

Mitt. bad. Landesver. Naturkunde u. Naturschutz	N. F. 9	2	265—301	Taf. 13—15	Freiburg im Breisgau 31. Dezember 1966
--	---------	---	---------	---------------	---

Der Mineralbestand der Grube Johann am Burgfelsen bei Wittichen (mittlerer Schwarzwald)

von

KURT WALENTA, Stuttgart*

Mit Taf. 13—15

Inhalt	Seite
Zusammenfassung	265
Summary	266
Einleitung	266
I. Mineralbeschreibung	268
a) Primäre Mineralien	268
b) Sekundäre Mineralien	287
II. Altersfolge und Bildungsbedingungen	295
Schrifttum	299

Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird über die Ergebnisse einer eingehenden Untersuchung des Mineralbestandes der Grube Johann im Gebiet von Wittichen berichtet. Die Mineralbeschreibung umfaßt neben Angaben über die Ausbildungsform zum Teil optische und röntgenographische Daten, außerdem werden in einigen Fällen die Ergebnisse von mikrochemischen und spektrochemischen Analysen mitgeteilt.

Quarz, Schwerspat und Flußspat bilden die Hauptgangarten. Untergeordnet sind daneben auch Karbonate (Kalkspat und Eisenspat) sowie Anhydrit vertreten. An Erzminerale wurden ged. Wismut, Wismutglanz, Pechblende, Speiskobalt (Skutterudit), Safflorit, Allokas, Markasit, Pyrit, Bravoiit, Hämatit, Fahlerz, Bleiglanz, Zinkblende, Bornit, Kupferkies, Luzonit, Wittichenit, Emplektit und Aikinit festgestellt. Der Allokas ist, wie ein Vergleich der Röntgendaten zeigt, identisch mit dem 1963 von POLUSHKINA & SIDORENKO beschriebenen „Cobaltin mit Markasitstruktur“. Zu erwähnen ist außerdem das Auftreten der seltene Erden enthaltenden Mineralien Synchisit und Xenotim. Bei einigen Mineralien lassen sich zwei, beim Quarz drei Generationen unterscheiden. Der aus dem Gebiet von Wittichen beschriebene Klaprothit ist in Übereinstimmung mit NUFFIELD als gültige Mineralart zu streichen.

Die Sekundärparagenese umfaßt normalen und blaubleibenden Covellin, Neodigenit, Siderogel, Nadeleisenerz, Rubinglimmer, Schröckingerit, calciumhaltigen Novacekit, Meta-Zeunerit, Kobaltblüte, Malachit, Kupferlasur, Langit, Chlorotil, amorphe Kupferarsenate, Pitricit, Chrysokoll, kupferhaltigen Allophan, Bismutit, Monohydrocalcit, Gips, Hydromuskovit sowie drei wahrscheinlich als neue Mineralarten zu betrachtende Arsenate, die Calcium und zum Teil auch Magnesium als Kationen enthalten.

* Anschrift des Verfassers: Privatdozent Dr. KURT WALENTA, Inst. für Mineralogie u. Kristallchemie Technische Hochschule, 7 Stuttgart 1, Herdweg 5.

Im Schlußabschnitt werden die Bildungsbedingungen des hydrothermalen Vorkommens erörtert und paragenetische Vergleiche gezogen. Zwei Mineralisationsphasen werden unterschieden. In die erste fällt die Bildung der Glieder der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese und einiger weiterer meist sulfidischer Erzminerale, unter denen eisen- und kupferhaltige dominieren, in der zweiten entstehen Wittichenit, Emplektit und Aikinit sowie jüngere Generationen einiger Mineralien, die auch unter den Bildungen der ersten Phase vertreten sind. Die Möglichkeit wird diskutiert, daß die Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese stofflich aus den älteren Bildungen der ersten Mineralisationsphase abzuleiten sind, also Umlagerungsprodukte darstellen. In die Betrachtungen über die Genese werden auch die im Deckgebirge des Schwarzwaldes auftretenden Kupferwismuterzvorkommen einbezogen.

Summary

The minerals of the Johann Mine in the region of Wittichen (Central Black Forest) are described in detail. The description includes morphological and in some cases also optical and x-ray data as well as the results of microchemical and spectrochemical analyses.

Quartz, barite and fluorite are the main gangue minerals. Carbonates (calcite and siderite) as well as anhydrite occur in subordinate amounts. Ore minerals include native bismuth, bismuthinite, pitchblende, skutterudite, safflorite, alloclasite, marcasite, pyrite, bravoite, hematite, tennantite, tetrahedrite, galena, sphalerite, bornite, chalcopyrite, luzonite, wittichenite, emplectite and aikinite. Alloclasite is identical with "cobaltite with marcasite structure" described by POLUSHKINA & SIDORENKO 1963, as inferred from a comparison of x-ray powder data. In addition the rare-earth minerals synchisite and xenotime have been identified. Some minerals occur in two, quartz in three generations. The mineral klaprothite described from Wittichen is not a valid species as already shown by NUFFIELD.

The secondary assemblage consists of normal and blue remaining covellite, neodigenite, siderogel, goethite, lepidocrocite, schröckingerite, calciferous novacekite, metazeunierite, erythrite, malachite, azurite, langite, chlorotile, amorphous copper arsenates, pitticite, chrysocolla, cupriferous allophane, bismutite, monohydrocalcite, gypsum, hydromuscovite, and three probably new arsenate minerals containing calcium and in part also magnesium as cations.

In the last section the mode of formation of the hydrothermal vein deposit is discussed and paragenetic comparisons are drawn. Two periods of mineralization can be distinguished. The minerals of the cobalt-nickel-bismuth-uranium paragenesis were formed in the first period as well as a number of other mostly iron and copper-bearing ore minerals, in the second wittichenite, emplectite, aikinite and younger generations of minerals which are also members of the earlier formed assemblage. The possibility is discussed that the minerals of the younger copper-bismuth paragenesis have been derived by mobilization of minerals formed in the first mineralization period. The mode of formation of the copper-bismuth ores occurring in veins in the younger sedimentary rocks of the Black Forest is also considered in this connection.

Einleitung

Die Grube Johann, deren Mineralbestand in der vorliegenden Arbeit beschrieben wird, gehört zu den weniger bedeutenden Gruben des Gebietes von Wittichen. Die Baue umfassen zwei am Südwesthang des Burgfelsens gelegene Stollen, einen unteren und einen oberen, welche der Erschließung eines hydrothermalen Ganges dienten. Der im Granit aufsetzende, mehr oder minder NW streichende Gang, der stark zur Aufspaltung in Trümer neigt, führt neben den Gangarten Quarz, Flußspat und Schwefelkupfer vorwiegend Kupfer- und Kupferwismuterze in nicht sehr großer Menge. Im unteren Stollen ist außerdem eine Mineralisations-

zone im Granit aufgeschlossen, in deren Bereich Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Formation auftreten. Auf diese uranhaltige Mineralisationszone wurde der Verfasser bei Radioaktivitätsmessungen im Jahre 1961 aufmerksam. Ihre Entdeckung regte in erster Linie zu einer näheren Untersuchung des Mineralbestandes der Grube an.

Auf Einzelheiten der Mineralisation und der Gangausbildung im Bereich der beiden Stollen unter besonderer Berücksichtigung der Uranvererzung wird in einer an anderer Stelle veröffentlichten Arbeit (WALENTA 1966) eingegangen, so daß hier auf diesbezügliche Angaben verzichtet werden kann. Diese Arbeit unterrichtet auch über die Geschichte der Grube sowie über Lage und Verlauf der Grubenbaue.

Die Reihenfolge der Beschreibung richtet sich bei den primären Mineralien, die in Gangarten und Erzminerale unterteilt werden, weitgehend nach der Altersfolge, wobei verschiedene Generationen eines Minerals jedoch nicht getrennt behandelt werden. Neben Gangstufen aus den beiden Stollen und von deren Halden kamen für die Untersuchungen auch Proben aus einem kupferwismuterzführenden Trum zu Verwendung, das bei Wegbauarbeiten 1963 im Hangenden des Hauptganges oberhalb vom unteren Stollen aufgeschlossen wurde. Nesterförmig in der hauptsächlich aus Quarz bestehenden Gangart treten hier Kupferwismuterze etwas reichlicher auf, die sich sonst nur in verhältnismäßig spärlichen Mengen fanden. Zum Teil sind die jeweiligen Fundorte bzw. Entnahmestellen bei der Einzelbeschreibung der Mineralien angegeben.

Den Untersuchungen liegen Stufen und Mineralproben zugrunde, die vom Verfasser in den Jahren 1961 bis 1965 im Bereich der Grube Johann gesammelt wurden. Das Belegmaterial befindet sich in der Sammlung des Institutes für Mineralogie und Kristallchemie der Technischen Hochschule Stuttgart. Ein in die Untersuchungen einbezogener fahlerzreicherer Erzanschliff, angefertigt von Material aus der Sammlung R. METZ, Karlsruhe, wurde dem Verfasser von Fräulein C. KLUTH, Karlsruhe, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Die Anfertigung der angeführten Spektralanalysen besorgte Herr Dr. WILK vom Chemischen Untersuchungsamt der Stadt Stuttgart. Für die Bestimmung des Reflexionsvermögens der Erzminerale wurde ein von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestelltes Mikroskop-Photometer MPE der Firma Leitz verwendet, das mit einem Photovervielfältiger (SEV) vom Typ VFS 9A ausgestattet ist. Alle Messungen erfolgten mit einem Grünfilter (Wellenlänge λ 530 nm). Als Standard wurde ein Karborundanschliff benutzt (Reflexionsvermögen R_0 für λ 530 nm in Luft 0,2039, in Öl 0,07351 nach v. GEHLEN), welcher dem Verfasser von Herrn Dr. PILLER, Oberkochen, freundlicherweise für die Messungen überlassen wurde. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft dankt der Verfasser für die Unterstützung der Arbeit.

In der Literatur finden sich vor allem bei VOGELGESANG (1865, S. 72) Angaben über den Mineralbestand der Grube Johann. Er erwähnt Baryt, Flußspat, Quarz, Kupferkies, Kieselkupfer, Fahlerz, Bleiglanz, ged. Wismut und Kobalterze. SANDBERGER (1885, S. 370 u. 399) berichtet u. a. über das Auftreten von Emplektit und Kalkspat. Zur gleichen Zeit wie der Verfasser hat sich neuerdings C. KLUTH, Karlsruhe, im Rahmen einer Dissertation über die im Schwarzwald auftretenden Kupferwismuterze mit einigen Mineralien aus der Grube Johann und dem oben erwähnten Trum befaßt, insbesondere mit Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese.

Auf eine nähere Beschreibung des Wittichener Granits, der das Nebengestein

bildet, wird hier verzichtet. Er wurde schon von anderer Seite eingehend behandelt (WOLF 1942 u. a.). Erwähnt sei nur, daß der Granit im Gangbereich zum Teil stärkere hydrothermale Zersetzungserscheinungen aufweist, wie Sericitisierung der Feldspäte und Zersetzung der Biotite. Im Bereich der zersetzten Biotite findet man als Neubildung neben Hämatitausscheidungen verbreitet Anatas, zum Teil in gut ausgebildeten Kristallen. Die Kristalle sind meist kurzsäulig und zeigen mitunter achtseitige Querschnitte durch die Kombination von a (010) mit m (110). Die Basis c (001) oder flache Pyramiden bilden die Endbegrenzung. Mitunter liegen die Kristalle auch in Form von steilen Bipyramiden vor. Die zersetzten Biotite sind zum Teil mit Erzen imprägniert, stellen also bevorzugte Absatzorte der mineralisierenden Lösungen dar. Ähnliches gilt für die zersetzten Feldspäte. An letztere halten sich vor allem die als Nebengesteinsimprägnationen auftretenden uran- und kobalthaltigen Erze.

I. Mineralbeschreibung

Quarz

a) Primäre Mineralien

Quarz ist insgesamt gesehen die häufigste Gangart. Er tritt in mehreren Generationen auf. Die älteste Generation (Quarz I) ist unmittelbar mit dem granitischen Nebengestein verwachsen und enthält oft aus dem Nebengestein übernommene Mineralien und deren hydrothermale Zersetzungsprodukte als Einschlüsse (vor allem Sericit, vereinzelt auch Anatas). Im Nebengestein selbst findet man Quarz I in Form von Aderchen und Imprägnationen. Die Farbe von Quarz I ist weiß bis grauweiß, durch Hämatit Imprägnation mitunter auch rötlich. Die Korngröße ist unterschiedlich. Stellenweise erscheint er hornsteinartig dicht, vielfach ist er aber auch grobkörnig bzw. grobkristallin ausgebildet, wobei er ohne scharfe Grenze im Bereich von Drusen in idiomorphe Kristalle übergeht. Man kann diese Kristalle als Quarz Ib von den generell etwas älteren xenomorphen Quarzaggregaten der ersten Generation abtrennen, die dann entsprechend als Quarz Ia zu bezeichnen sind.

Die Kristalle von Quarz Ib sind durchscheinend bis durchsichtig und mehr oder minder farblos, mitunter durch Eisenverbindungen auch bräunlich verfärbt. Stellenweise bilden sie Kristallrasen. Als Flächen treten bei den in der Regel nur einseitig ausgebildeten Kristallen ($10\bar{1}1$), $01\bar{1}1$ und 1010) auf, doch treten die an letzter Stelle genannten Prismenflächen meist stark zurück oder fehlen vollständig. Viele Erzminerale sind mit dem Quarz der ersten Generation vergesellschaftet. Dies gilt vor allem für Kupferkies, der nicht selten als jüngere Bildung auf Kristallen von Quarz Ib aufgewachsen ist. Auch die Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese sind, soweit sie nicht als Imprägnationen im Nebengestein auftreten, an Quarz gebunden, doch ist es fraglich, ob dieser im Alter dem Quarz I des Hauptganges entspricht (vgl. S. 295 ff.).

Sodann findet sich noch eine zweite Quarzgeneration (Quarz II), die im Gegensatz zu Quarz I jünger als die Hauptgeneration des Schwerspates ist. Die Kristalle von Quarz II überkrusten Schwespat I und bilden Pseudomorphosen nach diesem. Im Dünnschliff ist das Auftreten von Schwespat Einschlüssen kennzeichnend für den Quarz II. Die Kristalle der jüngeren Quarzgeneration unterscheiden sich von den Quarz-Ib-Kristallen im allgemeinen durch eine größere Klarheit. Sie sind farblos oder etwas gelblich gefärbt. Es handelt sich um Kristalle der gleichen Kombination wie bei Quarz Ib, die allerdings — vor allem

im Bereich der Pseudomorphosen nach Schwerspat — nicht selten doppelseitig ausgebildet sind und stärkere Verzerrungen aufweisen. Eine sichere Unterscheidung zwischen Quarz I und Quarz II läßt sich allerdings auf die genannten makroskopischen Merkmale nicht gründen, so daß im Einzelfall, sofern Anhaltspunkte hinsichtlich der Altersstellung gegenüber Schwerspat fehlen, eine Zuordnung des Quarzes zu der einen oder anderen Generation schwierig sein kann.

Zu erwähnen ist weiterhin, daß man in Drusen, und zwar in der Regel aufgewachsen auf Kristallen von Quarz Ib, mitunter kleine, auffallend klare Quarzkristalle einer jüngeren Generation beobachten kann, die ähnlich wie Quarz II oft doppelseitig ausgebildet sind und starke Verzerrungen zeigen. Da der Schwerspat bei diesen Bildungen als Bezug fehlt, kann man sie nicht ohne weiteres mit dem nach Schwerspat I entstandenen Quarz II parallelisieren, doch dürften sie diesem zumindest teilweise im Alter entsprechen.

Kurz sei noch auf die Verhältnisse im Bereich des auf S. 267 erwähnten kupferwismuterzführenden Trums eingegangen, wo noch eine dritte Quarzgeneration nachweisbar ist. Die Gangart des Trums wird hauptsächlich von Quarz gebildet. Stellenweise umschließt dieser Schwerspat und weist „zerhackte Formen“ auf, also Lösungshohlräume nach Schwerspat. Er ist in diesen Fällen als eine gegenüber Schwerspat I jüngere Bildung gekennzeichnet und damit der zweiten Generation zuzurechnen. Auf Kristallen dieser zweiten Quarzgeneration sitzen lokal würfelige Kristalle von Flußspat und Kristalle von jüngerem Schwerspat II. Auf den Flußspatkristallen wiederum sind vereinzelt feinkristalline Krusten zu beobachten, die — wie die Untersuchung unter dem Mikroskop ergab — aus winzigen stark verzerrten Quarzkristallen bestehen, die einer dritten Generation zuzuordnen sind. Auch auf den Quarz II-Kristallen in den Drusen findet man mitunter Kriställchen einer jüngeren Quarzgeneration.

Die Spektralanalyse einer Probe von hornsteinartigem Quarz I mit Hämatit-impregnation von der Halde des oberen Stollens ergab den Nachweis von Al, Fe und Mg in deutlichen Mengen, von Bi und Cu in geringeren Mengen (Konzentration um 0,03 ‰), von Ca, Mn, Ni, Pb, Sn und Zn in geringen bis spurenhafte Mengen sowie von Co in Spuren¹.

Flußspat

Flußspat ist im Gangbereich recht verbreitet. Sein mengenmäßiger Anteil an der Gangausfüllung ist allerdings starken Schwankungen unterworfen und in manchen Gangabschnitten fehlt er vollständig. Die Hauptabscheidungsphase von Flußspat schließt sich an die von Quarz I an. Erzminerale treten im Bereich von Flußspat zurück.

Der Flußspat bildet mehr oder minder grobkristalline Massen, in Drusen auch würfelige Kristalle mit einer Kantenlänge bis über 4 cm. Die Farbe ist grau, grauweiß, blaßrötlich, grünlich und violett. Auch klare farblose Kristalle kommen in Drusenräumen vor. Die violette Färbung des Flußspates ist zweifellos

¹ Eine Prüfung auf Alkalien, seltene Erden und Platinmetalle unterblieb bei den Spektralanalysen. Hauptkomponenten, wie Si im vorliegenden Falle, sind im allgemeinen nicht unter den nachgewiesenen Elementen mit angeführt. Außerdem sei darauf hingewiesen, daß bei drei Proben (Fahlerz, Emplektit, kupferhaltigem Allophan) eine Beeinflussung des spektralanalytisch festgestellten Spurenelementgehaltes durch die im Probenräger (Tesa-film) vorhandenen geringen Mengen an Cu, Mg, Al, Ba, Ca und Si möglich ist.

eine Folge radioaktiver Einwirkung. Sie macht sich vor allem bei dem im Bereich der uranhaltigen Zone auftretenden Flußspat bemerkbar, ist vereinzelt aber auch sonst zu beobachten. Der grünlich gefärbte Flußspat ändert bei künstlicher Beleuchtung seinen Farbton und wirkt graublau bis blaßviolett.

Die in Drusen auftretenden Kristalle, die oft auf Quarz Ib aufgewachsen sind, zeigen neben (100) zum Teil noch weitere Flächen, die in ihrer Größe gegenüber den Würfelflächen allerdings sehr stark zurücktreten. Es handelt sich vor allem um Hexakisoktaederflächen, die an den Ecken der Kristalle auftreten. Aufgrund von Winkelmessungen, die unter dem Mikroskop mit Hilfe eines U-Tisches vorgenommen wurden, kommen den Flächen die Indizes (2.5.11) zu. Hexakisoktaederflächen dieser Art gelten beim Flußspat als selten. Neben den Hexakisoktaederflächen sind noch sehr schmale Tetrakishexaederflächen zu beobachten, welche die Kanten zwischen den Würfelflächen zuschärfen. Aufgrund der geringen Größe bereitete die genaue Identifizierung dieser Flächen Schwierigkeiten. Bei einem Kristall lassen sich die Ergebnisse der Winkelmessungen am ehesten mit den Flächenindizes (0.4.11) vereinbaren, bei einem anderen dagegen mit (0.3.10). Es handelt sich jedenfalls um Flächen, die f (013) nahestehen. Das Vorkommen von Flußspat mit Hexakisoktaederflächen ist im Gebiet von Wittichen nicht auf die Grube Johann beschränkt. Der Verfasser beobachtete Flächen der genannten Art auch an Flußspatkristallen von der Grube Neubergmännisch Glück. SANDBERGER erwähnt (1885, S. 397 f.) ebenfalls das Auftreten von kleinen Hexakisoktaeder- und Tetrakishexaederflächen an Flußspatkristallen aus dem Gebiet von Wittichen. Er vermutet, daß es sich um (731) und (730) handelt (vgl. OSANN 1927, S. 96).

Eine sichere Unterscheidung von mehreren Flußspatgenerationen ist im Bereich des Hauptganges der Grube Johann nicht möglich, wenn auch die in Drusen aufgewachsenen Kristalle zum Teil jüngere Bildungen darstellen mögen. Lediglich der im Bereich des kupferwismuterzführenden Trums auf Quarz II auftretende Flußspat, der farblose würfelige Kristalle bildet, kann als eine jüngere Generation betrachtet werden (Flußspat II). Er ist jünger als Schwerspat I, während der im Hauptgang vorkommende Flußspat, soweit Verwachsungen eine altersmäßige Einstufung erlauben, älter als Schwerspat I ist.

Eine Spektralanalyse von grünlich gefärbtem Flußspat I aus dem tiefen Stollen führte zur Feststellung von Al und Si in deutlichen, von Mg und Zn in mittleren, von Cu und Fe in geringen, von Mn in geringen bis spurenhaften Mengen und von Ba in Spuren. Das nahezu gleiche Ergebnis hatte die Spektralanalyse einer Probe von grauweißem Flußspat I von der Halde des oberen Stollens. Lediglich Cd wurde noch zusätzlich in Spuren nachgewiesen. Dagegen weicht das Ergebnis der spektralanalytischen Untersuchung eines farblosen, in einer Druse aufgewachsenen klaren Flußspatkristalls von der Halde des oberen Stollens etwas von obigem Befund ab. Es zeigt die Anwesenheit von Cu, Mg und Si in geringen Mengen, von Al, Ba und Fe in geringen bis spurenhaften Mengen und von Sr in Spuren. Zn ist in dieser Probe nicht nachweisbar.

Schwerspat

Schwerspat ist ebenso wie Quarz und Flußspat im Bereich der Grube Johann eine häufige Gangart. In manchen Gangabschnitten übertrifft er mengenmäßig die anderen Gangarten und bildet die Hauptausfüllmasse des Ganges. Die Hauptgeneration des Schwerspates ist grobblättrig ausgebildet (Schwerspat I). In Drusen bildet Schwerspat I tafelige Kristalle, die oft subparallel verwachsen sind.

Neben der Tafelfläche c (001) konnten bei der Vermessung eines Kristalls noch folgende Flächenformen beobachtet werden: l (102), d (101), u (201), m (210), γ (212), q (214) und eine weitere Fläche zwischen q und c , bei der es sich entweder um v (215) oder um (4.2.11) handelt. Außerdem scheint noch z (211) aufzutreten, wenn auch nur in sehr untergeordneter Form. Von den genannten Flächen treten m und d stärker hervor und sind neben der Tafelfläche für die Kombination bestimmend.

Der Schwerspat I ist undurchsichtig oder durchscheinend und weißlich bis rötlich gefärbt. Die rötliche Färbung wird durch eine feine Hämatitimpregnation bewirkt. Auf Schwerspat I sind des öfteren Kupferkieskristalle zu beobachten in ähnlicher Form wie auf Quarz Ib. Auch andere Erzminerale sind mit dem Schwerspat vergesellschaftet, insgesamt gesehen tritt die Erzführung von Schwerspat I gegenüber jener von Quarz I jedoch zurück.

Die beobachteten Verwachsungsverhältnisse mit anderen Gangarten lassen darauf schließen, daß die Hauptgeneration des Schwerspates nach Quarz I und Flußspat gebildet wurde. Jünger als Schwerspat I sind die auf S. 268 erwähnten Quarzkristalle der zweiten Generation, welche stellenweise auf Schwerspat I aufgewachsen sind und diesen unter Pseudomorphosierung verdrängen.

In untergeordneter Menge tritt noch eine jüngere Schwerspatgeneration (Schwerspat II) auf. Sie bildet kleine, oft völlig klare Kristalle von tafeliger Ausbildungsform, die meist in Drusen zwischen Quarz- und Flußspatkristallen sitzen. In einem Fall konnten zwei wasserklare Kristalle von ca. 0,15 mm Größe auch aufgewachsen auf einem angewitterten Kupferkieskristall in einer Quarzdruse beobachtet werden. Bei dem einen Kristall liegt die Kombination von c (001), m (210) und b (010) vor. Die Tafelflächen werden von c gebildet, die seitlichen Begrenzungsflächen von m und b . Bei dem anderen Kristall treten außerdem noch Flächen auf, welche die Kanten zwischen c und m abstumpfen. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um z (211). Die Kristalle der zweiten Schwerspatgeneration dürften als recht junge Bildungen anzusprechen sein. Im Bereich des kupferwismuterzführenden Trums findet man sie auf Quarz II, sie sind also jünger als dieser.

Die spektralanalytische Untersuchung von Schwerspat I (Halde des oberen Stollens) ergab den Nachweis von Sr in deutlichen, von Cu, Mg und Si in geringen, von Al und Ca in geringen bis spurenhafte Mengen sowie von Fe und Zn in Spuren. Bei der Spektralanalyse eines in einer Druse von Quarz II aufgewachsenen Schwerspatkristalls der zweiten Generation — ebenfalls von der Halde des oberen Stollens stammend — konnten Al, Ca, Mg, Si und Sr in geringen, Fe in geringen bis spurenhafte Mengen sowie Mn und Pb in Spuren nachgewiesen werden. Der Strontiumoxydgehalt von Schwerspat I beträgt nach einer im Chemischen Untersuchungsamt der Stadt Stuttgart durchgeführten Analyse 1,9 %.

Kalkspat und Eisenspat

Karbonate treten unter den Primärmineralien der Grube Johann mengenmäßig sehr stark zurück. Etwas häufiger sind junge Sinterkrusten von Kalkspat im unteren Stollen, die man jedoch ebenso wie ähnliche Sinter von Monohydrocalcit zu den Sekundärbildungen zu rechnen hat (siehe S. 294). Das Auftreten von Kalkspat in der Grube Johann wird bereits von SANDBERGER (1885, S. 399) erwähnt.

Kalkspat findet sich als untergeordnete Komponente in Stufen aus der uran- und kobalterzführenden Zone in Vergesellschaftung mit Quarz und Eisenspat.

Es sind körnige Aggregate von weißlicher, oberflächlich mitunter auch gelblicher Farbe. Der Brechungsindex n_0 liegt mit $1,665 \pm 0,002$ etwas höher als beim reinen Kalkspat. Es zeigte sich bei einer mikrochemischen Analyse, daß dies auf einen geringen Eisengehalt des Kalkspates zurückzuführen ist.

Auch unter den auf der Halde vor dem oberen Stollen gefundenen Mineralien ist der Kalkspat vertreten. Er bildet hier mehr oder minder korrodierte Kristalle und Aggregate von grauweißer Farbe, die von Quarz umschlossen werden. Mitunter konnten auch bei der Dünnschliffuntersuchung kleine Einschlüsse von Kalkspat im Quarz beobachtet werden.

Der im Bereich der uran- und kobalterzführenden Zone auftretende Eisenspat liegt zum Teil in idiomorpher Form vor und bildet rhomboedrische Kristalle, die im Kalkspat eingewachsen sind. Oberflächlich sind die Kristalle oft braun angewittert. Im Anschliff konnten auch Verwachsungen mit Kupferkies und Pyrit beobachtet werden, wobei man den Eindruck hat, daß der Eisenspat älter ist.

Anhydrit

Bei der Dünnschliffuntersuchung konnte festgestellt werden, daß im Gangquarz stellenweise kleine Einschlüsse eines Minerals auftreten, das aufgrund seiner optischen Eigenschaften als Anhydrit anzusprechen ist. Auch die Orientierung der mitunter erkennbaren Spaltrisse steht mit dieser Deutung im Einklang. Die Einschlüsse sind xenomorph beschaffen, weisen allerdings mitunter eine Neigung zu einer länglichen Ausbildungsform auf. Sie sind als Verdrängungsreste anzusprechen. Oft zeigen sie innerhalb eines gewissen Bereiches eine einheitliche Auslöschung, was darauf schließen läßt, daß es sich ursprünglich um größere Individuen gehandelt hat.

Träger der Anhydriteinschlüsse ist, soweit feststellbar, Quarz II. Dies läßt sich daraus schließen, daß mitunter in Vergesellschaftung mit den Anhydriteinschlüssen Verdrängungsreste von Schwerspat im Quarz zu beobachten sind. Der Quarz, der im Bereich der vom tiefen Stollen erschlossenen uran- und kobalthaltigen Mineralisationszone auftritt, enthält nach den Untersuchungen keine Anhydriteinschlüsse.

Synchisit und Xenotim

Ein zur Bastnäsitgruppe gehörendes Mineral, das mit dem Synchisit² — $\text{Ca}(\text{Ce},\text{Y})(\text{CO}_3)_2\text{F}$ — identisch ist oder diesem nahesteht, fand sich als untergeordnete Komponente in einigen Gangstufen, die von der Halde des oberen Stollens stammen. Die erste Beobachtung des Minerals erfolgte im Dünnschliff. Es bildet tafelige Kristalle mit hexagonalem Querschnitt, deren Größe knapp 0,1 mm erreicht (Taf. 13, Fig. 1). Die Kristalle zeigen unter dem Mikroskop eine lichtbräunliche Farbe. Die Doppelbrechung ist hoch, die Auslöschung gerade mit 1 (—). Die einzeln oder in eng verwachsenen Aggregaten auftretenden Kristalle bilden zusammen mit Hämatit Einlagerungen im Gangquarz. Oft sind die Kristalle hierbei streifenförmig angeordnet. Diese Aggregatform ist möglicherweise auf verdrängten Schwerspat oder auch Anhydrit zurückzuführen. Einschlüsse der genannten Mineralien sind nicht selten in dem den Synchisit umgebenden Quarz zu beobachten. Mit Hämatit ist der Synchisit häufig verwachsen. Man hat hierbei

² Beim Synchisit unterscheidet man cerium- und yttriumhaltige Glieder, die nach der neuen von LEVINSON (1966) vorgeschlagenen Nomenklatur als Synchisit-(Ce) und Synchisit-(Y) bezeichnet werden. Für Synchisit-(Y) war bisher der Name Doverit gebräuchlich.

den Eindruck, daß es sich bei den beiden Mineralien um mehr oder minder gleichaltrige Bildungen handelt.

Makroskopisch ist der Synchisit sehr unscheinbar. Seine lichtbräunlichen feinkörnigen Aggregate fallen im Bereich des Gangquarzes kaum auf. Die optischen Eigenschaften des Minerals wurden in Körnerpräparaten genauer bestimmt: n_D 1,645 \pm 0,003, n_E 1,743 \pm 0,003, optisch einachsig positiv. Die Berechnung der Dimensionen der hexagonalen (oder pseudohexagonalen) Elementarzelle aus dem Pulverdiagramm ergab: a_0 7,08 Å, c_0 oder c_0' 9,16 Å. Die für das Mineral ermittelten optischen Daten und Gitterkonstanten lassen keine eindeutige Entscheidung der Frage zu, ob es mehr Yttrium oder mehr Cerium enthält. Die Literaturangaben über das Pulverdiagramm des Synchisits-(Y) und die daraus abgeleiteten Gitterkonstanten differieren stark. Legt man die von LEVINSON & BORUP (1962) angegebenen Daten für den Synchisit-(Y) einem Vergleich zugrunde und nicht die von den Erstbeschreibern SMITH, STONE, ROSS & LEVINE (1960) genannten, wäre zu folgern, daß es sich um ein cerreicherer Zwischenglied handelt. Weitere Untersuchungen sind vorgesehen, um Aufschluß über die im Mineral enthaltenen seltenen Erden zu erhalten. In Salzsäure ist das Mineral unter Gasentwicklung löslich.

Das zweite nachgewiesene Mineral, das seltene Erden enthält, der Xenotim, tritt in Vergesellschaftung mit Synchisit eingewachsen in Quarz auf. Es sind kleine, meist scharf ausgebildete farblose Kristalle, deren Größe im allgemeinen unter 20 Mikron liegt, in Einzelfällen aber auch 50 bis 60 Mikron erreicht (Taf. 13, Fig. 2). Der Form nach handelt es sich um tetragonale Bipyramiden. Mengenmäßig tritt der Xenotim gegenüber Synchisit zurück.

Es überrascht etwas, daß Mineralien, die seltene Erden als Hauptkomponenten enthalten, im Quarz eines hydrothermalen Ganges im Gebiet von Wittichen auftreten. Es gibt allerdings noch einen anderen Hinweis auf eine hydrothermale Zufuhr von seltenen Erden im Bereich der Erzgänge dieses Reviers. Nach den Untersuchungen von LEIBIGER (1955) weisen die Pechblende von der Sophia-Halde und das Uranerz aus der Grube Anton einen relativ hohen Gehalt an seltenen Erden, und zwar vorwiegend an Yttrium auf. Vielleicht sind seltene Erden enthaltende Mineralien im Gangrevier von Wittichen häufiger und nur aufgrund ihrer Unscheinbarkeit bisher der Entdeckung entgangen.

Erwähnt sei noch, daß der Synchisit-(Y) im Bereich der Scrub Oaks Iron Mine in Dover, New Jersey, von welcher das Mineral unter dem Namen Doverit von SMITH, STONE, RISKA & LEVINE (1955) erstmals beschrieben wurde, mit den gleichen Mineralien vergesellschaftet ist wie der Synchisit in der Grube Johann, nämlich mit Quarz, Hämatit und Xenotim.

Ged. Wismut

Ged. Wismut findet sich vor allem im Bereich der uran- und kobalthaltigen Mineralisationszone, fehlt aber auch nicht in der jüngeren Kupferwismuterz-Paragenese. In der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese kann das ged. Wismut als eine der ältesten Bildungen betrachtet werden. Es tritt im Bereich der erzimprägnierten Partien in Einsprenglingen und körnigen Aggregaten auf, die oft von Wismutglanz verdrängt werden. In der Umgebung des ged. Wismuts findet man nicht selten Pechblende, doch wurden keine unmittelbaren Verwachsungen zwischen den beiden Mineralien festgestellt.

In der Kupferwismuterz-Paragenese ist das Mineral offenbar als Reaktionsprodukt bei Verdrängungsvorgängen entstanden (ged. Wismut II). Man findet

es in Form von kleinen Einschlüssen im Emplektit und Wittichenit, und zwar vor allem in den Bereichen, wo eine Verdrängung des Emplektits durch Wittichenit festzustellen ist (vgl. S. 285 u. Taf. 15, Fig. 2). Auch in unmittelbarer Verwachsung mit Sekundärmineralien, die sich bei der Zersetzung der Kupferwismuterze bildeten, ist es zu beobachten. Es stellt hier eine sehr junge Bildung dar, die genetisch zu den Sekundärbildungen zu rechnen ist. In ähnlicher Form findet man jung gebildetes ged. Wismut auch im Danielgang.

Wismutglanz

Wismutglanz ist eine weitere Komponente der uran- und kobalthaltigen Mineralisationszone. Oft tritt das Mineral — wie oben erwähnt — als Verdränger von ged. Wismut auf. Es bildet neben mehr oder minder unregelmäßigen körnigen Aggregaten auch säulige bis nadelige Kristalle von geringer Größe. Aus den beobachteten Verwachsungen mit Pechblende und Alloklas läßt sich schließen, daß der Wismutglanz im wesentlichen wohl vor diesen Mineralien gebildet wurde. In der Pechblende bildet er lokal kleine Einschlüsse.

Der Wismutglanz fällt im Anschliff durch seine recht kräftigen Anisotropieeffekte in grauen Tönen und seinen deutlichen Reflexionspleochroismus auf. Das Reflexionsvermögen ist etwas geringer als das der Kobaltmineralien.

Pechblende

Die Pechblende ist der primäre Uranträger im Bereich der uran- und kobalthaltigen Mineralisationszone. Sie bildet im Bereich der Erzimprägnationen neben unregelmäßigen Körnern mehr oder minder kugelig ausgebildete Aggregate, zeigt also die für Pechblende hydrothermalen Entstehung typische Ausbildungsform, wie man sie auch bei den Erzen aus der Grube Sophia beobachten kann. Die Größe der kugeligen Pechblendeaggregate reicht in den untersuchten Proben allerdings nicht an jene der aus der Grube Sophia bekannt gewordenen Bildungen heran. Mit den Kobaltmineralien und auch mit Wismutglanz ist die Pechblende, wie oben bereits erwähnt wurde, des öfteren verwachsen. Häufiger sind vor allem Verwachsungen mit dem auf S. 275 f. behandelten Alloklas zu beobachten (Taf. 13, Fig. 3). Man hat bei diesen Verwachsungen im allgemeinen den Eindruck, daß die Pechblende die ältere Bildung darstellt, zumal mitunter auch korrodierte Einschlüsse von Pechblende und der Kobaltmineralien vielleicht aber auch parallel verlaufen.

Die Pechblende ist an ihrem geringen Reflexionsvermögen (bei fehlenden Innenreflexen), optischer Isotropie und großer Schleifhärte kenntlich. Oft zeigen die Pechblendeaggregate randlich Korrosionserscheinungen und Umwandlungen in Sekundärprodukte.

Speiskobalt (Skutterudit)

Zu den primären Trägern des Kobalt- und Nickelgehaltes im Bereich der Grube Johann gehören nach den erzmikroskopischen Untersuchungen die Mineralien Speiskobalt, Safflorit, Alloklas und Bravoi. Der hier an erster Stelle behandelte Speiskobalt, der etwas nickelhaltig ist, bildet Einsprenglinge und körnige Aggregate von geringer Größe. Mitunter zeigen die Körner Ansätze zu idiomorpher Ausbildung und Zonarbau. Safflorit ist stellenweise mit dem Speiskobalt vergesellschaftet. Er umwächst als jüngere Bildung die Speiskobaltaggregate.

Eine mikrochemische Untersuchung des Speiskobalts führte zum Nachweis von etwas Ni neben Co. Auch eine geringe Eisenmenge ist im Mineral enthalten. Eine Gitterkonstantenberechnung aus dem Pulverdiagramm ergab einen a_0 -Wert von 8,22 Å. Für reines synthetisches CoAs_3 wird in der Literatur ein a_0 -Wert von 8,204 angegeben, während für Chloanthit $\text{NiAs}_{2,3}$ ein Wert von 8,28 Å genannt wird (vgl. BERRY & THOMPSON 1962, S. 117; STRUNZ 1966, S. 128). Der Vergleich dieser Daten mit dem a_0 -Wert des Speiskobalts aus der Grube Johann läßt den Schluß zu, daß letzterer ein nicht sehr nickelreiches Glied der Mischkristallreihe Speiskobalt—Chloanthit ist.

Im Anschliff verhält sich der Speiskobalt isotrop, wodurch er sich leicht von dem mit ihm vergesellschafteten Safflorit unterscheiden läßt. Das Reflexionsvermögen ist dem des Safflorits ähnlich, wenn sich auch aufgrund des Reflexionspleochroismus des Safflorits je nach Orientierung gewisse Unterschiede ergeben. Die Härte ist etwas größer als die von Safflorit.

Safflorit

Der Safflorit ist im Bereich der uran- und kobalthaltigen Mineralisationszone verhältnismäßig verbreitet. Er bildet kleine Kriställchen mit rhombischem Querschnitt, die in der quarzigen Gangart und im erzimprägnierten Nebengestein eingewachsen sind und meist scharenweise auftreten (Taf. 13, Fig. 4). Mitunter sind auch die für dieses Mineral charakteristischen sternchenförmigen Drillinge zu beobachten. Der Safflorit ist oft mit dem in der Folge behandelten Alloklas verwachsen, ebenso auch mit Speiskobalt, wie bereits erwähnt wurde. Der Alloklas umschließt nicht selten Saffloritkriställchen, stellt in diesen Fällen also eine jüngere Bildung dar (Taf. 13, Fig. 6). Im Vergleich zum Fahlerz, Kupferkies und deren Begleitminerale ist der Safflorit älter. Im Fahlerz findet man ihn z. B. in Form von kleinen korrodierten Einschlüssen.

Im Anschliff fällt der Safflorit durch seine kräftigen Anisotropieeffekte bei gekreuzten Nicols auf. Es sind bläuliche und bräunliche Töne. Bei Beobachtung in Öl ist auch ein merklicher Reflexionspleochroismus zu verzeichnen. Das Reflexionsvermögen und die Anisotropieeffekte sind nicht immer völlig einheitlich, sondern zeigen mitunter zonar gewisse Schwankungen. Diese Schwankungen im Reflexionsvermögen sind zweifellos Unterschieden in der chemischen Zusammensetzung zuzuschreiben. Es zeigte sich bei einer mikrochemischen Analyse, daß der Safflorit neben Co noch eine erhebliche Menge an Fe enthält, während der Gehalt an Ni gering ist. Wir haben es also im wesentlichen mit einem Mischkristall zwischen Safflorit und Löllingit zu tun und es ist nicht unwahrscheinlich, daß die Unterschiede in den optischen Eigenschaften zumindest teilweise auf ein wechselndes Co/Fe-Verhältnis zurückzuführen sind. Auch das Ni kann hierbei zum Teil eine gewisse Rolle spielen, wenn es auch in der einen mikrochemisch untersuchten Probe mengenmäßig zurücktritt.

Alloklas (Co,Ni)AsS („Cobaltin mit Markasitstruktur“)

Das in der Folge behandelte Mineral zeigt enge Beziehungen zu einer von POLUSHKINA & SIDORENKO (1963) beschriebenen vermeintlich neuen Mineralart aus dem Gebiet von Tuva, die bei cobaltinähnlicher Formel $(\text{Co,Ni})\text{AsS}$ (mit $\text{Co/Ni} = 3$) rhombische Markasitstruktur aufweist (vgl. auch FLEISCHER, Amer. Miner. 1964, S. 818, „Unnamed dimorph of cobaltite“). Wie weiter unten noch dargelegt wird, ist das Mineral aus dem Tuva-Gebiet nahe verwandt mit dem von TSCHERMAK (1866) beschriebenen Alloklas von Orawitza in Ungarn, den

man in neuerer Zeit allerdings nicht mehr als gültige Mineralart betrachtet hat. Co ist beim Mineral von Orawitza und aus dem Tuva-Gebiet das vorherrschende Kation, so daß es berechtigt erscheint, trotz gewisser Unterschiede im Chemismus den Namen Alloklas auch für das von den russischen Autoren beschriebene und das in der Grube Johann vorkommende Mineral, ganz allgemein also für Mineralien von cobaltinähnlicher Formel mit Markasitstruktur, gelten zu lassen.

Der Alloklas gehört zu den häufigsten Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese der Grube Johann. Er tritt meist idiomorph in kleinen Kristallen auf, deren Größe kaum 50 Mikron überschreitet und die in Schwärmen und lokalen Anhäufungen die erzimprägnierten Gesteinspartien durchsetzen (Taf. 13, Fig. 5 u. 6). Die Kristalle sind zum Teil säulig ausgebildet und zeigen einen rhombischen Querschnitt. Auf die Verwachsungen mit anderen Gliedern der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese wurde bereits hingewiesen.

Die Eigenschaften des Minerals im Auflicht ähneln jenen von Cobaltin (Glanz-kobalt). Es weist eine gute Politur und ein relativ hohes Reflexionsvermögen auf, das höher als das von Wismutglanz, jedoch geringer als das von Safflorit ist. Gemessen wurden in Luft 45 %, in Öl 32,5 % (λ 530 nm). Der Farbton ist vor allem bei Beobachtung in Öl leicht rosa bis rosabraun, was besonders deutlich bei Verwachsungen mit Safflorit in Erscheinung tritt. Die Anisotropieeffekte sind sehr schwach und können bei oberflächlicher Betrachtung der Beobachtung entgehen. Ein Reflexionspleochroismus ist nicht feststellbar. Die Schleifhärte ist merklich größer als die von Safflorit.

Die wichtigsten Linien des Pulverdiagramms sind in der Folge angeführt³. Zum Vergleich enthält die Tabelle auch noch die stärksten Linien des von POLUSHKINA & SIDORENKO beschriebenen Minerals sowie von Alloklas nach BERRY & THOMPSON (1962). Die nahe Übereinstimmung der d-Werte des Minerals aus der Grube Johann und des von den russischen Autoren beschriebenen Minerals mit den d-Werten von Alloklas beweist die enge Verwandtschaft und weitgehende strukturelle Identität dieser Mineralien. Dagegen ergeben sich merkliche Unterschiede gegenüber den d-Werten von Cobaltin und Glaukodot.

Mineral aus der Grube Johann (Co,Ni)AsS		Mineral aus dem Tuva-Gebiet (Co,Ni)AsS mit Co/Ni = 3 (nach POLUSHKINA & SIDORENKO 1963, S. 1422)		Alloklas, Orawitza (Co,Fe)AsS (nach BERRY & THOMPSON 1962, S. 105—106)	
d	I	d	I	d	I
3,55	2	3,51	4	3,57	5
2,79	10	2,72 (2,775) ⁴	10	2,75	10
2,49	8	2,465	8	2,47	8
2,40	8	2,382	9	2,39	6
1,818	9	1,800	10	1,813	10
1,645	5	1,629	7	1,640	4

³ Für die Aufnahme wurde Fe-Strahlung mit Mn-Filter und eine Kammer mit einem Durchmesser von 57,3 mm verwendet. Die angegebenen Intensitäten sind geschätzt. Filmschrumpfung und Präparatdicke sind bei den gemessenen d-Werten durch Korrekturen berücksichtigt.

⁴ In Klammern ist hier der berechnete d-Wert hinzugefügt, der sich aus den von den russischen Autoren angegebenen Gitterkonstanten (b_0 5,55 Å) und den diesem d-Wert zugeordneten Indizes 020 ergibt. Er kommt dem entsprechenden d-Wert des Minerals aus der Grube Johann wesentlich näher als der gemessene Wert. Da die Differenz zwischen dem gemessenen und dem berechneten Wert ungewöhnlich groß ausfällt, könnte hier ein Angabe- oder Meßfehler der russischen Autoren vorliegen.

Betrachtet man die in der Tabelle angeführten d-Werte etwas genauer, so zeigt sich, daß die für das Mineral aus der Grube Johann angegebenen Werte etwas größer sind als die des Alloklas und des Minerals aus dem Tuva-Gebiet. Dies ist eine Folge von gewissen Unterschieden in der Elementarzellengröße dieser Mineralien. Von POLUSHKINA & SIDORENKO werden für das von ihnen untersuchte Mineral als Gitterkonstanten angeführt: a_0 4,56 Å, b_0 5,55 Å, c_0 3,53 Å. Für das Mineral aus der Grube Johann findet man für b_0 5,58 Å, wenn man bei der Berechnung von der als 020 zu betrachtenden Linie d 2,79 ausgeht. Beim Alloklas aus Orawitzta erhält man entsprechend b_0 5,50 Å. BERRY & THOMPSON (1962, S. 105) berechneten die Gitterkonstanten des Alloklas von Orawitzta unter Zugrundelegung von Arsenkiesstruktur. Die von ihnen genannten Werte, a_0 6,80 Å, b_0 27,75 Å, c_0 5,62 Å, sind daher als falsch zu betrachten und für einen Vergleich nicht geeignet.

Die Unterschiede in den Elementarzellengrößen (und d-Werten) sind im Chemismus dieser Mineralien begründet, hauptsächlich wohl im wechselnden Verhältnis der Metalle Co, Ni und Fe. Wenn auch noch keine genauen Untersuchungen über die Abhängigkeit der Elementarzellengröße dieser Mineralien vom Gehalt an Co, Ni und Fe vorliegen, so läßt sich doch aus den verfügbaren Daten bei verwandten Mineralien der Schluß ziehen, daß ein Steigen des Nickelgehaltes eine Zunahme der Elementarzellengröße zur Folge haben wird. Demnach wäre bei dem Mineral aus der Grube Johann mit einem höheren Nickelgehalt zu rechnen, was auch mit dem Ergebnis einer mikrochemischen Untersuchung übereinstimmt.

Diese Untersuchung ergab den Nachweis von Co, Ni und As (neben S) in deutlichen Mengen sowie von Fe in untergeordneter Menge. Die Formel des Minerals wäre danach (Co,Ni)AsS bzw. (Co,Ni,Fe)AsS, wenn man auch den geringen Eisengehalt berücksichtigt. Über das Co:Ni-Verhältnis läßt sich aufgrund dieser qualitativen Untersuchung keine genaue Angabe machen, doch ist aufgrund obiger Überlegung anzunehmen, daß es kleiner als das Co:Ni-Verhältnis von 3:1 beim Mineral aus dem Tuva-Gebiet ist.

Markasit

Markasit findet sich als verhältnismäßig untergeordnete Komponente in Verwachsung mit dem in der Folge beschriebenen Pyrit. Er bildet körnige Aggregate, die mitunter Ansätze zu idiomorpher Ausbildung zeigen. Manche Körner sind willingslamelliert. Neben dem Pyrit fällt der Markasit durch seine kräftigen Anisotropieeffekte auf. Was die altersmäßige Stellung des Markasits zum Pyrit anbetrifft, so hat man im allgemeinen den Eindruck, daß der Markasit das ältere Mineral ist, das vom Pyrit verdrängt wird bzw. sich in diesen umwandelt.

Pyrit und Bravoit

Pyrit tritt in Vergesellschaftung mit den Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese und Kupferkies auf. Er bildet körnige Aggregate in quarziger Gangart. Die Körner sind xenomorph ausgebildet oder zeigen würfelige Formen. Häufig macht sich bei ihnen ein Zonarbau bemerkbar, der durch Schwankungen im Reflexionsvermögen und Farbeindruck bedingt wird (Taf. 14, Fig. 1). Auch von Korn zu Korn sind häufig Schwankungen dieser Art zu verzeichnen. Neben Körnern, die den normalen cremefarbenen Ton des Pyrits zeigen, findet man solche, die deutlich braun wirken. Zwischen solchen braunen Farbtönen und der Normalfarbe lassen sich alle Übergänge beobachten.

Die braungefärbten Pyrite sind als Bravoite anzusprechen, bei denen ein Teil des Fe durch Ni ersetzt ist. In Abhängigkeit vom Fe/Ni-Verhältnis ergeben sich die beobachteten Unterschiede im Reflexionsvermögen und Farbeindruck. Je höher der Gehalt an Ni liegt, desto geringer ist das Reflexionsvermögen. Das Vorliegen von nickelhaltigem Pyrit läßt sich auch aus einer Pulveraufnahme ableiten. Die Aufnahme wurde von einer Pyritprobe angefertigt, die im Anschliff stärkere Schwankungen im Reflexionsvermögen zeigte. Die Auswertung ergab, daß neben den Linien des normalen Pyrits noch solche einer zweiten Komponente zugegen sind, deren Gitterkonstante im Vergleich zum Pyrit etwas größer ist. Die genaue Bestimmung ergab für diese Komponente einen a_0 -Wert von 5,46 Å, während reinem synthetischem FeS_2 ein a_0 -Wert von 5,417 Å zukommt (SWANSON, GILFRICH & UGRINIC 1955, S. 29). Für die reine Nickelverbindung NiS_2 gibt KLEMM (1962, S. 86) dagegen einen a_0 -Wert von 5,690 an. Die Gitterkonstante der nickelführenden Komponente weicht im vorliegenden Fall demnach nicht sehr stark von der des reinen Pyrits ab, der Ersatz von Fe durch Ni erreicht also nur geringe Ausmaße. Das Verhältnis Fe:Ni liegt aufgrund der Differenz im a_0 -Wert bei etwa 6:1. Dies dürfte allerdings nicht das Maximum des zu verzeichnenden Ersatzes sein, da im Einzelfall Körner beobachtet wurden, deren Reflexionsvermögen noch merklich niedriger lag als das des für das Pulverdiagramm verwendeten nickelführenden Pyrits. Infolge der geringen Größenverhältnisse war eine Isolierung solcher Körner jedoch nicht möglich. Ihr Reflexionsvermögen geht aufgrund der durchgeführten Messungen in Luft herab bis etwa 38 % (λ 530 nm), während in der Literatur für reinen Pyrit 48,6 % (Grünfilter) angegeben werden (RAMDOHR 1960, S. 733). Spektralanalytisch konnte in einer Pyritprobe neben Ni auch etwas Co nachgewiesen werden.

Der Pyrit bzw. Bravoit ist häufig mit Markasit und Kupferkies verwachsen. Mitunter bildet er zusammen mit Markasit Einschlüsse in letzterem. Aus den Verwachsungsformen und mitunter zu beobachtenden Verdrängungserscheinungen geht hervor, daß Pyrit und Markasit älter sind als Kupferkies. Dagegen sind sie gegenüber den im Vorhergehenden behandelten Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese als jünger zu betrachten (vgl. hierzu S. 296).

Hämatit

Hämatit ist im Bereich der Grube Johann weit verbreitet und neben Kupferkies das häufigste Erzmineral. Man findet ihn als Imprägnation in den Gangarten, vor allem im Quarz I und Schwerspat I, deren rötliche Färbung er bedingt, in Drusenräumen auch in etwas größeren tafeligen Kristallen, die zum Teil subparallel verwachsen sind und büschelförmige Aggregate bilden. Er gehört auch zu den wenigen Erzmineralien, die einschlußförmig in Flußspatkristallen auftreten. Die Kristalle des Minerals zeichnen sich mitunter durch eine scharfe sechseckig-tafelige Ausbildungsform aus.

Der Hämatit stellt unter den Erzmineralien einen Durchläufer dar. Man findet ihn als eine der ältesten Bildungen in Vergesellschaftung mit den Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese, ebenso aber auch unter den Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese. Aus den Verwachsungen mit den Gangarten Quarz, Schwerspat und auch Flußspat geht hervor, daß die Abscheidung dieser Mineralien und des Hämatits sich zum Teil gleichzeitig vollzog. So bildet er stellenweise mit Quarz rhythmische Wechsellagerungen. In Abhängigkeit von den Ausscheidungsbedingungen bildete sich demnach einmal vorwiegend Quarz, einmal vorwiegend Hämatit. Obwohl in den angefertigten Erzanschliffen Hä-

matit oft in reichlicher Menge neben anderen Erzmineraleinlagen zugegen ist, sind Verwachsungen mit diesen nur selten zu beobachten.

In der Übersicht über die Ausscheidungsfolge wurde der mit den Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese vergesellschaftete Hämatit von den älteren Bildungen getrennt und als Hämatit II bezeichnet.

Die spektralanalytische Untersuchung einer Hämatitprobe von der Halde des tiefen Stollens erbrachte den Nachweis von Si in deutlichen Mengen (wohl Verunreinigung durch Quarz), von Al und Mg in geringen, von Cu in geringen bis spurenhaften Mengen und von Ca, Cr und Sn in Spuren.

Fahlerz

Fahlerz ist im Bereich der Grube Johann nicht allzu selten, wenn die auftretenden Mengen auch recht bescheiden sind. Zwei Generationen lassen sich unterscheiden. Die ältere Generation (Fahlerz I) ist mit Kupferkies I und dessen Begleitmineraleinlagen vergesellschaftet. Sie bildet xenomorphe körnige Aggregate. Was das Altersverhältnis zwischen Fahlerz I und Kupferkies I anbetrifft, so hat man bei den beobachteten Verwachsungen, sofern sich daraus Altersunterschiede ableiten lassen, den Eindruck, daß das Fahlerz teils älter, teils jünger als der Kupferkies ist. Man findet das Fahlerz in kleineren Einschlüssen im Kupferkies, andererseits sind vereinzelt auch Kupferkieseinschlüsse im Fahlerz zu beobachten, die den Eindruck von Verdrängungsresten machen. Es ergibt sich jedenfalls aus den Beobachtungen kein einheitliches Altersverhältnis, was in ähnlicher Form auch für die Altersstellung von Fahlerz zu Bleiglanz gilt. Größere Unterschiede in der Altersstellung dieser Mineralien dürften jedenfalls nicht bestehen.

Die jüngere Fahlerzgeneration (Fahlerz II) ist mit den Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese vergesellschaftet. Vor allem Verwachsungen zwischen Fahlerz II und Wittichenit sind häufiger zu beobachten. Meist wird das Fahlerz hierbei vom Wittichenit umschlossen und bildet in diesem xenomorphe Einschlüsse unterschiedlicher Größe. Auch das an Drusenräume des Quarzes gebundene Fahlerz ist der jüngeren Generation zuzurechnen. Es sind meist stärker korrodierte und teilweise in Sekundärprodukte umgewandelte Kristalle, die manchmal noch ihre idiomorphe Ausbildungsform erkennen lassen.

Im Anschliff erweist sich sowohl das ältere als auch das jüngere Fahlerz mitunter als inhomogen. Man kann zwei Komponenten mit gewissen Übergängen unterscheiden. Besonders deutlich kommt dies bei dem mit Kupferkies I vergesellschafteten Fahlerz I zum Ausdruck. Die eine Komponente weist einen bläulichen Stich auf, die andere wirkt daneben etwas bräunlich, was vor allem in Öl gut erkennbar ist. Das Reflexionsvermögen der bräunlich wirkenden Komponente liegt etwas höher als das der bläustichigen. Die Messungen ergaben für die bräunliche Komponente in Luft einen R-Wert von max. 30,5 %, in Öl von 16 %, während für die bläustichige Komponente 27,5 % in Luft und 14 % in Öl ermittelt wurden (λ 530 nm). Bei gekreuzten Nicols zeigt es sich, daß letztere sich im Gegensatz zur bräunlichen Komponente nicht völlig isotrop verhält. Ihre Anisotropieeffekte sind zwar schwach, jedoch bei genauerer Beobachtung eindeutig erkennbar. Zu erwähnen ist außerdem, daß vor allem bei Beobachtung in Öl bei dieser Komponente tiefrote Innenreflexe in Erscheinung treten, welche allerdings auch, obzwar seltener, bei der anderen Komponente festzustellen sind. Die beiden Komponenten sind eng miteinander verwachsen, im Bereich zonar gebauter Körner treten sie auch in rhythmischer Wechsellagerung auf.

Die weitere Untersuchung der beiden Komponenten ergab, daß die bläustichige

arsen-, die bräunliche dagegen antimonreich ist, wie dies auch schon aus den Auflichteigenschaften gefolgert werden konnte. Der aus dem Pulverdiagramm berechnete a_0 -Wert der blautichigen Komponente beträgt 10,21, jener der bräunlichen 10,35 Å. Für Arsenfahlerz (Tennantit) werden von BERRY & THOMPSON (1962, S. 53 u. 55) 10,21 Å als a_0 -Wert angegeben, für Antimonfahlerz (Tetraedrit) 10,37 Å, also Werte, die mit den für die beiden Komponenten ermittelten gute Übereinstimmung zeigen. Aus einer mikrochemischen Untersuchung ergab sich außerdem, daß beide Komponenten reich an Zn sind, und zwar hat man den Eindruck, daß das Arsenfahlerz noch etwas zinkreicher ist als das Antimonfahlerz. Ob der hohe Zinkgehalt eine Ursache für die beim Tennantit beobachteten Anisotropieeffekte ist, bleibe dahingestellt. Über die genaue Ursache der Anisotropie von Fahlerzen ist bisher nichts bekannt geworden, obwohl sie schon öfters beobachtet wurde. SEELIGER (1963, S. 262) erwähnt z. B. anisotropes quecksilberhaltiges Fahlerz von Wiesloch.

Gewisse Schwankungen im Reflexionsvermögen und Farbeindruck der beiden Komponenten, die zu einer Annäherung ihrer Eigenschaften führen, weisen im übrigen darauf hin, daß ihre Zusammensetzung nicht einheitlich ist. Offensichtlich bestehen Unterschiede im As/Sb-Verhältnis und vielleicht auch im Cu/Zn-Verhältnis.

Einer genaueren Untersuchung wurde auch das vorwiegend in Drusenräumen auftretende Fahlerz der jüngeren Generation unterzogen. Eine aus dem oberen Stollen stammende Probe, deren a_0 -Wert wie jener der oben beschriebenen blautichigen Komponente von Fahlerz I zu 10,21 Å bestimmt wurde, enthält neben As und Cu ebenfalls etwas Zn. Auch eine geringe Menge Fe konnte nachgewiesen werden, dagegen kein Sb oder Bi. Entsprechende Reaktionen ergab eine Probe aus dem vom tiefen Stollen in westlicher Richtung abzweigenden Vortrieb. Eine Fahlerzprobe aus dem kupferwismuterzführenden Trum enthält nach der mikrochemischen Analyse neben As und Cu ebenfalls etwas Zn sowie Fe, daneben aber auch Sb. Der a_0 -Wert dieses Fahlerzes beträgt 10,28 Å, ist gegenüber dem Wert für reinen Tennantit aufgrund des Sb-Gehaltes also deutlich erhöht. Man kann aus dem a_0 -Wert im übrigen darauf schließen, daß der As-Gehalt bei diesem Fahlerz etwas höher liegt als der Sb-Gehalt.

Die Spektralanalyse einer Probe von jüngerem Fahlerz von der Halde des oberen Stollens führte zur Feststellung von Cu und Zn in starker Konzentration, von As in mittleren und von Ag, Bi, Fe und Sb in geringen Mengen, von Al, Mg und Si in geringen bis spurenhafte Mengen und von Ba und Ca in Spuren.

Aus den Untersuchungen ergibt sich, daß wir es in der Grube Johann mit zinkhaltigen Fahlerzen zu tun haben, deren As/Sb-Verhältnis stärker schwankt. Neben mehr oder minder reinem Arsenfahlerz (Tennantit) gibt es auch antimonreiches Fahlerz (Tetraedrit) und Mischkristalle zwischen Tennantit und Tetraedrit. Insgesamt gesehen dürfte allerdings As in den Fahlerzen der Grube stärker vertreten sein als Sb. Eine eindeutige Abhängigkeit zwischen der Stellung des Fahlerzes in der Ausscheidungsfolge und seinem Chemismus ist nicht ohne weiteres erkennbar.

Bleiglanz

Der Bleiglanz ist in der Grube Johann nur untergeordnet vertreten. Er bildet kleine Einsprenglinge in quarziger Gangart, stellenweise auch Einschlüsse in anderen Erzmineralien. Wie beim Fahlerz lassen sich zwei Generationen unterscheiden. Zu den Begleitmineralien der älteren Generation (Bleiglanz I) gehören

Fahlerz I, Zinkblende I, Bornit I und Kupferkies I. Während das Altersverhältnis gegenüber Fahlerz I nicht völlig eindeutig festzulegen ist (vgl. S. 279), dürfte er im allgemeinen älter als die drei anderen genannten Begleitminerale sein.

Der jüngere Bleiglanz II ist mit den Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese vergesellschaftet. Man begegnet ihm in kleineren Einschlüssen, die zum Teil wohl Verdrängungsreste darstellen, in Zinkblende II, Kupferkies II und Wittichenit. Er dürfte in der Kupferwismuterz-Paragenese zu den ältesten Bildungen gehören.

Zinkblende

Die Zinkblende tritt in ähnlicher paragenetischer Stellung wie der Bleiglanz in zwei Generationen auf, ist insgesamt gesehen wohl aber etwas häufiger als dieser. Die ältere Zinkblende I bildet xenomorphe Körner, die meist stärker korrodiert sind und von anderen Erzmineralien, vor allem Kupferkies I, verdrängt werden.

Die Zinkblende II ist mit Kupferkies II, Bornit II und Wittichenit vergesellschaftet (Stufen aus dem kupferwismuterzführenden Trum). Teils findet man sie einschlußförmig in Kupferkies II, teils bildet sie zusammen mit Bornit charakteristische Säume um den Kupferkies (Taf. 14, Fig. 6 u. Taf. 15, Fig. 1). Auf die Zinkblende folgt in der Regel noch Wittichenit, so daß sich bei diesen zonaren Bildungen von innen nach außen die Abfolge Kupferkies-Bornit-Zinkblende-Wittichenit ergibt. Ob dies der Ausscheidungsfolge aus den erzbringenden Lösungen entspricht, ist nicht völlig klar. MEHNERT (1949, S. 235) deutet die Zinkblende des Danielganges als Umwandlungsprodukt, das bei der Verdrängung von zinkhaltigem Fahlerz gebildet wurde. Fahlerz II ist in der vorerwähnten Paragenese ebenfalls zugegen, und zwar bildet es kleinere Einschlüsse in den anderen Mineralien, die man zumindest teilweise als Verdrängungsreste deuten könnte.

Die Zinkblende ist sehr hell gefärbt und weist nach der mikrochemischen Analyse einer mit Kupferkies I vergesellschafteten Probe nur einen geringen Eisen-gehalt auf. Die Innenreflexe sind in Übereinstimmung mit der hellen Färbung weißlich. Eine ähnliche nahezu farblose Zinkblende kommt auch im Daniel-Gang vor.

Bornit

Bornit findet sich in Vergesellschaftung mit Kupferkies I in Form von größeren xenomorphen Körnern, die randlich meist von Kupferkies umgeben und verdrängt werden (Taf. 14, Fig. 2 u. 3). Kupferkies tritt auch verbreitet als Einschluß im Bornit auf. Neben kleinen xenomorphen Einschlüssen sind es vor allem spindelförmig bis tafelig ausgebildete Entmischungslamellen, die den Bornit stellenweise in großer Zahl durchsetzen (Taf. 14, Fig. 2, 3, u. 4). Die Länge dieser Entmischungslamellen, die im Bornit orientiert // (100) eingelagert sind, erreicht etwa 10 Mikron, während ihre Breite in der Regel unter 0,5 Mikron liegt. Die gleichen kristallographischen Richtungen wie bei der orientierten Einlagerung werden auch bei der Verdrängung des Bornits durch Kupferkies bevorzugt. Es entstehen dadurch charakteristische Verdrängungsbilder („Zerschnitzelungsformen“ Taf. 14, Fig. 3).

Das Auftreten von Kupferkiesentmischungslamellen im Bornit legt etwas höhere Bildungstemperaturen nahe, da die Mischbarkeit bei niedrigeren Temperaturen nur gering ist (vgl. BRETT 1963, S. 196). Ähnliche Kupferkiesentmischungen im Bornit wurden von MEHNERT (1949, S. 245) auch in Erzen aus dem Daniel-Gang beobachtet und zu Rückschlüssen auf die Bildungstemperatur benutzt.

Bornit tritt auch in Vergesellschaftung mit Kupferkies II, Zinkblende II und Wittichenit in der Kupferwismuterz-Paragenese auf (Proben aus dem kupferwismuterzführenden Trum). Er umschließt in der Regel Kupferkies und scheint diesen zu verdrängen. Er selbst wird außen häufig von Zinkblende umgeben (vgl. S. 281), findet sich aber auch zwischen Zinkblende und Wittichenit. Kupferkiesentmischungen sind in diesem Bornit nicht vorhanden. Es handelt sich um eine jüngere Bildung, die als Bornit II von dem älteren höherthermal gebildeten Bornit I zu trennen ist.

Bemerkenswert ist, daß ein Pulverdiagramm von Bornit I merkliche Abweichungen von dem üblichen Pulverdiagramm dieses Minerals zeigt, während sich im Pulverdiagramm von Bornit II solche Abweichungen nicht bemerkbar machen. Die Hauptunterschiede bestehen in dem Fehlen der Linie d 3,31 Å und dem Auftreten einer sonst nicht vorhandenen Linie d 2,56 Å mit der geschätzten Intensität 4. Es sind auch sonst noch einige Unterschiede vorhanden.

Die Frage, ob hier eine besondere Strukturvariante des Bornits vorliegt, soll weiter verfolgt werden. Nach neueren Untersuchungen (MORIMOTO 1964) gibt es von der Verbindung Cu_3FeS_4 drei Modifikationen: eine kubische Hochtemperaturform, eine metastabile rhomboedrische Modifikation und eine tetragonale Tieftemperaturform. In der Natur ist bisher nur das Auftreten der tetragonalen Modifikation nachgewiesen worden.

Im Anschliff verhält sich der Bornit isotrop oder zeigt nur sehr schwache Anisotropieeffekte. Die schwachen Anisotropieeffekte machen sich vor allem beim Bornit II bemerkbar. Beim Bornit I erschwert das Auftreten der Kupferkiesentmischungslamellen eine eindeutige Feststellung, ob derartige schwache Anisotropieeffekte ebenfalls vorhanden sind oder nicht. Das Reflexionsvermögen von Bornit I und II ist innerhalb der Fehlergrenzen gleich. Gemessen wurden in Luft 20,5 %, in Öl 9,5 % (λ 530 nm).

Der mit dem Kupferkies I vergesellschaftete Bornit I zeigt im allgemeinen stärkere Zersetzungserscheinungen. Neben den erwähnten Entmischungslamellen von Kupferkies enthält er Einschlüsse von neugebildetem blau bleibendem und normalem Covellin. Der blaubleibende Covellin herrscht hierbei stark vor. Die Korngröße der Covellinaggregate ist im allgemeinen gering. Besonders gilt dies für den normalen Covellin, der in untergeordneter Menge in Verwachsung mit dem blaubleibenden auftritt. Seine Korngröße liegt zum Teil unter einem Mikron. Beim blaubleibenden Covellin sind dagegen stellenweise durch Sammelkristallisation auch etwas größere Körner entstanden (Taf. 14, Fig. 4). Als weiteres Umbildungsprodukt findet sich neben den erwähnten noch Neodigenit (blauer isotroper Kupferglanz), dessen Auftreten an unregelmäßige Sprünge gebunden ist, die den Bornit durchsetzen. Blaubleibender und normaler Covellin begleiten den Neodigenit hierbei, stellenweise füllt letzterer jedoch auch allein die Sprünge aus. Idait scheint unter den Umwandlungsprodukten des Bornits zu fehlen. Zumindest ließ sich in den untersuchten Schliften dieses Mineral nicht mit Sicherheit nachweisen. Der mit dem Bornit verwachsene Kupferkies I enthält die gleichen Umwandlungsprodukte wie der Bornit, jedoch nur in dem Bereich, wo er den Bornit verdrängt. Ein gehäuftes Auftreten von blaubleibendem und normalem Covellin kennzeichnet oft den Grenzbereich zwischen Bornit und Kupferkies.

Kupferkies

Der Kupferkies zeigt unter den Erzmineralien der Grube Johann die weiteste Verbreitung. Man findet ihn in Einsprenglingen vor allem im Quarz, etwas sel-

tener auch im Schwerspat. In Drusenräumen bildet er Kristalle, die in den meisten Fällen zwar korrodiert und teilweise in Sekundärsubstanzen umgewandelt sind, mitunter aber doch eine mehr oder minder tetraedrische Ausbildungsform erkennen lassen. Solche Formen treten vor allem bei kleineren Kristallen in Erscheinung, größere sind dagegen oft stärker verzerrt. Auf den (112)-Flächen sind die Kristalle gestreift.

Wie bei den im Vorhergehenden behandelten Mineralien kann man beim Kupferkies zwei Generationen unterscheiden. Die ältere ist mit Fahlerz I etc. vergesellschaftet, die jüngere mit den Kupferwismuterzen. Zur jüngeren Generation sind auch die in Drusenräumen aufgewachsenen Kristalle zu rechnen.

Auf die Verwachsungen von Kupferkies I mit Fahlerz I und dessen Begleitmineralien wurde bereits hingewiesen. Er ist jünger als Bleiglanz I, Zinkblende I, Bornit I, Pyrit und Bravoit. Im Bornit I tritt Kupferkies — wie bereits erwähnt — in Form von orientiert eingelagerten Entmischungslamellen auf (Taf. 14, Fig. 2, 3 u. 4).

Der mit den Kupferwismuterzen vergesellschaftete Kupferkies II ist vor allem mit Bornit II, Zinkblende II und Wittichenit verwachsen. Auf die beobachteten Verwachsungsstrukturen wurde bereits eingegangen. Bornit verdrängt den Kupferkies als jüngere Bildung (Taf. 14, Fig. 6). Auch der Wittichenit scheint zumindest teilweise jünger zu sein, wenn das Altersverhältnis auch nicht immer völlig klar ist. Zum Teil wird der Kupferkies bei den beobachteten Verwachsungen völlig vom Wittichenit umschlossen und wohl auch verdrängt, stellenweise enthält der Kupferkies aber auch kleine Einschlüsse von Wittichenit, die man als Verdrängungsreste, vielleicht aber auch als mehr oder minder gleichzeitige Bildung deuten könnte. Generell dürfte der Wittichenit jedenfalls jünger sein, worauf auch noch andere Beobachtungen hinweisen (vgl. S. 284).

Bei gekreuzten Nicols zeigt der Kupferkies im Anschliff mitunter deutliche Zwillinglamellen. Der jüngere Kupferkies, der in Drusen und mit den Kupferwismuterzen vergesellschaftet ist, erfährt häufig eine Umwandlung in Sekundärprodukte. Oft sind die Kristalle völlig in amorphes Brauneisen umgewandelt (vgl. S. 288). Im Anschliff lassen sich auf Sprüngen, die den Kupferkies durchziehen, blaubleibender und normaler Covellin sowie Neodigenit beobachten. Blaubleibender Covellin und Neodigenit sind etwas häufiger als normaler Covellin. Oft sind alle drei Sekundärmineralien miteinander verwachsen und treten im gleichen Bereich auf. Von den Sprüngen aus dringen die Sekundärprodukte in feinsten Äderchen in den Kupferkies vor, wobei bestimmte kristallographische Richtungen bevorzugt werden. Meist verlaufen diese Äderchen allerdings nicht völlig geradlinig in einer solchen Richtung, sondern sind etwas gewunden und mitunter auch gefiedert. Ein eigenartiges Netzwerk unregelmäßig verlaufender Äderchen, die von Sekundärmineralien ausgefüllt werden, zeigt stellenweise der mit Bornit I vergesellschaftete Kupferkies I (Taf. 14, Fig. 5).

Die Spektralanalyse von Kupferkies I (mit wenig Bornit I) führte zum Nachweis von Ca, Mg und Sr in geringen Mengen, von Al und Si in geringen bis spurenhaften Mengen und von Co, Mn und Pb in Spuren. Bei einer Probe von Kupferkies II (aus dem kupferwismuterzführenden Trum) konnten Mg und Si in geringen, Al, Bi und Sr in geringen bis spurenhaften Mengen und Ba, Ca und Zn in Spuren nachgewiesen werden. Es zeigen sich bei den beiden Proben vor allem Unterschiede im Gehalt an Bi, Co, Mn und Pb.

Luzonit

In einem Anschliff wurde zwischen Pyrit und Kupferkies ein Mineral beobachtet, dessen Farbeindruck und Reflexionsvermögen Ähnlichkeit mit den entsprechenden Eigenschaften des Bornits aufweisen. Die Bestimmung des Reflexionsvermögens ergab in Luft 23,5 %, in Öl 12 % (λ 530 mm). Bei gekreuzten Nicols treten deutliche Anisotropieeffekte in grauen und braunen Farbtönen in Erscheinung, die jene von Kupferkies an Stärke merklich übertreffen, einzelne Partien verhalten sich jedoch auch isotrop (basale Schnitte?). In Öl ist an Korngrenzen ein gewisser Reflexionspleochroismus zu erkennen. Aufgrund der Anisotropie tritt zum Teil ein lamellarer Aufbau des Minerals in Erscheinung. Es findet sich außer zwischen Pyrit und Kupferkies auch noch als wohl ältere Bildung in kleinen länglichen Einschlüssen im Kupferkies selbst.

Die mikrochemische und röntgenographische Untersuchung ergab, daß wir es mit Luzonit oder einem diesem nahestehenden Mineral zu tun haben. Das Pulverdiagramm entspricht dem von Luzonit bzw. Famatinit⁵ nach den Angaben von BERRY & THOMPSON (1962, S. 58). Man kann daraus als a_0 -Wert einer kubischen Pseudozelle 10,61 Å ableiten⁶.

BERRY & THOMPSON geben 10,67 Å an, also einen etwas größeren Wert, was darauf zurückzuführen ist, daß ihnen ein antimonreicherer Glieder der Mischkristallreihe vorlag. Ähnlich wie beim Fahlerz nimmt die Elementarzellengröße mit dem Antimongehalt in der Mischkristallreihe Luzonit-Famatinit zu.

Die mikrochemische Untersuchung zeigte, daß als Kation neben Cu auch noch Fe, und zwar offensichtlich in größerer Menge anwesend ist. As ließ sich deutlich nachweisen, dagegen kein Sb.

Der hohe Eisengehalt läßt an gewisse Beziehungen zum Renierit $\text{Cu}_3(\text{Fe},\text{Ge})\text{S}_4$ denken, der strukturell mit den Gliedern der Luzonit-Famatinitreihe nahe verwandt ist, ein ähnliches Pulverdiagramm gibt und sich wie diese optisch anisotrop verhält.

Wittichenit

Wittichenit tritt in Vergesellschaftung mit den anderen Gliedern der Kupferwismuterz-Paragenese eingewachsen in Quarz auf. Er bildet zum Teil größere Körner, die im Gegensatz zum Emplektit keine idiomorphe Ausbildungsform zeigen. Auf die Verwachsungen mit den anderen Mineralien der Paragenese, vor allem mit Kupferkies, wurde zum Teil bereits hingewiesen. Zwischen dem Vorhandensein von Kupferkies und dem Auftreten der Kupferwismuterze besteht eine gewisse Abhängigkeit. Während der Wittichenit in unmittelbarer Verwachsung mit Kupferkies zu beobachten ist, tritt der Emplektit erst in etwas größerer Entfernung von den Kupferkiesaggregaten auf. Man könnte daraus schließen, daß verdrängter Kupferkies einen Teil des zur Entstehung der Kupferwismuterze nötigen Kupfers geliefert hat, was in der unmittelbaren Nachbarschaft von Kupferkies zur bevorzugten Bildung des gegenüber Emplektit kupferreicheren Wittichenits führte.

Häufig sind auch Verwachsungen zwischen Wittichenit und Emplektit zu beobachten. Oft tritt hierbei der Wittichenit als jüngere Bildung am Rande der Emplektitkristalle und -aggregate auf, wobei man den Eindruck hat, daß der Wittichenit

⁵ Luzonit—Famatinit (Stibiolumonit) $\text{Cu}_3(\text{As},\text{Sb})\text{S}_4$. Für die arsenreichen Glieder der Mischkristallreihe ist der Name Luzonit vorzuziehen, der von BERRY & THOMPSON jedoch nicht verwendet wird.

⁶ Nach GAINES (1952) ist die wahre Elementarzelle tetragonal.

chenit den Emplektit verdrängt (Taf. 15, Fig. 2). Auf das Auftreten von ged. Wismut im Grenzbereich zwischen Wittichenit und Emplektit wurde bereits hingewiesen. Das bei der Verdrängung freiwerdende überschüssige Wismut wurde zum Teil also in ged. Form abgeschieden. Die Verdrängung ist vielleicht als jüngerer Umbildungsvorgang zu deuten.

Der Wittichenit zeigt im Auflicht ein mittleres Reflexionsvermögen. Die Messungen ergaben in Luft in Abhängigkeit von der Orientierung 32 bis 35,5 %, in Öl 18,5 bis 21,5 % (λ 530 nm). Dies gilt für frisch polierten Wittichenit. Bei älteren Anschliffen ist eine merkliche Verringerung des Reflexionsvermögens zu verzeichnen. Gemessen wurden in einem solchen Fall in Luft Werte im Bereich von 28,5 bis 32 %. Der Reflexionspleochroismus ist ziemlich schwach, an Korngrenzen bei Beobachtung in Öl jedoch ohne weiteres wahrnehmbar. Die Anisotropieeffekte sind bei mäßigem Farbgehalt deutlich, wenn auch wesentlich schwächer als die von Emplektit, der sich von Wittichenit auch durch ein merklich höheres Reflexionsvermögen unterscheidet. Die Härte gegenüber Emplektit ist etwas größer, geringer dagegen als jene von Fahlerz und Kupferkies.

In den untersuchten Anschliffen ist der Wittichenit oft stärker angewittert. Als sekundäre Neubildung tritt neben Bismutit vor allem Covellin auf, und zwar neben blaubleibendem Covellin auch normaler Covellin. Die Verdrängung des Wittichenits durch Covellin erfolgt von den Kornrändern und Sprüngen aus vorwiegend nach kristallographischen Richtungen (Taf. 15, Fig. 3). Stellenweise tritt auch etwas Neodigenit auf, der vom Wittichenit allerdings in der Regel durch einen Covellinsaum getrennt ist.

Die Spektralanalyse einer Wittichenitprobe aus dem kupferwismuterzführenden Trum ergab den Nachweis von Ag, B, Pb und Si in geringen bis spurenhafte Mengen und von Al, Ca, Cr, Fe, Mg und Sb in Spuren.

Emplektit

Der Emplektit ist häufiger als der zuvor behandelte Wittichenit. Im Gegensatz zu letzterem zeigt er eine ausgesprochene Neigung zu idiomorpher Ausbildung. Die meist in Quarz eingewachsenen Kristalle weisen säulige bis nadelige Formen auf und sind meist stärker längsgestreift. Des öfteren sind sie radialstrahlig angeordnet. Die Länge der Kristalle erreicht maximal 1 bis 2 cm. Die korrodierten Kristalle zeigen im Anschliff in wechselnder Deutlichkeit eine Spaltbarkeit parallel zur Längserstreckung nach (010) und quer dazu nach (001). Die Querrisse sind meist breiter als die in Richtung der Längserstreckung verlaufenden Risse.

Auf die Verwachsungen zwischen Emplektit und Wittichenit wurde bereits eingegangen. Der Emplektit, der im Anschliff eine recht gute Politur annimmt, ist gegenüber Wittichenit generell heller und weist einen etwas cremefarbenen Stich auf, was besonders in Öl deutlich in Erscheinung tritt. Die Werte des Reflexionsvermögens liegen in Luft im Bereich von 35,5 (\pm 1) bis 40 % (\parallel), in Öl zwischen 22,5 und 28 % (λ 530 nm). Der Reflexionspleochroismus ist recht auffallend und gestattet ohne weiteres das Erkennen von Korngrenzen. In der Stellung schwächerer Reflexion nähert sich das Reflexionsvermögen dem des Wittichenits. Die Anisotropieeffekte sind stark und auffallend farbig (grüne und olivbraune Farbtöne).

Ähnlich wie der Wittichenit erfährt auch der Emplektit eine Umwandlung in normalen und blaubleibenden Covellin, Neodigenit sowie Bismutit. Oft sind nur noch Pseudomorphosen von Bismutit nach Emplektit erhalten. Die Verdrängung

des Emplektits durch Covellin vollzieht sich anders als beim Wittichenit. Es werden im Kleinbereich meist keine bestimmten kristallographischen Richtungen bevorzugt, so daß unregelmäßige Verdrängungsformen entstehen (vgl. Taf. 15, Fig. 2). Im Großen dienen jedoch die erwähnten Richtungen der Spaltbarkeit als Zugangswege für die Umwandlungsprodukte.

Die spektralanalytische Untersuchung des Emplektits ergab den Nachweis von Mg in deutlichen, von Ag, Al, Ca und Si in geringen bis spurenhafte Mengen und von Ba, Cr, Fe und Zn in Spuren. Der Nachweis von Si ist auf eine geringe Verunreinigung der Probe durch Quarz zurückzuführen.

Im Zusammenhang mit der Bearbeitung der Kupferwismuterz-Paragenese der Grube Johann wurde auch dem Klaprothitproblem Aufmerksamkeit geschenkt. Die Existenz des aus dem Gebiet von Wittichen beschriebenen Klaprothits, dessen Formel mit $\text{Cu}_6\text{Bi}_4\text{S}_2$ angenommen wurde, ist in neuerer Zeit vor allem aufgrund der Arbeit von NUFFIELD (1947) zweifelhaft geworden. STRUNZ (1957, 1966) führt den Klaprothit nicht mehr als gültige Mineralart an, RAMDOHR (1960) dagegen betrachtet aufgrund von eigenen, vorwiegend erzmikroskopischen Beobachtungen und der Arbeit von MEHNERT (1949) das Mineral weiterhin als selbständige Spezies.

Die erzmikroskopische und röntgenographische Untersuchung der Kupferwismuterz-Paragenese der Grube Johann und anderer Fundorte im Gebiet von Wittichen (Grube Georg, Schmiedestollen-Halde) erbrachte jedoch keinerlei Anhaltspunkte dafür, daß neben Emplektit und Wittichenit noch ein weiteres selbständiges Kupferwismuterz vorliegt. In die Untersuchungen wurden auch Erze aus der Grube Daniel, einem der beiden Originalfundorte des Klaprothits im Gebiet von Wittichen, einbezogen, unter anderem auch eine Stufe aus der Institutssammlung, die als „Klaprothit“ bezeichnet war. Hierbei konnte der Untersuchungsbefund von NUFFIELD mehr oder minder bestätigt werden. Die vermeintlichen Klaprothitkristalle bestehen aus Emplektit, Wittichenit und verschiedenen anderen Komponenten, sind also zum Teil recht komplexer Natur, was makroskopisch jedoch nicht ohne weiteres in Erscheinung tritt. Die Klaprothitanalysen beziehen sich zweifellos auf solche Gemenge. Als Komponente der „Klaprothitkristalle“ konnte vom Verfasser auch Aikinit nachgewiesen werden, der unter den Mineralien der Grube Johann ebenfalls vertreten ist. Der Aikinit tritt vor allem am Rande der Kristalle auf und verdrängt andere Komponenten.

Das Mineral ist auch bei der früheren erzmikroskopischen Untersuchung der Erze aus der Grube Daniel beobachtet, aber nicht richtig angesprochen worden. Sein Auftreten erklärt den Umstand, daß von drei im Anschliff unterscheidbaren Kupferwismuterzen gesprochen wird (RAMDOHR 1960, S. 667). Unabhängig vom Verfasser ist C. KLUTH aufgrund ihrer Untersuchungen ebenfalls zu der Auffassung gelangt, daß der Klaprothit als selbständige Mineralart nicht existiert.

Aikinit

Der Aikinit ist eine seltene Komponente der Kupferwismuterz-Paragenese. Er findet sich in kleinen Einschlüssen in Wittichenit, zum Teil auch im Bereich zwischen Wittichenit und Zinkblende (Taf. 15, Fig. 1). Die Einschlüsse sind xenomorph beschaffen oder zeigen Ansätze zu säuliger Ausbildungsform. Ihre Größe liegt meist unter 0,1 mm.

In der Nähe des Aikinit findet man mitunter kleine Einschlüsse von Blei-

glanz II in den Begleitmineralien. Es erscheint daher möglich, daß der Aikinit durch Reaktion der kupfer- und wismuthaltigen Lösungen mit älterem Bleiglanz gebildet wurde.

Der Aikinit weist eine gute Politur auf. Seine Härte ist etwas geringer als die des mit ihm vergesellschafteten Wittichenits. Gegenüber letzterem ist er merklich heller und wirkt nahezu reinweiß. In Öl werden die Helligkeitsunterschiede zwischen den beiden Erzmineralien noch erheblich verstärkt. Der Reflexionspleochroismus des Aikinitis ist in Öl relativ stark und auch in Luft gut sichtbar. Die Messung des Reflexionsvermögens ergab für den Aikinit in Luft Werte von 40 bis 43 %, in Öl max. 29,5 % (λ 530 nm). Die Anisotropieeffekte des Minerals sind kräftig (blaugrün, blaugrau, bräunlich) und übertreffen die des Wittichenits.

b) Sekundäre Mineralien

In der Folge werden zunächst die sulfidischen Sekundärmineralien behandelt, die in der Regel in unmittelbarer Verwachsung mit den Primärsulfiden auftreten. Ihre Untersuchung erfolgte hauptsächlich im Anschliff. An zweiter Stelle wird auf die oxydischen Sekundärbildungen (Oxyde und Verbindungen sauerstoffhaltiger Anionenkomplexe) eingegangen. Unter letzteren sind vor allem Arsenate und Karbonate vertreten. Arsenate finden sich in erster Linie im Bereich der uran- und kobalthaltigen Mineralisationszone, fehlen allerdings auch unter den Sekundärbildungen der Kupferwismuterz-Paragenese nicht vollständig, wenn hier auch Karbonate dominieren. Die zur Bildung der Arsenate erforderliche Arsensäure lieferten die primären Kobalt- und Nickelarsenide sowie das Fahlerz.

Normaler und blaubleibender Covellin

Normaler und blaubleibender Covellin treten als sulfidische Abbauprodukte von Bornit, Kupferkies, Wittichenit und Emplektit auf. Auf die jeweiligen Verwachsungen mit den genannten Mineralien und die dabei zu beobachtenden Verdrängungsformen wurde bereits im vorhergehenden Abschnitt eingegangen. Blaubleibender Covellin herrscht im allgemeinen gegenüber normalem Covellin stark vor. Die Korngröße des normalen Covellins ist in der Regel sehr gering, oft liegt sie unter einem Mikron, während blaubleibender Covellin stellenweise, und zwar in Vergesellschaftung mit Bornit, auch etwas größere xenomorphe Körner mit einem Durchmesser bis zu etwa 40 Mikron bildet (vgl. S. 282 u. Taf. 14, Fig. 4).

Blaubleibender Covellin stellt nach MOH (1964) ein Zwischenprodukt bei der Verwitterung dar, er geht in normalen Covellin über. Da er als selbständige Phase zu betrachten ist, wäre es zweckmäßig, seinen bisherigen provisorischen Namen bald durch einen neuen zu ersetzen, wie auch von MOH vorgeschlagen wird.

Reflexionsmessungen ergaben für den blaubleibenden Covellin in Luft für R_0 15,5 %, für R_E 24 %, in Öl für R_0 3,5 %, für R_E 10 % (λ 530 nm). Die Werte zeigen eine relativ gute Übereinstimmung mit entsprechenden Messungen von GAHM, der R_0 für verschiedene Wellenlängen ermittelte (v. GEHLEN & PILLER 1964, S. 108).

Neodigenit

In Vergesellschaftung mit den beiden im Vorhergehenden behandelten Mineralien, normalem und blaubleibendem Covellin, ist — wie bereits erwähnt — Neo-

digenit im Bereich von angewittertem Bornit, Kupferkies, Wittichenit und Emplektit zu beobachten. In seinem mengenmäßigen Auftreten ergeben sich in Abhängigkeit vom Primärmineral gewisse Unterschiede. So ist er unter den Umwandlungsprodukten der Kupferwismuterze nur in sehr untergeordneter Menge zu finden, während er im Bornit- und Kupferkiesbereich etwas häufiger ist.

Das Mineral zeigt im Anschliff einen deutlichen blauen Farbton ähnlich der Farbe von blaubleibendem Covellin in der dunkleren Stellung, verhält sich im Gegensatz zu diesem jedoch isotrop. Die Diagnose als Neodigenit Cu_9S_5 („blauer isotroper Kupferglanz“) erfolgte aufgrund von diesen Eigenschaften.

Brauneisen (Nadeleisenerz und Siderogel)

Brauneisen ist häufig im Bereich von angewittertem Kupferkies zu finden. Es stellt bei dessen Zersetzung das Endprodukt dar. Oft sind ehemalige Kupferkies-einsprenglinge und in Drusen auftretende Kupferkieskristalle völlig von Brauneisen pseudomorphosiert. Der Eisengehalt vom Kupferkies wird also zumindest teilweise an Ort und Stelle gebunden, das Kupfer dagegen größtenteils weggeführt, in der näheren oder weiteren Umgebung allerdings teilweise wieder als Karbonat oder Arsenat ausgefällt. Geringe Mengen von Cu lassen sich jedoch mikrochemisch in dem aus Kupferkies hervorgehenden Brauneisen noch nachweisen.

Das Brauneisen liegt größtenteils in amorpher Form vor (Siderogel), wie die optische und röntgenographische Untersuchung ergab. Es zeigt einen muscheligen bis splitterigen Bruch, unter dem Mikroskop treten zum Teil gebänderte Kolloidalstrukturen in Erscheinung. Teilweise verhält es sich völlig isotrop, teilweise zeigt es eine mäßige Doppelbrechung, Anzeichen für eine beginnende Auskristallisation. Die Lichtbrechung liegt über 1,80. Im Pulverdiagramm waren in einem Fall mehr oder minder diffuse Linien zu erkennen, die sich den stärksten Linien von Nadeleisenerz zuordnen lassen. Die Kristallisation des Brauneisens führt bei der untersuchten Probe demnach zu dieser Modifikation von FeOOH .

Rubinglimmer

Auf Sprüngen im Bereich von angewittertem Kupferkies wurde in einem Anschliff Rubinglimmer in untergeordneter Menge beobachtet. Es sind xenomorphe Aggregate geringer Größe, die durch kräftige Anisotropieeffekte und deutliche rote Innenreflexe auffallen. Ihr Reflexionspleochroismus ist bereits in Luft gut zu beobachten. Mit dem Rubinglimmer ist isotropes Brauneisen vergesellschaftet.

Schröckingerit

Eine Komponente der im Bereich der kobalt- und uranhaltigen Mineralisationszone auftretenden fluoreszierenden Beschläge ist aufgrund der näheren Untersuchung das komplexe Uranmineral Schröckingerit $\text{NaCa}_3(\text{UO}_2)(\text{CO}_3)_3(\text{SO}_4)\text{F} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Der Schröckingerit bildet gelbe Krusten und pustelförmige Aggregate, die aus kleinen tafeligen Kristallen bestehen. Die Größe der Kristalle, die häufig subparallel verwachsen sind, erreicht etwa 0,25 mm, die Durchschnittsgröße ist jedoch geringer. Mitunter zeigen die nach (001) tafeligen Kristalle deutlich sechseckige Querschnittsformen, was auf die Kombination von c (001) mit b (010) und m (110) schließen läßt (Taf. 15, Fig. 4). Der Schröckingerit sitzt zum Teil auf Gips. Jünger ist das auf S. 295 behandelte Calcium-Magnesiumarsenat (Mineral b), dessen weiße Büschel stellenweise auf Schröckingerit aufgewachsen sind.

Eine Kontrolluntersuchung der optischen Eigenschaften des Schröckingerits hatte folgendes Ergebnis: $n_x 1,491 \pm 0,002$, $n_z 1,541 \pm 0,002$, $2V$ klein, negativ. Auf der Tafelfläche erhält man zentrische Achsenbilder in Richtung der spitzen Bisektrix X . Die grüngelbe Fluoreszenz des Minerals ist sehr stark, merklich stärker als die des calciumhaltigen Novacekits.

Bei einer mikrochemischen Analyse des Minerals konnten Na, Ca und U sowie als Anionen CO_2 und SO_4 nachgewiesen werden. Auch etwas As ließ sich feststellen, dessen Anwesenheit vielleicht aber auf eine geringe Verunreinigung durch die mit dem Schröckingerit vergesellschafteten Arsenate zurückzuführen ist.

Schröckingerit ist nicht das erste aus dem Gebiet von Wittichen bekannt gewordene uranhaltige Karbonat. Bereits von GOLDBACH ist 1921 ein als kohlen-saures Uran-Kalzium bezeichnetes Mineral aus dem Joseph-Querschlag im Bereich des Sophia-Ganges erwähnt worden (vgl. KIRCHHEIMER 1952, S. 57/58; WALENTA 1958, S. 19). Eine nähere Bestimmung erfolgte nicht, so daß nicht gesagt werden kann, ob es sich um Liebigit oder vielleicht ebenfalls um Schröckingerit gehandelt hat, der zwar komplexer zusammengesetzt ist als der Liebigit, aber auch Ca, U und CO_2 enthält. Es besteht jedoch kein Grund mehr, an der Richtigkeit der Angabe von GOLDBACH, daß es sich bei seinem Fund um ein uranhaltiges Karbonat gehandelt hat, überhaupt zu zweifeln, wie vom Verfasser (l. c. S. 19) geäußert wurde.

Calciumhaltiger Novacekit

Calciumhaltiger Novacekit tritt wie der Schröckingerit als Komponente der fluoreszierenden Beschläge im tiefen Stollen auf. Zusammen mit dem Schröckingerit ist er der Träger der Fluoreszenz. Der Novacekit bildet gelbe tafelige Kriställchen von quadratischem bis rechteckigem Querschnitt, deren Ecken mitunter abgestumpft sind. Die Kantenlänge der Kristalle erreicht etwa 50 Mikron. Zu den Begleitmineralien gehören Kobaltblüte, Monohydrocalcit, Gips und die auf S. 295 f. beschriebenen calcium- und magnesiumhaltigen Arsenate. Der Novacekit ist jünger als der Monohydrocalcit. Zusammen mit anderen Arsenaten überkrustet er dessen Oberfläche.

Die mikrochemische Analyse des Minerals ergab, daß neben Mg, U und As auch noch etwas Ca anwesend ist, es handelt sich also um einen calciumhaltigen Novacekit bzw. einen Mischkristall zwischen Novacekit und Uranospinit. Die Lichtbrechung n_0 beträgt $1,630 \pm 0,002$. Dies und die Auswertung eines Pulverdiagramms zeigen, daß das Mineral zum Zeitpunkt der Untersuchung als Meta-Novacekit mit $8\text{H}_2\text{O}$ vorlag (Novacekit III nach dem neuen Nomenklaturvorschlag, vgl. WALENTA 1965, S. 276). Die ursprüngliche Bildung erfolgte zweifellos in Form der $12\text{H}_2\text{O}$ enthaltenden Hydrationsstufe (Novacekit I). Die grüngelbliche Fluoreszenz des Minerals ist sowohl im kurz- als auch langwelligen UV-Licht recht deutlich. Der Novacekit gehört im Gebiet von Wittichen zu den häufigeren sekundären Uranmineralien. Vor allem auf der Halde vor dem alten Schmiedestollen ist er recht verbreitet. Die von diesem Fundort stammenden Kristalle sind ähnlich wie der Novacekit aus der Grube Johann etwas calciumhaltig (WALENTA 1958, S. 30; 1964, S. 146).

Meta-Zeunerit

Als weiteres Glied der Uranglimmergruppe fand sich in geringer Menge auf einer von der Halde des oberen Stollens stammenden Stufe Meta-Zeunerit in quadratischen Täfelchen von grüner Farbe, die etwa 0,3 mm groß werden. Er

tritt zusammen mit dem auf S. 292 beschriebenen amorphen Kupferarsenat im Bereich eines angewitterten Fahlerzeinsprenglings auf. Der Gehalt des Meta-Zeunerits an Cu und As ist sicherlich von Fahlerz abzuleiten, das U dürfte von den oxydierenden Wässern zugeführt worden sein, unter Umständen aus einer größeren Entfernung.

Die Bestimmung der Lichtbrechung des Meta-Zeunerits ergab für n_0 einen Wert von $1,649 \pm 0,003$. Die Kristalle verhalten sich optisch einachsigt. Sie sind als Entwässerungspseudomorphosen anzusprechen, da das Kupferuranylarsenat sicherlich nicht als Meta-Zeunerit mit $8H_2O$ in der Natur entstanden ist, sondern in Form der höheren Hydrationsstufe mit $12H_2O$.

Kobaltblüte

Kobaltblüte ist unter den im tiefen Stollen vorkommenden Sekundärmineralien vertreten. Sie ist ein Zersetzungsprodukt der in der kobalt- und uranhaltigen Mineralisationszone auftretenden primären arsenidischen Kobalt- und Nickelmineralien. Die Kobaltblüte bildet rosa gefärbte, mehr oder minder kugelige bis nierenförmige Aggregate, die krustenförmig auf dem erzimprägnierten Gestein sitzen. Unter dem Mikroskop sind neben feinkörnigen xenomorphen Aggregaten mitunter tafelige Kristalle in radialstrahliger Gruppierung erkennbar.

Die nähere Untersuchung der Kobaltblüte ergab, daß sie nicht in reiner Form vorliegt. Sie enthält nach einer mikrochemischen Analyse noch erhebliche Mengen an Mg und auch etwas Ni, so daß wir es also mit einem Mischkristall zwischen Kobaltblüte (Erythrin), Nickelblüte (Annabergit) und Hörnesit zu tun haben. Doch dürfte zumindest bei einem Teil der Kristalle der Gehalt an Co vorherrschen.

Aufgrund des hohen Magnesiumgehaltes liegen die Brechungsindizes der Kobaltblüte wesentlich niedriger als dies sonst der Fall ist. Der Wert für n_z wurde in einem Fall mit $1,655 \pm 0,003$ bestimmt, während reiner Kobaltblüte nach der Literatur ein Wert um 1,700 zukommt. Der Magnesiumgehalt bedingt auch eine wesentliche Abschwächung des Pleochroismus. Eine entsprechende Ursache hat auch die verhältnismäßig blasse Färbung des Minerals.

Malachit

Malachit ist im Bereich der Grube Johann das häufigste Sekundärmineral. Man begegnet ihm auf den Halden der beiden Stollen, in den Stollen selbst und ebenso auch unter den Sekundärbildungen des kupferwismuterzreichen Trums. Seine dominierende Stellung unter den Sekundärbildungen verdankt er dem Vorherrschen von Kupfermineralien, vor allem Kupferkies, unter den primären Erzmineralien, bei deren Zersetzung er gebildet wird. Er tritt allerdings meist nicht unmittelbar auf den in Zersetzung begriffenen primären Kupfermineralien auf, sondern in der Regel in einem gewissen Abstand von diesen (vgl. S. 288). Das Mineral bildet grüne Krusten und Anflüge, die meist auf Quarz sitzen, stellenweise auch Büschel kleiner nadeliger Kristalle in radialstrahliger Gruppierung. Zu den Begleitmineralien gehören vor allem Chlorotil und Chrysokoll, in kupferwismuterzhaltigen Bereichen auch Bismutit.

Kupferlasur

Kupferlasur konnte nur in einem Fall auf einer Stufe aus dem kupferwismuterzführenden Trum beobachtet werden. Das Mineral bildet Aggregate winziger

blauer Kriställchen, die in Vergesellschaftung mit Malachit krustenförmig auf Quarz sitzen.

Langit

Langit fand sich im kupferwismuterzführenden Trum als Zersetzungsprodukt der Kupferwismuterze. Das Mineral tritt in spärlicher Menge unmittelbar auf den angewitterten Kupferwismuterzen oder in deren näherer Umgebung auf. Es bildet säulige bis tafelige Kristalle von blaugrüner Farbe, deren Länge etwa 0,25 mm erreicht. Die Kristalle sind nach der a-Achse gestreckt. Soweit die Ausbildungsform tafelig ist, wird die Tafelfläche von (001) gebildet. Neben (001) treten als Flächenformen offenbar noch (010) und (110) auf. Häufig sind die Kristalle verzwilligt. Es handelt sich um eine aragonitähnliche Zwillingsbildung nach (110), wie sie ähnlich auch die Kristalle der vom Verfasser (1963, S. 272 ff.) beschriebenen Langitvarietät von Badenweiler zeigen.

Eine Kontrolle der optischen Eigenschaften ergab etwas niedrigere Lichtbrechungswerte als beim Mineral von Badenweiler. n_x beträgt $1,644 \pm 0,003$, n_z $1,719 \pm 0,003$. Der Pleochroismus ist deutlich: $X \pm$ farblos, Y blau bis blaugrün, Z blaugrün ($X < Y \geq Z$). Die Hauptzone der Kristalle ist (+); $Z = a$.

Die mikrochemische Untersuchung des Minerals ergab, daß es im Gegensatz zu der Langitvarietät von Badenweiler kein CO_2 enthält. Auch konnten weder Ca noch Pb eindeutig nachgewiesen werden, die beim Mineral von Badenweiler neben dem dominierenden Cu als Kationen zugegen sind.

Bereits SANDBERGER (1885, S. 363) berichtet über das Auftreten von Langit im Gebiet von Wittichen. Als Fundort nennt er den Danielgang im Gallenbachtal. Er hielt seine Diagnose allerdings nicht für ganz gesichert und versah die Angabe Langit mit einem Fragezeichen. Auch der Verfasser konnte auf angewittertem Wittichenit aus dem Danielgang neben Bismutit Langit beobachten, die Angabe von SANDBERGER findet damit ihre Bestätigung. Als weiterer Fundort von Langit im Gebiet von Wittichen ist außerdem noch die Schmiedestollen-Halde zu erwähnen, wo das Mineral in Vergesellschaftung mit Brochantit auftritt. Sodann fand der Verfasser das Mineral auch noch auf einer Halde im Forbachtal bei Freudensstadt als Zersetzungsprodukt von Fahlerz. Auch hier wird das Mineral von Brochantit begleitet.

Chlorotil

Chlorotil ist unter den Sekundärbildungen im Bereich der Grube Johann recht verbreitet. Das Mineral fand sich im tiefen Stollen, auf der Halde des oberen Stollens und in besonders schöner Form im Bereich des kupferwismuterzführenden Trums.

Meist tritt das Mineral krustenförmig auf Quarz auf. Kristallformen sind im allgemeinen erst bei stärkerer Vergrößerung erkennbar. Es sind nadelige Kriställchen, die oft radialstrahlig gruppiert sind und büschelförmige Aggregate bilden. Die Farbe des Minerals ist grün in verschiedenen Tönungen. Der Chlorotil ist als Zersetzungsprodukt des arsenhaltigen Fahlerzes zu betrachten. In einem Fall wurde er unmittelbar auf einem zersetzten Fahlerzeinsprengling beobachtet.

Kontrollbestimmungen des Brechungsindex n_0 ergaben zum Teil ähnliche Werte wie sie vom Verfasser bei der Untersuchung des Chlorotils von anderen Fundorten des Schwarzwaldes festgestellt wurden (WALENTA 1960, S. 227), zum Teil lagen die ermittelten Werte auch etwas niedriger (nahe 1,70). Bei mikro-

chemischen Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß das Mineral neben Cu zumindest teilweise als Kation auch etwas Ca enthält, und es ist möglich, daß ein begrenzter Ersatz des Cu durch Ca zu den niedrigeren n_D -Werten führt. Bi fehlt dagegen oder ist nur untergeordnet zugegen. Es liegt also kein Mixit vor.

Amorphe Kupferarsenate

Unter den Sekundärbildungen der Grube Johann sind auch einige kupferhaltige Arsenatminerale vertreten, die aufgrund der röntgenographischen Untersuchung als amorph anzusprechen sind. Meist treten sie in Form von grünen erdigen bis derben Krusten unmittelbar im Bereich von zersetztem Fahlerz oder Kupferkies auf. Der Brechungsindex dieser Substanzen liegt im Bereich von 1,69 bis über 1,78. Als amorphe Bildungen verhalten sie sich optisch isotrop. In der Folge sei auf zwei genauer untersuchte Mineralien dieser Art näher eingegangen.

Das eine fand sich auf einer aus dem tiefen Stollen stammenden Stufe in Form einer grünen bis blaugrünen derben Kruste. Quarz bildet die Unterlage. Der Brechungsindex der Substanz beträgt maximal $1,695 \pm 0,003$. Unter dem Mikroskop sind im Körnerpräparat eckige Fragmente zu erkennen, die sich isotrop verhalten. Nach der mikrochemischen Untersuchung handelt es sich um ein Kupferarsenat. Andere Kationen konnten neben Cu nicht nachgewiesen werden.

Das andere näher untersuchte Mineral dieser Art tritt im Bereich von korrodiertem Fahlerz auf einer Stufe von der Halde des oberen Stollens auf. Es bildet grüne erdige Aggregate, die das Fahlerz überkrusten. Meta-Zeunerit ist mit dem Mineral vergesellschaftet. Der Brechungsindex ist etwas variabel. Im Mittel liegt er bei $1,740 \pm 0,005$, zum Teil geht er aber auch noch etwas über 1,750 hinaus. Nach der mikrochemischen Untersuchung handelt es sich um ein Arsenat, das neben Cu als Kation auch noch etwas Fe enthält.

Ähnliche amorphe Kupferarsenate, die oft auch Eisen und Wismut enthalten, treten auf den Halden von Neubulach verbreitet als Zersetzungsprodukte von Fahlerz auf. Es sind erdige Krusten von grüner Farbe in unterschiedlicher Tönung. Sie werden häufig als „Wismutocker“ bezeichnet, obwohl das Wismut in diesen Substanzen nicht immer eine dominierende Rolle spielt.

Pitticit

Dem Pitticit zuzuordnen ist ein gelbbraunes bis grünliches Sekundärmineral, das sich in Vergesellschaftung mit Chorotil in der Umgebung von zersetztem Kupfermismuterz auf einer Stufe aus dem kupferwismuterzführenden Trum fand. Es sind erdige Aggregate, die zum Teil Pseudomorphosen nach säuligen Emplektitkristallen bilden. Die Aggregate zeigen unter dem Mikroskop keine oder nur eine schwache Doppelbrechung. Die Lichtbrechung ist uneinheitlich. Sie liegt teils über, teils unter 1,84, jedoch stets über 1,80. Aus der röntgenographischen Untersuchung geht hervor, daß die Substanz kaum kristallisiert ist und als mehr oder minder amorph anzusprechen ist. Nach einer mikrochemischen Analyse handelt es sich um ein Arsenat mit Fe, Cu und Bi als Kation. Eisen dominiert offenbar unter den Kationen, so daß das Mineral als eine kupfer- und wismuthaltige Varietät des Pitticit gelten kann.

Chrysokoll

Chrysokoll fand sich in spärlicher Menge auf Stufen aus dem unteren Stollen. Er bildet derbe grüne Krusten von muscheligen Bruch, die in der Umgebung von

zersetztem Kupferkies vorwiegend auf Quarz sitzen. In einem Fall wurde das Mineral auch in hellgrünen Anflügen auf Flußspat beobachtet. Unter dem Mikroskop läßt das Mineral zum Teil eine faserige chalcedonähnliche Struktur erkennen. Die Lichtbrechungswerte zeigen gewisse Schwankungen. Sie liegen im wesentlichen im Bereich zwischen 1,55 und 1,60, vereinzelt sind aber auch für n_X noch etwas niedrigere Werte zu beobachten. Die Doppelbrechung ist deutlich, die Auslöschung gerade mit l (+). Mitunter ist ein schwacher Pleochroismus erkennbar: X farblos, Z blaßgrün. Die röntgenographische Untersuchung ergab, daß das Mineral trotz der vorhandenen Doppelbrechung nur unvollkommen kristallisiert ist.

Ähnliche Eigenschaften und Strukturen wie der oben beschriebene Chrysokoll zeigt auch eine mehr olivgrüne Substanz, die krustenförmig auf einer Stufe aus dem kupferwismuterzführenden Trum beobachtet wurde. Sie enthält nach den mikrochemischen Untersuchungen neben Cu auch Fe in erleblicher Menge. Der Pleochroismus ist deutlich (X gelbbraun, Z olivgrün). Aufgrund der röntgenographischen Untersuchungen weist sie nur einen geringen Kristallisationsgrad auf. Sie kann als eine etwas eisenhaltige Varietät des Chrysokolls betrachtet werden.

Eine ähnliche Stellung dürfte auch einem Mineral zukommen, das auf einer Stufe aus dem tiefen Stollen beobachtet wurde. Es bildet gelbe rundliche Aggregate von glasartigem Aussehen auf Quarz. Unter dem Mikroskop zeigen die Aggregate eine radialfaserige Struktur und deutliche Doppelbrechung. Die Lichtbrechungswerte liegen tiefer als oben für den Chrysokoll angegeben (n_X unter, n_Z über 1,50).

Kupferhaltiger Allophan

Erwähnt sei hier noch eine weitere dem Chrysokoll in der chemischen Zusammensetzung nahestehende Bildung, die sich im tiefen Stollen fand. Es handelt sich um glas- bzw. opalartige Krusten von grüner bis blaugrüner Farbe, die teils auf Quarz, teils auf granitischem Nebengestein beobachtet wurden. Sie sind durchsichtig bis durchscheinend und zeigen muscheligen Bruch. Unter dem Mikroskop sind gebänderte Kolloidalstrukturen zu beobachten. Im Gegensatz zum oben beschriebenen Chrysokoll und seinen Varietäten verhält sich die Substanz optisch völlig isotrop. Sie gehört, wie auch die röntgenographische Untersuchung ergab, zu den amorphen Mineralbildungen.

Bei der Bestimmung der Lichtbrechung ergab sich ein etwas uneinheitliches Verhalten. Bei einer Probe wurden $1,503 \pm 0,002$ ermittelt, bei einer anderen erreicht die Lichtbrechung $1,523 \pm 0,002$, unterliegt jedoch stärkeren Schwankungen, wobei eine Abhängigkeit zwischen der Intensität der Eigenfärbung und der Höhe der Lichtbrechung festzustellen ist. Der angegebene Maximalwert ist in den am intensivsten blaugrün gefärbten Partien zu verzeichnen, in den blasser gefärbten sinkt die Lichtbrechung bis unter 1,505. Ein wechselnder Kupfergehalt dürfte für die Schwankungen in der Intensität der Eigenfarbe und in der Höhe der Lichtbrechung verantwortlich sein.

Bei der mikrochemischen Untersuchung zeigte es sich, daß das Mineral in kalter HNO_3 1:1 nur unvollständig, in heißer dagegen nahezu vollkommen löslich ist. Das silikatische Mineral enthält als Kationen Al, Ca, Cu und etwas K. Auch Fe ist in sehr geringer Menge zugegen. Die Anwesenheit von AsO_4 unter den Anionen ließ sich nicht feststellen, dagegen ist SO_4 in geringer Menge nachweisbar.

Die Spektralanalyse einer Probe führte zur Feststellung von Al und Cu (neben Si) in deutlichen, von Fe und Mg in geringen, von Ca und Pb in geringen bis spurenhafte Mengen und von Ba, Cd, Cr und Ni in Spuren.

Für die mikrochemische und die spektralanalytische Untersuchung wurden verschiedene Proben verwendet, so daß die Ergebnisse nicht völlig identisch sind. Es zeigt sich aber in beiden Fällen, daß neben Si und Cu auch noch Al in stärkerer Konzentration zugegen ist.

ROGERS (1917) verwendete für ähnliche dem Chrysokoll nahestehende isotrope Substanzen die Bezeichnung Cornuit. Es erscheint jedenfalls gerechtfertigt, amorphe kupferhaltige Mineralbildungen dieser Art vom Chrysokoll abzutrennen. Da der Kupfergehalt jedoch — wie insbesondere aus der mikrochemischen Untersuchung hervorging — nicht sehr groß ist, könnte man auch von kupferhaltigem Opal bzw. bei höherem Gehalt an Al_2O_3 , wie dies im vorliegenden Fall zutrifft, von kupferhaltigem Allophan sprechen.

Bismutit

Bismutit tritt als Zersetzungsprodukt der Kupferwismuterze auf und ist vor allem im Bereich des kupferwismuterzführenden Trums sehr verbreitet. Das Mineral bildet erdige Krusten und pustelförmige Aggregate von gelblicher oder grünlicher, mitunter auch nahezu weißer Farbe. Die feinkörnigen Aggregate zeigen auch bei der mikroskopischen Untersuchung keine idiomorphe Ausbildungsform. Auf die pseudomorphe Verdrängung der Emplektitkristalle durch Bismutit wurde bereits hingewiesen.

Monohydrocalcit

Dieses seltene, erst 1964 von SEMENOV beschriebene Mineral bildet eine Komponente der im Bereich der uran- und kobalthaltigen Mineralisationszone im unteren Stollen auftretenden sinterartigen Überzüge. Es tritt vorwiegend in Form von kleinen farblosen bis graublauen Sphärolithen auf, die nierenförmige Krusten bilden. Der Durchmesser der Sphärolithe, die unter dem Mikroskop Zornbau erkennen lassen, überschreitet kaum 0,1 mm. Daneben bildet das Mineral auch zusammen mit erdigem Kalkspat Pseudomorphosen nach einem säuligen Mineral. Der Monohydrocalcit gehört zu den frühesten Ausscheidungen im Bereich der Sinterkrusten. Die Arsenate und ebenso der Gips sind zum Teil als jüngere Bildungen auf dem Monohydrocalcit aufgewachsen.

Die Kontrolle der optischen Eigenschaften des Minerals ergab: $n_E 1,538 \pm 0,002$, $n_O 1,580 \pm 0,002$, einachsige negativ. Der ermittelte optisch negative Charakter des Minerals stimmt mit der Angabe von LIPPMANN (1959, S. 554) für die künstliche Verbindung überein, während SEMENOV den optischen Charakter des von ihm beschriebenen Minerals als positiv bezeichnet.

Gips

Als weitere Komponente der Sinterkrusten im tiefen Stollen ist Gips zu erwähnen. Das Mineral bildet weißliche bis gelbliche tafelige Kristalle, die häufig rosettenförmig aggregiert sind.

Die in der Folge kurz beschriebenen drei Sekundärminerale, die alle im Bereich der Sinterkrusten im tiefen Stollen auftreten, sind wahrscheinlich als neue Mineralarten zu betrachten. Ihre Eigenschaften lassen sich keinem bekannten

Mineral zuordnen. Es sind Arsenate mit Calcium und Magnesium als Kationen. Eine weitere Untersuchung dieser Mineralien ist vorgesehen.

Mineral a

Es handelt sich um farblose säulige Kristalle mit rhombischem Querschnitt, die dem rhombischen oder monoklinen Kristallsystem angehören. Die kleinen Kristalle bilden zum Teil garbenförmige Aggregate, die auf Monohydrocalcit aufgewachsen sind.

Optische Eigenschaften: $n_X 1,540 \pm 0,002$, $n_Z 1,563 \pm 0,002$. Gute Achsenbilder ließen sich nicht erzielen, so daß optischer Charakter und Größe des Achsenwinkels fraglich sind. Aufgrund von mikrochemischen Untersuchungen ist das Mineral als ein (wasserhaltiges) Arsenat mit Ca und Mg als Kationen zu betrachten. Wahrscheinlich ist der Gehalt an Mg geringer als der an Ca.

Mineral b

Dieses Mineral bildet kleine weißliche Büschel, die aus langprismatischen Kristallen bestehen. Die Büschel sitzen auf anderen Krustenkomponenten, wie Schrockingerit und Gips. Die Symmetrie der Kristalle ist monoklin. Optische Eigenschaften: $n_X 1,564 \pm 0,002$, $n_Z 1,588 \pm 0,002$. Auslöschungsschiefe auf Tafelfläche $Z \wedge c$: ca. 33° . Die geringe Kristallgröße schloß die Anfertigung von Achsenbildern aus, so daß auch hier keine Angaben über den optischen Charakter und die Achsenwinkelgröße gemacht werden können. Das Mineral ist aufgrund von mikrochemischen Analysen wie Mineral a als (wasserhaltiges) Calcium-Magnesium-Arsenat zu betrachten, doch dürfte hier im Vergleich zu Mineral a der Anteil an Mg größer sein. Zum Picropharmakolith bestehen keine Beziehungen, wie aus dem Pulverdiagramm hervorgeht.

Mineral c

Die als Mineral c bezeichnete Komponente der Sinterkrusten bildet tafelige Kristalle mit mehr oder minder rechteckigem Querschnitt, die dem rhombischen Kristallsystem angehören. Optische Eigenschaften: $n_X 1,513 \pm 0,002$, $n_Z 1,554 \pm 0,002$, positiv, $2V 50^\circ$, $r < v$. Optische Orientierung: $X //$ Längserstreckung, $Z \perp$ Tafelfläche, I folglich (—). Das Mineral ist mit Gips eng verwachsen. Die Mikroanalyse einer mit Gips vermengten Probe läßt darauf schließen, daß es sich um ein Calciumarsenat handelt, das vielleicht auch etwas CO_2 und SO_4 enthält. Aufgrund der relativ niedrigen Lichtbrechungswerte ist mit einem höheren Wassergehalt zu rechnen.

Abschließend sei noch das Auftreten von Hydromuskovit erwähnt, der sich in Form von gelblichen schuppigen Aggregaten auf einer von der Halde des tiefen Stollens stammenden Stufe fand. Das Mineral, das auf röntgenographischem Wege identifiziert wurde, ist mit Hämatit vergesellschaftet.

II. Altersfolge und Bildungsbedingungen

Nachstehende Tabelle vermittelt eine Übersicht über die nachgewiesenen Gangarten und primären Erzminerale in Abhängigkeit von der Ausscheidungsfolge. Die Gangarten wurden in diesem Schema bewußt von den Erzmineralien getrennt, da ihre Einordnung in die Ausscheidungsfolge der Erzminerale nur bedingt möglich ist.

Gangarten	Erzminerale
Quarz Ia, Ib	ged. Wismut I, Wismutglanz, Pechblende,
Flußspat I, Schwerspat I	Speiskobalt (Skutterudite), Safflorit, Alloklas
Kalkspat, Eisenspat	Hämatit I
	Markasit, Pyrit, Bravoi
Quarz II, Flußspat II,	Fahlerz I, Bleiglanz I, Zinkblende I,
Schwerspat II	Bornit I, Kupferkies I, Luzonit
Quarz III	Fahlerz II, Bleiglanz II, Zinkblende II,
(Anhydrit,	Kupferkies II, Bornit II, Hämatit II
Synthisit, Xenotim)	Wittichenit, Emplektit, Aikinit, ged. Wismut II

Aus dem Schema geht hervor, daß sich zwei Vererzungsphasen unterscheiden lassen. Zu den Bildungen der ersten Phase gehören die Glieder der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese und einige weitere Mineralien, die man aufgrund der in ihnen enthaltenen Metalle unter dem Begriff Eisen-Kupfer-Blei-Zink-Paragenese zusammenfassen kann, in der zweiten Phase entstehen die Kupferwismuterze und Aikinit neben jüngeren Generationen von Mineralien, die bereits unter den älteren Bildungen vertreten sind.

Die erste Mineralisationsphase kann in zwei Abschnitte unterteilt werden. Als älteste Bildungen dieser Phase treten uns die Glieder der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese entgegen. Es erfolgte im ersten Stadium also zunächst eine Zufuhr der diese Paragenese kennzeichnenden Metalle. Ihre Ausscheidung erfolgte teils in arsenidischer und sulfidischer, teils aber auch in oxydischer Form (Uran). Auch das Eisen spielt in diesem Stadium eine gewisse Rolle. Man findet es vor allem als Fe_2O_3 , also in oxydischer Form. Das Nebeneinandervorkommen von Pechblende und Hämatit, das in hydrothermalen Uranvorkommen häufig festzustellen ist, wird zum Teil auf eine Wechselwirkung von Lösungen mit zweiwertigem Eisen und sechswertigem Uran zurückgeführt. Das zweiwertige Eisen wirkt reduzierend auf das Uran und es kommt zu dessen Abscheidung in vierwertiger Form als UO_2 , während das Eisen oxydiert wird und als Hämatit ausfällt. Das Auftreten von Eisen in zweiwertiger Form geht im übrigen aus dem Vorhandensein von Eisenspat hervor.

Was die Beziehungen der ältesten Erzminerale zum Nebengestein und zu den Gangarten anbetrifft, so ist festzustellen, daß man die Erze teils unmittelbar im Nebengestein als Imprägnation findet, wobei zersetzte Biotite und sericitisierte Feldspäte als bevorzugte Absatzorte dienen, teils aber auch in Quarz. Der Hämatit ist oft in rhythmischer Wechsellagerung mit Quarz verwachsen. Die Bildung dieser beiden Mineralien verlief also unter ähnlichen Bedingungen weitgehend parallel.

In dem auf die Bildung der Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese folgenden Stadium ist es neben Eisen vor allem das Kupfer, das eine größere Rolle spielt. Daneben treten auch Blei und Zink in Erscheinung, ebenso Antimon. Die Bindung dieser Metalle erfolgte vorwiegend in sulfidischer Form. Reine Arsenide fehlen. Das Arsen findet sich ebenso wie das Antimon gebunden im Fahlerz, untergeordnet auch im Luzonit. Es hat nicht mehr die Bedeutung, die ihm im ersten Stadium der Vererzung zukam.

Ob der neben Pyrit gebildete Bravoi seinen Nickelgehalt einer weiteren Zufuhr primärer nickelhaltiger Lösungen verdankt, erscheint fraglich. Wahrscheinlicher ist es, daß sein Nickelgehalt von verdrängten älteren nickelführenden Mineralien abzuleiten ist.

Die Bildung der Mineralien der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese und der Eisen-Kupfer-Blei-Zink-Paragenese dürfte im wesentlichen im mesothermalen Bereich erfolgt sein. Entsprechend dem generell etwas geringeren Alter der Mineralien der Eisen-Kupfer-Blei-Zink-Paragenese, dürften die Temperaturen wohl bei deren Bildung etwas niedriger anzusetzen sein als bei der Abscheidung der Mineralien der erstgenannten Paragenese. Daß die Temperaturen auch bei ihrer Bildung höher lagen, zeigt das Auftreten von Kupferkiesentmischungen im Bornit. In bezug auf die bei der Bildung der Pechblende im Wittichener Gebiet anzunehmenden Temperaturen bieten die Verhältnisse im Sophia-Gangzug einen Anhaltspunkt. Die Pechblende dieses Vorkommens unkrustet zum Teil Kristalle von ged. Wismut, womit erwiesen ist, daß ihre Bildungstemperatur unterhalb der Erstarrungstemperatur von Wismut (269°C) gelegen hat (vgl. WIMMENAUER 1952, S. 78).

Es ist im übrigen vorgesehen, Flüssigkeitseinschlüsse mit Gaslibellen, die bei der mikroskopischen Untersuchung in den Gangarten beobachtet wurden, für eine genauere Bestimmung der Bildungstemperatur zu benutzen. MEHNERT (1949, S. 250) fand für Quarz I aus dem Daniel-Gang nach der etwas umstrittenen Dekreptiermethode Bildungstemperaturen von $320\text{—}340^{\circ}\text{C}$.

Wenden wir uns nun der zweiten Mineralisationsphase zu, zu der neben den Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese die Gangarten der zweiten Generation sowie Quarz III zu stellen sind. Unter den Erzmineralien der genannten Paragenese erscheinen die jüngeren Glieder der ersten Mineralisationsphase größtenteils wieder (Fahlerz II, Bleiglanz II, Zinkblende II, Kupferkies II, Bornit II, außerdem Hämatit II), wobei die Ausscheidungsfolge etwas von jener der Mineralien der ersten Generation abweicht. So ist der Bornit hier offenbar jünger als der Kupferkies. Zusätzlich sind noch als jüngste Bildungen die Kupferwismuterze Wittichenit und Emplektrit sowie Aikinit vorhanden, die unter den Bildungen der ersten Mineralisationsphase fehlen. Umgekehrt vermißt man in dieser Paragenese Pyrit, Bravoiit und Luzonit sowie sämtliche Glieder der Kobalt-Nickel-Wismut-Uran-Paragenese mit Ausnahme von ged. Wismut.

Die Bildungstemperaturen sind in dieser Mineralisationsphase zweifellos niedriger gewesen als in der ersten. So fehlen z. B. die für höhere Bildungstemperaturen kennzeichnenden Entmischungslamellen von Kupferkies im Bornit.

Es erhebt sich nun die wichtige Frage, ob die Mineralien dieser jüngeren Mineralisationsphase einem erneuten Nachschub primärer hydrothermalen Lösungen ihre Entstehung verdanken oder ob ihr Stoffbestand aus den älteren Bildungen der ersten Phase abzuleiten ist. Betrachtet man die Zusammensetzung der jüngeren Bildungen, so zeigt es sich, daß alle Elemente, die in ihnen auftreten, auch in den Mineralien der ersten Mineralisationsphase vertreten sind. Vom Stofflichen her ergibt sich also kein Widerspruch zu der Annahme, daß die jüngeren Bildungen als Mobilisate aufzufassen sind.

Es gibt im Gebiet von Wittichen auch noch andere Anhaltspunkte dafür, daß im Bereich der älteren varistisch angelegten und mineralisierten Gänge jüngere Umbildungsvorgänge stattgefunden haben. So ist es bereits seit langem bekannt, daß manche Gänge sich bis in das Deckgebirge erstrecken, Mineralisationsvorgänge also auch nach Ablagerung des Buntsandsteins erfolgten. Die Gangart im Deckgebirge besteht oft vorwiegend aus Schwespat. Letzterer wurde also in jüngerer Zeit teilweise mobilisiert und ist nach oben gewandert. Dieser Vorgang geht einher mit einer Verdrängung des Schwespates durch Quarz in den tieferen Bereichen. Solche Verdrängungsvorgänge sind bekanntlich in den hydrotherma-

len Erzgängen des Schwarzwaldes und auch anderer Gebiete eine häufige Erscheinung.

Sodann ist noch zu erwähnen, daß auch die an der Pechblende des Wittichener Reviers durchgeführten Altersbestimmungen Hinweise auf jüngere Umbildungsvorgänge liefern. Zwei Bestimmungen von LEIBIGER (1955) ergaben in Einklang mit der angenommenen varistischen Entstehung der Gänge ein Alter von 235 ± 5 Millionen Jahren, dagegen ermittelte KULP 1953 nach v. GEHLEN, NIELSEN & RICKE (1962, S. 1201) ein Alter von nur 105 ± 10 Millionen Jahren. Sofern kein Fehler vorliegt, muß es sich bei der von KULP untersuchten Pechblende um ein jüngeres oberkretazisches Umlagerungsprodukt gehandelt haben wie auch v. GEHLEN, NIELSEN & RICKE annehmen. Es ist bekannt, daß die Pechblende leicht umgelagert wird.

Die Überlegung, daß die Mineralien der Kupferwismuterz-Paragenese Umlagerungsprodukte älterer Mineralisationen sein könnten, gilt auch für die anderen Vorkommen dieser Art im Gebiet von Wittichen. Man findet die Kupferwismuterze im Bereich der Kobalt-Nickel-Silber-Wismut-Uran-Gänge des Gebietes verbreitet als jüngere Bildungen, und zwar offenbar nur in den oberen Teufen. Meist ist eine deutliche räumliche Trennung zwischen den Mineralien der älteren Kobalt-Paragenese und denen der Kupferwismuterz-Paragenese gegeben. Allerdings gibt es auch Vorkommen von Kupferwismuterzen, bei denen scheinbar kein unmittelbarer Zusammenhang mit älteren Bildungen der Kobalt-Paragenese besteht. Dazu gehört vor allem der Daniel-Gang, über dessen Verhalten und Mineralisation in der Teufe jedoch nichts bekannt ist.

In diesem Zusammenhang drängt sich auch ein Vergleich mit den im Deckgebirge aufsetzenden Gängen im Gebiet von Freudenstadt und Neubulach auf. Ihre Deutung als „sekundär-hydrothermale“ Gänge im Sinne von SCHNEIDERHÖHN wird heute allgemein akzeptiert und ist auch aufgrund von neueren Untersuchungen (v. GEHLEN, NIELSEN & RICKE 1962) nicht widerlegt. Der Mineralbestand dieser Gänge entspricht weitgehend der Kupferwismuterz-Paragenese des Johann-Ganges und anderer Vorkommen im Gebiet von Wittichen.

Dies legt die Folgerung nahe, daß es — wenn man den Mineralbestand dieser jungen Gänge aus älteren Erzbildungen im tieferen Untergrund ableitet — wahrscheinlich Gänge der Kobalt-Nickel-Silber-Wismut-Uran-Formation sind, die den Stoffbestand für die jüngeren Bildungen lieferten, eine Vermutung, die nicht ganz neu ist (vgl. WERNICKE 1953, S. 351; v. GEHLEN, NIELSEN & RICKE 1962, S. 1201). Die nahe Übereinstimmung in der Paragenese der im Deckgebirge aufsetzenden sekundär-hydrothermalen Gänge und der Kupferwismuterzvorkommen im Grundgebirge im Gebiet von Wittichen läßt jedenfalls auf ähnliche Bildungsbedingungen und vielleicht auf eine ähnliche Altersstellung dieser Vorkommen schließen.

Eine wichtige Stütze für die angenommene Ableitung der sekundär-hydrothermalen Gänge aus älteren Bildungen der Kobalt-Nickel-Silber-Wismut-Uran-Formation ist vor allem das verbreitete Auftreten von Wismutmineralien unter den jungen Bildungen. Betrachtet man die Verbreitung dieses Metalls in den im Grundgebirge auftretenden primären Erzvorkommen des Schwarzwaldes, so stellt man fest, daß es praktisch nur in Gängen der genannten Formation in nennenswerten Mengen vertreten ist. Daß andererseits Elemente, wie z. B. Kobalt, die in den Gängen der genannten Formation stark hervortreten, in den im Deckgebirge aufsetzenden jüngeren nur eine geringe Rolle spielen, mag daran liegen, daß sich die Metalle bei Mobilisationsvorgängen unterschiedlich verhalten.

ten, doch können dafür auch primäre Unterschiede im Metallgehalt der älteren Gänge im Grundgebirge verantwortlich sein. Zu den leicht zu mobilisierenden Metallen gehören offenbar vor allem Kupfer und Wismut. Im übrigen fehlt auch das Kobalt nicht vollständig in den jüngeren Vorkommen. Es tritt im Gebiet von Freudenstadt an Fahlerz gebunden auf. Auch Uran ist nachweisbar. Die Radioaktivität im Bereich der Halden der Grube Königswart im Murgtal ist nach den Messungen des Verfassers gegenüber dem umgebenden Buntsandstein lokal um das fünffache erhöht und weist auf eine merkbliche Urankonzentration hin.

Es gibt auch sonst noch Vorkommen im Schwarzwald, wo das Uran mit Kupferwismuterzen vergesellschaftet ist. Dies gilt für die eisen- und manganerzführenden Gänge im Gebiet von Zell am Harmersbach (Schottenhöfe) und Eisenbach. Das Uran ist hier vorwiegend an Manganmineralien gebunden. Es läßt sich vielleicht auch hier aus älteren Vorkommen des tieferen Untergrundes ableiten, für deren paragenetische Zusammensetzung das Auftreten von Kupferwismuterzen vielleicht einen Anhaltspunkt gibt. Oxydische eisen- und manganerzführende Gänge bilden bekanntlich oft die oberste Teufe von Erzgängen der verschiedensten Paragenese. Von Interesse ist in diesem Zusammenhang die Feststellung, daß oxydische Eisen- und Manganerze auch in den obersten Teufen der am Burgfelsen aufsetzenden Gänge auftreten, so im Georg-Gang, der in mittleren Teufen eine ähnliche Paragenese aufweist wie der von der Grube Johann erschlossene Gang (vgl. WALENTA 1966).

Die größere Verbreitung von sekundär-hydrothermalen Gängen im Deckgebirge und von ähnlich zu deutenden Vorkommen im Bereich der Rheintalverwerfungen läßt darauf schließen, daß sekundär-hydrothermale Umlagerungsvorgänge auch im Grundgebirge recht häufig sein dürften. Man wird solche Vorgänge nicht nur für die hier vor allem behandelten Gänge der Kobalt-Nickel-Silber-Wismut-Uran-Formation anzunehmen haben, sondern auch für Vorkommen anderer Formationen. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um diese Fragen zu klären.

Schrifttum:

- BERRY, L. G. & THOMPSON, R. M.: X-ray powder data for ore minerals: The Peacock Atlas. — Geol. Soc. Amer. Memoir, 85, New York 1962.
- BRETT, P. R.: The Cu-Fe-System. — Carnegie Inst. Wash. Year Book, 62, S. 193—196, Washington 1963.
- GAINES, R. V.: Mineralogy and structure of the luzonite-famatinite series. — Abstr. in Amer. Miner., 37, S. 291, 1952.
- GEHLEN, K. v., NIELSEN, H. & RICKE, W.: S-Isotopen-Verhältnisse in Baryt und Sulfiden aus hydrothermalen Gängen im Schwarzwald und jüngeren Barytgängen in Süddeutschland und ihre genetische Bedeutung. — Geochim. et Cosmochim. Acta, 26, S. 1189—1207, 1962.
- GEHLEN, K. v. & PILLER, H.: Zur Optik von Covellin. — Beitr. Miner. Petrogr., 10, S. 94—110, 1964.
- Zur Optik von Hämatit und Ilmenit. — N. Jb. Miner., Mh. (1965), S. 97—108, 1965.
- KLEMM, D. D.: Untersuchungen über die Mischkristallbildung im Dreiecksdiagramm $\text{FeS}_2\text{-CoS}_2\text{-NiS}_2$ und ihre Beziehungen zum Aufbau der natürlichen „Bravoite“. — N. Jb. Miner., Mh. (1962), S. 76—91, 1962.
- KIRCHHEIMER, F.: Die Uranvorkommen des mittleren Schwarzwaldes. — Mitt.-Bl. bad. geol. Landesanstalt f. 1951, S. 1—74, 1952.

- KIRCHHEIMER, F.: Bericht über das Vorkommen von Uran im Schwarzwald. — Abh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 1, S. 1—127, 1957.
- LEIBIGER, H.: Beiträge zur Methode der Gehaltsbestimmung von Uran und Blei in Uranpfecherzen zum Zweck der Altersbestimmung und Beiträge zur analytischen Chemie des Urans im allgemeinen. Untersuchungen über das Vorkommen von seltenen Erden und Thorium in den Uran-Kobalterzen des mittleren Schwarzwaldes. Erfahrungen und Untersuchungen über die Trennung und Bestimmung von Blei und Wismut mittels Thionialid. — Diss. Univ. Freiburg i. Br. 1955 (Mskr.).
- LEVINSON, A. A.: A system of nomenclature for rare-earth minerals. — Amer. Miner., 51, S. 152—158, 1966.
- LEVINSON, A. A. & BORUP, R. A.: Doverite from Cotopaxi, Colorado. — Amer. Miner., 47, S. 337—343, 1962.
- LIPPMANN, F.: Darstellung und kristallographische Daten von $\text{CaCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. — Naturwiss., 46, S. 553—554, 1959.
- MEHNERT, K. R.: Die Kupfer-Wismut-Lagerstätte „Daniel“ bei Wittichen (mittl. Schwarzwald). — N. Jb. Miner. etc., Mh., Abt. A (1949), S. 218—241 u. 243—260, 1949.
- MOH, G. H.: Blaubleibender Covellite. — Carnegie Inst. Wash. Year Book, 63, S. 208 bis 209, Washington 1964.
- MORIMOTO, N.: Structure of two polymorphic forms of Cu_2FeS_4 . — Acta Cryst., 17, S. 351—360, 1964.
- NUFFIELD, E. W.: Studies of mineral sulpho-salts: XI — Wittichenite (klaprothite). — Econ. Geol., 42, S. 147—160, 1947.
- OSANN, A.: Die Mineralien Badens. — Stuttgart 1927.
- POLUSHKINA, A. P. & SIDORENKO, G. A.: A structural variety of cobaltite. — Dokl. Akad. Nauk SSSR, 153 (6), S. 1420—1423, 1963 (Abstr. in Amer. Miner. 1964, S. 818).
- RAMDOHR, P.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. — 3. Aufl., Berlin 1960.
- ROGERS, A. F.: A review of the amorphous minerals. — Jour. Geol., 25, S. 515—541, 1917.
- SANDBERGER, F.: Untersuchungen über Erzgänge. II. Heft. — Wiesbaden 1885.
- SEELIGER, E.: Die Paragenese der Pb-Zn-Erzlagerstätte am Gänsberg bei Wiesloch (Baden) und ihre genetischen Beziehungen zu den Gängen im Odenwaldkristallin, zu Alt-Wiesloch und der Vererzung der Trias des Kraichgaues. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 6, S. 239—299, 1963.
- SEMOV, E. I.: Hydrous carbonates of calcium and sodium. — Krist., 9, S. 109—110, 1964 (Abstr. in Amer. Miner. 1964, S. 1151).
- SMITH, W. L., STONE, J., RISK, D. D. & LEVINE, H.: Doverite, a new yttrium mineral. — Sci., 122, S. 31, 1955.
- SMITH, W. L., STONE, J., ROSS, D. R. & LEVINE, H.: Doverite, a possible new yttrium fluocarbonate from Dover, Morris County, New Jersey. — Amer. Miner., 45, S. 92—98, 1960.
- STRUNZ, H.: Mineralogische Tabellen. — 3. Aufl., Leipzig 1957, 4. Aufl., Leipzig 1966.
- SWANSON, H. E., GILFRICH, N. T. & UGRINIC, G. M.: Standard x-ray diffraction powder patterns. — N. B. S. Circ. 539, vol. V, Washington 1955.
- TSCHERMAK, G.: Der Alloklas und der sogenannte Glaukodot von Orawiczá. — Sitzber. kgl. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Cl., 53, I. Abt., S. 220—225, 1866.
- VOGELGESANG, W.: Geognostisch-bergmännische Beschreibung des Kinzigthaler Bergbaus. — Beitr. Statist. Großherzogth. Baden, 21, Karlsruhe 1865.
- WALENTA, K.: Die sekundären Uranminerale des Schwarzwaldes. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 2, S. 17—51, 1958.
- Chlorotil und Mixit. — N. Jb. Miner., Mh. (1960), S. 223—236, 1960.
- Neue Mineralfunde aus dem Schwarzwald. — Der Aufschluß, 14, S. 267—274, 1963.

- Beiträge zur Kenntnis seltener Arsenatmineralien unter besonderer Berücksichtigung von Vorkommen des Schwarzwaldes. 1. Folge. — *Tschermaks miner. petrogr. Mitt.*, 9, S. 111—174, 1964.
 - Die Uranglimmergruppe. — *Chem. der Erde*, 24, S. 254—278, 1965.
 - Die Uranvererzung im Bereich der Grube Johann am Burgfelsen bei Wittichen (mittlerer Schwarzwald). — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F.*, 48, 1966 (im Druck).
- WERNICKE, F. A.: Die Wismut-Kupfer-Erzlagerstätte von Neubulach im Schwarzwald. Untersuchungen zur Nutzbarmachung der Haldenerze. — *Z. Erzbergbau u. Metallhüttenwesen*, 6, S. 350—356, 1953.
- WIMMENAUER, W.: Mikroskopische Untersuchungen an Uranerzen aus dem mittleren Schwarzwald. — *Mitt.-Bl. bad. geol. Landesanstalt f. 1951*, S. 75—83, 1952.
- WOLF, H.: Die Gesteine und Erzgänge der Umgebung von Wittichen im mittleren Schwarzwald. — *N. Jb. Miner. etc.*, 77, Abt. A, S. 175—237, 1942.

(Am 27. 7. 1966 bei der Schriftleitung eingegangen.)

Tafel 13

- Fig. 1: Tafelige Synchisitkristalle mit wenig Hämatit eingewachsen in Quarz. Halde des oberen Johann-Stollens. Vergr. etwa 80mal, 1 N. Dünnschliff P 883.
- Fig. 2: Quarz mit Einschlüssen von Xenotimkristallen (tetragonale Bipyramiden) und Hämatit. Halde des oberen Johann-Stollens. Vergr. etwa 270mal, 1 N. Dünnschliff P 887.
- Fig. 3: Pechblendcaggregate, zum Teil mit Alloklas (weiß, links unten) verwachsen. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. etwa 490mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 259.
- Fig. 4: Saffloritkristalle in typischer Ausbildungsform eingewachsen in zersettem Nebengestein. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. etwa 475mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 267.
- Fig. 5: Alloklastkristalle eingewachsen in Quarz. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. etwa 475mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 266.
- Fig. 6: Alloklast mit Saffloriteinschluß. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. etwa 955mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff 266.

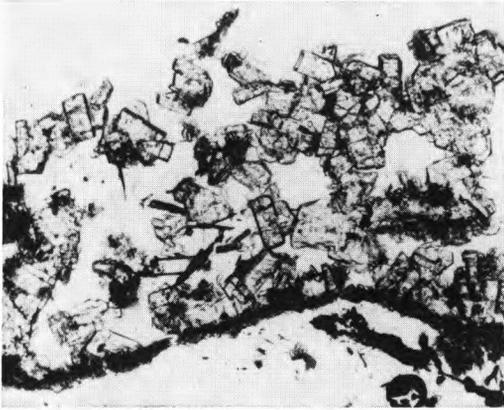


Fig. 1

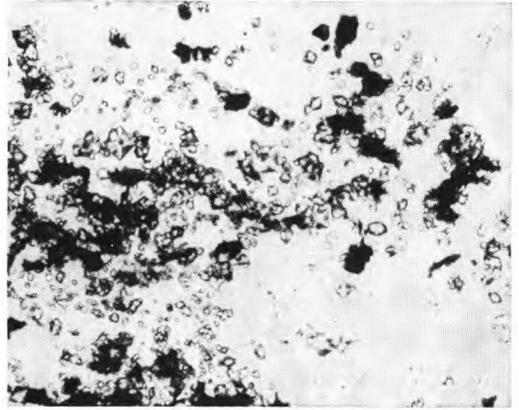


Fig. 2

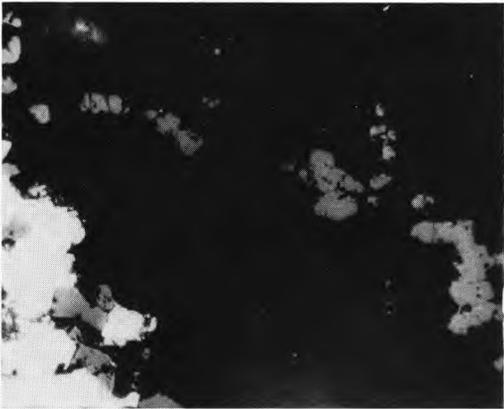


Fig. 3

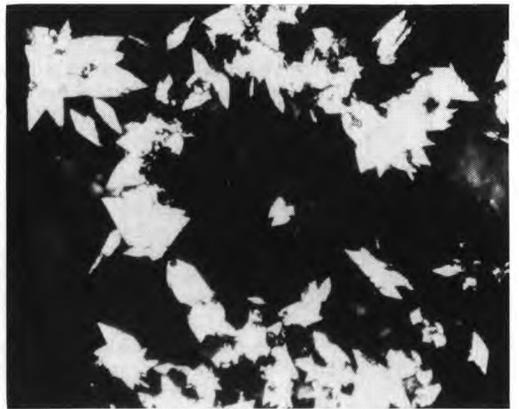


Fig. 4

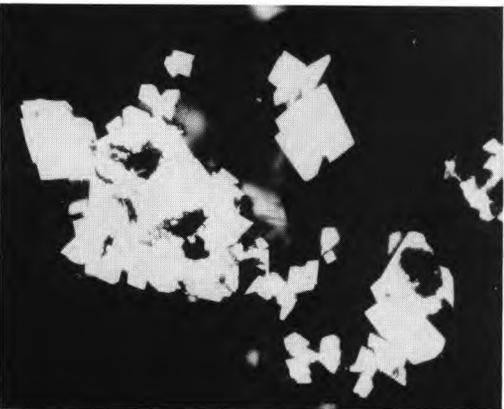


Fig. 5

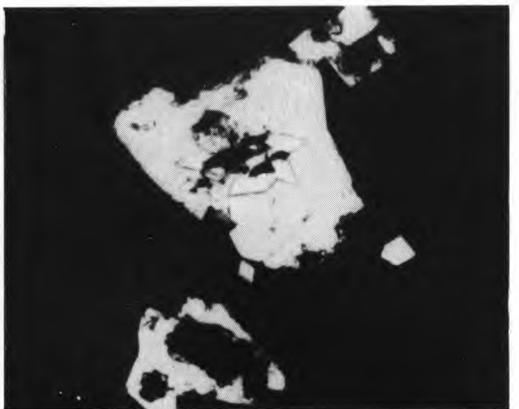


Fig. 6

Tafel 14

- Fig. 1: Pyrit mit dunkleren nickelreicheren Zonen. Halde des unteren Johann-Stollens Vergr. etwa 485mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 266.
- Fig. 2: Bornit I (grau) mit Entmischungslamellen von Kupferkies (weiß). Jüngerer Kupferkies I verdrängt den Bornit. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. etwa 475mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 260.
- Fig. 3: Bornit I (grau) verdrängt von Kupferkies I. Fortgeschrittenes Stadium der Verdrängung, die zu „Zerschnitzelungsformen“ (shredded structures) führt. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. etwa 475mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 260.
- Fig. 4: Bornit I (grau) mit Kupferkies I (weiß) und jüngeren Umwandlungsprodukten, vor allem blaubleibendem Covellin, der im unteren Teil des Bildes innerhalb einer Ader körnige Aggregate bildet. Infolge des starken Reflexionspleochroismus des Covellins erscheinen die Körner in Abhängigkeit von der Orientierung teils schwarz, teils in helleren Tönen. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. etwa 480mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 305.
- Fig. 5: Angewitterter Kupferkies I, durchsetzt von unregelmäßigen Sprüngen, die von jüngeren Umwandlungsprodukten (zum Teil Covellin) ausgefüllt werden. Halde des unteren Johann-Stollens. Vergr. ca. 475mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 305.
- Fig. 6: Kupferkies II (weiß im Zentrum) mit Bornit II (grau), Zinkblende II (etwas dunkler als Bornit, mit stärkerem Relief) und Wittichenit (weiß, die Randpartien bildend). Kupferwismuterzführendes Gangtrum (Aufschluß an der Forststraße). Vergr. etwa 80mal, 1 N. Anschliff A 323.

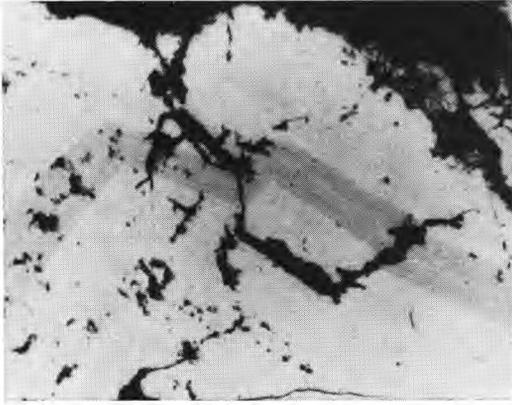


Fig. 1

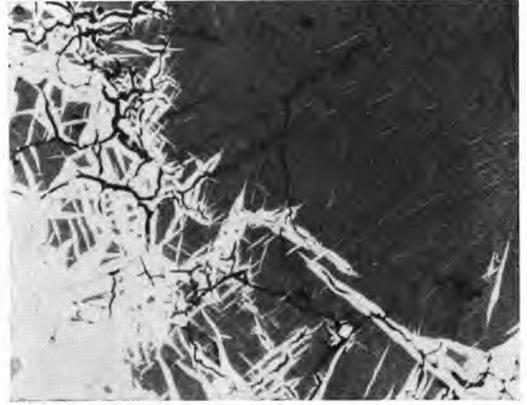


Fig. 2

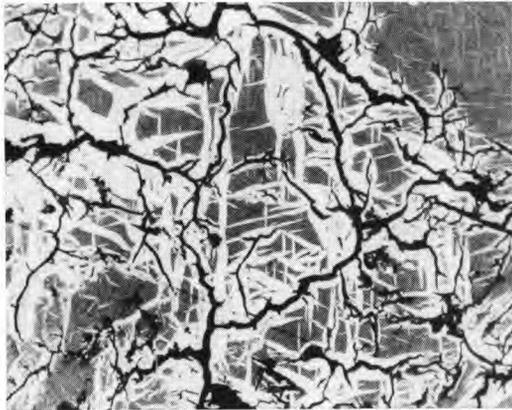


Fig. 3

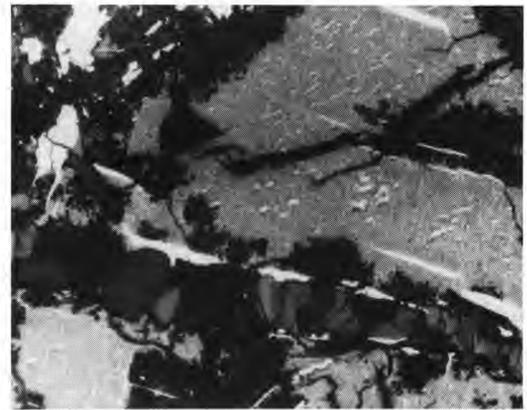


Fig. 4

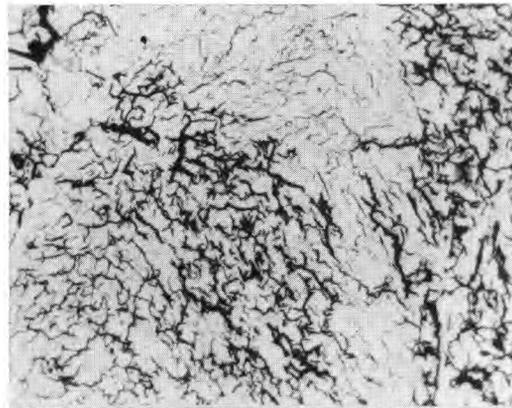


Fig. 5

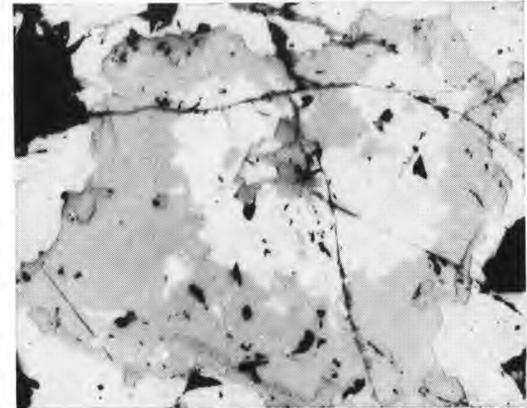


Fig. 6

Tafel 15

- Fig. 1: Wittichenit (linker Bildteil) mit Zinkblende II (dunkelgrau), Bornit II (etwas heller grau) und Kupferkies II (rechter Bildteil). Zwischen Wittichenit und Zinkblende ein Aikiniteinschluß (weiß). Kupferwismuterzführendes Gangtrum (Aufschluß an der Forststraße). Vergr. etwa 205mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 323.
- Fig. 2: Korrodierter Emplektit (hellgrau) und Wittichenit (etwas dunkler), mit jüngeren Umbildungsprodukten, vorwiegend blaubleibendem Covellin und Bismutit (schwarz). Im Zentrum ein Einschluß von ged. Wismut (weiß). Kupferwismuterzführendes Gangtrum (Aufschluß an der Forststraße). Vergr. etwa 460mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 271.
- Fig. 3: Wittichenit randlich verdrängt von blaubleibendem Covellin. Die Verdrängung vollzieht sich unter Bevorzugung bestimmter kristallographischer Richtungen. Kupferwismuterzführendes Gangtrum (Aufschluß an der Forststraße). Vergr. etwa 590mal, Ölimmersion, 1 N. Anschliff A 272.
- Fig. 4: Schröckingeritkristalle (eingebettet in Immersionsöl n 1,44). Uran- und kobalthaltige Mineralisationszone im unteren Johann-Stollen. Vergr. etwa 215mal, 1 N.



Fig. 1

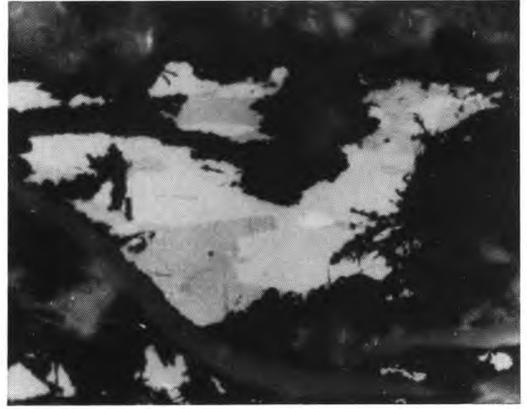


Fig. 2

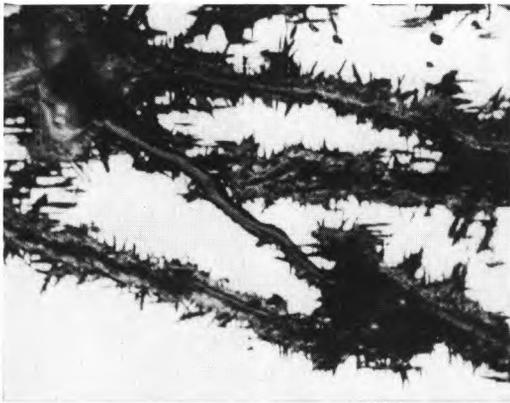


Fig. 3

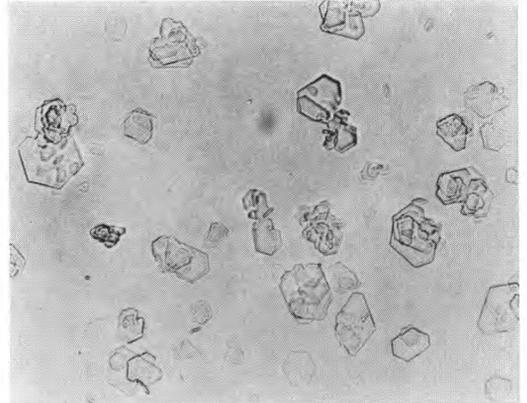


Fig. 4

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz e.V. Freiburg i. Br.](#)

Jahr/Year: 1966-1968

Band/Volume: [NF_9](#)

Autor(en)/Author(s): Walenta Kurt

Artikel/Article: [Der Mineralbestand der Grube Johann am Burgfelsen bei Wittichen \(mittlerer Schwarzwald\) \(1966\) 265-301](#)