

Aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz

## Vulkanische Gesteine vom Steinberg bei Feldbach, Steiermark

Von Haymo HERITSCH

Mit 2 Abbildungen und 6 Tabellen (im Text und auf Tafel II)

(Eingelangt am 15. März 1966)

**Inhalt:** Von Nephelinit, von Nephelinbasanit und vulkanischem Glas eines Kontaktes, sowie von einem Tuff werden neue chemische Analysen, ihre Auswertung und weitere Beobachtungstatsachen gebracht.

Seit STINY 1923 sind keine chemischen Analysen von Gesteinen des Steinberges bei Feldbach in der petrographischen Literatur veröffentlicht worden. Spätere Bearbeitungen, z. B. ANGEL und MARCHET 1939 beziehen sich auf diese Gesteinsanalysen bzw. auf chemische Analysen von STINY 1917 und SCHOKLITSCH 1935, sofern die seinerzeitig häufig vorkommenden vulkanischen Gläser behandelt wurden.

In den letzten Jahren ist nun der Abbau der vulkanischen Gesteine des Steinberges bei Feldbach in großem Maßstab durch die Steirischen Basalt- und Hartsteinwerke, Gebrüder SCHLARBAUM, ausgeweitet worden, so daß sehr ausgedehnte Aufschlüsse zur Verfügung stehen. In dankenswerter Weise hat Herr Dr. Dipl.-Ing. G. NITSCHÉ 1962 — unter anderem — eine ausführliche Darstellung der Lagerungsverhältnisse und des Abbaues im gesamten Bereich der Vulkanitmassen des Steinberges gegeben.

Es schien daher wünschenswert, durch neue chemische Analysen die Gesteinsvariationen zu überprüfen.

### Die Proben

Die Probenentnahme erfolgte im Jahre 1966, und zwar vor allem in dem zirkusförmig vertieften Abbau des Nordsteinbruches von der tiefsten Sohle bis zur Höhe der Sohle I, vgl. NITSCHÉ 1962. Eine mikroskopische Untersuchung zeigt, daß innerhalb der so erfaßten, festen, vulkanischen Gesteinsmassen praktisch fast keine Variationsbreite zu beobachten ist. Es handelt sich um Gesteine, die im wesentlichen aus Klinopyroxen und Nephelin, sowie aus Magnetit bestehen und wenig Einsprenglinge von Olivin und Klinopyroxen haben, also um Nephelinite. Als Repräsentanten wurden schließlich zur detaillierten, besonders chemischen Untersuchung ausgewählt:

1. Nephelinit, N-Steinbruch, Sohle V, Seehöhe 380 m.
2. Nephelinit, N-Steinbruch, Sohle I, Seehöhe 420 m.

Ferner ergab sich die Möglichkeit, von einer, der nur selten zu beobachtenden Kontaktstellen mit pannonischen, sandig-tonigen Sedimenten, vom Ostkogel des Steinberges Proben zu untersuchen, HERITSCH 1967 b, und zwar:

3. Nephelinbasanit, Ostkogel, nahe dem Kontakt (etwa 1 m) mit pannonischen Sedimenten.

## 4. Glas, Ostkogel, vom Kontakt mit pannonischen Sedimenten.

Weiterhin wurde eine Probe eines hellen, feinkörnigen Gesteines untersucht, das eine Einschaltung in der Südwand des Nordsteinbruches über der Sohle I bildet und wahrscheinlich einen Tuff darstellt:

## 5. Heller Tuff, N-Steinbruch, Sohle I, Seehöhe etwas über 420 m.

Die Ortsangaben erfolgen nach der Arbeit von NITSCHKE 1962, die Nummerierung der Proben ist in allen Tabellen verwendet.

Die chemischen Analysen sind teilweise nach klassischen Methoden ausgeführt, teilweise wurden moderne Schnellverfahren angewendet, SHAPIRO & BRANNOCK 1962, WEIBEL 1961. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 gemeinsam mit den normativen Mineralbeständen ausgewiesen.

Tabelle 1

Chemische Analysen und CIPW-Normen von Gesteinen des Steinberges bei Feldbach aus dem Steinbruch der Steirischen Basalt- und Hartgesteinswerke Gebrüder SCHLARBAUM; Analytiker H. HERITSCH und K. ROTTENBACHER.

	1	2	3	4	5
SiO <sub>2</sub>	43,74%	43,31%	44,54%	42,74%	56,80%
TiO <sub>2</sub>	2,14	2,17	2,31	2,14	0,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,40	14,77	15,19	15,76	18,26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,64	6,95	6,70	7,89	5,44
FeO	5,65	5,39	5,24	4,97	0,70
MnO	0,24	0,21	0,19	0,25	0,16
MgO	6,23	6,44	5,82	5,85	2,18
CaO	10,64	10,91	10,63	10,57	5,38
Na <sub>2</sub> O	6,49	6,30	6,27	4,54	1,29
K <sub>2</sub> O	2,76	2,70	1,77	2,21	3,85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,45	0,26	0,13	0,17	0,40
H <sub>2</sub> O+	0,95	1,05	1,37	2,31	3,00
H <sub>2</sub> O-	0,31	0,49	0,62	1,49	2,60
	100,64	100,95	100,78	100,89	100,57
Qz	—	—	—	—	21,9
Or	13,2	9,2	10,6	13,5	24,0
Lc	2,5	5,4	—	—	—
Ab	—	—	8,2	5,9	11,5
Ne	29,9	29,0	24,7	18,2	—
An	2,0	4,1	8,2	16,6	25,3
Di	37,1	36,6	32,8	28,4	—
Wo	0,4	0,8	1,0	—	—
Hy	—	—	—	—	6,0
Ol	—	—	—	1,6	—
C	—	—	—	—	3,3
Il	4,1	4,2	4,4	4,2	1,0
Mt	9,7	10,1	9,8	10,1	0,8
Hm	—	—	—	1,1	5,2
Ap	1,1	0,6	0,3	0,4	1,0

1 Nephelinit; Nordsteinbruch, Sohle V; Seehöhe 380 m.

2 Nephelinit; Nordsteinbruch, Sohle I; Seehöhe 420 m.

3 Nephelinitbasanit; Ostkogel nahe dem Kontakt mit pannonischen Sedimenten.

4 Glas; Ostkogel vom Kontakt mit pannonischen Sedimenten.

5 heller Tuff; Nordsteinbruch, Sohle I; Seehöhe 420 m.

### Nephelinit des Nordsteinbruches

Die Analysen Nr. 1 und Nr. 2 sind einander außerordentlich ähnlich und entsprechen darin der Erwartung des mikroskopischen Befundes. In Verbindung mit den in Tabelle 2 angeführten Niggliwerten folgt ein theralithischer bis gabbrothermalithischer Magmentyp, wie er für den jungen oststeirischen Vulkanismus charakteristisch ist; in dieselbe Richtung weist auch ein hoher  $K_2O$ -Wert, HERITSCH 1967 a. Hinsichtlich der Magmenentwicklung im oststeirischen Raum liegen die beiden Analysen für alle Komponenten knapp an den entsprechenden Kurven, mit Ausnahme des Wertes für  $Na_2O$ , der über die Durchschnittskurve fällt. Die beiden vorliegenden Magmentypen fügen sich also durchaus in die oststeirische Magmenentwicklung ein, HERITSCH 1967 a.

Im normativen Mineralbestand tritt in den beiden Analysen und auch in Analyse Nr. 3 eine geringe Menge Wollastonit auf, der in den sonstigen Analysen des steirischen Vulkangebietes nicht zu verrechnen ist, vgl. HERITSCH 1967 a. Aber schon eine geringe Umwandlung von  $Fe_2O_3$  in  $FeO$  läßt diesen Wollastonitgehalt verschwinden. Auch im modalen Mineralbestand (siehe unten) wird man veranlaßt, etwas  $Fe_2O_3$  in  $FeO$  umzuwandeln, so daß wohl der, analytisch bekannt schwierig zu bestimmende,  $FeO$ -Gehalt in den Analysen zu niedrig ausgewiesen ist.

Tabelle 2

Niggliwerte von Gesteinen des Steinberges bei Feldbach im Vergleich mit Magmentypen nach C. BURRI 1959. Die Numerierung der Gesteine entspricht der Tabelle 1.

	si	al	fm	c	alk	k	mg
1	93	18	41	24	17	0,22	0,48
2	91	18	41	25	16	0,22	0,49
theralithisch	110	21	38	23	18	0,25	0,45
theralithgabbroid	105	24	38	25	13	0,25	0,5
berondritisch	90	20	40	32	8	0,25	0,5
gabbrothermalithisch	100	17	43	27,5	12,5	0,2	0,45
3	97	19	40	25	16	0,16	0,48
4	94	20	42	25	13	0,24	0,46
5	201	38	28,5	20,5	13	0,66	0,40
leukomonzonitisch	180	37,5	25	17	20,5	0,45	0,5

Mit dem von STINY 1923 analysierten Nephelinbasalt sind die beiden vorliegenden Analysen nicht unmittelbar vergleichbar, wie auch aus der Beschreibung des mikroskopischen Bildes hervorgeht: das von STINY 1923 analysierte Gestein hat glasige Partien mit idiomorphen Nephelinkristallen.

Wenn auch in der Vulkanmasse von der Sohle V bis zur Sohle I Gesteinstypen mit glasigen Partien in der Größe des mikroskopischen Bereiches vorkommen, so sind doch die Nephelinite Nr. 1 und Nr. 2 holokristallin. Der mikroskopisch bestimmbare Mineralbestand ist folgender:

Einsprenglinge: Olivin mit Korngrößen bis  $0,2 \times 0,4$  mm

Klinopyroxen mit Korngrößen bis  $0,6 \times 1,2$  mm.

Grundmasse: Klinopyroxen  $0,005 \times 0,015$  mm bis  $0,08 \times 0,3$  mm

Nephelin bis  $0,1 \times 0,1$  mm, durchspießt von Apatitnadelchen.

Magnetit mit Korndurchmesser von  $0,005$  bis  $0,02$  mm, ganz schwach doppelbrechende Partien können als Analzim gedeutet werden. Dieser Analzim ist die Ursache für das Auftreten von Sonnenbrennern, ERNST 1960.

Diffraktometeraufnahmen des Gesamtgesteins zeigen Klinopyroxen mit Nephelin, sowie sehr schwache peaks, die auf Analzim hindeuten. Auf Grund der sehr kleinen Korngrößen erscheint eine Integrationsanalyse nicht durchführbar. Es wurde daher der Versuch unternommen, einen modalen Mineralbestand zu berechnen, vgl. STRECKEISEN 1967. In mehreren Versuchen zeigte es sich, daß ein Pyroxen der Zusammensetzung, wie sie etwa HUCKENHOLZ 1965 angibt, nicht zum Erfolg führte. Es wurde daher eine andere Pyroxenzusammensetzung angenommen, die in Tabelle 4 angeführt ist. Hiezu ist zu bemerken, daß es ein weiteres Ziel der im Gang befindlichen Arbeit sein wird, aus den Gesteinen die Klinopyroxene zu isolieren und chemisch zu analysieren. Erst dann wird sich erweisen, ob die hier gemachte Annahme zu Recht besteht.

Im Olivin ist 90% Forsterit und im Nephelin ein Verhältnis Na : K = 3 : 1 angenommen. Für Magnetit ist eine Beimengung von Ulvöspinell im Verhältnis Magnetit : Ulvöspinell um 1 : 1 verrechnet. Es gelingt, aus sehr feinkörnigem Gesteinspulver magnetisch den Magnetit sehr gut anzureichern. An solchem Material ist aus mit Quarz geeichten Diffraktometeraufnahmen eine Gitterkonstante von  $a_0 = 8,451 \pm 0,001 \text{ \AA}$  bestimmt worden. Eine Anwesenheit von zwei Phasen konnte in diesen Aufnahmen nicht gefunden werden. Für Mischungen von reinem Magnetit und Ulvöspinell ergibt die gefundene Gitterkonstante nach dem Diagramm bei VINCENT und Mitarbeitern 1957 bzw. BASTA 1960 um 50 % Ulvöspinell. Jedoch ist es an und für sich wegen der Beimengungen anderer Atom-

Tabelle 3

Aus den chemischen Analysen berechnete modale Mineralbestände von basaltischen Gesteinen des Steinberges bei Feldbach. Die Numerierung der Gesteine entspricht der Tabelle 1. Die Werte sind in Gewichts-% ausgedrückt.

	1	2	a)	b)
Klinopyroxen	54,2	55,3	50,5	50,1
Olivin	0,8	1,1	1,0	1,0
Nephelin	26,0	29,1	24,5	21,5
Plagioklas	—	3,8	17,4	12,0
Analzim	12,2	4,4	—	8,9
Magnetit	5,8	5,7	6,3	6,2
Apatit	1,0	0,6	0,3	0,3
	100,0	100,0	100,1	100,0
		50% An	34% An	50% An

Tabelle 4

Chemische Formel des Klinopyroxenes der basaltischen Gesteine des Steinberges bei Feldbach, errechnet aus den chemischen Analysen der Tabelle 1.

Z	Si	1,813	Z =	2,000
	Al	0,187	X + Y + W =	1,992
Y	Al	0,017	$\Sigma e =$	+ 0,016
	Ti	0,070	Ca	44,7
	Fe <sup>+++</sup>	0,188	Mg	32,5
X	Fe <sup>++</sup>	0,209	Fe	22,8
	Mn	0,014	Ac	14,3
	Mg	0,604	Tsch	5,5
W	Ca	0,748	Ti-A	7,1
	Na	0,119	Hd	22,5
	K	0,023	Di	50,6

sorten und wegen der Oxydation nicht möglich, Gitterkonstanten zur Bestimmung des Gehaltes von Ulvöspinell zu verwenden, BUDDINGTON & LINDSLEY 1964 : 347. Ebenso paßt die Gitterkonstante des vorliegenden Titanomagnetites in den Bereich der Gitterkonstanten für unentmischte Titanomagnetite aus Vulkaniten nach BASTA 1960. An demselben Material wurde, da eine Mikroskopsonde nicht zur Verfügung stand, CARMICHAEL 1967, naßchemisch eine  $TiO_2$ -Bestimmung durchgeführt, die 14,5%  $TiO_2$  lieferte, was unter der Voraussetzung eines reinen, nicht entmischten Mischkristalles zwischen Ulvöspinell und Magnetit etwas über 40% Ulvöspinell entspricht. Mit diesen beiden  $TiO_2$ -Gehalten ist der vorliegende Ti-Magnetit im Bereich, wie er für Basalte gilt, BUDDINGTON und LINDSLEY 1964 : 345, gelegen.

Für eine Aussage über die Temperaturen bei der Magnetitbildung ist noch die Kenntnis des eventuell koexistierenden Ilmenites notwendig; hier ergeben sich dieselben Schwierigkeiten, wie sie von BUDDINGTON & LINDSLEY 1964 : 334, 347, angegeben werden, so daß für Basalt noch keine entsprechenden Daten vorliegen, CARMICHAEL 1967. Aus natürlichen Einschlüssen von Klöchen wurden Temperaturen von 900—950° C für die Zeit der Aufnahme erschlossen, HERITSCH 1964. Es kann wohl angenommen werden, daß Magnetit sich in der Tiefe bei noch höheren Temperaturen gebildet hat, als sie zur Zeit herrschten, zu der die Gerölle in das aufsteigende Magma gelangten; vgl. unten die Beschreibung des Glases vom Kontakt.

Die Tab. 3 enthält die berechneten modalen Mineralbestände des Nephelinites Nr. 1 und Nr. 2. In beiden Fällen ist hier für rund 0,6%  $Fe_2O_3$  die Oxydationsstufe auf FeO herabgesetzt. Benützt man diese Mineralbestände im Sinne von STRECKEISEN 1967 um in seine Diagramme und Tabellen einzugehen, so ergibt sich der Name Nephelinit, was natürlich auch in Übereinstimmung mit theralithischen bis gabbrotheralithischen Magmentypen steht. Die in der älteren Literatur übliche Bezeichnung Nephelinbasalt kann nach STRECKEISEN 1967 als Synonym für Nephelinit ebenfalls verwendet werden.

### **Nephelinbasanit und Glas aus dem Kontakt mit pannonischen Sedimenten**

Dieses Vorkommen ist schon einmal kurz beschrieben worden, HERITSCH 1967 b: am Kontakt gegen sandig-tonige Sedimente des Pannon bildet sich unmittelbar in Berührung mit den Sedimenten ein vulkanisches Glas in Klümpchenform aus, das idiomorphe Kristalle von Klinopyroxen, Olivin und Magnetit enthält. Etwas weiter vom Kontakt — bis zu einigen Metern Entfernung — kommt es zur Entwicklung von Nephelinbasanit.

Die Analyse des Nephelinbasanites Nr. 3 der Tab. 1 ist mit der Analyse bei STINY 1923 vergleichbar, nur enthält die hier vorliegende Analyse einen kleineren Wert für  $Al_2O_3$ , wodurch für die Analyse von STINY 1923 ein wesentlich höherer Anorthitgehalt und ein wesentlich niedriger Pyroxengehalt folgt. Auch liegen die Projektionspunkte der einzelnen Werte der chemischen Analyse sehr gut auf den Kurven des Variationsdiagrammes, mit Ausnahme des Wertes für  $Na_2O$ , der wieder über der Kurve zu liegen kommt. Somit fügt sich auch dieses Gestein in die oststeirische Magmenentwicklung ein, HERITSCH 1967 a.

Der Vergleich mit Magmentypen nach BURRI 1959 in Tab. 2 ergibt aus den Niggli-Werten, wie zu erwarten, wieder ein theralithisches bis gabbrotheralithisches Magma, wobei allerdings gegen die Nephelinite des Nordsteinbruches kleine Variationen — höherer Wert für al, niedriger Wert für alk — zu verzeichnen sind. Aus Dünnschliffbeobachtungen ist folgender Mineralbestand bestimmt:

Einsprenglinge: Olivin und Klinopyroxen, wie in den Nepheliniten

Grundmasse: Wie in den Nepheliniten, Klinopyroxen, Nephelin und Magnetit sowie ganz schwach doppelbrechender Analcim. Hiezu tritt aber noch ein leistenförmiger, verzwilligter Plagioklas, der basischer als 20% sein kann, mit Korngrößen bis  $0,1 \times 0,4$  mm.

In Diffraktometeraufnahmen des Gesamtgesteines ist neben Klinopyroxen und Nephelin auch deutlich Plagioklas und weniger ausgeprägt Analcim zu erkennen.

Die Berechnung des modalen Mineralbestandes aus der chemischen Analyse erfolgte hier ebenfalls mit der Annahme desselben Klinopyroxens wie in den Nepheliniten Nr. 1 und Nr. 2; ebenso sind rund 1%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  in FeO verwandelt. Trotz nicht sehr auffallender Änderungen der chemischen Analyse des Basanites Nr. 3 gegen die Nephelinite Nr. 1 und Nr. 2 kommt ein höherer Plagioklasgehalt bzw. eine höhere Summe von Plagioklas und Analcim zustande. Für den Nephelinbasanit Nr. 3 sind zwei Varianten berechnet worden: einmal ein Mineralbestand ohne Analcim (3 a) und einmal mit Analcim (3 b). Dadurch ändert sich natürlich auch der An-Gehalt des zu berechnenden Plagioklasses, der in der Tab. 3 ebenfalls ausgewiesen ist. Aus optischen Messungen wurden an den zonalen Plagioklasen Gehalte zwischen 20% An und 50% An bestimmt. In der Berechnung des modalen Bestandes des Basanites Nr. 3 kommt die Veränderung gegenüber den Nepheliniten vor allem durch den deutlich niedrigeren MgO-Gehalt zustande, dadurch sinkt die Menge des Klinopyroxens und das übrigbleibende CaO ergibt in Verbindung mit dem gesteigerten  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{SiO}_2$  die Möglichkeit, Plagioklas zu verrechnen.

Vom Glas Nr. 4 ist neben der Analyse nur der normative Mineralbestand angegeben, Tab. 1. Daraus und aus den Niggli-Werten folgt, daß die chemischen Veränderungen gegen den Kontakt zu sehr gering sind. Eine deutliche Tendenz, aus der auf ein bestimmtes assimiliertes Material geschlossen werden könnte, kann nicht festgestellt werden. Wie schon vermutet, HERITSCH 1967 b, ist die glasige Randfazies in der Hauptsache nur ein Abkühlungseffekt. Es hatten sich Einsprenglinge von Pyroxen,  $0,20 \times 0,45$  mm, und Olivin,  $0,15 \times 0,30$  mm sowie Magnetit, 0,01 bis 0,08 mm gebildet, als es durch rasche Abkühlung zur glasigen Erstarrung der Grundmasse kam. Im Glas erscheinen noch dendritische sternförmige Kristalle. Eine leichte hydrothermale Beeinflussung führte weiter zur teilweisen Umwandlung des Glases.

Eine Diffraktometeraufnahme des gesamten Glases weist peaks von Klinopyroxen, Olivin und Montmorinmineral aus.

Mit den bei STINY 1917 und SCHOKLITSCH 1935 beschriebenen Gläsern ist das vorliegende Glas natürlich nicht vergleichbar; das hier beschriebene Glas hat ja als Randfazies praktisch die Zusammensetzung eines Nephelinites oder Nephelinbasanites, während die von STINY 1917 und SCHOKLITSCH 1935 bearbeiteten Gläser chemisch weit von der Gesteinszusammensetzung abweichen und eine andere Ursache für ihre Bildung haben müssen.

Nach den vorliegenden Daten ist in Betracht zu ziehen, daß die Basanitbildung auf dem Steinberg doch durch eine leichte Assimilation von Sedimentmaterial bedingt ist, eine Assimilation, die nur so geringe Unterschiede mit sich bringt, wie sie in der Gegenüberstellung der Analysen Nr.1 und Nr. 2 gegen Nr. 3 zu ersehen ist, d. h. Zunahme des  $\text{SiO}_2$ - und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehaltes, Abnahme des MgO- und  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehaltes, während alle anderen chemischen Bestandteile sich nur unbedeutend ändern.

## Heller Tuff des Nordsteinbruches

Über der Sohle I des Nordsteinbruches sind in der Masse basaltischer Gesteine Schollen eines auffallend hellen Gesteines eingeschlossen, die auch in der Kartendarstellung von NITSCHÉ 1962 angegeben sind. Während die oben behandelten Nephelinite und Nephelinbasanite Farbtönungen um dark gray N3 haben, sind die hellen Schollen von der Farbe yellowish gray 5y 7/2 bis pale olive 10y 6/2 nach Rock-Color Chart 1951. In manchen Partien des hellen Gesteines kommen scharfkanitige Nephelinitbrocken vor. Zur vorliegenden Untersuchung wurde ein Gestein ohne solche Brocken verwendet. Das Gestein macht einen feinporösen Eindruck, ist aber trotzdem ziemlich fest. Mit freiem Auge sind keine Komponenten identifizierbar. Unter dem Mikroskop stellt man unregelmäßig eckige Körner von Quarz (bis  $0,4 \times 0,4$  mm) und Sanidin (bis  $0,2 \times 0,4$  mm) fest, ebenso Reste von Biotit ( $0,02 \times 0,20$  bis  $0,1 \times 0,4$  mm), der aber in ein feinstkörniges oder blätteriges Gemenge umgewandelt ist, jedoch den Pleochroismus erkennen läßt. Diese Komponenten sind in eine ungeheim feinkörnige, optisch nicht auflösbare Masse, eingebettet.

Diffraktometeraufnahmen lassen neben Quarz noch Plagioklas und Montmorinmineral, dieses besonders nach Behandlung mit Äthylenglykoll in der Fraktion kleiner als  $2\mu$  erkennen. Eine DTA-Aufnahme dieser Fraktion ist in Abb. 1 wiedergegeben; hier entspricht der Kurvenverlauf durchaus einem Mont-

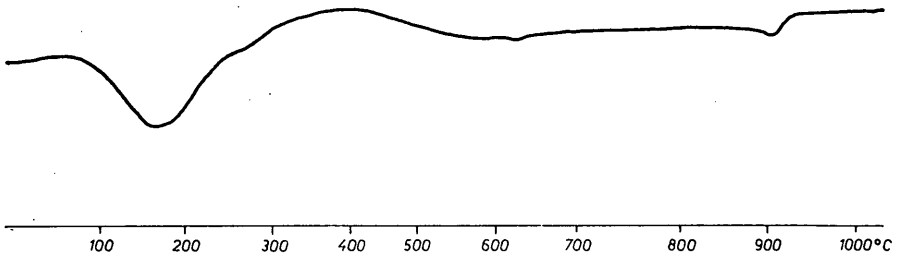


Abb. 1: DTA-Kurve der Fraktion kleiner  $2\mu$  des hellen Tuffes (Nr. 5) von der Südwand des Nordsteinbruches, etwas über Sohle I, vom Steinberg bei Feldbach. Die Kurve ist typisch für ein Montmorinmineral.

morinmineral. Eine elektronenoptische Aufnahme derselben Fraktion kleiner als  $2\mu$  zeigt die Abb. 2. Neben den typisch fetzig ausgebildeten Montmorinmineralien sind gutbegrenzte Kristalle — offenbar Feldspat — zu erkennen.

Die Tab. 1 enthält die chemische Analyse und den daraus berechneten normativen Mineralbestand. Das Gestein zeigt somit keinerlei Verwandtschaft zu dem basaltischen Vulkanismus, jedoch ist eine gewisse Beziehung zum älteren miozänen Vulkanismus gegeben, vgl. z. B. die Zusammenstellung bei HERITSCHE 1967 a. Versuchsweise sind in Tab. 2 die Niggli-Werte mit dem leukomonzonitischen Magmentyp verglichen. Hier ist der alk-Wert zu klein, jedoch könnte der hohe Wert für  $K_2O$  ein Hinweis auf die genannte Beziehung sein. In Tab. 5 ist ein modaler Mineralbestand aus der chemischen Analyse berechnet, der dem optischen Bild, dem elektronenoptischen und DTA-Befund entspricht.

Zur Deutung des Gesteines liegt es nahe, an ein Produkt des miozänen Vulkanismus zu denken, das durch die basaltischen Lavamassen während der Eruption emporgelöst wurde. Dabei erfolgte natürlich eine starke Beeinfluss-

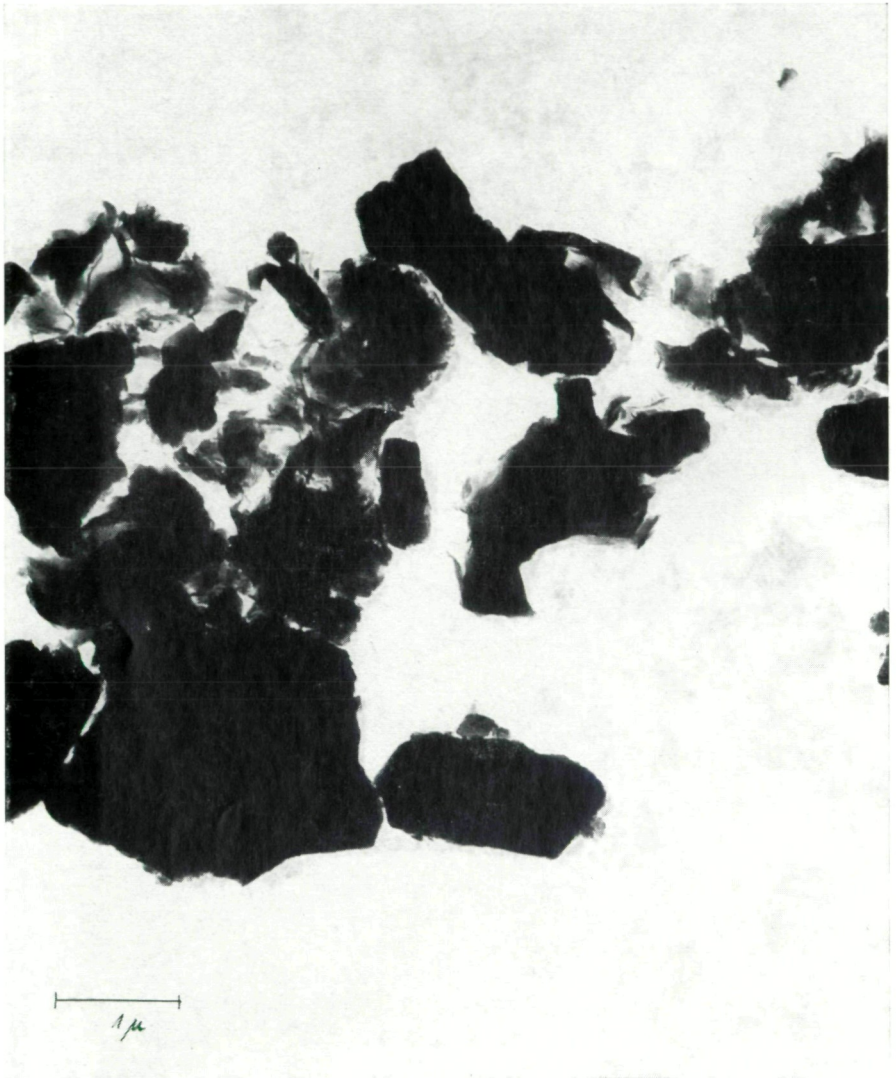


Abb. 2: Elektronenmikroskopische Aufnahme der Fraktion kleiner  $2\mu$  des hellen Tuffes (Nr. 5) von der Südwand des Nordsteinbruches, etwas über Sohle I, vom Steinberg bei Feldbach. Schlecht kristallisierte, fetzige Montmorinminerale treten neben besser begrenzten Kristallen, offenbar Feldspat, auf.





Tabelle 5

Aus der chemischen Analyse Nr. 5 berechneter modaler Mineralbestand des Tuffes vom Steinberg bei Feldbach. Die Werte sind in Gewichts-% ausgedrückt.

Quarz	9,8
Kalifeldspat	22,7
Albit	10,9
Anorthit	24,0
Montmorin-Mineral	26,7
Magnetit	0,7
Ilmenit	1,0
Hämatit	3,3
Apatit	0,9
	<hr/> 100,0

sung, die nicht nur auf die zuerst einsetzende Wärmezufuhr beschränkt blieb, sondern auch im Gefolge der Abkühlung eine hydrothermale Beeinflussung hervorrief. Besonders widerstandsfähig erwiesen sich dabei große Quarzkörner und der Sanidin, während Biotit weitgehend zerstört wurde. Ob die löcherige Ausbildung auf wirkliche Aufschmelzung zurückzuführen ist, kann nur schwer entschieden werden. Jedoch kann ausgesagt werden, daß Temperaturen von etwas über 1000° C hinreichen müssen, um in der Grundmasse der miozänen Gleichenberger Eruptiva (Trachyandesit, Trachyt usw.) den Alkalifeldspatanteil aufzuschmelzen, da dieser ja im Temperaturtrog des Systems  $\text{SiO}_2\text{-NaAlSiO}_4\text{-KAlSiO}_4$  liegt, HERITSCH 1967 a. Einige Schmelzversuche an Trachyandesit und an einem Trachyt aus der Klause Gleichenberg hatten folgendes Ergebnis:

- 980° C Keine erkennbare Schmelzwirkung, nur Rotfärbung der grauen Gesteine bei Sauerstoffzutritt.
- 1030° C Beginn einer Schmelzwirkung ist gerade erkennbar als Glasbildung mit Blasen.
- 1080° C Starke Glasbildung mit Blasen und Zerfließen einiger Proben. In der Grundmasse ist neben blasigem Glas der Plagioklas erhalten. Einsprenglinge von Biotit sind zerstört, d. h. opak geworden, aber Einsprenglinge von Plagioklas und Klinopyroxen sind erhalten geblieben. Die Ähnlichkeit mit der blasigen Ausbildung des hellen Tuffes Nr. 5 ist auffallend.

Daraus kann geschlossen werden, daß zur Zeit der Aufnahme des hellen Tuffes das Magma eine Temperatur von über 1030° C gehabt hat. Eine nachfolgend hydrothermale Phase hat aus dem vorliegenden Mineral durch Montmorinbildung eine weitergehende Umwandlung geschaffen. Auf solche Erscheinungen im Bereich des jungen Gleichenberger Vulkanismus hat HÖLLER 1963 aufmerksam gemacht und weiterhin mehrfach beobachtet; auch das oben beschriebene Glas ist im selben Sinne beeinflusst.

Natürlich ist es auch möglich, daß die zutage geförderte Masse nicht ein festes Gestein des miozänen Vulkanismus gewesen ist, sondern eine Eruptivbreccie oder ein Tuff, in den dann noch z. B. sedimentärer Quarz oder auch anderes Sedimentmaterial eingearbeitet wurde. Dieser Auffassung ist in der vorliegenden Arbeit Rechnung getragen und die Namengebung ist in diesem Sinne gewählt. Damit ist die Verschiebung der chemischen Zusammensetzung nicht nur auf hydrothermale Beeinflussung zurückzuführen, sondern auch auf die Einbeziehung von Sedimentmaterial. Abschließend sei hiezu bemerkt, daß

Tabelle 6

Vergleich einer Diffraktometeraufnahme von Phillipsit vom Steinberg bei Feldbach ( $\text{CuK}\alpha = 1,5418 \text{ \AA}$ ) mit einer Pulveraufnahme nach den Angaben bei Hoss & Roy 1960 in KX-Einheit.

Phillipsit Steinberg		Phillipsit nach H. Hoss & R. Roy		
d Å beobachtet	Intensität	hkl	dKX beobachtet	Intensität
—	—	110	8,04	ss
		111		
7,12	stst	002	7,14	stst
		020		
6,37	s	021	6,37	s
5,35	's-m	112	5,37	s
5,04	s-m	022	5,04	m
4,96	s	200	4,96	m
4,30	s-m	130	4,27	ss
		113		
4,10	st	131	4,11	st
		202		
4,06	st	220	4,08	m
		023	3,95	s
		004		
		040	3,58	ss
		041	3,45	m
		203	3,42	s
3,26	m-st	114	3,28	m
		310	3,23	st
		042		
3,19	stst	024	3,19	stst
		133		
3,14	m	311	3,13	st
		223	3,09	ss
2,93	st	312	2,92	st
		204		
		240	2,89	ss
			2,87	ss
			2,80	ss
2,74	st		2,74	st
2,69	st		2,69	st

SCHOKLITSCH 1935 Einschlüsse von offenbar noch erhaltenem Trachyandesit mit Aufschmelzungen der Grundmasse im Vulkanit vom Steinberg beschreibt. Die theoretische Erklärung hiezu ist, wie oben erwähnt, durch die Lage des Trachyandesites im Temperaturtrog des Systems  $\text{SiO}_2\text{-NaAlSiO}_4\text{-KAlSiO}_4$  gegeben, HERITSCH 1967 a.

#### Hydrothermale Bildung

Der Steinberg bei Feldbach ist dafür bekannt, daß er nur eine außerordentlich spärliche Mineralführung zeigt. Deshalb erscheint es erwähnenswert, daß vor kurzem im Weststeinbruch in Hohlräumen kleine, radialstrahlige Kügelchen

(Durchmesser bis 0,5 mm) von Phillipsit gefunden werden konnten. Die Tab. 6 enthält den Vergleich einer Diffraktometeraufnahme des vorliegenden Phillipsites mit Daten bei Hoss & Roy 1960. Der Unterschied der Angaben in Å und in KX-Einheiten spielt in Anbetracht der hier vorliegenden Meßgenauigkeit eine nur untergeordnete Rolle.

### Zusammenfassung

Eine reiche Probenentnahme aus dem Nordsteinbruch des Steinberges bei Feldbach läßt die weitgehende Einheitlichkeit der im zirkusförmigen Abbau anstehenden festen Basaltgesteine erkennen. An zwei ausgewählten holokristallinen Proben wird durch chemische Analyse ein theralithisch bis gabbrotheralithischer Magmentyp festgelegt. Dadurch und auch im Variationsdiagramm der chemischen Bestandteile der Analysen erwiesen erwartungsgemäß die basaltischen Gesteine ihre Zugehörigkeit zur oststeirischen Magmentwicklung. Die Berechnung des modalen Mineralbestandes auf Grund der Annahme eines Klinopyroxens ergibt in der nomenklatorischen Anwendung die Bezeichnung Nephelinit. Insbesondere die chemische Zusammensetzung des Klinopyroxens wird noch weiterhin untersucht werden. Ein röntgenographisch einheitlicher Magnetit kleiner Korngröße enthält wesentliche  $\text{TiO}_2$ -Gehalte, Gitterkonstantenbestimmung und naßchemische  $\text{TiO}_2$ -Bestimmung.

Eine glasige Randfazies vom Ostkogel des Steinberges ist durch eine chemische Analyse als Abkühlungseffekt zu deuten, stärkere Assimilationen kommen nicht zustandé. Weiterhin wird die chemische Analyse eines Nephelinitbasanites, ebenfalls vom Ostkogel, gegeben und der modale Mineralbestand unter Annahme desselben Pyroxenes, wie in den Nepheliniten errechnet.

Eine Scholle eines hellen Gesteines in den Nepheliniten des Nordsteinbruches wird auf Grund einer chemischen Analyse und weiterer Beobachtung als thermometamorph verändertes Produkt des miozänen Vulkanismus, und zwar als Tuff, gedeutet. Schmelzversuche an Trachyten und Trachyandesiten von Gleichenberg ergänzen diese Deutung, da gezeigt werden kann, daß die Alkalifeldspäte der Grundmasse dieser Trachyte und Trachyandesite im Temperaturtrog des Systems  $\text{SiO}_2\text{-NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-KAlSi}_3\text{O}_8$  liegen und bei etwa 1030 Grad C und Atmosphärendruck ein Glas bilden.

Phillipsit als Bildung einer hydrothermen Nachphase wird beschrieben.

Die Arbeiten werden fortgesetzt.

Zum Schluß ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Dr. Dipl.-Ing. G. NITSCHKE sowie der Firma SCHLARBAUM für die freundliche Bereitschaft und Besuchsmöglichkeit des Werkes zu danken. Ebenso gilt mein besonderer Dank Herrn Dr. F. GRASENICK, Leiter des Forschungszentrums für Elektronenmikroskopie der Hochschulen in Steiermark für die Herstellung elektronenmikroskopischer Aufnahmen.

Zur Zeit schon vorliegende chemische Untersuchungen an isolierten Klinopyroxenen oststeirischer Eruptiva (Dissertation H. ROHANI, Institut f. Min. u. Petr. Universität Graz) zeigen, daß für Klinopyroxen des Steinberges ein niedrigerer Eisengehalt anzunehmen ist. Der berechnete modale Mineralbestand ändert sich dadurch aber nicht wesentlich.

### Literatur

- ANGEL F. & MARCHET A. 1939. Über den Lehrausflug in das oststeirische Vulkangebiet. Fortschr. Min. etc. 23:XXIX.  
BASTA Z. E. 1960. Natural and synthetic titanomagnetites. N. Jb. Miner., Abh. 94:1017.

- BUDDINGTON A. F., FAHEY J. & VLISIDIS A. 1955. Thermometric and petrogenetic significance of titaniferous magnetite. *Am. Journ. Sci.*, 253:497.
- BUDDINGTON A. F. & LINDSLEY D. H. 1964. Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents. *Journ. Petrol.*, 5:310.
- BURRI C. 1959. Petrochemische Berechnungsmethoden auf äquivalenter Grundlage. Birkhäuser, Basel.
- CARMICHAEL I. S. E. 1967. The iron-titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates. *Contr. Mineral. Petrol.*, 14:36.
- ERNST Th. 1960. Probleme des „Sonnenbrandes“ basaltischer Gesteine. *Z. deutsch.geol. Ges.*, 112:178.
- HERITSCH H. 1964. Über Einschlüsse im Basanit von Klöch, Oststeiermark. *Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Klasse*: 247.
- 1967 a. Über die Magmenfaltung des steirischen Vulkanbogens. *Contr. Mineral. Petrol.*, 15:330.
- 1967 b. Über eine Kontaktwirkung am Basalt des Steinberges bei Feldbach, Steiermark. *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 97:9.
- HÖLLER H. 1963. In HERITSCH H. Exkursion in das oststeirische Vulkangebiet. *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 93:206.
- HOSS H. & ROY R. 1960. Zeolite Studies III: On Natural Phillipsite, Gismondite, Harmotome, Chabazite, and Gmelinite. *Beitr. Min. Petr.*, 7:389.
- HUCKENHOLZ H. G. 1965. Der petrogenetische Werdegang der Klinopyroxene in den tertiären Vulkaniten der Hoheifeln (I). *Beitr. Min. u. Petr.*, 11:138.
- NITSCH G. 1962. Der Steinberg bei Feldbach in der Oststeiermark. Dissertation Technische Hochschule Graz.
- Rock-Color Chart 1951. *Geol. Soc. America*, New York.
- SCHOKLITSCH K. 1935. Gläser und Nephelinakkumulationen vom Steinberg bei Feldbach. *Zbl. Min. etc., Abt. A*:368.
- SHAPIRO L. & BRANNOCK W. W. 1962. Rapid Analysis of Silicate, Carbonate and Phosphate Rocks. *Geol. Surv. Bull.*: 1144-A.
- STINY J. 1917. Basaltglas vom Steinberge bei Feldbach. *Cb. Min. etc.*: 128.
- 1923. Gesteine vom Steinberge bei Feldbach. *Verh. geol. Bundesanst. Wien*: 132.
- STRECKEISEN A. L. 1967. Classification and Nomenclature of Igneous Rocks. *N. Jb. Miner., Abh.* 107:144.
- VINCENT E. A., WRIGHT J. B., CHEVALLIER R. & MATHIEU S. 1957. Heating experiments on some natural titaniferous magnetites. *Min. Mag.*, 31:624.
- WEIBEL M. 1961. Die Schnellmethoden der Gesteinsanalyse. *Schweizer Min. Petr. Mitt.*, 41:285.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Haymo HERITSCH, Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz.