

Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	XXII	125 - 138	1990
	Vol.	pag.	Athens

GEOCHEMISCHE UND STAISTISCHE UNTERSUCHUNG IM BLEIGLANZ GRIECHISCHER VORKOMMEN

M. VAVELIDIS* und S. CHALKIAS**

Σύνοψη

Μελετώνται και επεξεργάζονται για πρώτη φορά στατιστικά τα γεωχημικά δεδομένα ιχνοστοιχείων σε γαληνίτες ελληνικών κοιτασμάτων διαφορετικού τύπου γένεσης και γίνεται σύγκριση με κοιτάσματα του ευρωπαϊκού χώρου.

Από τη στατιστική επεξεργασία των γεωχημικών δεδομένων προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Υπάρχει μια σαφής θετική συσχέτιση μεταξύ των στοιχείων Ag/Sb, Ag/Cu, Cu/Sb και Bi/Ag.
2. Διακρίνονται τρεις ομαδοποιήσεις των μεταβλητών, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν σαν επεξήγηση (Interpretation) στη χημική σύσταση του γαληνίτη και των ιχνοστοιχείων που περιέχονται σαυτόν.
3. Υπάρχει σαφής ομαδοποίηση των γαληνιτών που ερευνώνται για περιεκτικότητες πάνω και κάτω από 10 ppm Bi και πιθανώς πάνω και κάτω από 600 ppm Ag. Η ομάδα γαληνιτών με περιεκτικότητες κάτω από τα δύο αυτά όρια συμπίπτει στο ίδιο πεδίο με τα τρία κοιτάσματα συσχέτισης Bleiberg-Kreuth, ΒΔ-Βαλκάνια και Εύβοια, πράγμα που δείχνει ιζηματογενείς συνθήκες ή/και χαμηλές υδροθερμικές συνθήκες θερμοκρασίας σχηματισμού αυτών.

Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων προκύπτουν ακόμη ορισμένα κριτήρια για την αναζήτηση και τον εντοπισμό αργύρου σε κοιτάσματα μολύβδου-ψευδαργύρου. Τέλος η από κοινού συγκέντρωση αργύρου, αντιμονίου και αρσενικού δείχνει ότι ο άργυρος είναι συνδεδεμένος κατά κύριο λόγο με ορυκτά της ομάδας του τετραεδρίτη-τεναντίνη, που βρίσκονται σαν εγκλύσματα στο γαληνίτη.

Zusammenfassung

Es werden die Spurenelementgehalte im Bleiglanz griechischer Vorkommen untersucht, statistisch bearbeitet und mit anderen europäischen Vorkommen verglichen.

Aus der staistischen Bearbeitung der Daten kann man folgende Aussagen machen:

1. Zwischen den Elementen Ag/Sb, Ag/Cu, Ca/Sb und Bi/Ag existiert eine eindeutige positive Korrelation.

M. ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ & Σ. ΧΑΛΚΙΑΣ. Γεωχημική έρευνα σε γαληνίτες Ελληνικών Κοιτασμάτων.

* Department of Mineralogy, Petrology and Economic Geology.
University of Thessaloniki, 540 06 Thessaloniki, Greece.

** MAX-PLANCK Institut für Kernphysik, Heidelberg, W. Germany.

Ανακοινώθηκε στη Συνεδρία της Θεσσαλονίκης στις 28/5/87

125

2. Es können drei Gruppierungen der Variablen unterschieden werden.

3. Es gibt eine eindeutige Gruppierung bei Bi-Gehalten über und unter 10 ppm und wahrscheinlich über und unter 600 ppm Ag. Die Bleiglanzgruppen unterhalb dieser Grenzen fallen im gleichen Feld mit den drei Vergleichsvorkommen, Bleiberg-Kreuth, NW-Balkan und Euböa zusammen, was auf eine sedimentare Entstehung und/oder niedrige hydrothermale Bildungstemperaturen dieser Bleiglanze hindeutet.

Aus der statistischen Untersuchung können darüberhinaus einige Aussagen zur Prospektion von Silber herangezogen werden und dass Silber vorwiegend an Fahlerz gebunden ist.

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit stellt eine Zusammenarbeit des Mineralogisch-Petrographischen Instituts der Universität Thessaloniki, Griechenland und des Max-Planck-Instituts für Kernphysik Heidelberg, Bundesrepublik Deutschland, dar, die im Rahmen eines Untersuchungsprojekts das Verhalten von Spurenelementgehalten im Bleiglanz verschiedener Pb-Zn-Vorkommen im griechischen Raum untersuchen und vergleichen soll. Als Untersuchungsgebiete wurden die Erzvorkommen von Chalkidiki, Thasos, Siphnos, Samos und Pontokerassia ausgewählt. Ein solches Vorhaben wird im griechischen Raum zum ersten Mal durchgeführt. (Abb. 1).

Ziel unseres Untersuchungsvorhabens war es, die Spurenelementgehalte der Bleiglanze insbesondere von Sb, Ag, und Bi, zu bestimmen, weil diese im Bleiglanz Gitter in verschiedener Konzentration bei verschiedenen Bildungstemperaturbereichen vorliegen können. Ziel unseres Projektes war darüberhinaus die Ergebnisse statistisch zu bearbeiten und mit den Gehalten von Spurenelementen in PbS einiger anderer Vorkommen zu vergleichen, wie die sedimentaren Vorkommen von Bleiberg-Kreuth und NW-Balkan sowie die niedrigtemperierten hydrothermalen Vorkommen von Euböa. Ferner sollen aus diesem Vergleich Kriterien zur Prospektion und Erkundung von Ag herausgestellt werden.

2. Chemische Untersuchung in den Bleiglanzen

Für die chemische Untersuchung wurden in den Bleiglanzen die Gehalte As, Sb, Cu, Au, Ag und Bi bestimmt (Tab. 1). Besondere Aufmerksamkeit wurde den Gehalten Sb, Ag und Bi geschenkt, die sich nach GODOWIKOW (1967), HERTEL (1966) im Bleiglanz Schabbachit und Miargyrit unter bestimmten Temperaturen bilden können. Die untersuchten Bleiglanze stammen aus den schichtgebundenen polymetallischen Sulfidvorkommen Madem Lakkos, Olympias, Sykea (Chalkidiki) und Samos, die eine Hochtemperaturparagenese aufweisen. Weitere Proben stamen

aus hydrothermalen Quarzgängen von Basdek Lakkos (Chalkidiki) und Pontokerassia sowie aus typischen sedimentären oder Karstvorkommen der Inseln Thasos oder Siphnos, die eine Niedrigtemperaturparagenese aufweisen (Abb. 2, 3, 4).

Als Methoden für die chemische Untersuchung wurden Neutronenaktivierungs- und Röntgenfluoreszenzanalyse sowie Atomabsorptionsspektrometrie eingesetzt. In Fällen, in denen die Analyse mit diesen Methoden nicht möglich war, wurde die Mikrosonde benutzt. Die chemischen Untersuchungen wurden im Max-Planck Institut für Kernphysik, Heidelberg durchgeführt (Table 1).

Aus der chemischen Untersuchung der Bleiglanze kann man folgende Aussagen machen:

Die As-Gehalte in Chalkidiki liegen zwischen 2 und 46.500 ppm und in Samos zwischen 265 und 799 ppm. Die Quarzgänge in Basdek-Lakkos haben 4.600 ppm As und in Pontokerassia zwischen 177 und 625 ppm As. In Thasos liegt Arsen zwischen 1100 und 3000 ppm und in Siphnos zwischen 80 und 1400 ppm. In Bleiberg-Kreuth enthalten die Bleiglanze 1800 ppm As (SCHROLL, 1953), in NW-Balkan 1700 ppm As (RENTSCH, 1963) und in Euböa 360 ppm As (AGIORGITIS & BECKER, 1973). Wie in diesen Vorkommen können auch die hohen As-Gehalte der Bleiglanze in den untersuchten Gebieten, auf Verunreinigungen von Arsenkies und Fahlerz zurückgeführt werden.

Die Sb-Gehalte in den polymetallischen Vorkommen von Chalkidiki liegen zwischen 830 und 7.300 ppm und von Samos zwischen 101 und 1.900 ppm. Die Quarzgänge in Basdek-Lakkos haben 840 ppm Sb und diejenigen von Pontokerassia zwischen 5.000 und 10.000 ppm Sb. In Thasos liegen diese zwischen 44 und 995 ppm Sb und in Siphnos zwischen 300 und 500 ppm Sb. In Bleiberg-Kreuth haben die Bleiglanze 150 ppm Sb (SCHROLL, 1953), in NW-Balkan 200 ppm (RENTSCH, 1963) und in Euböa 50 ppm Sb (AGIORGITIS & BECKER, 1973). Die Bleiglanze in den untersuchten Gebieten enthielten Einschlüsse von Fahlerz, wenn die Sb-Gehalte über 500 ppm betragen.

Die Cu-Gehalte in den PBG-Vorkommen von Chalkidiki liegen zwischen 79 und 9.100 ppm und in Samos zwischen 240 und 1200 ppm. Die Quarzgänge in Basdek-Lakkos haben Cu-Gehalte von 960 ppm und in Pontokerassia 176 und 1400 ppm. In Thasos liegen die Cu-Gehalte zwischen 10 und 109 ppm in Siphnos zwischen 80 und 1500 ppm. Die Bleiglanze in Bleiberg enthalten 150 ppm Cu (SCHROLL, 1953) in NW-Balkan 50 ppm (RENTSCH, 1963) und in Euböa unter der Nachweisgrenze der Atomabsorption (AGIORGITIS & BECKER, 1973). Die Bleiglanze der untersuchten Gebiete, in denen die Cu-Gehalte über 300 ppm betragen, waren auch äusserst reich an Kupfermineralien.

Die Goldgehalte in den untersuchten Bleiglanzen liegen zwischen 0,03 und 10,50 ppm. Gold war in einigen Fällen mikroskopisch sichtbar.

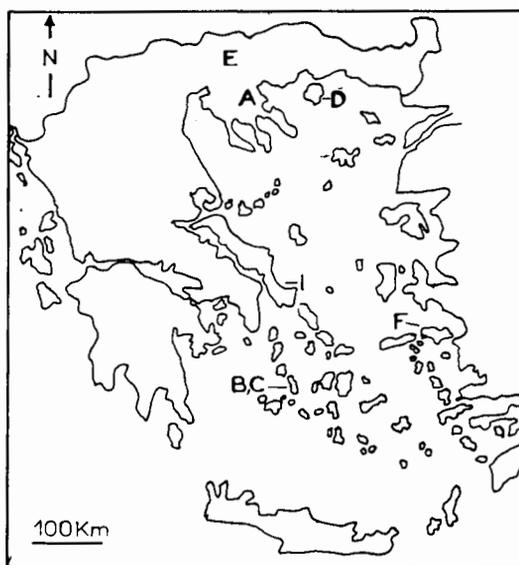


Abb. 1. Übersichtskarte mit den Untersuchungsgebieten Chalkidiki (A), Siphnos (B,C), Thasos (D), Pontokerassia (E), Samos (F), Euböa (I).

TABELLE 1. Spurenelementgehalte der Bleiglanze in ppm.

RG = Region, LG = Lagerstättentyp, M = PBG, S = Sedimentär, Karst, Q = hydrothermale Gänge

Probe	Gebiet	AS	SB	CU	AU	AG	BI	LG	RG
1	Chalkidiki	46500	7300	79	4.60	1790	12.0	M	A
2	"	180	1100	520	5.60	1020	23.0	M	A
3	"	15000	2600	29	0.60	1760	715.0	M	A
4	"	4600	840	960	3.10	710	0.6	O	A
5	"	6200	3500	9100	0.12	930	340.0	M	A
6	"	2	840	240	0.12	930	340.0	M	A
7	"	21	830	250	0.40	850	44.0	M	A
8	Siphnos	340	500	500	0.08	700	0.5	S	B
9	"	180	500	500	0.08	800	0.3	S	B
10	"	200	400	300	0.10	85	0.8	S	B
11	"	210	400	200	0.05	600	0.5	S	B
12	"	80	300	200	0.20	60	0.2	S	B
13	"	75	500	80	1.30	35	0.8	S	B
14	"	130	500	70	0.40	200	1.8	S	B
15	"	1100	3000	200	0.60	2500	0.5	S	C
16	"	1400	3000	200	0.05	2500	1.2	S	C
17	"	350	3000	1500	0.03	2500	0.1	S	C
18	Thasos	1100	44	109	0.10	22	0.8	S	D
19	"	2500	386	15	0.40	93	0.5	S	D
20	"	1100	995	10	10.50	61	0.3	S	D
21	"	1400	476	30	0.30	35	0.2	S	D
22	"	2600	950	35	5.00	120	0.4	S	D
23	"	1600	460	16	0.30	74	0.2	S	D
24	"	3000	340	80	0.10	18	0.1	S	D
25	Pontokerassia	177	5000	176	0.30	3100	1.2	Q	E
26	"	625	10000	1400	0.40	678	0.8	Q	E
27	"	450	5700	250	0.10	3030	0.4	Q	E
28	Samos	235	1900	240	0.20	1715	0.4	M	F
29	"	340	1400	270	0.20	2930	86.0	M	F
30	"	780	101	1200	4.50	162	18.0	M	F
31	NW-Balkan	1700	200	150	0.00	80	2.0	S	G
32	Bleiberg	1800	150	50	0.00	10	5.0	S	H
33	Euböa	360	50	0	44.00	450	6.5	Q	I

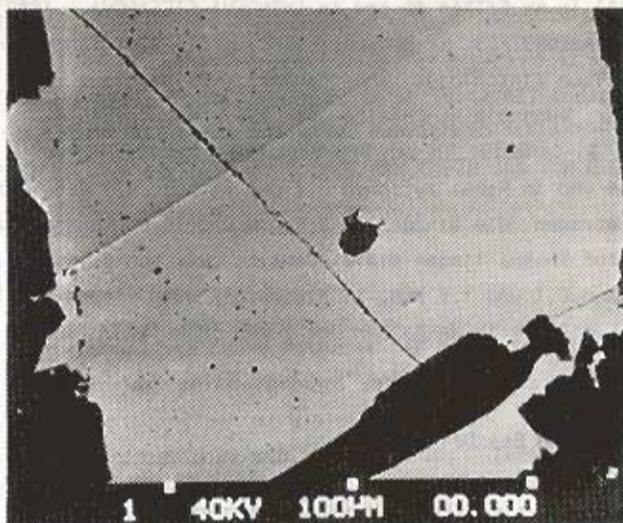


Abb. 2. Rasterelektronen-Mikroskopaufnahme von Bleiglanz (grau) mit feinverteilten Einschlüssen von Fahlerz (dunkel), Pontokerassia.

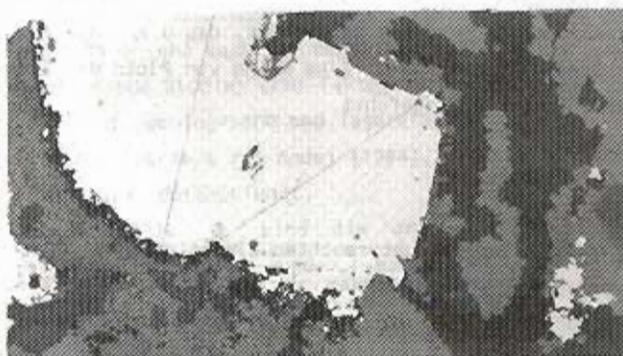


Abb. 3. Bleiglanz (weiss) frei von Einschlüssen. Zinkblende (grau), Karbonat (dunkel), Anschliff, //N, 01, Bildbreite, 1,4 mm, Thasos.

Die Ag-Gehalte in den PBG-Vorkommen von Chalkidiki liegen zwischen 850 und 1790 ppm und in Samos zwischen 162 und 2930 ppm. Die Quarzgänge in Basdek-Lakkos haben 710 ppm Ag und in Pontokerassia 678 und 3100 ppm Ag. Die Ag-Gehalte auf Thasos liegen zwischen 18 und 120 ppm und auf Siphnos zwischen 35 und 800 ppm. In Bleiberg-Kreuth enthalten die Bleiglanze 10 ppm Ag (KAPEL & SCHROLL, 1982) in NW-Balkan 80 ppm Ag (MINCEVA-STEFANOVA, 1963) und in Euböa 450 ppm Ag (AGIORGITIS & BECKER, 1975). Die Bleiglanze der untersuchten Gebiete enthielten Einschlüsse von Fahlerz, Silberglanz oder z.Teil auch gediegen Silber, wenn die Ag-Gehalte über 800 ppm betragen.

Die Bi-Gehalte in den PBG-Vorkommen von Chalkidiki liegen zwischen 12 und 715 ppm und in Samos zwischen 0,4 und 86 ppm. In den Quarzgängen von Chalkidiki betragen die Bi-Gehalte 0,6 ppm und in Pontokerassia zwischen 0,4 und 1,2 ppm. Auf Thasos liegen die Bi-Gehalte zwischen 0,1 und 0,8 ppm und auf Siphnos zwischen 0,1 und 1,8 ppm. In Bleiberg-Kreuth liegen die Bi-Gehalte bei 5 ppm (SCHROLL, 1953), in NW-Balkan bei 2 ppm (RENCTSCH, 1963) und in Euböa bei 6,5 ppm (AGIORGITIS & BECKER, 1973).

3. Statistische Bearbeitung

Für die statistische Bearbeitung der Daten wurde der IBM-Computer des Universitäts-Rechenzentrums, Heidelberg, BRD, benutzt. Ziel der statistischen Untersuchung war es, detaillierte Informationen der Spurenelementgehalte der Bleiglanze jeweils untereinander zu erhalten. Zu diesem Zweck wurden die Analyseergebnisse genommen, die in der Tabelle 1 aufgeführt sind. Zur Berechnung der Analyseergebnisse wurde das im Computer vorhandene SAS (Statistical Analysis System) Computerprogramm angewendet, das u.a. die Korrelationsmatrix und die Faktorenanalyse erhält. Eine Reihe von Plots der Elementgehalte der Bleiglanze wurde ferner durchgeführt.

3.1. Korrelationsmatrix

Die Korrelation der untersuchten Elementgehalte wurde mit dem SAS-Korrelationsverfahren nach SPEARMAN durchgeführt, da die Korrelation nach SPEARMAN verteilungsfrei ist, d.h. die Elementgehalte müssen nicht normalverteilt vorliegen. Zur Beschreibung des mit diesem Verfahren ermittelten Korrelationskoeffizienten (r) gilt nach Zoffel (1985):

- 0.0 < r < 0.2 sehr geringe Korrelation
- 0.2 < r < 0.5 geringe Korrelation
- 0.5 < r < 0.7 mittlere Korrelation

0.7 < r < 0.9 hohe Korrelation

0.9 < r < 1.0 sehr hohe Korrelation

In der Tabelle 2 ist unter jedem Korrelationskoeffizienten (r) die Wahrscheinlichkeit (p) für die Signifikanz der Korrelation angegeben. Ein p 0.001 steht für eine hochsignifikante Korrelation (Zoffel, 1985; Knüffner & Wittenberg, 1985).

Aus Tabelle 2 geht hervor, dass eine Korrelation zwischen den Elementen Ag/Sb (0.77783), Ag/Cu (0.43673, Cu/Sb (0.33062) und Bi/Ag (0.31811) existiert. Diese Korrelation ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 0.0001 für Ag/Sb, von 0.0111 für Ag/Cu, von 0.0602 für Cu/Sb und von 0.0637 für Bi/Ag signifikant.

3.2 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse (eine Methodik der multivariaten Analyse) ermöglicht es, die vielen Merkmale eines Datenkollektivs durch eine kleinere Zahl von theoretisch unabhängigen Merkmalen zu setzen, die als Komponenten oder Faktoren bezeichnet werden, ohne den Informationsinhalt der Merkmalsgesamtheit wesentlich zu verringern. Die Faktorenanalyse zählt daher zu den wichtigsten Methoden, die zur Aufbereitung geochemischer Datenmaterials Verwendung finden (SCHROLL, 1974).

Durchgeführt wurde die Faktorenanalyse nach der Hauptkomponentenmethode. Um die Faktoren besser darzustellen, wurde sie zusätzlich mit maximalem Varianzkriterium rotiert, bis die Ladungen der einzelnen Variablen eindeutiger sind als bei der Hauptkomponentenanalyse. Die Rotation bewirkt eine Verstärkung der positiven und auch der negativen Werte.

Zusammenfassende Studien über Faktorenanalysen, ihre Funktionsweise und Anwendbarkeit auf geologische und Lagerstättenkundliche Probleme wurden von Wauschkuhn (1974), Imbrie & Van Andel (1964), Krumbain & Graybill (1965), Nickol et al. (1969) u.a. durchgeführt.

In der Tabelle 3 sind die drei Faktoren, die nach der Rotationsmethode Varimax errechnet wurden, aufgeführt. Die in dieser Tabelle ersichtlichen "Communality-Werte" geben an, wie gut jeder Analysewert durch die drei Faktoren repräsentiert wird. So erklären z.B. die drei Faktoren bei Sb ("Communality"=0.784021) 78,40% seiner Variabilität. Werte, die grösser als 0.6000 sind, sind die Hauptbestandteile des Faktors und in Tabelle 3 doppelt unterstrichen. Solche zwischen 0.4000 und 0.6000 sind die Nebendbestandteile

TABELLE 2. Korrelationskoeffizient

	AS	SB	CU	AU	AG	BI
AS	1.00000 0.0000	0.06061 0.7376	-0.28467 0.1083	0.08224 0.6491	-0.11568 0.5215	-0.03395 0.8512
SB		1.00000 0.0000	0.33062 0.0602	0.15270 0.3962	0.77783 0.0001	0.11661 0.5181
CU			1.00000 0.0000	-0.27741 0.1181	0.43673 0.0111	0.13538 0.4525
AU				1.00000 0.0000	0.00587 0.9741	0.19659 0.2729
AG					1.00000 0.0000	0.32649 0.0637
BI						1.00000 0.0000

TABELLE 3. Faktorenanalyse

Variable	Communality	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Sb	0.784021	<u>0.87849</u>	0.10558	-0.03348
Ag	0.665209	<u>0.78179</u>	-0.01655	-0.23183
As	0.647521	<u>0.60612</u>	0.20948	<u>0.48606</u>
Cu	0.656731	0.11138	<u>0.80564</u>	0.07384
Bi	0.666920	0.02334	<u>0.79696</u>	-0.14508
Au	0.765842	-0.16487	-0.11611	<u>0.85157</u>
Summe der Quadrate	4.186243	1.790463	1.352985	1.042796
Varianz		32.94 %	19.60 %	17.23 %
kumulative Varianz		32.94 %	52.54 %	69.77 %

und in Tabelle 3 einfach unterstrichen. In Abb. 4 sind die drei Faktoren als Ergänzung zur Tabelle 3 graphisch dargestellt, wodurch die in Tabelle 3 aufgeführten Werte besser überschaubar sind.

Factor 1:

Factor 1 erklärt 32.94% der Variabilität des untersuchten Systems. Seine Hauptkomponenten sind Sb (0.87849), Ag (0.78179) und As (0.60612). Nebenkomponten treten nicht auf. Der Faktor 1 wird als der Faktor bezeichnet, der die Elemente repräsentiert, mit denen Ag in erster Linie Sulfidverbindung in Bleiglanz eingeht.

Faktor 2:

Faktor 2 ist von den Hauptkomponenten Cu (0.80564) und Bi (0.79696) dominiert. Dieser Faktor erklärt 19.6% der Variabilität des Systems. Somit repräsentiert dieser Faktor die zweite Gruppe der Elemente (Cu, Bi), die Sulfide in den untersuchten Bleiglanz bilden kann.

Faktor 3:

Faktor 3 wird von den Hauptkomponenten Au (0.85157) bestimmt. Er erklärt 17.23% der Variabilität des Systems. Als Nebenkompont tritt As (0.48606) auf. Dieser Faktor wird als Goldfaktor bezeichnet und zeigt, dass Au selbständig im Bleiglanz vorkommt und am wenigsten mit Ag verbunden ist.

3.3. Plots

Als graphische Darstellungsmöglichkeit für die gleichzeitige Darstellung von zwei Variablen wurde das Streudiagramm gewählt, da es die Art der Beziehung zwischen zwei Variablen im Koordinatensystem sehr anschaulich hervorhebt und zu kontrollieren erlaubt, ob etwa "Ausreisser" in den Daten das Gesamtbild verzerren usw. Eine Reihe von Plots der Elementgehalte nach Region und nach Lagerstättentyp wurde durchgeführt (Tab. 1).

Aus den Plots der Elementgehalte geht eindeutig hervor, dass aufgrund der Bi-Gehalte zwei Gruppen unterschieden werden können. Die erste Gruppe umfasst alle Lagerstättentypen oder Regionen, die Bi-Gehalte unter 10

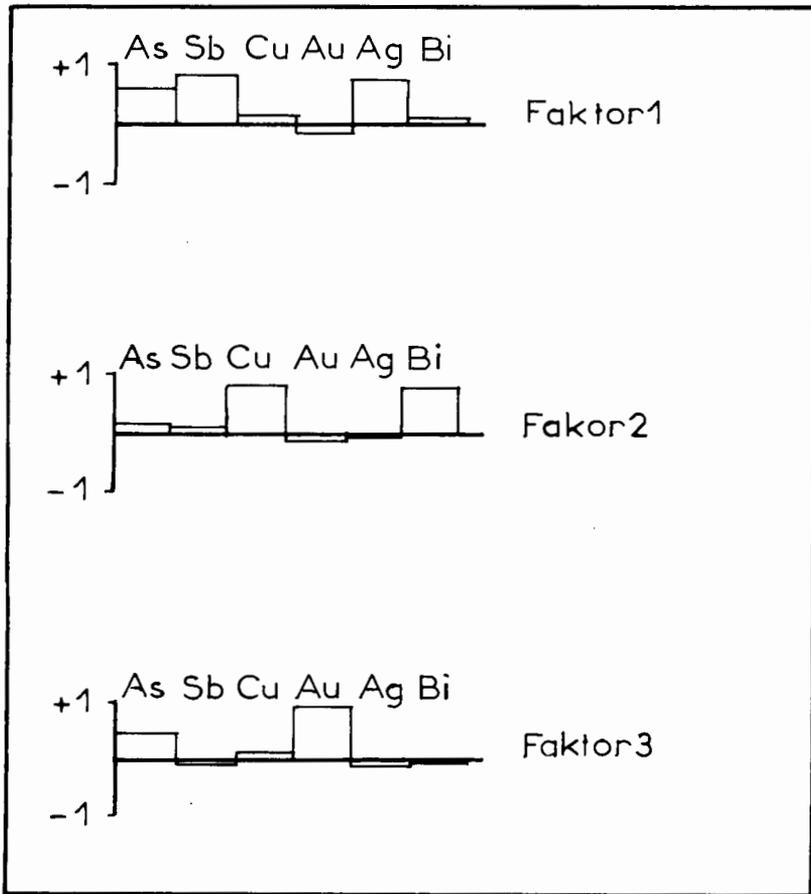


Abb. 4. Graphische Darstellung der drei Faktoren aus Tabelle 3.

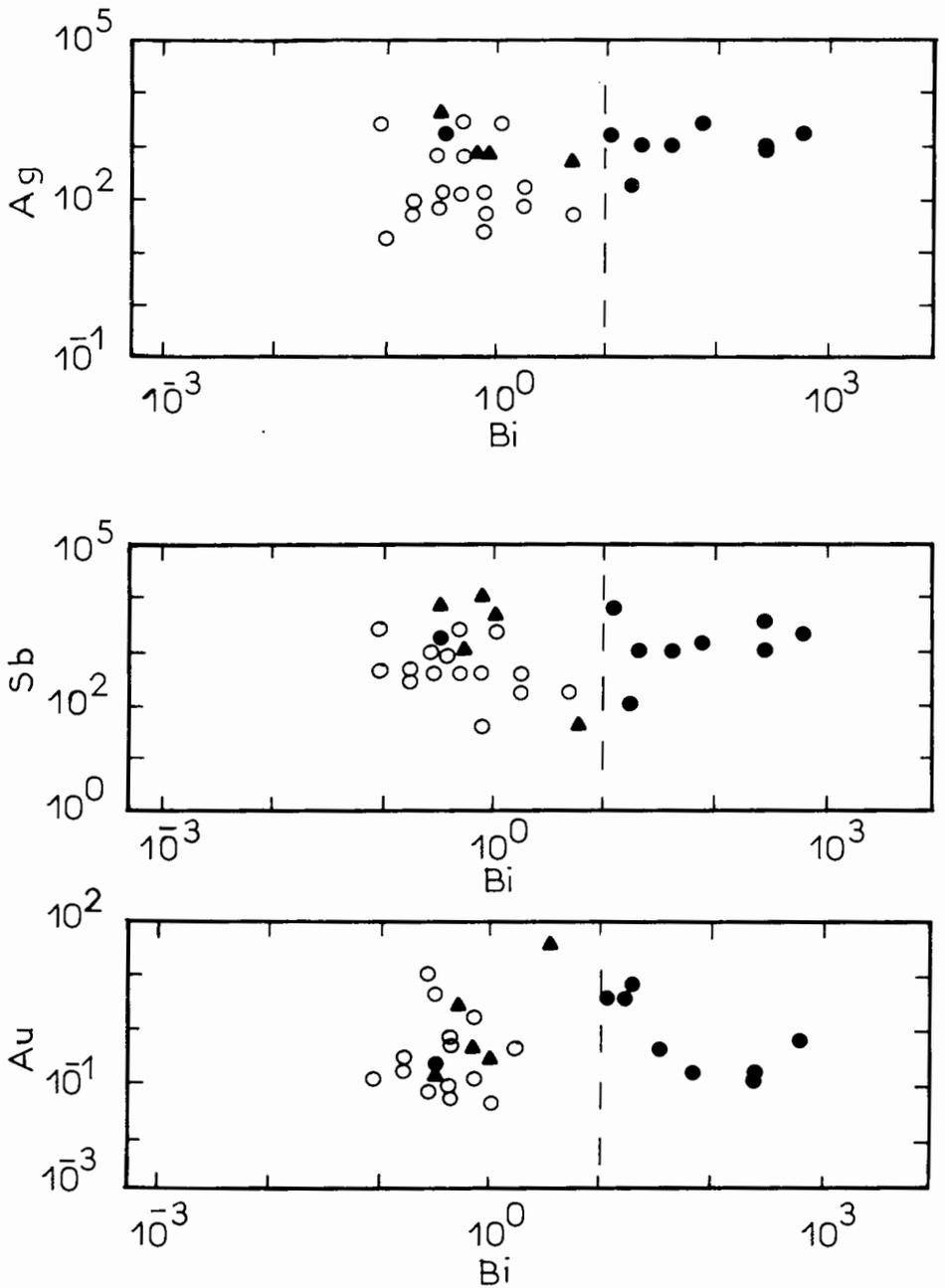


Abb. 5. Plots von Ag/Bi (a), Sb/Bi (b) und Au/Bi (c) mit den zwei Bleiglanzgruppen.

ppm aufweisen (Abb. 5a, b, c). Die zweite Gruppe umfasst alle Lagerstätten-typen, die Bi-Gehalte über 10 ppm aufweisen (Abb. 5a, c). Eine Gruppierung lässt sich ferner unter- und oberhalb 600 ppm Ag andeuten.

4. Zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse

Nach der chemischen Untersuchung der Bleiglanze und der statistischen Auswertung der Analyseergebnisse lassen sich zusammenfassend folgende Aussagen machen:

Die Bleiglanze der polymetallischen Sulfidvorkommen weisen hohe Sb, Ag und besonders hohe Bi-Gehalte auf. Diese Vorkommen haben eine komplizierte Paragenese, in der sich Mineralien befinden, die auf eine höhere Bildungstemperatur deuten. Die Bleiglanze dieses Lagerstättentyps sind reich an Einschlüssen z.B. von Fahlerz oder anderen Sulfosalzen. Die Bleiglanze dieser Vorkommen haben unterschiedliche Ag-, Sb- und Bi-Gehalte als die drei Vergleichsvorkommen Bleiberg, NW-Balkan und Euböa.

Die Bleiglanze in den hydrothermalen Quarzgängen haben sehr niedrige Bi-Gehalte. Allerdings weist der PbS von Basdek-Lakkos relativ niedrige und derjenige von Pontokerassia hohe Ag- und Sb-Gehalte auf. Die PbS von Basdek-Lakkos haben ähnliche Ag-, Sb- und Bi-Gehalte mit den Quarzgängen von Euböa und die von Pontokerassia unterschiedliche Ag- und Sb-Gehalte. Letztere Vorkommen haben eine relativ komplizierte Paragenese und z.T. Mineralien, die auf eine höhere Temperatur deuten, als diejenigen von Basdek-Lakkos. Die Bleiglanze von Pontokerassia sind relativ reich an Ag-Sb-Sulfosalzen.

Die Bleiglanze der sedimentären Vorkommen haben mit einigen Ausnahmen niedrige Ag-, Sb- und Bi-Gehalte. Diese Gehalte sind ähnlich mit denjenigen der drei Vergleichsvorkommen. Die sedimentären Vorkommen haben eine einfache Paragenese und Mineralien, die auf eine niedrige Bildungstemperatur deuten. Die Bleiglanze sind mit einigen Ausnahmen arm an Einschlüssen.

Aus der Korrelationsmatrix geht hervor, dass die Elemente Ag/Sb, Ag/Cu, Cu/Sb und Bi/Ag untereinander korrelierbar sind. Diese Korrelation zeigt, dass die obengenannten Elemente im Bleiglanz selbständig Sulfidverbindungen eingehen können. Die Elemente Ag/Sb und Bi/Ag sind ausserdem korrelierbar, weil ihre Sulfide im Bleiglanz-Gitter bei bestimmten Temperaturbereichen gebildet werden können.

Aus der Faktorenanalyse geht hervor, dass drei Gruppierungen der Variablen unterschieden werden können. Sie können als Interpretation zur Zusammensetzung der Bleiglanz und der in diesen enthaltenen Elementen herangezogen werden.

Faktor 1 repräsentiert die Elemente, mit denen Ag in den untersuchten Bleiglanzen in erster Linie Sulfidverbindungen (Fahlerz und/oder Miargyknit) bildet.

Faktor 2 repräsentiert die Elemente, mit denen Ag in den untersuchten Bleiglanzen in zweiter Linie Sulfidverbindungen eingeht.

Faktor 3 zeigt, dass Au selbständig im Bleiglanz vorkommt und am wenigsten mit Ag Verbindungen bildet.

Aus den Plots der Elementgehalte geht hervor, dass es eine eindeutige Gruppierung bei Bi-Gehalten über und unter 10 ppm gibt. Die Gruppe, die Bi-Gehalte unter 10 ppm aufweist, fällt im gleichen Feld mit den drei Vergleichsvorkommen Bleiberg, NW-Balkan, Euböa zusammen. Die Gruppe der Lagerstättentypen, die Bi-Gehalte über 10 ppm aufweist, unterscheidet sich eindeutig von den drei obengenannten Vergleichsvorkommen. Eine Gruppierung lässt ferner ober- und unterhalb 600 ppm Ag andeuten. Die Ag-Gehalte liegen oberhalb 600 ppm vorwiegend bei Vorkommen, die eine Hochtemperaturparagenese haben und der Bleiglanz reich an Einschlüssen ist.

Aus den durchgeführten Untersuchungen können folgende Aussagen als Kriterien zur Prospektion von Ag herangezogen werden:

Die Korrelationsmatrix und die Faktorenanalyse der Spurenelementgehalte zeigt eine gemeinsame Anreicherung von Sb, Ag und As im Bleiglanz. Dies würde bedeuten, dass Ag in erster Linie an Fahlerz gebunden ist.

Die Bi/Ag- und Sb/Ag-Gehalte können als Thermometer und als Ag-Anzeiger herangezogen werden.

Erzvorkommen mit komplizierter Paragenese und Bleiglanz mit Einschlüssen sind reich an Ag und können als Prospektionskriterium für Ag herangezogen werden.

L I T E R A T U R

- AGIORGITIS, G. & BECKER, R. (1975). Spurenelemente in Pyrit, Kypferkies und Bleiglanz von Kallianou, Euböa-Distrikt, Griechenland. - Chem. Erde 34, 239-243.
- GODOWIKOW, A.A. (1967). Über die Silber-, Wismut- und Antimonbeimengungen im Bleiglanz. - Z. Angew. Geol. 13,3 125-129.
- HERTEL, L. (1966). Die Fremdelementführung der Bleiglanze als Hilfe zur Bestimmung der Bildungstemperatur. - Erzmetall 19, 232-235.
- IMPRIE, J. & Van ANDEL, T.H. (1964). Faktor analysis of heavy mineral data. - Bull. Geol. Soc. Amer. 11, 1131-1155.
- KAPPEL, G. & SCHROLL, E. (1982). Ablauf und Bildungstemperatur der Pb-Zn-Vererzung von Bleiberg-Kreuth/Karnten. - Carinthia II, 172/32, 63-76.
- KNÜFFNER, H. & WITTENBERG, R. (1985). Datenanalytensysteme für statistische Auswertungen. Eine Einführung, Fischer-Stuttgart, 289 p.
- KRUMBEIN, W.C. & GRAYBILL, F.G. (1965). An Introduction to statistical models in geology. Mc Graw-Hill. New York, 376 p.
- RENTSCH, J. (1963). Zur Entstehung der Pb-Zn-Cu-Lagerstätten in triassischen Karbonatgesteinen des Nordwestbalkans. - Freib. Forsch. H. C 166, 102 p.
- SCHROLL, E. (1953). Über Minerale und Spurenelemente, Vererzung und Entstehung der Pb-Zn-Lagerstätte von Bleiberg-Kreuth. - Mitt. Osterr. Mineral. Ges. Sonderh. 2, 1-60.
- SCHROLL, E. (1975). Analytische Geochemie I, Methodik, Enke-Stuttgart, 292 p.
- TEMPEL, J.T. (1978). The use of factor analysis in Geology. - J1. Intl. Assos. Math. Geol. 10, 379-388.
- WAUSCHKUN, A. (1974). Prozesse zur Bildung exhalativ-sedimentärer Sulfid-lagerstätten untersucht an rezenten Beispielen bei Vulcano und Hokkaido (Japan). Diss. Univ. Heidelberg, 151 p.
- ZOFFEL, P. (1985). Statistik in der Praxis. Enke-Stuttgart, 427 p.