

ANTIMONREICHE PARAGENESSEN VON JAKOBSBAKKEN BEI SULITELMA

VON
PAUL RAMDOHR

MIT 6 TAFELN

Auszug: In den verschiedenen Grubenfeldern des Sulitelmagebietes, die wegen der Pyrit, Kupferkies, Zinkblendeführung abgebaut werden, finden sich gelegentlich unter den jüngsten Bildungen Bleiglanz und mit diesem Fahlerz und andere. Lokal ist weiter ein starker Nachschub an Antimon und Silber festzustellen, der — zum Teil unter Resorption älterer Mineralien mit schönen Verdrängungserscheinungen — eine Unzahl neuer Mineralien liefert. Ähnliche Antimonnachschübe sind neuerdings auch in anderen „Kieslagerstätten“ bekannt und sind wohl unter einem gemeinsamen genetischen Gesichtspunkt zu betrachten.

Die norwegischen Kiesvorkommen mit ihren recht wechselnden Typen und trotzdem ziemlich eintönigen Paragenesen sind seit langem das Objekt der Diskussion der namhaftesten Lagerstättenforscher gewesen. Leider hat man sowohl an Erfahrungen wie auch Fehlern, die hier gemacht wurden, bei der Untersuchung ähnlicher Lagerstätten in anderen Ländern recht wenig gelernt. Jahrzehnte hindurch liefen die Arbeiten über norwegische Kieslager, über die des Rio Tinto-Gebiets, der Alleghanies, über Bodenmais, Klingenthal-Graslitz, Agordo und andere neben einander her, ohne wesentlich von einander Notiz zu nehmen, jedenfalls ohne gewisse wichtige Besonderheiten zu vergleichen, obwohl bereits z. B. bei Stelzner-Bergeat Ähnlichkeiten wie Unterschiede recht gut nebeneinander gestellt sind. Die Nebeneinanderstellung allein nach der Form und den jeweiligen Hauptparagenesen Pyrit, Magnetkies, weniger Zinkblende und Kupferkies besagt sehr wenig, denn alle diese Mineralien sind Durchläufer, deren Anreicherung auf sehr verschiedene Weise denkbar und sicherlich auch realisiert ist, und die Form allein kann bei dem Vorkommen der meisten von ihnen im gefalteten und metamorphisierten Gebirge viel und wieder auch nichts sagen.

Erfreulicherweise beginnt das besser zu werden, wenn man manchmal auch beim Literaturstudium noch auf manche erstaunliche Unkenntnis

in wie man meint allbekannten Dingen stößt. Heute ist wohl die große Mehrzahl der Forscher überzeugt, daß die meisten der norwegischen Kieslager ebenso wie die eben erwähnten anderen Vorkommen heißhydrothermale Bildungen sind, die zum Teil durch metamorphe Vorgänge in Struktur, Textur und Mineralvergesellschaftung beeinflußt sein können. C. W. Carstens hat seine Ansichten, was die norwegischen Vorkommen betrifft, in klarer und m. E. überzeugender Form dargelegt, aus der Feder von P. Geijer stammende Arbeiten kommen in Hinblick auf Falun und andere zu demselben Ergebnis, solche von A. Tornquist für Agordo, Bateman und D. Williams für Rio Tinto,¹ Ross u. a. für Alleghanies, eine ganze Reihe von Arbeiten, die allerdings meist die europäische Literatur auch nicht andeutungsweise zu kennen scheinen, für Flin-Flon, Mandy, Rouyn-Noranda, Buchans und andere.

Um aber diese Ergebnisse zu stützen, wird es zweckmäßig sein, weitere Beweisgründe und Hinweise zu sammeln. Völlig klar wird man sich nämlich darüber sein müssen, daß manche der eben als „Beweis“ angeführten Beobachtungen bereits heute sehr verschiedene Deutung zuläßt und andere in der Zukunft weiterhin an Beweiskraft verlieren können!

Dem Verfasser fiel es nun auf, daß in neuerer Zeit mehr und mehr aus derartigen Kieslagern Mineralparagenesen bekannt werden, die als jüngere *Um- und Neubildungen* zu deuten sind und die meist durch *reichliche Anwesenheit von Antimon- und oft Bleimineralien* auffallen. Das ist besonders bemerkenswert, weil die Vererzung bekanntlich zunächst eher arsenreiche Mineralien (Arsenkies, Danait, in Rio Tinto Enargit u. a.) liefert.² In den meisten Fällen gehen sie von Querklüften aus und bilden gewissermaßen selbständige jüngere Gänge, oder sie füllen die toten Räume von Stauchungszonen, Zerrklüften u. a.

Vielfach kann man über das Auftreten in der Lagerstätte wenig erfahren, da die Stücke nur als mineralogische Kuriositäten beobachtet und gesammelt sind. Bei Durchsicht der mineralogischen und lagerstättenkundlichen Literatur findet man, daß z. B. manche der Antimonsulfosalze von derartigen Kiesvorkommen aufgeführt werden, ja

¹ Die Darstellung von Arn. Heim in den „Copper ore resources“ ist doch wohl sehr einseitig; wenige werden ihr folgen!

² Für Sulitelma konnte ich allerdings ganz spurenhaltig mit Kupferkies etwa gleichaltrigen Breithauptit (NiSb) neben unendlich viel häufigerem Arsenkies finden.

klassische Vorkommen haben, wo man sie eigentlich nicht erwarten sollte. Ich erinnere da z. B. an den Geokronit von Falun, Jamesonit, Bournonit und Gudmundit von Bjurliden, Chalkostibit (Wolfsbergit), Berthierit und Famatinit von Rio Tinto (3 a), an „Boulangerit“ von Pfaffenreuth bei Waldsassen u. a. Ein Studium der Stücke zeigt durch die Vergesellschaftung dann meist eindeutig, daß es auch hier sich um jüngere Gangfüllungen, sehr oft solche mit quarziger Gangart, handelt.

Ein einmaliges Vorkommen dieser Art brauchte uns nicht zu interessieren, da es ja irgend eine spätere und unabhängige Fremdbildung sein könnte, außerdem Sb-Reichtum überhaupt vielfach charakteristisch ist für Bildungen fallender Temperatur eine Häufung zeigt, daß die Antimonvererzung ein mindestens recht verbreiteter Nachhall der Hauptvererzung in Kieslagerstätten ist. Damit ist natürlich ein wichtiger Hinweis natürlich noch lange kein Beweis gegeben, daß auch die Hauptvererzung in diesen Fällen auf gleichartige oder sehr ähnliche und zwar hydrothermale Vorgänge zurückgeht. Auch die an sich schon mehrfach betonte Hinneigung zu gewissen Pyrit- und Arsenkiesgoldlagerstätten, wo Antimonerze als junge Bildung häufig sind und wo ebenfalls Co-Gehalte in Glanzkobalt und in Nachschüben Bi-Mineralien vorkommen, wird unterstrichen. Lagerstätten wie Boliden, Rakkijaure, Näsliden, Noranda u. a. bilden ja unbestritten eine Brücke zwischen „Kieslagern“ und hydrothermalen Goldpyritlagerstätten. Gerade sie besitzen nun einen Vererzungsnachhall, der eine fast unübersehbare Fülle von Antimonmineralien führt. Für Boliden hat das gerade O. Ödman in einem erst vor kurzem gedruckten Vortrag gezeigt, für viele Golderzgänge ist es längst z. B. seit der Sandberger'schen Beschreibung von Brandholz-Goldkronach 1878 bekannt. Wenn es für viele Golderzvorkommen ebenso wie für die meisten Kieserzvorkommen noch nicht bekannt ist, so kann das gelegentlich am wirklichen Fehlen liegen, oft liegt es sicher nur an der schlechteren mineralogischen Überwachung der betreffenden Lagerstätte.

Vielleicht geben die im folgenden mitgeteilten Beobachtungen den Anreiz, auch anderswo auf solche Paragenesen genau zu achten!

Im letzten Sommer war es dem Verfasser vergönnt, nach 10 Jahren wieder die berühmten Erzvorkommen von Sulitelma kurz besuchen zu können. Für die gastfreundliche Aufnahme und die uneigennützig entgegenkommende Führung ist er den Herren der Sulitelma-Gruv-

Aktiebolag, Direktør Quale, Obergeringeniør Trøften, besonders aber seinem Führer Bergingeniør Hofseth zu großem Dank verpflichtet.

Beim Besuch der Grube Jakobsbakken erhielt ich nun von Herrn Hofseth eine Anzahl von Proben in neuerer Zeit gesammelter Erze, die uns durch ihren in grobkörnig rekristallisierten *Quarz* eingebetteten, ungewöhnlich glänzenden *Bleiglanz*, einen sehr stark mit Erz imprägnierten und so auf den ersten Blick etwa wie Antimon-glanz aussehenden *Disthen* und durch außerordentlich stark glänzende, in Kupferkies, z. T. auch in Bleiglanz eingebettete *Danait*kristalle auffielen. Einige Proben erinnerten an eine Kupferkies-Danaitstufe mit stark durchlamelliertem Bleiglanz, die ich bereits 1927 von Herrn Obergeringeniør Carlsson erhalten hatte. Das etwas ungewöhnliche Aussehen des mit Danait, Kupferkies, Bleiglanz vergesellschafteten und scheinbar auch die Imprägnation des Disthens ausmachenden „Fahlerzes“ veranlaßte mich, die betreffenden Proben etwas genauer zu untersuchen. Das Ergebnis war die Erkennung einer höchst interessanten, vielgestaltigen und auch in den Verwachsungsstrukturen beachtlichen Paragenese.

Das Anstehende der Erze ist leider anscheinend unbekannt, die Stücke sind wegen ihres auffallenden Aussehens auf dem Leseband, über das hier das Fördergut zum Aushalten der ganz armen Stücke läuft, ausgesondert worden. Die Vergesellschaftung von grobsumkristallisiertem, oft mit Disthen durchwachsenem Quarz und Massen von derbem Disthen, außen oft von einer Glimmerschale umgeben, zeigt, daß ursprünglich verheilte Stauchungszonen im Erzkörper vorlagen. Die Erze Kupferkies, Magnetkies, Danait könnten der unmittelbaren Nachbarschaft entnommen sein. Für den Danait ist es allerdings schon ziemlich unwahrscheinlich; die übrigen Erze setzen einen beträchtlichen Nachschub von Sb, Pb, Ag voraus, wahrscheinlich auch von Bi und Te. Die Strukturen zeigen, daß Zerbrechung und Wiederausheilung der Sprünge durch andere Mineralien, z. T. auch durch plastische Verformung, zu verschiedenen Malen, sicher 4 ×, erfolgte. Alle Mineralien sind „primär“, d. h. nicht durch von der Oberfläche kommende Prozesse gebildet; untereinander besitzen sie eine höchst komplizierte, durch die mehrfache Bildung einiger wichtiger Mineralien in der Entwirrung noch erschwerte Altersfolge. Besonders schön sind Reaktionssaumbildungen von großer Vielgestaltigkeit entwickelt.

Folgende 23 (!) Erzminerale sind sicher nachgewiesen:

Elektrum	(Au, Ag) ²
Ged. Antimon	
„Kubischer Dyskrasit“ ..	(Ag, Sb) ¹
Magnetkies	(FeS)
Zinkblende	(ZnS)
Pyrit	(FeS ₂)
Danait	((Fe, Co, Ni)AsS)
Gudmundit	(Fe Sb S)
Löllingit	(FeAs ₂) ²
Bleiglanz	(PbS)
Dyskrasit	(Ag ₈ Sb)
Kupferkies	(CuFeS ₂)
Cubanit	(CuFeS ₃)
Vallerit	(Cu ₈ Fe ₄ S ₇) ²
Wolfsbergit	(CuSbS ₂) ¹
Bournonit	(CuPbSbS ₈)
Boulangerit	(Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁) ¹
Jamesonit	(Pb ₂ Sb ₃ S ₆) ¹
Fahlerz	((Cu ₂ , Fe, Zn, Ag ₂) ₈ (Sb, As) ₂ S ₆)
Fahlerz II	(wohl Ag-reich) ²
Geokronit	(Pb ₅ Sb ₂ S ₈) ²
Pyrargyrit	(Ag ₈ SbS ₈) ¹
Rutil	(TiO ₂)

Dazu noch mindestens drei weitere, in kleiner Menge vorhanden, von denen I¹ dem Boulangerit ähnlich, aber wohl nicht ident, II² vielleicht Tetradymit, III² noch ganz unbekannt ist.

Die mit ¹ versehenen finden sich nur in den 1927 gesammelten, ² in den neugesammelten Proben, alle anderen in beiden.

Wahrscheinlich ist noch das eine oder andere übersehen.

Mit etwas willkürlicher Abgrenzung sollen die Teilparagenesen besprochen werden als: *Fahlerz-Arsenkies-Gudmundit-Paragenese*, *Geokronit-Bleiglanz-Disthen-Paragenese*, *Wolfsbergit-Bleiglanz-Rotgültig-Paragenese*, und die älteren, an sich auch an anderen Stellen in Sulitelma vorkommenden von Danait mit Kupferkies, Magnetkies, Pyrit, die hier nur soweit nötig bei den aufgezählten jungen Bildungen besprochen werden.

Die Fahlerz-Arsenkies-Gudmundit-Paragenese.

Das 1937 in Jakobsbakken gesammelte Fahlerz zeigt im Anschliff schon mit bloßem Auge einen etwas härteren und helleren, in der Farbe etwa an Zinnkies erinnernden Kern und eine besser polierte, weichere und dunklere Kruste. Weiter außen folgen dann Kupferkies und Bleiglanz, allein oder zusammen, und in ihnen älterer, grob idiomorpher und stark kataklastischer Arsenkies (Danait). Die mikroskopische Untersuchung enthüllt sehr komplizierte Beziehungen und Mineralvergesellschaftungen:

Das „Fahlerz“ besteht aus drei, teilweise vier Zonen (Abb. 1), von denen die äußerste (I) normale mit einer auf ein gewöhnliches etwas Fe- und Zn-führendes Antimon- oder Arsenantimon Fahlerz hinweisende Farbe zeigt. Entmischungs- und Zerfallserscheinungen fehlen hier im allgemeinen (s. u.). Die folgende (II), die manchmal nicht entwickelt ist, hat kleine gleichmäßig verteilte Rauheiten, die sich als kleine, meist skelett- oder kastenförmig entwickelte Arsenkieskristalle in einem Hof von Kupferkies erweisen (Abb. 2). Auf größere Erstreckung hin sind diese winzigen idiomorphen Arsenkiese einheitlich angeordnet. Die Zone III, die sehr oft fehlt, ist dann wieder klar und ohne Besonderheit wie I, hat vielleicht aber in Öl einen eine Spur mehr bläulichen, d. h. auf höhere As-Gehalte hin-deutenden Farbton. Die meist räumlich am meisten ausgedehnte, von den Zonen I–III oft hübsch kokardenförmig umgebene Innenpartie IV besteht aus mehr oder weniger zurücktretendem, oft fast fehlendem Fahlerz, einem sehr eigentümlichen gegenüber II aber sehr groben und viel reichlicheren Skelettwerk von Arsenkies, das eingebettet ist in fast geschlossenem Kupferkies, wenig fleckig verteiltem Sphalerit und sehr vereinzelt, aber immerhin roh einigermaßen gleichmäßig verteiltem Gudmundit. Über größere Erstreckung (Abb. 3), d. h. auf 1–3 mm, sind die Arsenkiesskelette einheitlich orientiert, auch dort, wo sie ersichtlich keine Verbindung untereinander besitzen. Auch die Füllmasse von Kupferkies ist, wie sich bei + Nicols feststellen läßt, einheitlich orientiert.

Die Gudmunditkristalle zeigen durch Vorherrschen des bei Arsenkies stark zurücktretenden (010) ganz anderen Habitus als die Arsenkieskristalle, sind aber trotzdem, wie die Bilder 4 und 5 zeigen, ebenso orientiert wie die Scharen von diesen, ohne aber im allgemeinen mit Arsenkies unmittelbar verwachsen zu sein.

Es kann kein Zweifel sein, daß Fahlerz, Kupferkies und Arsenkies in II und ebenso Arsenkies, Kupferkies, Fahlerz, Gudmundit und Zinkblende in IV untereinander enge Beziehungen haben und irgendwelche Entmischungs- („komplexe Entmischung“ im Sinne von Niggli¹) oder „Ummineralisations“-Produkte darstellen, worauf auch die überall sehr gleichbleibenden Mengen dieser Mineralien hinweisen. Das Ausgangsmaterial muß, wie die einheitliche Orientierung des Fahlerzes in Zone I III und der Reste davon in IV zeigen, ein „Fahlerz“ gewesen sein, das nachträglich, in den einzelnen Zonen verschieden, zerfiel. Warum dieser Zerfall eintrat und zwar nur zonar eintrat, ist ganz unklar; Zufuhr von Material von außen oder Wegfuhr ist nach den Strukturen nicht wahrscheinlich, wenn auch nicht ausgeschlossen. An sich verlangt jede denkbare Umsetzung eines Cu-Fe-Zn-Arsenfahlerzes in ein Gemenge von Kupferkies, Arsenkies und Zinkblende eine Zufuhr von Fe und eine Wegfuhr von As, S und, da ja Fe und Zn das Cu nicht sehr weitgehend ersetzen, im allgemeinen von Cu. Immerhin ist bekannt, daß die „Sulfobasen“ die „Sulfosäuren“ im Fahlerz weit stärker überwiegen können, als der strukturell gestützten Idealformel Cu_3AsS_8 entspricht, außerdem weiß man besonders durch die Arbeiten von Buerger, daß Fe weitgehend As im Gitter vertreten kann und umgekehrt und daß weiterhin dort oft Fehlstellen sind, wo man As erwarten sollte. Die Entscheidung: Zerfall infolge Stoffwanderung oder Zerfall durch Instabilwerden ohne Stoffzufuhr soll also mangels klarer Hinweise offen gelassen werden.

In der Außenzone I ist vielfach noch eine andere Neubildung zu erkennen, die nun wohl sicher auf Stoffwanderungen zurückzuführen ist. Offenbar von verheilten Sprüngen und Klüften aus bilden sich geschwürförmige oder auch gangförmige Partien aus Magnetkies und fast ebenso reichlich Gudmundit neben viel weniger Kupferkies und Zinkblende, aber kein, oder nur ganz untergeordnet Arsenkies. Die Verwachsungen sind meist feiner als in der Innenpartie IV, aber immerhin noch recht grob, wie die Abb. 1, 6 und 7 zeigen. Die Gudmundite haben wesentlich andere Formen als dort, liegen völlig unorientiert zum ehemaligen Fahlerz, zu Magnetkies und auch untereinander. Gerade diese Neubildung ist es, die weitgehend den von Sv. Gavelin (7) von Bjurliden beschriebenen Gudmundit-Magnetkiesverwachsungen ähnelt. Allerdings ist das Mengenverhältnis FeSbS :

¹ P. Niggli, Das Magma und seine Produkte. I. Teil. Leipzig 1937. S. 162.

FeS hier ganz wechselnd, die Verwachsung nicht myrmekitartig und die Körner viel gröber und so auch viel bequemer bestimmbar als dort. Während bei Gavelin es unklar und sogar unwahrscheinlich ist, daß die Verwachsungen aus dem benachbarten Fahlerz hervorgegangen sind, ist hier gar kein Zweifel daran.

Offenbar ist die Gudmundit-Magnetkiesbildung verknüpft mit beträchtlicher Wegfuhr von Cu und nennenswerter, aber nicht abschätzbarer von As und mit starker Zufuhr von Fe und wohl Sb. Die von Gavelin erwähnte Tendenz des Cu und Sb, in Spätbildungen wieder in Lösung zu gehen, wobei aber bei Anwesenheit von Fe und das ist hier unzweifelhaft sehr reichlich vorhanden! sofort FeSbS ausgefällt wird, könnte auch hier vorhanden sein. Hier wird aber wohl auch Cu in Form von jüngerem Kupferkies sofort, d. h. nach Wanderung von höchstens 1 mm Entfernung wieder fixiert.

Der *Kupferkies*, in dem die Fahlerz-Arsenkies-Gudmunditparagenese eingebettet ist, ist zum kleinen Teil ganz jung, in der Hauptsache aber etwa gleichaltrig mit dem ursprünglichen Fahlerz. In ihm sind geradezu hervorragend schön eingelagert Valleriitlamellen, die hier wie anderswo Cubanit der Fläche (111) des Kupferkies folgen. Der Kupferkies selbst zeigt Zwillingslamellierung nach (101); das Bild 8 zeigt sehr schön die verschiedene Orientierung von Valleriit und Zwillingslamellen. Die Auslöschung der Valleriitafeln erfolgt aber *nicht* parallel und senkrecht zur tafeligen Ausdehnung, sondern in mindestens zwei verschiedenen Orientierungen schräg dazu.

Arsenkies, weniger nach den idiomorphen großen Kristallen als nach der starken Zerbrechung und der Durchdringung mit anderen Erzen zu urteilen, ist hier sehr frühe Bildung. In einem Falle ist als idiomorpher Einschluß in ihm noch älterer *Löllingit* beobachtet. Da alle bisher bekannten Paragenesen von Sulitelma Magnetkies und Pyrit mindestens in Spuren führen, ist das Auftreten von *Löllingit*, dessen Antipathie zu Magnetkies und Pyrit ja bekannt und selbstverständlich ist, sehr erstaunlich.

Daneben sind hier noch Zinkblende und Bleiglanz und in diesem ged. Antimon und anscheinend Elektrum beobachtet.

Die Geokronit-Bleiglanz-Disthen-Paragenese.

In einer aus Quarz und teils aus normal gefärbtem Disthen, teils aus solchem, der durch starke Imprägnation mit grauschwarzen Sulfiden fast wie Antimonglanz aussah, bestehenden Knolle wurde der zunächst für Fahlerz gehaltene Erzinhalt genauer untersucht. An der Imprägnation des Disthens, die roh dessen Spaltbarkeit folgt und die nicht sicher, aber mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit lokal auch das Silikat verdrängt, ist in der Tat Fahlerz wesentlich beteiligt, daneben aber Geokronit (besonders viel), Arsenkies, Bournonit, Bleiglanz und andere. Eine Gesetzmäßigkeit der Art, daß etwa eines dieser Mineralien mehr die Zwickelfüllung, das andere mehr die Disthenimprägnation übernehme, ist nicht zu finden.

Der *Geokronit* ist durch Vergleich mit Proben der Originalfundstelle Sala sofort zu identifizieren und diesen auch in allen Einzelheiten wie Korngrößen, Kornform, Art und Breite der Zwillingslamellen zum Verwechseln ähnlich. Da ein unmittelbarer Vergleich mit Bleiglanz möglich ist, lassen sich auch die an sich wenig auffallenden optischen Merkmale und die Härte leicht feststellen: Farbe Bleiglanzartig, aber im Vergleich eine *Spur* dunkler und nach grünlichgrau, ein Unterschied, der auch in Öl nur weniger deutlicher wird. Der Reflexionspleochroismus ist sehr schwach und auch an Korn- und Zwillingsgrenzen nur schwer erkennbar, die Anisotropieeffekte sind gering, aber deutlich. Sehr charakteristisch ist die rundliche Körnerform und eine schräg zur Auslöschungsrichtung verlaufende Zwillingslamellierung (Abb. 9) mit breiten gleichmäßigen Lamellen (diese Lamellierung zeigt natürlich, daß die Symmetrie des Geokronit nur monoklin sein kann, da alle höheren Symmetrien bei schiefer Auslöschung der Lamellen mehrere gleichwertige Systeme verlangen). An den Lamellen ist manchmal etwas *ged. Antimon* ausgeschieden. Zwischen Bleiglanz und Geokronit ist sehr häufig ein Saum von Bournonit, oft auch ein Myrmekit von Bleiglanz + Bournonit (Abb. 10), gegen Fahlerz nur ein solcher von Bournonit entwickelt. In einer anderen Probe ist dieser Myrmekit aus Bleiglanz und einem anderen Sulfosalz, das sich nicht sicher bestimmen ließ, aber dem Boulangerit ähnelt, aufgebaut. Es ist kein Zweifel, daß diese Myrmekite hier Reaktionssäume sind, im ersten Fall mit, im zweiten wohl ohne Cu-Zufuhr, einfach nach dem Schema Geokronit ($2 \cdot \text{Pb}_5\text{Sb}_2\text{S}_8$) Bleiglanz (5 PbS) + Boulangerit ($\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$).

Fahlerz findet sich nur untergeordnet als Komponente der Reaktionssäume, daneben reichlich in selbständigen rundlichen Körnern; es ist ein normales Cu-Sb-Fahlerz. Außerdem ist häufig ein anderes isotropes durchaus fahlerzartiges Mineral vorhanden, das etwas höheres Reflexionsvermögen besitzt und etwa nach einer Woche stark unter Bildung eines braunen Beschlages anläuft. Trotz gelegentlicher unmittelbarer Nachbarschaft sind keine Angaben über Altersbeziehungen zu machen; beide sind scharf gegeneinander abgegrenzt und ohne Übergänge.

Bleiglanz führt lokal massenhaft winzige Disken eines rein weißen, schwach anisotropen Minerals eingelagert $\parallel (111)$. Es ist vielleicht Tellurwismut.

Die Wolfsbergit-Bleiglanz-Rotgültig-Paragenese.

In einem aus derbem Kupferkies bestehenden Erz sind Hunderte von wohlentwickelten bis 2 cm großen Danaitkristallen eingelagert. Der Kupferkies ist durch tektonische Beanspruchung äußerst brüchig, die Danaitkristalle sind ebenfalls oft sehr weitgehend verbogen und zerbrochen. Mit diesem Erz ist vergesellschaftet ein außerordentlich stark zwillingslamellierter grobkörniger Bleiglanz und an der Grenze von Kupferkies bis zum Bleiglanz ein ebenfalls sehr sprödes und brüchiges Gemenge anderer Erze, besonders Wolfsbergit. Die Bleiglanz- und Wolfsbergitmassen sind ebenflächig von einem Harnisch begrenzt. Es ist möglich, daß diese Harnischbildung, die an sich jünger zu sein scheint als alle Phasen der hier vorliegenden Vererzung, einer neuen Bewegung auf der alten Erzkluft entspricht.

In der Mineralgesellschaft in der Nähe dieses Harnischs sind höchst komplizierte Umlagerungen erfolgt, die z. T. sicher auf Zufuhr von Antimon und Blei, dann von Silber, z. T. auch nur auf Instabilwerden komplexer Verbindungen und Stoffaustausch in unmittelbarer Nachbarschaft schließen lassen.

Wolfsbergit bildet ziemlich große (3 mm) rundlich ovale Körner, die besonders die Grenze zwischen Kupferkies-Bleiglanz einnehmen und aussehen, als ob sie idioblastisch in den Kupferkies hineinwüchsen. Daß das recht seltene Mineral Wolfsbergit (Chalkostibit) vorliegen könnte, wurde zuerst vermutet, weil an seiner Grenze gegen Bleiglanz häufig Fahlerz und Bournonit in einer Form auftreten, die sicher zeigt, daß der Wolfsbergit zum Teil den Stoff zu ihrem Aufbau

geliefert hat (Abb. 12). Der Vergleich mit Wolfsbergit von Wolfsberg, Tapi in Bolivia und Rar eb Anz, Marokko bestätigt die Bestimmung durchaus. Spaltbarkeit nach der Längsrichtung der ovalen Körner (001) ist sehr ausgeprägt, nach zwei weiteren, darauf und unter sich senkrechten Richtungen deutlich. Es kann so manchmal ein Ausbrechen dreieckiger Stückchen bedingt sein, so daß die an sich schon recht große Ähnlichkeit mit Bleiglanz noch betont ist. Auffallend sind aber die große Sprödigkeit, die unregelmäßigen Sprünge, die noch neben Spaltrissen vorkommen, und die deutliche Anisotropie. Die Bireflexion ist nur in Öl wirklich deutlich, besonders dort, wo Korn-grenzen oder die Nachbarschaft von Bleiglanz Farbvergleiche gestatten; im ganzen beträchtlich niedriger als bei ein paar ähnlichen Mineralien.

Die *mechanische Beanspruchung* ist sehr stark; sie macht sich in Spaltrissen, Sprüngen, sehr schöner undulöser Auslöschung (Abb. 13) und in manchen Körnern durch dünne aber zahlreiche Zwillingslamellen (Abb. 14), die bisher nicht bekannt waren, bemerkbar.

Die Sprünge waren die Wege für Verdrängung und Umsetzung. Das deutlich verschiedene Alter der Verdrängungs- und Umbildungsmineralien zeigt, daß die Zerkleinerung zu verschiedenen Zeiten erfolgte. Die Verdrängung von Klüften aus und die Reaktionssaumbildung am Rande sind obwohl sie wohl verschiedene und vielleicht ganz unabhängige Vorgänge sind nicht scharf auseinander zu halten, da einige ihrer Produkte, z. B. Bleiglanz und Bournonit dieselben sind.

In den einzelnen Proben ist die Verdrängung an den Sprüngen nicht gleichartig. In einem Fall dringen zunächst Bleiglanz + Bournonit und wenig später Fahlerz + Bleiglanz in den Wolfsbergit ein. Es folgt dann eine Phase, in der Bournonit + Kupferkies + z. T. junger Magnetkies entstehen. Im anderen Fall entsteht zuerst fast allein Bournonit, der dann gefolgt wird von Boulangerit und, leicht von Boulangerit durch die büschelig-nadelige Form unterscheidbar, aber trotzdem wegen der Kleinheit nicht völlig sicher zu bestimmen, wahrscheinlich Jamesonit. In beiden Fällen folgen dann noch vereinzelt, weit durchgreifende und auch in Bleiglanz, Bournonit, Arsenkies, Magnetkies, Zinkblende zu verfolgende Sprungausfüllungen mit Pyrrgyrit und Dyskrasit, lokal vielleicht auch Sb-haltigem ged. Silber.

Besonders erwähnenswert ist, daß der gegen Verwitterungs- wie Zementationseinflüsse sehr empfindliche Wolfsbergit keine Spur einer Neubildung von Covellin oder Kupferglanz zeigt.

Gegen die Kupferkiesgrenze zeigt der Wolfsbergit stets ausgezeichnete synanthetische Säume aus Bournonit + Bleiglanz + Fahlerz (Abb. 12), manchmal auch Boulangerit. Sicher ist das Fahlerz zunächst reichlicher gewesen, aber später zu Gunsten der Bournonitbildung teilweise resorbiert. Gegen den Bleiglanz ist die Grenze oft glatt und ohne Reaktionssaum. Von den übrigen Erzen nur kurz einige Angaben:

Bleiglanz liegt in einer älteren Generation vor, etwa gleichalt mit Wolfsbergit, die ganz grobspätig und sehr stark durchlamelliert ist, und in einer jüngeren, wo er sich als Reaktionssaum oder Verdränger des Wolfsbergits findet. Die erstere enthält sehr hübsche und große ($100 \times 10 \mu$), spindelige und taflige Lamellen von Boulangerit entlang (100), selten anscheinend auch $\parallel$ (111). Sie sind wohl erst später, nach der tektonischen Beanspruchung des Bleiglanzes eingewandert und insofern mit den vielfachen Entmischungskörpern und primär orientierten Verwachsungen des Bleiglanzes nicht zu vergleichen.

Arsenkies, älterer *Magnetkies*, *Zinkblende* sind außerordentlich stark kataklastisch. Der erstere, der zunächst überhaupt am ältesten zu sein scheint, enthält in den unzerbrochenen Teilen Einschlüsse von Kupferkies, der also noch älter sein muß, und zeigt, daß Arsenkies idioblastisch ist, mit vereinzelt Lamellen von *Cubanit*. Auch sonst müssen im Kupferkies früher große Mengen von Cubanit vorgelegen haben, die jetzt aber, ziemlich sicher ausgelöst durch die tektonische Beanspruchung, in Magnetkies und Kupferkies zerfallen sind, manchmal (vergl. Abb. 15) unter ausgezeichnete Abbildung der alten Formen. *Kupferkies* zeigt außerordentlich feine, weithin durchlaufende und nur erst ganz lokal durch Rekristallisation verwischte Drucklamellierung, kleine und größere, ja vereinzelt sogar sehr große (die größten von mir je beobachteten) Zinkblendesternchen (Abb. 16) und auch kleine Disken und Sternchen von Fahlerz. Zinkblende- und Fahlerzsternchen sind oft miteinander verwachsen. In der *Zinkblende* überall sehr feine Entwicklungskörper von Kupferkies in enormer Zahl, auch in ähnlicher Form Fahlerz. Zinkblende, Arsenkies und wohl auch der älteste sehr hübsch druchzerknitterte Magnetkies werden wie Kupferkies von Wolfsbergit verdrängt.

Gudmundit ist auch in dieser Paragenese vorhanden und zwar wohl hauptsächlich aus älterem Magnetkies, in den er sich idioblastisch hineinfrißt, durch Antimonzufuhr entstanden. Seine Bildung muß

spät erfolgt sein, da seine Kristalle auch inmitten sehr stark zerbrochener oder drucklamellierter Begleiter fast völlig intakt sind. Nur die Rotgültigerz-Dyskrasit-Sprünge sind jünger.

Fahlerz, ein typisches Antimonfahlerz, findet sich außer in den schon erwähnten Reaktionssaumbildungen noch in größeren geschlossenen Massen, ist aber auch hier späte Bildung. Vielleicht ist das ein Hinweis, daß auch die Fahlerzsternchen im Kupferkies erst durch Verdrängung der Zinkblendesternchen bei der tektonischen Beanspruchung entstanden sind.

Rutil ist in rundlichen Einzelkörnern, wenig, oft auch garnicht verzwillingt, recht verbreitet. Er scheint sehr alt zu sein. Sein Vorkommen ist bemerkenswert deswegen, weil er auch in anderen Kieslagerstätten, besonders aber im Erztyp Boliden viel verbreiteter ist, als man bisher ahnte.

Rotgültigerz, natürlich wie zu erwarten Pyrargyrit, füllt die jüngsten Klüfte aus und ist recht verbreitet. Neben ihm findet sich auf denselben Klüftchen, spärlich, aber lokal recht häufig, *Dyskrasit*, der an dem hohen, aber doch nicht völlig metallischen Reflexionsvermögen, an der schwachen, aber sicheren Anisotropie und an dem deutlichen, wenn auch natürlich mit dem des Silbers nicht vergleichbaren Anlaufen bestimmbar ist. Er bildet kleine Körner und Aggregate von solchen.

Als weiteres Beispiel einer ähnlichen Vererzung konnte eine bleiglanzreiche Stufe von *Vigsnes* untersucht werden, wo wenigstens ein Teil des Bleiglanzes deutlich jünger als die Haupterzbildung war. Auch hier ist diese Pb-Zufuhr mit einer solchen von Sb und recht reichlich Bi verbunden. Auf älterem Magnetkies bildet sich Gudmundit, intermediär gebildeter Wolfsbergit zeigt gegen Bleiglanz Reaktionsräume von Bournonit. Bi findet sich nur in Form von ged. Wismut, das manchmal unmittelbar an Körnchen von ged. Antimon angrenzt, ohne daß es zur Bildung von Mischkristallen, oder Reaktionsräumen käme. Der *Bleiglanz* ist dadurch sehr bemerkenswert, daß er in tadellosen Schlifffen *merkliche Anisotropie* erkennen läßt, die gut die Korngrenzen zeigt. Dabei ist von mechanischer Beanspruchung nichts erkennbar, die Anisotropie ist also wohl wie diejenige mancher Pyrite, Zinkblenden, Magnetite in anomaler Mischkristallbildung oder latenter Entmischung zu suchen.

Zusammenfassung.

Vom Grubenfeld Jakobsbakken der Sulitelmagruben werden einige jüngere Mineralparagenesen beschrieben, die durch eine große Zahl sehr antimonreicher Erze ausgezeichnet sind. Zwischen den Erzen bestehen durch Verdrängungen und Reaktionssäume sehr interessante genetische Beziehungen. Erwähnt sei die Bildung von Arsenkies + Kupferkies + Gudmundit aus Fahlerz, die massenhafte Neubildung von Gudmundit und Magnetkies aus einem anders zusammengesetzten Fahlerz, Reaktionssäume von Bleiglanz und Boulangerit um Geokronit von Fahlerz, Bournonit und Bleiglanz um Wolfsbergit.

Überhaupt nachgewiesen sind in diesen Paragenesen:

Ged. Antimon	Sb
Elektrum	(Au, Ag)
Sb-haltiges Silber	
(„Kubischer Dyskrasit“). (Ag _x Sb _y) (?)	
Magnetkies	FeS
Zinkblende	ZnS
Pyrit	FeS ₂
Arsenkies (Danait)	(Fe, Co) AsS
Löllingit	FeAs ₂
Gudmundit	FeSbS
Bleiglanz	PbS
Dyskrasit	Ag ₈ Sb
Kupferkies	CuFeS ₂
Cubanit	CuFe ₂ S ₈
Vallerit	Cu ₈ Fe ₄ S ₇
Wolfsbergit	CuSbS ₂
Bournonit	CuPbSbS ₈
Boulangerit	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁
Jamesonit	Pb ₂ Sb ₂ S ₅
Fahlerz	(Cu ₂ , Fe, Zn, Ag ₂) ₈ (Sb, As) ₂ S ₆
Silberfahlerz	(?)
Geokronit	Pb ₅ Sb ₂ S ₈
Pyrargyrit	Ag ₈ SbS ₈
Rutil	TiO ₂

Dazu mehrere nicht sicher bestimmbare.

Das Vorkommen von jüngeren Sb-reichen Paragenesen ist neuerdings in mehreren „Kieslagerstätten“ bekannt geworden. Es gibt einen Hinweis auf eine in allen Fällen ähnliche und zwar hydrothermale Bildung. Auf Ähnlichkeiten, die mit der jüngeren Vererzung vieler Goldlagerstätten bestehen, wird aufmerksam gemacht.

Schrifttum.

1. CARSTENS, C. W. Zur Genesis der norwegischen Schwefelkiesvorkommen. Ztschr. Deutsch. Geol. Ges. 88. 1936. 257—268.
2. GEIJER, P. Falutraktens Berggrund och Malmfyndigheter. Sver. Geolog. Undersökn. Årsbok 10. 1916, 1.
3. WILLIAMS, D. The geology of the Rio Tinto mines, Spain. Bull. Am. Inst. Min. Met. 362. 1934, 21—35.
- 3 a. BATEMAN, A. Ore deposits of the Rio Tinto (Huelva) District, Spain. Econ. Geol. 22. 1927. 569—614.
4. TORNQUIST, A. Der Kiesstock von Agordo. Sitz. Ber. Wiener Akad. d. Wiss. Math.-nat. Kl. I. 142. 1933. 263—273.
5. ROSS, A. S. Origin of the copper deposits of the Ducktown type in the southern Appalachian region. U. S. Geol. Surv., Prof. Pap. 179. 1935. 1145.
6. GILBERT, C. G. & J. E. POGUE. The Mount Lyell copper deposit of Tasmania, Proc. U. S. Nat. Mus. 45. 1913. 609—625.
7. GAVELIN, S. Auftreten und Paragenese der Antimonminerale in zwei Sulfidvorkommen im Skelleftefælde, Nordschweden. Sver. Geol. Undersökn. 404 C. 1—20. 1936.
8. MAUCHER, A. Neue Untersuchungen an der Lagerstätte von Pfaffenreuth (Waldsassen). Fortschritte Mineralogie 20. 1936. 49.

TAFELERKLÄRUNG

(Alle Aufnahmen mit Ölimmersion.)

Tafel 1.

- Abb. 1. Vier Zonen im *Fahlerz*. In der Außenzone I an der Grenze zu *Kupferkies* (grauweiß, rechts oben) geschwürartige Neubildungen von *Gudmundit* (reinweiß). In der Zone II kleine Zerfallskörper von *Arsenkies* (hier als solche nicht erkennbar). Zone III wenig ausgeprägt, klar. Innenteil z. T. zerfallen unter Bildung von *Arsenkies* (weiß, sehr hohes Relief) und *Kupferkies*. Vergr. 60 $\times$. Blaugrünfilter.
- Abb. 2. Einzelheiten aus Zone II. Kastenartige Zerfallskörper von *Arsenkies* (weiß, hohes Relief) mit *Kupferkies* (lichtgrau). Fast schwarz ist *Zinkblende*. Vergr. 400 $\times$. Ölimmersion.
- Abb. 3. Innenteil. Sehr gut erkennbar der einheitlich orientierte *Arsenkies*, grauweiß *Kupferkies*, dunkler grau *Fahlerz*, fast schwarz *Zinkblende*. Vergr. 60 $\times$.

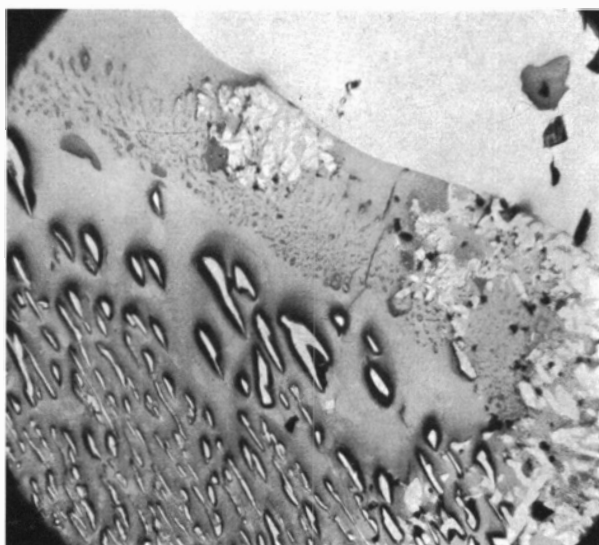


Abb. 1.

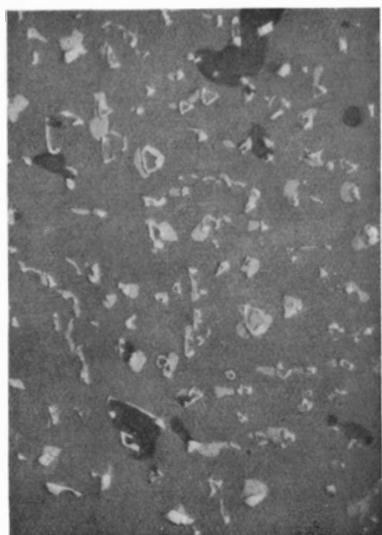


Abb. 2.

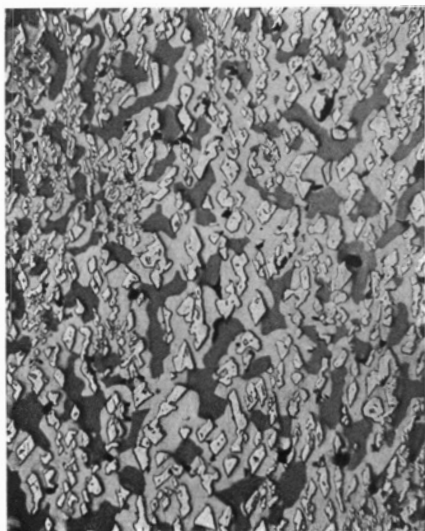


Abb. 3.

Tafel 2.

Abb. 4. Einzelheiten aus dem Innenteil: reinweiß und weich *Gudmundit* (man beachte das Zusammenfallen von (110) in *Gudmundit* und *Arsenkies*), grauweiß und hart *Arsenkies*, grauweiß und weich *Kupferkies*, dunkelgrau *Fahlerz*. Vergr. 400 $\times$. Blaugrünfilter.

Abb. 5. Vergl. Abb. 4. Zufällige Anreicherung von *Gudmundit*.

Abb. 6. „Geschwür“ von *Gudmundit* in der Außenzone. Alte Kontur des *Fahlerzes* gut erkennbar. Oben links reichlich *Magnetkies* (Farbe zwischen *Kupferkies* und *Fahlerz*), etwas *Zinkblende* (fast schwarz) und *Arsenkies* (weiß, hart). Vergr. 400 $\times$. Blaugrünfilter.

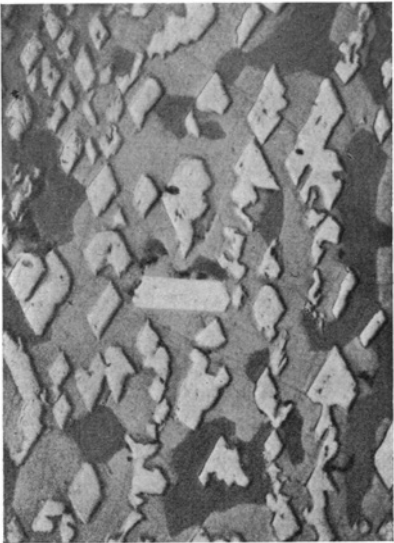


Abb. 4.

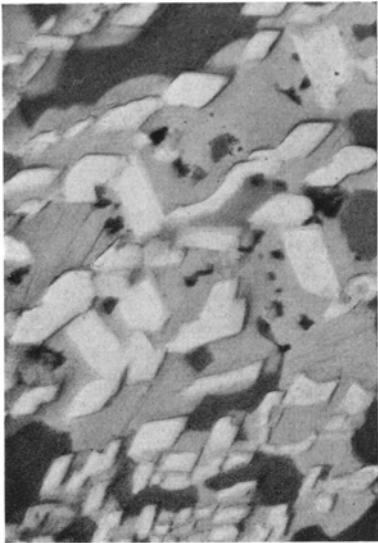


Abb. 5.

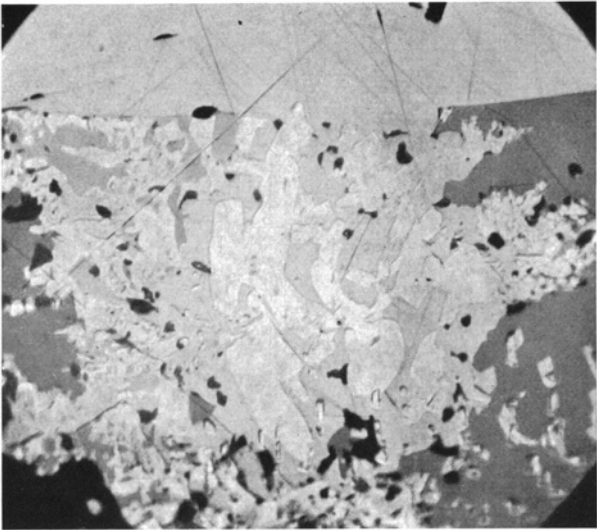


Abb. 6.

Tafel 3.

Abb. 7. Idioblastische Neubildung von *Gudmundit* (reinweiß) mit Hülle von *Kupferkies* und, in der kanalartigen Neubildung, von *Magnetkies* (dunkler grau) im *Fahlerz*. Vergr. 400 $\times$. Blaugrünfilter.

Abb. 8. *Valleriit* in feinsten Lamellen entlang (100) und (001) im *Kupferkies*, der sehr hübsch Umwandlungs(?) - Lamellierung zeigt. Vergr. 60 $\times$. Nicols +.

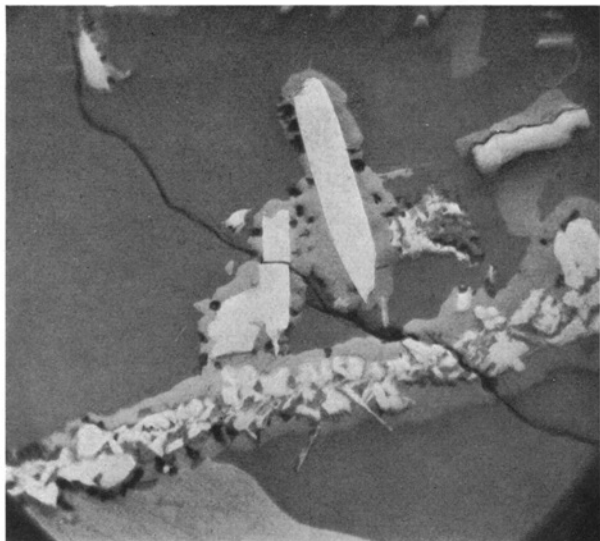


Abb. 7.

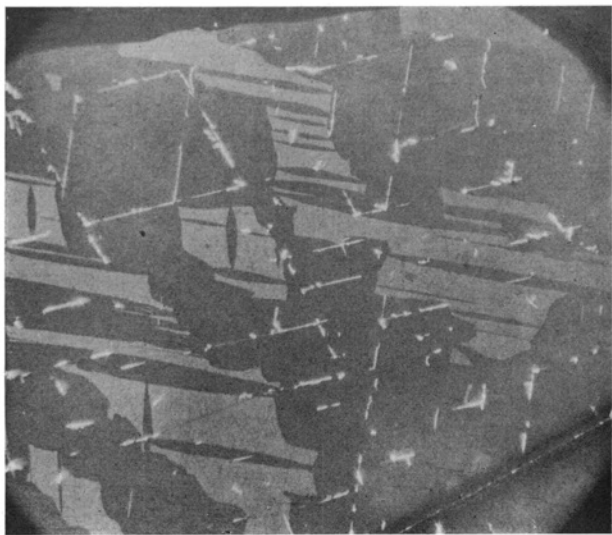


Abb. 8.

Tafel 4.

- Abb. 9. *Geokronit* mit Zwillingslamellen. Die beiden Körner möglicherweise in Zwillingsstellung. Die große schwarze Partie oben rechts ist isotropes *Fahlerz*, unten Innenreflexe im *Disthen*. Vergr. $60\times$. Nicols+.
- Abb. 10. *Geokronit* (Mitte) mit Reaktionssaum von *Bournonit* + *Bleiglanz* (rechts), von *Bournonit* allein gegen *Fahlerz* (oben). Vergr. $60\times$.
- Abb. 11. Dasselbe bei + Nicols:
Bleiglanz und *Fahlerz* sind jetzt schwarz, *Geokronit* zeigt Zwillingslamellen. Im *Bournonit* ebenfalls feine Zwillingslamellen, z. T. parkettförmig.



Abb. 9.

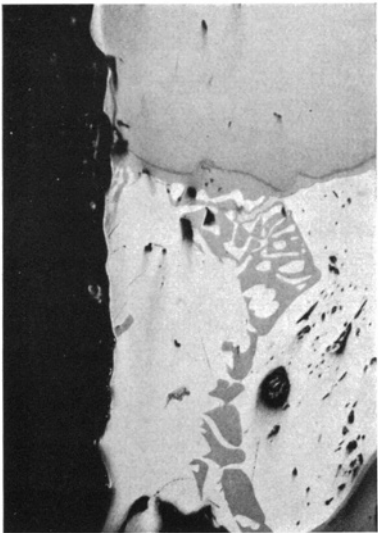


Abb. 10.



Abb. 11.

Tafel 5.

Abb. 12. *Wolfsbergit*, lichtgrau, verbogen, mit Spaltrissen nach (001) und Reaktionssaum von *Bournonit* (dunkler grau) und Bleiglanz. Ganz links an der Grenze zu *Kupferkies* auch rundliche Körper von *Fahlerz* (dunkelgrau). Vergr. 60 $\times$.

Abb. 13. Vergl. Abb. 12. — Bei + Nicols ist die undulöse Auslöschung des *Wolfsbergits* hervorragend sichtbar. Der *Bournonit* ist fast genau in Auslöschungsstellung.

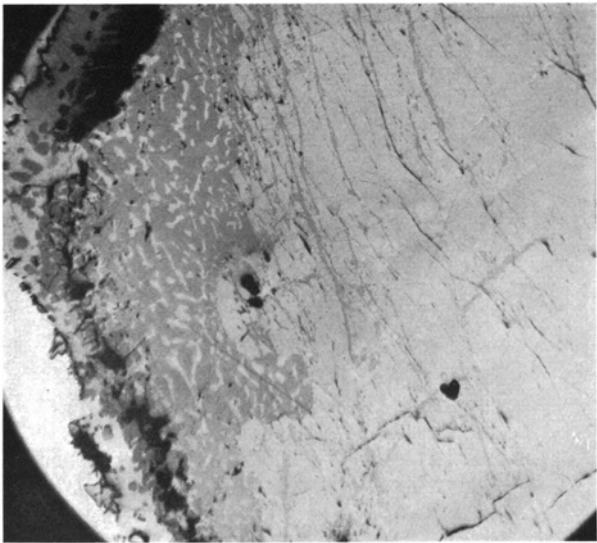


Abb. 12.

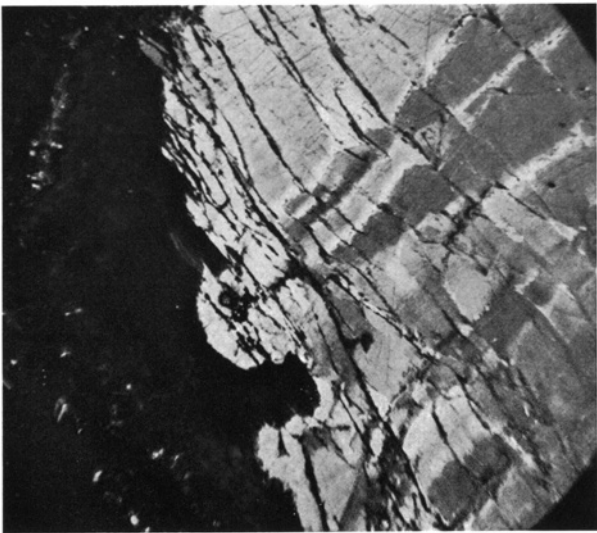


Abb. 13.

Tafel 6.

- Abb. 14. *Wolfsbergit*, der ausnahmsweise feine Druckzwillingslamellierung, z. T. gegittert, erkennen läßt. Vergr. $60\times$.
Nicols +.
- Abb. 15. *Kupferkies* mit *Magnetkies*, der aus Cubanitlamellen entstanden ist. Ganz zart ist eine Druckzwillingslamellierung im *Kupferkies* von rechts oben — links unten erkennbar. Vergr. $40\times$.
- Abb. 16. „Zinkblendesternchen“ im *Kupferkies*, daneben *Magnetkies* (hohes Relief). Vergr. $60\times$.



Abb. 14.



Abb. 15.

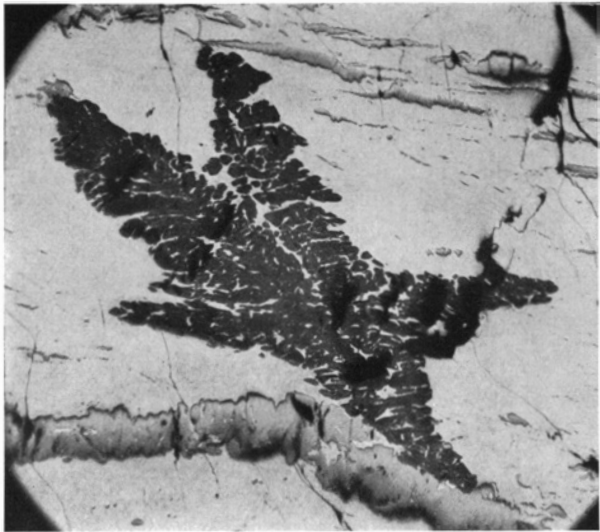


Abb. 16.