

SBORNÍK NÁRODNÍHO MUZEA V PRAZE

ACTA MUSEI NATIONALIS PRAGAE

Volumen XIX B (1963) No. 3

REDAKTOR JIŘÍ KOUŘIMSKÝ

VLADIMÍR HOFFMAN — FRANTIŠEK KUPKA — ZDENĚK TRDLIČKA

POLYDYMIT - NOVÝ MINERÁL PRO ČESKOSLOVENSKO

POLYDYMIT - EIN NEUES MINERAL FÜR TSCHECHOSLOWAKEI

[Vorgelegt im März 1963]

Předkládaná práce pojednává o mineralogickém, chemickém a strukturálním výzkumu polydymitu z lokality Kunratice a Rožany (okolí Šluknova). Tento nerost je nově zjištěným Ni — sulfidem pro Československo.

Polydymit byl zjištěn v asociaci s dalšími sulfidy: pyrrhotinem, pyritem, chalkopyritem, sfaleritem, markasitem, cubanitem? a arsenopyritem. Jmenované sulfidy tvoří impregnace, lité partie a puklinové výplně v horninách gabbroidního (diabas, gabbrodiabas) a granitoidního (žulový porfyr až žula) charakteru.

Optické vlastnosti polydymitu a výsledky diagnostického leptání souhlasí dobře s literárními údaji (P. RAMDOHR, 1955). Na základě pozorování makro- a mikrotextur byla stanovena tato sukcese: arsenopyrit, pyrit I — pyrrhotin, pentlandit — polydymit — cubanit?, sfalerit, chalkopyrit — pyrit II, markasit.

Na základě rentgenografického výzkumu byl vypočítán tento krystalochemický vzorec polydymitu:

Kunratice $(\text{Ni}_{0,76}, \text{Fe}_{0,24}) \text{Ni}_2\text{S}_4$

Rožany $(\text{Ni}_{0,59}, \text{Fe}_{0,41}) \text{Ni}_2\text{S}_4$

Z prvků, zjištěných kvalitativní spektrální a kvantitativní chemickou analýsou v polydymitu lze jako isominerální (ve smyslu J. H. BERNARDA, 1957) interpretovat: Co, Se, Te, Pt a Pd.

Z výsledků rentgenografických analys byly vypočteny pro polydymit tyto mřížkové konstanty:

Kunratice $9,447 \pm 0,007 \text{ \AA}$

Rožany $9,466 \pm 0,006 \text{ \AA}$.

*Ůstav nerostných surovin
Kutná Hora*

Einleitung

Im ersten Halbjahr 1962 haben die Verfasser ein Erzmaterial von den Lokalitäten *Kunratice* (*Schweidrich*) und *Rožany* (*Rosenthain*), die im Šluknov Ausläufer liegen, studiert. Aus diesem Material wurde ein seltener Ni — Sulfid — *Polydymit* [theoretische Formel Ni_3S_4], der ein neu festgestelltes Mineral für die Tschechoslowakei vorstellt, isoliert und exakt identifiziert. Die vorgelegte Arbeit legt einen Bericht über das Vorkommen und die Eigenschaften dieses Sulfides vor.

Kurze Ansicht der geologischen Verhältnisse der Fundorte

Beide Fundorte — *Kunratice* und *Rožany* — werden als Lagerstätten der Cu — Ni — sulfidischen Erze seit längerer Zeit in verschiedener Literatur eingeführt. Die Fundstelle *Rožany* befindet sich etwa 3 km nördlich von Šluknov (Schluckenau) auf der Grenze zwischen ČSSR und DDR. Die Lokalität *Kunratice* liegt etwa 2 km südlich von Šluknov bei der Strasse Šluknov — Nové Křečany. Beide Fundorte, die zwischeneinander etwa 5 km [Luftlinie] entfernt sind, stehen in einem engen genetischen Zusammenhang miteinander. Das oben erwähnte Gebiet ist zu dem Lausitzer Massiv, welches von dem nachbaren Gebiet der DDR in der Šluknov Ausläufer eingreift, geologisch zu rechnen. Lausitzer Pluton wird — in diesem Gebiet — durch Granodiorite, Granite und Ganggesteine (vorwiegend Diabase, gabbroidische Gesteine und Porphyre) petrographisch charakterisiert. Die Ganggesteine füllen im Lausitzer Massiv die Sprünge des vorsaxonischen Alters aus (F. FEDIUK — J. LOSERT — P. RÖHLICH — J. ŠILAR, 1958). Die metallogenetischen Prozesse, die in diesem Gebiet durchgelaufen sind, wurden auf die jungen Dislokationszonen des Lausitzer Massivs gebunden. Diese Zonen sind parallel mit der saxonischen Lausitzer-Störung gerichtet. Die Prozesse werden durch ein Vorkommen der sulfidischen Cu — Fe Ni — Mineralien merkbar. Die beschriebene Vererzung ist nicht nur auf die Dislokationszonen, sondern auch auf die Nebengesteine (vorwiegend auf Diabase und Porphyre), die bis in die Weite zu einigen Metern beiderseits mit denselben Erzen imprägniert sind, gebunden.

Kurze petrographische Charakteristik der vererzten Gesteine

Auf der Lokalität *Kunratice* gehört ein mittelkörniger Diabas zu den häufig vererzten Hauptgesteinen. Er hat dunkelgraugrüne Farbe, ist massiv und zeigt unregelmässig eingesprengte sulfidische Fe — Ni — Cu — Mineralien.

Mikroskopisch wird Diabas durch eine sehr typische ophitische Struktur der Gesteinsminerale charakterisiert; von denen werden vor allem die idiomorphen, leistenförmigen, lamellierten, basischen Plagioklase (Labradorit) vertreten. Die Zwischenmasse wird von grünbraunen Pyroxenen (Enstatit — Hypersthen), die örtlich uralisiert wurden, gebildet. Zu diesen Mineralien treten einzelne kleine Kornrelikte des umgewandelten (serpentisierten?) Olivins, die Biotitschuppen und Chloritaggregate zu. Von den akzessorischen Mineralien wurden folgende bestimmt: Titanit, Magnetit (Titanomagnetit) und Ilmenit.

Auf dem Fundorte *Kunratice* wurden die Erzimpregnationen auch in den granitoidischen Gesteinen beobachtet. Diese mittel- bis grobkörnigen Gesteine

haben eine porphyrische Textur mit den makroskopisch sichtbaren Quarz- und Feldspat-Einsprenglingen. Wegen der Zusammensetzung und Textur entsprechen sie dem Granitporphyr. Die Einsprenglinge des hypidiomorphen, von der Grundmasse korrodierten Quarzes und des K — Feldspates (meistens intensiv in eine feinschuppige Serizitmasse? umgewandelten) werden von der körnigen Grundmasse umgeben. Der K — Feldspat schliesst feine Haematitentmischungen ein. Das Gemenge vom saueren Plagioklas ist kleine und wegen der fortgeschrittenen Zersetzung sehr schwer zu bestimmen.

In Rožany wurden die erzeichen mittelkörnigen, grauschwarzen Gesteine vom gabbroidischen Charakter studiert. Diese Gesteine werden von den braun pleochrotischen Amphibolen und den ganz zerlegten Plagioklasen, die in eine gabbroophitische Struktur angeordnet sind, gebildet. Die beschriebenen Hauptmineralien wurden mit einem kleinen Gemenge von Biotit, teils Chlorit und den Mineralien der Epidot — Zoisit — Reihe begleitet. Apatit und Ti — Mineralien erscheinen akzessorisch zu sein.

Mineralogische Beschreibung der mit Polydymit assoziierenden sulfidischen Mineralien

Die sulfidischen Mineralien von Kunratice wurden schon am Ende des 19. und am Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieben (in J. KRATOCHVÍL, 1938, 1948, 1960, 1962). In der letzten Zeit haben auch J. KOUTEK (1948) und hauptsächlich ST. ERBAN (1950) von diesen Sulfiden eine Erwähnung gemacht. Von Rožany beschrieben J. KOUTEK (1948) und V. ŠÍPEK (1953) eine ähnliche Sulfidenssoziation. Auch PETERS (1927) (in J. KRATOCHVÍL, 1948, 1962) führt davon und von Kunratice ein Vorkommen der Ni — Co — Erze, die hier gefördert waren, ein.

Die Sulfide von beiden Lokalitäten bilden unregelmässig zerstreute, allotriomorphe Aggregate, die sich in Adern gruppieren oder grössere Akkumulationen zusammensetzen. In Rožany sind häufig Derberze anzutreffen. Auf beiden Fundorten findet man in der Wesenheit gleiche Sulfide: Pyrrhotin überwiegt stark über anderen Mineralien, deren quantitative Vertretung man ungefähr folgenderweise ausdrücken kann: Polydymit, Chalkopyrit, Pyrit I, Pyrit II, Markasit, Sphalerit, Cubanit?, Arsenopyrit, Pentlandit.

Pyrrhotin bildet die unregelmässig körnigen Aggregate (die Grösse einzelner Körner bewegt sich durchschnittlich in 0,X mm) von der Grösse XO mm. In die Spalten des Pyrrhotins sind Polydymit, Chalkopyrit, Pyrit II und Markasit eingewandert.

Chalkopyrit wird auf beiden Lokalitäten teils als allotriomorphe, körnige Aggregate (Korngrösse rund um 0,08 mm) ausgeschieden, teils dringt er Pyrrhotin und Polydymit aderförmig durch. Es wurde auch die Verdrängung des Pyrrhotins und Polydymits vom Chalkopyrit beobachtet.

Pyrit I kristalisierte auf beiden Fundstellen idio- bis hypidiomorphe Körner (durchschnittliche Grösse von X — 0,X mm); er wird von Pyrrhotin, Polydymit und Chalkopyrit umgeben und oft verdrängt.

Pyrit II und *Markasit*, die durch die supergene Zersetzung des Pyrrhotins entstanden sind, füllen die Spalten und Spaltrisse dieses Minerals aus (Körn-

grösse beider Mineralien stellenmässig von 0,1 — 0,01 mm). Auf beiden Lokalitäten ist Pyrit II meistens in einer grösseren Menge als Markasit anwesend.

Sphalerit bildet seltene allotriomorphe Körner (Korngrösse etwa 0,01 mm) im Chalkopyrit von Kunratice. Im Sphalerit wurden keine Innenreflexe beobachtet.

Im Pyrrhotin von Kunratice und am Rande seiner Aggregate wurden einzelne Körnchen und Lamellen eines Minerals, das sich dem *Cubanit* wegen optischer Eigenschaften nähert, beobachtet. Rücksichtlich auf die winzigen Dimensionen seiner Körnchen (von 0,01 mm) und auf ungenügende Materialmenge wurde keine Präzisionsidentifikation möglich. Dieses Mineral hat analogische Eigenschaften demselben Mineral, welches O. OELSNER (1954, 1961) von der benachbarten Lagerstätte Sohland a. d. Spree (in der DDR) als Cubanit beschrieben hat.

Pentlandit bildet im Pyrrhotin von Rožany sehr seltene splitterförmige Gebilde (Grösse von 0,01 mm).

Arsenopyrit kommt sehr selten als idiomorphe Körnchen (Grösse von 0,01 mm) im Chalkopyrit von Kunratice vor.

Die Sukzession der Sulfide könnte man im ganzen für beide Lokalitäten folgenderweise schematisieren: Arsenopyrit, Pyrit I — Pyrrhotin, Pentlandit — Polydymit — Cubanit?, Sphalerit, Chalkopyrit — Pyrit II, Markasit.

Eine, den beiden Lokalitäten mineralogisch und genetisch analogische Paragenese hat O. OELSNER (1954, 1961) von der Lagerstätte Sohland a. d. Spree (in der DDR) beschrieben. Diese Lagerstätte scheint eine wahrscheinliche Fortsetzung der Ni — Vererzung von ČSSR zu DDR zu sein. Nach den optischen Beobachtungen hält aber O. Oelsner ein ähnliches Mineral, welches von uns als Polydymit identifiziert wurde, für einem nicht entmischten Pentlandit. Zum ähnlichen Schluss kam auch V. ŠÍPEK (1953) auf Grund des mikroskopischen Studiums des Materials von Rožany. Weil beide genannten Mineralien sehr analogische optische Eigenschaften haben und weil man ihre Präzisionsidentifikation nur röntgenographisch durchführen kann, ist es nicht ausgeschlossen, dass es sich auch um Polydymit handeln könnte (namentlich im Falle des Fundortes Rožany).

Mineralogische Beschreibung und Genese des Polydymit

Polydymit bildet in beiden Lokalitäten idio- bis hypidiomorphe Körner (durchschnittliche Korngrösse von 0,1 mm). Sie bilden gewöhnlich die Aggregate, die die Spalten und Spaltrisse des Pyrrhotins aderförmig ausfüllen. Von diesen Spalten aus geht Polydymit in flammige bis fiederförmige Gebilde, von welchen Pyrrhotin sehr stark verdrängt wird, über. Daneben wurde Polydymit auch am Rande der Pyrrhotinaggregate beobachtet. Ebenfalls wandert er in die Gesteinsmineralien und in Pyrit I ein, wird vom Chalkopyrit umgeben und oft verdrängt.

In den Anschliffen hat Polydymit starke Reflexionsvermögen und ist weiss mit einem Stich nach Creme. Diese Farbe schillert nicht erheblich in der Ölimmersion. Bei den gekreuzten Nicols ist Polydymit zwar isotrop, löscht aber nicht ganz aus. Polydymit von beiden Fundorten zeigt eine ziemlich sichtbare Spaltbarkeit.

Nach dem Resultat des diagnostischen Ätzens reagierte Polydymit nur mit HNO_3 (1:1); dabei entsteht ein schwaches Aufbrausen und eine geringe Farbänderung zu braunem Stich. Alle anderen Ätzmittel — HCl (1:1), KCN (20 %), FeCl_3 (20 %), HgCl_2 (5 %), KOH (40 %) — waren gegen unseren Polydymit ganz negativ.

Die optischen Eigenschaften und das Ätzverhalten des Polydymits sind mit den Literaturangaben (P. RAMDOHR, 1955) in einer guten Übereinstimmung.

Weil Polydymit sowohl ähnliche optische Eigenschaften wie auch gleiches Ätzverhalten mit den anderen Gliedern der Linneit — Reihe (zum Beispiel mit Violarit) oder mit Pentlandit hat, wodurch zur Verwechslung und daher auch zu einer unrichtigen Bestimmung kommen könnte, wurde es notwendig dieses Mineral mit Hilfe der Röntgenanalyse zu identifizieren. Zu diesem Zwecke wurde eine geeignete Aufkonzentrierung des Polydymits durchgeführt (siehe die Probearbeitung für die spektrographische, chemische und röntgenographische Analyse).

Die Genese des Polydymits von beiden Fundstellen steht mit der Genese anderer Sulfide, die von Kunratice ausführlich studiert worden waren (ST. ERBAN, 1950), in einer engen Verbindung. Wir sind der Meinung, dass die Sulfide (einschliesslich des Polydymits) in Rožany ganz ähnlich, wie in Kunratice entstanden sind. Die genetische Ansicht des St. Erban's ist in der Wesenheit identisch mit der Erklärung der genetischen Verhältnisse nach R. BECK (1902, 1903) und O. OELSNER (1954) für die Lagerstätte Sohland a. d. Spree. Auf Grund der Erforschungen dieser Autoren kam es nach der Kristallisation der magmatischen Mineralien in basischen Gesteinen (Diabase) zur verschiedenen intensiven hydrothermalen Zufuhr, die sich durch die Zersetzung der Gesteinsminerale und durch das Durchdringen der basischen Gesteine von den Sulfiden (einschliesslich des Polydymits) bemerkbar gemacht hat. Die Sulfide haben dann die Mineralien der Diabase stufenweise verdrängt.

Unseren Beobachtungen nach und auf Grund der Forschungsergebnisse von ST. ERBAN (1950) kann man entnehmen, der weitaus grössten Masse der genannten Sulfide von beiden Lokalitäten ein epigenetischer Ursprung zuschreiben zu können. Die Sulfide, einschliesslich des Polydymits und Pyrrhotins, dringen die schon zersetzten basischen Gesteine durch. Es ist also nicht anzunehmen, diese Sulfide als eine Ausscheidung aus dem Schmelzfluss der basischen Gesteine deuten zu dürfen.

ST. ERBAN (1950) hat der Erklärung der Ni — Genese ein Detailstudium gewidmet. Seines Erachtens haben die hydrothermalen Lösungen als Nachfolger der magmatischen Phase die früher ausgeschiedenen Sulfide in den tieferen Teilen der Gesteinsmassive gelöst, oben hinauftransportiert und in oberen Partien der Erdkruste wieder ausgeschieden. Dieses Problem hat auch O. OELSNER (1950) auf der Lagerstätte Sohland a. d. Spree gelöst; er ist zur wahrscheinlichen Ansicht gekommen, dass der Ni — Gehalt in den hydrothermalen Lösungen aus dem basischen Spaltprodukt des tiefer situierten Plutons mobilisiert worden war. Die anderen sulfidischen Grundbestandteile — Fe, Cu, S — und auch Wassergehalt leitet er von der granitischen Restlösungen ab. Seines Erachtens ist also die Lagerstätte Sohland a. d. Spree als eine rein hydrothermale Lagerstätte anzusehen.

Weil wir keine Forschungsaufgabe hatten, Ni — Genese beider Lokalitäten zu folgen, können wir auch keinen eindeutigen Gesichtspunkt zu beiden

Erklärungen einnehmen. Als feststehend darf angenommen werden, dass Polydymit ausgesprochen epigenetisch entstanden wurde; auch F. FEDIUK et alii (1958) haben zur epigenetischen Deutung des Ursprungs der analogischen Sulfidvergesellschaftung in ähnlichen basischen Gesteinen vom Šluknov — Ausläufer (zwischen Mikulášovice und Brtníky) dieselbe Anschauung angenommen.

Es erhebt sich allerdings eine Frage, ob Polydymit bei den hydrothermalen Prozessen als praktisch einziger Ni — Sulfid, oder ob er als ein Umwandlungsprodukt von anderen Ni — Sulfiden (wie z. B. vom Pentlandit) entstanden ist. P. RAMDOHR (1955) hält eine unmittelbare Entstehung des dem Polydymit ähnlichen Ni — Sulfides — Violarits aus Pentlandit für möglich; Violarit von derselben Ursprung wurde auch vom A. D. GENKIN (1950) beschrieben. Nach unseren Erforschungen wurden keine Pentlanditrelikte, aus welchen Polydymit entstehen könnte, beobachtet.

Chemismus des Polydymits

Polydymit kommt auf beiden Lokalitäten in mikroskopischen Dimensionen und wächst ziemlich intim die Pyrrhotin- und Chalkopyritmassen durch. Darum war es notwendig bei der Separation vom Polydymit für die spektrographische, chemische und röntgenographische Analyse eine besondere Methode zu benützen.

1. Die Vorbereitung der Polydymit — Probe¹

Aus dem Erzmaterial beider Lokalitäten wurden unter der Binokularlupe die Pyrrhotinpartien, an die Polydymit überwiegend gebunden ist, von den Gesteinsmineralien, eventuel von anderen sulfidischen Beimengen separiert. Auf diese Art und Weise separiertes Material wurde bis zur Korngrösse unter 0,075 mm gemahlen, wobei es grösstenteils zur Kornlockerung vom Polydymit gekommen ist. Das gemahlte Material von Kunratice wurde unter Beigabe von Kupfersulfat, Wasserglas, K — Xanthogenat, Pine — Öl, im Flotationsapparat VRF 2 (Rauminhalt von 0,65 L) flotiert, wodurch ein Samtkonzentrat gewonnen wurde. Dieser Konzentrat wurde weiter magnetisch in dem magnetischen Analysator Mechanober (die Magnetfeldintensität von 2.000 Oersted) separiert. Dadurch wurde eine magnetische Fraktion mit starkem Überschuss vom Pyrrhotin („Pyrrhotin“) und ein unmagnetischer Teil, in dem Polydymit angereichert wurde, gewonnen. Dieses Material wurde spektrographisch, chemisch und röntgenographisch analysiert. Das Material von Rožany wurde analogisch, jedoch ohne Flotation zubereitet. Bei den Proben von beiden Lokalitäten wurde eine Säuberung des unmagnetischen Teiles durchgeführt.

¹ Die Vorbereitung der Polydymit-Probe hat ing. Vl. Potužák aus ŮNS Kutná Hora durchgeführt.

² Die Spektralanalyse wurde vom Arbeitskollektiv des spektrographischen Laboratoriums in ŮNS Kutná Hora durchgeführt. Bedingungenangaben: Quarzspektrograph Zeiss Q 24, wechselndes Bogenspektrum 8 A, Generator ABR 3, dünnwandige, zylindrische Graphitelektroden Kablo - Topolčany, Elektrodenabstand 3 mm, Hartmann's Blende T 10 — 5, Kamerablende 1 : 15, diaphragmatische Blende 3,2, Spaltöffnung 0,003 mm, Exposition 30 Sec., Arbeitsabschnitt des Spektrums 2250—5600 Å, Photomaterial Foma super-ortho 9 X 24 cm. Die Proben wurden mit und ohne Graphitpulver analysiert.

2. Auswertung der Analysenergebnisse

Die Proben mit den sulfidischen Mineralien wurden der qualitativen Spektralanalyse² untergeworfen (Tabelle 1). Pyrrhotin und die Proben mit Polydymitgehalt wurden dann quantitativ chemisch³ analysiert (Tabelle 2).

TABELLE 1.
Die qualitative Spektralanalyse der sulfidischen Mineralien von Kunratice und Rožany

| | Ag | Al | As | B | Ba | Bi | Ca | Cd | Co | Cr | Cu | Fe | Ga | Li | Mg | Mn | Na | Ni | P | Pb | Sb | Si | Sn | Te | Ti | V | Zn | |
|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|---|----|---|
| 1 | • | ● | ● | • | ? | | ● | • | ● | • | ● | ■ | ? | | ● | ○ | | ■ | | ○ | ? | ■ | | | ○ | • | ● | |
| 2 | • | ● | • | • | ? | | ○ | • | ● | • | ■ | ■ | | | ● | • | ○ | | ■ | | ○ | ? | ■ | • | | ○ | • | ● |
| 3 | | ○ | • | | | | ○ | • | ○ | • | ○ | ■ | ? | • | ● | • | | ■ | | • | | ■ | | | ○ | • | ○ | |
| 4 | • | • | ? | | | | • | • | ○ | | ● | ■ | | | ○ | • | | ■ | | • | | ■ | | | ○ | • | ○ | |
| 5 | ○ | ○ | • | | | • | ○ | • | • | • | ■ | ■ | | | ○ | • | | ● | ○ | • | | ● | ? | • | ○ | • | ● | |
| 6 | ○ | ● | ○ | | ? | • | • | • | • | | ■ | ■ | • | | ● | • | | • | • | • | | ■ | • | • | | ■ | ■ | |

Ranggruppen der festgestellten Elemente

■ 10 %

● 0,1 %

○ < 0,01 %

■ x %

○ 0,01 %

? problematisch

Bemerkungen zur Tabelle 1.: In allen Proben wurden als negativ folgende Elemente festgestellt: Au, Be, F, Ge, Hg, In, K, Mo, Nb, Sc, Sr, Ta, Tl, U, W, Y, Yb, Zr.

- 1 — Polydymit (mit kleinem Anteil vom Pyrrhotin) — Kunratice
- 2 — Polydymit (mit kleinem Anteil vom Pyrrhotin) — Rožany
- 3 — Pyrrhotin — Kunratice
- 4 — Pyrrhotin — Rožany
- 5 — Chalkopyrit — Kunratice
- 6 — Chalkopyrit + Pyrit — Rožany.

Aus beiden Tabellen ist es auffallend, dass die als „Pyrrhotin“ bezeichneten Proben eine Beimenge von 2—3 % des Polydymits und weiter eine kleine Beimischung von Chalkopyrit, Sphalerit und Gesteinskomponenten enthalten. Die

³ Die quantitativen chemischen Analysen von Ni, Co, Fe, S, Cu, Zn, Se und Te hat der Arbeitskollektiv des chemischen Laboratoriums und der Spurenelementenabteilung in ÚNS Kutná Hora durchgeführt. Analytische Bedingungen: Ni — nach der Einwaageauflösung im Königswasser wurde Ni polarographisch im Pyridinmedium bestimmt. Co — nach der Einwaageauflösung im Königswasser und nach der Beseitigung der dreiwertigen Kationen durch die ZnO — Suspension wurde photometrisch mit dem Nitroso — R — salz festgestellt. Fe — nach der Einwaageauflösung im Königswasser und nach Abfiltrierung des unlöslichen Rückstands wurde das Eisen mit Ammoniak ausgefällt und im H₂SO₄ — H₃PO₅ — Medium durch die KMnO₄ — Lösung titriert. Cu und Zn — wurden polarographisch im 1 M NH₄OH + 1 M NH₄Cl — Medium nach dem vorhergehenden Fe/OH₃ — Ausfällen und nach Abtrennung auf dem Ionenaustauscher bestimmt. S — wurde gravimetrisch als BaSO₄ festgestellt. Die Se — Te — Analysen wurden nach der J. BABČAN's Methode (1960) durchgeführt. Pt und Pd — wurden in ÚVR Příbram dokimastisch analysiert.

TABELLE 2.

Die Ergebnisse der quantitativen Analysen des Polydymits, Pyrrhotins und Chalkopyrits

| Mineral | Lokalisation | Ni % | Co % | Sulfidisches Fe % | Sulfidischer S % | Cu % | Se % | Te % | Pt g/t | Pd g/t |
|--|--------------|-------|------|-------------------|------------------|--------------------|--------|---------|--------|--------|
| Polydymit | Kunratice | 14,97 | 0,42 | 25,58 | 30,23 | 1,26 | 0,0052 | <0,0003 | — | — |
| Polydymit | Rožany | 15,62 | 0,44 | 27,59 | 30,82 | 1,99 ¹⁾ | 0,0060 | 0,0004 | 0,45 | 0,28 |
| Pyrrhotin | Kunratice | 1,92 | 0,04 | — | — | — | 0,0096 | <0,0003 | — | — |
| Pyrrhotin | Rožany | 1,11 | 0,02 | — | — | — | 0,0104 | 0,0003 | 0,55 | 0,22 |
| Chalkopyrit | Kunratice | — | — | — | — | — | 0,0131 | 0,0019 | — | — |
| Chalkopyrit | Rožany | — | — | — | — | — | 0,0049 | — | — | — |
| Chalkopyrit mit Pyrit aus den Quarzadern | Rožany | — | — | — | — | — | 0,0028 | 0,0004 | — | — |

Bemerkung zur Tabelle 2 : ¹⁾ Die Probe enthält noch 0,18 % Zn.

als „Polydymit“ bezeichneten Proben enthielten etwa 30 % von diesem Mineral; den Rest bildet eine grössere Gemenge von Pyrrhotin (\pm Pyrit) — etwa 35 %, Chalkopyrit (etwa 4 %) und Gesteinskomponenten. Geht man von dieser Beobachtung aus, ist es im Ganzen zwecklos die Möglichkeiten der Diadochie aller festgestellten Spurenelemente zu diskutieren. Eine andere Frage stellt allerdings die Bindung der Haupt- und Nebenerzelemente sowie der interessanten Spurenelemente vor, wozu die durchgeführten chemischen Analysen voll genügend sind.

Ni — als *Ni* — Hauptträger in der Gruppe der Sulfide ist Polydymit festgestellt worden. Im reinen Zustand enthält dieses Mineral nach Berechnung aus den Gitterkonstanten von 50,13—53,34 % *Ni*. Nickel ist teilweise in beiden Proben vom Polydymit durch Eisen vertreten. In anderen sulfidischen Mineralien ist Nickel in kleiner Menge auch auf Pyrrhotingitter (resp. auch auf Pentlanditmischungen) gebunden (etwa 0,5 %) und wahrscheinlich im Pyrit, was, leider, nicht direkt analytisch bestätigt wurde. Nickel, der im Chalkopyrit spektralanalytisch bestimmt wurde, stammt aus einer heterogenen Beimischung vom Polydymit. Nickel ist auch in kleiner Menge im Nebengestein an die Silikatenkomponenten (besonders an Olivin) im Diabas gebunden. Die Analyse des unvererzten Diabas ergab 0,09 % *Ni*.

Co — bildet, im Gegensatz zu *Ni*, *Cu* und *Zn*, kein selbstständiges Mineral und ist im Gitter der anwesenden Sulfide gebunden. Den Analysenergebnissen und den Literaturangaben nach (F. V. ČUCHROV et alii, 1960) kann man sagen, dass fast die gesamte Kobaltmenge im Polydymit gebunden ist. Geht man von den Analysen der Probe, wo der Polydymitgehalt etwa von 30 % ist, aus, bekommt man aus der bestimmten Menge des Kobalts von 0,42—0,44 % für „reinen“ Polydymit den Kobaltgehalt von etwa 1,4 %. Die Unbetrachtbar — bis Spurenmengen des Kobalts können — in der Übereinstimmung mit den Literaturangaben — auch im Pyrrhotin, kleine Gehalte auch im Pyrit gebunden wurden.

Cu — als Hauptträger kommt Chalkopyrit vor und in einer unersichtlichen Menge auch mikroskopisch bestimmter Cubanit.

Zn — der einzige festgestellte Träger ist Sphalerit. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass Zink teilweise auch in Silikatengesteinsmineralien gebunden ist.

Se, *Te* — sind — nach den gegenzeitigen Kenntnissen ihrer geochemischen Natur — isomineral (im Sinne J. H. BERNARD's, 1957) in sulfidischen Mineralien gebunden. Im Bezug darauf, dass man kein ganz homogenes Mineral analysieren konnte, sind wir auf Grund der Analysenergebnisse mathematisch zu folgenden wahrscheinlichsten *Se*- und *Te*- Gehalten im „reinen“ Polydymit gekommen: 80—85 g / t *Se*, 5—6 g / t *Te*.

Pt, *Pd* — die beiden Elemente, die gewöhnlich für *Ni* — Sulfide charakteristisch sind, wurden in dem separierten Material mit dem Polydymitgehalt nur aus der Lokalität Rožany festgestellt. Der Vererzungscharakter erlaubte nämlich keine Separation der zur chemischen Analysen genügenden Menge der Probe von Kunratice. Im Bezug auf die gleichen mineralogischen und chemischen Verhältnisse kann man sagen, dass die in der Probe von Rožany bestimmten *Pt*- und *Pd*-Gehalte mit denjenigen in Probe von Kunratice analogisch sein werden.

TABELLE 3.

Röntgenographische Identifikation des Polydymits

| hkl | Kunratice | | | Rožany | | | Polydymit (V. I. Mischev, 1957) | | Violarit (V. I. Mischev, 1957) | | Pyrrhotin (ASTM, 1945) | | Chalkopyrit (V. I. Mischev, 1957) | |
|----------------|-----------|---------------------|-------------|--------|----------------|-------------|---------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|---------------------------|-------|---|-------|
| | I | d Å gemess. | d Å ber. | I | d Å gemess. | d Å ber. | I | d Å | I | d Å | I | d kX | I | d Å |
| 220 | 3 | 3,341 | 3,340 | 5 | 3,341 | 3,347 | 3 | 3,35 | 5 | 3,36 | — | — | — | — |
| — | 2 | 3,021 | — | 4 | 3,037 | — | — | — | — | — | 0,6 | 2,98 | 10 | 3,03 |
| 311 | 10 | 2,853 | 2,849 | 9 | 2,860 | 2,854 | 8 | 2,85 | 10 | 2,86 | — | — | — | — |
| 222 | 2 | 2,728 | 2,727 | 1 | 2,728 | 2,732 | 3 | 2,73 | — | — | — | — | — | — |
| — | 0,5d | 2,655 | — | 3 | 2,637 | — | — | — | — | — | 0,8 | 2,64 | 6 | 2,61 |
| — | 1 | 2,439 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1H | 2,45 | — | — |
| 400 | 1 | 2,363 | 2,362 | 1 | 2,354 | 2,367 | 8 | 2,365 | 8 | 2,37 | — | — | — | — |
| — | 1 | 2,234 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1H | 2,26 | — | — |
| 420 | 0,5d | 2,112 | 2,112 | 0,5d | 2,112 | 2,117 | 3 | 2,115 | 2 | 2,08 | — | — | — | — |
| — | 1 | 2,070 | — | 3 | 2,063 | — | — | — | — | — | 10 | 2,06 | — | — |
| 422 | 2 | 1,920 | 1,928 | 1d | 1,931 | 1,932 | 3 | 1,931 | 3 | 1,93 | — | — | — | — |
| — | 1 | 1,860 | — | 3 | 1,860 | — | — | — | — | — | 0,1H | 1,88 | 10 | 1,855 |
| 511 } 333 } | 5 | 1,816 | 1,818 | 6 | 1,821 | 1,822 | 5 | 1,821 | 7 | 1,83 | — | — | — | — |
| — | 0,5 | 1,715 | — | 3 | 1,715 | — | — | — | — | — | 0,7 | 1,72 | — | — |
| 440 | 10d | 1,670 | 1,670 | 10 | 1,674 | 1,673 | 9 | 1,673 | 10 | 1,678 | — | — | — | — |
| — | 7 | ¹⁾ 1,632 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 531 | 1d | 1,598 | 1,597 | 2d | 1,598 | 1,600 | 1 | 1,599 | — | — | 0,4 | 1,61 | 10 | 1,586 |
| — | 2 | 1,508 | — | 1dd | 1,506 | — | — | — | — | — | — | — | 6 | 1,515 |
| 533 | 2 | 1,449 | 1,441 | 1dd | 1,450 | 1,444 | 2 | 1,443 | 3 | 1,445 | 0,2B | 1,451 | — | — |
| — | Al | 1,432 | — | Al | 1,432 | — | — | — | — | — | 0,4 | 1,430 | — | — |
| 444 | 2 | 1,360 | 1,363 | 2dd | 1,367 | 1,366 | 3 | 1,365 | 3 | 1,370 | — | — | — | — |
| 640 | — | — | — | 2dd | 1,317 | 1,313 | 1 | 1,312 | — | — | 0,6d | 1,320 | 6 | 1,320 |

Bemerkung zur Tabelle 3: ¹⁾ wahrscheinlichste Beimenge von Pyrit.

Auf Grund der quantitativen Bestimmung wurden die folgenden wahrscheinlichsten Pt- und Pd- Gehalte im „reinen“ Polydymit festgestellt: 1 g/t Pt, 0,76 g/t Pd. In der Übereinstimmung mit den Literaturangaben aus den letzten Jahren (besonders H. SCHNEIDERHÖHN, 1958, der die Pt- und Pd — Bildung auf das Gitter der Fe- und Ni — Sulfide in diesem genetischen Erztype bewies) wurden bestimmte Pt- und Pd — Gehalte auch im Pyrrhotin festgestellt (Tabelle 2).

Röntgenographische Identifikation

Die beiden Polydymitproben wurden röntgenographisch mit Hilfe der Debye — Scherrer — Methode auf dem Röntgenapparat Mikrometa unter folgenden Bedingungen analysiert: Fe $K\alpha$ — Strahlung [Mn — Filter], Kameradiameter 57,3 mm, Blende 1 mm, Spannung 24 kV, Intensität 22 mA, Exposition 7 Stunden. Die gepulverten Proben wurden mit Zapon — Lack auf Glasfaden von 0,2 mm Durchmesser geklebt und während der Exposition gedreht. Die Röntgenogramme wurden mit Aluminium ($a_0 = 4,0483 \text{ \AA}$) geeicht. Die Ergebnisse der Röntgenanalyse sind in der Tabelle 3 angegeben. Wie es aus dieser Tabelle folgt, enthalten die beiden Proben als ganz überwiegende Komponente einen Mineral aus der Linneit — Reihe: Polydymit (Ni_3S_4) — Violarit (FeNi_2S_4). In denselben Proben wurde auch Pyrrhotin als Beimengung und ein kleiner Anteil vom Chalkopyrit (besonders in der Probe von Rožany) bestimmt.

Aus den Röntgenogrammen wurden weiter die Gitterkonstanten des Polydymits unter Benützung der Linien mit Miller'schen Indizes (511, 333), (440) und (444) berechnet. Die berechneten Gitterkonstanten sind in der Tabelle 4 mit denjenigen von Polydymit und Violarit nach H. STRUNZ (1957) angeführt und verglichen. Es folgt, dass unsere Proben ihren Gitterparametern nach noch zum Polydymit gehören. Im Bezug darauf, dass sich Polydymit wegen seiner optischen Eigenschaften und wegen seines Strukturtyps zum Pentlandit, der besonders aus der Lokalität Kunratice als praktisch einziger nickelhaltiger sulfidischer Mineral beschrieben worden war, nähert, werden seine Gitterkonstanten auch mit denjenigen vom Pentlandit verglichen. Ein verhältnismässig grösserer Unterschied beider Gitterkonstanten scheidet die Identität des Minerals von beiden Lokalität mit Pentlandit aus.

TABELLE 4

Gitterkonstante und kristalchemische Formel des Polydymits, Violarits und Pentlandits

| Mineral | Lokalisation (Zitation) | Gitterkonstante in \AA | Kristallchemische Formel |
|------------|----------------------------|------------------------------------|--|
| Polydymit | (H. Strunz, 1957) | 9,42 | NiNi_2S_4 |
| Polydymit | Kunratice | $9,447 \pm 0,007$ | $(\text{Ni}_{0,76}, \text{Fe}_{0,24}) \text{Ni}_2\text{S}_4$ |
| Polydymit | Rožany | $9,466 \pm 0,006$ | $(\text{Ni}_{0,53}, \text{Fe}_{0,41}) \text{Ni}_2\text{S}_4$ |
| Violarit | (H. Strunz, 1957) | 9,53 | FeNi_2S_4 |
| Pentlandit | (H. Strunz, 1957) | 10,04 | $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_3$ |

Um mindestens annähernde Zusammensetzung der studierten Mineralien zu bestimmen, haben wir folgenden Fortgang benützt: Polydymit und Violarit sind die Endglieder der isomorphen Gruppe (in der Linneit — Reihe), in der ein Atom vom Nickel durch ein Atom des Eisens stufenweise ersetzt wird. Bei dieser Vertretung erhöht sich die Gitterkonstante des Polydymits von 9,42 Å bis auf 9,53 Å bei Violarit (H. STRUNZ, 1957). Die Differenz der Gitterkonstanten, die der Substitution von einem Nickelatom durch ein Eisenatom entspricht, beträgt 0,110 Å. Unter Voraussetzung, dass sich die Gitterkonstante in der betreffenden isomorphen Gruppe linear ändert, kann man leicht die Atomquotiente von Eisen und Nickel berechnen. Bei der Probe von Kunratice hat sich die Gitterkonstante im Gegensatz zum Polydymit um 0,027 Å erhöht; der entsprechende Atomquotient vom Fe ist 0,24 mit dem Fehler $\pm 0,06$. Bei der Probe von Rožany beträgt diese Differenz 0,046 Å und der entsprechende Atomquotient vom Fe ist 0,41 mit dem Fehler $\pm 0,06$. Die kristallchemische Formeln beider Proben und ihren Zusammenhang mit den beiden Endgliedern zeigt Tabelle 4.

ZUSAMMENFASSUNG

Aus dem durchgeführten Studium, hauptsächlich auf Grund der röntgenographischen Analyse und der Berechnung der Gitterkonstanten und kristallchemischen Formeln kann man entnehmen, dass Polydymit praktisch ein einziges sulfidisches Ni-Mineral auf den Lokalitäten Kunratice und Rožany scheint zu sein. Weil aus Kunratice nur Pentlandit als einziger Ni-Sulfid bisher beschrieben wurde (bloss auf Grund des mikroskopischen Studiums), der sehr analogische optische und struktur-kristallographische Eigenschaften mit Polydymit hat, sind wir der Meinung, dass angeführter Pentlandit in der Tat Polydymit ist. Weil wir jedoch aus beiden Fundstellen solche Proben studiert haben, die eine Gesamtvererzung charakterisierten, muss man Polydymit für ein überwiegendes sulfidisches Ni-Mineral auf beiden Lokalitäten halten. Beschriebener Polydymit scheint nicht nur für beide Fundorte, sondern auch für die ganze Tschechoslowakei ein neues Mineral zu sein.

Institut für Mineralrohstoffe, Kutná hora

LITERATUR

- ASTM (1945): First supplement X — ray diffraction data cards. Philadelphia.
- Eabčan J. (1960): Příspěvek k otázce zdrojů selenu v ČSSR. ÚNS Kutná Hora (unveröffentlichter Bericht).
- Beck R. (1902): Über eine neue Nickelerzlagerstätte in Sachsen. Zeitschr. f. prakt. Geol., pp. 41—43.
- Beck R. (1903): Die Nickelerzlagerstätte von Sohland a. d. Spree und ihre Gesteine. Zeitschr. d. d. geol. Gesellschaft, pp. 296—331.
- Bernard J. H. (1957): O isomorfním zastupování prvků ve skupině tetraedritu. Rozpr. ČSAV, H. 3, pp. 1—7.
- Čuchrov F. V. et alii (1960): Mineraly — spravočnik. Izdat. AN SSSR, v. I. Moskva.
- Erban St. (1950): Ložisko niklových a měděných rud u Šluknova. Přír. fak. UK, Praha (unveröffentlichter Bericht).

- Fediuk F. — Losert J. — Röhlich P. — Špilar J. (1958): Geologické poměry území podél lužické poruchy ve šluknovském výběžku. Rozpr. ČSAV, H. 9, pp. 1—42.
- Fleischer M. (1955): Minor elements in some sulfid minerals. Econ. Geol., v. 50, pp. 970—1024.
- Goldschmidt V. M. (1958): Geochemistry. Oxford.
- Genkin A. D. (1950): O violarite iz medno-nikelevykh mestoroždenij. Izv. AN SSSR, ser. geol., no. 2, pp. 130—138.
- Hawley J. E. — Nichol I. (1961): Trace elements in pyrite, pyrrhotite and chalcopyrite of different ores. Econ. Geol., v. 56, No. 3, pp. 467—487.
- Hegemann F. (1941): Die isomorphen Beziehungen von Mn, Zn, Co, Ni und Cu zu Pyrit und Magnetkies. Zeitschr. f. Krist., v. 103, H. 3, pp. 168—177.
- Koutek J. (1948): Posudek o ložiskách niklové rudy v okolí Šluknova. Praha (unveröffentlichtlicher Bericht).
- Kratochvíl J. (1938—1962): Topografické mineralogie Čech. Praha.
- Micheev V. I. (1957): Rentgenometričeskij opredelitel mineralov. Moskva.
- Oelsner O. (1954): Bemerkungen zur Genese der Magnetkies — Pentlandit — Lagerstätte Sohland/Spree. Freiburger Forschungshefte, C 10, pp. 33—45.
- Oelsner O. (1961): Atlas der wichtigsten Mineralparagenesen im mikroskopischen Bild. Freiberg.
- Ramdohr P. (1955): Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. Berlin.
- Schneiderhöhn H. (1958): Die Erzlagerstätten der Erde. Band I. — Die Erzlagerstätten der Frühkristallisation. Stuttgart.
- Sindeeva N. D. (1959): Mineralogia, tipy mestoroždenij i osnovnye čerty geochemii selena i tellura. Izdat. AN SSSR, Moskva.
- Strunz H. (1957): Mineralogische Tabellen. Leipzig.
- Šípek V (1953): Mineralogický rozbor rudního materiálu z Rožan. ÚVR Kutná Hora (unveröffentlichtlicher Bericht).