

GEOCHEMISCHE PROSPEKTIONSARBEITEN IN OSTBAYERN

von

HELMUTH ACKERMANN*

ZUSAMMENFASSUNG

Für geochemische Prospektionsarbeiten wurden Analysenverfahren für die Atom-Absorptions-Spektralanalyse und die Röntgen Fluoreszenz-Spektralanalyse ausgearbeitet, die eine schnelle Bestimmung von sogenannten Pfadfinderelementen in Bodenproben ermöglichen. Es zeigte sich, daß zum Auffinden von Anomalien in Böden nicht unbedingt exakte Absolutwerte der Konzentration der betreffenden Indikatorelemente notwendig sind. Mit der AAS und der RFA konnten für die Elemente Zn, Cu und Pb Anomalien in Bodenproben festgestellt werden, die Hinweise auf bereits bekannte oder erst durch Bohrungen bestätigte Vererzungen in der Tiefe ergaben.

ABSTRACT

Deposits often have a dispersion halo which can be found by geochemical exploration of the soil. In this paper investigations were made to find rapid methods in the atomic-absorption analysis and the x-ray spectrometry, in the detection of so-called indication elements which give information about deposits below the surface in order. To find anomalies it is not necessary to determine the absolute concentration of the elements in the soil. With the elements Zn, Cu und Pb dispersion halos could be found in the soil above fluorite deposits.

1. EINLEITUNG

Die Prospektion auf nutzbare Lagerstätten wird heute auf unserer Erde in großem Umfang betrieben. Erzlager, die durch die Ausbildung eines Eisernen Hutes an der Erdoberfläche ausbeißten oder durch bunt gefärbte Sekundärminerale zu erkennen sind, dürften in den erforschten Gebieten unserer Erde kaum noch zu finden sein. So ist die Wissenschaft auf andere Methoden angewiesen, um nutzbare Lagerstätten zu entdecken.

Zwei Methoden, die geeignet sind, Hinweise auf die unter der Erdoberfläche befindlichen Lagerstätten zu geben, sind die Geophysik und die Geochemie. Die geochemische Prospektion ist eine relativ junge Untersuchungsmethode. Sie begann sich in der Sowjetunion ab etwa 1930 zu entwickeln und hat dort gegenwärtig einen bedeutenden Umfang erreicht. Unter den Gründern dieses Wissenschaftszweiges sind vor allem die Namen SOKOLOV, FLEROW, SENIN, SOFRONOW, NIKOAJEW, FERSMAN, WINOGRADOW, SMIRNOW u.a. zu nennen. Nach dem Krieg wurde diese Methode zur Aufsuchung von Lagerstätten auch in westlichen Ländern mit Erfolg angewendet, wobei hier vor allem die Arbeiten von HAWKES and WEBB (1962) zu nennen sind.

*) Dr. Helmuth Ackermann, Staatliches Forschungs-Institut für angewandte Mineralogie, 8400 Regensburg, Kumpfmühler Str. 2

2. GRUNDLAGEN DER GEOCHEMISCHEN PROSPEKTION

Das Prinzip der geochemischen Prospektion beruht darauf, daß die Elemente der Lagerstätten oft einen Dispersionshof bilden, der sich durch die Gesteinsdecke bis an die Erdoberfläche durchpaust. So ist es möglich, etwa durch Untersuchungen des Bodens auf bestimmte Elemente (sog. Pfadfinder-Elemente) Anomalien zu finden, die Hinweise auf die unter der Erdoberfläche befindlichen Lagerstätten geben können. Diese geochemischen Indikatorelemente sind nach GINSBURG (1963) entweder Hauptelemente, aus denen die Lagerstätte selbst besteht, oder solche, die besonders charakteristisch für die Lagerstätte sind. Die Dispersionshöfe um Lagerstätten können primärer Natur sein, das heißt, bei der Entstehung der Lagerstätte wurde das Nebengestein imprägniert, oder sie sind sekundär als Folge von Verwitterungsvorgängen und Migration bestimmter Elemente entstanden.

Bei der geochemischen Prospektion unterscheidet man eine Übersichtsprospektion, die längs Flüssen und Bächen an Wasser- und Bodensedimenten vorgenommen wird, um zu prüfen, ob ein größeres Untersuchungsgebiet in bezug auf Lagerstätten hoffig oder steril ist, und der Spezial-Prospektion, die in einem hoffigen Gebiet durch eine dichte Probenahme längs Profillinien oder netzförmig vorgenommen wird.

Die für eine Prospektion sich eignenden Indikatorelemente reichern sich bei Dispersionsvorgängen vor allem in den in der Verwitterungsdecke enthaltenen feinsten, meist tonigen Anteilen an. Deshalb werden für die Untersuchungen die Feinanteile des Bodens unter $180\ \mu\text{m}$ analysiert.

Ein Element, welches sich z.B. durch seine Flüchtigkeit und Migrationsfreudigkeit als Indikatorelement für Prospektionsarbeiten besonders eignet, ist das Quecksilber. Diese Methode wurde zuerst von SAUKOV (1946) vorgeschlagen, und sie ist inzwischen von vielen Wissenschaftlern erprobt und als erfolgversprechend bewiesen worden (HAWKES and WILLISTON 1962, PETRASCHECK 1967, FRIEDRICH 1970 und 1975 u.a.).

3. PROBENAHEME

Für die hier am Institut durchgeführten Prospektionsarbeiten wurden Bodenproben mit Hilfe eines Erdbohrstocks aus Tiefen zwischen 30–70 cm entnommen und in Kunststoffbeutel gefüllt. Der Probenabstand lag je nach Lagerstätte zwischen 0,50 – 5 m. Voruntersuchungen hatten gezeigt, daß sich die für die Prospektion geeigneten Elemente in gewissen Bodentiefen mehr oder weniger stark anreichern können. Deshalb muß man sich bei der Entnahme von Proben innerhalb eines Untersuchungsgebietes immer an ein und denselben Bodenhorizont halten. Durch Stichproben aus unterschiedlicher Tiefe läßt sich die Inhomogenität des betreffenden Bodenhorizontes bestimmen.

4. AUFBEREITUNG

Das Probenmaterial wurde mit den offenen Kunststoffbehältern im Trockenschrank bei 60 – 70 °C getrocknet. Zusammenhaftende Erdklumpen wurden mit der Hand leicht zerdrückt. Da sich für die Untersuchungen, wie bereits beschrieben, nur der Feinanteil des Bodens eignet, wurde der Anteil unter $180\ \mu\text{m}$ mit einem Kunststoffsieb abgetrennt.

5. ANALYSENMETHODEN

Es wurden Bestimmungsmethoden erarbeitet, die möglichst schnell zu genauen Ergebnissen führen. Dazu eignen sich z.B. die Atom-Absorptions-Spektralanalyse (AAS) und die Röntgenfluoreszenz-Spektralanalyse (RFA).

5.1 BESTIMMUNGEN MIT DER AAS

Bei den Bodenuntersuchungen auf sog. Pfadfinderelemente, die einen Hinweis auf Dispersionshöfe von Lagerstätten geben sollen, ist es nicht notwendig, das gesamte Gesteinsmaterial chemisch aufzuschließen. Da diese Elemente in den tonigen Anteilen adsorptiv gebunden sind, genügt eine Auslaugung der Bodenproben mit einer starken Säure. Man erhält dann zwar nicht den absoluten Elementgehalt der Probe, aber das ist zum Auffinden von einer Anomalie auch nicht notwendig.

Bei den Elementen Zn, Cu und Pb, die mit dieser Methode bestimmt wurden, erwies sich dabei eine 1n Salpetersäure als völlig ausreichend.

Je 200 mg des im Trockenschrank bei 70° getrockneten und anschließend unter 180µm abgeseihten Feinanteils der Bodenproben werden in Reagenzgläsern mit 5 ml 1 n HNO₃ eine Stunde bei 100° C auf einem beheizbaren Aluminiumblock, der etwa 30 Gläser faßt, ausgekocht, Nach Abkühlen der Lösungen wird mit 1 n HNO₃ auf 10 ml aufgefüllt und einen Tag absitzen lassen. Die überstehende klare Lösung kann dann direkt für die Messung mit der AAS verwendet werden.

5.2 BESTIMMUNGEN MIT DER RFA

Für exakte quantitative Bestimmungen mit der RFA mußte der Feinanteil des Bodens unter 30 µm zerkleinert werden. Davon wurden für die Spurenelementbestimmungen Tabletten unter Zusatz von 20% Wachspulver (Nr. C der Fa. Farbwerke Hoechst AG) gepreßt. (Bei stark wechselnder Zusammensetzung des Untersuchungsmaterials sind sogar Schmelzen mit Lithium-Tetraborat herzustellen).

Diese Verfahren sind bei einer großen Anzahl von Proben relativ zeitraubend, deshalb wurde ein Schnellbestimmungsverfahren entwickelt, das in kurzer Zeit einen halbquantitativen Überblick über das Untersuchungsmaterial gibt.

Dazu wird der unter 180 µm abgeseibte Feinanteil der Proben ohne weitere Bearbeitung in Spezial-Probebehälter geschüttet (sog. Schüttproben). Der relative Elementgehalt der Proben wird durch schnelles Registrieren der entsprechenden Analysenlinien mit dem Spektrographen ermittelt. Der gesamte Zeitaufwand für eine solche Analyse einschließlich Einfüllen und Wechseln der Proben beträgt für 100 Proben etwa 5 Stunden. Falls die Gehalte von verschiedenen Indikatorelementen nur mehr oder weniger um einen mittleren Wert schwanken und nirgends eine besondere Anomalie vermuten lassen, brauchen für diese Proben keine weiteren quantitativen Untersuchungen mehr durchgeführt werden.

Mit dieser Schnellmethode werden zwar keine exakten Absolutgehalte der Proben bestimmt, aber zum Auffinden von Anomalien ist sie sehr gut geeignet. Für quantitative Angaben bei gefundenen Anomalien wird – falls dies erforderlich ist – das Probenmaterial nach den o.g. Vorschriften aufbereitet.

6. UNTERSUCHUNGEN IM GELÄNDE

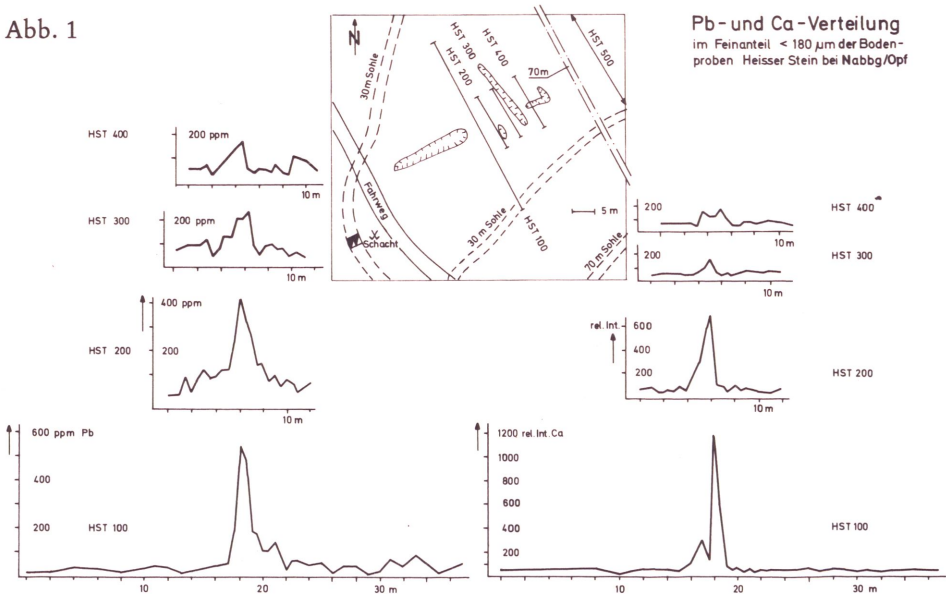
Unter den zahlreichen Prospektionsarbeiten, die vom Institut im ostbayerischen Raum bereits durchgeführt worden sind, sollen hier an einigen Beispielen die Ergebnisse, die nicht immer Anomalien zu bringen brauchen, dargestellt werden.

6.1 UNTERSUCHUNGEN AN DER GRUBE HEISSER STEIN BEI NABBURG

Durch Schürfarbeiten war in unmittelbarer Nähe des Schachtes der heute stillgelegten Grube Heisser Stein der etwa NE-SW streichende Flußspatgang über Tage mit einer Mächtigkeit von ca. 20 cm aufgeschlossen worden. Es sollte untersucht werden, ob und wie weit sich dieser Gang mit geochemischen Methoden durch Bodenuntersuchung auf Indikatorelemente weiter verfolgen läßt. Dazu wurden insgesamt 5 Profile senkrecht zum Streichen des Ganges mit ca. 150 Bodenproben genommen und mit der RFA auf die Elemente Pb, Cu, Zn und Ca untersucht (s. Abb. 1).

Bei den beiden Profilen HST 100 und 200 (3 und 6 m Abstand zum Schürfgraben) wurden Pb-Gehalte (Absolutgehälter) von 300–500 ppm gegenüber Untergrundwerten zwischen 20–50 ppm gefunden. Die Pb-Gehälter sind an diesen beiden Profilen etwa um den Faktor 10 angereichert und stellen somit eine deutliche Anomalie dar. Für die Auswertung von Prospektionsbefunden ist ja immer die Frage entscheidend, ob sich die Gehälter einzelner Proben mit genügender statistischer Sicherheit von der Gesamtheit aller Proben unterscheiden lassen (ACKERMANN 1973).

Abb. 1



Pb- und Ca-Verteilung im Feinanteil < 180 µm der Bodenproben Heisser Stein bei Nabbg/Opf

Beim dritten und vierten Profil (10 und 15 m Entfernung vom Schürfgraben) konnte nur noch eine schwache Anreicherung von etwa 200 ppm Pb gefunden werden, während beim Profil 500 (100 m vom Schürfgraben entfernt und eine Gesamtlänge von 80 m), keinerlei Anreicherung gegenüber den Untergrundwerten festgestellt werden konnte.

Für Cu ergab sich nur im ersten Profil eine schwache Anreicherung von einigen Proben mit Gehalten von ca. 50 ppm gegenüber Untergrundwerten zwischen 20 bis 30 ppm.

Für Zn konnte in keinem der Profile eine Anomalie festgestellt werden. Die Zn-Gehalte lagen bei allen Proben zwischen 60–80 ppm.

Die sonst bei geochemischen Sucharbeiten gerne verwendeten Leitelemente Pb, Cu und Zn sind hier bei der Suche nach Flußspat nur bedingt geeignet, da der Flußspat in diesem Gebiet ziemlich rein und somit arm an Begleiterzen wie Bleiglanz, Kupferkies und Zinkblende ist.

Es wäre also günstig, für eine Flußspat-Prospektion die Bodenproben gleich auf Fluor zu untersuchen. Leider ist die F-Bestimmung in Gesteinen und Böden sehr aufwendig, da das Fluor für die quantitative Bestimmung zuerst in Lösung gebracht werden muß. Deshalb wurden alle Proben zunächst einmal mit der RFA auf Ca untersucht, wobei angenommen wurde, daß der Ca-Gehalt des als Nebengestein vorliegenden roten Naabgranits nicht sehr stark schwankt. Für Ca wurden nicht die Absolutgehalte bestimmt, sondern nur die relativen Intensitäten. Dabei ergaben sich bei den beiden ersten Profilen Ca-Intensitäten, die weit über dem zehnfachen Wert der sonst kaum schwankenden Ca-Intensitäten der übrigen Proben lagen. Beim dritten und vierten Profil waren die Ca-Gehalte nur noch auf das 2–3-fache der Untergrundwerte angereichert. Beim 5. Profil konnte keine Anreicherung mehr festgestellt werden.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurden von Profil HST 100 und 200 alle und von den übrigen Profilen nur Stichproben auf Fluor untersucht (auf eine Beschreibung dieser Bestimmungsmethode wird hier verzichtet, da sie vom Verf. an anderer Stelle publiziert werden wird). Dabei ergaben sich bei Profil HST 100 F-Gehalte bis zu 8 %, bei Profil HST 200 bis zu 4 %, während in den beiden anderen Profilen über der vermuteten Gangzone nur Gehalte von 0,2–0,3 % gegenüber Untergrundwerten von ca. 0,1 % gefunden wurden.

Beim fünften Profil lagen die Gehalte zwischen 0,1 und 0,2 % F. Eine F-Anreicherung konnte an keiner Stelle gefunden werden. Die Ergebnisse von HST 500 sind auf Abb. 1 nicht dargestellt. Sie ähneln für alle untersuchten Elemente den Proben aus den Randzonen des Profils HST 100.

6.2 UNTERSUCHUNGEN IM GEBIET DER FLUSSPATGRUBE HERMINE B. NABBURG

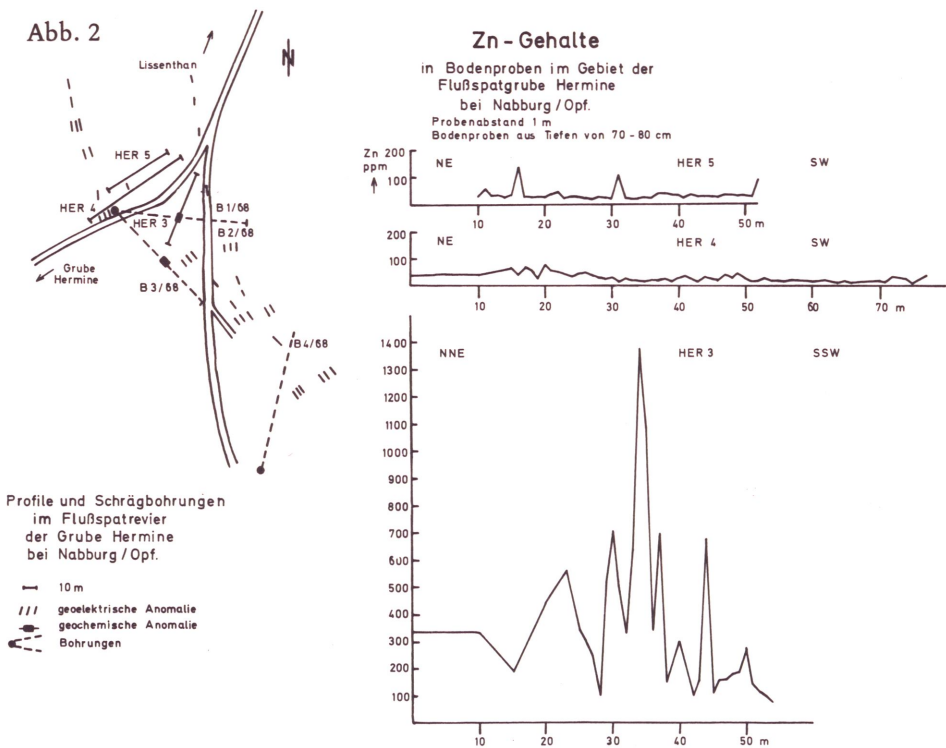
Im Gebiet der Flußspatgrube Hermine, der Vereinigten Flußspatgruben GmbH Stulln, waren durch geoelektrische Untersuchungen dieser Firma Anomalien festgestellt worden. Es sollte geprüft werden, ob diese Befunde durch geochemische Prospektion bestätigt werden könnten. Dazu wurden, wie aus Abb. 2 zu entnehmen

ist, in drei Profilen (HER 3, 4 und 5) Bodenproben entnommen. Da das Untersuchungsmaterial auf wirtschaftlich genutzten Feldern zu entnehmen war, wurden die Proben, um Verunreinigungen durch Düngemittel zu vermeiden, aus Tiefen zwischen 70 und 80 cm mit einem Bohrgerät entnommen.

Die Bodenproben wurden nach der unter 5.1 beschriebenen Schnellmethode mit der AAS auf Zn untersucht.

Bei Profil HER 3 erreichten die Zn-Gehalte maximal Werte über 1000 ppm, aber auch der Untergrundwert aus den Randzonen dieses Profils ist mit einem mittleren Gehalt von 175 ppm Zn schon sehr hoch und hebt sich deutlich von den Zn-Gehalten der beiden übrigen Profile HER 4 und HER 5 ab, die im Mittel etwa 30 ppm Zn enthalten und keine Anomalie erkennen lassen.

Auf die Ergebnisse der geoelektrischen und geochemischen Untersuchungen hin wurden von den Vereinigten Flußspatgruben Stulln mehrere Schrägbohrungen angesetzt (s. Abb. 2). Da das Gestein (mittel- bis grobkörniger roter Naabgranit) dort stark verwittert und tektonisch beansprucht ist, war nur ein geringer Kerngewinn möglich. Die beiden ersten Bohrungen B 1 und B 2/68, die direkt auf die geochemische Anomalie angesetzt waren, konnten mangels Kerngewinn für weitere geochemische Untersuchungen nicht verwendet werden. Bei der dritten Schrägbohrung B 3/68 wurde der Bohrschmand von je einem halben Meter Bohrung gesondert aufgefangen und auf Zn (AAS) und F untersucht (s. Abb. 3).

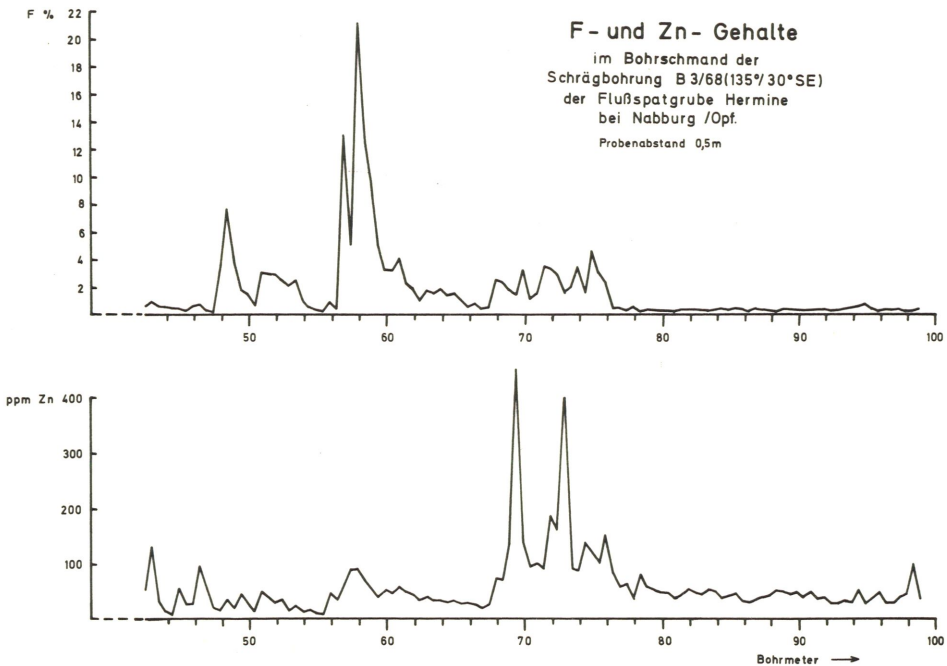


Die F-Bestimmung wurde von Herrn Dr. E. Murad* hier im Hause mit der Emissions-Spektralanalyse nach einer halbquantitativen Methode durch visuelle Abschätzung der grünen CaF-Banden bei 5291,1 und 5292,0 Å am 4 m Gitterspektrograph durchgeführt. Für diese Analysen sei ihm an dieser Stelle recht herzlich gedankt. Von mehreren Proben wurden anschließend exakte F-Bestimmungen als Kontrolle und Eichung durchgeführt.

Sowohl die F- als auch die Zn-Bestimmungen liefern jeweils sehr starke Anomalien, die jedoch um etwa 10 m gegeneinander versetzt sind. Die hohen F-Gehalte von 21 % entsprechen einem Flußspat-Gehalt von 43 %. Im vorliegenden Fall handelt es sich jedoch um keinen Flußspatgang sondern um eine Mineralisationszone von Flußspat in dem tektonisch sehr beanspruchten Granit in einer Breite von ca. 30 m, deshalb ist ein bergmännischer Abbau des Flußspats nicht lohnend.

Nachfolgende bergmännische Untersuchungsarbeiten der VAW-Stulln in den Jahren 1972–1975 haben diese Ergebnisse bestätigt.

Abb. 3



*) Dr. Enver Murad, Institut für Bodenkunde der T.U. München
8050 Freising-Weihenstephan

6.3 UNTERSUCHUNGEN IN DER UMGEBUNG VON MÜNCHENREUTH B. WALDSASSEN

Zwischen Hundsbach und Münchenreuth (3 km nördlich Waldsassen) wurden beim Bau eines 2,2 km langen und 2 m tiefen Entwässerungsgrabens in der Talsohle 220 Proben genommen (10 m Abstand). Das Bodenmaterial besteht aus verwitterten Phylliten und stammt teils aus bodenständigem Verwitterungsschutt und teils aus zugeführtem Material der umgebenden Berghänge. Es stellt somit einen guten Durchschnitt aus einem größeren Einzugsgebiet dar. Etwaige höhere Konzentrationen an Spurenelementen könnten Rückschlüsse auf eine in der Nähe befindliche Lagerstätte geben.

Der Feinanteil der Bodenproben wurde mit der RFA quantitativ auf Zn, Cu und Pb untersucht.

Die Zn-Gehalte streuen um einen mittleren Gehalt von 95 ± 15 ppm. Es ergab sich an keiner Stelle eine besondere Anreicherung. Ebenso gleichmäßig sind die Cu-Gehalte verteilt, die im Mittel bei 25 ± 5 ppm liegen.

Der Zn-Gehalt stimmt auch mit dem von TUREKIAN und WEDEPOHL (1961) angegebenen Wert von 95 ppm für Schiefer und dem von VINOGRADOV (1962) angegebenen Wert von 80 ppm für Schiefer und Tone gut überein.

Die Cu-Gehalte liegen mit 25 ppm etwas niedriger als im allgemeinen angegeben wird (TUREKIAN und WEDEPOHL 45 ppm und VINOGRADOV 57 ppm).

Die Pb-Gehalte liegen bei allen Proben unter 20 ppm (Nachweisgrenze der hier verwendeten Methode).

In diesem Fall konnten mit den im allgemeinen recht brauchbaren Indikatorelementen keine Hinweise auf irgendwelche Vererzungen erhalten werden, und gerade die gute Übereinstimmung mit den in der Literatur angegebenen Mittelwerten für solche Gesteine spricht für das Fehlen einer Lagerstätte in der unmittelbaren Umgebung des Untersuchungsgebietes. Aus der großen Anzahl der Analysenwerte wurde hier ein sehr guter „Blindwert“ der beiden Elemente Zn und Cu erhalten, der für weitere Untersuchungen in der näheren Umgebung des Untersuchungsgebietes von großem Nutzen ist.

7. SCHLUSSBETRACHTUNG

Die Grundlage jeder geochemischen Prospektion beruht darauf, daß Lagerstätten oft einen Dispersionshof bilden, der sich durch die Gesteinsdecke bis an die Erdoberfläche durchpaust. Durch Bodenuntersuchungen auf bestimmte Pfadfinderelemente ist es möglich, Hinweise auf die unter der Erde befindlichen Lagerstätten zu erhalten.

Für die vom Institut durchgeführten Prospektionsarbeiten wurden Analyseverfahren ausgearbeitet, die trotz geringem Zeitaufwand statistisch gesicherte Aussagen über Anomalien in Böden erlauben. Dabei zeigte sich, daß zum Auffinden von

Anomalien nicht unbedingt exakte Absolutwerte der Konzentrationen der betreffenden Indikatorelemente in Böden notwendig sind, sondern es genügt, die relativen Änderungen der Konzentrationen zu bestimmen.

Die hier beschriebenen Schnellverfahren mit der AAS und der RFA waren für die Untersuchungen gut geeignet und ließen Anomalien über Lagerstätten (6.1 und 6.2) deutlich erkennen. Bei einer Übersichtsprospektion (6.3) innerhalb eines größeren Gebietes konnte keine besondere Anreicherung der dort verwendeten Elemente Cu, Zn und Pb gefunden werden, was darauf schließen läßt, daß dieses Gebiet in Bezug auf diese verwendeten Elemente steril ist. Zusätzlich liefern die Analysenwerte wertvolle Daten über die Blindwerte in dem betreffenden Gebiet, die für weitere Untersuchungen von großem Nutzen sind.

Die hier beschriebenen Verfahren haben sich in unserer Praxis bewährt, und sie wurden in den vergangenen Jahren in vielen Untersuchungsarbeiten, auf die hier nicht näher eingegangen wurde, mit Erfolg eingesetzt.

Diese Arbeit wurde im Rahmen eines Forschungsprogrammes durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft finanziell unterstützt. Hierfür sei an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen.

8. LITERATUR

- ACKERMANN, H. (1973) Anwendung einfacher statistischer Methoden bei geochemischen Prospektionsarbeiten. *Erzmetall* 26, 161–167
- FRIEDRICH, G. & KULMS, M. (1969) Eine Methode zur Bestimmung geringer Konzentrationen von Quecksilber in Gesteinen und Böden und ihre Anwendung bei der geochemischen Exploration von Lagerstätten. *Erzmetall* 22, 74–84, 214–218
- FRIEDRICH, G. & WALLNER, P. (1975) Quecksilber-Gashöfe im Bereich der Erzvorkommen Moschellandsberg, Bensberg und Dreislar. *Erzmetall* 28, 13–16.
- GINSBURG, J.I. (1963) Grundlagen und Verfahren geochemischer Sucharbeiten auf Lagerstätten der Buntmetalle und seltenen Metalle. Akademie-Verlag, Berlin
- HAWKES, H.E. and WILLISTON, S.H. (1962) Mercury vapor as a guide to lead-zinc-silver deposits. *Min. Congr. J.* 48, 30–32
- PETRASCHECK, W.E. (1967) Die Anwendung neuerer Prospektionsmethoden im Oesterreichischen Erzbergbau. *Erzmetall* 20, 295–300
- SAUKOV, A.A. (1946) Geochemie des Quecksilbers (russ.) *Trudy Inst. geol. Nauk* 78, 1–129
- TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H. (1961) Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Bull. geol. Soc. America Bull.* 72, 175
- VINOGRADOV, A.P. (1962) Die Durchschnittsgehalte der chemischen Elemente in den Hauptarten der Eruptivgesteine. *Geochimija* 7 (russ.).

