

Aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz

Über Nephelinbasanite und ein basaltisches Glas des Vulkangebietes von Klöch, Oststeiermark

Von Haymo HERITSCH

Mit 5 Tabellen und 1 Abbildung (im Text)

Eingelangt am 16. Februar 1976

Inhalt: Durch eine Reihe von neuen chemischen Analysen von Nephelinbasaniten des Klöcher Vulkangebietes kann gezeigt werden, daß diese Gesteine nur eine geringe Variation ihrer chemischen Zusammensetzung aufweisen und daß sie sich von den basaltischen Gesteinen des Steinberges bei Feldbach nur durch einen gering höheren Olivinegehalt unterscheiden. Die Genese der Magmen des Vulkangebietes von Klöch und des Feldbacher Steinberges wird im Sinne der heute herrschenden Ansichten diskutiert.

Ein basaltisches Glas, das im Steinbruch von Klöch gefunden wurde, erweist sich — wie die basaltischen Gläser vom Feldbacher Steinberg — als letzter Rest einer abgequetschten Grundmasse, die selbständig erstarrt ist.

Einleitung

Da für die basaltischen Gesteine des Klöcher Vulkangebietes in der Oststeiermark nur zwei neuere chemische Vollanalysen vorliegen (SCHOKLITSCH 1932), wurde im Zuge der vom Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz seit Jahren geführten Untersuchungen des oststeirischen Vulkanismus die Frage der Variation der basaltischen Gesteine innerhalb des Klöcher Vulkangebietes behandelt. Schon nach den Dünnschliffbeobachtungen von SCHOKLITSCH 1932 war nur eine geringe Variationsbreite anzunehmen, was jedoch durch chemische Analysen bestätigt werden sollte, da sowohl die Feinkörnigkeit wie auch die oft glasige Entwicklung der Grundmasse eine optische Integrationsanalyse unmöglich macht. Das Ergebnis ist in den Tabellen 1, 2 und 3 festgehalten.

Die Proben mit der Bezeichnung Steinbruch Klöch stammen aus dem großen Steinbruch (Klöcher Basaltwerke, Stürgkh & Co) am Nordausgang des Ortes Klöch und sind schon vor Jahren längs eines Profiles an der Basis des Bruches entnommen; nur eine Auswahl der Gesteinsproben wurde chemisch analysiert. An der Westflanke des Klöcher Vulkangebietes liegt bei der Ortschaft Jörgen ein Steinbruch, dem die Proben mit der Bezeichnung Steinbruch Jörgen entnommen sind. Ostwärts, oberhalb der Ortschaft Tieschen, ebenfalls an der Westseite des Klöcher Vulkangebietes im Gehänge des Kindsbergkogels liegt eine Basaltspalte, die auch als Gesteinsentnahmestelle gedient hat; von hier stammt die Probe mit der Bezeichnung Kindsbergkogel. Eine weitere Probe ist einem Aufschluß an der Straße zum Seindl entnommen. Über die Lage dieser Entnahmestellen orientieren die Österreichische Karte 1 : 50.000, Blatt 192 (Feldbach) und die geologische Kartenskizze bei FLÜGEL & HERITSCH 1968.

Die Gesteine

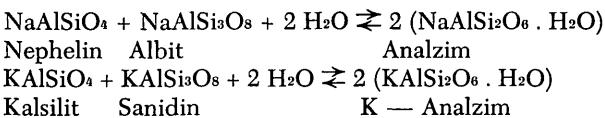
Da sich ausführliche Beschreibungen des Mineralbestandes der Nephelinbasanite des Klöcher Vulkangebietes z. B. bei SCHOKLITSCH 1932 oder HERITSCH 1963 und in kürzerer Form bei FLÜGEL & HERITSCH 1968 finden, genügt hier ein kurzer Hinweis. Einsprenglinge von Olivin und Klinopyroxen stehen einer Grundmasse von Klinopyroxen und hellen Gemengteilen gegenüber. In den hellen Gemengteilen finden sich Plagioklas (An 50, zonar) und Nephelin, sowie häufig isotrope oder fast isotrope, niedrig lichtbrechende Anteile. Diese können als Analzim angesprochen werden, da Diffraktometeraufnahmen, natürlich neben den peaks aller sonst angeführten Mineralien, auch in von Probe zu Probe wechselnden Intensitäten peaks zeigen, die von Analzim stammen. An Erzen ist ferner Magnetit zu erkennen und dünne Nadeln von Apatit durchspießen die hellen Gemengteile. In einigen Proben sind auch die hellen Gemengteile zumindest teilweise als braunes Glas entwickelt.

Die chemischen Analysen der Gesteine zeigen eine geringe Variationsbreite, nur das Gestein vom Seindl steht, besonders auf Grund eines niedrigen Alkaligehaltes, deutlich abseits, vgl. Tabelle 1 und 2. Es ist möglich, daß dieses Gestein auf Grund seiner oberflächennahen Lage stärker sekundären Einflüssen unterworfen war. Sieht man also von der Gesteinsprobe vom Seindl ab, so repräsentiert eine Mittelbildung über die übrigen Gesteinsanalysen gut die durchschnittliche chemische Zusammensetzung des recht einheitlichen Gesteines des Klöcher Vulkangebietes.

Der Magmentyp ist nach BURRI 1959 : 97 theralithisch bis gabbro-theralithisch was nach HERITSCH 1963 schon aus den Analysen von SCHOKLITSCH 1932 folgt und den Verhältnissen am Steinberg bei Feldbach entspricht (HERITSCH 1968 und HERITSCH & HÜLLER 1975).

Die Berechnung des modalen Mineralbestandes nimmt auf folgende Bedingungen Rücksicht: für Olivin, Klinopyroxen und Nephelin wurde die gleiche chemische Zusammensetzung angenommen, wie sie für die entsprechenden Mineralien in den basaltischen Gesteinen vom Steinberg bei Feldbach bestimmt wurde (HERITSCH & ROHANI 1973, HERITSCH & HÜLLER 1975). Daraus folgt, daß ein kalihaltiger Analzim angenommen werden muß, vgl. etwa DEER, HOWIE & ZUSSMAN 1963 : 343; ferner ergibt sich ein titanhaltiger Magnetit mit etwa 20 % TiO₂ gegen etwa 14 % TiO₂ wie er für Magnetite der basaltischen Gesteine vom Steinberg bei Feldbach bestimmt worden ist (HERITSCH 1968). Es wurden zwei Varianten für den modalen Mineralbestand berechnet, vgl. Tabelle 3. Die Variante a) ist ohne Beteiligung von Wasser berechnet. In den hellen Gemengteilen muß dann neben kalihaltigem Nephelin auch Sanidin und Plagioklas berechnet werden. Optisch enthält der Plagioklas etwa 50 % An, jedoch setzt eine normale Zonarität diesen Wert im Gesamten sicher etwas herab.

Die Variante b) berücksichtigt den Zutritt von Wasser. Dabei laufen folgende Reaktionen ab:



Dabei muß gar nicht angenommen werden, daß schon fertige Kristalle reagieren, sondern es tritt sicher der Fall ein, daß die zuletzt kristallisierenden Anteile des Magmas (vgl. glasige Grundmasse) direkt Analzim bzw. kaliumhaltigen Analzim bilden. Durch diese Vorgänge wird or verbraucht ebenso wie der ab-Anteil

des Plagioklases und es entstehen basische Plagioklase. Leuzit konnte röntgenographisch nicht nachgewiesen werden.

Die natürlichen holokristallinen Gesteine des Klöcher Vulkangebietes entsprechen weder ganz der Variante a), noch ganz der Variante b), sondern liegen in wechselndem Ausmaß zwischen den beiden Extremfällen, je nachdem, wie kräftig die Wasserzufuhr am Ende der Kristallisation war. Bei Gesteinen mit teilweise glasiger Grundmasse ist dieser Prozeß der Endkristallisation durch rasche Abkühlung unterbrochen.

Zur Benennung des Gesteines ist zu sagen, daß eine gute Übereinstimmung zu Nephelinbasanit Nr. 591 bei TRÖGER 1935 besteht, weshalb vorgeschlagen wird, den Namen Nephelinbasanit für die Gesteine des Klöcher Vulkangebietes beizubehalten. Nach STRECKEISEN 1967 wird weder für die Variante a) noch für die Variante b) das Feld 14 erreicht (vgl. STRECKEISEN 1967:187, 195).

Das basaltische Glas

Nur als große Seltenheit treten bis jetzt basaltische Gläser im Steinbruch Klöch auf; es ist aber wohl auch nicht systematisch danach gesucht worden. Das schwarzgraue Handstück mit makroskopisch erkennbarem weißen Nephelin ist äußerlich unansehnlich und glänzt nicht so, wie die meisten basaltischen Gläser vom Steinberg bei Feldbach, sondern ähnelt gewissen stumpf glänzenden Gläsern des Steinberges. Unter dem Mikroskop ist die große Ähnlichkeit mit den Steinberger Gläsern auffallend. Idiomorphe Kristalle von Klinopyroxen und Nephelin liegen in einer glasigen Grundmasse, die Erzkörner und fiederförmig-dendritische Bildungen — nach der Diffraktometeraufnahme Hämatit — enthält. Außerdem finden sich aber in dem Glas von Klöch reichlich Leisten von verzwillingtem Plagioklas (An 50 — An 60), die bislang in dem reichen Material von selbständigen Gläsern des Steinberges nicht beobachtet worden sind (HERITSCH & HÜLLER 1975). Der kristallisierte Anteil liegt um 10 % Vol.

Die chemische Analyse des Glases Klöch 10, ausgewiesen in der Tabelle 1, hat ganz ähnliche Werte, wie die Steinberger Gläser, natürlich sind dann auch die CIPW- und Niggli-Werte ganz ähnlich, vgl. Tabelle 1 und 2. Der Magmentyp ist dementsprechend ebenfalls ijolithisch bis muritisch oder tahitisch, jedoch siärmer.

Eine halbquantitative Untersuchung auf Sr und Ba zeigt eine deutliche Anreicherung dieser Elemente im Glas gegenüber den Gesteinen wie bei den Gläsern des Feldbacher Steinberges (HERITSCH & HÜLLER 1975).

Diskussion

Das basaltische Glas vom Steinbruch Klöch

Die Genese dieses Glases (Klöch 10) steht in völliger Analogie zur Genese der Gläser des Feldbacher Steinberges (HERITSCH & HÜLLER 1975). Das bedeutet, daß es sich um abgepreßte und noch flüssige Grundmasse des erstarrenden Gesteines handelt, wobei dann Mengen von einigen Kubikdezimetern selbständig als Glas erstarren. Das kann gut an dem Diagramm $ne - or - di$ nach SOOD, PLATT & EDGAR 1970 überblickt werden (HERITSCH & HÜLLER 1975). Die Abbildung 1 zeigt dieses Diagramm, in dem die Projektionspunkte der Gesteine nach dem normativen Mineralbestand errechnet sind. Das Gestein vom Seindl liegt, wie schon oben erwähnt vermutlich durch stärkere sekundäre Beeinflussung bedingt, deutlich abseits und wird nicht mehr berücksichtigt. Die basaltischen Gesteine vom Steinberg und von Klöch liegen auf Grund ihrer engen chemischen Verwandtschaft ganz beisammen. Wird aus ihnen Diopsid (Klinopyroxen) entfernt, so wan-

dert das restliche Magma, und damit auch ein solches abgequetschtes und später zu einem selbständigen Glas erstarrtes Magma, zur Phasengrenze Diopsid — Nephelin. Deshalb also liegt der Projektionspunkt des Glases Klöch im Bereich der Projektionspunkte der Gläser vom Steinberg bei Feldbach und es bilden sich etwa gleichzeitig idiomorphe Einsprenglinge von Klinopyroxen und Nephelin in der glasigen Grundmasse. Allerdings kommt es beim Klöcher Glas noch zur Ausbildung von Einsprenglingen von Plagioklas, der aber vom Diagramm der Abbildung 1 nicht erfaßt wird. Die auf diese Weise entstehenden Gläser erhalten, natürlich in beiden Fällen gleichartig, einen ijolithischen bis muritischen oder tahititischen Magmentyp. Die Anreicherung von Sr und Ba im Glas ist ebenfalls analog.

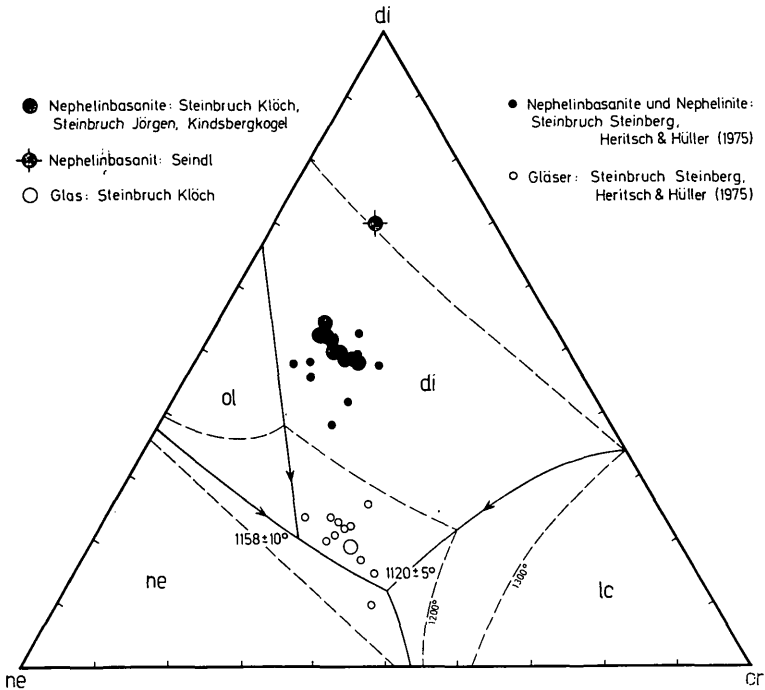


Abb. 1: Im Diagramm Diopsid-Nephelin-Sanidin nach SOOD, PLATT & EDGAR 1970 liegen die basaltischen Gesteine des Steinberges bei Feldbach und die Nephelinbasanite des Klöcher Vulkangebietes eng beisammen, nur das offenbar sekundär stärker veränderte Gestein vom Seindl liegt abseits. In beiden Vulkangebieten entstehen weitgehend gleichartige basaltische Gläser durch Abkühlung von restlichen Schmelzen, die durch Ausscheidung von Diopsid an die Phasengrenze Diopsid — Nephelin gelangen.

Man kann aus dem Mittel der Klöcher Nephelinbasanite (Tabelle 3 oder 4) eine Restschmelze durch Abziehen der entsprechenden Gemengteile errechnen. Diese Restschmelze entspricht dann natürlich dem vulkanischen Glas Klöch 10, wie in Tabelle 5 ausgewiesen ist. Dabei wurden für Olivin und Klinopyroxen Zusammensetzungen nach HERITSCH & ROHANI 1973 und für den titanhaltigen Magnetit ein Gehalt von 17 % TiO_2 angenommen. Aus der Rechnung folgt, daß die vulkanischen Gläser abgepreßt wurden, als die Hälfte des Magmas auskristallisiert war.

Die Nephelinbasanite des Klöcher Vulkangebietes

In HERITSCH 1975 wurde gezeigt, daß für das Mittel der chemisch eng verwandten basaltischen Gesteine des Feldbacher Steinberges und des Klöcher Vulkangebietes folgendes möglich ist: zieht man von dem damals bekannten Mittel der Klöcher Gesteine 5 % Olivin (Zusammensetzung nach HERITSCH & ROHANI 1973) ab, so erhält man eine mit dem Mittel für Steinberg fast idente chemische Zusammensetzung. Für die neuen, hier vorgelegten Analysen und ihr Mittel ist dasselbe unter Abzug von 3 % Olivin möglich.

Wenn man ferner annimmt (HERITSCH 1975), daß das Magma des Hochstraden durch Assimilation aus dem des Typus Steinberg-Klöch hervorgegangen ist, so tritt natürlich die Frage der Herkunft der Magmen des Typus Steinberg-Klöch auf. Das ist aber nichts anderes als die Frage der Entstehung basischer Alkaligesteine überhaupt. Bekanntlich ist hinsichtlich dieses Problems noch alles in Fluß und die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse der Naturbeobachtung und der Experimente haben noch zu keiner allgemein anerkannten Auffassung geführt, weder in der Frage eines einheitlichen Stammagmas noch eines einheitlichen Materiales, aus dem die basaltischen Magmen unter verschiedenem Druck gebildet wurden (vgl. etwa YODER & TILLEY 1962, GREEN & RINGWOOD 1967, GAST 1968, ITO & KENNEDY 1968, ENGEL & ENGEL 1970, GREEN 1970, KESSON & PRICE 1972).

Bemerkenswert ist jedenfalls, daß in dem Vulkangebiet von Monaro, Südostaustralien (KESSON 1973) Basanite auftreten, die in ihrer Zusammensetzung, bis auf einen deutlich niederen Na₂O-Gehalt, durchaus den Nephelinbasaniten des Klöcher Vulkangebieten entsprechen, vgl. Tabelle 4. Nach den Untersuchungen von KESSON 1973 sind die Alkalibasalte, Basanite und Nephelinite des Vulkangebietes von Monaro nur sehr gering differenziert und werden als von einem primären Magma gebildet aufgefaßt, wobei primäres Magma so definiert wird, daß es eine, späterhin unveränderte, Flüssigkeit darstellt, die durch Aufschmelzung des oberen Mantels entsteht. KESSON ist ferner der Meinung, daß als zusätzliche Phasen Amphibol, Glimmer und Apatit im oberen Mantel enthalten sein müssen, um die basaltischen Gesteine des Vulkangebietes von Monaro durch partielle Aufschmelzung zu erzeugen; daraus wird auf Inhomogenitäten im oberen Mantel geschlossen. Eine analoge Entstehungsmöglichkeit für die Magmen von Klöch bzw. vom Steinberg ist sicher in Betracht zu ziehen.

Für diese Arbeit standen die Einrichtungen des Institutes für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz zur Verfügung. Die Berechnungen der Gesteinsanalysen erfolgte nach eigenem Programm im Rechenzentrum Graz. Die Röntgenfluoreszenzuntersuchungen wurden im Zentrum für Elektronenmikroskopie in Graz ausgeführt, wofür ich auch an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte.

Tab. 1: Chemische Analysen und CIPW-Normen von Nephelinbasanititen vom Steinbruch Klöch, vom Steinbruch Jörgen, vom Kindsbergkogel und von der Straße zum Seindl, sowie von einem basaltischen Glas vom Steinbruch Klöch.

	Nephelinbasanite						Basaltisches Glas Steinbruch Klöch 10				
	Steinbruch Klöch		Steinbruch Jörgen		Kindsberg- kogel	Seindl					
	1	2	5	7	9	11	1	5			
SiO ₂	44,45	44,26	44,33	44,30	44,40	45,03	44,04	43,50	44,51	44,54	47,32
TiO ₂	2,27	2,43	2,27	2,43	2,43	1,94	2,27	2,27	2,27	2,27	1,62
Al ₂ O ₃	13,71	13,70	14,01	14,20	14,30	12,88	14,27	15,60	13,50	13,90	20,08
Fe ₂ O ₃	6,58	6,44	6,70	6,71	9,32	8,72	8,60	7,59	9,14	8,86	4,53
FeO	4,24	4,50	3,70	4,10	2,22	2,95	2,01	2,98	1,80	2,37	2,87
MnO	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,16	0,16	0,16	0,12
MgO	8,20	9,15	9,27	8,53	8,04	8,58	7,58	6,60	9,40	8,35	2,36
CaO	10,21	10,30	10,34	10,35	10,48	10,15	10,16	10,43	10,09	10,25	5,74
Na ₂ O	5,26	5,14	4,70	4,84	5,56	5,85	5,26	5,03	5,30	3,85	8,22
K ₂ O	2,26	2,07	2,24	2,14	1,43	1,55	1,17	1,53	1,61	0,77	4,26
P ₂ O ₅	0,72	0,49	0,78	0,70	0,25	0,78	0,82	0,77	0,71	0,48	0,81
H ₂ O ⁺	1,21	1,34	1,35	1,68	1,05	1,23	2,72	2,17	1,12	2,94	2,10
H ₂ O ⁻	0,98	0,55	0,51	0,32	0,50	0,40	1,44	1,39	0,74	1,34	0,47
	100,25	100,53	100,36	100,46	100,14	100,22	100,54	100,02	100,35	100,08	100,50
or	13,6	12,4	13,4	12,8	8,6	9,3	7,2	9,4	9,7	4,8	25,7
ab	8,5	7,0	8,1	9,0	10,6	13,8	17,7	13,9	12,1	23,8	12,0
ne	20,0	20,1	17,5	17,7	20,1	19,7	15,4	16,3	18,1	5,5	32,0
an	7,3	8,3	10,7	10,9	10,0	4,4	12,3	16,0	8,4	19,2	5,4
di	30,8	31,3	28,2	28,5	32,0	32,3	26,8	25,2	29,3	23,8	13,0
ol	4,6	6,0	7,2	5,8	3,8	4,7	5,0	3,8	7,1	7,5	—
wo	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7
mt	7,7	8,1	6,0	6,8	0,6	4,5	0,6	3,7	—	1,6	5,1
hm	1,4	0,9	2,7	2,1	9,0	5,8	8,5	5,3	9,3	8,1	1,1
il	4,4	4,7	4,4	4,7	4,7	3,7	4,5	4,5	4,2	4,5	3,1
ap	1,7	1,2	1,8	1,7	0,6	1,8	2,0	1,9	1,7	1,2	1,9
ru	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—

Tab. 2: Niggli-Werte der in Tabelle 1 ausgewiesenen Analysen von Nephelinbasaniten bzw. eines basaltischen Glases aus dem Vulkangebiet von Klöch.

		si	al	fm	c	alk	k	mg
Steinbruch Klöch	1	86	17,5	45	23,5	14	0,22	0,59
	2	93	17	47	23	13	0,21	0,61
	5	94	17,5	47	23	12,5	0,24	0,63
	7	95	18	45,5	23,5	13	0,23	0,60
	9	95	18	44,5	24	13,5	0,14	0,57
	11	96	16	47	23	14	0,15	0,58
Steinbruch Jörgen	1	98	19	44	24	13	0,13	0,58
	5	98	21	41	25	13	0,17	0,54
Kindsbergkogel		94	17	47,5	22,5	13	0,17	0,62
Seindl		100	18,5	47,5	24,5	9,5	0,12	0,59
Steinbruch Klöch, 10 Glas		124	31	25	16	28	0,25	0,37

Tab. 3: Mittel der Analysen von Nephelinbasaniten des Vulkangebietes von Klöch (ohne die Analyse Seindl) und zugehörige CIPW-Norm sowie berechnete modale Mineralbestände und Niggli-Werte.

		Modale Mineralbestände				
		a)		b)		
SiO ₂	44,18	Sanidin	6,0		1,9	
TiO ₂	2,28	Plagioklas	17,8 (An 30)		5,5 (An 100)	
Al ₂ O ₃	13,97	Nephelin	17,7		8,5	
Fe ₂ O ₃	7,73	Analzim	—		26,9	
FeO	3,15	Klino-				
MnO	0,16	pyroxen	42,1		41,2	
MgO	8,34	Olivin	6,4		6,2	
CaO	10,25	Magnetit	8,4		8,2	
Na ₂ O	5,20	Apatit	1,6		1,6	
K ₂ O	1,77					
P ₂ O ₅	0,67					
H ₂ O ⁺	1,54					
H ₂ O ⁻	0,76					
	100,00		100,0		100,0	
CIPW-Norm						
or 10,7						
ab 11,2						
ne 18,4						
an 9,8						
di 29,4						
ol 5,3						
mt 4,1						
hm 5,1						
il 4,4						
ap 1,6						
100,0						
Niggli-Werte						
si	al	fm	c	alk	mg	k
95	17,5	45	23,5	13	0,18	0,59

Tab. 4: Vergleich der Nephelinbasanite des Vulkangebietes von Klöch mit einem Basanit des Vulkangebietes Monaro, Ostaustralien (KESSON 1973).

	Nephelinbasanit Klöch, Mittel	Basanit, Morano, Ostaustralien (KESSON 1973)
SiO ₂	44,18	44,26
TiO ₂	2,28	2,20
Al ₂ O ₃	13,97	14,73
Fe ₂ O ₃	7,73	3,01
FeO	3,15	7,95
MnO	0,16	0,17
MgO	8,34	9,09
CaO	10,25	10,05
Na ₂ O	5,20	2,98
K ₂ O	1,77	1,72
P ₂ O ₅	0,67	0,81
H ₂ O +	1,54	0,91
H ₂ O -	0,76	1,11
CO ₂	n. b.	0,10

Tab. 5: Vergleich der aus dem Mittel der Nephelinbasanite durch Abzug von 6,5 % Olivin, 32,0 % Klinopyroxen, 2,5 % Plagioklas mit An 80, 3,1 % Nephelin, 5,4 % Ti-Magnetit und 0,9 % Apatit errechneten Restschmelze mit dem basaltischen Glas Klöch 10.

SiO ₂	47,5	47,32
TiO ₂	1,8	1,62
Al ₂ O ₃	20,4	20,08
Fe ₂ O ₃	3,4	4,53
FeO	2,0	2,87
MnO	0,2	0,12
MgO	2,3	2,36
CaO	5,8	5,74
Na ₂ O	8,2	8,22
K ₂ O	3,5	4,26
P ₂ O ₅	0,6	0,81
H ₂ O +	2,8	2,10
H ₂ O -	1,5	0,47

Literatur

- BURRI C. 1959. Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage. — Birkhäuser, Basel — Stuttgart.
- DEER W. A., HOWIE R. A., & ZUSSMAN J. 1963. Rock-Forming Minerals, Vol. 4, Framework Silicates. — Longmans, London.
- ENGEL A. E. J. & ENGEL C. G. 1970. Mafic and Ultramafic Rocks. — In: The Sea, Vol. 4, Part. I, J. Wiley & Sons, New York — London — Sydney — Toronto.
- FLÜGEL H. & HERITSCH H. 1968. Das Steirische Tertiär-Becken, 2. Aufl., Sammlung Geol. Führer, 47. — Gebr. Borntraeger, Berlin — Stuttgart.
- GAST P. W. 1968. Trace element fractionation and the origin of tholeiitic and alkaline magma types. — Geochim. Cosmochim. Acta, 32:1057-1086.

- GREEN D. H. 1970. A review of experimental evidence on the origin of basaltic and nephelinitic magmas. — In: Phase Transformations and the Earth's Interior, Upper Mantle Projekt Scientific Report No. 26. North-Holland Publ. Comp., Amsterdam.
- & RINGWOOD A. E. 1967. The Genesis of Basaltic Magmas. — *Contr. Min. Petrol.*, 15:103-190.
- HERITSCH H. 1963. Exkursion in das oststeirische Vulkangebiet. — *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 93:206-226.
- 1968. Vulkanische Gesteine vom Steinberg bei Feldbach, Steiermark. — *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 98:16-26.
- 1975. Über mögliche Beziehungen zwischen den Haupttypen des pliozänen, basaltischen Vulkanismus der Oststeiermark. — *Anz. Österr. Akad. Wiss.*, 1975, Nr. 10, im Druck.
- & 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: Im Druck.
- & ROHANI H. 1973. Untersuchungen über Olivin und Klinopyroxen sowie über Auswürflinge des basaltischen Vulkanismus der Oststeiermark. — *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 103:7-22.
- ITO K. & KENNEDY G. C. 1968. Melting and Phase Relations in the Plane Tholeiite-Lherzolite-Nepheline Basanite to 40 Kilobars with Geological Implications. — *Contr. Min. Petrol.*, 19:177-211.
- KESSON S. E. 1973. The Primary Geochemistry of the Monaro Alkaline Volcanics, Southeastern Australia — Evidence for Upper Mantle Heterogeneity. — *Contr. Min. Petrol.*, 42:93-108.
- & PRICE R. C. 1972. The Major and Trace Element Chemistry of Kaersutite and Its Bearing on the Petrogenesis of Alkaline Rocks. — *Contr. Min. Petrol.*, 35:119-124.
- SCHOKLITSCH K. 1932. Beiträge zur Kenntnis der oststeirischen Basalte. I. Teil. — *N. Jb. Min. Geol. Paläont., Beilage Abt. A*, 63:319-370.
- SOOD M. K., PLATT R.G. & EGGAR A.D. 1970. Phase relations in portions of the system diopside-nepheline-kalsilite-silica and their importance in the genesis of alkaline rocks. — *Canad. Min.*, 10:380-394.
- STRECKEISEN A. L. 1967. Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. — *N. Jb. Min., Abh.*, 107:144-240.
- TRÖGER W. E. 1935. Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine. Ein Nomenklaturkompendium. — Unveränderter Nachdruck, 1969, Schweizerbart, Stuttgart.
- YODER H. S. & TILLEY C. E. 1962. Origin of Basalt Magmas: An Experimental Study of Natural and Synthetic Rock Systems. — *Journ. Petrol.*, 3:342-532.
- Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Haymo HERITSCH, Universität Graz, Institut für Mineralogie und Petrographie, Universitätsplatz 2, A-8010 G r a z.