

ERNEST MECHÁČEK, JOZEF VESELSKÝ\*

## DIE DISTRIBUTION VON Sb, Cu, Ag UND Pb IN SEKUNDÄREN DISPERSIONSHÖFEN VON ANTIMONITVERERZUNGEN DER KLEINEN KARPATEN

(Abb. 1–17)

**Kurzfassung:** Vorliegende Arbeit löst die Frage der Distribution der Elemente Sb, Cu, Ag und Pb in sekundären Dispersionshöfen der Erscheinungsbereiche von Antimonitvererzungen im Pezinok-Pernek-Kristallinikum der Kleinen Karpaten. Die Möglichkeit der Anwendung lithochemischer Methoden bei der Auffindung von Antimonvererzungen anhand der Metallometrie (Profilpaare, bzw. Profile zu dritt), sowie bei der Auffindung der schweren Fraktion in Gesteinsproben wurde beglaubigt. Die mineralogische Zusammensetzung der feinen Bodenbestandteile, die Verteilung der Elemente in den Bodenprofilen und die Gesamtdistribution der Elemente in den Erscheinungsbereichen von Antimonitvererzungen wurden studiert. Die gewonnenen Resultate weisen auf eine vorteilhafte Anwendbarkeit der Stibiometrie im Gebiet der Kleinen Karpaten hin.

**Резюме:** В работе решается распределение элементов Sb, Cu, Ag, Pb во вторичных ореолах рассеивания в областях нахождения антимонитового оруденения в пезинско-пернеком кристаллическом массиве Малых Карпат. Проверена также возможность применения литогеохимических методов при поисках антимонитового оруденения с помощью металлометрии (двойные-тройные профили) и тяжелой фракции из глин на склонах. Изучался минералогический состав тонкой фракции почв, распределение элементов в профилях на почвах, а также общее распределение элементов в областях местонахождения антимонитового оруденения. Полученные результаты указывают на возможность применения стибиметрии в области Малых Карпат.

Die Methoden der geochemischen Prospektion werden gegenwärtig bei der Auffindung von Akkumulationen fast aller Metalle und einiger Nichtmetalle angewendet. Gut bearbeitet sind die Fragen der geochemischen Prospektion bei der Auffindung von Pb, Zn, Cu, Sn, W, Mo, Hg und anderer Vererzungen, jedoch wurde die geochemische Prospektion bei der Auffindung von Sb-Vererzungen verhältnismässig wenig angewandt. Der Ursachen, weshalb dem Studium von Sb in primären und sekundären Dispersionshöfen wenig Aufmerksamkeit gezollt wurde, gibt es mehrere. Antimon wird in der Regel in Gesellschaft anderer Elemente gefunden, welche vorteilhafter zu verfolgen sind (vor allem mit Hg, W, Pb und anderen). Infolge seiner geochemischen Eigenschaften bildet Sb nur kleine und enge sekundäre Dispersionshöfe, welche bei den Prospektionsarbeiten leicht zu übersehen sind. Die Bestimmung von Sb ist bei niedrigen Konzentrationen ziemlich anspruchsvoll. Mit der geläufigen spektrochemischen Methodik ist es unmöglich Antimon in Konzentrationen unter 60–80 ppm zu bestimmen.

Über den Charakter der Distribution des Sb in primären und sekundären Dispersionshöfen an reinen Sb-Lagerstätten existieren verhältnismässig wenig Angaben. Laut I. I. Ginzburg (1957) sind für die jeweiligen Mineralisationstypen folgende Gehalte charakteristisch (Tab. 1):

\* RNDr. E. Mecháček, CSc., RNDr. J. Veselský, Lehrstuhl für Geochemie an der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Komenský-Universität, Bratislava, Paulinyho-Tótha 1.

Tabelle 1. Sb-Konzentration im Nebengestein der Lagerstätte (nach I. I. Ginzburg 1957).

	Mineralisation			
	erzfrei	verstreut	angereichert	Erz-
Sb	—	100–300 ppm	400–1000 ppm	> 1000 ppm

Laut genanntem Autor weist die positive Feststellung von Antimon in hydrothermal veränderten Gesteinen, sandigtonigen Sedimenten, eisernen Hüten, in Schratten, in quartären Sedimenten und Böden auf wahrscheinliches Vorkommen von Antimonvererzungen hin. Antimon ist auch ein bedeutender Indikator der Hg-, Cu-, Pb-Zn-, W- und Au-Vererzung.

Mit dem Studium des Charakters von Dispersionshöfen befassten sich H. E. Hawkes (1954), J. Pokorný (1959), G. A. Terechova (1961, 1966), J. V. Finkelstein (1961), G. G. Kravčenko, N. A. Ozerova (1961), G. A. Jaruševskij und Kol. (1961) u.a.m.

Primäre und sekundäre Dispersionshöfe des Antimons sind in der Regel sehr kompliziert und haben unregelmässige Gestalt. G. A. Terechova (1961, 1966) kam auf Grund des Studiums von 5300 Proben von Sb-, Sb-Hg- und Hg-Lagerstätten von Süd-Fergana zu dem Schluss, dass Sb nur lokale primäre Dispersionshöfe in Nähe von Erzkörpern und an tektonischen Linien bildet, wohingegen Hg ausgeprägtere Anomalien bietet und die erhöhten Gehalte an Hg (n.  $10^{-4}$  %) befinden sich bis zu 500 m von den Erzkörpern entfernt. Die Autorin empfiehlt die Verfolgung der Sb-Distribution nur in der schweren Gesteinsfraktion, in welcher sich die Sb-Gehalte zwischen 10 und 300 ppm bewegten und bis zu einer Entfernung von 500 m von den Erzkörpern waren. Zusammen mit den Sb-Dispersionshöfen wurden solche von As, wenig ausdrucksvolle Dispersionshöfe von Tl, Zn, Cu, Mo, W und teilweise von Pb festgestellt.

G. A. Jaruševskij und Kol. (1961) erreichten bei der Auffindung von Sb-Hg-Lagerstätten von Süd-Fergana bei Anwendung der Gesteins-Metallometrie gute Ergebnisse. Hauptzweck der Arbeiten war es, die Haupt- und Begleitelemente der primären Dispersionshöfe, welche die Vererzung charakterisieren, zu ermitteln. Die Autoren empfehlen die Durchführung einer detaillierten geochemischen Prospektion im Massstab 1:5000 in Anknüpfung an die Ergebnisse der Geophysik und eine detaillierte Kartierung. Bei Anwendung der Gesteinsmetallometrie beachteten sie im gegebenen Gebiet vor allem bituminöse Schiefer und graphitisch-tonige Gesteine, denen sie auch Proben entnahmen.

Sekundäre Sb-Dispersionshöfe um Erzlagerstätten herum, werden nur in unmittelbarer Nähe der primären Vorkommen gebildet. Ihre Breite beträgt maximal das drei- bis zehnfache der primären Vererzungszone. Breite und Gestalt der sekundären Dispersionshöfe werden vor allem von der Morphologie des Terrains beeinflusst, da Sb in der Zone der Hypergenese in überwiegender Masse nur auf mechanische Art migriert.

Bei Pb-Zn-Lagerstätten des Gebietes Nyeba in Nigerien (H. E. Hawkes 1954), treten erhöhte Sb-Gehalte in Böden in einer Entfernung von 30–120 m auf (Gehalte an Sb zwischen 1–5 ppm).

Im Gebiet der Vorkommen von Sb-Gängen bei Poproč und Čučma (Spíško-gemerské rudohorie, Zips-Gmörz Erzgebirge) kontrollieren die sekundären Dispersionshöfe sehr

gut den Verlauf der Erzgänge und ihre Gestalt wird vor allem durch die Morphologie des Terrains beeinflusst (J. Pokorný 1959). Die Antimongehalte der Böden über den Gängen erreichen bis zu 1000 ppm.

G. A. Jaruševskij und Kol. (1961) benutzte im Turkestan-Alaj-Gebirge, ebenso wie V. A. Netreba, K. V. Platonov (1961) im nordwestlichen Kaukasus, erfolgreich die Metallometrie in Kombination mit Schlichproben bei der Auffindung von Sb-, Sb-Hg- und Hg-Lagestätten. Erhöhte Sb-Gehalte im Boden (100–500 ppm) traf man bloss in der schmalen Zone von Erzlagen an.

In Süd-Fergana kommt es im Gebiet des Auftretens von Sb-Lagerstätten im oberflächennahen Teil häufig zu Sb-Anreicherungen (G. A. Terechova 1961, 1966). G. G. Kravčenko, N. A. Ozerova (1961) fanden in diesem Gebiet, dass es zur Konturierung der Sb-Vererzung genügt, die Distribution des Antimons zu verfolgen. Die Begleitelemente Pb, Zn und Cu geben nur recht undeutliche und breite Dispersionshöfe.

Anhand geochemischer Prospektionsmethoden wurden sekundäre Sb-Dispersionshöfe im Gebiet des Pezinok-Pernek-Kristallinikums und in den Kleinen Karpaten studiert. Das Pezinok-Pernek-Kristallinikum wird von einer 4–8 km mächtigen Zone gebildet, die sich in nordwestlich-südöstlicher Richtung, quer zum Verlauf der Kleinen Karpaten hinzieht. Diese Zone teilt das Bratislavaer (Pressburger) granitoide Massiv vom Modraer Granodiorit-Massiv (B. Campbell 1959) und wird von sandig-tonigen Sedimenten (Gneise, Glimmerschiefer, Phyllite) und metamorphisierten intrusiven und extrusiven magmatogenen amphibolitischen Gesteinen aufgebaut, in welchen sich ausgedehnte und zahlreiche Lagen graphitischen Schiefersteins und vereinzelte Vorkommen von Karbonatsedimenten befinden (B. Campbell, 1959).

Die Vererzung im Gebiet des Pezinok-Pernek-Kristallinikums ist an die Zonen aktinolithischen und graphitischen Schiefers gebunden. Die pyrit-pyrrhotinische, syngenetische Vererzung ist eine ältere prävariszische und prägranitische und ihre Entstehung wurde durch postmagmatische submarine Exhalationen basischen Vulkanismus und den Zerfall organischer Reste angeregt. Die jüngere postgranitische hydrothermale Antimonitvererzung dieses Gebietes ist an die stark aufgefalteten Lagen aktinolithischer und graphitischer Schiefer gebunden und bildet unregelmässige Imprägnationen in Gesteinen, Linsen, Stockwerke und seltener auch Gänge. Beide Vererzungen kombinieren einander wechselseitig und überlappen einander. In diesem Gebiet sind auch kleinere Vorkommen von Pb-Zn und Zn-Vererzungen bekannt.

Die Mineralogie und Geochemie der Antimonitvererzung wurde von B. Campbell (1959) studiert. Von den Erzmineralen herrscht Antimonit vor, zu welchem sich kleine Mengen von Pyrit, Arsenopyrit, Chalkopyrit, Glaukodot, Löllingit, Gulmundit, Sphalerit, Sb-Sulfosalze, Kermesit und Valentinit gesellen. Von den Nichterzmineralen sind anwesend Quarz und Karbonate.

Die geochemische Assoziation der Elemente ist verhältnismässig einfach. Die Antimonit-Metallogenese kann eine Analyse eines Sb-Konzentrats aus Antimonit-Erz der Lagerstätte Pezinok-Cajla repräsentieren (B. Campbell, 1959, Tab. 2).

Bei der Beglaubigung der sekundären Dispersionshöfe werden die Boden-Metallometrie und die Schlichprobe der Gehängelehme in Anwendung gebracht. Die metallometrischen Proben wurden manuell mittels pedologischen Handbohrer aus einer Tiefe von 40–50 bis 80–100 cm entnommen. Um eine Zufälligkeit der Entnahme auszuschliessen, wurden bei einigen Profilen von einem Punkt drei Einstiche auf einer Fläche von  $1/2$  m<sup>2</sup> entnommen. In jedem Gebiet wurden Proben an zwei bis drei Profilen entnommen, die voneinander 50 m entfernt waren. Die Entfernung der Probenent-

Tabelle 2. Analyse eines Sb-Konzentrats aus Antimonit-Erz der Lagerstätte Pezinok-Cajla in den Kleinen Karpaten (B. Campbell 1959).

100–1 %	1–1/100 %	unter 1/100 %
Sb, Si, Fe, Al, As, Ca	Mg, Ti, Mn, Pb, Ba, Cu	Ag, Cr, Sr, Ni, Zn, Sn, Mo, Co

nahmestellen an den Profilden betrug 5 m. Gleichzeitig wurden auch, zur Bestimmung der vertikalen Distribution der Elemente, ganze Bodenprofile entnommen. Die Proben wurden nach dem Trocknen in Porzellanschalen verrieben und zur Analyse wurde die Fraktion unter 0,2 mm genommen. Analysiert wurden die Proben in zwei Laboratorien. Im Laboratorium des Geologický prieskum (Geologische Erkundung) Spišská Nová Ves, wurde Sb mittels geläufiger kolorimetrischer Methode und Ag, Pb und Cu mittels Atom-Absorptions-Spektralphotometrie bestimmt. Im Laboratorium des Geologický ústav Univerzity Komenského in Bratislava (Geologischer Institut der Komenský-Universität), wurden Ag, Cu und Pb anhand der atom-absorptions-spektralphotometrischen Methode bestimmt (Tab. 3). Zur Bestimmung des Antimons wurde von Ing. V.

Tabelle 3. Verwendete analytische Methode und untere Bestimmungsgrenze der Elemente.

Laboratorium GU-UK Bratislava (Prof. P II)		Laborat. d. Geolog. prieskum Spišská Nová Ves (Prof. Pl, R, M)	
Sb Atom-Absorptions-Sp.	2 ppm	kolorimetrisch	10 ppm
Ag Atom-Absorptions	0,5 ppm	Atom-Abs.-Spektroskopie	2,5 ppm
Pb Atom-Absorptions	5 ppm	Atom-Abs.-Spektrosk.	200 ppm
Cu Atom-Absorptions	3 ppm	Atom-Abs.-Spektrosk.	10 ppm

Streško und Ing. E. Martiny eine neue Atom-Absorptions-Spektralphotometrie-Methode am Gerät Perkin-Elmer 303 ausgearbeitet. Über diese Methode wurde anlässlich der Konferenz über Flammenspektroskopie in Ostrava (Juni 1970) referiert und soll in den Atomic Absorption Newsletter Perkin-Elmer Corporation, Norwalk Connecticut, USA veröffentlicht werden.

Die Schlichproben der Gehängelehme wurden aus 16–18 kg Materials durch Spülung mit Wasser und Trennen in Bromoform gewonnen. Nach dem Abseparieren der Ferromagnetika, wurde die Schlichprobe isodynamisch mittels elektromagnetischen Separator der Fa. Cook u. Sons in fünf paramagnetisch (zu je 0,5 A) und eine diamagnetische Fraktion (über 2,5 A) geteilt. Die mineralogische Zusammensetzung der Böden wurde bei der Fraktion unter 2  $\mu$  und 5  $\mu$  mittels Röntgengoniometer GON 3 studiert. Einige Proben wurden der genaueren Identifikation der Minerale wegen glyzeriniert. Das röntgenometrische Studium der mineralogischen Zusammensetzung wurde von RNDr. E. Šamajová, CSc. vom GU-UK in Bratislava durchgeführt.

Es wurde die mineralogische Zusammensetzung und die Distribution der Elemente im vertikalen Schnitt durch den Boden durchgeführt. Die mineralogische Zusammensetzung des Bodens wird im grössten Masse durch den Charakter des Gesteins im Liegenden beeinflusst. In Böden über aktinolithischen Schiefern und Amphiboliten besteht der Hauptanteil der feinen Fraktion der Böden aus Chlorit mit Kaolinit-

Beimengung. Der Gehalt an Ton-Glimmern ist von untergeordneter Grösse. In kleinen Mengen ist Muskovit anwesend. Von den Nichttonmineralen herrscht Quarz vor, in kleinen Mengen ist  $\alpha$ -Cristobalit anwesend. Kalzit und Feldspäte sind nur in unscheinbaren Mengen vertreten, Chlorit, der der dominierende Bestandteil ist, konzentriert sich mehr in den grösseren Fraktionen und sein Gehalt steigt mit zunehmender Tiefe.

In Böden über vorherrschenden graphitischen Schiefern ist der dominierende Bestandteil der feinen Fraktion der Böden Ton-Glimmer. Grundsätzlich sinkt der Chlorit- und Kaolinitgehalt. Anwesend ist ein Tonmineral mit gemischter Struktur. Von den Nichttonmineralen dominieren Quarz und  $\alpha$ -Cristobalit. Kalzit und Feldspat sind nur untergeordnet vertreten.

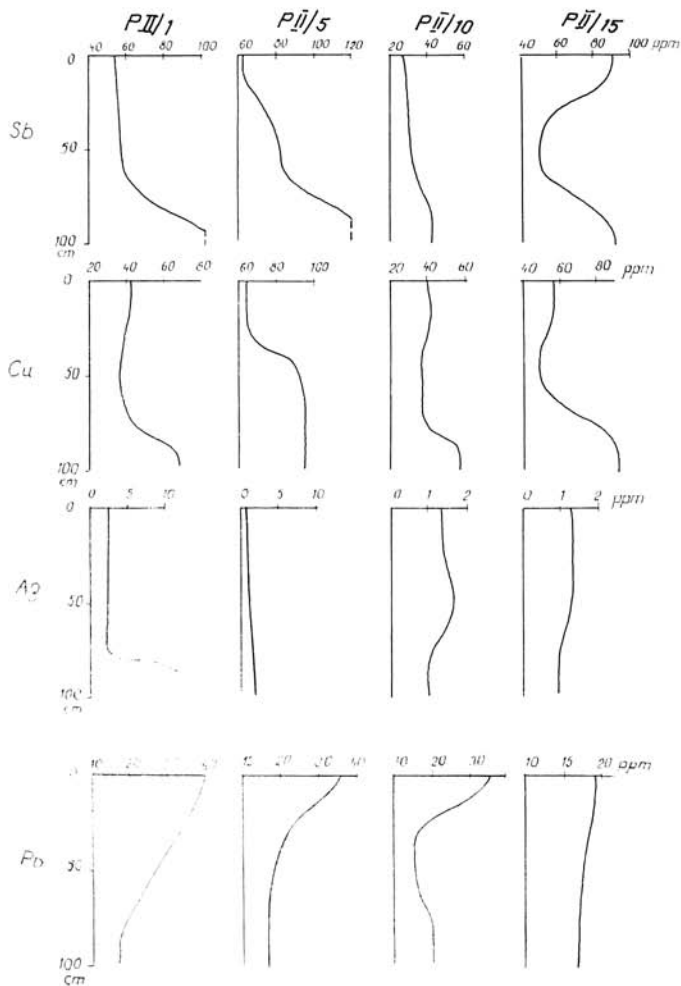


Abb. 1. Die Sb-, Pb-, Ag- und Cu-Distribution in den Bodenprofilen (Gebiet Křižice, Profil P II).

Die Distribution von Sb, Cu, Ag und Pb im Bodenprofil ist mehr oder minder gleichmässig. Das Bodenprofil wurde in vier Teile geteilt:

I. Die Probe entspricht dem A-Horizont der Böden und dem obersten Teil des B-Horizonts (10–15 cm).

II. Die Probe entspricht dem oberen Teil des B-Horizonts (20–30 cm).

III. Die Probe entspricht dem unteren Teil des B-Horizonts (30–40 cm).

IV. Die Probe entspricht dem oberen Teil des C-Horizonts (20–30 cm).

Die Bodenprofile wurden direkt in der vorausgesetzten Vererzungszone gemacht, deshalb weisen die Sb- und Ag-Gehalte in den Bodenprofilen in einigen Fällen solch abnormal hohe Werte auf — Sb und Ag sind Vererzungsbestandteile (Abb. 1, 2, 3).

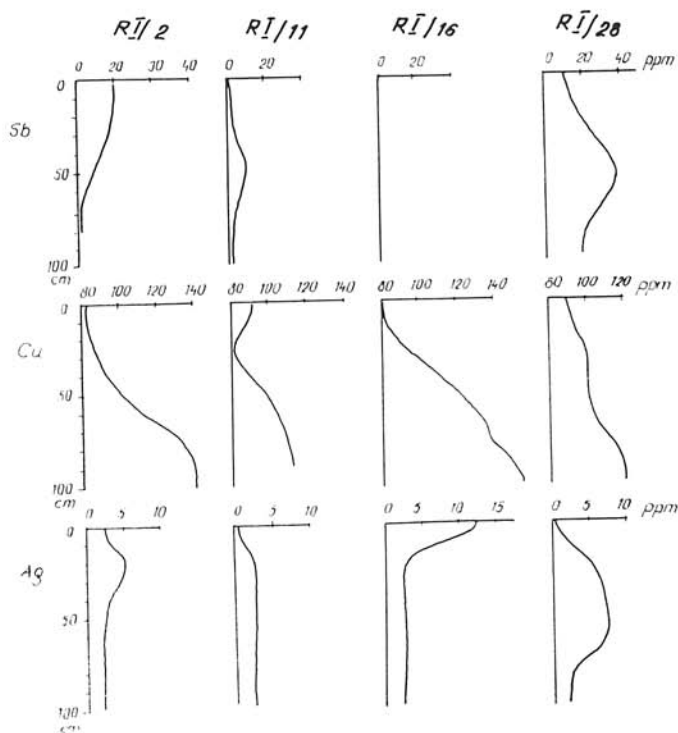


Abb. 2. Sb-, Cu- und Ag-Distribution in den Bodenprofilen (Gebiet Rybníček).

Antimon konzentriert sich vor allem im unteren Teil des B-Horizonts und im oberen Teil des C-Horizonts der Böden. In einigen Fällen sind die Antimongehalte im gesamten Profil gleichmässig. Bei der Probe R 1/2, die dem Schütt entnommen wurde, ist die Sb-Distribution umgekehrt (die Sb-Gehalte nehmen mit zunehmender Tiefe ab). Die Distribution ist in den Bodenprofilen regelmässiger. Die Kupfergehalte nehmen mit zunehmender Tiefe regelmässig zu. In den oberen Teilen bewegen sie sich zwischen 60 und 120 ppm, während sie in den unteren Teilen etwa um die Hälfte höher sind. Die Ag-Distribution ist recht unregelmässig. Die Ag-Gehalte nehmen in der Regel mit zunehmender Tiefe mässig zu, in einigen Fällen ist der A-Horizon der Böden am Ag-

reichsten. Blei ist regelmässig verteilt und seine Gehalte nehmen mit der Tiefe mässig ab.

Der Distribution der Elemente, gemäss den Bodenprofilen, ist die günstigste Tiefe für die Pronenabnahme zu entnehmen. Die Tiefe der Abnahme bewegt sich zwischen 40–50 und 80–100 cm.

Der Untergrund, das lokale Grundgehaltsniveau und der Wert des Anomalienlimits sind bei geochemischen Prospektionsarbeiten äusserst wichtig, da von ihrer richtigen Bestimmung die Interpretation der gewonnenen Resultate abhängig ist. Die gewonnenen analytischen Ergebnisse wurden statistisch verarbeitet, und es wurde der Untergrund und das Anomalienlimit für das ermittelte Gebiet bestimmt.

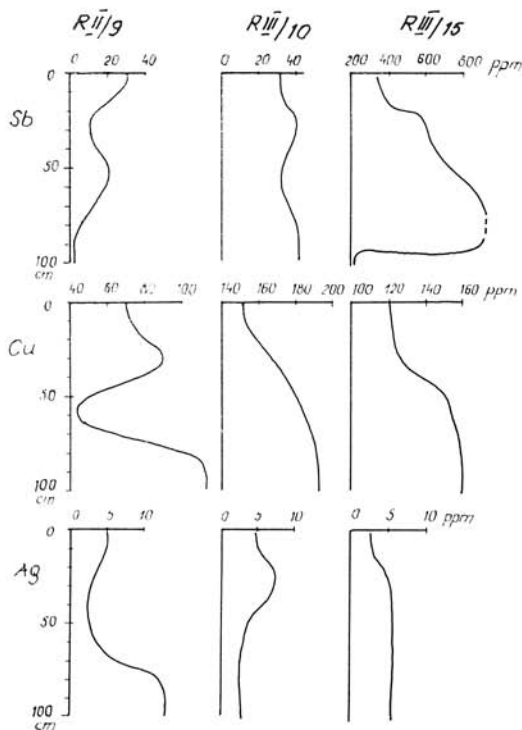


Abb. 3. Sb-, Cu- und Ag- Distribution in den Bodenprofilen (Gebiet Rybníček).

Bei den Böden des Pezinok-Pernek-Kristallinikum-Gebietes, aufgebaut durch amphibolitische, aktinolitisch-graphitische Schiefer und teilweise von Amphiboliten, wurde in den Zonen vorausgesetzter Vererzung für die Elemente Sb, Ag, Pb und Cu die Werte des Untergrundes anhand folgender Grössen bestimmt:  $\bar{x}$  (Mittelwert), Me (Median) und Mo (Modus) (Tabelle 4). Weiters wurden folgende Werte bestimmt: S (Standardabweichung, A (Symmetriekoeffizient), V % relative Standardabweichung oder Varianz) und B (der auf den Charakter der Gehaltsverteilung hinweisende Wert) (Tabelle 5).

Gemäss der Analyse der in Tabelle 4 und 5 angeführten Werte, der Analyse der

Tabelle 4. Die Werte  $\bar{x}$ , Me, Mo, für Sb, Pb, Cu und Ag von Böden des ermittelten Gebietes.

	Sb	Pb	Cu	Ag
$\bar{x}$	17	25	95	4,8
Me	5	25	80	2,7
Mo	5	20	90	3,7

Tabelle 5. Die Werte S, A, V %, B für Sb, Pb, Cu und Ag unter Voraussetzung normaler Verteilung, B<sup>x</sup> unter Voraussetzung lognormaler Verteilung.

	Sb	Pb	Cu	Ag
S	15	8,12	36	2,1
A	0,87	0,06	0,033	3,6
V %	57	32	37	43
B	9,2	0,5	0,15	6,8
B <sup>x</sup>	3,9 <sup>x</sup>			0,39 <sup>x</sup>

Gehalts-Frequenzkurven (Abb. 4, 5, 6 und 7) und den Kumulationskurven (Abb. 8, 9, 10 und 11) ergibt sich der Charakter der Elementendistribution in den Böden. Antimon und Silber, die im Boden an Erzminerale gebunden sind, haben ungefähr gleiche

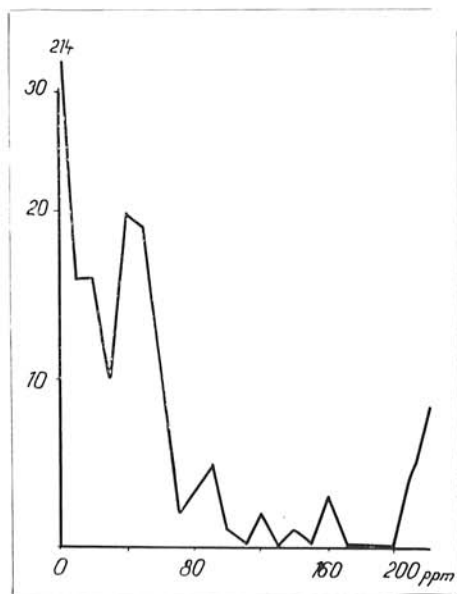


Abb. 4. Sb-Frequenzkurve.

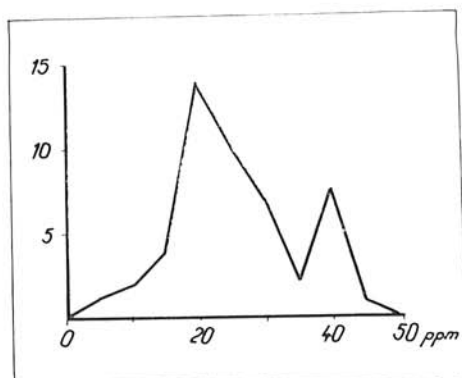


Abb. 5. Pb-Frequenzkurve.



Distribution. Einen anderen Charakter der Distribution weisen die Elemente Pb und Cu auf, welche in Pyrit- und Antimonitvererzungen nur in Spuren Mengen, im Nebengestein aber laufend vorkommen.

Die Frequenzkurve des Sb weist zwei Maxima auf. Das erste Maximum befindet sich im Gebiet der Nullwerte und ist sehr ausdrucksvoll. Nachdem die untere Be-

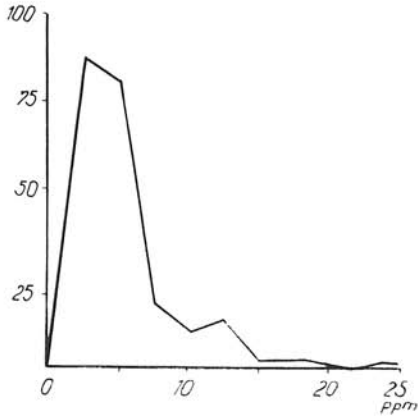


Abb. 6. Pb-Frequenzkurve.

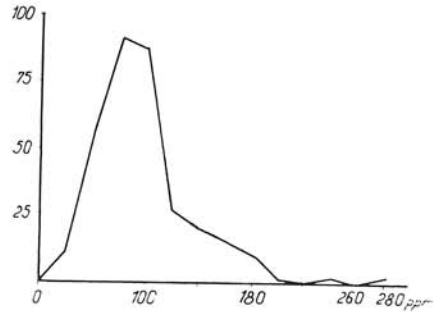


Abb. 7. Cu-Frequenzkurve.

stimmungsgrenze bei der gegebenen Methodik (Kolorimetrie) 10 ppm war, können diese Werte keinsfalls als Nullwerte angesehen werden. Sie entsprechen dem Durchschnittswert im Gestein und jenen Abschnitten ohne Mineralisation. Das zweite, wenig ausdrucksvolle Maximum liegt bei 40–50 ppm. Dieser Wert entspricht mit grösster Wahrscheinlichkeit dem Durchschnittswert in sekundären Dispersionshöfen, welche bei Prozessen der Hypergenese in der Umgebung primärer Vorkommen und durch Kon-

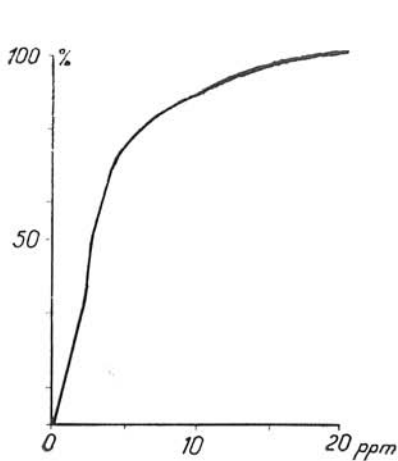


Abb. 8. Sb-Kumulationskurve.

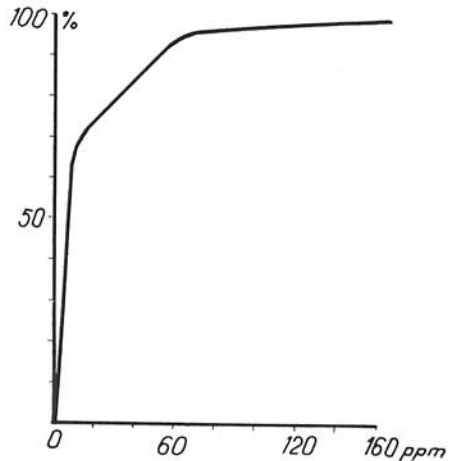


Abb. 9. Pb-Kumulationskurve.

zentration von Material am Fusse von Hängen entstanden sind. Dieser Wert (40–50 ppm Sb) ist annähernd gleich mit dem errechneten Wert des Anomalienlimits (Tab. 6). Zwei Maxima der Sb-Gehaltsfrequenzkurve weisen auf zweierlei Ursprung des Antimons in Böden hin: auf aus mineralisierten Zonen stammendes, und auf (laut Analysen Werte unter 10 ppm) aus mineralisationsfreien Gesteinen stammendes Antimon. Die Teilung der Sb-Werte in Böden kommt der lognormalen Teilung nahe.

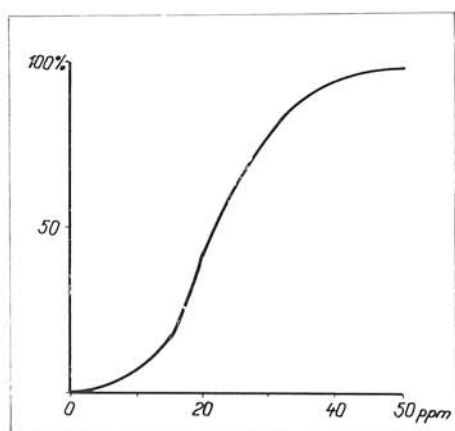


Abb. 10. Ag-Kumulationskurve.

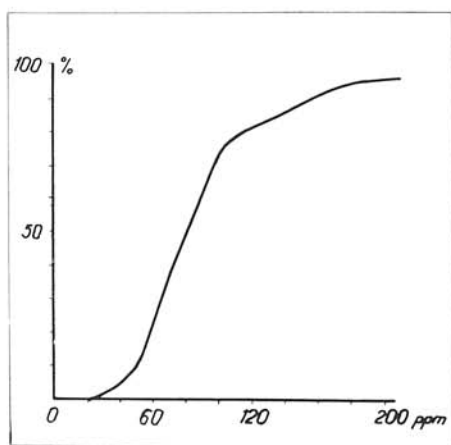


Abb. 11. Cu-Kumulationskurve.

Ähnliche Distribution wie Antimon hat auch Silber. Der Durchschnittsgehalt für die Böden dieses Gebietes ist im Vergleich zum Clark-Gehalt sehr hoch (annähernd 40-fach). Dies geht daraus hervor, dass sich im gegebenen Gebiet verstreut pyrit-pyrrhotinische Vererzung befindet, an welche sich ein Teil des Ag bindet. Die Profile wurden in der Zone dieser verstreuten Pyrit-Pyrrhotin-Mineralisation situiert. Die Verteilung der Ag-Gehalte in den Böden ist lognormal.

Tabelle 6. Die Werte des Anomalienlimits, berechnet nach dem Me-Wert

	Sb	Pb	Ag	Cu
Me+2S	25	45	6,8	160
Me+3S	30	55	8,9	195
5 × Me-10 × Me	25–50	175–350	13–27	400–800

Blei und Kupfer, die sich in der hydrothermalen Antimonitvererzung in Spurenmengen konzentrieren und nur vereinzelt selbständige Minerale bilden, haben in den Böden anderen Distributionscharakter. Die Verteilung der Pb- und Cu-Gehalte in den Böden ist normal (Tabelle 5) und die Werte  $\bar{x}$ , Me und Mo sind ähnlich (Tabelle 4). Daraus kann beurteilt werden, dass es in den gegebenen Abschnitten bei den hydrothermalen Prozessen zu keiner grösseren Zufuhr von Pb und Cu kam. Extrem hohe Gehalte an Pb (über 200 ppm) und Cu (über 200 ppm) wurden nur vereinzelt fest-

gestellt. Die extrem hohen Pb-Gehalte können durch lokale Kumulation dieses Elements verursacht sein, da in diesem Gebiet kleine Vorkommen von Pb-Vererzungen bekannt sind.

Das Anomalienlimit wurde auf verschiedene Weise bestimmt. Als Basis zur Berechnung wurde der Wert Me genommen, der im Hinblick auf den Distributionscharakter von Sb und Ag besser entspricht.

Zu den bestimmten Werten des Anomalienlimits (Sb 30 ppm, Ag 8,9 ppm) muss allerdings gesagt werden, dass diese Werte für Sb und Ag doch etwas zu hoch sind. Dies hat seinen Grund darin, dass die Proben direkt den Vererzungszonen entnommen wurden, sodass der Wert des Anomalienlimits für zutage tretende Lagerstätten gilt. Für Antimonvorkommen, die nicht an die Erdoberfläche treten, wird der Wert des Anomalienlimits grundsätzlich niedriger sein.

Bei der mathematischen Bestimmung der anomalen Werte ist es in der Regel notwendig, den Charakter der Elementenverteilung im erforschten Milieu zu kennen. A. I. Gavrišin, J. N. Jus'kov (1967) bestimmten ohne Rücksicht auf den Charakter der Elementenverteilung im Milieu, die Eignung oder Nichteignung der Verfolgung eines Elements (auf Grund des nichtparametrischen Kriteriums nach Kolmogorov — Smirnov) folgendermassen:

$$\lambda^2 = D^2 \cdot \frac{n_1 + n_2}{n_1 + n_2}$$

wobei  $\lambda^2$  der Prospektionshinweis,  $D^2$  die grösste Differenz im Intervall  $\Sigma f^{0/}$ ,  $n_1$  die Anzahl der Fälle in Gehaltsniveau-Gebiet und  $n_2$  die Anzahl der Fälle im Dispersionshof ist.

Laut I. A. Gavrišin und J. N. Jus'kov (1967) gilt, dass falls  $\gamma^2$  einen höheren Wert als 1,5 hat, für das fragliche Elemente die Wahrscheinlichkeit mehr als 0,9 beträgt und einen Prospektionshinweis darstellt. Die Wahrscheinlichkeit, ob ein bestimmtes Element anomal oder innerhalb des Grundgehaltsniveaus ist, lässt sich nach folgender Voraussetzung bestimmen:

$$R(A/P^j) = \frac{R(A) \cdot R(P^j/A)}{R(A) \cdot R(P^j/A) + R(B) \cdot R(P^j/B)}$$

wobei  $R(A/P^j)$  die Wahrscheinlichkeit ist, dass der voraussätzliche Wert zu den anomalen gehört,  $(P^j/A)$  die perzentuelle Anzahl der Fälle gegebener Konzentration im Dispersionshof,  $(P^j/B)$  die perzentuelle Anzahl der Fälle gegebener Konzentration ausserhalb des Dispersionshofes und  $R = 50$  ist.

Der Tabelle 7 ist zu entnehmen, dass Antimongehalte über 30 ppm für das ermittelte Klein-Karpaten-Gebiet zu den anomalen Gehalten gehören.

Der Distributionscharakter von Sb, Cu, Ag und Pb der sekundären Distributionshöfe in Böden wurde an drei Stellen studiert: im Abschnitt bekannten Vorkommens von Antimonitvererzungen (Rybníček), im Abschnitt der Fortsetzung bekannter Vorkommen (Křížica) und ausserhalb bekannter Vererzungszonen (Mšánský Ostrovec).

Im Gebiet Rybníček verlaufen die metallometrischen Profile entlang der Gefällwechselinie unter einem Neigungswinkel von 30°, weshalb vorausgesetzt werden kann, dass das Material nur von den höhergelegenen Teilen des Hanges stammt. Die Länge der Profile beträgt 120–150 m. Aus den flächenmässigen Gehalten der Elementenverteilung (Abb. 12, 13, 14), ist der Charakter der Distribution in den Böden ersichtlich. Antimon bildet zwei ausgesprochene Anomalien. Die eine Anomalie bildet es an den

Tabelle 7. Tabelle der Wahrscheinlichkeiten, ob der fragliche Sb-Gehalt dem Grundgehaltsniveau oder dem Dispersionshof-Wert angehört

Gebiet des Grundgehaltsniveaus				Dispersionshof			Wahrscheinlkt. dass der Wert angehört dem:	
Gehalt	Probenanzahl	f 0/0	Σ f 0/0	Probenanzahl	f 0/0	Σ f 0/0	Grundgehaltsniveau	Dispersionshof
0	52	50	50	4	5,5	5,5	0,99	0,01
30	26	26	76	12	16,5	22	0,66	0,34
100	24	22	98	41	55	77	0,31	0,69
300	1	1	99	7	11	86	0,09	0,91
1000	1	1	100	10	14	100	0,06	0,94

Gehängen annähernd im Gebiet bekannten Vorkommens von Antimonitvererzung, die zweite am Fusse des Hanges. Erstere ist 30—50 m breit und hat mehr oder minder regelmässigen Aufbau. Im Zentrum der Anomalie erreichen die Sb-Gehalte 300—1800 ppm und sinken regelmässig in Richtung zum Rand hin ab. Die zweite Anomalie, die sich am Fusse des Hanges befindet ist weniger ausgeprägt und ihre Gehalte sind etwa um die Hälfte niedriger. Die Autoren dieses Beitrags nehmen an, dass es sich im Falle der zweiten Anomalien um eine Verlagerungen terrigenen Materials von höhergelegenen Teilen des Gehänges, wo sich die Vererzungszone befindet handelt, und deshalb lokalisiert diese Anomalie nicht direkt die Antimonvererzung. Die Gegenwart anomaler Sb-Gehalte am Fusse der Gehänge weist auf die Verwertungsmöglichkeit in der ersten Etappe der Erkundung und der Methode der Metallometrie an der Talsohle

hin. Flächen mit Gehalten über dem Grundgehaltsniveau an Ag (Abb. 13) sind sehr niedrig und unregelmässig, wobei sie gegenüber Sb zum Hang hin verschoben sind und mit dem Antimon nicht korrelieren.

Die Verteilung des Cu ist unregelmässig und seine höheren Gehalte befinden sich in den Gebieten der höchsten Sb-Gehalte. Die Elemente Sb, Cu, Ag korrelieren untereinander nicht, wovon auch die niedrigen Werte der Korrelationskoeffizienten zeugen ( $r_{\text{Sb/Ag}} = 0,25$ ;  $r_{\text{Sb/Cu}} = 0,3$ ;  $r_{\text{Cu/Ag}} = 0,25$ ).

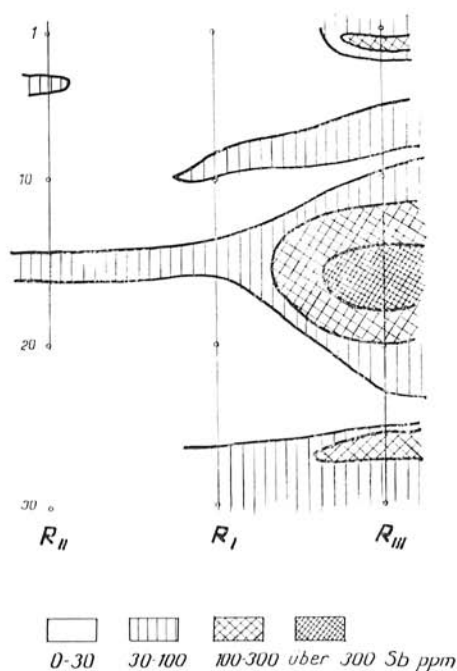


Abb. 12. Flächenmässiges Bild der Sb-Distribution in Böden (Rybníček).

Das Studium der Schlichproben von Gehängelehmen im Gebiet bekannter Vererzungen zeitigte keine positiven Ergebnisse. Es wurden keinerlei primäre oder sekundäre Sb-Mineralen festgestellt. In den Abschnitten mit anomalen Sb-Gehalten entnommenen Schlichproben, wurde ein erhöhter Gehalt limonitisierten Anteils (nierenförmiger Limonit, Pseudomorphose des Limonits nach Pyrit, limonitisierte Amphibole), welcher 55–70 % der Gesamtmenge der schweren Fraktion der Schlichprobe ausmacht, festgestellt. Laut einiger Autoren N. A. Cykunková, N. K. Uljanov (1961), V. P.

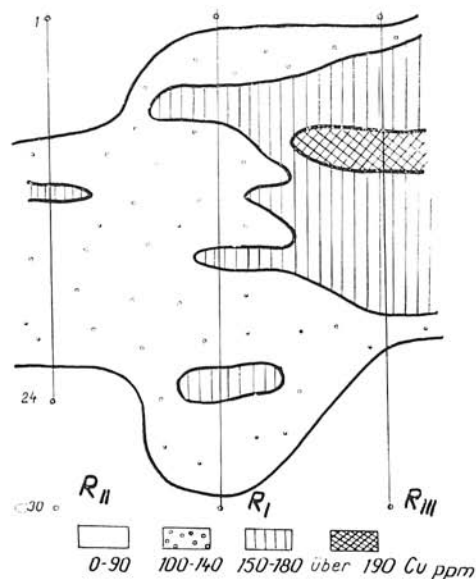
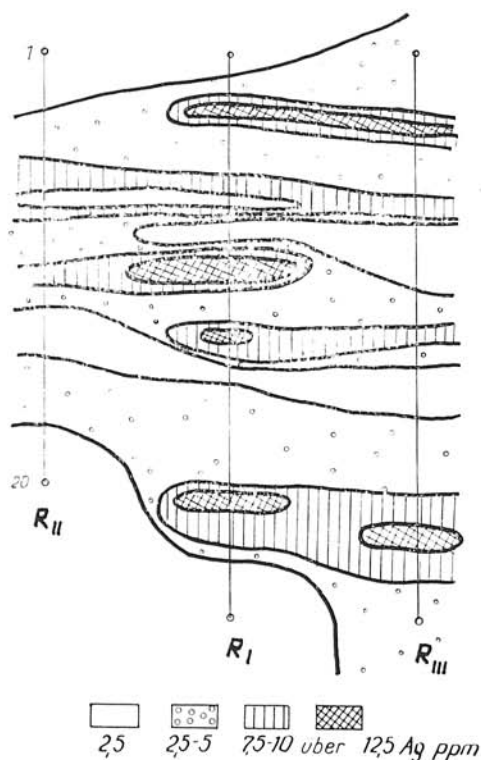


Abb. 13. Flächenmässiges Bild der Ag-Distribution in Böden (Rybníček).

Abb. 14. Flächenmässiges Bild der Cu-Distribution in Böden (Rybníček).

Tabelle 8. Die Sb- und Pb-Gehalte im schweren Anteil der Schlichproben

Probennummer	Sb (ppm)	Pb (ppm)
R III/1s schwerer Anteil insgesamt	205	68
R III/1s paramagnet. Fraktion bis 0,5 A	352	80
R III/1s paramagn. Frakt. über 0,5 A	68	36
R III/3s paramagn. Frakt. unter 0,5 A	270	68
R III/3s paramagn. Frakt. über 0,5 A	160	39
R III/5s paramagn. Frakt. unter 0,5 A	780	51
R III/5s paramagn. Frakt. über 0,5 A	567	50

Fedorčuk (1964) wird Sb, Ag, Pb in der Zone der Hypergenese in bedeutendem Masse durch Sorption an Limonite gebunden. Diese genannte Tatsache kann als einer der Prospektionshinweise angewendet werden. Durch die Analyse der schweren Fraktion der Schlichproben wurde festgestellt, dass sich Sb hauptsächlich in der paramagnetischen Fraktion bis 0,5 A konzentriert, die vorwiegend aus Limonit gebildet wird. Die Gehalte an Sb sind in dieser Fraktion annähernd doppelt so hoch wie in der paramagnetischen Fraktion über 0,5 A (Tabelle 8).

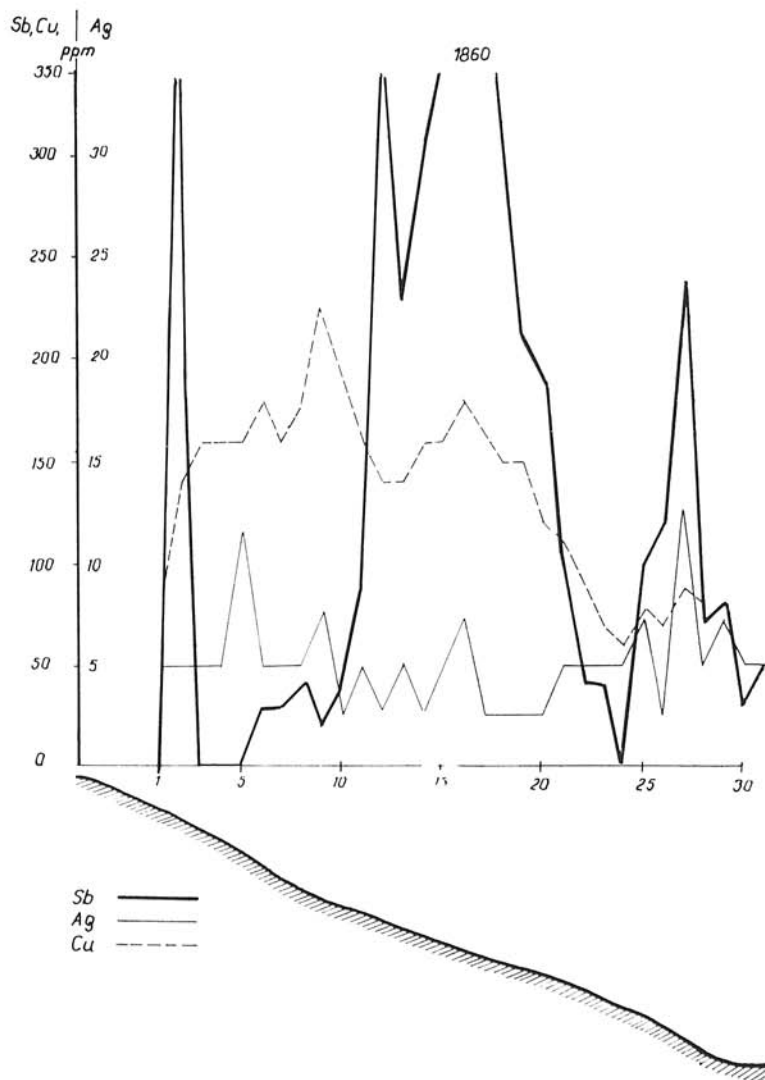


Abb. 15. Die Sb-, Pb- und Ag-Gehalte in Böden im Gebiet des bekannten Antimonit-Vererzungs-Vorkommens Rybníček, Profil R III.

Im Abschnitt der vorausgesetzten Antimonitvererzung (Gebiet Křižica) wurde ebenfalls eine Sb-Anomalzone, 50–80 m breit mit Sb-Gehalten maximal bis zu 500 ppm, festgestellt (Abbildung 16). Zusammen mit Sb korrelieren die erhöhten Pb- und Cu-Gehalte. Anomale Cu-Gehalte, befinden sich allerdings auch ausserhalb der Sb-Anomalien. Silber korreliert, ähnlich wie im Gebiet Rybníček, mit Antimon nicht.

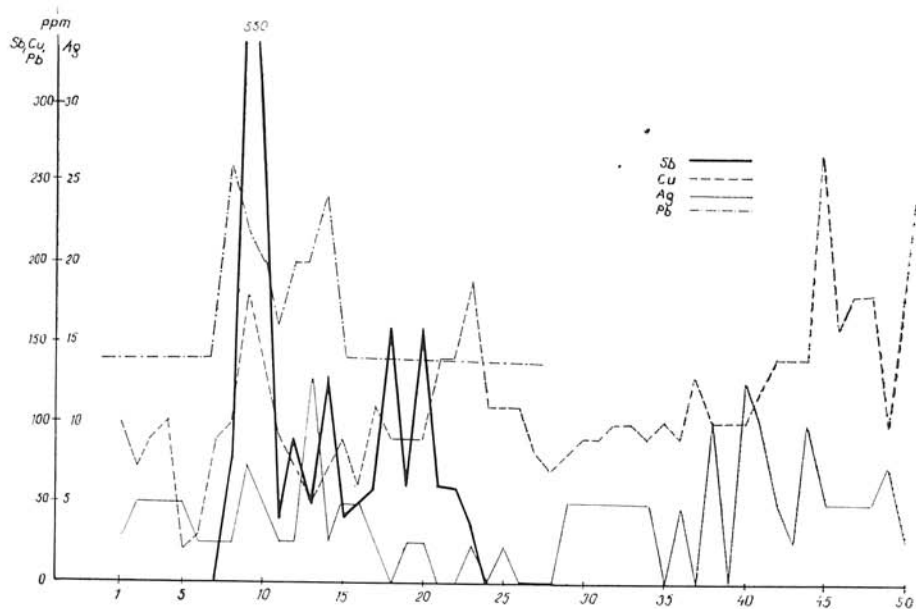


Abb. 16. Die Sb-, Pb- und Ag-Gehalte in Böden des Gebietes voraussetzlicher Fortsetzungen der Antimonitvererzung, Křižica, Profil P. I.

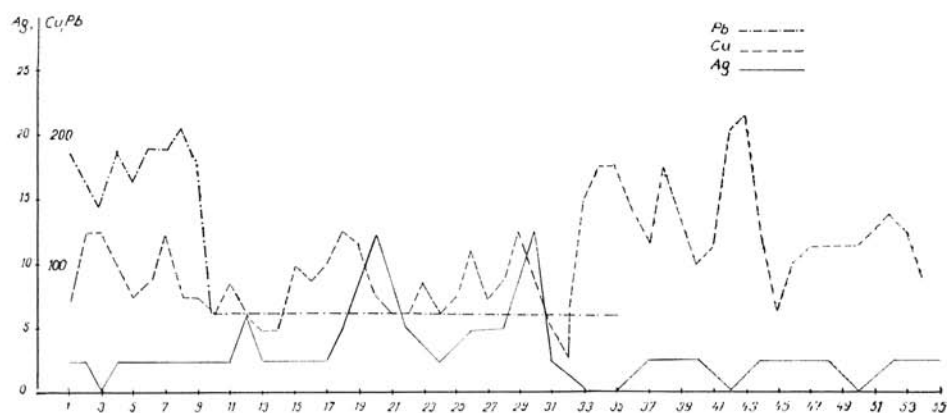


Abb. 17. Die Pb-, Hg- und Cu-Gehalte in den Böden ausserhalb der Antimonitvererzung, Mísářský Ostrobec, Profil M II.

Die Distributions der Elemente, den Profilen durch die einzelnen Gebiete nach, (Rybniček, Abb. 15. Křižica, Abbildung 16. Misársky Ostrobec, Abbildung 17) weist auf eine ähnliche Verteilung von Cu, Ag so in Gebiet mit, als auch ohne Antimonitvererzung hin. Eine unterschiedliche Distribution erfährt Sb, das im Gebiet Misársky Ostrobec nicht festgestellt wurde (Gebiet ausserhalb bekannter Zonen von Antimonitvererzungen). Die Profile wurden stets durch die Zone in graphitischen und graphitisch-aktinolithischen Schiefen, senkrecht zur Strukturrichtung und mit Gebiet Misársky Ostrobec teilweise auch durch Amphibolite geführt.

### *Schlussfolgerung*

1. Antimon konzentriert sich in Böden, im Gebiet von Sb-Vererzungsvorkommen, in bedeutenden Mengen.

2. Die Boden-Metallometrie ist eine geeignete Methode zur Ermittlung sekundärer Dispersionshöfe bei jeweiligem Vererzungstyp. Da sich zu den gegebenen geologischen Bedingungen ausgeprägte Dispersionshöfe bilden die verhältnismässig eng sind, ist es notwendig die Entfernung der Probenentnahmestellen an den Profilen zwischen 5—10 m zu wählen.

3. Sb, Cu, Ag konzentrierten sich in einer Tiefe unter 30—50 cm. Pb nimmt mit zunehmender Tiefe leicht ab.

4. In der schweren Fraktion der Gehängelehme konzentrieren sich die aus primären Vorkommen bekannten Erzminerale nicht. In den Gebieten sekundärer Sb-Dispersionshöfe sind die Limonitgehalte erhöht.

5. Die Sb-Gehalte sind in den Limoniten hoch und korrelieren mit den Sb-Gehalten in den sekundären Dispersionshöfen.

6. Beim Studium der sekundären Dispersionshöfe an den Vorkommen bei gegebenen geologischen Bedingungen genügt es vollauf, die Sb-Distribution zu verfolgen. Im Hinblick auf die Gegenwart einer Pb-Mineralisation, kommt auch die Ermittlung der Pb-Distribution in Betracht. Die Verfolgung des Cu, das laufend im Nebengestein vorhanden ist, brachte keine günstigen Ergebnisse.

7. Die Nachweisgrenze des Sb muss bei der analytischen Methode mindestens 10 ppm betragen, da bei verdeckten Lagerstätten auch diese Werte bedeutsam sind.

8. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist es notwendig dem detaillierten geomorphologischen Bau grosse Aufmerksamkeit zu schenken.

9. Die geochemische Prospektion anhand der Boden-Metallometrie ist, nach kleinen Korrekturen, auch auf andere Gebiete der Vorkommen von Sb-Vererzungen anwendbar.

Übersetzt von E. WALZEL.

### SCHRIFTTUM

- CAMBEL, B., 1959: Hydrotermálne ložiská v Malých Karpatoch. Mineralógia a geochémia ich rúd. Acta geol. et geogr., Geologica 3, S. 349.
- CYKUNKOVA, N. A., ULJANOV, N. K., 1961: Formy nachoždenija metallov v eljuvialno-deljuvialnych obrazovanijach na nekotorych rudnych mestoroždenijach Centralnogo Kazachstana. Inf. sb. VSEGEI 50, S. 71—81.
- FEDORCUK, V. P., 1964: Metodika poiskov i razvedky skrytogo rtutnosurnjannogo orudnenija. Vyd. Nedra, Moskva.
- FINKELEŠTEIN, J. V., 1961: O zapadnom prodolženii južno-Ferganskogo rudonosnogo pojasa. Uč. zap. SAIGIMS 6, Taškent.
- CAVRISIN, A. I., JUŠKOV, J. V., 1967: O matematičeskoj interpretacii rezul'tatov geochemičeskich poiskov. Izd. AN SSSR, Sibirskoje odd. 6, S. 90.



- GINZBURG, I. I., 1957: Opyt razrabotky teoretičeskikh osnov geochimičeskikh metodov poiskov. Gosgeolizdat, Moskva, S. 290.
- HAWKES, H. E., 1954: Geochemical prospecting investigation in the Nyebe-lead-zinc-district, Nigeria. U. S. Geol. Surv. Bull. 1000-B, 51.
- JARUSEVSKIJ, G. A., GONČAROV, A. J., NIKIFOROV, N. A., GORJANOV, V. B., DO-KUATOV, V. J., SAFIN, V. S., 1961: K metodike detailnykh geologičeskikh sĵemok rtutno-surmjannykh rudnykh polej Južnoj Fergany kak osnovy dlja poiskov skrytykh rudonosnykh struktur. Uč. zap. SAIGIMS 6, Taškent.
- KRAYČENKO, G. G., OZEROVA, N. A., 1961: O nekotorykh geochimičeskikh osobennostijach rajona Kanskogo svincovo-cinkovogo mestoroždenija. Uč. zap. SAIGIMS 6, Taškent.
- NETREBA, A. V., PLATONOV, K. V., 1961: Rtutno-surmjannoje orudnenie severozapadnogo Kavkaza. Uč. zap. SAIGIMS 6, Taškent.
- POKORNÝ, J., 1959: Stibiometrická prospekce v Spišsko-gemerskem Rudhoří. Acta geol et geogr. UK, Geologica 2, Bratislava, S. 181—194.
- TERECHOVA, G. A., 1961: Oreoly parvičnogo rassejanija na rtutnosurmjannykh mestoroždenijach rudnogo poľa chrebtu Boardy. Uč. zap. SAIGIMS 6, Taškent.
- TERECHOVA, G. A., 1966: Pervičnyje oreoly rassejanija nekotorykh rtutno-surmjannykh mostoroždenij soglasnogo tipa. ONTI-VIZMS 1, Moskva, S. 127.

Zur Veröffentlichung empfohlen von B. CAMBEL.