

Für diese Arbeit standen uns die Mittel der Institute für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz (Vorstand Univ.-Prof. Dr. E. M. WALITZI) und für Technische Geologie, Petrographie und Mineralogie der Technischen Universität Graz (Vorstand Univ.-Prof. Dr. G. RIEDMÜLLER) in dankenswerter Weise zur Verfügung. Besonders danken wir dem Fond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung für die Benutzung des Guinier Diffraktometers, das im Rahmen des Projektes P5594 finanziert wurde.

Literatur

- BORG, I. Y. & SMITH, D. K. (1969): Calculated X-ray Powder Patterns for Silicate Minerals. – Geol. Soc. of America, Memoir 122.
- CAMERON, K. L., CARMAN, M. F. & BUTLER, J. C. (1970): Rhönite from Big Bend National Park, Texas. – American Mineralogist, 55: 864–874.

- DEER, W. A., HOWIE, R. A. & ZUSSMAN, J. (1978): Rock-forming Minerals, Single-Chain Silicates, Vol. 2A, 2nd ed. – Longman, London.
- DONNAY, G., SCHAIRER, J. F. & DONNAY, J. D. H. (1959): Nephelin solid solutions. – *Min. Mag.*, 32: 93–108.
- FLÜGEL, H. & HERITSCH, H. (1968): Das Steirische Tertiärbecken. – Sammlung Geologischer Führer, 47, Borntraeger, Berlin.
- FRONDEL, C. (1962): Dana's System of Mineralogy, Vol. III, Silica Minerals. – John Wiley, New York & London.
- GRÜNHAGEN, H. & SECK, H. A. (1972): Rhönit aus einem Melaphonolith vom Puy de Saint-Sandoux (Auvergne). – *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 18: 17–38.
- HERITSCH, H. (1968): Vulkanische Gesteine vom Steinberg bei Feldbach, Steiermark. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 98: 16–26.
- HERITSCH, H. (1986): Rhönit-Kristallite in basaltischen Gläsern des Steinberges bei Feldbach, Oststeiermark. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 116: 43–49.
- HERITSCH, H. & HÜLLER, H. J. (1973): Über die Entstehung von Basaltgläsern in basaltischen Gesteinen des Steinberges bei Feldbach (Steiermark, Österreich). – *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 20: 73–80.
- HERITSCH, H. & HÜLLER, H. J. (1975): Chemische Analysen von basaltischen Gesteinen und Gläsern, sowie von Nephelin aus dem Westbruch des Steinberges bei Feldbach, Oststeiermark. – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 105: 43–52.
- KELLER, L. & MCCARTHY (1986): Nephelin. – Mineral Powder Diffraction File, Data Book, International Centre of Diffraction Data, Swarthmore.
- KELSEY, C. H. & MCKIE, D. (1963): The unit-cell of aenigmatite. – *Min. Mag.*, 33: 986–1001.
- KUNZMANN, T., SPICKER, G. & HUCKENHOLZ, H. G. (1986): Stabilität von Rhönit in natürlichen und synthetischen Paragenesen. – *Fortschritte Mineralogie*, 64, Beiheft 1: 92.
- Mineral Powder Diffraction File, Data Book, 1983, 1986. – International Centre for Diffraction Data, Swarthmore.
- SMITH, G. S. & SNYDER, R. L. (1979): F_N : A Criterion for Rating Powder Diffraction Patterns and Evaluating the Reliability of Powder Pattern Indexing. – *Journ. of Appl. Cryst.*, 12: 60–65.
- THOMPSON, R. N. & CHISHOLM, J. E. (1969): Synthesis of aenigmatite. – *Min. Mag.* 37: 253–255.
- WALENTA, K. (1969): Zur Kristallographie des Rhönits. – *Zeitschrift für Kristallogr.*, 130: 214–230.

Anschrift der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Haymo HERITSCH, Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz.

Dr. Kurt KLIMA, Institut für Technische Geologie, Petrographie und Mineralogie der Technischen Universität Graz, Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz.