Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 52 (1959)

Heft: 2

Artikel: Zur Kenntnis der Eruptivgesteine der Punta delle Pietre Nere (Prov. Foggia, Italien)

Autor: Burri, Conrad / Jakob, Ruth

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-162572

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur Kenntnis der Eruptivgesteine der Punta delle Pietre Nere (Prov. Foggia, Italien)

Von **Conrad Burri**, Zürich

Mit chemischen Analysen von Ruth Jakob (Zürich)

Mit 6 Tabellen im Text und 1 Tafel (I)

A. EINLEITUNG

Am N-Rand des zur Apulischen Tafel gehörenden Promontorio del Gargano, unfern des W-Endes des Lago di Lesina, tritt mitten in sedimentären Bildungen isoliert ein eigenartiges Vorkommen von Eruptivgesteinen auf. Durch C. VIOLA (1894) wurde es seinerzeit als lamprophyrischer Gang aufgefasst, bestehend aus einer vogesitischen Zentralpartie mit Salbändern von olivinkersantitischem Charakter. Neuere Untersuchungen von V. COTECCHIA & A. CANITANO (1954) zeigten jedoch, dass kein Gang vorliegt, sondern dass es sich offenbar um Teile einer subvulkanischen Intrusivmasse handelt, welche durch einen Gipsdiapir mit emporgeschleppt wurden. Die diapirische Gipsmasse ist von triadischem Alter und durchbricht kretazische Kalke. Das Alter der Eruptivgesteine selbst ist nicht genau bestimmbar, junges (tertiäres) Alter ist jedoch wahrscheinlich. Die Diagnose von C. VIOLA, lautend auf einen gemischten vogesitisch-kersantitischen Gang, wurde von H. ROSENBUSCH (1907, p. 681) in seine Physiographie übernommen, wie auch die durch denselben Autor für die Gesamtheit der für das Vorkommen konstatierten petrographischen Typen vorgeschlagene Bezeichnung «Garganit». Diese wurde jedoch durch W. E. TRÖGER (1935), welchem sich auch A. JOHANNSEN (1937) anschliesst, als Sammelname zu Recht abgelehnt.

Neuere Untersuchungen über das Vorkommen sind mit Ausnahme einer chemischen Analyse durch S. RESTAINO (1934), welche unter Leitung von F. ZAMBONINI in Neapel ausgeführt wurde, nicht vorhanden. Diese lässt erkennen, dass zum mindesten ein Typus der auftretenden Gesteine bedeutend SiO_2-ärmer ist als die üblicherweise als Vogesite oder Kersantite bezeichneten Lamprophyre. Da über den Mineralbestand der analysierten Probe keine Angaben gemacht werden, können keine weiteren Schlüsse gezogen werden. Angesichts dieser Sachlage war der Verfasser sehr erfreut, durch Dr. A. BALLI, einen Schüler von Prof. R. STAUB, eine Serie ausgezeichneter frischer Proben des Vorkommens zur Bearbeitung zu erhalten. Er möchte Herrn Dr. BALLI auch an dieser Stelle seinen herzlichen Dank für seine Freundlichkeit aussprechen. Wenn er die vorliegende Untersuchung dieses italienischen Gesteinsvorkommens seinem langjährigen Kollegen RUDOLF STAUB zum siebzigsten Geburtstag widmet, so geschieht dies als kleines Zeichen der Dankbarkeit für die zahlreichen Anregungen, welche er den Arbeiten dieses um die Aufklärung des Baues der Apenninenhalbinsel so verdienten Forschers verdankt. Mit dem Danke gehen die besten Wünsche für eine weitere

und noch recht lange dauernde fruchtbare Tätigkeit auf diesem so faszinierenden Forschungsgebiete.

B. BESCHREIBUNG DER GESTEINE

Für die vorliegenden Proben ist die genauere Lage im Vorkommen nicht bekannt. Es zeigt sich jedoch sofort, dass sowohl der von C. VIOLA als «Olivinkersantit» bezeichnete und nach diesem Autor randlich auftretende Typ, wie auch der «Vogesit» genannte, zentrale, vertreten sind.

Das olivinführende Gestein ist makroskopisch dunkelgrau, weiss gesprenkelt, und lässt bei einer durchschnittlichen Korngrösse von knapp 1 mm Augit und Feldspat erkennen. Der Feldspat bildet auch ca. 2 mm breite Äderchen im Gestein. Das gesamte Aussehen erinnert durchaus an einen Lamprophyr.

Unter dem Mikroskop erkennt man als Hauptgemengteile Augit, braune Hornblende, Olivin und Feldspat; als Nebengemengteile Apatit und Erz.

Der Augit ist im Schliff leicht bräunlich gefärbter, nicht pleochroitischer gewöhnlicher bis Titanaugit. Er ist ziemlich gut idiomorph mit achteckigem Querschnitt $\perp$ c bei leicht dicktafeliger Ausbildung nach (100) und guter prismatischer Spaltbarkeit. Er zeigt deutliche Dispersion der Auslöschung bei c/n_γ um 45°. Zonar- und Sanduhrstruktur sind deutlich ausgeprägt, Zwillinge jedoch relativ selten. Die Lagendispersion der Indikatrix ist geneigt mit $\varrho > v$ deutlich für die Achse B (auf 001 austretend), während die Achse A (auf 100 austretend) nicht dispergiert ist. (+) 2V = 54°. Selten findet sich am äussersten Rand etwas Aegirinaugit. Auffällig ist die Verdrängung des Augites durch eine braune Hornblende, z. T. unter Bildung von ausgezeichneten Reaktionsrändern, verbunden mit Erzausscheidung.

Der Olivin tritt in Form von rissigen, gerundeten Körnern auf und zeigt leichte Serpentinisierung, ausgehend von der rissigen Spaltbarkeit. Er ist $\pm$ optisch neutral, entspricht somit dem weitverbreiteten Typ mit 12–15% Fayalith. Auch hier treten ausgezeichnete Reaktionsränder der gleichen braunen Hornblende auf (Taf. I, Fig. 1), nie jedoch solche von Augit. Die Silifizierung des Olivins muss entweder erst erfolgt sein, als bereits Hornblende die mit der Restschmelze sich im Gleichgewicht befindliche Phase war, oder aber die Restschmelze muss so alkalireich gewesen sein, dass sie mit dem Olivin unter Bildung einer leicht alkalihaltigen Hornblende reagierte.

Die Hornblende selbst kommt nicht nur in Form der erwähnten Reaktionsränder um Augit und Olivin vor, sondern auch in Form gut idiomorpher Individuen mit dem charakteristischen sechsseitigen Querschnitt und guter prismatischer Spaltbarkeit. Ganz vereinzelt ist eine randliche Umwandlung in Biotit wahrzunehmen. Der Pleochroismus ist n_α gelbbraun, $n_\beta = n_\gamma$ kräftig braun. c/n_γ = 15–17°, (−) 2V = 80–85°. Es dürfte sich um ein Zwischenglied zwischen gewöhnlicher und barkevitischer Hornblende handeln.

Im Gegensatz zu den erwähnten dunkeln Gemengteilen ist der Feldspat völlig xenomorph und füllt die Zwickel zwischen diesen aus. Er ist stark getrübt durch feinste Einschlüsse und zeigt neben Karlsbader Zwillingen mit unregelmässig verlaufender, flauer Zwillingsnaht vielfach auch eine deutliche feine polysynthetische Verzwillingung nach dem Albitgesetz mit kleiner Auslöschungsschiefe. Wohl haupt-

sächlich auf Grund dieser Verzwillingung wurde er seinerzeit durch C. VIOLA (1894) als Plagioklas diagnostiziert. Die unter derjenigen von Canadabalsam bzw. Lakeside 70 liegende Lichtbrechung, welche sich an Spaltblättchen mit Hilfe der Immersionsmethode zu $n'_\alpha = 1.525$ bestimmen liess, zeigt jedoch, dass es sich um einen triklinen Alkalifeldspat («Anorthoklas») handeln muss. Durch diese Konstatierung wird natürlich auch die Bezeichnung «Olivinkersantit» (C. VIOLA 1894) für das Gestein hinfällig.

Apatit findet sich häufig in Form langer, schlanker Nadeln. Beim Erz dürfte es sich angesichts der isometrischen Ausbildung um Magnetit, wahrscheinlich Ti-haltig, handeln.

Die olivinfreien Typen unterscheiden sich schon makroskopisch durch das reichliche Auftreten von Biotit. Dieser bildet glänzende, sechsseitige, schwarzbraune Tafeln, welche bei grobkörnigen Varietäten Durchmesser von 7 mm erreichen können. Die Gesteine sind makroskopisch nicht unähnlich gewissen Minetten. Unter dem Mikroskop erkennt man als Hauptgemengteile Titanaugit, Aegirin, Biotit und Feldspat; als Nebengemengteile Apatit und Erz, als Übergemengteile Titanit und Analcim.

Der Augit ist im Gegensatz zu demjenigen der olivinführenden Varietäten nun typischer Titanaugit. Er ist gut idiomorph, ausgeprägt dünntafelig nach (100) mit guter prismatischer Spaltbarkeit und im Schliff von leicht violetter Farbe. Er zeigt typische Zonar- und Sanduhrstruktur bei starker Bisektrizendispersion. Diese ist eine Folge der stark ausgeprägten geneigten Dispersion mit deutlich $\varrho > v$ für die Achse B und schwach $\varrho < v$ für A. c/n_γ ist um 45° und (+) 2V um 50°. Verzwillingung ist auch hier eher selten. Oft zeigen die Titanaugite einen schwachpleochroitischen grünen äussersten Rand, welcher sich auf Grund von c/n_α um 0° als Aegirin bestimmen lässt (Tafel I, Fig. 2). Selten erkennt man randliche Umwandlungen in braune Hornblende sowie Reaktionsränder von Biotit.

Der Biotit bildet in den biotitreichen Varietäten gut idiomorphe sechsseitige Tafeln, in den biotitärmern grosse, poikilitisch von Augit durchwachsene Individuen (Tafel I, Fig. 4). Der Pleochroismus ist kräftig von blassgelb nach dunkelbraun. Oft ist die Farbe am Rande der Individuen etwas dunkler oder auch fleckig verteilt. Lamellen nach dem Tschermakschen Gesetz wurden beobachtet. Grössere Tafeln können (? protoklastisch) zerbrochen oder verbogen sein. Konoskopisch ist der Biotit praktisch einachsig. Zweiachsigkeit ist nur ganz schwach angedeutet, jedoch lässt sich an Spaltblättchen beobachten, dass n_β eine etwas stärkere Absorption aufweist als n_γ.

Der wiederum völlig xenomorphe Feldspat ist kaum verzwillingter, meist homogener, teilweise auch etwas fleckig ausgebildeter, optisch ± einachsig-negativer Sanidin, oft mit geringer Zonarstruktur. Seine Lichtbrechung liegt deutlich unter derjenigen von Canadabalsam bzw. Lakeside 70. Einzelne isotrope Felder im Feldspat mit gegenüber diesem deutlich negativem Relief und schlechter, rissiger Spaltbarkeit dürften Analcim sein. Körnerpräparate ergaben unter den hellen Gemengteilen eine isotrope Komponente mit $n < 1.500$. Apatit ist häufig in Form von schlanken Prismen von hexagonalem Querschnitt mit charakteristischer Querabsonderung. Ebenfalls reichlich vorhanden ist Titanit in grossen idiomorphen, spitzrhombischen Kristallen. Was das Erz anbetrifft, so dürfte neben Magne-

tit auch Ilmenit vorhanden sein, wie sich aus dem Auftreten von zackigen Formen ergibt. Etwas infiltrierter Calcit tritt ebenfalls auf.

C. QUANTITATIVER MINERALBESTAND UND SYSTEMATISCHE STELLUNG DER GESTEINE

Mittels eines Pointcounters wurde die quantitative mineralogische Zusammensetzung für eine Probe der olivinführenden und für vier verschiedene Varietäten der olivinfreien, biotitführenden Varietät ermittelt. Die Resultate sind in Tabelle I zusammengestellt.

Tabelle I. Modale Zusammensetzung der untersuchten Gesteine

	1)	2)	3)	4)	5)
Biotit	1.1	27.7	23.4	10.4	15.5
Augit	35.4	31.9	41.7	48.8	43.1
Hornblende	33.5	0.2	—	2.4	—
Olivin	9.2	—	—	—	—
Feldspat	17.2	34.2	27.4	26.6	28.8
Titanit	—	2.6	4.8	5.8	5.2
Erze	3.2	2.8	1.7	5.1	4.6
Apatit	0.4	0.6	1.0	0.9	2.8

1) Olivinführender Typ («Olivinkersantit» C. VIOLA) (Tafel I, Fig. 1).
2) Grobkörniger, biotit- und sanidinreicher Typ, Ti-Augite mit Aegirinrändern («Vogesit» C. VIOLA) (Tafel I, Fig. 2).
3) Feinerkörniger, augitreicherer und sanidinärmerer Typus («Vogesit» C. VIOLA) (Tafel I, Fig. 3).
4) Augitreicher Typus mit poikilitischen Biotiten («Vogesit» C. VIOLA) (Tafel I, Fig. 4).
5) Etwas biotitreicher und augitärmer als Nr. 4 («Vogesit» C. VIOLA).

Nach den Regeln der quantitativen mineralogischen Klassifikation von P. NIGGLI (P. NIGGLI 1931) muss für die Namensgebung für 1 von den dunkeln Gemengteilen ausgegangen werden, da diese mehr als $^3/_4$ des Bestandes ausmachen, für 2–5 jedoch von den hellen. Dabei ist allerdings zu bemerken, dass diese, mit Ausnahme von 2, nur zu wenig mehr als $^1/_4$ vorhanden sind, so dass typische Grenzfälle vorliegen. Es würden sich somit folgende Bezeichnungen ergeben:

1. Olivinführender Alkalifeldspat-Hornblendit-Pyroxenit
2. Augit-Biotit-Mafititalkalisyenit
3.–5. Augit-Biotit-Mafititalkalisyenit (Grenze gegen Mafitit).

Als Ganzes handelt es sich bei den untersuchten Gesteinen somit um Typen, welche im Grenzgebiet zwischen Alkalifeldspat-Mafititen und Mafititalkalisyeniten liegen.

D. CHEMISMUS

Bis jetzt war, wie schon erwähnt, nur eine einzige chemische Analyse des Vorkommens der Punta delle Pietre Nere bekannt (S. RESTAINO 1934), und zwar ohne dass der Mineralbestand des analysierten Gesteines angegeben war. Zur Abklärung der chemischen Verhältnisse wurden daher durch Fräulein Dr. RUTH JAKOB drei neue chemische Analysen angefertigt, welche in Tabelle II, zusammen mit derjenigen von S. RESTAINO, zusammengestellt sind. Fräulein Dr. JAKOB sei auch an dieser Stelle für ihre Mitarbeit bestens gedankt. Aus der Zusammenstellung

ergibt sich, dass die von S. RESTAINO analysierte Probe offenbar der olivinfreien Varietät angehörte.

Tabelle II. Chemische Zusammensetzung der Eruptivgesteine der Punta delle Pietre Nere

	1)	2)	3)	4)	5)	6)
SiO_2	43.52	37.29	38.60	39.57	38.49	39.74
Al_2O_3	9.08	9.87	10.19	9.85	9.97	9.75
Fe_2O_3	5.77	7.40	13.18	8.49	9.69	8.71
FeO	6.38	6.37	5.98	4.67	5.67	5.85
MnO	0.18	0.19	0.18	0.19	0.19	0.18
MgO	11.65	7.89	7.18	7.00	7.36	8.43
CaO	12.00	12.75	14.63	14.14	13.84	13.38
Na_2O	3.06	3.11	2.13	3.99	3.08	3.07
K_2O	1.78	4.56	2.29	3.29	3.38	2.98
H_2O+	2.20	1.84	2.40	1.66	1.97	2.02
H_2O-	0.11	0.07	0.30	0.09	0.15	0.14
CO_2	0.36	1.11	0.89	0.85	0.95	0.80
TiO_2	3.26	5.01	1.40	4.82	3.71	3.61
P_2O_5	0.73	2.26	Sp.	1.55	1.27	1.13
inkl.	—	—	0.32	—	—	—
	100.08	99.72	99.67	100.16	99.72	99.79

1) Olivinführender Typ Nr. 1) von Tab. I, Anal. R. JAKOB (Tafel I, Fig. 1).
2) Biotit- und sanidinreicher Typ, grobkörnig, Nr. 2 von Tab. I, Anal. R. JAKOB (Tafel I, Fig. 2)
3) Anal. S. RESTAINO, Rendic. Accad. Sc. Fis. e Mat. Napoli (4) 4 (1934) 169.
4) Augitreicher Typ mit poikilitischen Biotiten, Nr. 4 von Tab. I, Anal. R. JAKOB (Tafel I, Fig. 4).
5) Mittel von 2–4.
6) Mittel von 1–4.

Tabelle IIa. Niggli-Werte

	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	qz
1)	88	10.8	55.0	26.0	8.2	.31	.64	5.0	0.6	–44.8
2)	77	12.1	47.4	28.2	12.3	.49	.53	7.8	1.3	–71.6
3)	76	11.8	50.7	30.7	6.8	.41	.41	2.1	Sp.	–51.2
4)	83	12.1	43.6	31.7	12.6	.35	.50	7.5	1.4	–65.9
5)	78	12.0	47.2	30.2	10.6	.42	.47	5.5	1.1	–64.4
6)	81	11.6	49.2	29.3	9.9	.39	.52	5.5	0.9	–58.6

Die Zuordnung zu den Nigglischen Magmentypen stösst auf gewisse Schwierigkeiten. Während 1 als ankaratritisch mit etwas höherem k bezeichnet werden kann, stehen 2–6 missouritischen Magmen nahe, wobei k teilweise etwas niedriger ist.

Die Analysen zeigen auch, dass die von C. VIOLA (1894) vermuteten näheren Beziehungen der Gesteine der Punta delle Pietre Nere zu denjenigen der Klippen Melisello (Brusnik), Kamik und Pomo, welche den hercegovinischen Inseln Hvar, Korčula und Vis vorgelagert sind, nicht besteht. Deren Gesteine sind nach den neueren Untersuchungen von L. CALAPAJ-PELLERI (1942) typische Kalkalkaligesteine von c-gabbroidem, gabbrodioritischem und quarzdioritischem Chemismus und stehen somit zu den niedrig silifizierten melanokraten Alkaligesteinen der Gargano-Halbinsel in ausgeprägtem Gegensatz.

Die nach Abzug des dem CO_2-Gehalt der Analysen entsprechenden Calcites berechneten Basen sind in Tabelle III aufgeführt, die daraus abgeleiteten Kata-

Standardnormen in Tabelle IV. Für den Gang der Berechnungen siehe z. B. C. Burri (1959).

Tabelle III. Basen der Analysen von Tabelle II

	1)	2)	3)	4)	5)	6)
Q	16.5	9.3	12.6	11.0	10.9	12.1
Kp	6.6	17.2	9.1	12.2	12.8	11.3
Ne	17.2	17.1	12.6	21.6	17.7	17.5
Ns	—	0.4	—	0.5	—	—
Cal	3.6	—	7.4	—	2.1	2.5
Cs	14.8	13.7	18.1	17.5	16.7	16.2
Fs	6.2	8.3	15.0	9.3	10.8	9.6
Fa	6.2	8.2	7.9	6.0	7.3	7.4
Fo	25.1	17.4	16.2	15.2	16.3	18.4
Ru	2.4	3.7	1.1	3.5	2.7	2.6
Cp	1.4	4.7	Sp.	3.2	2.7	2.4
(Cc)	(0.9)	(2.9)	(1.2)	(2.2)	(2.5)	(2.1)
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Tabelle IV. Kata-Standardnormen der Analysen von Tabelle II

	1)	2)	3)	4)	5)	6)
Or	11.0	28.7	15.2	20.3	21.3	18.8
Ab	28.7	3.2	21.0	17.5	16.0	19.2
An	6.0	—	12.3	—	3.5	4.2
Ne	—	15.2	—	11.1	8.1	6.0
Ac	—	1.1	—	1.3	—	—
Wo	5.2	—	2.8	—	—	—
Cs	10.9	13.7	16.0	17.5	16.7	16.2
Fa	3.1	4.4	0.4	1.6	1.9	2.6
Fo	25.1	17.4	16.2	15.2	16.3	18.4
Mt	6.2	7.9	15.0	8.8	10.8	9.6
Ru	2.4	3.7	1.1	3.5	2.7	2.6
Cp	1.4	4.7	Sp.	3.2	2.7	2.4
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Die Kata-Standardnormen von Tabelle IV sind ein gutes Beispiel dafür, dass die nach den geltenden Berechnungsvorschriften vorgenommene Verteilung der Äquivalente zwar wohl eine rechnerisch mögliche Kombination darstellt, dass ihr jedoch nicht die Bedeutung einer möglichen heteromorphen Fazies zuzukommen braucht. Auffallend sind vor allem die hohen Cs-Beträge. Zwar stehen diesen in allen Fällen entsprechende Mengen an Fo + Fa gegenüber, so dass Monticellit gebildet werden könnte; aber Eruptivgesteine mit so hohen Gehalten an diesem Mineral, zudem neben gleichfalls sehr hohen Alkalifeldspat-Gehalten, sind nicht bekannt. Eine Variante von reeller Bedeutung erhält man z. B. dadurch, dass man den Monticellit auf Kosten des Alkalifeldspates zu Diopsid silifiziert, d. h. dass man die Heteromorphiebeziehung

$$\text{Monticellit} + \text{Alkalifeldspat} = \text{Diopsid} + \text{Nephelin} \ (\pm \text{Leucit})$$

in Betracht zieht. Auf diese Weise erhielte man Nephelingesteine mit Augit und Olivin oder Alkalifeldspat, je nach den vorhandenen Mengenverhältnissen, d. h.

Olivin-Foidite oder Foyaite. Ausgehend vom Mittel der Analysen 1–4 (Nr. 6 von Tab. II) gestaltet sich die Rechnung wie folgt:

$$3\ Cs + 3\ (Fo + Fa) = 6\ Mont$$
$$6\ Mont + 5\ (Ab + Or) = 8\ (Di + Hd) + 3\ (Ne + Kp)$$

addiert: $3\ Cs + 3\ (Fo + Fa) + 5\ (Ab + Or) = 8\ (Di + Hd) + 3\ (Ne + Kp)$.

Ausgehend von 16.2 Cs erhält man auf diese Weise:

$$16.2\ Cs + 16.2(Fo + Fa) + 27.0(Ab + Or) = 43.2(Di + Hd) + 16.2(Ne + Kp),$$

und die gesuchte Diopsit-Nephelin-Variante lautet:

Or + Ab	An	Ne + Kp	Di + Hd	Fo + Fa	Mt	Ru	Cp	Summe
11.0	4.2	22.2	43.2	4.8	9.6	2.6	2.4	100.0

Da der Pyroxen in derartig zusammengesetzten Gesteinen im allgemeinen nicht Diopsid, sondern gewöhnlicher Augit ist, kann man An unter Bildung der Tschermakschen Verbindung eliminieren gemäss 5 An = 4 Ts + 1 Q, wobei das freiwerdende Q zur Silifizierung eines äquivalenten Betrages von (Ne + Kp) verwendet wird. Auf diese Weise ergibt sich:

Or + Ab	Ne + Kp	Di + Hd + Ts	Fo + Fa	Mt	Ru	Cp	Summe
13.0	21.0	46.6	4.8	9.6	2.6	2.4	100.0

Diese Variante mit 66% dunklen Gemengteilen würde einem melanokraten Foyait (Mafititfoyait nach P. Niggli 1931) entsprechen, da nach der Silifizierung des Monticellites neben Nephelin ein Rest von Alkalifeldspat bleibt.

Um einen dem Modus besser entsprechenden Mineralbestand zu berechnen, muss ein Ti-Augit in die Rechnung eingeführt werden. Versuchsweise soll hierfür ein Mittelwert aus Essexiten, Shonkiniten und Theralithen benützt werden (W. E. Tröger 1935, 342, Nr. 12) und die Berechnung für das Mittel der Analysen der olivinfreien Typen (Tab. II, Nr. 5) durchgeführt werden. Der benutzte Ti-Augit lässt sich wie folgt auf 48 Sauerstoff verrechnen:

$$[Si_{14,65}\ Al_{1,35}\ O_{48}\ |\ Al_{0.85}\ Fe^{3+}_{1,80}\ Fe^{2+}_{1,30}\ Mg_{4,60}\ Ti_{0.25}]\ Ca_{5.50}\ Na_{1,60}\ K_{0,10}$$

Da Cs ausser in Augit auch in Titanit eingeht, muss aus den Basiswerten von Tabelle III, Nr. 5 zuerst eine Titanit-Variante berechnet werden. Dies geschieht unter Eliminierung des Ru gemäss der Beziehung 2 Ru + 3 Cs + 1 Q = 6 Tit, wobei man erhält:

Q	Kp	Ne	Cal	Cs	Fs	Fa	Fo	Tit	Cp	Summe
9.5	12.8	17.7	2.1	12.7	10.8	7.3	16.3	8.1	2.7	100.0

Für den oben erwähnten Ti-Augit berechnet sich die Basis wie folgt:

Q	Kp	Ne	Cal	Cs	Fs	Fa	Fo	Ru	Summe
20.2	0.7	15.0	2.5	24.7	8.5	5.9	21.7	0.8	100.0

und die entsprechende Tit-Variante ergibt sich zu:

Q	Kp	Ne	Cal	Cs	Fs	Fa	Fo	Tit	Summe
19.8	0.7	15.0	2.5	23.5	8.5	5.9	21.7	2.4	100.0

Nach Ausscheidung des Titanites kann soviel Ti-Augit der angegebenen Zusammensetzung gebildet werden, als es das in der Gesteinsanalyse vorhandene Cs erlaubt. Es sind dies $x = \frac{12,7}{23,5} \cdot 1000 = 54.0\%$, womit sich die Berechnung folgendermassen gestaltet:

	Mittel der Analysen 2–4 (Tit-Variante)	Ti-Augit (Tit-Variante)	54.0% Ti-Augit	Rest
Q	9.5	19.8	10.7	–1.2
Kp	12.8	0.7	0.4	12.4
Ne	17.7	15.0	8.1	9.6
Cal	2.1	2.5	1.3	0.8
Cs	12.7	23.5	12.7	—
Fs	10.8	8.5	4.6	6.2
Fa	7.3	5.9	3.2	4.1
Fo	16.3	21.7	11.7	4.6
Tit	8.1	2.4	1.3	6.8
Cp	2.7	—	—	2.7
	100.0	100.0	54.0	46.0

Der Rest verrechnet sich wie folgt unter Berücksichtigung der modalen Verhältnisse:

$$6.2\ Fs + 3.1\ Fa = 6.2\ Mt + 3.1\ Q$$
$$0.8\ Cal + 0.5\ Q = 1.3\ An$$
$$5.6(Fo + Fa) + 3.7\ Kp + 0.6\ Q = 9.9(Bi + Fe\text{–}Bi)$$
$$1.2\ Kp + 0.8\ Q = 2.0\ Or.$$

Die gesuchte Ti–Augit–Biotit-Variante lautet demnach:

Or	An	Kp	Ne	Ti–Aug	Bi + Fe–Bi	Mt	Tit	Cp	Summe
2.0	1.3	7.5	9.6	54.0	9.9	6.2	6.8	2.7	100.0

Die berechnete Variante kommt einem mittleren Modus der biotitführenden, olivinfreien Varietäten recht nahe, ausser dass an Stelle des Alkalifeldspates in grösserer Menge Foide auftreten, zu deren Silifizierung das notwendige SiO_2 fehlt. Dieser Umstand zeigt, dass offenbar der tatsächlich vorhandene Ti-Augit Al-reicher und Si-ärmer ist als der in Rechnung gesetzte. Dass die Sättigung mit SiO_2 tatsächlich eine äusserst knappe ist, zeigt ja auch das erwähnte Auftreten von Analcim in geringer Menge.

E. VERGLEICH MIT ÄHNLICHEN GESTEINEN UND VERSUCH EINER GENETISCHEN DEUTUNG

Ähnlich zusammengesetzte Gesteine, welche sich mit den hier untersuchten vergleichen lassen, sind nicht häufig. Sie finden sich hauptsächlich unter den basischen Vulkaniten vom Ankaratrit-Typus. Bekannt sind auch chemische Typen mit gleichem al:fm:c:alk-Verhältnis, jedoch niedrigerer si-Zahl um 60. Sie führen meist Melilith und sind als Melilithbasalte, Olivinmelilithite, Melilithankaratrite usw. beschrieben. Häufig sind auch Gesteine mit etwas höherem alk, etwa um 15. Zu dieser Gruppe gehören sehr viele Nephelinbasalte bzw. Olivinnephelinite und Ankaratrite. Lamprophyre mit gleichem al:fm:c:alk-Verhältnis sind im allgemeinen Si-reicher. Eine Reihe von Gesteinen, welche zu einem engeren Vergleich herangezogen werden können, sind in Tabelle V zusammengestellt.

Sehr interessant und in bezug auf die Genese der Gesteine der Punta delle Pietre Nere bedeutsam ist ferner, dass sich chemisch ähnlich zusammengesetzte Gesteine auch unter den holokristallinen, endogenen Einschlüssen finden, wie sie

in vielen Laven von Vulkangebieten des atlantischen Typus bekannt sind. Derartige Bildungen kennt man z. B. von verschiedenen Inseln des Atlantik, u. a. von Tristan da Cunha, Trindade, auch von den Azoren und den Capverden. Man kennt sie jedoch auch als Bomben und Auswürflinge, so z. B. von den Maaren der Eifel, aus dem Laacher Seegebiet und aus dem Hegau. Der Vergleich mit diesen Bildungen ist von besonderem Interesse, weil sie oft auch in bezug auf Mineralbestand und Struktur grosse Ähnlichkeit mit den hier untersuchten Gesteinen zeigen. Einige Beispiele sind in Tabelle VI angeführt.

Tabelle V

	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	qz
1)	72	12.5	51	29	7.5	.30	.65	4.6	1.4	– 58
2)	74	13	47.5	31	8.5	.39	.61	4.2	0.8	– 60
3)	75	14	47	29	10.0	.40	.59	4.4	0.7	– 65
4)	79	13	50	27.5	9.5	.45	.64	1.2	0.7	– 59

1) Ankaratrit, Tsiafajavona, Ankaratra, Madagascar (Typus). Anal. RAOULT, in A. LACROIX, C. R. Ac. sc. Paris 163 (1916) 258.
2) Nephelinbasalt, Feuerberg b. Hohenfels, Eifel. Anal. KLÜSS, in W. HAARDT, Jb. preuss. geol. Landesanst. 35 (1914) II. 196.
3) Nephelinbasalt, Sellbusch b. Rockeskill, Eifel. Anal. KLÜSS, in W. HAARDT, loc. cit. (1914) 196.
4) Leucitbasalt, Berlingen b. Rockeskill, Eifel. Anal. EYME, in W. HAARDT, loc. cit. (1914) 195.

Tabelle VI

	si	al	fm	c	alk	k	mg	ti	p	qz
1)	64	11	55	31	3	.04	.47	7.0	Sp.	–48
2)	71	8	63	25	4	.40	.79	3.3	0.1	–45
3)	75	14	47	33	6	.44	.59	4.5	—	–49
4)	80	8.5	55	28.5	8	.34	.66	4.7	0.5	–44

1) Augitreicher, endogener Einschluss in Basalt, Sandy Point, Tristan da Cunha. Anal. J. JAKOB, in J. C. DUNNE, Results Norw. Exped. Tristan da Cunha 1937–38, Nr. 2 (1941) 93 u. Inaug. Diss. Univ. Zürich.
2) Biotit-Augit-Hornblende-Auswürfling, Gmündener Maar, Eifel. Anal. RAOULT, in A. LACROIX, Min. de Madagascar III (1923) 66.
3) Biotit-Leucitcamptonit, Auswürfling, Laacher See. Anal. G. EDEL, in G. EDEL, Verh. Naturhist. Ver. preuss. Rheinlde. u. Westfalen 71 (1914) u. Inaug. Diss. Univ. Bonn.
4) Augit-Hornblende-Auswürfling, Heilsberg b. Gottmadingen, Hegau. Anal. M. DITTRICH, in J. ERB, Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich 45 (1900) u. Inaug. Diss. Univ. Zürich.

Das Auftreten derartiger Gesteine in Form endogener, emporgerissener Schlieren oder von Auswürflingen zeigt, dass offenbar in vulkanischen oder subvulkanischen Magmenherden des atlantischen Provinzialtypus Differentiationsvorgänge wirksam sind, bei welchen durch gravitative Anreicherung frühausgeschiedener Komponenten, wie Olivin, Augit, Hornblende und Biotit, zusammen mit Erzen, Apatit, Titanit usw. Mineralvergesellschaftungen entstehen, wie sie ähnlich auch für die untersuchten Gesteine der Punta delle Pietre Nere konstatiert wurden. Bei vollständiger Wiederaufschmelzung und Neukristallisation an der Erdoberfläche entstehen dabei Vulkanite vom Typus der in Tabelle V angeführten Beispiele, d. h. Ankaratrite i. w. S. Bei nur teilweiser Aufschmelzung können einzelne Komponenten als auffällige Einsprenglinge in Erscheinung treten, wie z. B. in den Hornblendebasalten der Rhön. Erfolgt keine Wiederaufschmelzung, so können diese Bildungen als endogene Schlieren oder Auswürflinge auftreten, oder auch

der Beobachtung ganz entzogen bleiben. Dabei ist in Betracht zu ziehen, dass sich der Chemismus gegenüber der ursprünglichen rein gravitativ bedingten Kristallanhäufung noch ändern kann, indem infolge der relativen Nähe des Magmaherdes die Möglichkeit für mannigfache Substanzzufuhren und metasomatische Prozesse gegeben ist. Die untersuchten Gesteine der Punta delle Pietre Nere machen z. B. durchaus den Eindruck, als ob eine ursprünglich durch gravitatives Absinken bedingte Anhäufung von idiomorphen Kristallen später unter dem Einfluss einer Alkalizufuhr unter Hornblende- und Biotitbildung umgewandelt wurde, wobei in einer letzten Phase die Zwischenräume durch Alkalifeldspat ausgefüllt wurden, welcher ja auch in Form kleiner Äderchen auftritt. Derartige Prozesse lassen es auch verstehen, dass diese Bildungen, trotz ihrer prinzipiellen Übereinstimmung, immer lokale Züge und Unterschiede zeigen werden, besonders auch in bezug auf den alk-Gehalt. Im Falle des betrachteten Vorkommens ist offenbar eine derartige Segregation, welche bereits durch das Einwandern von Alkalifeldspat zum festen Gestein geworden war, nachträglich diapirisch emporgestossen und dadurch der Beobachtung zugänglich geworden. Das Auftreten atlantischer Magmen im Gebiet des Gargano ist durchaus zu verstehen, da die apulische Tafel das Vorland des Apennins darstellt.

LITERATUR

C. Burri (1959): *Petrochemische Berechnungsmethoden auf aequivalenter Grundlage.* Basel, Birkhäuser.

V. Cotecchia & A. Canitano (1953): *Sull'affioramento delle «Pietre Nere» al Lago di Lesina.* Boll. Soc. geol. Ital. *73*, 3–18.

A. Johannsen (1937): *A descriptive petrography of igneous rocks.* Vol. III, Chicago Univ. Press.

P. Niggli (1931): *Die quantitative mineralogische Klassifikation der Eruptivgesteine.* Schweiz. min.-petr. Mitt. *11*, 296–364.

S. Restaino (1934): *Contributo allo studio chimico di una roccia eruttiva della Punta delle Pietre Nere (Foggia).* Rendic. Acad. Sci. Fis. e Mat. Napoli (4) 4, 167–169.

H. Rosenbusch (1907): *Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. II.* 4. Aufl. Stuttgart, Schweizerbart.

W. E. Tröger (1935): *Spezielle Petrographie der Eruptivgesteine.* Berlin, Bornträger.

C. Viola & G. di Stefano (1893): *La Punta delle Pietre Nere presso il Lago di Lesina in Provincia di Foggia.* Boll. R. Com. geol. Italia (3) 4, 129–143.

C. Viola (1894): *Le rocce eruttive della Punta delle Pietre Nere in Provincia di Foggia.* Boll. R. Com. geol. Italia (3) 5, 391–405.

Zürich, Kristallographisch-Petrographisches Institut
der Eidgenössischen Technischen Hochschule
23. Juli 1959

Tafel I

Fig. 1. Olivinführender Typ. Entspricht Nr. 1 von Tab. 1 und 2. Im Zentrum grosser Olivinkristall mit Reaktionsrand von brauner Hornblende.

Fig. 2. Grobkörniger, biotit- und sanidinreicher Typ, Ti-Augite mit Aegirinrändern. Zwischen den dunkeln Gemengteilen xenomorpher Sanidin. Entspricht Nr. 2 von Tab. 1 und 2.

Fig. 3. Feinkörnigerer, augitreicher und sanidinarmer Typ, Sanidin vorwiegend in Auslöschung. Entspricht Nr, 3 von Tab. 1.

Fig. 4. Augitreicher Typ mit grossen poikilitischen Biotiten. Die dünntafelige Ausbildung des Ti-Augites ist deutlich ersichtlich. Entspricht Nr. 4 von Tab. 1 bzw. Nr. 5 von Tab. 2.

Für alle Figuren: Vergrösserung 25:1, Nicols +.

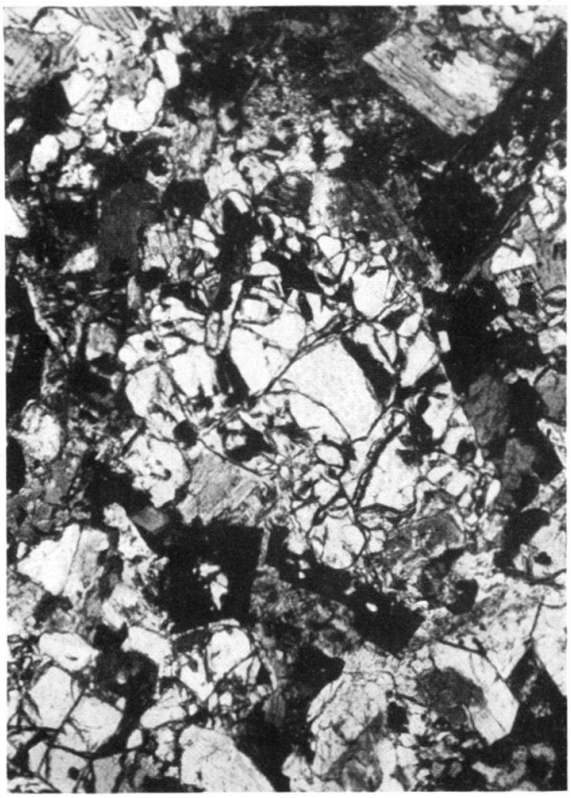

Fig. 1

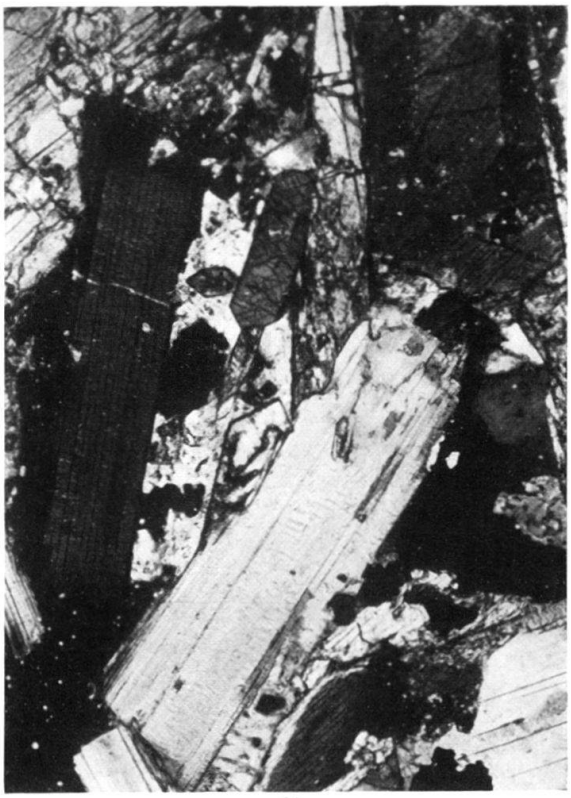

Fig. 2

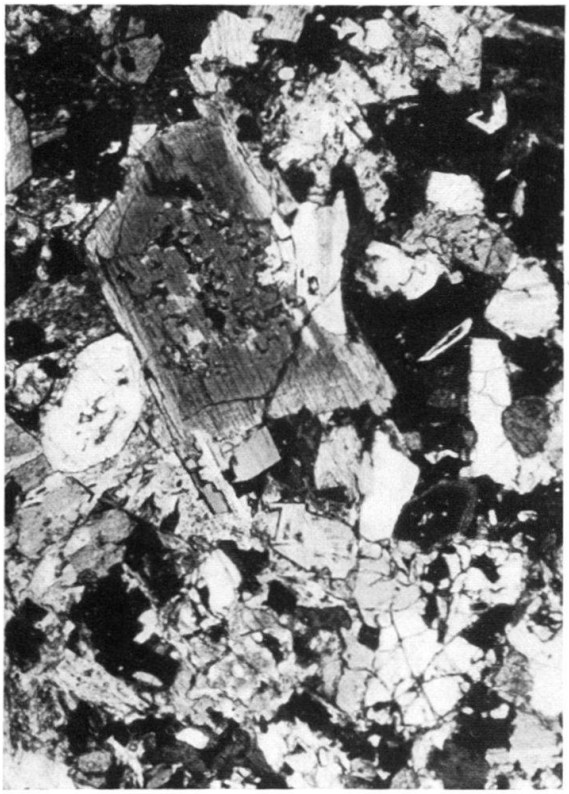

Fig. 3

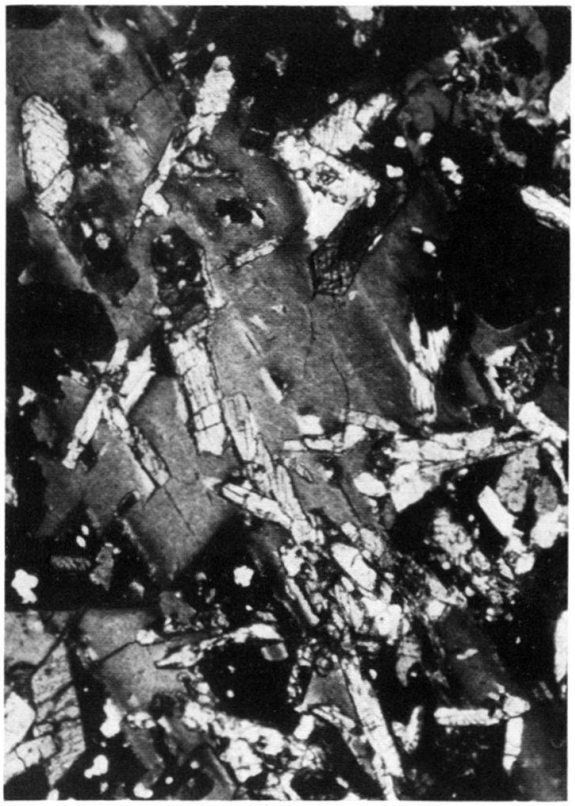

Fig. 4