Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 5 (1925)

Heft: 1

Artikel: Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Penninikum und ihrer Metamorphose

Autor: Huttenlocher, Hrch.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-7345

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Penninikum und ihrer Metamorphose.

Mit 9 Textfiguren und 6 Tafeln nach selbstgefertigten Zeichnungen und Photographien.

Von *Hrch. Huttenlocher.*

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	181
I. Beschreibung der Lagerstätten	183
A. Lagerung	183
B. Mineralogisch-petrographische Charakterisierung	184
1. Das Nebengestein, die Casannaschiefer	184
2. Die Cu-Bi-Gänge	188
3. Die Co-Ni-Gänge	195
4. Die Ag-haltigen Pb-Zn-Gänge	200
II. Die Äußerungen der dislokationsmetamorphen Vorgänge	206
III. Die lagerstättenkundliche Stellung der Erzgänge	213
A. Dislokationsmetamorphe Lagerstätten	213
B. Nichtmetamorphe Lagerstätten ähnlicher Mineralführung	215
C. Die metamorphen Erscheinungen innerhalb der Erze	217
D. Zusammenhang mit Eruptivgesteinen	224
Zusammenfassung	227

Einleitung.

Unlängst wurde vom Verfasser in einer kurzen Notiz[1]) auf die Mehrphasigkeit der Entstehungsgeschichte einiger schweizerischer Erzgänge hingewiesen.

Aus den Strukturverhältnissen der aus Erzen und Gangarten zusammengesetzten Erzlagerstätten ist die Gefolgschaft der feste

[1]) *Huttenlocher, H.:* „Über Mineralbestand und Struktur einiger schweizeischer Erzgänge (chalkographische Untersuchung)". Ecl. geol. helv. XVIII, 1924, S. 512—518.

Stoffe absetzenden Lösungen und der dabei mitspielenden Umänderungen herauszulesen. Wir sind aber auch dahingehend umfassend orientiert worden,[2]) daß die während der Alpenfaltung sich auswirkenden dislokationsmetamorphen *) Vorgänge eine Reihe von umbildenden Prozessen mit sich ziehen können, die strukturelle Veränderungen schaffen, welche von den oben genannten nicht oder nur sehr schwer zu unterscheiden sind; auch kann vollständige Vernichtung der stofflichen und strukturellen Verhältnisse, wie sie durch den Wechsel der verschiedenen Phasen im Lagerstättenbildungsprozeß selbst bedingt werden, möglich sein. Da gerade Erzlagerstätten autometamorphen Vorgängen in hohem Maße unterworfen sind und stellenweise im Alpenkörper die allometamorphen in ebenso ausgesprochener Weise zur Äußerung gelangen, so ist es oft im Einzelfalle schwer zu entscheiden, welche Erscheinungen auf Rechnung des einen und welche auf Rechnung des andern Vorganges zu setzen sind.

In nachstehenden Ausführungen werden nun von einigen Lagerstätten aus dem Wallis Erscheinungen mineralogischer und struktureller Natur dargestellt, aus welchen zu folgern ist, daß letztere als der Ausdruck dislokationsmetamorpher Prozesse angesehen werden und als den eigentlichen Gangbildungsphasen durchaus wesensfremde Phänomene gelten müssen.

Hiefür liefern folgende Lagerstätten geeignetes Belegmaterial[3]):

1. *Die Cu-Bi-Lagerstätten* südlich von Grimentz und Ayer, an den Nord- und Ostflanken des das Val de Moiry und das Val de Zinal trennenden Gebirgsspornes von Arreta de Sorebois (Val d'Anniviers) mit den drei Vorkommen von *Baicolliou,* dem bedeutendsten, oberhalb Grimentz, von *Biolec* und von *Pétolliou,* die beiden letzten nordöstlich der Arreta de Sorebois, und von *Bourimont,* bei den Mayens de Bourimont südöstlich von Ayer.
2. *Die Co-Ni-Lagerstätten von Gollyre* und *Grand Praz* wenig nördlich und südlich des von Osten herkommenden und südlich Ayer in die Navigenze mündenden Baches.
3. *Die Co-Ni-Lagerstätte* südlich der *Kaltenberg Alp* im Turtmanntal.

---

[2]) *Grubenmann-Niggli:* „Die Gesteinsmetamorphose I". Berlin, 1924.

*) *Anmerkung:* „dislokationsmetamorph" ist hier im Sinne der Nigglischen Auffassung (Grubenmann-Niggli, die Gesteinsmetamorphose Seite 201 u. ff.) angewandt und umfaßt deshalb auch die Erscheinungen der „Regionalmetamorphose".

[3]) *Schmidt, C.:* „Erläuterungen zur Karte der Fundorte von mineralischen Rohstoffen der Schweiz". Beitr. z. geol. Karte d. Schw., geotech. Serie. Bern, 1917. Desgl. erweiterter französischer Text, Basel, 1920.

4. *Die silberhaltigen Pb-Zn-Vorkommen* in der Gegend von *St. Luc,* wo auch noch vereinzelte Co- und Ni-Vorkommen mit auftreten.

I. Beschreibung der Lagerstätten.

A. Lagerung.

Die unter 1, 3 und 4 angeführten Lagerstätten repräsentieren typische *Lagergänge.* Nebengestein und Gänge streichen im all-

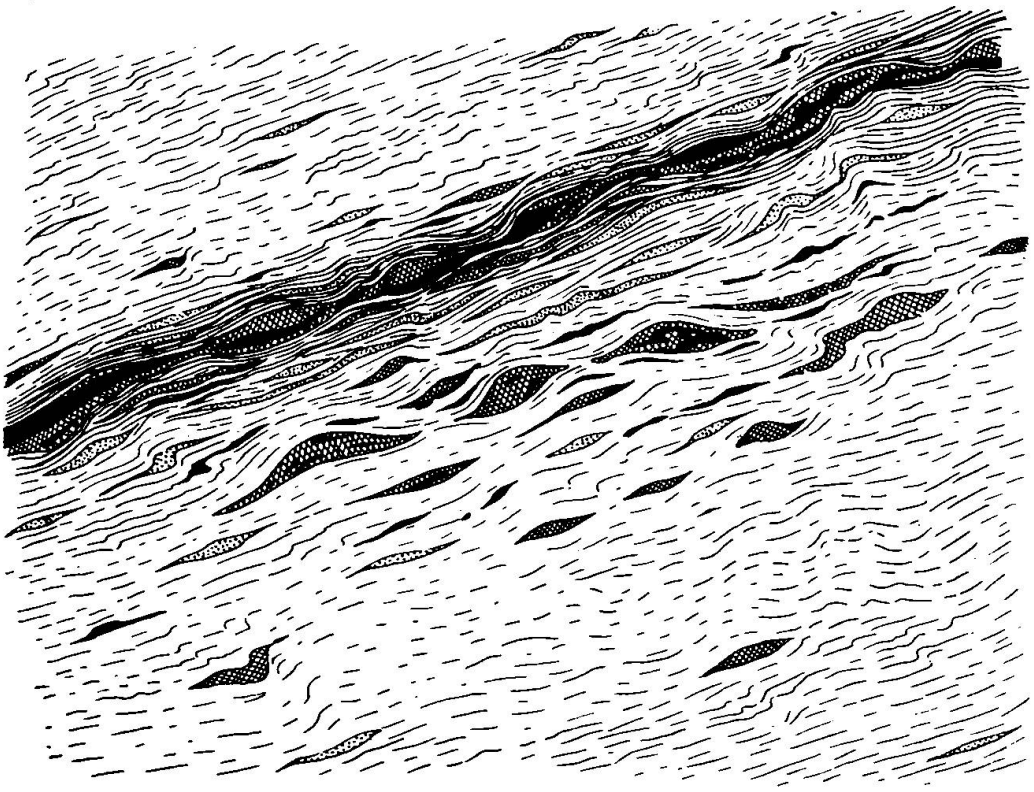


Fig. 1. Charakter des Auftretens der Cu-Bi-Gänge. Mächtigkeit des dargestellten Gesteinskörpers = ca. 1,8 m.
schwarz = Erz; gekreuzt schraffiert = Braunspat; punktiert = Quarz; gestrichelt = Casannaschiefer; eng schraffiert am Erzgang = Laminierung.

gemeinen in den südlichen Gegenden ONO und fallen schwach 15—45° S, in den nördlichen Bezirken hat das Streichen Tendenz, mehr nach N umzuschwenken und im Turtmanntal stellt man ein mittleres Streichen von N 40—50° W fest, das dort im übrigen ein viel wechselnderes ist. Ganz allgemein gilt, daß im einzelnen bedeutende Abweichungen in der Streich- und Fallrichtung auftreten. Das allgemeine Fallen ist ein südliches.

Die Erzvorkommen stellen mehr oder weniger deutlich zusammenhängende Lager von etwa 5—10 cm mittlerer Mächtigkeit dar, die nicht selten linsige, oft perlschnurartige Beschaffenheit

erhalten. Pétolliou und Biolec zeigen ganz plötzliche Anschwellungen, die bis mehrere m mächtig werden. Sowohl das Nebengestein als auch die Erzlager sind an den Berührungsstellen in der Regel stark laminiert, gequetscht und geschiefert. Diese Verhältnisse werden in *Fig. 1* dargestellt.

Einen andern Charakter dagegen weisen die unter 2 erwähnten Vorkommen auf, die als typische *Quer- und Transversalgänge* zu bezeichnen sind. Das Nebengestein streicht im allgemeinen N 70° O und fällt unter 20—30° N; die Gänge streichen ungefähr in derselben Richtung, fallen aber völlig abweichend vom Nebengestein steil nach S. In der Regel biegt das Nebengestein nun gegen den Gang hin um und legt sich in Ruscheln und Flatschen parallel an ihn an. Speziell das Hangende, also die südlich des Ganges gelegene Gesteinspartie, weist starke mechanische Beeinflussung auf, die sich hauptsächlich im Vorhandensein von Ruscheln und Gleitebenen parallel der ca. 60—70° S fallenden Gänge äußert. Es stellt sich also eine Transversalschieferung im flach N fallenden Nebengestein ein, die mit Annäherung an den Gang selbst immer ausgesprochener wird, um schließlich am Gange selbst in eine mit ihm parallel verlaufende Schieferung überzugehen. Siehe *Fig. 2.*

Wenn es uns daher gelingt, auch sonst Anhaltspunkte aufzubieten, daß die Erzgänge schon vor der alpinen Faltung existierten, so muß die von *W. H. Emmons* für metamorphosierte Erzlagerstätten als charakteristisch hingestellte Erscheinung der Paralleleinlagerung von Erz und Nebengestein entschieden erweitert werden.[4]) Es wird sich herausstellen, daß für die Umbildung solcher Lagerstätten in erster Linie die stoffliche Natur des Erzkörpers und dann aber auch die herrschenden Streß- und Temperaturbedingungen maßgebend sind. Im übrigen bietet die erwähnte Arbeit eine für unsere Verhältnisse an interessanten Vergleichspunkten reiche Studie. In unserem vorliegenden Falle gestaltete sich die Metamorphose so, daß die ursprünglichen Transversalgänge diesen ihren Charakter durch die Metamorphose hindurch erhalten konnten.

B. Mineralogisch-petrographische Charakterisierung.

1. Das Nebengestein, die Casannaschiefer.

Das Nebengestein soll hier nur einer kurzen Betrachtung unterzogen werden, soweit sie die allernötigsten Zusammenhänge mit

[4]) *Emmons, W. H.:* „Some regionally metamorphosed ore deposits and the o-called segregated veins". Econ. geol. 1916, S. 753.

den Erzgängen erfordern. Es soll später an anderer Stelle ihre Untersuchung umfassender und vor allem nach der chemischen Seite hin vertieft werden. Bezeichnend für sie ist ihr ausgeprägt monotoner Charakter und ihre gleichmäßige Beschaffenheit über große Areale hinweg. Deshalb ist im großen und ganzen das petrographische Milieu, in welchem die verschiedenen Gänge auftreten,

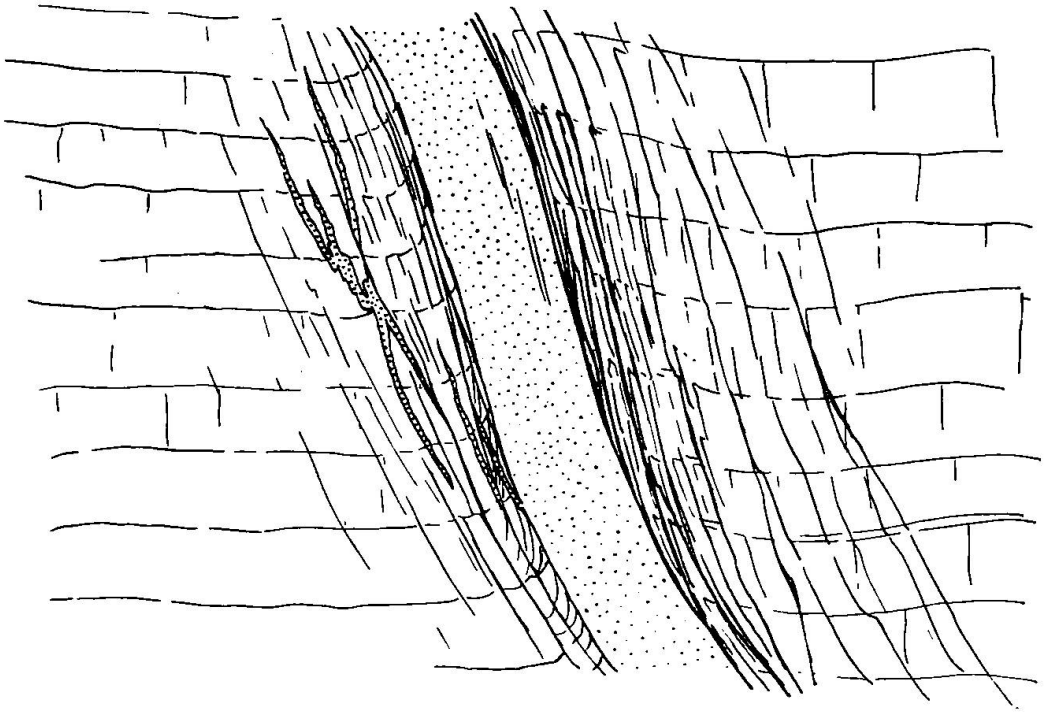


Fig. 2. CO-Ni-Transversalgänge mit Schieferungserscheinungen des Nebengesteins entlang des Ganges. Mächtigkeit des Ganges = ca. 2 m.

dasselbe und ist eine zusammenfassende Betrachtung für alle Lagerstätten gültig. Es soll jedoch mit der Bezeichnung „Casannaschiefer" der in der Geologie damit verbundene Begriff des permokarbonischen Alters nicht unbedingt mit eingeschlossen sein; wie schon eine kursorische Betrachtung der Verhältnisse zeigt, scheinen allmähliche Übergänge in mesozoische Quarzite keine Seltenheit zu sein; dies gilt vor allem für die Lagerstätten nördlich von Vissoye und St. Luc.

Die Schiefer treten im Felde dem Beobachter als grünliche, mehr oder weniger *quarzreiche serizitische Chloritschiefer* entgegen, welchen Charakter auch die Mikroskopanalyse nicht zu ändern vermag. Es lassen sich zweierlei Typen, *albitfreie* und *albitführende,* unterscheiden. Für beide ist der übrige Mineralgehalt mit einigen Abweichungen stets der nämliche: Quarz, Chlorit, Serizit — von den zwei letztgenannten oft beide oder nur der eine vor-

handen — und häufig noch etwas Karbonat. Als untergeordnetere Gemengteile treten auf: Epidot, Zoisit, Rutil oder Titanit, etwas Zirkon und Erz. Ganz unregelmäßig verteilt begegnet man da und dort erzreichen Einlagerungen, die sich im Gelände durch rostfarbene Anwitterungsprodukte schon von weitem herausheben, zu welchen sich gelegentlich malachitische Überzüge hinzugesellen. Es sind dies die von Schmidt erwähnten *Fahlbänder,* die auch von den einzelnen Lagerstätten her bekannt sind, wo sie des öftern das charakteristische Nebengestein der die kostbareren Metalle führenden Gänge abgeben. Die Erzführung dieser Fahlbänder besteht vorwiegend aus Pyrit, Magnetkies und Kupferkies, es sind auch etwas Magnetit, Arsenkies und Fahlerz zugegen. Bemerkenswert für die Fahlbänder scheint das Zurücktreten des Chlorites und das Anwachsen des Serizitgehaltes zu sein. Die Verwitterungslösungen des reichen Erzgehaltes, die sauren Charakter besitzen, vermögen das silikatische Muttergestein weitgehend zu zerstören, so daß die Fahlbänder an der Oberfläche mürbe sind und aufgeblättert erscheinen.

Die Struktur der Casannaschiefer ist granoblastisch, seltener lepidoblastisch oder porphyroblastisch, Neigung zur Ausbildung dieser letzteren scheint vor allem den albitreichen Varietäten eigen zu sein. Ebenso wie auf kurze Distanz die strukturellen Verhältnisse raschen Wechseln unterworfen sind, so ist dies auch bei den texturellen der Fall. Am häufigsten ist die Kristallisationsschieferung, doch sind schiefrige und gefältelte Anordnungen nicht selten *(Phot. 1).*

Petrographisch wichtig sind noch einige andere Einlagerungen von besonders abweichender mineralischer Zusammensetzung, die stellenweise in größerer Anzahl, meist schwarmweise, auftreten: Es sind Amphibolite und Pegmatite.

Die *Amphibolite,* besonders schön am Grat südlich der Kaltenbergalp entwickelt, sind viel massigere und dichtere Gesteine. Die Mineralführung besteht aus stark pleochroitischer grüner Hornblende, Albit (ziemlich einschlußreich), Epidot, Titanit, Apatit, wenig Kalzit, Pyrit und vereinzeltem Quarz. Diese, vereint mit der poikilitischen Struktur, lassen ohne weiteres auf ein metamorphes basisches Eruptivgestein schließen.

In derselben Gegend sind auch die *Pegmatite* sehr zahlreich. Sie treten als ganz weiße, meist stark geschieferte Paralleleinlagerungen *(Fig. 3)* auf und lassen größere Granat- und Turmalinkristalle und vor allem schön entwickelte Muskovitblätter erkennen.

U. d. M. macht sich vor allem eine lagenhafte Textur dadurch geltend, daß parallel angeordnete, fast ausschließlich aus Quarz bestehende Zonen mit solchen reiner albitischer Zusammensetzung alternieren. Dieser Struktur entspricht auch die Einordnung der Muskovitpakete. Man kann auch beobachten, daß Lagen feinkörniger Albite mit gerichteter Serizitführung mit solchen grobkörniger und

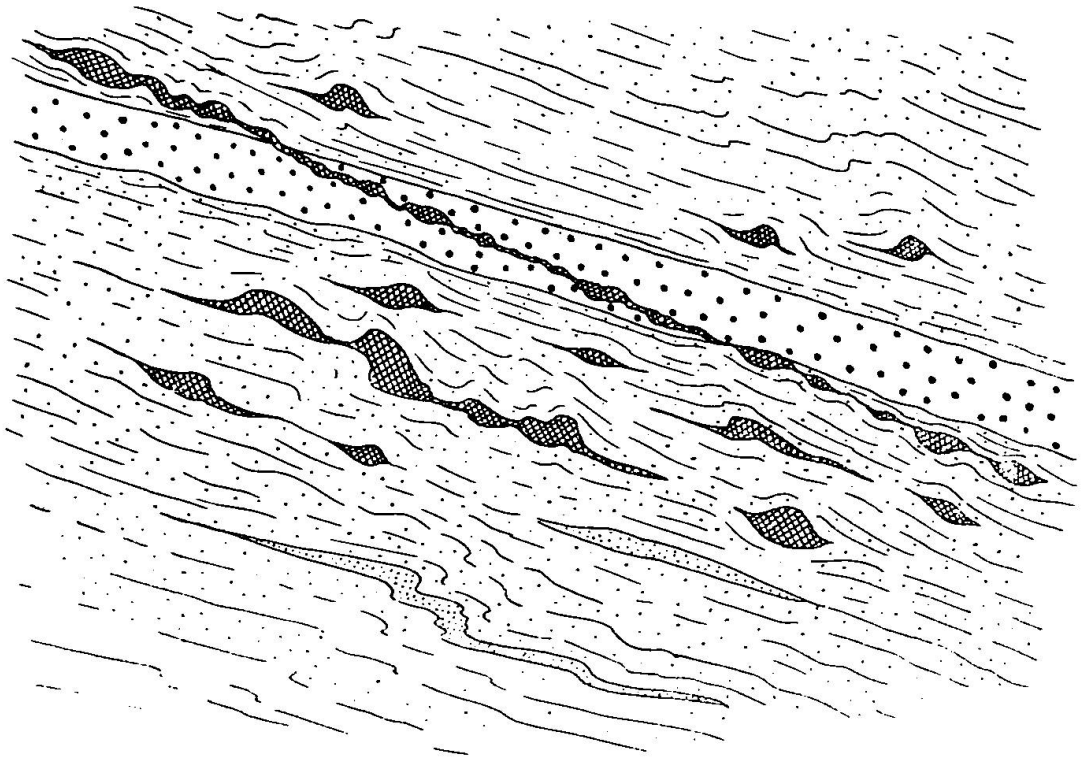


Fig. 3 Charakter des Auftretens der Cc-Ni-Braunspatgänge am Kaltenberg. Mächtigkeit des dargestellten Gesteinskörpers = ca. 2 m. Bezeichnung wie in Fig. 1; großpunktiert = Pegmatit.

serizitfreier Individuen abwechseln. Die pegmatitischen Vorkommen südwestlich Ayer führen außerdem Chlorit, Turmalin, Eisenglanz, Magnetit und Apatit. Für sie sind groß entwickelte, völlig wasserklare Albite charakteristisch *(Phot. 2)*, zwischen welchen Nester von solchen eingefügt sind, die kleinkörnig und kompliziert miteinander verzahnt erscheinen und Serizit führen.

Veränderungen mit Annäherung an die Erzgänge.

Überall da, wo die Schiefer in Berührung mit den Lagergängen treten, macht sich ausgesprochene Schieferung und Laminierung, Verquarzung und Ausbleichung geltend. Der Chlorit verschwindet zu Gunsten von Serizit fast völlig, mikroskopisch stellen sich außerordentlich rasche Strukturwechsel ein und erzeugen Bilder, wie wir sie bei der Beschreibung der Gänge kennen lernen werden.

2. Die Cu-Bi-Gänge.

Sämtliche angeführten Vorkommen bilden in mineralogischer und petrographischer Hinsicht eine Einheit; Mineralgehalt und struktureller Habitus sind bei allen mit geringen Unterschieden dieselben.

Makroskopisches Aussehen.

Die weitaus vorherrschenden Gangstufen zeichnen sich durch bedeutenden *Braunspatgehalt* aus. In diesem, in der Regel mittel- bis grobspätig, sitzen unregelmäßig verteilte Nester von *Pyrit, Kupferkies* und *Fahlerz.* Die im Gelände zu sammelnden Proben sind meist intensiv rotbraun angewittert und stark ausgelaugt. Selbst in den verlassenen Grubenbauen hält es schwer, ganz frische Stücke zu erhalten; fast immer weisen sie Malachitkrusten auf, seltener sind bunte Farben von dünnen Buntkupferüberzügen auf Kupferkies. Unregelmäßig mit eingesprengt findet man meist auch *Quarz* in recht wechselnden Mengen und bei genauerem Prüfen mit der Lupe noch Mineralien, die man event. als Feldspat deuten möchte. Die so geschilderten Vorkommen sind die häufigsten, dagegen nicht die erzreichsten.

Für Gangstufen mit größerem Erzgehalt ist in erster Linie das Zurücktreten des Braunspates charakteristisch, gleichzeitig ändert sich aber auch die Struktur, das Ganze wird fein- bis mittelkörnig und erhält ein dichtes Aussehen. Solche Stücke erweisen sich bei näherer Betrachtung als sehr gemischt, da als weiterer Wechsel im Mineralgehalt eine beträchtliche Zunahme besonders von dunkelgefärbtem Quarz, aber auch von andern Mineralien zu verzeichnen ist, die einander innig zu durchdringen scheinen. Das ganze Gestein ist durch diesen mineralischen und strukturellen Wechsel ordentlich dunkel geworden und hat so ein kompaktes, metallisches Aussehen erhalten.

Eine für unsere Vorkommnisse ganz charakteristische Erscheinung ist das *Fehlen der drusigen Ausbildung und der lagenhaften Struktur und Bänderung,* welche sonst für Erzgänge doch so bezeichnend sind.

Mikroskopisches Aussehen.

Die mikroskopische Untersuchung offenbart nun eine Reihe von Erscheinungen, die für die richtige petrographische und geologische Einordnung der Lagerstätten von ausschlaggebender Bedeutung ist. Einmal liefert sie einen bedeutend erweiterten Mine-

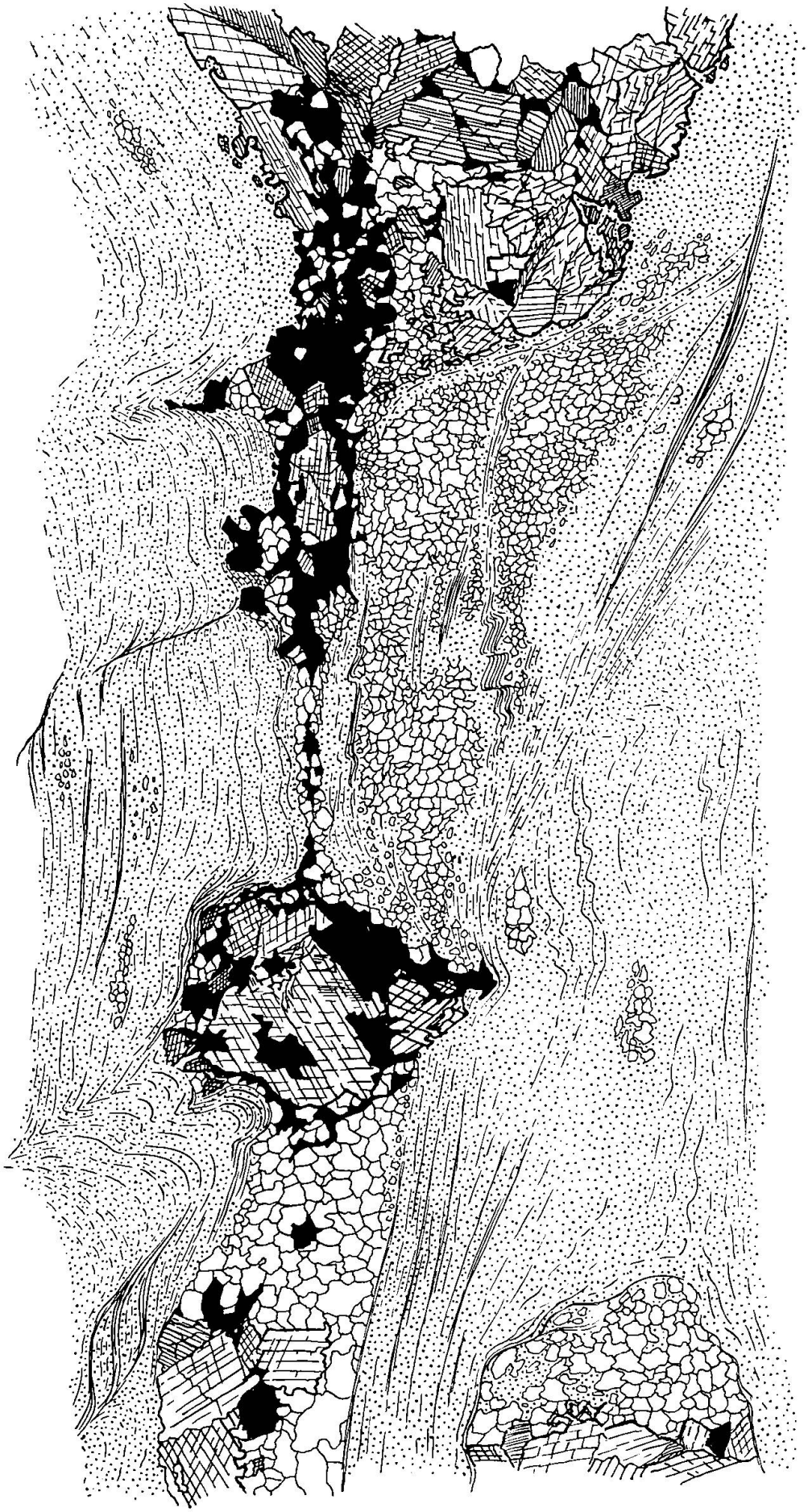
ralbestand von ganz besonderem Gepräge, sie enthüllt aber ebenso charakteristische Eigentümlichkeiten in der strukturellen und texturellen Anlage.

Das gewöhnliche Milieu, aus welchem wir unsere Betrachtungen schöpfen, mag durch ein Übersichtsbild *(Tafel 1;* Vergr. 7fach) erläutert werden:

Grobkörnige *Braunspat*komplexe, die randlich in der Regel ankorrodiert erscheinen, keilen in der Gangrichtung sehr rasch aus und nehmen dadurch eine linsige Textur an, daß sie spitzwinklig von Serizitsträhnen eingeschlossen werden. *Serizit* ist überhaupt durch die Mikroskopanalyse zum wesentlichen Bestandteil dieser Lagerstätten geworden. In erzreichen Vorkommen verläßt er die parallelschuppige Anordnung und neigt eher zu Erzeugung divergentstrahlig struierter Bilder. Innerhalb der braunspätigen Bestandteile sitzt gelegentlich etwas jüngerer Quarz und Erz. Desgleichen besteht die Verbindung der einzelnen Braunspatlinsen in der Regel aus *grobkörnigem Quarz und Erz.* Solcher grobkörniger Quarz weist pflastrige Struktur auf, seltener gilt komplizierte Verzahnung. Er steht so in gewissem Gegensatz zu demjenigen, der in der Hauptsache die Karbonatlinsen auf der Längsseite begrenzt, welcher kleinkörnig ist, und der in und zwischen ± eng gescharten Serizitzügen eingebettet liegt. Mitunter weisen die Serizitzüge intensive Fältelung auf; mit der Fältelung nimmt ihre Gedrängtheit zu, besonders wenn es zu Falten mit ausgequetschten Mittelschenkeln kommt. Letztere sind dann vornehmlich der Ort einer intensiven Rutilanreicherung.

Der *Rutil* ist äußerst formenreich: von rundlichen, insekteneierförmigen Gebilden, die sich häufig zu beliebig geformten größeren Putzen zusammenballen, bis zu wohl ausgebildeten, scharf umgrenzten Kristallen mit meist deutlich erkennbarer Zwillingsbildung findet man alle Übergänge.

Ein fernerer nie fehlender Bestandteil, besonders der eng gescharten Serizitsträhnen, ist der *Turmalin.* Die Turmalinindividuen, häufig mehrfach zonar gebaut, sind gewöhnlich ziemlich klein; die mittlere Länge der idiomorph und doppelendig ausgebildeten Prismen beträgt etwa 70 μ, ihr mittlerer Durchmesser ca. 17 μ. Es kommen aber noch viel kleinere Individuen vor und zwar besonders dann, wenn der Turmalin schwarmweise auftritt, so daß dadurch dunkel pigmentierte Stellen im Gestein auftreten. Die größten beobachteten Kristalle haben eine Länge von ca. 300 μ. Die Absorptionsunterschiede sind sehr kräftige, nämlich ω = dunkelgrün,



TAFEL I

Leere Seite
Blank page
Page vide

ε= ganz hellrötlichbraun. Brüche und Biegungen der Kriställchen sind keine Seltenheit. Gelegentlich beobachtet man Rutileinschlüsse in den Turmalinen.

Ein weiterer wesentlicher Gemengteil der Gänge ist *Albit.* Im allgemeinen ist er serizitfrei; Epidote und Zoisite, die sonst üblichen Begleitmineralien des Serizites in umgewandelten Feldspäten, fehlen hier ganz. Die Zwillingslamellierung ist, wenn überhaupt vorhanden, eine sehr einfache. Das Hauptverbreitungsgebiet des Albites finden wir weniger in den spätigen Vorkommen als vielmehr in den dichten erzreichen Gangvarietäten. In derartig beschaffenen Vorkommen kann er quantitativ die Stärke des Quarzes erreichen oder sogar übersteigen. Das Mengenverhältnis dieser erzreichen Partien für die darin auftretenden Gangarten Quarz, Karbonat und Albit ist ca. 1:1:1; dasjenige von Gangart zu Erz ebenfalls etwa 1:1. Die mittlere Korngröße der Albite erreicht nur wenig mehr als 0,5 mm. Demnach handelt es sich gerade bei den erzreichen Varietäten um sehr gemischte Produkte, deren feinkörnige innige Untermischung mit Gangarten für die Praxis unliebsam zur Geltung kommen muß.

Apatit, meist in abgerundeten Körnern auftretend, ist in den quarz- und serizitreichen Abarten ein in reichlichen Mengen vorhandener Bestandteil, der stellenweise bis zu $^1/_4$ oder $^1/_5$ des ganzen Mineralgehaltes ausmachen kann. Er fehlt auch in den übrigen Vorkommen nur ganz selten; in den erzreichen, feinkörnig durchmischten ist er ein sofort auffälliges Akzessorium.

Die serizitreichen Partien führen häufig *Chlorit;* in der Regel ist er schwach gefärbt, hat kleinen Achsenwinkel und wechselnde anormale Interferenzfarben; es liegt deshalb Pennin vor; er ist der Träger von schön ausgebildeten Radiohalos.

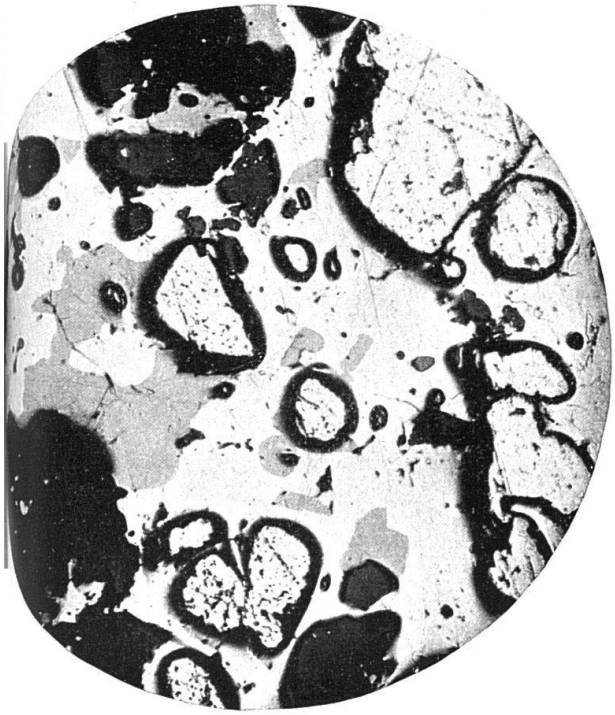
Gelegentlich bemerkt man noch gerundete Zirkonkörner, die aber keine Radiohalos bilden.

Wichtig für die lagerstättenkundliche Stellung des Vorkommens ist das vereinzelte Auftreten von Baryt, der uns in mangelhaft zusammenhängenden Zügen oder in einzelnen schlecht umgrenzten Kristallen begegnet.

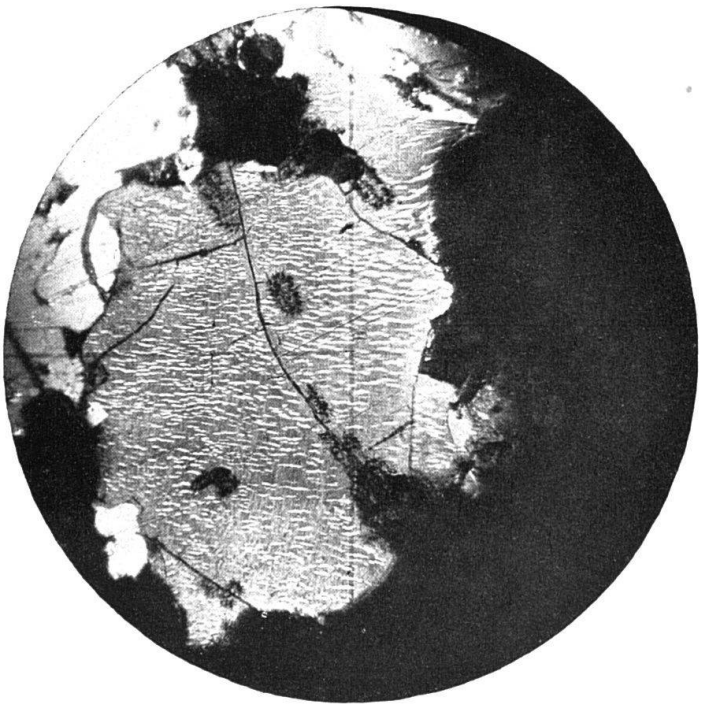
Die quantitative Verteilung der verschiedenen Erze zeigt weiter keine Abhängigkeit von den begleitenden Gangarten, sie ist lokal wechselnd und besteht im allgemeinen aus einer Mischung von Pyrit, Kupferkies und Fahlerz.

Phot. 1
Casannaschiefer Baicolliou
Fältelungsbewegung in der Hauptsache älter als Kristallisation
Anordnung der Muskovite als Abbildungs-Kristallisation der vorangegangenen Fältelung
Dünnschliff 33 ×

Phot. 2
Aplitischer Pegmatit, Rousson (Val d'Anniviers)
Unten Zug von serizitisierten Feldspäten, parallelstruiert; oben regellos struierte Partie von wasserklaren Albiten
Ganz schwarz = Eisenglanz
Dünnschliff 33 ×



Phot. 3
Erz von Baicolliou
Stark ankorrodierte Pyrite, in Grundmasse von Kupferkies (hell) und Fahlerz (hellgrau)
schwarz = Quarz, dunkelgrau = Braunspat
Anschliff 35 ×



Phot. 4
Bornit von Baicolliou
Helle „perthitische" Spindeln und Bänder von Kupferkies in Bornit. Parallel und horizontal angeordnet. Im untern Teil des Individuums feinere Kupferkieseinlagerungen (vertikal angeordnet) von „Mikroklintypus" in Form dünnster Stäbchen und Spindeln
Heller Teil links v. Bornit = Kupferkies
Anschliff 150 ×

TAFEL II

Leere Seite
Blank page
Page vide

Die chalkographische Untersuchung

(u. d. O. = unter dem Opakilluminator) ergänzt diesen Erzbestand noch durch vereinzelt mitauftretende Bornitindividuen und längliche bis prismatische Kristalle von Wismutglanz.

In der Regel zeigt der *Pyrit* idiomorphe Umgrenzung, läßt aber fast immer mehr oder weniger weitgehende Beeinträchtigung derselben durch Korrosion erkennen, welche in der Hauptsache von dem ihn umschließenden und zementierenden Kupferkies hervorgerufen wird *(Phot. 3)*. Innerstrukturelle Eigenschaften konnten nicht gefunden werden. Charakteristisch dagegen sind rundliche bis eiförmige Einschlüsse eines rötlichbraunen Erzes, das höchstwahrscheinlich als *Bornit* gedeutet werden muß.

Auch der *Chalkopyrit* bietet in dieser Hinsicht kein weiteres Interesse; ausgeprägt ist mitunter sein *zementatives Verhalten* auf Spalten und Rissen des Pyrites. Er macht neben Fahlerz die Hauptmenge des Erzes aus. Auch über das Fahlerz sind vorderhand noch keine weiteren Mitteilungen zu machen.

Besonderer Erwähnung dagegen bedarf der *Bornit*. Bei Verwendung von Immersionssystemen (Vergrößerung ca. 200) entwickeln sich in den Bornitfeldern äußerst feine Gitterungen, ähnlich derjenigen im Mikroklin bei gekreuzten Nicols. Es sind dies Einlagerungen von äußerst feinen Stäbchen oder Spindeln, die kubisch angeordnet sind, und die aus Kupferkies bestehen. Je zahlreicher sie auftreten, desto heller wird die Farbe des Bornites, die von Rosaviolett bis zu Gelborange wechseln kann. Außer diesen feinmikroskopischen Kupferkieslamellen findet man noch gröber ausgebildete Kupferkieseinlagerungen, die etwas weniger zahlreich sind, und die etwa an die perthitischen Spindeln im Orthoklas erinnern *(Phot. 4 und 8)*. Häufig gehen diese bänderförmigen Gebilde eine eutektartige Struktur mit dem Bornit ein. Eine ähnliche, von den Amerikanern „graphic" genannte Struktur besteht auch stellenweise in der Verwachsung von Bornit mit Fahlerz. Bornit scheint mit Chalkopyrit nicht völlig gleichaltrig zu sein; ersterer wird von letzterem ankorrodiert.

Wismutglanz ist nicht sofort auffällig. Seine Farbe ist ähnlich der des reichlich auftretenden Fahlerzes, aber doch etwas heller. Dagegen sind seine gelegentlich prismatische bis spießige Ausbildung *(Fig. 4)* und bei gekreuzten Nicols seine charakteristischen Interferenzfarben gegenüber dem Fahlerz deutliche Unterscheidungsmerkmale. Er ist in Fahlerz und Kupferkies eingelagert und zeigt gegenüber beiden morphologisch durchaus Selbständigkeit. Etwas

anders verhält es sich in dieser Beziehung bei dem Vorkommen von Biolec und Bourimont, wo ein mehr körnig-isometrisch gestalteter Wismutglanz auftritt. Wahrscheinlich ist er der Träger des Wismutgehaltes, der in den Erzanalysen all dieser Lagerstätten zum Ausdruck kommt. Diese letztern Vorkommen sind außerdem noch

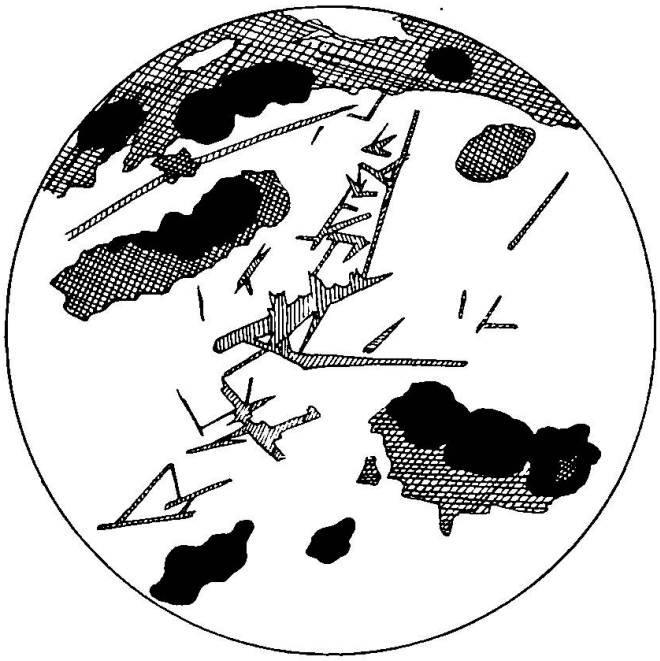


Fig. 4. Anschliffzeichnung: Wismutglanz in Kupferkies von Baicolliou. hell = Kupferkies; einfach schraffiert = Wismutglanz; gekreuzt schraffiert = Braunspat; schwarz = Quarz.

reich an idiomorphen Arsenkiesen, die besonders u. d. O. schön in Erscheinung treten *(Phot. 5)*.

Strukturelle und texturelle Verhältnisse.

Nachdem wir mit den Mineralien bekannt geworden sind, welche unser Gangmaterial bilden, müssen wir jetzt ihre gegenseitigen Beziehungen und ihre Anordnung im Raume im Zusammenhange noch etwas näher kennen lernen. Schon die Erwähnung des Übersichtsbildes auf S. 189 gab uns den Eindruck der Unkonstanz, welche im Einzelnen noch bedeutend wächst.

Granoblastische Struktur und Kristallisationsschieferung können im gleichen Schliffbilde einander mehrfach ablösen. Außerdem ist es möglich, daß kataklastische oder ausgesprochen geschieferte Zonen sich dazwischenlagern. Es zeigt sich auch, daß durch größere spätige Partien Trümmerzonen hindurchsetzen. Ob die dort erkenntlichen kleinen Karbonatkriställchen ein bestimmtes Stadium

der Rekristallisation oder Trümmer selbst darstellen, kann nicht entschieden werden; letzteres erscheint wahrscheinlicher.

Auf jeden Fall liegen stets Bilder vor, welche das enge Wechselspiel der Einwirkungen von Differentialbewegung und Rekristallisation erkennen lassen. Es ist deutlich ersichtlich, daß die spätigen Gänge zerrissen oder ausgewalzt wurden, hinter sich Räume zur ruhigen Kristallisation, ähnlich derjenigen bei Streckungshöfen, zurücklassend.

Die völlig gemischte Mineralkombination Quarz-Serizit weist ausgesprochene Tendenz zu *Kristallisationsschieferung* auf, die mit

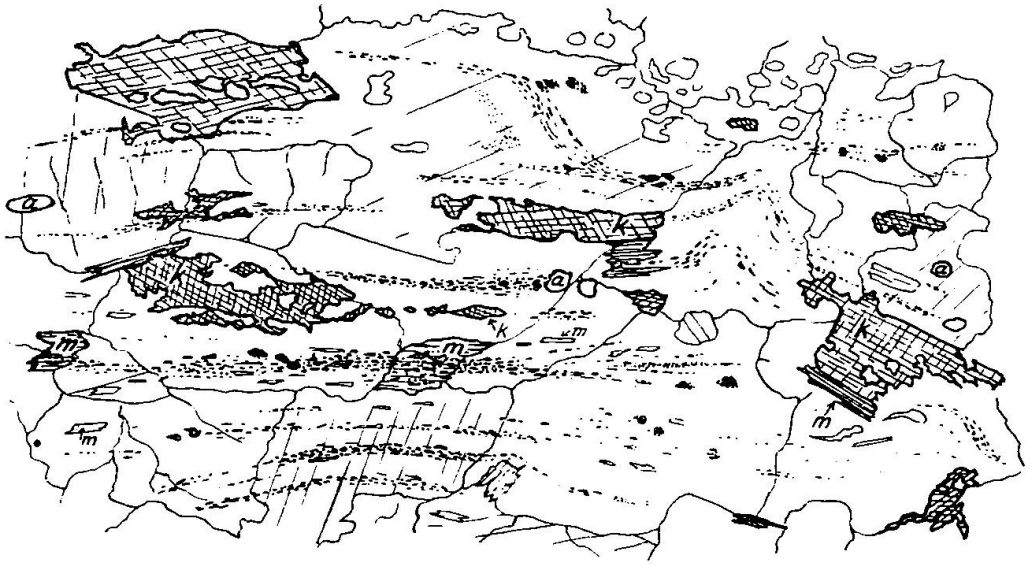


Fig. 5. Helizitische Züge von Rutil, Muskovit und Karbonat setzen durch Albite hindurch.
K = Karbonat; m = Muskovit; a = Apatit; die großen hellen Felder sind Albite mit teilweise erkennbaren Spaltrissen.

größerem Serizitreichtum einer ausgeprägten Schiefrigkeit Platz macht; es entsteht *Scherflächenschieferung*. Serizitreiche Züge sieht man nicht selten durch zerdrückte und zerrissene karbonatische Aggregate hindurchsetzen. Im Verlaufe der Serizitzüge ist oft Wirbelbewegung erkenntlich; solche Stellen sind außerdem vorzugsweise die Ansammlungspunkte von Turmalin und Rutil *(Phot. 6)*.

Die Karbonate, wo sie nicht durch serizitische Lagen abgeschert erscheinen, zeigen an ihren eigengeformten Rhomboederflächen beträchtliche Einbuchtungen durch korrodierenden Quarz *(Taf. 1* und *Fig. 5)*.

Sehr bezeichnend sind gewisse Reliktstrukturen: Mehr oder weniger eng gescharte Rutilzüge mit vereinzelten Seriziten und Kalziten setzen mit Vorliebe durch zahlreiche Albitindividuen, un-

bekümmert um deren Grenzen, geradewegs hindurch fort *(Fig. 5)*. Die Serizit-Rutilbildung muß sich unter *richtendem Einfluß vor* der des Albites und letztere in völliger Ruhe ohne solchen abgespielt haben. Dagegen läßt sich wieder beobachten, daß Serizitzüge um den Albit herumgebogen worden sind und daß ihre Anlage gegenüber letzterem ein Ausweichen bedeutet.

Das Erz scheint in allen Fällen später zur Auskristallisation gekommen zu sein; besonders markant drückt sich dies im Verhältnis Erz-Karbonat aus. Auf den gut ausgeprägten Spaltrissen ist das Erz, insonderheit der Kupferkies und das Fahlerz, vorgedrungen. Im Albit läßt sich dieselbe Erscheinung wahrnehmen.

Für die erzreichen Vorkommen ist *Pflasterstruktur* sehr typisch, in welcher der Zement durch Erz gebildet wird *(Phot. 7)*. Dabei spielt Pyrit dieselbe Rolle wie Quarz, Albit u. s. w., d. h. er wird von den übrigen Erzen in gleicher Weise zementiert. Wenn das Korn kleiner wird, so resultiert eine granoblastische Struktur, in welcher die einzelnen Bestandteile buchtig ineinandergreifen.

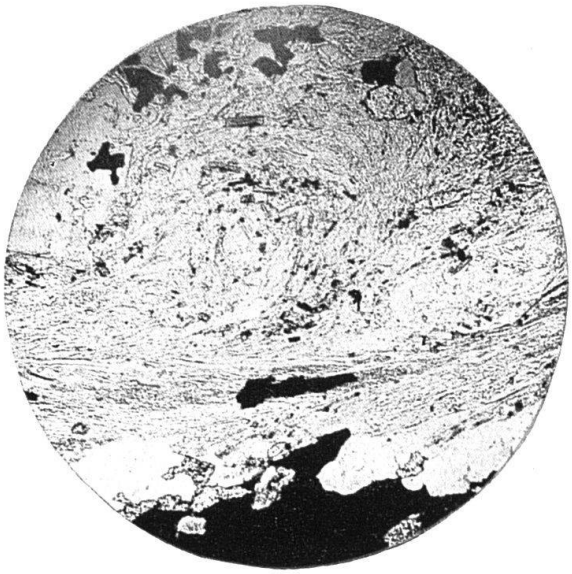
Albit und ganz besonders Quarz sind mit Flüssigkeits- und Gaseinschlüssen dicht erfüllt, die meist Anordnung zu Zügen oder Schnüren erkennen lassen.

Anhang: Junge sekundäre Mineralisierungserscheinungen im Erzkörper.

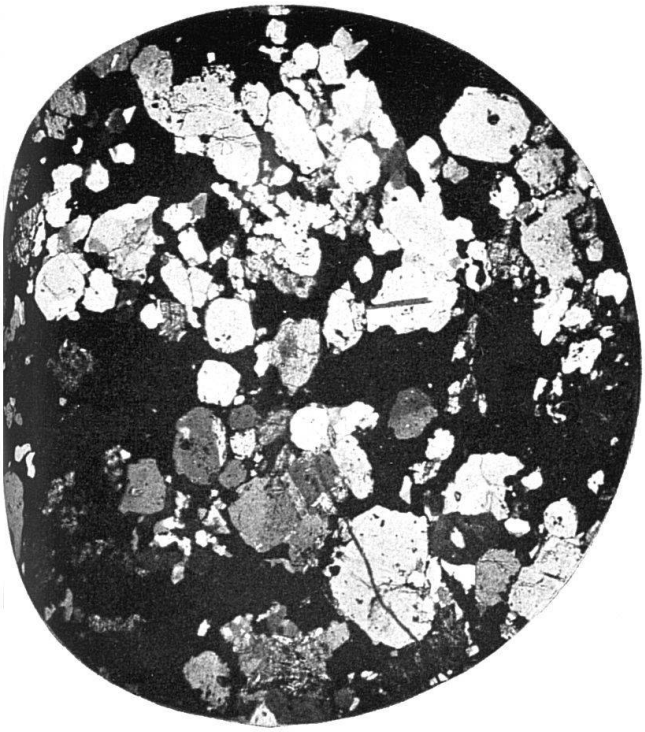
Eine sekundäre, nachweisbare Vererzung, wie sie wissenschaftlich des gründlichsten schon vielfach diskutiert worden ist, und welche wirtschaftlich den betreffenden Lagerstätten Weltbedeutung verschafft hat, spielt hier nur eine ganz geringe Rolle. Die heute erkennbaren Erzneubildungen sind Chalkosin, Covellin und Limonit, in geringen Mengen auch Bornit. Eigentliche Deszensionszementationen sind nicht beobachtet worden. Waren sie tatsächlich einmal vorhanden, so sind sie durch die Glazialerosion wieder weggeschafft worden.

Nicht ohne Zufall sind vielleicht gerade die bunt aussehenden, bornitreichen Vorkommen die am intensivsten verwitterten. U. d. O. nämlich erkennen wir sofort die unvergleichlich stärkere *Angreifbarkeit* des Bornites durch saure Lösungen der Oxydationszone im Vergleich zu den übrigen primären Kupfererzen aufs allerdeutlichste. Die geringsten Risse und Kapillaren, die man in letzteren beobachtet, und die vielleicht an einigen Stellen durch das Auftreten von Chalkosin markanter gemacht werden, erscheinen beim Übertreten in Bornit plötzlich als breite blaue Bänder, die jen-

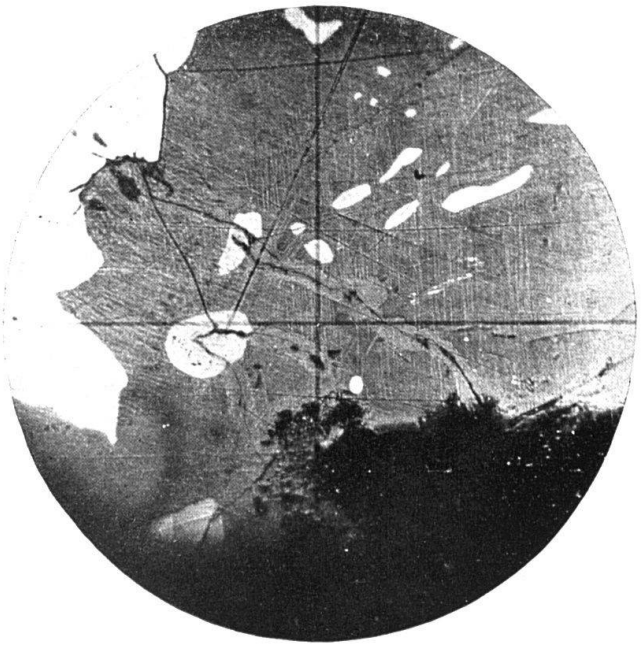
Phot. 5
Erz von Biolec
Magnetkies (starkes Relief) in Grundmasse von Fahlerz (f), Wismuthglanz (w) und Kupferkies (K)
Anschliff 35 ×



Phot. 6
Cu-Gang Baicolliou
Serizitische Scherflächenschieferung im untern Teil des Gesichtsfeldes, horizontal verlaufend. Darüber kreisförmige Wirbelbewegung mit Turmalinanreicherung. (Kleine prismat. Individuen)
Schwarz = Erz
Dünnschliff 51 ×

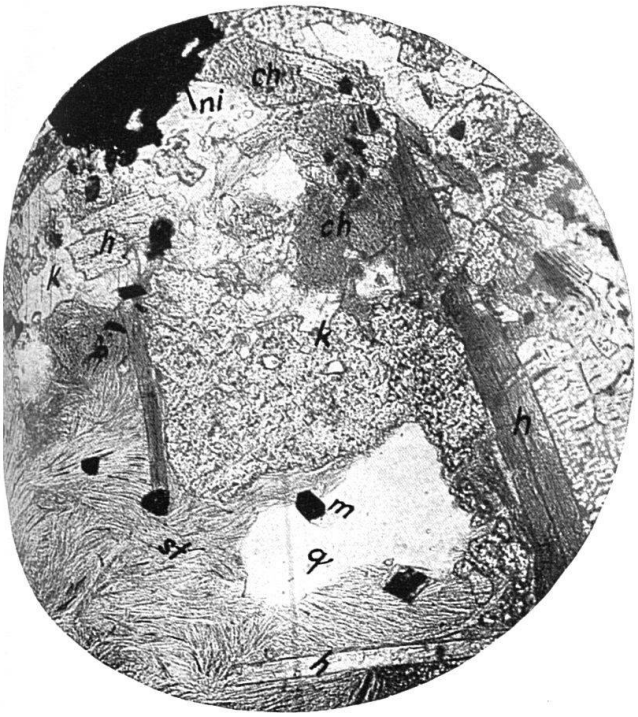


Phot. 7
Cu-Gang, Baicolliou
Pflasterstruktur; Erz (schwarz) als Zement von Albit, Quarz (hell) und Braunspat (grau)
Dünnschliff 26 ×



Phot. 8.
Bornit von Baicolliou.
Neigung des Bornits zu graphischen Verwachsungen mit Fahlerz (hell, innerhalb und links vom Bornit); helle, feine Entmischungsstäbchen, von Kupferkies im Bornit, hauptsächlich in vertikaler Anordnung; hellgraue Adern von Kupferglanz, beim Durchsetzen von Fahlerz schmaler entwickelt.
Anschliff 150 ×

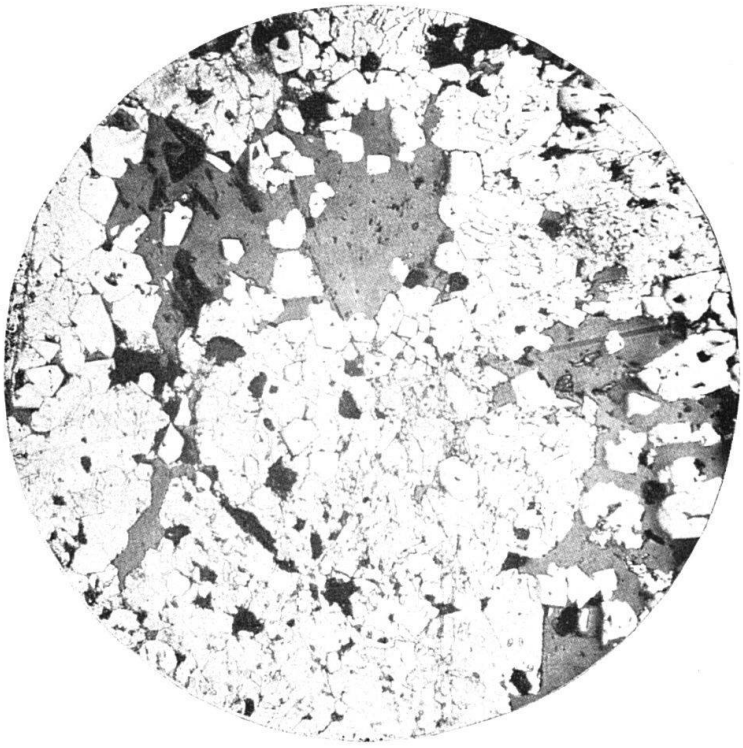
TAFEL III



Phot. 9
Co-Ni-Erzgang Kaltenberg
Turtmanntal
ni = Nickelerz; ch = Chlorit; h = grüne Hornblende;
= Strahlstein; m = Magnetit; k = Karbonat: q = Quarz
Dünnschliff 54 ×

Phot. 10
Ni-Erz mit Eisenglanz und Magnetit
Kaltenberg, Turtmanntal.
Die leistenförmigen Gebilde des Eisenglanzes (e) ganz oder teilweise in Magnetit (m) umgewandelt. Eisenglanz erscheint narbig, Magnetit glatt. ganz hell = Nickelerz; grau = Braunspat.
Anschliff 42 ×

Phot. 10 a
Eisenglanz führender Braunspatgang, Kaltenberg, Turtmanntal
Eisenglanz in Braunspat, mit Chlorit (ch)
Dünnschliff 32 ×



Phot. 11
„Speiskobalt" vom Kaltenberg, Turtmanntal
innerhalb der hellen Grundmasse schwach angeätzte Stellen, häufig von rhombischer Gestalt = Danait oder Safflorit. Die würfeligen oder pentagonalen Kristalle mit deutlichem Relief = Kobaltglanz. Die helle Grundmasse = Speiskobalt oder Skutterudit. Grau = Braunspat
Anschliff 45 ×

TAFEL IV

seits der Austrittsstelle beim Übergang in Kupferkies oder Fahlerz u. U. kaum mehr wieder erkenntlich sind. Ganz ähnliche Verhältnisse werden von *J. Murdoch*[5]) photographisch wiedergegeben *(Phot. 8)*. Diese Bänder sind häufig bilatteral symmetrisch gebaut, die äußere Zone besteht vorwiegend aus Chalkosin, nach innen folgt strahlig oder dentritisch ausgebildeter Covellin, während die Zentralader aus Limonit besteht. Wir hätten somit folgende Umbildungsreihe:

$$\overbrace{\underbrace{2\,Cu_2S}_{\text{Chalkosin}} + \underbrace{[CuS \cdot FeS]}_{\text{Chalkopyrit}}}^{\text{Bornit}} \longrightarrow \underset{Cu_2S}{\text{Chalkosin}} \longrightarrow \underset{CuS}{\text{Covellin}} \longrightarrow \overline{\text{Fe-hydroxyd}}^{\text{Limonit}}$$

Dabei bleiben die feinmikroskopischen Gitterstäbe von Kupferkies von der Umwandlung noch völlig unberührt und ragen unversehrt in die chalkosin- und covellinreiche Zone hinein.

Ganz vereinzelt lassen sich auch Neubildungen von Bornit feststellen; es sind schmale, wurmförmige Gebilde, die den Grenzen von Kupferkieskristallen entlang wuchern und wahrscheinlich durch Hertransport von Cu_2S aus Chalkopyrit entstanden sind. Diese Bornite entbehren der erwähnten innerstrukturellen Erscheinungen.

3. Die Co-Ni-Gänge.

Die Vorkommen von Kaltenberg im Turtmanntal und diejenigen des Val d'Anniviers können einer gemeinsamen Betrachtung unterzogen werden, obwohl ihre geologische Stellung, wie bereits angeführt, eine verschiedene ist. Ihr innerer Aufbau dagegen ist hier wie dort derselbe, der Erzgehalt allerdings im einzelnen etwas verschieden.

Die hier gemachten Angaben dürfen keineswegs als endgültige angesehen werden, da infolge von Unzugänglichkeit der wichtigen Grubenbaue von Grand Praz und Gollyre Sammlungsmaterial aus früheren Zeiten von da und dort zur Untersuchung herangezogen werden muß, was in noch nicht genügendem Maße geschehen ist.

Makroskopisch unterscheidet man 1. eigentliche Braunspatgänge mit nur geringem Erzgehalt, 2. solche, welche einzelne Erznester im Karbonat eingesprengt enthalten, und 3. fast nur aus derbem Erz bestehende Gänge. Die mächtigen, bis 2 m breiten Gänge von Grand Praz und Gollyre enthalten an ihren heute noch zugänglichen Stellen kaum mehr Spuren von Co- und Ni-Erzen.

---

[5]) *Locke, A. and Hall, D. A.:* „Role of secondary enrichment in genesis of Butte chalcocite". Transact. American institute of Min. Eng. Vol. LXX, 1924, S. 943.

Graton, L. C. and Murdoch, J.: „The sulphide ores of copper. Some results of microscopic study". id. 1913, Fig. 10.

Auch sind auf den Halden kaum mehr nennenswerte Proben zu erhalten; es ist schon eine große Seltenheit, wenn man in dem alten Schuttmaterial noch Anflüge von Co- und Ni-Blüte findet.

Grand Praz und Gollyre.

Braunspat ist auch hier wieder die charakteristische Gangart, das wichtige Verbindungsglied all' dieser Cu-, Co- und Ni-Gänge. Er zeigt ausgesprochenen Trümmercharakter. U. d. M. erscheinen die großspätigen Individuen geborsten und in einzelne ineinander geschachtelte Teile aufgelöst und weisen mehrfach einander überlagernde Zwillingslamellierung auf. Ein feinklastischer spätiger Zement verkittet die größern Brocken. Dann und wann haben sich Nester von *Serizit* und *Quarz* angesiedelt. Die serizitischen Partien sind in der Regel die Träger von etwas *Turmalin, Rutil* und *Titanit.* Die Fülle der strukturellen und texturellen Spielarten, wie wir sie bei den Cu-Gängen beobachten konnten, scheint zu fehlen, etwas mannigfaltiger werden diese Verhältnisse wieder bei den Turtmänner Lagergängen.

Kaltenberg im Turtmanntal.

Hier macht sich die mineralogische Mannigfaltigkeit schon makroskopisch bemerkbar, indem außer den Co- und Ni-Erzen vor allem *Magnetit,* dann öfters auch *Eisenglanz, Pyrit, Arsenkies* und *gediegen Bi* zu erkennen sind. Die karbonspätige Gangart ist stellenweise sehr stark mit *Quarz* und *Albit* untermischt. Die Individuen des letzteren können verhältnismäßig groß werden und erscheinen u. d. M. völlig wasserklar. Auch hier kommt es nicht selten zu helizitischen Strukturbildern, wie sie schon auf S. 193 beschrieben wurden. Ebenso sind der Albit und ganz besonders der Quarz mit Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen dicht besetzt. Der Braunspat ist von Quarz und Feldspat sehr stark angefressen. Mancherorts findet man Parallelanordnung von verzahnten, lamellenförmig oder leistenförmig ausgebildeten Braunspatindividuen, deren Hauptausdehnung mit der Ganggrenze längs verläuft. Eine bedeutende Rolle spielt der *Chlorit* als Salbandbildung; sehr verbreitet ist er dann aber auch innerhalb der Gänge selbst, wo er meistens radialstrahlig ausgebildet ist und den Träger bedeutender *radioaktiver Höfe* darstellt. Letztere werden von Herrn Dr. *Hirschi* noch besonders untersucht werden. Da die Auslöschung eine gerade und der Achsenwinkel klein ist, so handelt es sich wohl um Pennin, der aber hier negativen Charakter aufweist, seine Doppelbrechung ist sehr klein. Es kommen auch paralleltexturierte Bänder

und Zonen vor; in diesen sind *Magnetitkristalle* eingelagert, welche von mit Quarz angefüllten *Streckungshöfen* begleitet sind. Außerdem findet man häufig schuppige Aggregate eines schmutzigbraunen Biotites; ferner dünne, lange Prismen von *grüner Hornblende,* die kreuz und quer die Karbonate mit den eingestreuten Quarzen und Albiten durchsetzen. Auch nesterförmige Ansiedelungen äußerst dünnstrahliger oder *faseriger Strahlsteinbüschel* sind nicht selten, zwischen welchen noch kleine Restpartieen aufgelösten karbonatischen Gangmateriales liegen *(Phot. 9). Apatit, Rutil* und *Serizit* ergänzen den Bestand der Nichterze. Baryt ließ sich in den bis jetzt geschlagenen Proben nicht auffinden, dürfte aber vorhanden sein, da er vom nahen analogen Plantorrenzvorkommen von Schmidt erwähnt wird.

Bezeichnenderweise sind solche komplexmineralische Gänge stets Magnetit und in vielen Fällen auch Eisenglanz führend. Wie in den schon beschriebenen Cu-Gängen, so erscheint auch hier das Erz in die Nichterze hineingewachsen und erweckt den Eindruck jüngerer Entstehung.

Die chalkographische Untersuchung.

Bei dem Studium polierter Anschliffe u. d. O. offenbaren sich eine Reihe interessanter Erscheinungen, von welchen einige schon hier mitgeteilt werden sollen, dies gilt besonders von den letzterwähnten Magnetit und Eisenglanz führenden Varietäten.

U. d. O. leuchten die leistenförmig erscheinenden, büschel- oder bündelförmig angeordneten, senkrecht zu ihrer tafligen Ausbildung geschnittenen *Eisenglanzindividuen* mit ihrer charakteristischen stahlblauen Reflexfarbe *nicht einheitlich* auf. Einzelne Teile reflektieren graubräunlich mit geringerer Intensität, welche sich dann auch optisch isotrop verhalten und den für Eisenglanz so bezeichnenden Interferenzfarbenwechsel vermissen lassen. Diese Partien repräsentieren *Magnetit.* Man findet oft fertig ausgebildete Pseudomorphosen von Magnetit nach dem leistenförmigen Eisenglanz (⊥ tafliger Ausbildung) oder auch alle möglichen Zwischenstadien *(Phot. 10 und 10 a).* Auch isometrisch geformte, oktaedrisch ausgebildete Magnetite weisen u. d. O. sehr häufig ganz kleine Eisenglanzpartikelchen auf, die als Reste noch nicht völlig umgebildeten dreiwertigen Eisenoxydes angesehen werden müssen.

Die makroskopisch völlig homogen aussehenden dichten, derben Erzmassen lösen sich u. d. O. oft schon im nicht geätzten polierten Schliff — die Politur muß aber eine ganz tadellose sein — in

kompliziert zusammengesetzte Aggregate auf; manchmal erreicht man dies aber erst nach entsprechender Ätzbehandlung.

Typen, die sich im Kaltenberger Vorkommen bis zu 10 cm Mächtigkeit auffinden lassen und die ganz reine Kobaltblüte aufweisen ohne Beeinflussung durch Annabergit, zeigen u. d. O. in der Hauptsache isotropes Verhalten. In dieser isotropen Grundmasse sind aber zahlreiche, oft bis zur Hälfte ausmachend, kleine, längliche, ± unregelmäßig geformte Individuen eingelagert, die kräftige Interferenzfarben aufweisen; letztere stimmen am meisten mit denjenigen des *Danaites* überein, zeigen allerdings auch nicht zu große Abweichung von denjenigen des *Safflorites*. Im Ätzverhalten kommen diese Mineralien dem Safflorit sehr nahe; mitunter lassen sie auch noch deutliche rhombische Formen erkennen. Möglicherweise sind beide Mineralien vorhanden. Die *isotrop sich verhaltende Grundmasse* ätzt sich mit HNO_3 nur schlecht, sehr wahrscheinlich stellt sie die arsenreiche Varietät des Speiskobaltes, den *Skutterudit*, dar. Außerdem findet man häufig eingelagerte Kristalle von idiomorpher Gestaltung (Würfel, Pentagondodekaeder) von rötlicher Färbung, welche sich in keiner Weise ätzen lassen. Ihre Farbe, Form und Ätzverhalten sprechen für *Kobaltglanz (Phot. 11)*. Die Erscheinungen sind ähnlich denjenigen, die *Schloßmacher*[6]) von den kanadischen Vorkommen beschreibt; neuerdings charakterisiert auch noch *E. S. Bastin*[7]) diese Silber-Kobalterze des South Lorraine- und Cobaltdistriktes und erklärt den dortigen Speiskobalt als Gemisch von Kobaltglanz, Arsenkies, Löllingit und Safflorit. Ähnliche Beobachtungen werden von *P. Ramdohr*[8]) berichtet. Solche Vorkommen wurden von *Ossent* als „weißer und grauer feinkristalliner Speiskobalt" bezeichnet. Stücke von der Keeley Grube, die ich der Freundlichkeit von Herrn Dr. *Ramdohr* verdanke, erlaubten mit eigenen Beobachtungen, sich von der Ähnlichkeit der Verhältnisse zu überzeugen; aber es scheint, daß den dortigen Vorkommen ein bedeutenderer Saffloritgehalt eigen ist. Genau gleich verhält es sich dagegen mit dem eingelagerten, idiomorph gestalteten Mineral mit dem rötlichen Ton, welches als Glanzkobalt anzusprechen ist; in den kanadischen Vorkommen allerdings tritt etwas Aniso-

---

[6]) *Schlossmacher, K.:* „Mikroskop. Untersuchungsbeiträge zur Kenntnis der kanadischen Kobalt-Nickel-Silberformation". Z. f. p. Geol. 1921, S. 131.

[7]) *Bastin, E. S.:* „Silver ores of South Lorraine and Cobalt, Ontario". Ec. Geol. 1925, S. 1—24.

[8]) *Ramdohr, P.:* „Der Silberkobalterzgang mit Kupfererzen von Nieder-Ramstadt b. Darmstadt". Notizbl. Ver. f. Erdkde. 1923 V. F. H. 6, S. 164.

tropie auf. Hier dagegen fehlt sie. Reflexfarbe und Form sind aber beiderorts dieselben.

Vorkommen, die reine Nickelblüte liefern, erweisen sich u. d. O. verhältnismäßig homogener als die Kobalterze. Sie zeigen fast immer ausschließlich isotrop sich verhaltende Mineralaggregate. Ihr Ätzverhalten und die Reflexfarbe lassen auf *Chloanthit* schließen. Gelegentlich findet sich etwas Zonarstruktur vor *(Phot. 12)*. Stets sind den Kobalt- wie auch den Nickelerzen *Magnetit* in kleinen Körnchen, Flitterchen und Zwickeln in ± großen Mengen eingestreut. Man hat den Eindruck, als ob der Magnetit durch die erstgenannten Erze verdrängt worden wäre.

Ganz unsicher wird eine genaue Bestimmung bei Erzen, die schon durch die Farbe ihrer Verwitterungsblüten die Mischung von Co und Ni verraten. Sie ist selbst bei solchen Vorkommnissen, die fast reine Kobaltblüte erkennen lassen, eine zweifelhafte, da, wie der qualitative chemische Nachweis erkennen läßt, beträchtliche Nickelmengen zugegen sein müssen. U. d. O. erweisen sich solche Varietäten tatsächlich auch recht komplexer Natur, das derbe Erz scheint sich in drei Hauptkomponenten aufzuteilen, in solche, die sich sofort kräftig anätzen und dunkel werden, dann in solche, die langsamere Ätzreaktion zeigen, und endlich in solche, auf welche HNO_3 überhaupt nicht einwirkt. Isotrop scheinen sich alle zu verhalten, so daß man genötigt ist, dem Weißnickelkies, der von diesen Lagerstätten so vielfach angeführt wird, gar keine so bedeutende Rolle zuzuschreiben, als es bisher geschehen ist. Über die Schwierigkeit der Bestimmung dieser Erze unterrichtet schon der Aufsatz von *Flörke,*[9]) in welchem er auch einen angeblichen Weißnickelkies aus dem Val d'Anniviers anführt; vermutlich scheinen die Kernsubstanzen der Zonarstruktur andeutenden Aggregate, die sich auch am stärksten ätzen lassen, Smaltin zu sein, die schwächer ätzbaren werden wohl Chloanthit darstellen und mit reichlich Skutterudit vermengt sein, der ganz hell bleibt.

Die Zuvorkommenheit von Herrn Dr. *Gerber* vom Naturhistorischen Museum Bern ermöglichte es, eine aus der dortigen Sammlung stammende Probe, seinerzeit von *Ossent* selbst als *Weißnickelkies* benannt, zu untersuchen, welche sehr schöne innerstrukturelle Verhältnisse, besonders nach dem Ätzen, zum Vorschein brachte: In einer ziemlich homogenen, isotrop sich verhaltenden Grundmasse findet man von HNO_3 stark angeätzte, in der Regel

[9]) *Flörke, W.:* „Mikrographische Beobachtungen an Nickel- und Kobalterzen". Met. u. Erz 1923, S. 197.

stäbchenförmige Einschlüsse, die ± gesetzmäßig nach regulärem Bautypus angeordnet sind *(Phot. 13)*. Seltener besitzen diese Einschlüsse rundliche oder keulenförmige Umgrenzungen, dann sind sie meist auch kleiner und viel zahlreicher. An vereinzelten Stellen konnte Anisotropie derselben festgestellt werden, meist aber verhalten sie sich isotrop, deren etwaiger geringe Farbenwechsel bei × Nicols bloß auf die Unebenheit, weil weicher im Vergleich zur umgebenden Grundmasse, zurückzuführen ist. In geringen Mengen findet man in der Grundmasse außerdem kleinere, unregelmäßig geformte Einschlüsse, die mit den schon erwähnten stäbchenförmigen nichts zu tun haben, eingestreut, die stets mit kräftigen Interferenzfarben aufleuchten. Der chemische Nachweis legt neben Ni- auch beträchtlichen Co-Gehalt dar. Man möchte deshalb annehmen, daß die gesetzmäßigen Einlagerungen *Entmischungsprodukte* von *Chloanthit,* bezw., wenn anisotrop, von *Rammelsbergit* in einer vorwiegend skutteruditischen Grundmasse darstellen.*)

Chalkographisch konnten unter den erwähnten Co-Ni-Erzen vereinzelt Zinkblende, Bleiglanz, Ged. Bi und Arsenkies eingestreut festgestellt werden. Die Lagerstätten bei Ayer führen außerdem häufig etwas Rotnickelerz, das sich vornehmlich in den zentraleren Partien der Ni-Erze anreichert.

4. Die silberhaltigen Bleiglanz-Zinkblendegänge von St. Luc und Umgebung.

a) Makroskopische Gliederung.

Diese ausgesprochenen Lagergänge sind durch drei Typen zu charakterisieren:

1. Schiefrige Quarzgänge mit geringen Mengen von eingesprengtem Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies und Fahlerz (Gänge nördlich St. Luc, Carboula, Fusette, Termino).

---

*) *Anmerkung:* Die angeführten Beispiele legen deutlich dar, wie kompliziert die Co- und Ni-Erze in Wirklichkeit zusammengesetzt sind. Es ist aber auch ersichtlich, daß ihre wahre Zusammensetzung noch nicht genügend geklärt ist. Diese Erze müssen systematisch in der Weise untersucht werden, daß man zunächst von möglichst einfach verwachsenen oder gar homogenen Erzen ausgeht, ihren chemischen Charakter vor allem genau kennen lernt und u. d. Opakilluminator die nötigen Beobachtungen dazu notiert. Diese so gesammelten chemischen und physikalischen Daten der einfach gebauten Erze können dann die Anhaltspunkte für die Beobachtung an komplizierteren liefern unter eventueller planimetrischer Errechnung der verschiedenen Komponenten im Anschliffbilde. Dabei wird der Vergleich der Reflexfarbe nach der neuen Methode von *Sterling B. Talmage* [10]) sehr vorteilhaft zur Anwendung gelangen müssen.

2. Braunspat und Quarz führende Vorkommen mit Bleiglanz, Zinkblende, Fahlerz, Kupferkies und fein eingesprengtem Arsenkies, welcher sich besonders beim Losschlagen dieses zähen Gesteins durch seinen Knoblauchgeruch bemerkbar macht. Dieser Typus bildet das Übergangsgestein zu den unter 3 erwähnten Vorkommen; diese sind:
3. Lagenhaft struierte Gangstufen mit dunkelgraublauen Bänderungen, die mit weißen bis schwach gelblich gefärbten alternieren. Sowohl die dunkelgraublauen als auch die hellen Lagen sind sehr feinkörnig; die ersteren schließen in der Regel rund-

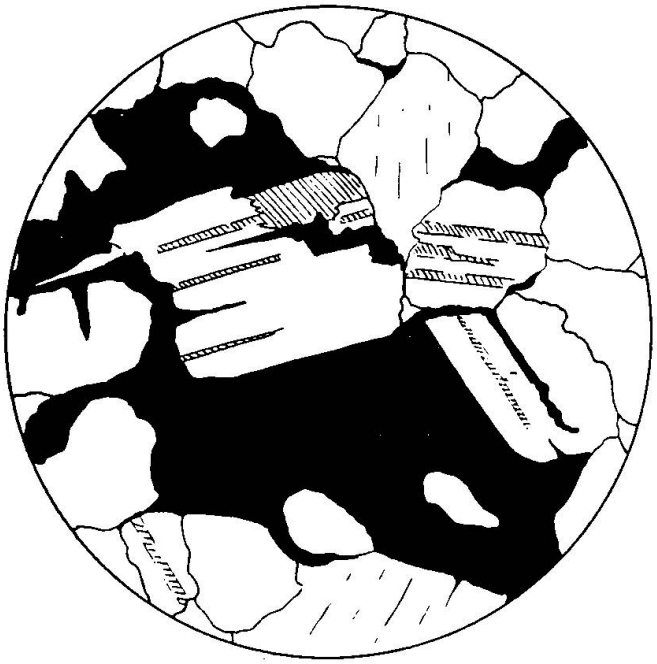
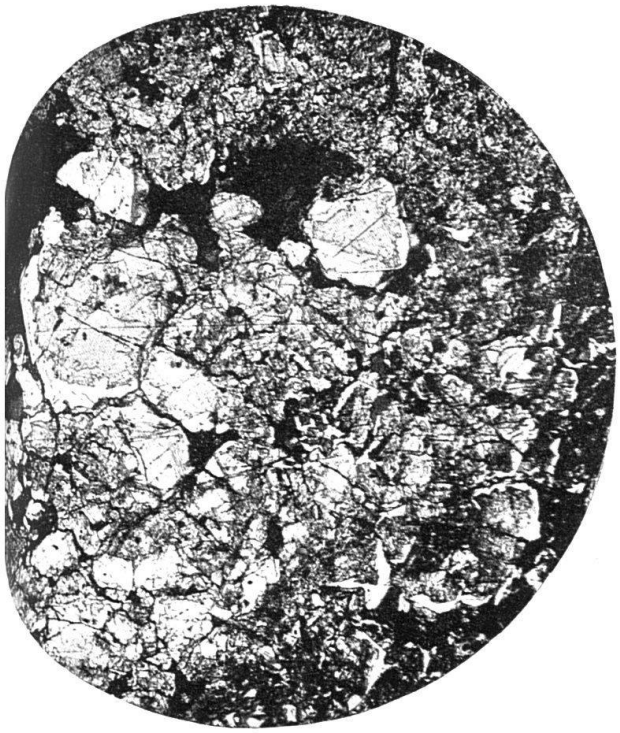


Fig. 6. Bleiglanz und Zinkblende dringen auf Spaltrissen in Albit ein und bilden einen Zement um letzteren.

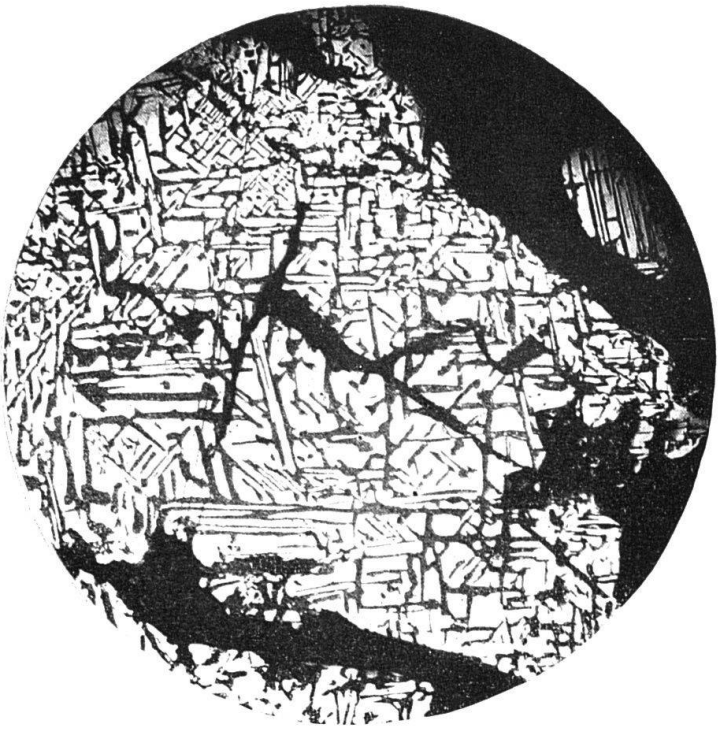
liche, geröllartig aussehende Gangarten ein, letztere haben das Aussehen eines feinkristallinen Marmors. Von einem solchen unterscheiden sie aber das hohe spez. Gewicht; es sind *Barytlagen*. Die bis 40 cm breiten Gänge haben häufig ein deutlich kristallines Salband (ca. 5—7 cm mächtig), aus reinem mittel- bis grobkörnigem Bleiglanz bestehend. Die Formen von 2 und 3 sind miteinander durch Übergänge verbunden. Die unter 2 und 3 genannten Typen treten auf der Lagerstätte der Mühlen von St. Luc auf.

---

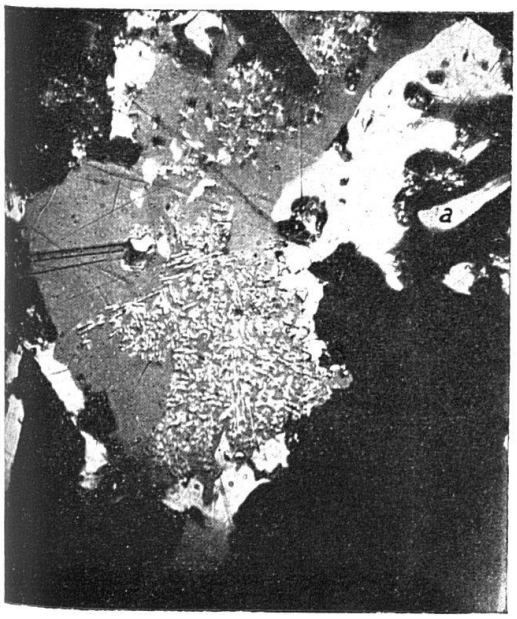
[10]) *Sterling, B. Talmage:* „The diagnostic value of color in polished sections" Ec. geol. 1925. S. 168.



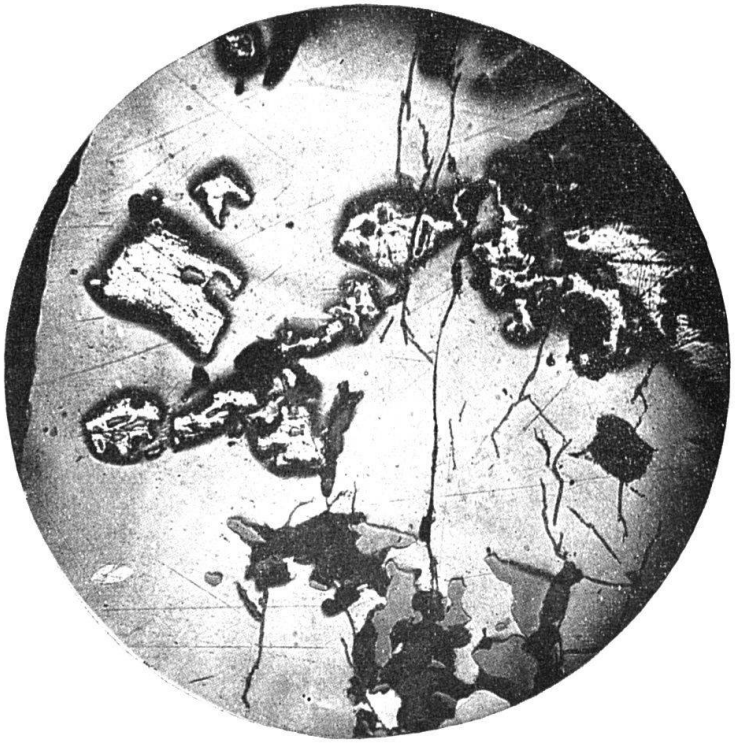
Phot. 12
Vorwiegend reines Ni-Erz vom Kaltenberg.
Zonarer Bau der Chloanthite.
Anschliff 35 ×



Phot. 13
„Weissnickel" von Grand Praz
Entmischungseinlagerungen von Ni-Erzen (dunkel, geätzt)
in Co-Erz (hell)
Anschliff 42 ×



Phot. 14
Bleiglanz-Zinkblende-Fahlerz, Moulins (St. Luc.)
Verwachsung von Fahlerz (grau) mit Kupferkies (hell)
a = Arsenkies
Anschliff 210 ×



Phot. 15
Korrodierte Pyrite in Fahlerz von Moulins (St. Luc)
Die grauen Einlagerungen unten = Zinkblende
Die dunkeln Risse mit Covellin angefüllt, links die kleine
helle elliptische Einlagerung = Bleiglanz
Anschliff 35 ×

TAFEL V

Leere Seite
Blank page
Page vide

b) Mikroskopische Beschaffenheit.

Typus 1: Die hiehergehörigen Vorkommen bestehen u. d. M. vornehmlich aus Quarz, dem sich gewöhnlich etwas Albit und Serizit zugesellt. Diese Mineralkombination zeigt granoblastisches bis kristallisationsschiefriges Gefüge; Rutil (kleine Säulchen und elliptische Körnchen) und Turmalin sind allenthalben in kleinen Mengen vorhanden. Die Erze sind würfeliger Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende mit Fahlerz, die letzteren alle den Pyrit umschließend; auch bilden diese gerne einen Zement zwischen gerundeten Albitkörnern, so daß eine pflastrige Struktur zustande kommt *(Fig. 6)*, wie wir sie schon bei den Kupfererzen auf Seite 193 kennen gelernt haben.

Typus 2 stellt eine wirr verzahnte Mineralvergesellschaftung von Karbonat, Chlorit, Serizit, Quarz, Albit und Rutil dar. Stellenweise treten sehr beträchtliche Titanitanreicherungen noch dazu. Im allgemeinen sind Titanit und Rutil zugleich führende Gesteinsvarietäten hier nicht zu beobachten, in vereinzelten Fällen jedoch gelingt es, ineinander übergehende Vorkommen zu finden; es sind stets solche, die locker aggregierte Anhäufungen von kleinen schlanken Rutilsäulchen bergen, die bei geringer Vergrößerung als Putzen erscheinen; diese Putzen sind dann nicht selten ganz oder teilweise von einem Titanithof umgeben. Lokal trifft man Anreicherung von Apatit an. Serizit und Chlorit sind mitunter in parallel verlaufenden Zügen angeordnet, welche als Palimpsestestruktur hauptsächlich die Albite durchsetzen. Andere Stellen wiederum zeigen bedeutende Glimmeranreicherung von rotbraunem Biotit. Während Arsenkies und Pyrit stets in kristallographisch gut umgrenzten Individuen erscheinen, fehlt den übrigen Erzen eine äußere Kristallform gänzlich.

U. d. O. gestalten sich besonders die Verhältnisse bei pyritreichen Varietäten interessant: der Pyrit erscheint nämlich häufig zerrissen oder zerdrückt, auf den zahlreichen Rissen und Fugen sind die umgebenden Erze (Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende und Fahlerz) eingedrungen *(Fig. 7)*, rundlichere, ausgeglichenere Korrosionsformen treten hier etwas in den Hintergrund. Aber außerdem enthält der Pyrit alle die erwähnten zementierenden Mineralien in mehr oder weniger gerundeten Formen eingeschlossen *(Fig. 8)*. Gelegentlich kann man auch Übergänge von rißartigen Ausfüllungen zu rundlichen Einschlüssen wahrnehmen, so daß man diese Einschlüsse nicht als primäre ältere Einlagerungen, sondern als spätere Bildungen ansprechen möchte. Oft stellt sich unter den gerundeten

Einschlüssen auch noch Buntkupfer ein, welches als solches unter den umgebenden Zementationsmineralien nirgends gefunden wurde und deshalb eher als neugebildetes Reaktionsprodukt aufgefaßt werden muß *(Fig. 8)*. Ähnliche Einschlüsse, doch lange nicht so zahlreich, kommen auch im Arsenkies vor. Dieser zeigt im allgemeinen idiomorphe Gestalt, wenn er zwischen Karbonat eingebettet liegt, ist er dagegen von Erz umschlossen, so erscheint er korro-

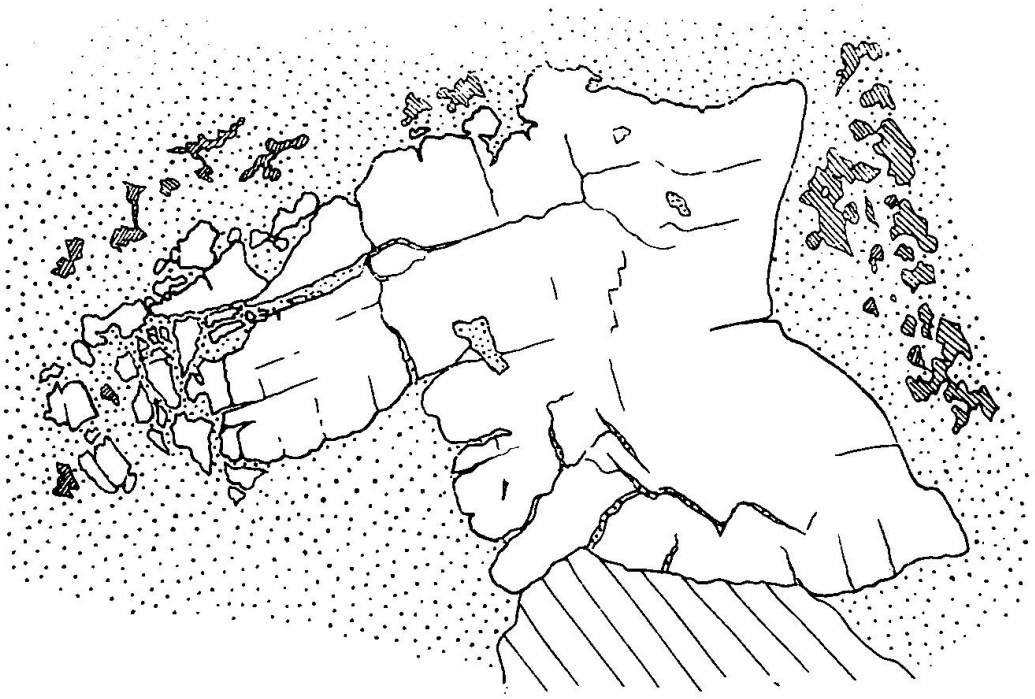


Fig. 7. Anschliffzeichnung: Aufgesprungener Pyrit, von Zinkblende ankorrodiert. Punktiert = Zinkblende; schraffiert rechts oben — links unten = Fahlerz; schraffiert links oben — rechts unten = Kupferkies. Moulins St. Luc. Vergr. 53 ×.

diert. Vereinzelt ist auch Arsenkies im Pyrit eingeschlossen. Öfters beobachtet man innige Verwachsung von Zinkblende mit Kupferkies oder von Fahlerz mit Kupferkies, so daß eutektähnliche Strukturbilder entstehen *(Phot. 14)*; dabei spielt die Zinkblende stets die Rolle des verdrängenden Mediums; im Verhältnis Fahlerz-Kupferkies dagegen herrscht keine solche Konstanz. Besonders die an Bleiglanz reichen Partien zeigen sehr schöne Bilder von Mineralbildungsfolgen: Bleiglanz erscheint als jüngstes Zementationsmittel, in welchem Zinkblende, Fahlerz und Kupferkies in abgerundeten oder ankorrodierten Formen vorliegen. In *Phot. 15* ist Pyrit in Fahlerz eingeschlossen und von letzterem kräftig ankorrodiert.

Sehr schön sind die sekundären Covellinablagerungen auf Spaltrissen von Bleiglanz dieser Vorkommnisse *(Phot. 16)*.

Was den Ag-Gehalt des Bleiglanzes anbelangt, so wird dieser in dem Fahlerzreichtum desselben begründet liegen. Es muß aber darauf hingewiesen werden, daß die Methode des Nachweises des Ag-Reichtums, wie er von *Schneiderhöhn*[11]) empfohlen und auch vom Verfasser in seinen anfänglichen Erzstudien befolgt wurde, nicht in allen Fällen zu eindeutigen Resultaten führt. Die durch die Ätzmethode am Bleiglanz hervorgerufenen, emulsionenhaft verteilten scheinbaren Einschlußmineralien sind vielfach nur eine Ätzerscheinung, die für den Bleiglanz ganz charakteristisch zu sein scheint, und zu deren Bildung vielleicht Luft oder Gas als ätzhinderndes Medium die Ursache war.

Typus 3: Die hellen Lagen bestehen fast ausschließlich aus Baryt, gelegentlich konnte darin eingelagert grüne Hornblende und etwas Chlorit festgestellt werden; stets sind dies aber kleine Individuen. Die Baryte sind pflastrig gefügt. Charakteristisch für sie ist ein lamellarer Zwillingsbau. In Varietäten, die nicht so hell erscheinen, tritt Quarz, Karbonat und fein verteiltes Erz, hauptsächlich helle Zinkblende, hinzu.

Die dunkelgrauen Bänder stellen ein äußerst feinkörniges Gemenge von Albit, Quarz und Baryt als Gangart, Zinkblende, Bleiglanz mit etwas Fahlerz und Pyrit als Erz dar. Dazu gesellen sich geringe Mengen von Hornblenden, Chlorit und Serizit. Das Mengenverhältnis von Gangart zu Erz beträgt etwa 1:1 oder 3:2, seltener 2:3. Die in der feinkörnigen Grundmasse schwimmenden, geröllartig aussehenden rundlichen Einlagerungen stellen meistens erzfreie Mineralaggregationen von Quarz, Serizit, Chlorit, Albit und Baryt dar, seltener bestehen sie aus größeren Einzelindividuen. In manchen dieser Einschlüsse erkennt man, hauptsächlich wenn sie aus Quarz und Serizit bestehen, deutliche Kristallisationsschieferung, dieselbe braucht aber keineswegs mit der Paralleltextur der Gangbänderung gleichsinnig zu verlaufen, sie kann dazu eine ganz beliebige Richtung einnehmen. Wenn vereinzelte Erze darin eingeschlossen vorgefunden werden, so handelt es sich stets um Zinkblende, nie um Bleiglanz. Die in der Grundmasse schwach angedeutete Paralleltextur zeigt gegenüber den gerundeten Einschlüssen Tendenz des Ausweichens und des Umfließens. Die Abgrenzung gegen die reinen Barytbänder ist in der Regel haarscharf.

[11]) *Schneiderhöhn, Hs.:* „Anleitg. zur mikroskop. Bestimmung und Untersuchung v. Erzen usw." Berl. 1922.

Zwischen dem barytführenden Gangteil und dem aus grobkristallinem Bleiglanz bestehenden Salband stellt sich mitunter noch Epidot ein mit Chlorit und Serizit vermischt.

U. d. O. kommt die innige Mischung der verschiedenen Erze erst recht zum Ausdruck. Im allgemeinen herrscht der Bleiglanz vor, dann folgt, was die Menge anbelangt, die Zinkblende und in letzter Linie das Fahlerz. Vereinzelt sind kleine, sehr einschlußreiche Pyrite eingestreut; ihre Einschlüsse sind fast ausschließlich Zinkblende.

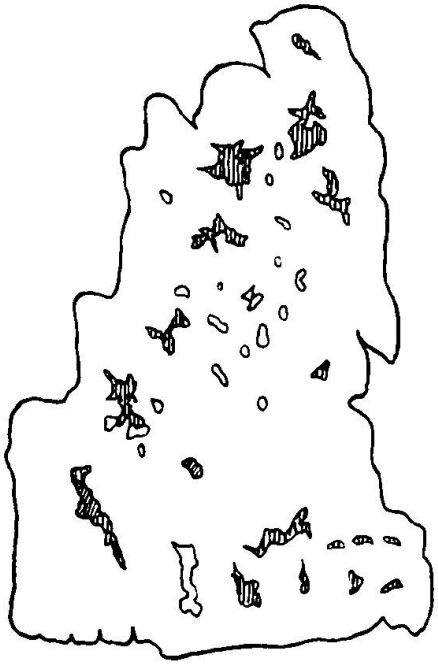
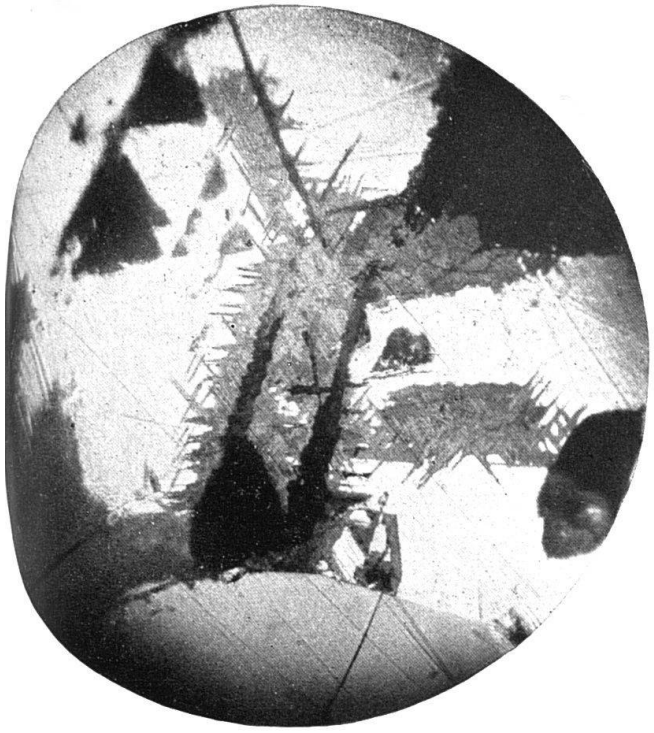


Fig. 8. Anschliffzeichnung: Pyrit mit Einschlüssen (Moulins St. Luc). vertikal schraffiert = Fahlerz; schräg schraffiert = Bornit; weiß = Kupferkies. Vergr. = 65 ×.

Anhang: Die quarzigen Co-Ni-Gänge.

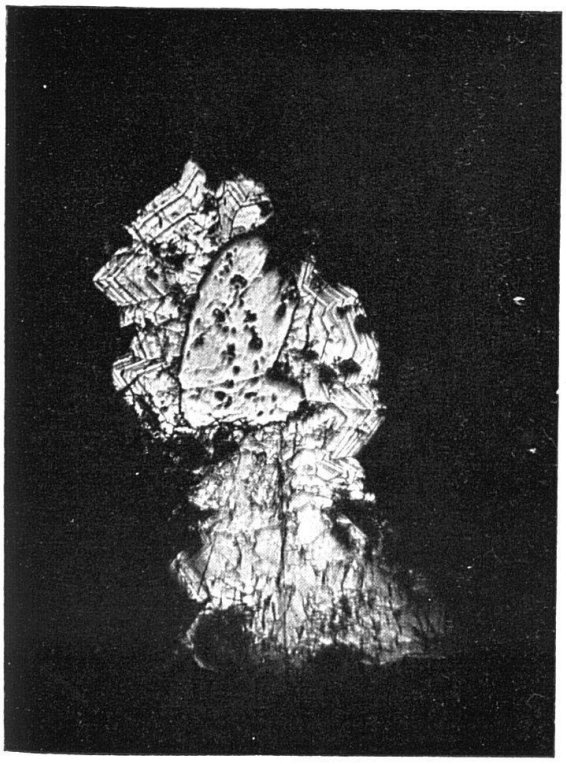
Unter den Blei-Zinkvorkommen dieser Gegend treten zu oberst in der Schlucht bei Fang am Weg zwischen Chandolin und St. Luc Co- und Ni-Lagerstätten auf. Die Gangart dieser Lagergänge ist ähnlich derjenigen der eben beschriebenen Blei-Zinkgänge. Der Quarz ist kleinpflastrig gefügt und beherbergt stellenweise reichlich feinverteilte helizitische Karbonate. Serizit ist stets vorhanden.

Im Dünnschliff lassen manche dieser Erze deutlich rhombischen Habitus erkennen; entsprechend dieser Tatsache zeigt die Beobachtung u. d. O. ausgesprochene Anisotropie. Der Nickelnachweis ist besonders kräftig. Es wird sich daher um *Rammelsbergit* handeln. Nach dem Anätzen mit HNO_3 kommt in diesem Mineral eine deut-



Phot. 16
Bleiglanz mit Covellin, Moulins St. Luc.
Vordringen des strahlig-dentritisch ausgebildeten Covellins auf Spaltrissen des Bleiglanzes. Unten (grau) Fahlerz
Anschliff 180 ×

Phot. 17
Rammelsbergit von Fang (St. Luc).
Ausgesprochen rhombische Form und zonarer Bau der Individuen
Anschliff 200 ×



Phot. 18
Kobalterz von Fang (St. Luc).
Inhomogene Zusammensetzung eines Teiles der Schalen und Ringe bildenden Co-Erze
Das Wirtsmineral, zonar gebaut = Speiskobalt.
Der Einschluss = Safflorit.
Anschliff 200 ×

Phot. 19
Quarzreiches Nebengestein des Ganges von Baicolliou
In der Horizontalen parallel angeordnete Quarze mit ausgesprochen undulöser Auslöschung.
Schief zu dieser Richtung (rechts oben — links unten) Anordnung der Serizite. Transversalverschieferung jünger als Quarze.
Dünnschliff 33 ×

TAFEL VI

Leere Seite
Blank page
Page vide

liche inhomogene Zusammensetzung zum Vorschein, neben verschiedenen Bauarten ist zonarer Typus sehr charakteristisch *(Phot. 17)*. Begleiterze der reinen Ni-Gänge konnten bis jetzt nicht gefunden werden.

Die etwas weniger häufig auftretenden Co-Erze, die aber durch reichliche Co-Blüte mehr auffallen als die vorerwähnten Ni-Erze, sind isotrop. Für sie ist eine schalig-nierige Struktur bezeichnend, wie sie *Bastin*[12]) von Arsenopyriten vom Kobaltdistrikt erwähnt und abbildet. Im Kern der Schalen sitzen häufig großkörnige Quarze als Einzelindividuen *(Fig. 9)*. Erst nach dem Anätzen wird man der polygranularen Beschaffenheit und auch der der zonaren Struktur der schaligen Gebilde gewahr. Außerdem enthalten sie deutlich anisotropes, oft rhombisch gestaltetes Erz, das eine Reflexfarbe mit Stich ins Rötliche aufweist und sich mit HNO_3 weniger angreifen läßt als das Wirtsmineral *(Phot. 18)*. Letzteres wird *Speiskobalt,* das rötlich gefärbte, eingeschlossene *Safflorit* darstellen; die rötliche Farbe ist keine so kräftige, wie sie für Kobaltglanz typisch ist, auch scheint die Härte geringer als die von Kobaltglanz zu sein.

II. Die Äußerungen der dislokationsmetamorphen Vorgänge.

Die vorstehenden mineralogischen und strukturellen Schilderungen der Lagerstätten vermochten sicherlich in genügendem Maße zu überzeugen, daß es sich um metamorphe Bildungen handelt. Wohl kennen wir von nicht metamorphen Lagerstätten ähnliche Mineralassoziationen, sie gehören jedoch einem ganz andern petrogenetischen Bereiche an. Ihre vergleichende Charakterisierung und lagerstättenkundliche Parallelisation wird uns später beschäftigen. Auf jeden Fall haben wir den Eindruck gewonnen, daß diejenigen Erscheinungen am Nebengestein, die als metamorphe gelten, auch in den Erzgängen wieder zu finden sind; allerdings in etwas veränderter Form. Die tertiären alpinorogenetischen Prozesse, welche die permokarbonischen und mesozoischen Sedimente inkl. Eruptiva umwandelten, beeinflußten auch die in ihnen eingelagerten Erzgänge mit zweifellos jüngerem Alter. Damit steht jugendliches, tertiäres Alter der Gänge außer Diskussion.

Es ist schon frühzeitig von namhaften Forschern auf die enge Verknüpfung der Gebirgsbildung mit den genetischen Verhältnissen

---

[12]) *Bastin, E. S.* Lit, cit. Ec. geol. 1925. Taf. II, Fig. B.

der kristallinen Schiefer aufmerksam gemacht worden. Mit der weiteren Bearbeitung dieser Probleme hat sich eine immer präzisere Vorstellung der dabei mitspielenden Prozesse herausgeschält, insbesondere gelang es, die destruktiven und konstruktiven Vorgänge in ihren Wechselbeziehungen klarer zu erfassen, so daß wir uns jetzt leichter daran gewöhnen können, auch *mechanisch nicht oder nur gering gestört erscheinende Gesteine als dislokationsmetamorph anzusehen.*

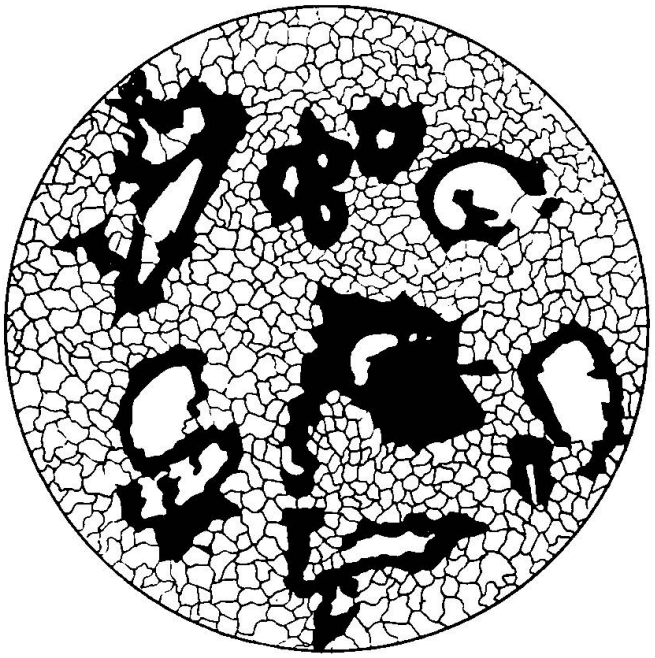


Fig. 9. Dünnschliffzeichnung: Schalige Kobalterze von Fang-St. Luc in quarziger Grundmasse. Im Innern der Erze monogranularer Quarz.

Die hier betrachteten Verhältnisse scheinen uns in mancher Beziehung interessante Illustrationen zu dem engen Abhängigkeitsverhältnis von Dislokation zu Kristallisation zu liefern, welch' enges Ineinandergreifen dieser beiden Vorgänge die bruchlose Faltung bedingt. Daß für den ganzen Erscheinungskomplex außerdem die stoffliche Abhängigkeit, die *stoffliche* und dadurch vielfach auch die *mechanische Inhomogenität* von enormer Bedeutung sein kann, wird unserer Meinung nach gerade durch das betrachtete Material bewiesen.

Wie *Becke* und dann besonders *Sander*[13]) in ihren Arbeiten zum Ausdruck gebracht haben, daß jede im Körper schon *vor der Metamorphose vorhanden gewesene Inhomogenität* für die *Aus-*

[13]) *Sander, B.:* „Über einige Gesteinsgefüge". Tschermacks Min. Petr. Mitt. 1914, S. 546.

wirkung der Teilbewegung von *grundlegender Bedeutung* ist, was sich vor allem in den mikroskopisch-strukturellen Verhältnissen der metamorphosen Gesteine äußert, so sind diese mechanischen Inhomogenitäten auch in erster Linie maßgebend für die Anlage der Metamorphose im Großen. Sie bedeuten prädestinierte Bahnen, welche von der Bewegung vor allem benützt werden. Als solche mußten die in ihrer stofflichen Beschaffenheit von den sedimentogenen tonig und tonig-quarzigen Schiefer so weit *abweichenden eingelagerten spätigen und erzführenden Gänge* vor allem eine Rolle spielen: Das unmittelbare Nebengestein der Lagergänge ist besonders stark laminiert, es zeigt außer ausgesprochener Kristallisationsschieferung am meisten Gleitflächen- und Scherflächenschieferung; dann ist eine besonders intensive Ausbleichung zu beobachten (Zurücktreten des Chlorites zugunsten unbedingter Serizitdominanz). Ohne schon hier auf die petrographische Bedeutung der Gangbildung selbst einzutreten, möchten wir nämlich diese Ausbildung nicht als von den Gängen aus bewirkt ansehen, sondern wir halten sie für das Produkt einer besonders entlang der Gänge sich auswirkenden Dislokationsmetamorphose, die ganz in den Rahmen der eben erwähnten Erscheinungen paßt.

Erfahrungsgemäß sind die *Stellen stärkster mechanischer Beanspruchung* auch die Stellen mit *reichster Lösungszirkulation;* diese Tatsache ist vielfach beobachtet worden und gilt im großen wie auch für die feinsten mikroskopischen Verhältnisse. Es ist sehr bezeichnend, daß wir überall in den linsig ausgequetschten Cu-Lagergängen die ausgeschwänzten Enden in einer Quarz-Serizitmasse mit *granoblastischem* Gefüge eingebettet sehen, der sich öfters Albit zugesellt. Auf jeden Fall aber fehlt der Albit innerhalb der Erze nirgends, während der benachbarte Casannaschiefer nicht in allen Fällen albitführend ist. Wohl nirgends findet sich so viel *Turmalin* vor, wie innerhalb der stark laminierten serizitreichen *Scherflächen.* Die Mineralkombination Quarz, Turmalin, Albit, Kupferkies event. mit Eisenglanz erinnert wohl zunächst an bestimmte perimagmatische Lagerstätten. Doch dürfte aus dem ganzen Zusammenhang genügend hervorgehen, daß diese an heiße Ganglösungen mahnenden Stoffe die Produkte des in Begleitung der Dislokationsmetamorphose sich abspielenden Lösungsumsatzes und -Absatzes sind. Die Möglichkeit einer mit dem magmatischen Zyklus in Zusammenhang stehenden Entstehung des Turmalins und des Apatites soll jedoch nicht bestritten werden, da es sehr wohl denkbar ist, daß tiefgehende Dislokationsvorgänge in der Nähe des

Magmaherdes die leichtflüchtigen Bestandteile mobilisieren und für deren Hertransport besorgt sind (telepneumatolytische Wirkungen *Königsberger's*). Die Turmalinbildung hat also mit dem Erzabsatz genetisch nichts zu tun.

Die unter bestimmten Temperatur- und hydrostatischen Druckverhältnissen vor sich gehenden Dislokationsvorgänge verursachen stets Differenzierungs- und Entmischungsvorgänge, wobei Lösungen in ± großen Mengen zum Transport gelangen. Hierher gehören sehr wahrscheinlich der Quarz und der Albit. Die Albitisation, die Imprägnierung des Gesteines mit Albit, nimmt in allen dislokationsmetamorphen Gebieten eine bedeutende Stellung ein. *Grubenmann* und *Woyno* haben schon früher auf den hohen Na-Gehalt der basischen Eruptiva des Penninikums hingewiesen und auf ihren theralitischen Charakter aufmerksam gemacht; da muß uns der Albitreichtum in den metamorphen Gesteinen umso weniger verwundern.

Es ist mitunter sehr anregend, das *zeitliche Verhältnis von Dislokation zu Kristallisation* im Dünnschliff zu verfolgen; Beobachtungen, wie sie *Sander* in dieser Beziehung gemacht hat, beanspruchen ein hohes Interesse,[14]) weil dadurch eine Möglichkeit gegeben ist, die Phasen einer Metamorphose auseinander zu halten und event. die kompliziert verlaufene Geschichte eines Umwandlungsvorganges zu enträtseln. Unsere Gesteine haben sicher im Verlaufe der alpinen Orogenbildung eine mehrfache Metamorphose erlitten. Wir wissen ja auch von den Geologen, daß die Überschiebung der St. Bernharddecke, in welcher alle unsere Lagerstätten liegen, sich bedeutend früher vollzog, als die der Dt. Blanche- und Mte. Rosa-Decke. Wenn es bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Einwirkungen der verschiedenen mächtigen Deckenüberschiebungsprozesse zu rekonstruieren, so sind doch immerhin gewisse Anhaltspunkte da, welche zeitlich verschiedene Vorgänge festhalten.

Von den Erzgängen von Baicolliou sind gefältelte Vorkommen sehr bezeichnend. Diese weisen eine deutliche *Abbildungskristallisation* auf, d. h. die *faltende Bewegung* war schon *zum Stillstand gekommen,* wie der *Ausheilungs- oder Rekristallisierungsprozeß einsetzte.* Die schieferholden Serizite bringen die Fältelungen besonders gut zum Ausdruck, sie weisen aber nirgends Verbiegungen oder Krümmungen auf, bloß ihre Anordnung im Raume entspricht Falten, sie selbst aber sind nicht im geringsten deformiert *(Phot. 1).* Dasselbe läßt sich auch von den Quarzen aussagen, deren Anord-

[14]) *Sander, B.:* „Beiträge aus den Zentralalpen zur Deutung der Gesteinsgefüge". Jahrb. geol. R. A. 1914.

nung denselben Falten entspricht, ohne die geringste optische Anomalie aufzuweisen. In den *allerletzten Kristallisationsphasen* müssen aber immer noch *Differentialbewegungen* stattgefunden haben, worauf die Tendenz des Serizites zu *Flechten- und Strähnenbildung* hinweist. Deutlich ist auf jeden Fall, daß mit beginnender Bewegung und Fältelung sich eine Mobilisierung von Stoff vollzogen hat, der dann in der mechanischen Inhomogenitätszone Erz-Nebengestein sein Ablagerungsgebiet gefunden hat. Da die ersterbenden Bewegungsvorgänge nur mehr schwache waren, haben sich diese auch nur an für sie günstigen Stellen äußern können und das war das serizitische Nebengestein. Im Gegensatz dazu beherbergt die eigentliche Erzmasse weniger Serizit, deshalb konnten sich dort die schwachen Enddislokationen kaum mehr betätigen, umso mehr, als sie vom serizitischen Nebengestein in ihrer Wirkung fast gänzlich absorbiert wurden. Gleichzeitig mit der ausklingenden Bewegungsphase stellte sich die Ablagerung von Albit ein. Somit ist es auch ganz verständlich, daß wir in den erzreichen Partien mit ihrem charakteristischen Albitgehalt und geringen Serizitreichtum die ausgesprochene *Pflasterstruktur* antreffen. Es steht auch mit der ganzen Auffassung in guter Übereinstimmung, daß wir inmitten der pflastrig gefügten Erz-Albit-Quarz-Karbonat-Masse noch kleinere zusammengehörige Partien von wirbelig struierten Seriziten finden, welche Teile aus der ersten Dislokationsphase darstellen, die noch zur Zeit allgemeiner Plastizität sich mit der übrigen Gangmasse vermischten. Im ganzen erscheinen solche serizitischen Anteile, für sich betrachtet, idiomorph bis hypidiomorph wie die Albite und Quarze und spielen strukturell auch dieselbe Rolle. Die vereinzelten selbständigen Serizite dagegen liegen in dem Pflastergefüge ganz unorientiert; die schwachen Schlußbewegungen vermochten sie nicht mehr zu richten.

Alle im vorigen Abschnitt geschilderten Lagerstätten weisen einen großen Mineralreichtum auf. Es liegt deshalb auf der Hand, zunächst an einen gesetzmäßig sich ändernden Mineralbildungsprozeß zu denken, ähnlich wie er sich etwa im Verlaufe einer magmatischen Destillation abspielt, und jetzt die verschiedenen Phasen in derselben Lagerstätte repräsentiert zu sehen. Wir haben aber diese Mineralien mit Ausnahme der Erze alle auch im metamorphen Nebengestein kennen gelernt, wo sie die charakteristischen metamorphen Produkte der oberen Tiefenzonen darstellen. Dies sagt deutlich aus, daß sowohl in den Lagerstätten selbst als auch in deren Nebengestein nie die ursprüngliche Zusammensetzung in

umkristallisierter Form vorliegt. Meist haben *stoffliche Durchdringungen und Imprägnationen* stattgehabt, diese wurden besonders dadurch erleichtert, daß den *Umkristallisationsprozessen stets solche der Durchbewegung vorausgingen.* Je nach der stofflichen Beschaffenheit aber tritt die Bewegung heute noch verschieden deutlich in Erscheinung. Nicht weil die karbonspätigen Erzgänge davon nicht oder nur wenig betroffen worden waren, macht sie sich in ihnen im allgemeinen nicht in dem ausgesprochenen Maße geltend, sondern weil ihr Aufbaumaterial der Durcharbeitung gegenüber anders zu reagieren vermag. Nicht immer sind wir im Stande, den Umbildungsvorgang zu rekonstruieren, wie es uns in den gefältelten Gängen von Baicolliou gelang. Die isomorphen Glieder der Kalzitreihe charakterisiert eine ausgesprochene *Translationsfähigkeit,* welche empfindlich auf solche deformierende Einflüsse reagiert. Nach Aufhebung des Streßzustandes läßt die texturelle Beschaffenheit unter Umständen nichts oder wenig mehr davon erkennen. Dies wird vor allem auch der Grund sein, weshalb die Transversalgänge von Grad Praz und Gollyre relativ stofflich wenig verändert sind und ihr ganzer Habitus von dem normaler Gänge wenig abweicht. Außerdem ist diesem Umstand sicherlich auch die Tatsache zuzuschreiben, daß die Gänge ihren ursprünglichen Transversalcharakter beibehalten und keinen Lagergangtypus angenommen haben. Alle übrigen Gänge dagegen waren eben primär schon Lagergänge. *Die vollkommene Translationsfähigkeit der Co und Ni führenden Braunspatgänge des Val d'Anniviers war das Ausgleichsmoment für die neuen physikalisch-chemischen Bedingungen während der Metamorphose.*

Das plastische Verhalten infolge Gleitflächenbildung ist außer beim Kalkspat ja auch eine bei den Metallen sehr bekannte Erscheinung. Es ist naheliegend, anzunehmen, daß sich die in vielen Beziehungen verwandten Erze ähnlich verhalten. Es sind aber, bevor in dieser Richtung weitere Schlüsse gezogen werden, systematische experimentelle Untersuchungen abzuwarten, da ein solches Verhalten nicht ohne weiteres angenommen werden darf in Anbetracht der Verhältnisse beim Bleiglanz, der sich bis zu 700° ± 40° spröde verhält.[15]) Es scheint ein großer Unterschied im Verhalten zwischen Metallen und deren Mischkristallen einerseits und ihren Metallverbindungen andrerseits zu bestehen.

Wir haben also gesehen, daß wir nicht nur reine Umkristallisation anzunehmen genötigt sind, sondern daß dieser in allen Fällen,

[15]) *Tamann,* Metallographie 1923, S. 74.

finde nun Rekristallisation oder Gleitflächen-Translation statt, eine dynamische, in der Regel gerichtete Bewegung vorausgeht. Ihre Reaktion, die dann die Ausgangsstellung für Umkristallisation oder Bewegungskristallisation *(Sander)* darstellt, ist je nach dem Material verschieden. Die Pegmatite z. B., ursprünglich ebenso regellos struiert wie die Karbonatgänge und in ihrer Beschaffenheit vom Nebengestein ebenso abweichend, zeigen trotz gemeinschaftlicher Lagerungsart anderes Verhalten. Hier erzeugten die durcharbeitenden Bewegungen stoffliche Differenzierungen, die mit den Ganggrenzen parallelen Richtungsverlauf einnehmen, welcher mit dem des geordneten Gefüges im sedimentogenen Nebengestein durchaus identisch ist. Siehe S. 187. Die Anordnung der Serizite in den Albiten entspricht interner helizitischer Struktur; da die Albite nicht verlegt erscheinen, so fällt diese Gefügeflächenstruktur mit derjenigen außerhalb der Albitgranoblasten zusammen. Es fand also hier wahrscheinlich eine Deformation statt, die als Bahn die Feinschichtung des ursprünglich sedimentären Nebengesteins benützte, welche so zur innern und äußern Schieferungsfläche auch der Pegmatite geworden ist. Die Aplitpegmatite zeigen somit in allen Fällen die Deformation deutlich abgebildet, die karbonatischen Gänge nur gelegentlich.

Die Gelegenheit, Fälle mit vorkristalliner Bewegung zu beobachten, ist weit größer, als solche mit nachkristalliner. Es gibt aber auch Fälle, welche beide Erscheinungen ineinander übergehend aufweisen. In quarzreichen Übergangsstufen von Gang zu Nebengestein (Baicolliou) konnte deutliche mechanische Deformation festgestellt werden, welche die Bewegungskristallisation kräftig überdauert. Man möchte eigentlich eher in dieser Erscheinung eine neue Faltungs- oder Deformationsphase erblicken, welche dahin tendiert, die Bewegungskristallisation durch eine Transversalschieferung auszulöschen *(Phot. 19)*. Die Quarze, elliptisch geformte Körner, deren längere Achse in der ursprünglichen Kristallisationsschieferung liegt, weisen deutliche rupturelle Korndeformation auf, außerdem zeigen sie ausgeprägte *Achsenregelung, so daß* $n\gamma' = c$ *und* $\perp$ *Kristallisationsschieferung steht.*

Es gibt wohl verhältnismäßig nur wenige Schliffe aus diesem Untersuchungsgebiet, welche die von *Sander* und *Trener* betonte Regelung[16]) nicht aufwiesen. Sie sind ein Hauptcharakteristikum unserer dislokationsmetamorphen Erscheinungen. Das Phänomen ist durchaus verständlich, da sämtliche Festigkeitskonstanten des

[16]) *Sander, B.* Lit. cit. Tscherm. Min. Petr. Mitt.

Quarzes //c-Achse nach *G. Berndt* höhere Werte aufweisen als ⊥ dazu. Leider gelang es bis jetzt nicht, an andern nicht schieferholden Mineralien ähnliche Beobachtungen mit genügender Sicherheit festzustellen. Selbst die in ihrer Ausbildung durch Druck stark beeinflußten lamellenförmigen Karbonatkristalle, die auf S. 196 erwähnt wurden, ließen keine Konstanz erkennen.

III. Die Lagerstättenkundliche Stellung der Erzgänge.

Die Auffassungen über die Entstehung der Erzgänge haben eine wechselvolle Geschichte hinter sich. Die jetzt am meisten verlassene *Sandberger*'sche Ansicht von der Lateralsekretion, gegen die wohl zuerst *Stelzner* und gleichzeitig auch *Posepny,* letzterer mit einer größeren Anhängerschaft in Nordamerika, Stellung nahmen, ist in etwas modifizierter Weise von *van Hise* in seinem „Treatise on metamorphism" beibehalten und erweitert worden. Nach dem letzten Forscher[17]) stehen alle Erzgangbildungen in Zusammenhang mit dislokationsmetamorphosierenden Vorgängen. Wohl ist der Ersterzeuger allen Metallgehaltes das Magma, doch gelangt das in den Eruptivgesteinen und ihren Abkömmlingen, den Sedimenten, spärlich vorhandene Metall erst durch die während der Gebirgsbildung zirkulierenden unterirdischen Wässer zur Auslaugung und nachherigen Konzentration. Diese metallischen Untergrundwässer mischen sich nicht selten mit juvenilen Wässern und Dämpfen, die dem während der orogenetischen Bewegungen in Aktion tretenden Vulkanismus entweichen. Heute findet die Lehre von der Aszension, von der Bildung aus wässrigen oder gasförmigen Lösungen, die bestimmte Endphasen eines magmatischen Erstarrungszyklus darstellen, allgemeine Anerkennung. Dies ist umso mehr berechtigt, als sich ähnlich verhaltende Systeme experimentell kontrollieren lassen. Derjenige Forscher, der diese Entstehungsweise heute wohl am allerumfassendsten für die Lagerstättenlehre in Anspruch nimmt, ist wohl *J. E. Spurr.*[18])

A. Dislokationsmetamorphe Lagerstätten.

Es ist wohl zu bedenken, daß eine Menge Faktoren geologischer und petrographischer Natur, die stets in eng verknüpften Wechselbeziehungen zueinander stehen, die ursprüngliche Lagerstätte beeinflussen und ihr ein von ihrer primären Beschaffenheit

---

[17]) *Van Hise:* „A treatise on metamorphism". U. S. G. S. Monographs No. XLVII.

[18]) *Spurr, J. E.:* „Ore magmas". New-York 1923

total abweichendes Aussehen verleihen können, das zu allerlei Mißdeutungen Veranlassung gibt. Daher muß die Lagerstätte zum Gegenstand einer Untersuchung gemacht werden, welche alle die auf- und abbauenden Phasen und umbildenden Prozesse berücksichtigt, welche ihr ein wechselvolles Schicksal zuteil werden ließ.

Vorkommen aus orogen durchbewegten Gebieten, wie sie z. B. unsere Alpen darstellen, erwecken leicht den Verdacht, dislokationsmetamorph zu sein und sind nach solchen Veränderungen hin zu untersuchen. Die Produkte der Dislokationsmetamorphose aber sind vielfach dieselben, welche wir in magmatischen Vorgängen zu finden gewohnt sind. Neubildungen aus den tieferliegenen Regionen des Orogens entsprechen großenteils Verbindungen und Assoziationen, wie sie die heißmagmatischen Produkte darstellen, während wir in höher liegenden Zonen diejenigen Mineralien finden, welche dem ausklingenden Vulkanismus mit seinem Reichtum an Dämpfen und wässrigen Lösungen angehören, die wir ja auch als Erzbildner in erster Linie anerkennen.

Da wir im Vorangehenden bereits orientiert wurden, daß besonders die strukturellen Eigenschaften der Erzgänge und des Nebengesteins keinen Zweifel mehr aufkommen lassen, daß beide zusammen von derselben umbildenden Orogenbewegung ergriffen worden sind, so wird uns jetzt die Aufgabe erwachsen, die eigentlichen erzgangbildenden Vorgänge von den sie verändernden zeitlich und stofflich zu trennen.

Die dislokationsmetamorphen Erzlagerstätten sind bei uns im allgemeinen nur in beschränktem Maße eingehenderer Untersuchung unterzogen worden. In größerem Umfange ist dies von nordamerikanischen Forschern geschehen. Wir finden solche Lagerstätten z. B. in den Paläoliden, den paläozoisch orogenetischen Zonen der Appalachen im Osten von Nordamerika und den alten Teilen der jüngeren Kettengebirge im Westen, die pazifischen Küstenketten und die Rocky Mts. umfassend. Die dort als dislokationsmetamorph erkannten Lagerstätten zeigen nun die völlig gleichen Mineralassoziationen und auch dieselben Strukturverhältnisse, wie wir sie von unsern Untersuchungen her kennen gelernt haben. Jene Lagerstätten waren aber alle ausnahmslos viel erzreicher und mächtiger; ihre ursprüngliche Gangnatur ist allerdings kaum mehr rekonstruierbar. Sie sind vielfach, was merkwürdig erscheint, infolge der Metamorphose noch mächtiger, aber in der Längsausdehnung kürzer geworden. Diese Erscheinung mag auf mehrfache Rückfältelung zurückzuführen sein, die durch Rekristalli-

sationserscheinungen in ihrer Wirkung begünstigt wurde. Im allgemeinen zeigen nur die äußersten Teile der Lager Fältelungen, die innern repräsentieren massives, starr erscheinendes Erz; fast immer tritt deutliche Zementation des Pyrites durch Kupferkies auf, wie es auch bei uns der Fall ist. Leider sind diese Untersuchungen noch ohne chalkographische Beobachtung durchgeführt worden, die ein noch genaueres Verhalten der verschiedenen Erze zueinander feststellen ließe. Auf derselben Lagerstätte kommen z. B. vor: Zinkblende, Pyrit, Bleiglanz, Chalkopyrit und Magnetit (Deer Isle Mine) oder Pyrit, Chalkopyrit, Zinkblende, Bleiglanz, Bornit und Magnetit (Milan Mine, New Hampshire) oder Pyrrhotin, Pyrit, Chalkopyrit, Bornit, Zinkblende, Eisenglanz, Magnetit zusammen mit Kalzit, Tremolit, Zoisit, Chlorit, Titanit, Glimmer und Feldspat (Duckton, Tenessee).

Doch die wissenschaftlich noch bedeutenderen Vorkommen liegen im Westen, wo alte Lagerstätten im metamorphen Gebirge auftreten dicht neben jungen, welche die überreiche magmatische Tätigkeit des mesozoisch-tertiären Orogens geschaffen haben; z. B. die Lagerstätte von Black Hill, South Dakota, weist präkambrische metamorphe, goldführende Pyrit-Arsenkies-Gänge auf, deren mikroskopische Beschaffenheit durchaus derjenigen unserer Gänge entspricht (Quarz, Karbonat, Sulfide, strahlige Hornblende u. s. w.). Die tertiären Erznachschübe lieferten Golderze als Sulfide und Telluride mit Quarz und Flußspat, welche vollkommen unveränderte Vorkommen darstellen.

Das sind einige Beispiele, welche erlauben, fremde Lagerstätten mit den unsrigen in Bezug auf Struktur, Erzführung und geologische Verhältnisse zu parallelisieren; sie ließen sich noch mannigfach vermehren.

B. Vergleich mit nicht metamorphen Lagerstätten ähnlicher Mineralführung.

Vergleichen wir auswärtige Lagerstätten lediglich in ihrer Mineralführung mit den unsrigen, so werden wir allerdings keinen Schwierigkeiten begegnen, recht zahlreiche Analoga zu finden, die in Wirklichkeit aber doch keine sind.

Die jungen Kettengebirge des westlichen Amerika liefern eine Menge geeigneter Beispiele, die bei genauerer Betrachtung der Verhältnisse dartun, daß die ähnlich erscheinenden Mineralassoziationen eine ganz andere Deutung verlangen. Z. B. scheint der Coeur d'Alène-Distrikt (Idaho) mit Siderit, Turmalin, Quarz, Baryt,

Zinkblende, Bleiglanz, Tetraedrit, Stibnit, Pyrrhotin und Magnetit ganz mit unsern Vorkommen übereinzustimmen. Doch zeigt die umfassende Untersuchung, daß die verschiedenen Mineralien zeitlich und räumlich im Mineralbildungsprozeß keineswegs identisch sind, sondern die verschiedenen Phasen repräsentieren, die erstarrende Magmen bei Abgabe ihrer metallischen Lösungen entsprechend dem fallenden Temperaturgradienten durchlaufen. Monzonitische Massen kretazischen Alters haben die vorpermischen Sedimente unter Bildung erzreicher (Magnetkies, Kupferkies, Magnetit, Zinkblende, Bleiglanz), skarnartiger Kontakthöfe durchdrungen. Das Nebengestein wurde turmalinisiert, und im Anschluß an diese Vorgänge setzte eine starke Metallisierung auf Gängen ein, welche in den kontaktnahen Partien Pyrrhotin und Magnetit und in den weiter entfernten Chalkopyrit und in den alleräußersten Zinkblende und Bleiglanz absetzten. Zu der vorwiegend aus Siderit bestehenden Gangart kommt noch Dolomit und Baryt hinzu.

Die nahen Blei-Zinklager von San Francisco Region, Utah, zeigen ganz ähnliche Verhältnisse, doch mit erweiterter Gliederung der Phasen (Quarz-Turmalin-Eisenglanz-Gänge, Anhydrit-Baryt-Gänge).[19])

Wir sehen also, eine Lagerstätte ist immer nach dem *ganzen geologisch-petrographischen Erscheinungskomplex zu beurteilen, nicht nur nach vereinzelten geologischen, mineralogischen* oder *petrographischen Merkmalen.*

Beispiele, wie wir sie zuletzt erwähnt haben, finden wir auch in Europa genug, wir brauchen sie bloß in den alten Orogengebieten, die schon lange zur Ruhe gekommen sind, zu suchen, also außerhalb des alpin-mediterranen Kettengebirges. Unsere Vorkommen, die ja viel jünger sind als die stark dislokationsmetamorphen cambrischen und präcambrischen der Appalachen, lassen tatsächlich trotz deutlicher Umwandlung ihre primäre Natur viel besser erkennen, als jene. Es ist nicht schwer, unter Weglassung von Serizit, Rutil, Turmalin, Hornblende, Albit, Apatit und Teilen des Quarzes, die wir im Laufe unserer Betrachtung alle als Produkte der Dislokationsmetamorphose kennen gelernt haben, in den Walliser Erzgängen die Analoga der *Siegerländer* zu erblicken. Die

---

[19]) Die Beispiele nordamerikanischer Lagerstätten sind meist den Werken von a) *Emmons, W. H.:* „Principles of economic geology", New-York 1918 und b) *Lindgren, W.:* „Mineral deposits", New-York 1919 entnommen.

eingehenden und sorgfältigen Arbeiten *Bornhardts*[20]) haben dort einen mehrfachen Mineralisierungsprozeß erkennen lassen, dessen einzelne Phasen jeweils durch bestimmte geotektonische Veränderungen des Gebirgskörpers ausgelöst wurden. Die Cu führenden Gänge (Kupferkies und Fahlerz) erscheinen nach dem genannten Autor als zusammengesetzte Gänge in der Weise, daß die Cu-Erze als spätere Gangbildungen die früheren Gänge einer reinen „Spateisensteinformation" metasomatisch verdrängten. Dieselbe Erscheinung ist auch gegenüber einer im Verhältnis zur Spateisensteinformation jüngeren „Quarzformation" zu beobachten. Außerdem brechen in den Gängen noch die mannigfaltigsten Co- und Ni-Erze ein, dadurch wird die Vergleichsbasis mit den unsrigen Gangvorkommen noch erweitert. Die Beziehungen der Co-Ni-Erze im Siegerland zu den andern Erzen und zu den primären Teufenverhältnissen sind allerdings nicht ganz klare. Sowohl die reinen Ni-Gänge als auch die vorwiegend Co-haltigen, die voneinander ganz unabhängig auftreten, scheinen aber doch den älteren Gangbildungen anzugehören und sich der Hauptquarzformation eng anzuschließen, welche unmittelbar auf die Sideritgänge folgte. Auf jeden Fall lieferten die verschiedenen Phasen Mineralien, welche, einander ± verdrängend, oft an ein und demselben Gange auftreten, und die wir alle auch in unseren Gängen entweder getrennt für sich allein oder doch in deren Gesamtheit antreffen. In ihnen die normalen nicht metamorphen Äquivalente zu erblicken, muß daher durchaus als statthaft erscheinen. Nach den Deformierungen und Rekristallisationsvorgängen, welche unsere Vorkommen erlitten haben, ist es auch vollkommen erklärlich, daß hier die einzelnen Phasen nicht mehr auseinandergehalten werden können und sich somit ein merklicher Unterschied gegenüber jenen Lagerstätten bemerkbar machen muß.

C. Die metamorphen Erscheinungen innerhalb der Erze.

Es sind aber nun in neuester Zeit durch die chalkographischen Untersuchungen von *Schneiderhöhn*[21]) Ergebnisse zu Tage gefördert worden, welche diesen Unterschied etwas ausnivellieren und erkennen lassen, daß es so ganz ohne Metamorphose im Siegerland auch nicht abgegangen ist. Es sind Erscheinungen, welche

---

[20]) *Bornhardt, W.:* „Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes", Teil I 1910, Teil II 1912, Archiv für Lag. stätt. forschg., Heft 2 u. 8.

[21]) *Schneiderhöhn, Hs.:* „Vorläufige Mitteilung über pyrometamorphe Paragenesen i. d. Siegerländer Spateisenstein Gängen". Z. f. Krist. 1923.

die Charakterisierung der beiderseitigen Verhältnisse vorteilhaft ergänzen.

Hier wie dort beansprucht in dieser Hinsicht das *Buntkupfererz* das besondere Interesse. Auf Seite 191 haben wir von diesem Mineral die schön entwickelten innerstrukturellen Verhältnisse geschildert, welche als „lattice structure" oder als „reticulate" in der nordamerikanischen Literatur bekannt sind. *Schneiderhöhn* erblickt in dieser Struktur ausgesprochene *Entmischungserscheinungen:* Die primäre Mineralvergesellschaftung der Siegerländer Gänge Eisenspat + Kupferkies führte infolge einer nachträglichen Erhitzung des ganzen Erzkörpers zur Neubildung von Buntkupfer und Eisenglanz. Als nach den pyrometamorphen Vorgängen sich allmählich wieder die tiefere Temperatur einstellte, entmischte sich das Buntkupfer zu Kupferkies und lamellarem Kupferglanz und erzeugte die erwähnte Innenstruktur. Eine analoge Deutung scheint auch unseren Verhältnissen am ehesten gerecht zu werden; während bestimmter Phasen der Dislokationsmetamorphose, vermutlich kurz vor oder während der Neuanordnung und Kristallisation des Erzes, die, wie wir gesehen haben, die ausklingende Periode des ganzen Metamorphosierungsvorganges darstellen, trat im wahrscheinlich schon vorhandenen Bornit eine erhöhte Löslichkeit für Kupferkies ein, welche nach dem Nachlassen des während der Metamorphose hochtemperierten Zustandes sich wieder verminderte und zur mikroskopisch feinen Ausscheidung der gitterförmig angeordneten Kupferkiesspindeln führte.

Die Innenstruktur des Bornites hat immer und immer wieder zu neuen Erörterungen Veranlassung gegeben, ihr ist besonders von nordamerikanischer und in letzter Zeit auch von skandinavischer und deutscher Seite aus größere Beachtung geschenkt worden. Die Auffassung ist durchaus keine einheitliche; es ist, so interessant es erschiene, hier nicht der Ort, auf alle Besprechungen einzugehen;[22]) es sollen nur einige der wichtigsten Momente, welche auch in unserem Falle für eine Entmischung sprechen, hervorgehoben werden: Die überwiegende Zahl der amerikanischen Forscher erblickt in ihr eine Art Verdrängungserscheinung, in den meisten Fällen hervorgerufen durch supergene Vorgänge, dabei stellen sich aber unter Umständen Übergänge von der Netzstruktur zur „graphic structure" ein, welch' letztere im allgemeinen als der Ausdruck metasomatischer hypogener Verdrängungen angesehen

[22]) Ausführliche Literatur darüber in d. Besprechungen d. Sulfosalze von *Niggli* u. *Faesi* in Z. f. Krist. 1924, S. 483.

werden.[23]) Die Gitterstruktur Bornit-Kupferkies ist dieselbe, die sich auch zwischen Chalkosin-Buntkupfer entwickelt vorfindet. Der Kupferglanz aber, den wir in unsern Vorkommen beobachten konnten, der ohne Zweifel sekundär deszendenter Natur und daher nicht lamellar ist, tritt nur auf Rissen und Spalten auf und nicht auf dem den Bornit charakterisierenden oktaedrischen Gefüge. Auch stellt sich hier nirgends, wie es so häufig bei den Deszensionsumwandlungen der Fall ist, neugebildeter Kupferkies ein,[24]) der mit Chalkosin zusammen von den Spalten aus in das isometrische Bornitgerüst eindringt. Es ist nun auch ganz bezeichnend, daß alle diejenigen Vorkommen, die *Bornit mit Gitterstruktur* aufweisen, mit ihrer petrogenetischen Stellung oder mit ihrer Mineralassoziation auf *erhöhte Bildungstemperaturen* hinweisen. Besonders schön tritt dies in der von *M. Brinkmann* studierten Henderson-Grube in D. S. W. A. in Erscheinung,[25]) wo eine kräftige Pegmatitbildung den Granitkontakthof und die Schieferhülle noch lange durchwärmte, so daß nur eine langsame Abkühlung stattfand und daher die Entmischung im festen Zustande ermöglicht wurde. Ähnliches gilt für die von *Geyer* beschriebenen nordischen Vorkommen.[26]) Auch dieser Forscher nimmt Entmischung an. Da tatsächlich aber in sehr vielen Fällen mit dem Auftreten dieser erwähnten Struktur sich auch deszendente Bildungen geltend machen, so scheint es nicht ganz ausgeschlossen zu sein, daß eben solche schon vorhandene Entmischungsstrukturen erst bei ± fortgeschrittener Beeinflussung durch meteorische Lösungen merkbar in Erscheinung treten, wie es auch nach andern eigenen Beobachtungen sehr häufig bei Ni-haltigen Magnetkiesen der Fall zu sein scheint.

Eine weitere Erscheinung, welche u. d. O. wahrzunehmen und welche mit der eben erwähnten des Buntkupfers in Parallele zu setzen ist, müssen wir in der *Bildung des Magneteisens aus Eisenglanz* erblicken, welche besonders die Co-Ni-Gänge des Turtmanntales charakterisiert. Wie in den Siegerländer-Gängen primärer Eisenglanz fehlt und nur im sog. Rotspat auftritt, so verhält es

---

[23]) *Segall, J.:* „The origin and occurence of certain crystallogr. intergrowths". Ec. geol. 1915, S. 462.

[24]) *Laughlin, D. H.:* „Ore deposits and enrichment at the Evergreen Mine. Cilpin Cty. Co." Ec. geol. 1915, S. 465.

[25]) *Brinkmann, M.:* „Die Kontaktpneumatolyt. Kupferlagerstätte der Hendersongrube bei Usakos. D. S. W. A." Z. f. pr. Geol. 1924, S. 34.

[26]) Originalarbeit war mir nirgends zugänglich; siehe aber Referat von *G. Berg:* Z. f. pr. Geol. 1925, S. 54.

sich hier ähnlich: Eisenglanz ist in den sideritischen Gängen kein isogenetisches Mineral, dasselbe gilt auch für den Magnetit. Für den letzteren können wir aber seine unmittelbare Herkunft ermitteln; für den Eisenglanz aber nicht. Die Umwandlung Eisenglanz-Magnetit entspricht einem Reduktionsvorgang, den man sich auch durch die aufsteigenden sulfidischen und arsenidischen Erzlösungen bewirkt denken kann. Da man aber in diesem Falle deutlichere Spuren der Sulfatbildung (Baryt) erkennen sollte, so wird diese Erklärung wenig befriedigen können. Außerdem waren die aszendierenden Lösungen in der Hauptsache arsenidischer und nicht sulfidischer Natur und wirkten also weniger kräftig, wodurch allerdings die geringe Sulfatbildung erklärlich würde. Da Hämatit, Magnetit und Eisenspat (Braunspat) miteinander auftreten, darf man nicht etwa annehmen, durch eine dissozierend wirkende Erhitzung habe sich teilweise Eisenglanz und mit noch weiter steigender Temperatur aus letzterem Magnetit gebildet. Die entsprechenden Temperaturen wären für den Beginn der Umwandlung Siderit-Eisenglanz 200° und für das Ende 600°. Um aber noch aus dem Eisenglanz die Bildung von Magnetit zu ermöglichen, müßte eine Temperatursteigerung bis auf 1200° eintreten, welche Annahme in Anbetracht des größtenteils noch vorhandenen Braunspates natürlich nicht gemacht werden darf. *Die metamorphosierenden Vorgänge vollzogen sich, wie wir stets gesehen haben, alle unter Lösungsumsatz und nicht infolge Temperaturerhöhung allein.* Wahrscheinlich wurde die Bildung des Eisenglanzes durch zirkulierende Lösungen von Schwefeleisen und solchen von alkalischen Karbonaten ausgelöst, zu deren Entstehung ja genügend Veranlassung vorhanden war. Wie im weiteren sich die Umwandlung zu Magnetit vollzog, ist nicht ersichtlich, vielleicht stellt der Eisenglanz überhaupt nur eine gelegentlich nicht vollständig zu Ende verlaufene Phase derselben Reaktion dar, die sich infolge Mangels an genügenden Mengen reduzierend wirkender Alkalilösungen bildete.

Wir dürfen auf keinen Fall in den Eisenglanz führenden Ni-Co-Gängen Kombinationen erblicken, wie sie etwa gewisse Gänge aus dem Harz im Bereich der Kontaktwirkungen des Brockengranites nach *Erdmannsdörffer* aufweisen.[27]) Diese stellen nach dem genannten Forscher alle Übergänge von rein pneumatolytischen

[27]) *Erdmansdörffer, O. H.:* „Über einige epimagmatische Mineralparagenesen im Harz und ihre Bedeutung für d. Füllung der Harzer Erzgänge". Cent. Bl. f. Min. 1922, S. 363.

Destillaten zu Absätzen auf Gängen dar, die unter hydrothermalen Bedingungen standen und die somit die epimagmatische *(Erdmannsdörffer)* oder perimagmatische *(Niggli-Bergeat)* Natur der Oberharzer Bleiglanz-Zinkblende-Gänge belegen. Diese höher temperierten, Eisenglanz führenden Phasen fehlen bei uns aber vollständig.

Das verhältnismäßige Zurücktreten eines so ausgesprochen zonaren Baues, welch' letzterer die übrigen Co-Ni-Vorkommen (besonders Kobalt-Distrikt, Riechelsdorf in Hessen, Sachsen u. s. w.) charakterisiert, darf vielleicht nicht zu sehr als das Produkt der Metamorphose und als Folge der Umkristallisation angesprochen werden, da ja viele der erwähnten Vorkommen eine ebenso innige Durchwachsung der verschiedensten Erze aufweisen, wie wir sie von unsern Co-Ni-Vorkommen kennen gelernt haben. Die innige Durchwachsung wird vielmehr als eine die Co- und Ni-Erze ganz allgemein charakterisierende Erscheinung gelten müssen.

Dagegen darf man sicherlich als eine ganz *spezifische Eigenschaft* der alpin orogen beeinflußten Erzlager die eigentümlich *kleinkörnige Vermischung von Zinkblende und Bleiglanz mit den Gangarten* Albit, Quarz, Baryt, Kalzit und Serizit betrachten, wodurch jenes dichte, graublaue Gestein entsteht, dessen Erzcharakter so verdeckt erscheint, und das speziell die Lagerstätte von Moulins St. Luc kennzeichnet. Dieses völlig durchgemengte Mineralaggregrat, dem die erzfreien, geröllartig aussehenden Gangartagglomerationen in so charakteristischer Weise beigemengt sind, kommt nach eigenen Beobachtungen auch im Val d'Hérens vor und ist ebenso typisch für Goppenstein.

Es ist hier der Ort, kurz auf die großen technischen Schwierigkeiten beim Trennen derartig eng verwachsener Erze hinzuweisen. Es spielt nicht nur die *enge Verwachsung von Gangart und Erz* eine große Rolle, sondern auch das *Verhältnis der verschiedenen Erze zueinander.* Speziell kommt dies für die *Kombination Bleiglanz-Zinkblende* in Betracht. Die enge Verwachsung dieser beiden Mineralien wird die Wertbeurteilung der Lagerstätte sehr unangenehm beeinflussen. Auch die Siegerländer Erze zeigen mitunter eine intensive Verwachsung dieser beiden Mineralien, so daß die Aufbereitung der Grube Holzapfel,[28]) um weitere Erzabgänge zu vermeiden, kürzlich genötigt war, im Aufbereitungsgange noch besondere Vorkehren zu treffen. Unsere Erze sind aber noch viel

[28]) *Glatzel:* „Aufbereitung in Laurenburg a/L." Met. u. Erz 1922, S. 161.

komplizierter verwachsen, welche Eigentümlichkeit wir in erster Linie auf allometamorphe Vorgänge zurückführen möchten. Ob dieses auch für das angeführte Beispiel des Siegerlandes zutrifft, kann erst entschieden werden, wenn die Art und Weise der Pyrometamorphose näher bekannt ist. Es muß versucht werden, solche allometamorphe Verwachsungserscheinungen von solchen der autometamorphen Prozesse, wie sie speziell vom Bleiglanz als der letzten und kräftigsten Erzbildung ausgeübt werden, zu trennen.

Es darf vergleichsweise darauf hingewiesen werden, daß die tektonisch sehr stark mitgenommenen Blei-Zinkgänge von Goppenstein mancherorts eine Verwachsungsstruktur aufweisen, die von derjenigen des Rammelsberges kaum abweicht. Vielleicht sind auch am letztgenannten Ort zur Erklärung der bekannten innigen Verwachsungsverhältnisse dislokationsmetamorphe Phänomene mit beizuziehen.

Wieviel von dem Strukturbild, das die Reihenfolge der mineralbildenden Vorgänge zu überliefern vermag, den tatsächlich ursprünglichen Verhältnissen entspricht, ist schwer zu sagen. Es ist sehr wohl möglich, daß die ausgesprochene Zementierung der scharf umgrenzten Pyrite durch den Kupferkies eine „Rekristallisationszementation" darstellt und die verschieden entwickelte Formvollkommenheit der verschiedenen Erze eine Folge des ungleichen Kristallisationsvermögens ist, die für Pyrit als eine sehr große gelten muß. Daß die jetzige Struktur nicht mehr in allen Teilen der früheren entspricht, scheint durch die Tatsache belegt zu werden, daß die meisten Erze in die sicher erst während der Metamorphose gebildeten Mineralien hineingewachsen erscheinen (Umschließung von Albit durch Erz, Eindringen der verschiedenen Erze in Albit, Chlorit, Serizit). Vielfach mag das *heutige Strukturbild* die *Löslichkeitsverhältnisse* der betreffenden Verbindungen bei bestimmten Temperaturbedingungen darstellen, welche allerdings nicht mehr dieselbe Reihenfolge zu repräsentieren braucht. Wir wissen z. B., daß in den primären Erstarrungsgesteinen die *Ausscheidungsfolge* der Plagioklase durch das *Temperaturgefälle,* die *entgegengesetzte Sukzession* dagegen in den *kristallinen Schiefern* durch die größere *Löslichkeit* des Anorthtitmoleküles bedingt wird, welch' letztere anorthitreichere Mischungsglieder als Umrindung von schon ausgeschiedenem, weniger löslichem Albit auftreten läßt (inverse Zonenstruktur). Daß aber auch gewisse Struktureigentümlichkeiten bestimmter Mineralien sich auch in der Metamorphose wieder bilden können oder gar nicht ausgelöscht werden, scheinen die schaligen

Co-Erze zu beweisen, bei welchen die übrigen Gangverhältnisse durchaus metamorpher Natur sind.

Es ließe sich einwenden, die im beschreibenden Teile erwähnte Verdrängung verschiedener Gangmineralien durch Quarz sei auch hier, wie so oft anderwärts, durch nichts anderes als durch eine neue Quarzgangbildungsphase hervorgerufen worden. Dieser Ansicht können wir uns aber nicht anschließen. Vergleichende Studien an entsprechendem außeralpin, nicht metamorphem Material lassen erkennen, daß die Art und Weise der Stoffdurchdringung in den beiden Fällen eine deutlich verschiedenartige ist. In unsern *alpinen* trägt sie den Charakter einer *allgemeinen Imprägnierung,* welche die angegriffenen Mineralien von allen Richtungen her erfaßt hat, unbekümmert um deren kristallographischen Bau. Sie ist der Ausdruck der Ubiquität von wandernden und sich absetzenden Lösungsmassen und einer den ganzen Gesteinskomplex durchsetzenden stofflichen Beeinflussung während der Metamorphose. Dies ist besonders im Verhalten des Quarzes recht deutlich, mit dem dasjenige des Albites im zeitlichen wie auch im räumlichen Sinne vollständig identisch ist. An den *nicht orogen durchbewegten* Vorkommnissen dagegen ist die *metasomatische Verdrängung* durch den Quarz ausgesprochen an *bestimmte Bahnen* gebunden, sie benützt vor allem die Spaltsysteme der Karbonspäte und setzt von da aus, immer die ausgesprochene Spaltbarkeit benützend, ihre Wirksamkeit fort.

Strukturverhältnisse, wie wir sie als alpin metamorph kennen gelernt haben, sind aber nicht für alle in den Alpen auftretenden Erzgänge charakteristisch. Eine ganz vorläufige Untersuchung von Dünnschliffen der Ergänge aus dem *Malcantone* westlich Lugano demonstriert ihre völlig normalen unveränderten stofflichen und strukturellen Verhältnisse. Schon *Schmidt*[29]) hat darauf aufmerksam gemacht, daß diese Gänge eine auffällige Parallelität mit denjenigen von Gondo und Formazzola besitzen und daß diese Richtung *quer* zum Alpenstreichen verläuft. Mikroskopische Beschaffenheit und Auftreten im Gelände sprechen gemeinsam für eine *posttektonische Ausfüllung von Querspalten.* Somit müssen sie das Aussehen *normaler Erzgänge* aufweisen.

Auf Seite 196 haben wir auf den Reichtum des Quarzes an Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen hingewiesen. Im allgemeinen ist ein solcher ein kennzeichnender Begleiter von Mineralien, die bei hoher Fluidität ihrer Lösungen entstehen, wie sie also für die pneumato-

[29]) Texte explicat. lit. cit., S. 208.

lytische Phase typisch sind. Bei pneumatolytischer Entstehung unserer Gänge müßten wir aber viel innigere Wechselbeziehungen zwischen Gang und Nebengestein erkennen können, als sie hier vorliegen. *Die erzabsetzenden Lösungen waren in unseren Fällen nicht pneumatolytischer Art;* der Reichtum an den erwähnten Einschlüssen kann somit nicht in der pneumatolytischen Entstehung begründet liegen: Die sehr langsam vor sich gehenden dislozierenden Vorgänge nämlich, die sich *während der Metamorphose* bei erhöhter Temperatur vollzogen, waren sicher imstande, eine *Menge Gase und Dämpfe frei zu machen,* welche bei der Rekristallisation wieder occludiert wurden. Dies kommt besonders für den in den Sedimenten enthaltenen Wassergehalt und für die Kohlensäure der karbonspätigen Gangart in Betracht. Letztere erscheint ja auch besonders stark ankorrodiert und zerfressen.

D. Zusammenhang mit Eruptivgesteinen.

In der modernen Lagerstättenlehre gilt die Abhängigkeit der Erzgänge von magmatischen Eruptionsvorgängen als erwiesen; desgleichen auch die Abhängigkeit der Erzführung vom chemischen Charakter des koordinierten Magmas. Letztere ist jedoch nicht für alle Magmen eine gleich strikte: Sind Sn, Mo und Wo ausgesprochene Ableger saurer Magmen, Cr, Ni und Pt solche von basischen, so gehören eine Reihe von Metallen, so teilweise Ni und Co, Cu, Zn und Pb, bald mehr dem einen, bald mehr dem andern Magmachemismus zu. Es ist dies ja auch durchaus verständlich, da ja alle Magmen ihrerseits, auch wieder nur durch verschiedene Differentiationsprozesse voneinander getrennt, blutsverwandt sind. Die verwandtschaftliche Natur der verschiedenen Metalle zu bestimmten Magmen mag großenteils auch durch bestimmt geartete Differentiationsvorgänge und Lage der Magmabassins in Bezug auf das metallreichere Erdinnere bedingt sein, wie dies neuerdings *Spurr*[30]) hervorhebt. Zur Beurteilung des Gebundenseins des Erzes an das magmatische Gestein dürfen nicht nur diese beiden berücksichtigt, sondern es muß der ganze *petrographische Erscheinungskomplex im Ganzen* betrachtet werden. Da zeigt es sich nun, daß die basischen Magmen alle mineralisatorenarme Erzgänge liefern mit vorwiegend spätiger Gangart. Als Transportmittel für die Metalle dienten karbonatische, sulfidische und arsenidische Lösungen.

---

[30]) l. c. Kapitel X, S. 431 – 485.

Solche Verhältnisse sehen wir z. B. in *Kanada* verwirklicht.[31]) Weit über den eigentlichen „Cobalt Distrikt" hinaus ist das ± massenhafte Auftreten der karbonatischen Co-Ni-Gänge an den „Nipissing Diabas" gebunden, der, als jüngstes Eruptivgestein (Ober- oder posthuron Keewenawan), als flach liegende, bis 350 m mächtige Masse die älteren Schichten durchdringt. Die sehr silberreichen Gänge führen: Ged. Ag, ged. Bi, Nickelin, Chloanthit, Smaltin, Argentit, Millerit, Arsenkies, Kobaltin, Dyskrasit, Pyrargyrit, Proustit und Tetraedrit. Abgesehen von den Ag-Erzen ist die Mineralführung mit derjenigen unserer Co-Ni-Erze eine sehr ähnliche. Auch vorwiegend karbonatischer Natur, doch noch deutlichere Übergänge zu kupferführenden Gängen aufweisend, sind die von *Bastin*[32]) beschriebenen Vorkommen von *Wickenburg* in Arizona. Neben Nickelin und Chloanthit bricht reichlich Kupferkies, Pyrit, Arsenkies, etwas Bleiglanz und Zinkblende mit ein. Die wahrscheinlich präkambrischen Schichten sind reichlich von Diabas durchsetzt, welcher auch hier der Erzlieferant gewesen sein muß. Die kupferreichen Verdrängungsgänge der Bonanza Mine in Alaska, vorwiegend Bornit, Enargit, Chalkosin und Chalkopyrit führend, sind ebenfalls eng an Grünsteine geknüpft.[33])

Auch die von *P. Groth*[34]) kurz skizzierten Vorkommen von *Allemont* in den französischen Alpen scheinen eng mit den dort erwähnten Amphiboliten zusammenzuhängen. Diese Lagerstätte dürfte in jeder Beziehung mit den Co-Ni-Gängen unseres Gebietes die allergrößte Ähnlichkeit haben; etwas abweichend ist nur der hohe Ag-Gehalt. Sie stellt zweifellos auch eine alpin metamorphe Lagerstätte dar. Auch die norwegischen Vorkommen von *Modum* und die schwedischen von *Gladhammer, Vena* und *Tunaberg*[35]) scheinen in engem Abhängigkeitsverhältnis zu gabbroiden Gesteinen bezw. zu deren metamorphen Fazies, zu Amphiboliten, zu stehen. Von den *Siegerländer Gängen* hat *Bornhardt* wahrscheinlich gemacht, daß sie zur Ganggefolgschaft der devonischen Diabase ge-

---

[31]) *Müller, W. G.:* „The cobalt-nickel arsenides and silver deposits of Temiskaming". Rep. Bur. of Mines, vol. XVI, 1907, ferner lit. cit., S. 198 vorl. Arbeit.

[32]) *Bastin, E. S.:* „Primary native silver ores near Wickenburg, Arizona u. s. w." U. S. G. S. Bull. 735 E, 1922.

[33]) *Batemann and Mc. Laughlin:* „Geology of ore deposits of Kennecott Alaska". Ec. geol. 1920.

[34]) *Groth, P.:* „Die Minerallagerstätten des Dauphiné". Sitzber. math. natw. Kl. Akad. d. Wissensch. 1885, S. 381.

[35]) *Beyschlag, Krusch u. Vogt:* „Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien u. Gesteine". 2 Bd., 2. Aufl., S. 793.

hören, und dasselbe hat *Woldřich*[36]) von den Cu, Co und Ni führenden Spateisensteingängen der Gegend von *Dobschau* getan. Diese letztgenannte Lagerstätte scheint außerdem für uns noch insofern von besonderer Bedeutung zu sein, als sie in einem metamorphen Gebirge von alpinem Typus liegt. Auch dort spielen neben dem Spateisenstein, als dem gewöhnlichen Gangmineral, Turmalin, Chlorit, Rutil, Titanit und Muskovit (vereinzelt auch Baryt) eine Rolle. Man bekommt den Eindruck, als ob dort wie bei uns der Turmalin mit den übrigen Ti- und H_2O-haltigen Mineralien erst später, während der Metamorphose, hinzugekommen wären. Ob es sich bei dem von *C. Sagui*[37]) beschriebenen Kupfererzvorkommen der *Bottino*-Grube ebenso verhält, ist trotz alpiner Ähnlichkeit doch sehr fraglich, da die dortigen apuanischen Alpen schon unter bedeutendem Einfluß der Aktivität eines sehr jungen Vulkanismus stehen. *Sagui* nimmt für diese Lagerstätte den Turmalin als ein in der Tiefe gelöster Bestandteil der kristallinen Schiefer an, der dann später durch gelinde erwärmte Wässer wieder in die höheren Zonen gebracht worden sei, ähnlich wie sich die Erze gebildet haben sollen (Chalkosin primär und rhombisch!).

Nach den bisherigen Betrachtungen darf man durchaus berechtigt sein, unsere *Ganglagerstätten als die apomagmatischen Bildungen* basischer Intrusionen anzusehen, welch' letztere zur Trias-Jurazeit im penninischen Becken stattfanden und welche die basischen Vorläufer des tertiären südalpinen Vulkanismus darstellen. Ihr Mineralabsatz erfolgte wohl unter hydrothermalen Bedingungen teilweise mit Einschlag in perimagmatische Verhältnisse. Die *Lösungsmittel der metallischen Anteile* waren *karbonatische, sulfidische* und *arsenidische wässrige Lösungen,* die wir aber nicht als das Produkt von Auslaugungs- und Konzentrationsvorgängen aus den basischen Eruptiva (segregated veins) ansehen können, welche durch tief zirkulierende und erwärmte Wässer bewirkt worden wären.

Die Fahlbänder sind von den Gangbildungen unabhängige Erzträger; in der Regel beherbergen sie bloß geschwefelte Eisenerze, welche wohl den während der Metamorphose umkristallisierten primären Metallgehalt der Sedimente darstellen, die in der Nähe der Erzgänge von letzteren aus gelegentlich in geringem Maße Stoffzufuhr erhielten.

---

[36]) *Woldřich, J.:* „Montanistisch geol. Studien aus dem Zips Gomörer Erzgebirge". Bull. intern. Ac. scienc. Prag 1913.

[37]) *Sagui, C. L.:* „Primary and secondary ores of the Bottino Mines, Italy". Ec. geol. 1924, S. 543.

Den erwähnten primären Ganglösungen gesellten sich bei *weiterem Temperaturabfall sulfatische Lösungen* hinzu und führten die Bildung von Baryt herbei, dem wir auf den Blei-Zinkgängen massenhaft und auch, allerdings bedeutend spärlicher, auf den Kupfergängen begegneten. Auch in Verbindung mit den Co-Ni-Gängen wird er in der früheren Literatur erwähnt. Die vorwiegend Cu- oder vorwiegend Co-, Ni- oder fast ausschließlich Zn-Pb-haltigen Gänge sind keine voneinander getrennte Bildungen, sondern sind innig miteinander verschweißt. Das Vorwiegen besonderer Metalle in den verschiedenen Gängen repräsentiert eher bestimmte Bildungstiefen oder bestimmte Temperaturgradienten. Das Fahlerz verbindet die Pb-Zn-Gänge mit den Cu-Bi-Gängen; Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies, obgleich nur in geringen Mengen im Kaltenberger Vorkommen angetroffen, vermitteln nach den vorerwähnten Gängen hin. Es wird sich hier allerdings wohl kaum eine so definitive Präzisierung geben lassen, wie das für die Dobschauer Gänge möglich ist, wo die Cu-Gänge nach der Tiefe in die Co-Ni-Gänge übergehen. Da die sächsisch-böhmischen Co-Ni-Gänge einem chemisch andersgearteten Stammagma zuzuordnen sind, welche überdies mit den Zinnsteingängen in enger Verwandtschaft stehen, so erscheinen nach dieser Richtung hin Analogieschlüsse weniger erlaubt zu sein.

Da die penninische Sedimentserie stets eine schwache Stelle der Erdrinde bedeutete, so war es auch möglich, daß später während der kräftigsten gebirgstürmenden Vorgänge die leichtflüchtigsten Bestandteile eines inzwischen nach erhöhter Azidität hin differenzierten, in der Tiefe sich befindlichen Magmas, mit emporgerissen wurden. Sie mögen vor allem die Ursache der Turmalinisierung und der stellenweisen Imprägnierung mit Apatit gewesen sein, vielleicht gilt dies in gewissem Sinne auch für Albit und Quarz. Bei den beiden letzterwähnten ist allerdings die Wahrscheinlichkeit die größere, daß sie lediglich Lösungsumsatzprodukte der eigentlichen Dislokationsmetamorphose bedeuten.

Zusammenfassung.*)

1. Die Erzgänge des Val d'Anniviers sind hauptsächlich braunspätige Cu-Bi- und Co-Ni- und Pb-Zn-Gänge, die gelegentlich

*) *Anmerkung:* Die Erörterung der mineralparagenetischen und strukturellen Verhältnisse hat erkennen lassen, daß zu ihrer eindeutigen Erklärung die Untersuchungen noch fortgesetzt werden müssen, was auch vom Verfasser beabsichtigt ist; es wird somit bei erweiterter Basis die Möglichkeit gegeben sein, auf die einen oder andern Punkte dieses Aufsatzes wieder zurückzugreifen.

auch vorwiegend quarziger oder barytischer Natur sein können (St. Luc-Chandolin). Sie stellen meist typische Lagergänge, seltener Transversalgänge dar.

Alle diese Erzgänge gehören einer metallogenetischen Einheit an und entsprechen den apomagmatischen hydrothermalen Phasen des basisch-ophiolitischen mesozoischen Vulkanismus.

Die Metalle Cu, Fe, Co, Ni, Pb, Zn, Bi wurden hauptsächlich durch arsenidische, dann auch durch sulfidische, karbonatische und vielleicht auch sulfatische Lösungen emporgebracht.

2. Verschiedene Mineralparagenesen deuten darauf hin, daß mineral- und gesteinsumbildende Vorgänge während der alpinorogenen Bewegungsphase als wichtige Faktoren angesehen werden müssen. Damit steht auch das makroskopische Aussehen der Gänge und ihre ganze geologische Stellung in Übereinstimmung.

An der Grenze der Lagergänge zum Nebengestein war die mechanische Durcharbeitung des Gesteinskomplexes die kräftigste und die Lösungsumsätze am intensivsten (Laminierung, Verquarzung, Albitisierung und Serizitisierung). Nebengestein und Ganggestein zeigen Abbildungskristallisation, d. h. in der Regel ging der Neukristallisation aus den Umsatzlösungen die Durchbewegung voraus. Nachkristalline Bewegung ist seltener. Tiefgreifende Bewegung vermochte unter Umständen leichtflüchtige magmatische Bestandteile zu mobilisieren und abzusetzen. Dies führte etwa zu folgenden Mineralkombinationen: Braunspat, Albit, Apatit, Quarz, Turmalin, Serizit, Chlorit, grüne Hornblende, Strahlstein, Rutil u. s. w. Diese Mineralien gehören also nicht alle zum primären braunspätigen Gangtypus.

Aber auch die Transversalgänge sind älter als die tertiäre Gebirgsbildung; ihre hauptsächlich aus rhomboedrischen Karbonaten bestehende Gangfüllung war infolge der diesen Mineralien eigenen Translationsfähigkeit imstande, ihnen diesen Charakter zu bewahren.

Außer den Gangmineralien zeigen auch die Erze Veränderungen, die teilweise sicherlich allometamorphen und nicht autometamorphen Charakters sind, nämlich:

a) Die innerstrukturellen Verhältnisse des Bornites deuten auf Bildung bei höherer Temperatur hin als sie sonst gewöhnlichen Braunspatgängen zukommt. Erhöhte Löslichkeit des Bornites für Kupferkieslösung während der Metamorphose und nachherige Entmischung waren die Folgen der Temperaturänderungen während und nach der Metamorphose.

b) Neubildung von Eisenglanz und nachfolgende Umwandlung zu Magnetit in den Co-Ni-Gängen.
c) Die äußerst innige Mischung von Zinkblende, Bleiglanz, Fahlerz und Gangart in den dichten grauen Gangvarietäten von Moulins-St. Luc.

Andere Erscheinungen, insbesondere die Zementation des Pyrites durch Kupferkies, dann auch durch Zinkblende und Bleiglanz sind mit geringerer Sicherheit als allometamorph zu präzisieren; sie dürften aber sehr wahrscheinlich mit ihrem so ausgesprochen zementativen und so kräftig korrodierenden Verhalten auch als solche angesprochen werden. Inwieweit die übrigen Strukturverhältnisse der Erze untereinander metasomatischen Erzverdrängungen, wie sie autometamorphen Vorgängen eigen sind, heute noch entsprechen, ist bis jetzt noch schwer zu beurteilen, angesichts der Tatsache, daß die meisten Erze gegenüber den sicher allometamorphen Mineralien (Albit, Chlorit etc.) jüngeres Alter zu repräsentieren scheinen.

3. Der Erzgehalt, besonders der Co-Ni-Gänge, ist sehr komplexer Natur. Die aus früheren Untersuchungen dieser Lagerstätten stammenden Bezeichnungen „Speiskobalt" und „Weißnickelkies" entsprechen in den wenigsten Fällen der Wahrheit. „Weißnickel" kommt verhältnismäßig wenig vor und stellt ein Entmischungsprodukt in Co-Erz dar, „Speiskobalt" ist ein dreikomponentiges Gemisch verschiedener Co-Erze, unter welchen auch anisotrope Glieder und reichlich Kobaltglanz vertreten sind. Fast ohne Ausnahme sind die Co-Ni-Erze ± stark mit fein verteiltem Magnetit vermischt.

Der Wismutgehalt der Kupfergänge ist großenteils durch miteingewachsenen Wismutglanz bedingt. Auch diese Gänge weisen enge Verwachsung ihrer Komponenten auf.

Mineralog.-petrograph. Institut Univ. Bern, Mai-Juni 1925.