

Bemerkungen zu mineralogisch-geochemischen und lagerstättenkundlichen Studien an Vererzungen der Gebiete Brskovo/Jugoslawien und Lakonia/Griechenland

VON ANDREAS G. VGENOPOULOS*)

Mit 6 Abbildungen, 2 Tabellen

Abstract

The base metal deposits of Lakonia (Peloponnes) and Brskovo (Bosnia) are associated with Triassic porphyrites, both related to the crustal tension phase in early Mesozoic time. Striking chemical and structural similarities in the volcanic rocks can be observed, particularly where the carbonate country rock was assimilated.

Die Geologie der beiden untersuchten Gebiete

Brskovo/Jugoslawien und Lakonia/Griechenland sind zwei Gebiete, die große Ähnlichkeit in bezug auf den eruptiven Gesteinstypus und die umliegenden Gesteine aufweisen und wahrscheinlich eine analoge Erzgenese haben.

Brskovo liegt innerhalb der Karbonatgesteinsereien Montenegros in den Dinariden (vgl. PAMIC, J. J., 1982 und STRUCL, I., 1981). Es enthält den mitteltriassischen Geosynklinal-Porphyr-Vulkanismus, und die dort vorkommenden Pb-Zn-Lagerstätten befinden sich in einer Serie von Porphyriten und Keratophyren, zwischen die schiefrige triassische Sedimente eingeschaltet sind. In den sericitisierten Eruptivgesteinen treten Erzimprägnationen von unterschiedlicher Art und Intensität auf, die stellenweise auch in die Sedimentgesteine übergreifen. Neben den angeführten Eruptivgesteinen besteht die vulkanogen-sedimentäre Serie noch aus Lava-breccien, Tuffen und Tuffiten, Dolomiten und dolomitischen Kalken. Hauptgemeng-

*) Mineralogisch-Petrographisches Institut der Technischen Hochschule, Patission 42, Athen/Griechenland.

Tabelle I. Chemische und mineralogische Zusammensetzung von Proben aus Brskovo/Jugoslawien und Lakonia/Griechenland.

a/a	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	Zn	Pb	Cu	S	H ₂ O	Mineralogische Zusammensetzung
1. Brskovo No 1 Pb-Zn-Erz	47.0	5.6	9.4	0.9	0.17	3.8	0.3	0.35	7.6	4.3	SP	9.4	11.3	Quarz, Sphalerit, Galenit, Pyrit, Muskovit, Albit
2. Brskovo No 2 Pb-Zn-Erz	60.8	9.6	5.9	0.2	0.76	2.5	0.6	0.2	7.4	2.3	SP	4.3	4.9	Quarz, Sphalerit, Galenit, Pyrit, Muskovit, Albit
3. Brskovo No 3 Spilit-Keratophyr	58.0	17.6	7.0	2.9	4.0	1.6	4.6	1.02	SP	SP	SP	—	3.3	Albit, Quarz, Chlorit
4. Brskovo No 4 Spilit-Keratophyr	56.5	16.7	6.4	3.6	5.3	1.7	5.9	0.88	SP	SP	SP	—	2.9	Albit, Quarz, Chlorit
5. Lakonia No 3 Weich, Apidia bei Agios Ioannis	58.2	18.1	8.9	0.2	10.1	0.24	0.8	0.4	SP	SP	0.4	—	3.0	Epidot, Quarz, Azourit, Kaolinite, Aragonit, Chalcedon
6. Lakonia No 3 Hart, Apidia bei Agios Ioannis	49.3	18.7	10.3	0.5	1.7	1.8	5.3	0.55	SP	SP	4.6	—	7.3	Albit, Chlorit, Malachit, Kaolinite, Muskovit
7. Lakonia No 9 Apidia bei Agios Ioannis Neben No 3	58.4	21.1	4.9	0.7	1.5	3.2	4.0	0.78	0.085	0.0047	0.061	—	4.4	Albit, Quarz, Chlorit, Muskovit
8. Lakonia No 4 Gagania b. Molai	51.4	19.6	6.2	0.6	5.6	6.8	1.2	0.83	—	—	0.090	—	7.7	Muskovit, Albit, Quarz

9. Lakonia No 4 Gagania b. Molai	49.4	14.2	10.1	4.0	10.5	1.9	1.4	0.31	—	—	0.080	—	6.4	Quarz, Muskovit, Gips, Chlorit
10. Lakonia No 5 Hart, Gargania b. Molai	42.5	—	10.6	0.4	18.7	0.2	—	—	—	—	0.024	—	27.3	Quarz, Calcit
11. Lakonia No 6 Gagania Schwarz bei Molai	53.7	17.9	7.7	0.5	6.1	4.1	2.3	1.06	—	—	0.084	—	6.4	Quarz, Albit, Chlorit, Muskovit, Montmorilonit
12. Lakonia No 7 (1) Kritsova bei Apidia Forschungsstollen	47.1	15.6	10.4	3.1	7.0	2.7	4.3	0.58	0.004	0.0024	0.080	—	7.8	Montmorilonit, Quarz, Albit, Chlorit, Muskovit
13. Lakonia No 7 (2) bei Apidia Forschungsstollen	48.2	19.8	11.2	0.3	8.9	0.56	3.7	0.62	0.007	0.003	0.0655	—	7.6	Albit, Quarz, Montmorilonit
14. Lakonia No 7 (3) bei Alpidia Forschungsstollen	48.6	16.9	9.7	2.0	5.0	2.8	5.9	0.57	0.0045	0.0032	0.212	—	—	Montmorilonit, Albit, Quarz, Muskovit, Kaolinit
15. Lakonia No 7 (4) bei Apidia Forschungsstollen	56.8	15.8	8.2	1.5	2.7	0.8	5.2	0.22	0.009	0.003	0.43	—	7.6	Chlorit, Albit (Malachit)
16. Lakonia No 10 Kritsova bei Apidia Neben No 7 (1)	50.6	17.4	11.8	1.0	5.9	3.5	2.5	0.61	SP	SP	0.037	—	6.2	Montmorilonit, Quarz, Albit, Chlorit, Muskovit

8. Lakonia No 5 Hart, Gagania b. Molai	+	+	+	+	60	+	+	+		+		+	+	90	+		+
9. Lakonia No7(1) Kritsova b. Apidia, Forschungs- stollen	220	+			++	+		+		+				160			+
10. Lakonia No7(2) Kritsova b. Apidia, Forschungs- stollen	700	+		+		+		+						80	+	++	+
11. Lakonia No7(3) Kritsova b. Apidia, Forschungs- stollen	2.300	+			++	+		+		+					++	+	
12. Lakonia No.7(4) Kritsova b. Apidia, Forschungs- stollen	4.300	+	+		++					++	+			+			+

+ = je Kreuz 1 bis 10 ppm

teile der Erzkörper sind Pyrit und Zinkblende; Bleiglanz tritt nur in untergeordneter Menge auf.

Lakonia befindet sich im südlichen Teil des Peloponnes, und zwar im Geosynklinalbereich der karbonatischen Gesteinsserien der Gebirge Parnon und Taigetos. Die Vulkanite tauchen bei Gythion in der mittleren Halbinsel des Peloponnes aus dem Meer und erstrecken sich mit Unterbrechungen nach Nordosten. Die vererzten Zonen umfassen hauptsächlich die Gebiete Molai und Apidia, wo die Pb-Zn-Cu-Aufschlüsse vorkommen. (Vgl. geol. Karte, Blatt Molai 1 : 50.000 IGME 1984.)

Der vulkanitische Gesteinskomplex grenzt im NO an mittleren bis oberen triassischen Kalk, dolomitischen Kalk und Dolomit, im SW an carbonische bis permische Schiefer und Marmor sowie Sedimente des Pliozäns. Er überlagert abwechselnd carbon-permische Schiefer oder Marmor. Sehr oft besteht er aus Lavablöcken, die hauptsächlich basischen Charakter haben, oder aus gemischten Serien, die aus Lava-Breccien, Tuffen und Tuffiten in Wechsellagerung mit dolomitischen Kalken und Dolomiten bestehen. Die Vererzung wird entweder diffus verteilt im Vulkanit selbst oder zwischen Vulkanit und carbonischen bis permischen Marmoren gefunden.

Im vulkanischen Komplex und in den umliegenden Gesteinen liegen mehrere Brüche, deren Richtung parallel zu der Richtung der umliegenden Gebirge ist. Außerdem verlaufen sie fast parallel zum großen Bruch des Hellenischen Grabens, welcher südlich von Kreta verläuft und sich bis zum südwestlichen Rand des Peloponnes erstreckt (vgl. International Symposium on the Hellenic Arc and Trench April 1981, Athens); der Hellenische Graben soll nach neueren geologischen Angaben die Grenze zwischen der Afroarabischen und der Euroasiatischen Platte in der Fortsetzung der großen tektonischen Linie sein, die sich zum Fernen Osten erstreckt und die Indische Platte umrahmt.

Brüche, die parallel zum Gebirgsstreichen verlaufen, sind gegen Ende der Orogenese entstanden, und zwar hauptsächlich durch Kräfte, die eine Hebung zur Folge hatten. Diese Deformationen mit entsprechender Hochhebung verursachten höchstwahrscheinlich den Ausbruch aller im Peloponnes existierenden Vulkane. Die vulkanischen Gesteinslagen haben fast alle das gleiche Alter wie diejenigen von Lakonia, d. h. Mittlere Trias, und dieses Alter ist identisch mit dem Alter der vulkanischen Gesteine Bosniens bei Brskovo.

Methodisches

Um die Mineralogie, Geochemie, Vererzung und Lagerstättenbildung der beiden Gebiete näher zu studieren, sammelten wir eine Reihe von Proben aus beiden Gebieten, welche im Labor für Mineralogie und Petrographie der Technischen Hochschule Athen analysiert wurden.

Die erhaltenen Daten für den Chemismus und die mineralogische Zusammensetzung sind in Tabelle I angegeben, die semiquantitative Analyse der Spurenelemente in Tabelle II. Die Auswertung beider Tabellen und Bemerkungen zu den Dünn- u. Anschliffen werden im nächsten Kapitel diskutiert.

Diskussion der Resultate

Nach der Zusammenstellung der Resultate (chem. Analyse und Mineralanalyse) der Proben beider Gebiete (vgl. Tab. I und II) und dem Vergleich des Chemismus, der mineralogischen Zusammensetzung und des Gefüges der Proben aus dem gleichen Gebiet, besonders von Lakonia, können wir sagen, daß im gleichen vulkanischen Komplex verschiedene Gesteinstypen existieren. Grund für diese Annahme ist der verschieden chemische und mineralogische Charakter der Proben sowie in vielen Fällen das unterschiedliche Gefüge. Eine Ähnlichkeit des Chemismus, der Mineralogie sowie des Gefüges treffen wir hauptsächlich an Proben, die den ursprünglichen vulkanischen Charakter bewahrt haben, d. h. an Gesteinen, die von Nebenwirkungen oder postgenetischen Wirkungen nicht betroffen wurden. Beispiele dafür zeigen Abb. 1 und 2. In beiden Gebieten zeigen die Dünnschliffe den Charakter von typisch vulkanischen Gesteinen. Es handelt sich hauptsächlich um albitische Einsprenglinge, die in einer Matrix von Mikrokristallen und Glasphasen schwimmen. Solche Gesteine sind arm an Spurenelementen, zeigen keine Störung oder Umwandlung der Mineralkörner und haben fast immer die gleiche mineralogische und chemische Zusammensetzung.

An Stellen mit teilweiser Assimilation der Kalke in der Lava stellten wir neben der Änderung des Gefüges eine Anhäufung von Erzen, besonders des Kupfers, fest (Abb. 3). (Vgl. VGENOPOULOS, 1980.) (Vgl. Proben a/a 5, 6, 7 und 12, 13, 14 und 15 der Tabelle I.) Es handelt sich dabei um Proben von Lakonia. An den Proben der ersten Gruppe, und da besonders an den Proben 5 und 6, zeigt sich eindeutig, daß eine Veränderung der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung stattge-



Abb. 1. Andesitischer Vulkanit/Lakonia/Griechenland. Dünnschliffphoto, Vergr. $8 \times 10 + N$.

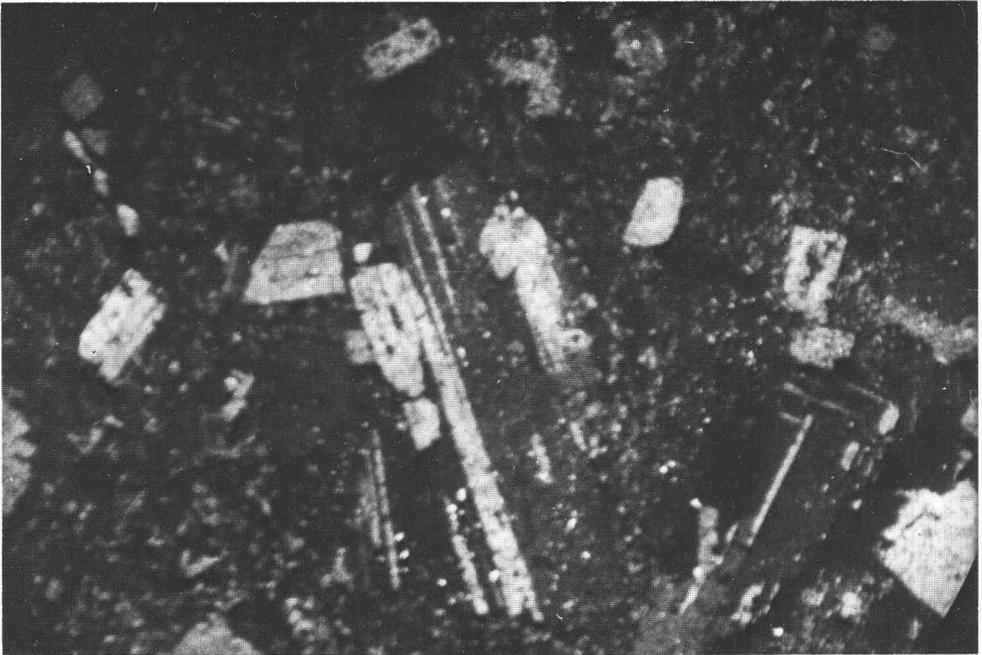


Abb. 2. Spilit-Keratophyr von Brskovo/Jugoslawien. Dünnschliffphoto, Vergr. $8\times 10+N$.

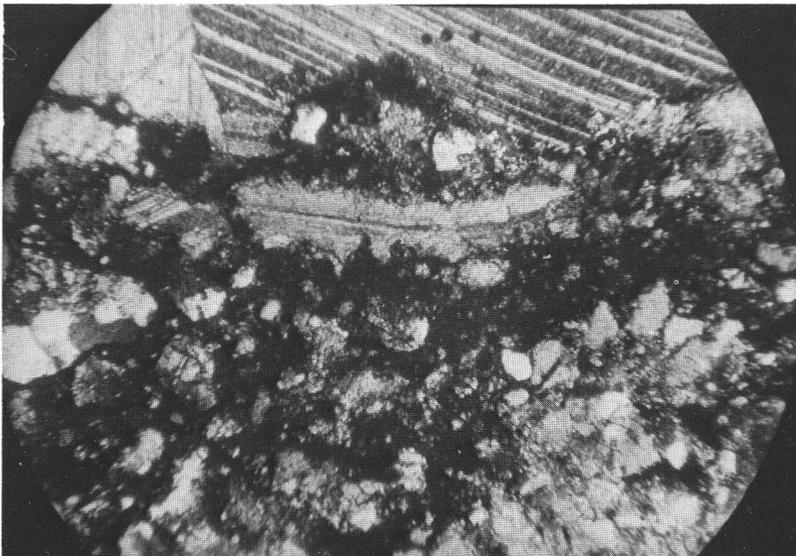


Abb. 3. Calcitische Gesteinsreste, die von vulkanischer Lava nicht assimiliert wurden. Dünnschliffphoto von Lakonia, Vergr. $8\times 10+N$.

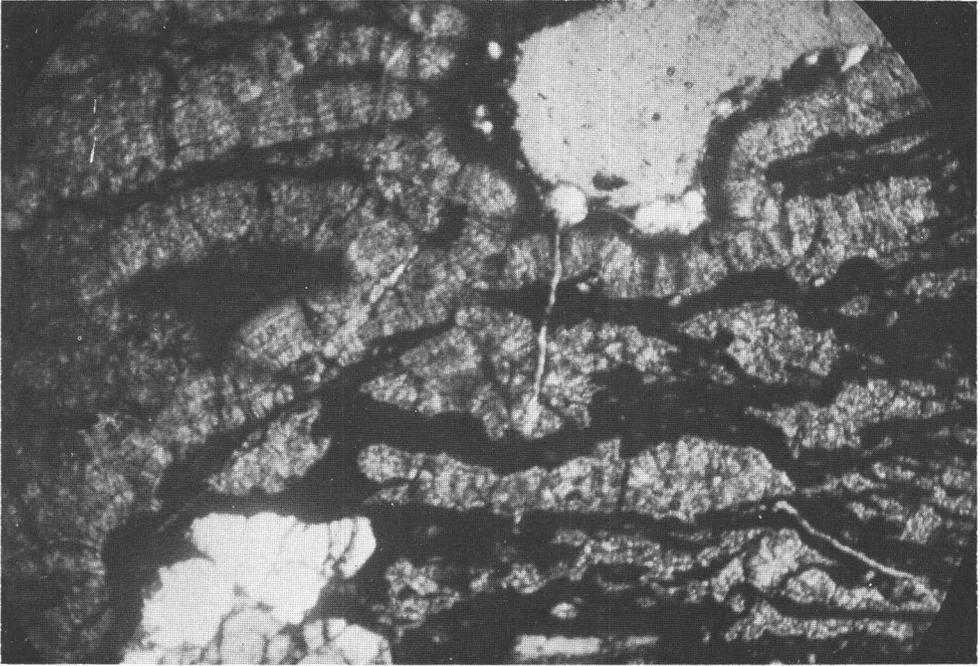


Abb. 4. Gelform in wurmartiger Entwicklung des Epidots mit etwas Chalcedon, durchzogen von Erzadern (Lakonia).

funden hat. Probe 5 z. B. ist reicher an Silicium, Calcium und Spurenelementen, besonders an Strontium, Probe 6 hingegen ärmer an Silicium und Calcium, dafür reicher an Natrium, Kupfer und flüchtigen Bestandteilen, welche in der Tabelle I als Totalwasser angegeben werden. Probe 7 nähert sich im Chemismus, der mineralogischen Zusammensetzung und im Gefüge dem typischen Vulkanit, wie er in Abb. 1 und 2 gezeigt wird.

Der Abstand von einer Probe zur anderen betrug nicht mehr als 40 cm, und trotzdem konnten wir die erwähnten deutlichen Unterschiede feststellen, besonders im Gefüge der Probe 5. Abb. 4 zeigt eine gelförmige bis wurmartige Entwicklung des Epidots und eine Einlagerung von Eisenerz sowie die Bildung von neuen Quarzkristallen. Abb. 5 zeigt die gelförmige Entwicklung der Kieselsäure in Form von Chalcedon, welcher die Epidotkristalle umrahmt; ferner sieht man daneben auch alte Quarzkristalle.

Die Proben 12, 13, 14 und 15 der zweiten Gruppe variieren im Chemismus und der mineralogischen Zusammensetzung des entsprechenden Gefüges nicht so stark, trotzdem nimmt auch hier mit der Zunahme des Kupfergehaltes der Gehalt an Calcium deutlich ab.

Wenn wir nun vergleichend die stark vererzten Lagen in Brskovo betrachten, dann stellen wir ein reichlicheres Vorkommen der Spurenelemente sowie eine deutliche Zunahme der Kieselsäure mit entsprechender Abnahme des Aluminiums und

einem fast völligen Verschwinden des Calciums fest. Dort, wo größere Erzanhäufungen auftreten (Abb. 6), kann man deutlich eine verworrene, parallel-strahlige oder manchmal rosettenförmige Entwicklung der Quarzkristalle aus der Mikrokristallmatrix sehen.

Schlußfolgerungen

Aus den Beobachtungen läßt sich eindeutig folgern, daß die Erzbildung erstens bei viel tieferen Temperaturen als denen einer vulkanischen Schmelze stattfand und zweitens, daß sie ein eigenes chemisches Milieu erforderte. Die postvulkanische Mobilisation und Mineralumwandlungen im Vulkanit und die Vererzung wurden dort festgestellt, wo die Bedingungen für die Erzbildung erfüllt waren, d. h. wo hauptsächlich eine Änderung des pH rund um die sauren, erzhaltigen Lösungen stattfand. Die pH Änderung war successiv, denn in den meisten Fällen folgte zuerst eine Calcitverdrängung und anschließend ein Absatz des Erzes.

Daß die Temperaturen während der Erzbildung abnahmen, verrät Abb. 2, welche eine nicht vollständige Assimilation des Calcits zeigt und dazu eine topochemische Änderung des pH wegen der partiellen Löslichkeit des Calcits. Der Ausbruch



Abb. 5. Chalcedon umrahmt Epidotkristalle, links frische, rechts alte Quarzkristalle, Mitte Erzgang. Dünnschliffphoto, Vergr. 8×8+N (Lakonia).



Abb. 6. Verworrenes, parallelstrahlige bis rosettenförmige Entwicklung der Quarzkristalle um große Anhäufungen von Erz. Dünnschliffphoto, Vergr. $8 \times 8 + N$ (Brskovo).

einer vulkanischen Lava dauert eine gewisse geologische Zeit. Während dieser Zeit gibt es öfters Bewegungen, Umformungen und Mobilisationen. Während dieser Phasen hat die Ausscheidung der Erze aus dem Magma stattgefunden, zumal die Bruchtektonik den Durchfluß der flüchtigen Bestandteile begünstigte.

Literatur

- PAMIC, J. J. (1982): Triassic Magmatism of the Dinarides. Zagreb.
- PIPER, G. (1983): The Triassic Volcanic Rocks of Tyros, Zarouhla, Kalamai and Epidauros, Peloponnes, Greece. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt., Bd. 63.
- STRUCL, I. (1961): Die schichtgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten Jugoslawiens. Mitt. Oesterr. Geol. Ges. Wien.
- VGENOPOULOS, A. (1975): Zur Mineralchemie einiger Hellglimmer-Pegmatite aus dem Gebiet Westthrakiens/Griechenland. Praktika Akademias Athinon, Bd. 5.
- (1980): About the Genesis of Copper Mineralisation in Andesitic Basalt of Apidia Lakonias. UNESCO Intern. Symposium on Metallogeny of Mafic and Ultramafic Complexes: The Eastern Mediterranean-Western Asia Area and its Comparison with similar Metallogenic Environment in the World. Vol. 2, Athens 1980.