

Zur Frage der Substanzermittlung bei Metallerzlagertstätten*)

Anwendung von Photographie unter UV-Beleuchtung im Wolframerzbergbau der ÖAMAG

Von P. Weiß, Mayrhofen

(Lagerstättenuntersuchung in Abhängigkeit von der Lagerstätte; verschiedene Arten der Probenahme im Bergbau; geologischer Abriß der Scheelitlagerstätte Tux; Beschreibung des photographischen Verfahrens und der dazu notwendigen Hilfsmittel; Auswertung der Bilder; Vorteile und weitere Anwendbarkeit des Verfahrens.)

(Examination of deposits in accordance with their characteristics; various methods of sampling in the mining industry; geological summary of the scheelite beds of Tux; description of the photographic method and the necessary contrivances for same; evaluation of the photos; advantages and other fields of employment of the method.)

(L'examen des gisements dépend des caractéristiques du gisement en question; les méthodes différentes du prélèvement des échantillons dans l'industrie minière; le résumé géologique des gisements de Scheelite à Tux; la description du procédé photographique et des ressources nécessaires; l'interprétation des photos prises; les avantages et les champs d'utilisation de ce procédé.)

Der wirtschaftlich und technisch erfolgreiche Abbau von Lagerstätten aller Art basiert auf der genauen Kenntnis der darin vorkommenden Mineralarten, sowie der räumlichen Ausdehnung und Gestaltung der Vorkommen im Großen wie im Kleinen. Hierzu dient die montangeologische Untersuchung mit all ihren Möglichkeiten, wie Feldaufnahmen, ober- und untertägige Aufschlußarbeiten, Probenahmen, optische und chemische Untersuchungen u. dgl. m.

Als Ergebnis soll erreicht werden: eine möglichst genaue Kenntnis der räumlichen Ausdehnung und Anordnung (wie Streichen und Fallen nach Richtung und Größe, sowie die Mächtigkeit) und letztlich des mit technischen Mitteln gewinnbaren Anteiles an nutzbaren Mineralen (durch die eigentliche Substanzberechnung), aber auch die Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten von Konzentration und Verwachsung der Erzminerale.

Die gesammelten Unterlagen geben Geologen und Wirtschaftlern die Möglichkeit, die Vorräte nach bestimmten Klassifikationen zu ordnen, sie bilden aber auch den Ausgangspunkt für die wichtigsten technischen und organisatorischen Überlegungen des Bergmannes, wie Wahl der Ansatzpunkte für Vorrichtung und Abbau, der Abbaumethode, der maschinellen Ausrüstung, der Aufbereitungsverfahren, usw.

Die Frage nach der objektiven Genauigkeit der Ergebnisse ist dabei ein Problem für sich, ein Problem, welches in Fragestellung und Beantwortung einem ständigen Wandel unterliegt, sowohl im Laufe der Zeit, als auch von Lagerstätte zu Lagerstätte. So werden z. B. heute vielfach Minerallagerstätten der wirtschaftlichen Nutzung zugeführt, welche man vielleicht vor wenigen Jahrzehnten noch gar nicht als nutzbare Lagerstätten bezeichnete, sei es, weil das vorkommende Mineral noch nicht technisch verwertet werden konnte, sei es, weil die geringe Konzentration des Mineralgehaltes bei den damals gegebenen technischen Möglichkeiten keinen wirtschaftlichen Erfolg versprach.

Außerdem ist die anzustrebende Genauigkeit in der Substanzermittlung von dem jeweils zu untersuchenden Mineral und dem vorliegenden Lagerstättentypus abhängig. Fragestellung und Unter-

suchungsmethoden werden z. B. von Mal zu Mal exakter werden müssen, wenn man etwa einmal eine großräumige Gipslagerstätte, das nächste Mal eine gangförmige Buntmetall-Lagerstätte und schließlich etwa ein Uranervorkommen von geringer Konzentration zu beurteilen hat.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Je wertvoller das Mineral, je komplizierter der Aufbau der Lagerstätte, je geringer deren räumliche Ausdehnung, schließlich je geringer die Mineralkonzentration, desto schärfer muß die Frage nach dem nutzbaren Inhalt formuliert werden — insbesondere im Hinblick auf die Klassifikation der Vorräte — und desto exakter Arbeitsmethoden müssen für die Untersuchung herangezogen werden. Für die Wahl der Arbeitsmethoden kann außerdem noch maßgeblich sein, ob es sich etwa um eine schon seit langer Zeit im Abbau befindliche Lagerstätte handelt, wo also schon gut fundierte Erfahrungswerte vorliegen, oder aber um eine vollkommen neu aufzuschließende Lagerstätte, von der solche Erfahrungswerte nicht vorliegen.

Zur Wahrung der Übersicht mögen einige Merkmale der gebräuchlichsten Methoden der Substanzberechnung — genauer gesagt, der Methoden zur Beschaffung der hierfür notwendigen Unterlagen — aufgezählt sein. Die Aufzählung kann auf gangförmige oder quasi gangförmige Lagerstätten beschränkt bleiben.

Die Feststellung der geologischen Daten, wie Streichen, Einfallen und Mächtigkeit, bringt keine Schwierigkeiten mit sich, die hier aufzuzählen wären. Die exakte Feststellung des Metallinhaltes einer Lagerstätte ist jedoch meist mit Problemen verbunden. Diese werden um so kritischer, je absätziger und uneinheitlicher der Metallinhalt in der Lagerstätte verteilt ist.

Das einfachste Mittel, zugleich aber auch das mit den meisten Fehlerquellen behaftete, ist der Lokalagenschein, d. h., die persönliche Beurteilung und

*) Nach einem Vortrag des Verfassers, gehalten anlässlich der Frühjahrstagung 1958 der Fachgruppe für Mineralogie und Geologie des naturwissenschaftlichen Vereines für Kärnten in Klagenfurt.

Abschätzung des Metallgehaltes. Bei gleichzeitiger Anfertigung von kleinen Handskizzen des Ortsbildes mag dies eine Methode sein, die in erster Annäherung einen gewissen Überblick bieten kann. Allerdings ist der Kosten- und Zeitaufwand ebenfalls entsprechend gering. Für Beurteilungen untergeordneter Bedeutung (z. B. Beurteilung der Abbauwürdigkeit eines einzelnen Abbauortes) ist diese Methode gangbar und auch meist angewendet. Schätzungen auf diese Weise bedürfen aber genauester Kenntnis der Lagerstätte und reicher persönlicher Erfahrung des Beurteilenden. Auch dann bleibt das gebildete Urteil immer noch subjektiv und die Exaktheit der Aussage ist gering. Lediglich die erwähnte Anfertigung von Handskizzen wäre hier als vorteilhafte Maßnahme zu bezeichnen, stellen diese doch Unterlagen von bleibendem Werte dar.

Einen Schritt weiter zu höherer Genauigkeit wird man meist durch Schußproben gelangen. Die Methode ist bekannt. Ein Nachteil ist darin zu erblicken, daß die durch Schüsse entnommenen Proben hinsichtlich der Begrenzung der Entnahmestelle und der Menge mehr oder weniger dem Zufall überlassen sind. Nimmt man hingegen Schußproben über ein ganzes Ort oder einen ganzen Aufschluß, so erhält man zwar im Haufwerk einen wahrscheinlich repräsentativen Durchschnitt, jedoch ist die Viertelung der Probe bereits schwierig und zeitraubend. Aus diesen Gründen werden Schußproben wohl auch selten angewendet und dann auch nur bei möglichst gleichmäßiger Verteilung des Metallgehaltes.

Als Nächstes kommen Schlitzproben in Betracht. Ihre örtliche Placierung will genau überlegt und geplant sein. Die Herstellung der Schlitzte verlangt genaue, mitunter zeitraubende Arbeit. Für einen einigermaßen exakten Schlitz muß man jedenfalls möglichst homogene Gesteine voraussetzen.

Diesen Arten der Probenahme ist gemeinsam, daß die beprobten Lagerteile einen verschwindend geringen Anteil der gesamten Lagerstätte ausmachen. Es hängt dann in jedem Falle von der Engmaschigkeit des gelegten Probenetzes, der Art der Vererzung und schließlich auch vom Handelswert des Fördergutes ab, ob die erzielten Ergebnisse eine genügende Genauigkeit besitzen oder nicht.

Bei laufender Beprobung des Fördergutes aus den einzelnen Abbauorten ist man wohl in der Lage, das Ergebnis der Bemusterung zu überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren. Bei entsprechender großräumiger und einheitlicher Vererzung und Vorhandensein von langjährigen Erfahrungen bildet diese Methode allein sogar eine gute Grundlage zur Substanzermittlung. Aus dem mittleren Metallgehalt der Förderung des vergangenen Betriebsabschnittes schließt man auf den Gehalt der in nächster Zukunft abzubauenen Lagerteile. Die Bergbaue Mitterberg und Miß mögen hierfür als Beispiel gelten.

Die nach einem dieser Verfahren ermittelten Substanzangaben werden nun je nach Art, Ausdehnung und Beschaffenheit der Aufschlüsse, in „erkannte“ (nämlich „sichere“ und „wahrscheinliche“) und in „geschätzte“ (in diesem Falle „angedeutet mögliche“) Vorräte eingeteilt (1). Auffallend ist dabei, daß

man somit auch zu sogenannten „sicheren“ Vorräten gelangen kann, indem man einen auf die zuletzt beschriebene Art geschätzten Wert des Metallgehaltes in der Rechnung einsetzt. Abgesehen davon, daß es rein formal ein Widerspruch ist, durch Rechnung mit einer geschätzten Zahl ein „sicheres“ Ergebnis erhalten zu wollen, liegt hier doch auch eine Fehlerquelle, die erwiesenermaßen zu beträchtlichen Fehlrechnungen führen kann. Man müßte daher bei exakter Handhabung der Einteilungsvorschriften für Lagerstättenvorräte auch den Aussagewert der Ergebnisse berücksichtigen. Das würde zumindest bedeuten, daß Substanzangaben, bei deren Errechnung geschätzte Werte (z. B. geschätzter Metallgehalt in %) verwendet wurden, niemals zur Gänze als sichere Vorräte eingesetzt werden dürfen, auch wenn die übrigen Voraussetzungen hierfür zutreffen.

Zur besseren Erläuterung der Frage, warum bei der Substanzermittlung der Tuxer Scheelitlagerstätte die Photographie als Hilfsmittel herangezogen wird, seien die dortigen Lagerstättenverhältnisse kurz skizziert:

Das Vorkommen des Wolframerzes Scheelit (CaWO_4) ist räumlich weitgehendst an die dortigen Magnesitlagerstätten gekoppelt, welche bereits an anderer Stelle beschrieben wurden (2).

Die Südabdachung des Rastkogels (Tuxer Voralpen, Zillertal) ist vorwiegend aus Quarzphylliten und Glanzschiefern gebildet, welche bei mittelsteilen bis steilen N-Fallen W-E streichen. Paläozoische Dolomitzüge, welche im Bereich der Glanzschiefer anstehen, sind die Träger der Magnesitlagerstätten. Die drei wichtigsten davon sind Gegenstand der bergmännischen Gewinnung, und zwar:

Lager Martha, eine konkordant in den Glanzschiefern liegende Platte von ca. 720 m bekannter Streichlänge, 40—50 m mittlerer Mächtigkeit und 130 m bekannter Teufe.

Diesem im Hangenden vorgelagert das Lager Barbara, eine tektonische Karbonatwalze etwa birnenförmiger Gestalt von ca. 90 m Teufe und 60 m Durchmesser. Es wird umgeben von zahlreichen tektonischen Splittern (Satelliten) jeder Größe von einigen dm^3 bis einigen tausend m^3 .

Das Lager Wiese schließlich ist als Bestandteil eines mehrere Millionen m^3 umfassenden, postglacialen Bergrutsches eine oberflächennahe Sekundärlagerstätte von mehrfach muldenförmiger Gestalt. Allen Lagerstätten ist gemeinsam: Verwerfungen und tektonische Gleitbahnen haben an der endgültigen Gestaltung maßgeblichen Anteil.

Als unmittelbare Hüllschichten treten mehr oder minder mächtige Tonschiefer auf, welche je nach dem Grade tektonischer oder genetischer Beanspruchung zerdrückt oder vertalkt sind.

Für die Entstehung des Magnesites muß Metasomatose angenommen werden (3).

Was nun die Art der Scheelitvererzung betrifft, so ist zu sagen, daß der Scheelit selten im Karbonat und überwiegend in den Ton- und Glanzschiefern nahe

dem Karbonatkontakt, und zwar in „s“ liegenden Bändern, oder besser gesagt, Lagergängen auftritt, deren Mächtigkeit von praktisch weniger als 1 mm bis zu einigen dm schwanken kann. Die zahlreichen Stauchfaltungen und kleineren Verwerfungen des Schiefers macht der Scheelit getreulich mit, wobei in den Faltsätteln fast immer erhebliche Erzkonzentration infolge eben dieser Stauchung auftritt. Solche Faltsättel haben auch schon Derberze von 1 m³ Inhalt und mehr geliefert. Wegen ihres Aussehens

werden Imprägnativerze und Lagergänge unterschieden, ohne allerdings damit eine beweisbare Aussage hinsichtlich der Genesis machen zu wollen.

Das Erz selbst ist sehr feinkörnig (Korngrößen bei 0,5 mm), von weißgrauer, unansehnlicher Farbe (selten auch gelb) und zeigt den bekannten, quarzähnlichen Fettglanz. Als Charakteristikum, welches die Aufsuchungs- und Gewinnungsarbeiten praktisch erst möglich macht, ist die starke hellblaue Fluoreszenz bei Bestrahlung mit sehr kurzwelligem UV-Licht

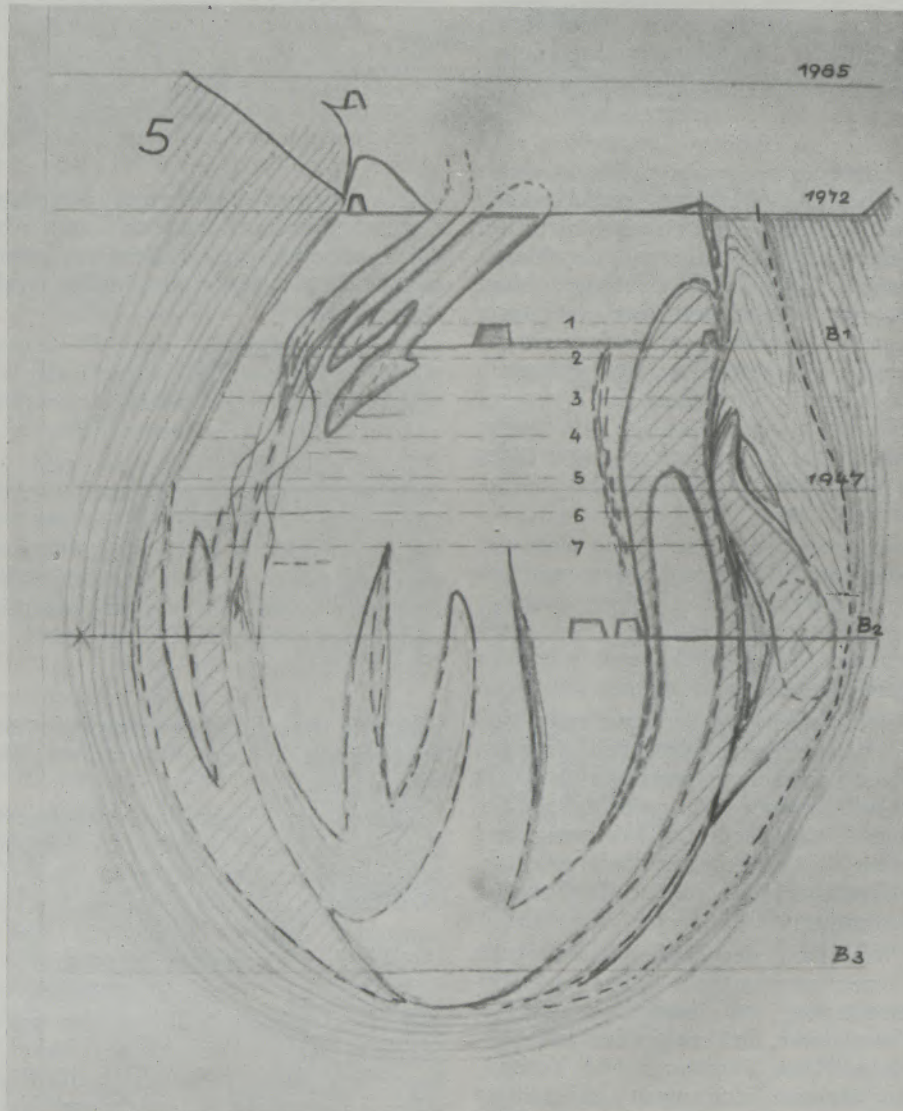


Abb. 1

unschraffiert = Magnesit

schräg schraffiert = Dolomit

unregelmäßig (im Einfallen) schraffiert = Schiefer

Die etwa birnenförmige Lagerstätte besteht größtenteils aus Magnesit mit lappenförmigen Dolomiteinlagerungen und eingefalteten Schieferzungen. An den Kontakten des Lagerstättenkörpers finden sich häufig abgespaltete Karbonatlinsen (im Bilde rechts). Die Kontakte des Lagerstättenkörpers als auch der vorgelagerten Linsen sind scheelitvererzt. (Im Bild durch schwarze Linien gekennzeichnet.)

hervorzuheben. Dieser Umstand wird auch beim Photographieren ausgenützt.

Der Scheelitabbau wird seit nunmehr etwa zwei Jahren planmäßig betrieben, und zwar auf einer Lagerstätte, von der zunächst — abgesehen von einzelnen Aufschlüssen — so gut wie nichts bekannt war, insbesondere, was die Verteilung des Erzes und den Metallgehalt betraf. Es war klar, daß ein Weg gesucht werden mußte, der die zur Substanzberechnung erforderlichen Unterlagen möglichst rasch liefern konnte.

Zum besseren Verständnis der Lagerungsverhältnisse betrachte man Abb. 1, welche einen Schnitt durch Lager Barbara darstellt (nach Aufnahmen von F. Angeli).

Zusammenfassend sei gesagt: Scheelit — ein Metallerz mit relativ hohem Marktpreis — tritt meist in mehreren nebeneinander oder übereinander liegenden Lagen mit stark schwankender Metallkonzentration auf. Die Mächtigkeit der vererzten Zonen hält sich in Größen, die durch übliche Streckenquerschnitte auf einmal aufgefahren werden können, wobei der Metallgehalt, bezogen auf den gesamten Streckenquerschnitt zwischen 0 und 3 %, manchmal aber auch beträchtlich höher — bis zu 15 % WO_3 — beträgt. Die Lager sind im Streichen außerordentlich absätzig (in sich geschlossene Erzstrecken über 15 m sind selten), auch die einzelnen Teufen scheinen sich im Rahmen von Metern und wenigen Meterzehnern zu bewegen. Das Erz, das unter normaler Beleuchtung faktisch nicht zu erkennen ist, weist ausgezeichnete Fluoreszenzeigenschaften auf. Dies alles führte dazu, photographisch hergestellte Ortsbilder als Grundlagen der Substanzermittlung heranzuziehen, wobei es als besonderer Vorteil angesehen werden konnte, daß in diesem Falle

- a) der zu beprobende Aufschluß nicht nur zu einem geringen Teil — wie etwa bei einer Schuß- oder Schlitzprobe — sondern über seine ganze Fläche beurteilt werden kann;
- b) somit die durch die stark schwankenden Erzkonzentrationen auftretenden Fehlerquellen auf ein Minimum herabgesetzt werden,
- c) das Objektiv der Kamera unbestechlich ist und keinen „seelischen“ Beeinflussungen unterliegt und schließlich
- d) das Bild jederzeit reproduzierbar und das Ergebnis jederzeit kontrollierbar ist, ein Vorteil, der allein schon sehr für sich spricht.

Für besonders Interessierte sei die in Tux verwendete technische Ausrüstung aufgezählt: Als Aufnahmeapparat dient die Varex-Exacta II a, Blende 1:2,8, $f = 5$ cm, Format 24x36 mm, in der bekannten modernen Ausführung, samt UV-Sperrfilter und einem stabilen Leitz-Stativ. (Trotz der Vorteile, die für diesen speziellen Zweck eine Großformatkamera geboten hätte, fiel die Wahl auf eine Kleinbildkamera, nachdem durch Versuche klargelegt war, daß sich die Aufnahmen ohne störende Auswirkungen des Kornes auf natürliche Größe projizie-

ren lassen. Für die Kleinbildkamera sprach schließlich ihre Handlichkeit und vielseitige Verwendbarkeit, sei es für anderweitige Außenaufnahmen im Betrieb, sei es als Aufnahmegerät für mikroskopische Arbeiten.)

Zur Beleuchtung dienen UV-Lampen amerikanischer Provenienz, ausgestattet mit 1—3 Quecksilberdampflampen, UV-Filter für Lichtdurchlaß von 2280 Å bis 4400 Å (Spitze bei 2537 Å). Betriebsspannung 110 V Gleichstrom aus Netz oder Batterie. (Jeder Scheelitabbau verfügt über eine Lampe.)

Nachdem die Vorversuche ferner gezeigt hatten, daß an die Feinkörnigkeit des Filmmaterials keine allzu hohen Ansprüche gestellt werden müssen, konnten mit Rücksicht auf die schlechte Beleuchtung hochlichtempfindliche Filme verwendet werden. Benutzt wird der Ilford-ASP mit 27/10 DIN, Negativfilm, weil die Umkehrung von Schwarz in Weiß bei der Projektion keine Rolle spielt und außerdem die fallweise Anfertigung von Papierkopien doch auf einfachere Weise möglich ist.

Ferner waren erprobt worden:

Kodak, Panatomic X 16/10 DIN,
Adox K 21 21/10 DIN.

Der Pa X lieferte zwar die kontrastreichsten Bilder, verlangte aber Belichtungszeiten von 8 bis 15 min. Der Adox K 21 war fast ebenso kontrastreich, im Korn eher etwas unempfindlicher, die erforderlichen Belichtungszeiten aber ebenso ungünstig. Der Ilford-ASP hingegen erlaubt es, mit den Belichtungszeiten bis auf 2 min herunterzugehen, die Kontraste wurden allerdings schwächer.

An Hilfsmitteln wird außerdem benötigt:

Eine Leuchtpaste, mit welcher die mitzuphotographierenden Bildnummern angeschrieben werden. Bildverwechslungen werden hiemit vermieden.

Ein Zollstab, dessen cm-Teilung durch Schwarz- und fluoreszierende Weißfelder gegeben ist, wird als Vergleichsmaßstab mitphotographiert.

Ein Leitz-Projektor, Prado 500, Objektiv 1:25, $f = 8,5$ cm, welcher die Projektion von Bildern in natürlicher Größe schon auf Distanzen von 3—4 m gestattet, dazu einige Dia-Wechselröhmen.

Schließlich ein Arbeitstisch mit aufgestellter Platte, einem Zeichentisch in Konstruktionsbüros etwa ähnlich, nur ist in die Arbeitsfläche eine Glasplatte von Bildgröße eingefügt. Auf der dem Auswerter zugewendeten Seite wird über die Glasplatte ein Millimeterpapier mit hervorgehobener 5-mm-Teilung gespannt, während das Bild von der anderen Seite projiziert wird. Der Auswerter kann so direkt vor dem Bild sitzen, ohne in seiner Arbeit durch seinen eigenen Schatten gestört zu werden.

Der Arbeitsvorgang, kurz beschrieben, ist folgender: Die vererzten Zonen, deren Mächtigkeit durchschnittlich bei 2 m, maximal bis 4 m hinausgehend, liegt, werden im Firstenstoß abgebaut. Jedesmal, wenn in der Lagerstätte umgehende Vorrichtungsstrecken oder die Abbaustöße um 1 m vorgetrieben wurden, wird photographiert. Dadurch, daß immer die ganze

Mächtigkeit freigelegt und fotografiert wird, erhält man naturgetreue Profilschnitte. Einheitliche Erzkörper werden dadurch in Profilschnitte zerlegt, deren Abstand etwa der halben Mächtigkeit oder $1/10$ bis $1/30$ der Streichlänge entspricht. Fehlt in der fortlaufenden Profilerie ein Bild, so bedeutet das automatisch, daß hier mangels Erzführung nicht fotografiert wurde. Hier ist also eine Lücke bei der Berechnung zu berücksichtigen.

Da die Strecken allgemein im Streichen aufgeföhren werden, zeigt das Bild der Ortsbrust jeweils die wahre Mächtigkeit, schleifende Schnitte kommen nur selten vor.

Die Ortsbrust wird zunächst mit Spülwasser abgespröhht, um sie sowohl von etwa vorhandenen losen Scheelitkörnern und ebenso leuchtendem Schmierölbelag (von den Gesteinsbohrmaschinen herröhrend) zu befreien. Durch das Abspröhhen wird aber auch ein auf dem Schiefer meist vorhandener Schmant und Lettenbelag beseitigt, der, wenn er bleibt, den Kontrastreichtum des Bildes stark herabsetzt. Die Aufstellung des mitzuphographierenden Maßstabes muß genau in der Bildebene erfolgen, da sonst Größerverzerrungen eintreten. Die Belichtung des Bildes erfolgt bei UV-Beleuchtung (jede andere Lichtquelle muß also entfernt werden). Die Belichtungsdauer betrug ursprünglich bis 15 min, während derzeit dank des höher empfindlichen Filmmaterials je nach Abstand zwischen 2 und 4 min belichtet wird.

Im Format 6x9 ist bereits ein noch höher lichtempfindlicher Film auf dem Markt, der Kodak Panroyal 34/10 DIN. Er soll demnächst auch in Kleinformat herauskommen. Er soll ebenfalls erprobt werden. Sofern das Korn keine Schwierigkeiten macht und die Hebung der Kontraste durch einen geeigneten Entwickler vollzogen werden kann, dürfte dieser Film eine weitere Verkürzung der Belichtungszeit und somit der Arbeiten vor Ort bringen.

Es wäre zwar möglich, durch Vorschalten geeigneter Filter (z. B. je eines hellgelben und eines hellgrauen oder blauen Filters), die dunkelviolette Rückstrahlung der tauben Schiefer, welche eben den Kontrast vermindert, im Bild zu unterdrücken, man könnte dadurch zu extrem kontrastierten Bildern kommen, bei denen das Erz allein hervortritt. Wegen der damit verbundenen Vervielfachung der Belichtungszeit läßt sich dies jedoch noch nicht realisieren.

Zur Entwicklung der Filme wird wahlweise „Neofin rot“ oder „Mikrodol“ verwendet.

Die fertigen Negative werden katalogisiert und in Steckalben aufbewahrt.

Zur Auswertung der Bilder bedient man sich der von Mineralogen gerne gebrauchten Rosival-Methode. Sie dürfte im Prinzip bekannt sein: Man legt über das Bild eine möglichst zahlreiche Schar von parallelen Meßlinien. Entlang dieser Meßlinien wird der Linearanteil der einzelnen Mineralkomponenten, in unserem Falle nur Scheelit, ausgemessen und dem Flächenanteil gleichgesetzt. Die Auszählung erfolgt nach zwei aufeinander senkrecht stehenden Meßlinienscharen. Die Meßlinien sollen bei eindimensional gelängten Bildern möglichst unter einem Winkel von 45° zur dargestellten Längsachse der Vererzung liegen. Man wählt im allgemeinen Meßlinienabstände von 5 mm im Bild, was Abständen

von 5—8 mm in der Natur entspricht. Die Ergebnisse der Auszählung nach beiden Richtungen werden gemittelt. Bei einem geübten Auswerter differieren die Einzelergebnisse voneinander um selten mehr als 5 %.

Mit Hilfe dieser Methode ist es nun möglich, entweder den Prozentanteil des Erzes an der gesamten Fläche zu errechnen oder aber den tatsächlichen Flächenanteil (z. B. in cm^2) zu suchen. Da ja letztlich die Vorräte in fm oder to gesucht werden, muß immer die tatsächlich vererzte Fläche in cm^2 in der Natur berechnet werden. Dazu muß man allerdings bei jedem einzelnen Bild an Hand des mitphotographierten Maßstabes auf natürliche Größe umrechnen. Die zwischen zwei Bildebenen liegenden Kubaturen erhält man nun auf einfache Weise durch Mittelung der beiden Profilflächen und Multiplikation mit dem Profilabstand.

Nun entspricht die ermittelte Kubatur allerdings noch nicht der tatsächlichen Reinscheelitkubatur. Sehr reine Scheelitkörner sind nämlich mit einer Art Fluoreszenzhof umgeben, so daß auch Gesteinspartikelchen aufleuchten, die in Wirklichkeit eine Ver-



Abb. 2

Stollen 1985, ein etwa 10 cm mächtiger, steil stehender Lagergang von Scheelit, in dessen Liegendem ein zweiter, etwas geringmächtiger, doppelt gefalteter Lagergang. Darunter Haufwerk. Film Panatomic X 16/10 DIN, Belichtung 12 min, Blende 4, Obj.-Entfernung 2 m.

Aufnahmetechnischer Fehler: Maßstab und Haufwerk verdecken teilweise Vererzung, ungünstige Aufstellung der Lichtquelle, daher Beeinträchtigung durch Schatten. Scheelitfläche 162 cm^2

wachung von Scheelit mit einem anderen Mineral darstellen. Es ist also nicht alles reiner Scheelit, was ausgemessen wird. Man muß daher einen Reduktionsfaktor einführen, um auf den effektiven Scheelitgehalt zu kommen. Dieser wird gefunden, indem die zwischen zwei benachbarten Profilschnitten liegenden Massen getrennt hereingewonnen, geviertelt und beprobt werden. Der Faktor ergibt sich dann aus dem Vergleich der Resultate der Bildauswertung und der chemischen Untersuchung. In unserem Falle liegt er bei 0,8.



Abb. 3

Barbara III, Abbau Ost III, Südflügel. Typische Stauchfältelung eines Scheelitlagerganges. Film Panatomic X 16/10 DIN, Belichtung 12 min, Blende 2,8, Obj.-Entfernung 2,15 m. Aufnahmetechnischer Fehler: zu große Blendenöffnung, daher zu geringe Tiefenschärfe. (Linker Bildteil unscharf.) Scheelitfläche 59,6 cm²

Bei den wiederholt durchgeführten Bemusterungen aufgetretene Schwierigkeiten und Unzulänglichkeiten haben bewiesen, wie richtig der Gedanke war, die Substanzermittlung möglichst ohne derartige Bemusterungen durchzuführen.

Nach dem gebotenen Überblick über das Verfahren der Substanzermittlung mit Hilfe von Photographien mag zusammenfassend eine kurze Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile sowie der verschiedenen

Möglichkeiten, die dieses Verfahren bietet, am Platze sein:

1. Die gegebenen Verhältnisse, insbesondere die Unregelmäßigkeit und geringe räumliche Erstreckung in sich geschlossener Vererzungen, lassen eine „händische“ Probenahme nach einem der herkömmlichen Verfahren nicht erfolgversprechend erscheinen, hingegen erscheint das Erz durch seine ausgezeichneten Fluoreszenzeigenschaften geradezu für eine optische Methode prädestiniert.

2. Bei sachgemäßer Abnahme und sorgfältiger Ausarbeitung des Bildes erreicht man mühelos eine vollkommen objektive Wiedergabe der Ortsverhältnisse.

3. Das Ergebnis der Auswertung ist jederzeit wiederholbar und kontrollierbar.

4. Geologische Lagerstättenaufnahmen und quantitative Untersuchung lassen sich in einem Arbeitsgang erledigen.

5. Die gewonnenen Ortsbilder können auch Grundlage zu andersartigen Überlegungen sein, wie z. B. Rückschluß auf die im nächsten Abbaustoß zu erwartenden Verhältnisse, Überlegungen zur Koordinierung der Abbauführung, um z. B. trotz verschieden hohen Metallgehaltes der Förderung der einzelnen Abbauorte ein möglichst gleichmäßiges Roherz zur Aufbereitung zu bringen.

6. Obleich die erreichbare Genauigkeit der quantitativen Bestimmung nach der Rosivalmethode geringer sein mag als die einer exakt durchgeführten chemischen Analyse, muß man das beschriebene Verfahren im Ganzen doch hinsichtlich seiner Genauigkeit den herkömmlichen Methoden (Bemusterung und chemische Analyse) vorziehen. Die bei händischer Beprobung der Orte gegebenen subjektiven und objektiven Fehlerquellen sind nämlich weitgehend ausgeschaltet. Die Ergebnisse sind daher exakter und deshalb von höherem Aussagewert, als dies bei gleichen Lagerstättenverhältnissen und anderen Ermittlungsverfahren erreichbar wäre. Die eingangs erhobene Forderung, zur Errechnung „sicherer“ Vorräte auch die einzusetzenden Metallgehaltswerte mit der höchst erreichbaren Genauigkeit zu ermitteln, erscheint hiemit weitgehend erfüllt.

Zur Kostenseite dieser Methode wäre schließlich zu sagen, daß die Abnahme, Ausarbeitung und Auszählung eines Bildes bei einer gut eingearbeiteten Arbeitskraft im Durchschnitt mit 90 bis 120 Minuten anzusetzen ist. Das wird in den meisten Fällen weniger sein, als man für die händische Beprobung eines Ortes und die dazugehörige chemische Analyse benötigt. Auch die Materialkosten sind verhältnismäßig gering, wenn man sie etwa mit den Chemikalienkosten vergleicht, die gerade im Falle der Wolframbestimmung auf chemischem Wege sehr hoch sind.

Was nun weitere Anwendungsmöglichkeiten betrifft, so wird die Photographie als Hilfsmittel der Substanzberechnung sicherlich immer nur in besonders

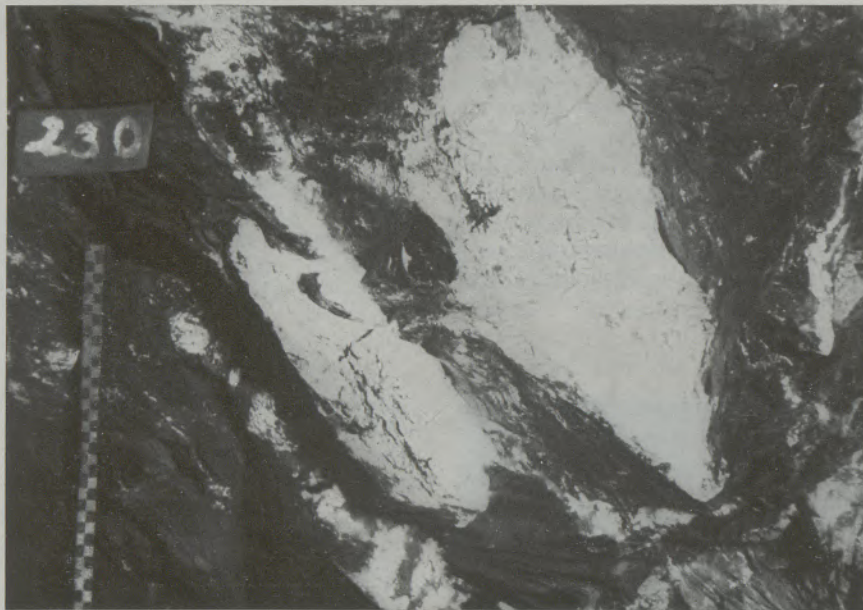


Abb. 4

Derberzknoten im Schiefer, nahe Kontakt, daneben Imprägnationserze (Stollen 1985), Film Tri X 25/10 DIN, Belichtung 3 min, Blende 4, Obj.-Entf. 1.40 m. Aufnahmetechnisch kein Fehler, guter Kontrast. Scheelitfläche 345 cm²

gelagerten Fällen mit Vorteil angewendet werden können, aber auf der anderen Seite sind deren technische Möglichkeiten durch das hier dargelegte Beispiel noch lange nicht erschöpft. Zunächst gibt es noch eine ganze Reihe von Mineralen, bei denen, gleich dem Scheelit, die Fluoreszenz unter UV-Beleuchtung ausgenutzt werden kann (z. B. Flußspat, Zirkonminerale, verschiedene Uranminerale usw.), aber auch die Farbphotographie scheint für spezielle Fälle Möglichkeiten zu bieten. Viele Metallerze, vor allem auch Buntmetallerze, sind ja gerade durch ihre Farbunterschiede aus dem Nebengestein hervorgehoben, Farbunterschiede, die sich mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln sicher ohne übergroße

Schwierigkeiten photographisch verdeutlichen und festhalten lassen.

So hat z. B. A. Awerzger die aufgeschlossenen Substanzvorräte einer in Serpentin anstehenden Lagerstätte von dichtem Magnesit durch Ausmessung systematisch angefertigter Farbphotos ermittelt.

Daneben wird es sicher auch Fälle geben, wo man mit der gewöhnlichen Schwarz-Weiß-Photographie auskommt.

Der Zweck vorstehender Ausführungen sollte es sein, die verschiedenen Möglichkeiten der Photographie als Hilfsmittel bei montangeologischen Arbeiten in Erinnerung zu bringen und an Hand eines konkreten Beispiels zu verdeutlichen.

Zusammenfassung

Die herkömmlichen Verfahren der Substanzermittlung bieten in geologisch komplizierten Fällen keine Gewähr für ausreichende Genauigkeit. Bei der Beurteilung einer Scheelitlagerstätte, deren Lagerungsverhältnisse kurz beschrieben wurden, benützt man daher systematisch angefertigte Photographien der Aufschlüsse als Unterlage. Zum Photographieren wird die Fluoreszenz des Scheelites unter UV-Beleuchtung

ausgenutzt. Die Flächenanteile des Erzes werden nach der Rosivalmethode ausgezählt. Die richtige Auswahl von Filmmaterial und Entwickler gewährleistet kurze Belichtungsdauer und gute Bildqualität trotz photographisch ungünstiger Verhältnisse. Die Vor- und Nachteile des beschriebenen Verfahrens gegenüber den herkömmlichen Methoden wurden hervorgehoben.

Summary

The traditional methods for determination of substances do not warrant sufficient accuracy in geologically intricate cases. Therefore, in judging an ore-

body of scheelite, the characteristics of which were briefly described, photographs of the discovery, which were taken systematically, were used as a basis. Ad-

vantage is taken of the fluorescence of the scheelite in UV-light in taking photographs. The portion of the area of the ore is counted according to Rosival's method. A proper selection of the sensitive film and of the developer results in good pictures despite

short exposure and generally unfavourable conditions for picturework. The advantages and disadvantages of the described methods are pointed out in comparison with the traditional methods.

Résumé

Les méthodes traditionnelles pour déterminer les substances ne garantissent pas une exactitude suffisante dans les cas géologiques complexes. Par conséquent, à l'évaluation d'un gisement de Scheelite dont les caractéristiques sont brièvement décrites, on prend pour base des photographies prises méthodiquement.

En photographiant on utilise la fluorescence du Scheelite sous lumière ultraviolette. Les parties de

surface du minerai seront comptées suivant la méthode de Rosival.

Le choix approprié des films et du révélateur assurent une courte durée de pose et une bonne qualité des photos malgré des conditions photographiquement défavorables.

L'auteur précise les avantages et les inconvénients du procédé décrit vis-à-vis des méthodes traditionnelles.

Literaturverzeichnis

1. Petrascheck, W. E. jr., „Diskussion über die Lagerstättenvorräte“, Zeitschrift „Erzmetall“, 1957, Nr. 3.
2. Angel, F. (Graz), und P. Weiß (Lanersbach), „Die Tuxer Magnesitlagerstätten“, Radex-Rundschau, Heft 7/8, 1953.
3. Angel, F., und F. Trojer, „Der Ablauf der Spatmagnesit-Metasomatose“, Radex-Rundschau, Heft 7/8, 1953.