

BEITRÄGE
ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

GEOTECHNISCHE SERIE, 22. LIEFERUNG

*Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der
Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft*

Die Kupfer-Wismut-
Lagerstätten im oberen
Val d'Anniviers (Wallis)

Von Eduard Halm

KOMMISSIONSVERLAG:

KÜMMERLY & FREY AG., GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN

1945

DRUCK VON ASCHMANN & SCHELLER AG., BUCHDRUCKEREI ZUR FROSCHAU, ZÜRICH

BEITRÄGE ZUR GEOLOGIE DER SCHWEIZ

GEOTECHNISCHE SERIE, 22. LIEFERUNG

*Herausgegeben mit Subvention der Eidgenossenschaft von der
Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft*

Die Kupfer-Wismut- Lagerstätten im oberen Val d'Anniviers (Wallis)

Von Eduard Halm

KOMMISSIONSVERLAG:

KÜMMERLY & FREY AG., GEOGRAPHISCHER VERLAG, BERN

1945

DRUCK VON ASCHMANN & SCHELLER AG., BUCHDRUCKEREI ZUR FROSCHAU, ZÜRICH

Vorwort der Geotechnischen Kommission.

In der Sitzung vom 16. Dezember 1944 legte Herr Dr. E. HALM der Geotechnischen Kommission seine Promotionsarbeit an der Universität Bern über die Kupfer-Wismut-Lagerstätten im obern Val d'Anniviers (Wallis) vor, mit dem Ersuchen um Aufnahme in die Beiträge. Da die Arbeit im Sinne des Programmes der Kommission abgefaßt ist, wurde dem Gesuche entsprochen. Eine sofortige Drucklegung des Manuskriptes, das Untersuchungsergebnisse von aktueller Bedeutung enthält, wäre aber der Kommission ohne größere finanzielle Mithilfe nicht möglich gewesen. Die Geotechnische Kommission ist deshalb der Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich-Oerlikon, und dem Jubiläumsfonds E.T.H. 1930 (Präsident: Prof. Dr. A. ROHN) für ihre große Unterstützung sehr zu Dank verpflichtet. Ganz besonders dankt sie Herrn Dr. H. SCHINDLER, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon für persönliche Bemühungen. Die Kommission dankt auch dem Autor für seinen Beitrag an die Druckkosten.

Für den Inhalt von Text und Figuren ist der Verfasser allein verantwortlich.

ZÜRICH, Juli 1945.

Für die Geotechnische Kommission
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft

Der Aktuar:
Dr. F. de Quervain.

Der Präsident:
Prof. Dr. P. Niggli.

Inhaltsverzeichnis.

I. Einleitung	1
A. Vorwort	1
B. Problemstellung	2
C. Geologische und lagerstättenkundliche Übersicht	2
II. Geologie und Petrographie des Massif de Sorebois	4
A. Stratigraphie	5
B. Tektonik und Morphologie	6
C. Die einzelnen Zonen und ihre Gesteine	8
1. Die karbonatführenden Serizit-Chloritschiefer (Zone 1)	9
2. Die albitporphyroblastischen Glimmerschiefer mit eingelagerten Amphiboliten (Zone 2)	13
3. Die Amphibolite mit aplitisch-pegmatitischen Injektionen (Zone 3)	17
4. Die Serizit-Chlorit-Gneise und -Schiefer mit eingelagerten Muskowit-Turmalin-Pegmatiten (Zone 4)	26
5. Die Serizit-Chloritschiefer mit eingelagerten Amphiboliten (Zone 5)	30
6. Die Amphibolite	31
D. Petrogenetische Betrachtungen	34
III. Die Erzvorkommen	39
A. Die Mine Baicollion	40
1. Lage	40
2. Ausdehnung und Erzvorrat	41
3. Die Tektonik im Gebiete der Mine	42
4. Die Gangform	42
5. Inhalt der Lagerstätte	43
a) Chemismus	43
b) Die einzelnen Mineralien	45
Erze	45
Gangarten	48
c) Erztypen (Gangstufen)	52
6. Die Pyritbänder	60
7. Das Nebengestein	60
B. Die Mine Zirouc	61
C. Die Mine Biolec	62
D. Die Mine Pétolliou	66
E. Die Minen Bourimont und Lapine rousse	69
F. Allgemeine Betrachtungen	69
1. Bildungsgeschichte der Lagerstätten	69
2. Einordnung der Lagerstätten in die Entwicklungsgeschichte des ganzen Gesteinskomplexes	72
3. Vergleich mit andern Lagerstätten	74
IV. Zusammenfassung	76
V. Anhang: Historisches und Technisches	77
A. Historische Notizen über den Bergbau im Val d'Anniviers	77
B. Die geschichtliche Entwicklung der Mine Baicollion	78
C. Der Abbau der Erze	81
D. Die Aufbereitung der Erze	82
E. Die Verhüttung der Erze	82
Literaturverzeichnis	89

I. Einleitung.

A. Vorwort.

Die vorliegende Arbeit wurde 1942 auf Veranlassung von Herrn Prof. Dr. H. HUTTENLOCHER unternommen und im März 1944 abgeschlossen. Die Sommermonate der Jahre 1942 und 1943 waren hauptsächlich der Kartierung und der Felduntersuchung des Nebengesteins gewidmet. Vom November 1942 bis April 1943 hatte ich als Assistent des Betriebsleiters der Mea. Metallminen AG., Grimentz, und später als Grubengeologe der gleichen Gesellschaft Gelegenheit, den Hauptgegenstand meiner Arbeit, die Lagerstätte von Baicollion, gründlich kennen zu lernen. Die Verarbeitung der gesammelten Gesteine und Erze erfolgte im Mineralogischen und Petrographischen Institut der Universität Bern unter der Leitung von Herrn Prof. HUTTENLOCHER.

Zu herzlichem Dank verpflichtet bin ich vor allem meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. H. HUTTENLOCHER, der nicht nur jederzeit meine Arbeit fördernd unterstützte und anregte, sondern mir auch durch wohlwollendes Entgegenkommen über die vielen kriegsbedingten Unterbrüche in meinem Studium hinweghalf. Herrn Dr. Th. HÜGI verdanke ich mehrere Analysen und die gründliche Einführung in die Methoden der chemischen Gesteins- und Erzuntersuchungen. Zwei Analysen wurden von Herrn Dr. BECK ausgeführt. Herr P.-D. Dr. NOWACKI hatte die Freundlichkeit, einige meiner Mineralien röntgenologisch auszuwerten. Für mannigfache Ratschläge und Anregungen danke ich den Herren Prof. Dr. J. CADISCH und Prof. Dr. GÜNZLER-SEIFFERT.

Ganz besondern Dank schulde ich Herrn HÄNSLER, dem Chemiker und Betriebsleiter der Mea. Metallminen AG., Grimentz, als dessen Assistent ich abwechselungsweise die Chargen eines Bürolisten, Laboranten, Mineurs, Vorarbeiters und Grubengeologen bekleidete. Die abenteuerlichen Zeiten, die ich dort oben auf 2000 m Höhe in der lawinenumtosten Baracke inmitten einer unglaublich harten Gesellschaft von Walliser Bergarbeitern verlebte, werden mir unvergesslich bleiben. Auch Herrn Bergingenieur CH. FINK bin ich zu großem Dank verpflichtet. Er brachte mir, oft auf recht bodenständige und handgreifliche Art, etwas von seiner Bergmannskunst bei. So war es mir vergönnt, unter seiner Oberaufsicht die Aufschließungsarbeiten längere Zeit nach eigenem Gutdünken selbst zu leiten.

Herr Dr. J. KREBS machte mich in äußerst zuvorkommender Weise auf die Anwendungsmöglichkeiten der Photogrammetrie in meinem Gebiete aufmerksam, die mir bei der Kartierung große Dienste leistete. Ohne die freundliche Fürsprache von Herrn Prof. Dr. P. NIGGLI wäre es mir unmöglich gewesen, meine Untersuchungen in diesem Umfang und mit dieser Ausstattung zu veröffentlichen. Ihm und Herrn Dr. F. DE QUERVAIN, welcher mir bei der Drucklegung wertvolle Hilfe leistete, möchte ich meinen besten Dank aussprechen. Herrn Dr. H. SCHINDLER, Direktor der Maschinenfabrik Oerlikon, bin ich herzlich dankbar für die großzügige Unterstützung, welche er meiner Arbeit gewährte.

Das von Herrn Prof. Dr. H. HUTTENLOCHER seinerzeit zum Teil im Auftrag der Geotechnischen Kommission der S. N. G. gesammelte und noch unbearbeitete Material, sowie die von meinem Studienkameraden FELIX GILLIÉRON angelegte Gesteinssammlung aus dem Turtmanntal boten mir sehr wertvolle Erweiterungen der Untersuchungsgrundlagen.

Die vielen Dünn- und Anschliffe wurden in vorbildlicher Weise von Herrn INDINGER hergestellt.

B. Problemstellung.

Die verschiedenen Erzlagerstättentypen und ihre Abhängigkeit von tektonischen und magmatischen Erscheinungen wurden von HUTTENLOCHER im gesamten Bereiche der Westalpen studiert und in ihren großen Zusammenhängen verfolgt [42—48]. Der eingehenden Erforschung einzelner Lagerstätten ist es nun überlassen, weitere interessante Beziehungen aufzudecken und abzuklären.

Die Cu-Bi-Lagerstätten des obern Val d'Anniviers waren wegen ihrer geringen wirtschaftlichen Bedeutung lange nur wenig bekannt, und erst HUTTENLOCHER machte auf ihre wissenschaftliche Sonderstellung aufmerksam.

Die metamorphen Eigenschaften und die sonst selten gefundene Mineralassoziation mit ihrer konstanten erheblichen Wismutführung ließen eine genauere Untersuchung der Vorkommen und besonders ihrer Erze interessant erscheinen. Der geologische und petrogenetische Zusammenhang der verschiedenen Lagerstätten und ihre Beziehungen zum Nebengestein waren noch unbekannt. Ebenso lagen über Geologie und Petrographie der Umgebung nur sehr allgemein gehaltene Berichte vor, die für eine genaue Bewertung der Erzvorkommen vollständig ungenügend waren.

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag zur Lösung dieser Fragen leisten.

C. Geologische und lagerstättenkundliche Übersicht.

Die geologischen Verhältnisse unserer Gegend können in der Karte von F. W. HERMANN [39] übersehen werden. Im Norden und Osten schließt sich die Dt.-Blanche-Karte von E. ARGAND [1] an. Einen guten Einblick in den Gebirgsbau gewähren die halbschematischen Profile von ARGAND, die in den Einführungen (Fasz. III) des Geologischen Führers der Schweiz enthalten sind [75]. Einen etwas größeren Rahmen bildet Nr. 22 der Profilserie zur Spezialkarte Nr. 64 von ARGAND [4]. Außerdem enthält der Postführer durch das Val d'Anniviers ein ausgezeichnetes geologisches Profil [57]. Das Gebiet von St-Luc—Bella-Tola wurde von JEAN SIGG [66] gründlich untersucht.

Die gegen Norden vom Massiv der Dt. Blanche auslaufenden Täler des Unterwallis, das Val d'Hérens, das Val d'Anniviers und das Turtmanntal, zeigen alle analoge Profile, indem sie den mächtigen penninischen Deckenkomplex nahezu senkrecht zu seiner Faltenachse durchschneiden. Am Ausgang der Täler ins große Rhonetal treffen wir auf den Stirnfächer der St.-Bernhard-Decke mit den vielfach verschuppten Schiefern der zone houillère (Karbonzone Simplonhospiz — Chippis — Großer St. Bernhard). Darüber folgt, ebenfalls nach Süden einfallend, eine komplexe Serie von permischen und triasischen Quarziten und Dolomiten (Pontiskalk). Im Mittelstück der Täler, von unterhalb Vissoie bis Zinal im Val d'Anniviers z. B., herrschen die Casannaschiefer der St.-Bernhard-Decke mit Glimmerschiefern, Para- und Orthogneisen, Amphiboliten und Prasiniten. Die ganze Masse ist im Kleinbereiche stark gefältelt, fällt aber im allgemeinen mit großer Konstanz mit 25° — 35° gegen Süden ein. Auf den Kämmen zwischen dem Val d'Hérens, dem Val d'Anniviers und dem Turtmanntal sind über diesen Glimmerschiefern der St.-Bernhard-Zone, an den Bacs de Bosson und am Roc d'Orzival, ferner am Roc de Budri und an der Bella-Tola, die Reste von Perm- und Triasgesteinen erhalten, die den Glimmerschiefern normal auflagern. Mit den Glimmerschiefern südwärts einfallend, erreichen diese Perm- und Triasgesteine bei Evolena und bei Zinal den Talgrund; nordwärts unter ihnen tauchen die kristallinen Schiefer der St.-Bernhard-Zone zur Tiefe. Im Borgnetal ob Evolena, im Annivierstal ob Zinal, werden auf 4—5 km Länge die Quarzite und Kalke von Kalkphylliten (Bündnerschiefer, schistes lustrés) überlagert, in denen mächtige Lagen von Grünschiefern (Diabasschiefern) eingeschaltet sind. Auch die Kalkphyllite verschwinden südwärts unter der Talsohle, und auf diese mesozoischen Gesteine legt sich die gewaltige Masse der von Süden her überschobenen Arollagneise der Dt.-Blanche-Decke. Die Auflagerung der Dt.-Blanche-Gesteine auf den mesozoischen Kalkschiefern zeigt pracht-

volle Erosionsrelikte auf dem Kamm des Roc de Budri (3084 m) zwischen dem Val d'Anniviers und dem Turtmanntal.

In diesem System übereinanderliegender, südwärts einfallender Gesteinskomplexe sind hauptsächlich die Glimmerschiefer der St.-Bernhard-Zone erzführend. Sie enthalten Lagergänge von silberreichem Bleiglanz bei Vatzeret ob Châble, auf Alpe Siviez ob Nendaz und bei Praz Jean im Val d'Hérens. Bei St-Luc, Vissoie, Grimentz und Ayer treten in ihnen Gänge auf, die Kupferkies, Bleiglanz und Fahlerze führen (vgl. auch Sigg 66). Erzgänge mit Nickel-Kobalt-Erzen findet man in den Glimmerschiefern ob Ayer und im Hintergrund des Turtmanntales. Vereinzelt ist das Auftreten von kupferkieshaltigen Quarzbänken in den Diabasschiefern bei La Lex (Allée) ob Zinal.

Die Eigenart der westalpinen Mineralisation mit ihrer allgemeinen Armut an Schwermetall-Lagerstätten ist, wie HUTTENLOCHER in seiner Arbeit über „Die Erzlagerstätten der Westalpen“ [45] ausführlich darlegt, hauptsächlich durch drei Faktoren bedingt. Nämlich durch die eigenartige Tektonik dieses Gebirgstiles mit seinem dichtgedrängten Faltensystem, durch die verhältnismäßig schwache magmatische Durchdringung während der Orogenese und schließlich durch die, die Westalpen aufbauenden, kalkarmen Sedimente, welche zur Fixierung von Erzlösungen wenig geeignet sind.

Die Tektonik ist nicht nur für die Bildung der großen Erzprovinzen im mediterranen Kettengebirge verantwortlich, sondern auch für die zonale Verbreitung der Erzminerale im engbegrenzten westalpinen Raum. HUTTENLOCHER teilte die Erzlagerstätten nach ihrer räumlichen Verbreitung und nach ihrem Mineralgehalt von der Externseite des Alpenbogens zur Internseite in vier Zonen ein. Die Lagerstätten innerhalb der einzelnen Zonen sind in bezug auf Mineralisation und Genese sowie Petrographie und Tektonik der Umgebung eng verwandt.

Die hydrothermale, sulfidisch-karbonatische Externzone (Zone 1) umschließt die ganze Externseite des Alpenbogens und die benachbarten penninischen Gebiete. Ihre großen tektonischen Merkmale sind Schuppenstruktur, Stirnzerklüftungen und Schieferflächen mit alpineinwärts in die Tiefe weisenden Bewegungs- und Zirkulationsbahnen.

In dieser Zone liegen die Kupfer-Wismut-Lagerstätten des obern Val d'Anniviers, die hier eine nähere Untersuchung erfahren sollen.

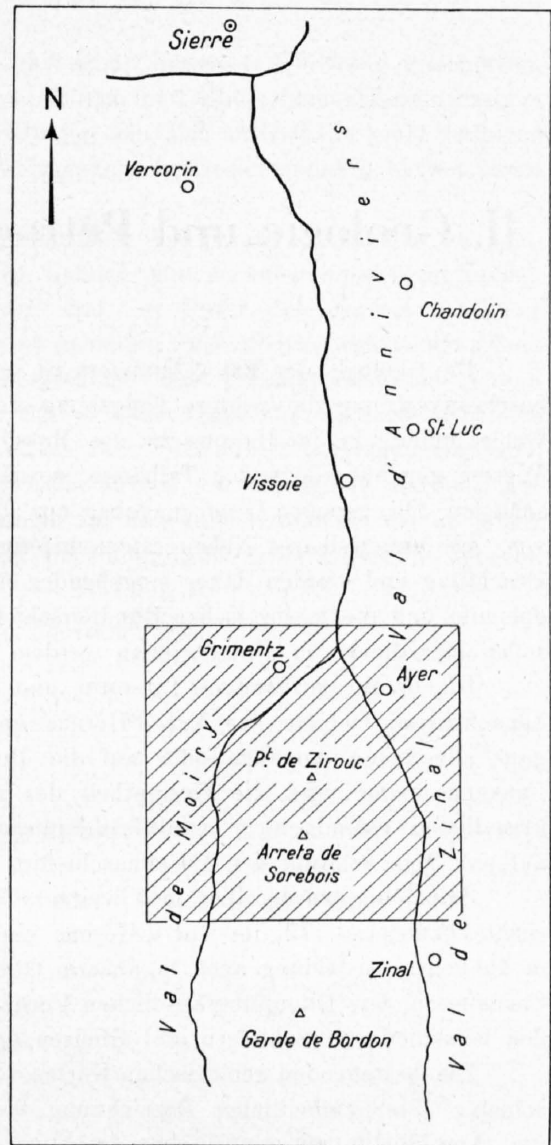


Fig. 1. Übersicht 1:150 000
Schraffiert: Untersuchtes Gebiet.

II. Geologie und Petrographie des Massif de Sorebois.

Die Geologie des Val d'Anniviers ist in ihren großen Zügen bekannt und wir durften uns darauf beschränken, nur die weitere Umgebung der Lagerstätten genauer zu untersuchen. Das bearbeitete Gebiet umfaßt in der Hauptsache das Massif de Sorebois mit der Pt. de Zirouc und die im Osten und Westen gegenüberliegenden Talhänge, soweit sie für das Erfassen größerer Zusammenhänge wichtig schienen. Die genauen Grenzen gehen aus der aufgenommenen geologisch-petrographischen Karte hervor. Als unmittelbares Nebengestein unserer Erzkvorkommen verdienen die Casannaschiefer besondere Beachtung und werden daher eingehender studiert. Die überlagernden brekziösen, gipsführenden Triasdolomite und die mesozoischen Bündnerschiefer (*schistes lustrés*) samt ihren magmatischen Einschlüssen sollen hier nicht näher beschrieben werden.

Die bereits vorhandene Literatur über Geologie und Petrographie des Val d'Anniviers und der benachbarten Gebiete des Val d'Hérens und des Turtmanntales beschränkt sich hauptsächlich auf ganz allgemeine Angaben oder auf die Beschreibung vereinzelter Gesteinstypen. Mit dem Namen Casannaschiefer wird die Gesamtheit der metamorphen Gesteine bezeichnet, die, zwischen orthokristallinem Grundgebirge und Triasbuntsandstein liegend, die St.-Bernhard-Decke (Mischabeldecke) aufbaut. Man schreibt den Casannaschiefern im allgemeinen permokarbonisches Alter zu.

Seit jeher wurde aber eine weitere Unterteilung dieses Schieferkomplexes angestrebt. So versuchte WEGMANN [72] im Val d'Hérens eine systematische Einteilung der Gesteine, die größtenteils in ähnlicher Ausbildung auch in unserm Gebiet zu finden sind. Er unterschied „ältere“ und „jüngere“ Casannaschiefer. Die unübersichtlichen Verhältnisse ließen aber dort keine klaren Beziehungen zwischen den verschiedenen Schiefern und Gneisen erkennen.

Die bestehenden geologischen Karten von F. HERMANN [39] und E. ARGAND [1] geben die Casannaschiefer unter einheitlicher Bezeichnung, ohne genauere Unterteilung, als „Quarzite, Glimmerschiefer und Amphibolite mit granitischen Injektionen“ wieder.

In den letzten Jahren konnte FELIX GILLIÉRON [34] bei der Bearbeitung der Co-Ni-Lagerstätten am Kaltenberggrat im Turtmanntal ein kontinuierliches Profil aufstellen und die Gesteine in sechs petrographisch verschiedene Zonen einordnen, deren horizontale Ausdehnung leider bisher nicht weiter verfolgt wurde.

Wer sich aber über die Lagerstätten im obern Val d'Anniviers ein zuverlässiges Urteil bilden will, darf sich nicht damit begnügen nur ihren Inhalt genau zu untersuchen, sondern muß auch die groß- und kleintektonischen Verhältnisse der Umgebung und die petrographischen Eigenschaften des Nebengesteins kennen. Als erstes mußte versucht werden, Horizonte aufzufinden, an denen die Tektonik der Gesteinsmasse abgelesen werden konnte. Den Casannaschieferkomplex stratigraphisch zu unterteilen war also die grundlegende Aufgabe, auf der alles weitere aufzubauen hatte.

Hauptsächlich zu diesem Zweck wurde das Gebiet zunächst petrographisch untersucht und in Zonen eingeteilt. Gleichzeitig wurden aber auch die Beziehungen der gefundenen magmatischen Erscheinungen unter sich und zum ursprünglich sedimentären Nebengestein, sowie ihre Metamorphosen eingehend studiert.

In den folgenden Abschnitten A, B und C sollen nur die rein tatsächlichen Verhältnisse dargestellt werden, während Diskussion, theoretische Erwägungen und mehr persönliche Anschauungen streng getrennt davon im Abschnitt D zusammengefaßt sind.

A. Stratigraphie (Fig. 2).

Die stratigraphische Unterteilung soll vor allem möglichst scharf begrenzte Horizonte ausscheiden, die schon kleinere tektonische Störungen, wie Falten, Verwerfungen und Überschiebungen, anzuzeigen vermögen. Diese Horizonte oder Zonen müssen deshalb eindeutig sein, sich im Gelände leicht verfolgen lassen und genügende flächenhafte Ausdehnung besitzen. Petrogenetische Gesichtspunkte bleiben einstweilen beiseite gestellt.

Da die Casannaschiefer nirgends Fossilien führen, kann sich ihre Stratigraphie nicht an paläontologische, in ihrem relativen Alter bestimmte Stufen halten, vielmehr muß sie auf rein petrographischen Unterschieden aufbauen, die an sich zeitlich unbestimmbar sind. — Unter den vorerst scheinbar unzähligen und regellos verteilten Gesteinsvariationen konnten immerhin fünf aufeinanderfolgende Zonen ausgeschieden werden, die den gestellten Bedingungen entsprechen. Das tiefeingeschnittene „Grand Couloir“ am Westhang der Arreta de Sorebois, ungefähr 200 m südlich der Mine Baicolliou, lieferte von 1800—2500 m Höhe ein lückenloses Profil. Es konnte bis zum Punkt 2923 (Arreta de Sorebois) durch Kombination mit benachbarten, besser begehbaren Aufschlüssen vervollständigt werden. Am bequemsten läßt sich aber die Aufeinanderfolge der Gesteine im nahezu horizontalen Val de Moiry studieren, wo die Gougra zwischen der Alpe Zattelet Praz im Süden und ihren Fälen im Norden verhältnismäßig gute Aufschlüsse freigelegt hat.

Von oben nach unten fortschreitend wurden folgende Zonen unterschieden:

(Bündnerschiefer oder schistes lustrés),
(brekziöse, gipsführende Triasdolomite),
(Triasquarzite);

1. karbonatführende Serizit-Chlorit-Schiefer,
2. albitporphyroblastische Glimmerschiefer mit eingelagerten Amphiboliten,
3. Amphibolite mit aplitisch-pegmatitischen Injektionen,
4. Serizit-Chlorit-Gneise und -Schiefer mit eingelagerten Muskowit-Turmalin-Pegmatiten,
5. Serizit-Chlorit-Schiefer mit eingelagerten Amphiboliten.

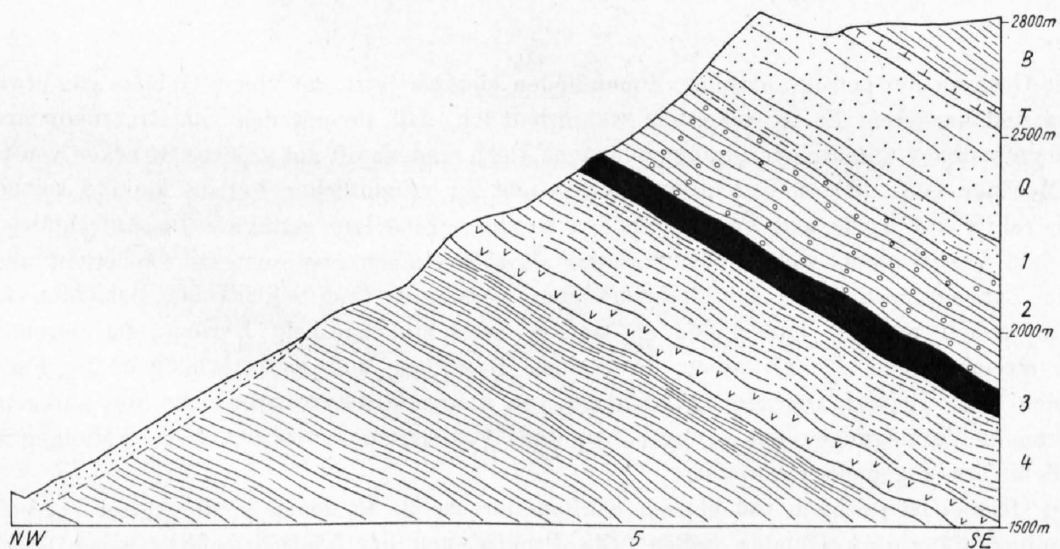


Fig. 2. Geologisch-petrographisches Profil durch die Pt. de Zirouc.

B. Bündnerschiefer. T. Brekziöse, gipsführende Triasdolomite. Q. Triasquarzite.

- | | |
|--|---|
| 1. Karbonatführende Serizit-Chlorit-Schiefer. | eingelagerten Muskowit-Turmalin-Pegmatiten. |
| 2. Albitporphyroblastische Glimmerschiefer mit eingelagerten Amphiboliten. | |
| 3. Amphibolite mit aplitisch-pegmatitischen Injektionen. | 5. Serizit-Chlorit-Schiefer mit eingelagerten Amphiboliten. (Der oberste etwa 60 m mächtige Amphibolit ist durch bes. Signatur hervorgehoben. |
| 4. Serizit-Chlorit-Gneise und -Schiefer mit | |

Diese Gesteinsfolge wurde an allen größeren Aufschlüssen mit sicher ungestörter Lagerung kontrolliert und bestätigt.

Auffallend ist die klare Übereinstimmung mit der Gesteinsserie, die F. GILLIÉRON schon ein Jahr früher im Turtmantal gefunden hatte. Er unterschied sechs stratigraphische Stufen: (Triasquarzite);

1. Zone der karbonatführenden Serizit-Quarzite,
2. Zone der albitporphyroblastischen Glimmerschiefer,
3. Zone der Amphibolite mit aplitischen Schlieren,
4. Zone der Muskowit-Turmalin-Pegmatite,
5. Zone der Chlorit-Serizit-Albit-Schiefer,
6. Zone der prasinitischen Gesteine mit Glaukophan.

Seine unterste Zone, d. h. diejenige der glaukophanführenden prasinitischen Gesteine, ist wahrscheinlich wegen des großen Axialgefälles der penninischen Decken im Val d'Anniviers nicht mehr aufgeschlossen.

Die Gültigkeit der fünf Zonen bleibt natürlich vorläufig auf das hier untersuchte Gebiet beschränkt.

Die einzigen unscharfen Grenzen hat die Zone 1 der karbonatführenden Serizit-Chlorit-Schiefer, die eigentlich nur einen allmählichen Übergang zwischen den Triasquarziten und den albitporphyroblastischen Glimmerschiefern bildet, deren Gesteine aber meist durch schon makroskopisch feststellbaren Karbonatgehalt gekennzeichnet sind.

Es ist nicht immer möglich, einzelne Handstücke bestimmten Horizonten zuzuweisen, da innerhalb der Zonen selbst schon auf geringe Distanzen der Grad von Metamorphose und Diaphtorese stark wechselt und in den verschiedensten Profilstufen zu sehr ähnlichen Gebilden führen kann. Die stratigraphische Stellung der Gesteine kann deshalb oft nur im größeren geologischen Verbande auf Grund der allgemeinen und eindeutigen Zonencharakteristik unter Berücksichtigung der Lagerungsverhältnisse bestimmt werden.

B. Tektonik und Morphologie.

Die Grenzen der petrographischen Zonen ließen sich bis jetzt auf einem Gebiete von etwa 30 km² verfolgen und kartieren. Es ist außerdem wahrscheinlich, daß sie mit den von GILLIÉRON am Kaltenberggrat gefundenen unmittelbar zusammenhängen. Doch sind sie oft auf größere Strecken von Gehängeschutt, Moränen oder dichter Vegetation bedeckt und ihr vermutlicher Verlauf kann in solchen Fällen nur konstruktiv auf Karte und Photo gefunden werden. Trotzdem genügten die Aufschlüsse, um die tektonischen Verhältnisse, welche sich übrigens als sehr einfach erwiesen, mit Sicherheit abzuklären.

Die Zonengrenzen fallen mit Schieferflächen zusammen (von eigentlichen Schichten kann hier nicht gesprochen werden) und bilden als Ganzes betrachtet parallele Ebenen, die durchschnittlich N 60° E streichen und 27° SE fallen. In kleinen Bereichen und hauptsächlich in der Fallrichtung, finden sich aber vielfach starke Abweichungen von diesen Mittelwerten, welche von unregelmäßigen, wellenförmigen Verbiegungen mit geringer Amplitude (10—20 m) herrühren. Feine Fältelung ist zudem in den Schiefen allgemein verbreitet.

Das Gestein ist reichlich von ebenen Klüften durchsetzt, an denen häufig kleine Verschiebungen unter Lettenbildung stattgefunden haben. Die Projektionen der Kluftnormalen ergeben (Fig. 3) fünf deutliche Häufungsstellen, von denen die erste mit dem Pol der Schieferungsrichtung zusammenfällt, die zweite senkrecht zur ersten steht und die übrigen drei beliebig schief orientiert sind. Die Streichrichtungen dieser fünf Kluftsysteme lassen sich näherungsweise in drei Gruppen zusammenfassen, wovon die eine N 150°—160° E sich mit der Richtung des Haupttales und die beiden andern, N 50°—60° E und N 85°—95° E, mit den Richtungen der Seitentäler decken.

Die intensive Zerklüftung bietet den Verwitterungskräften günstige Angriffsflächen. Die Erosion hat die Gebirgshänge mit tiefen Furchen durchzogen, welche Lawinen und Steinschlag zu Tale leiten,

aber nur bei starken Gewittern Wasser führen. Frische Aufschlüsse sind selten, da die chemische Verwitterung meist tief unter die Oberfläche vorgedrungen ist. Die Schiefer zerfallen oft schon beim Anfassen in blättrigen Grus, was das Schlagen frischer Handstücke über weite Strecken verunmöglicht und das Klettern an steilen Felspartien gefährlich macht.

Die morphologisch auffallenden Kesselbildungen am Osthang des Massivs sind als Abbruchnischen von verschiedenen vor- und nacheiszeitlichen Senkungen und Bergstürzen aufzufassen, deren Trümmer vermischt mit glazialen Ablagerungen heute weite Gebiete des anstehenden Gesteins verdecken.

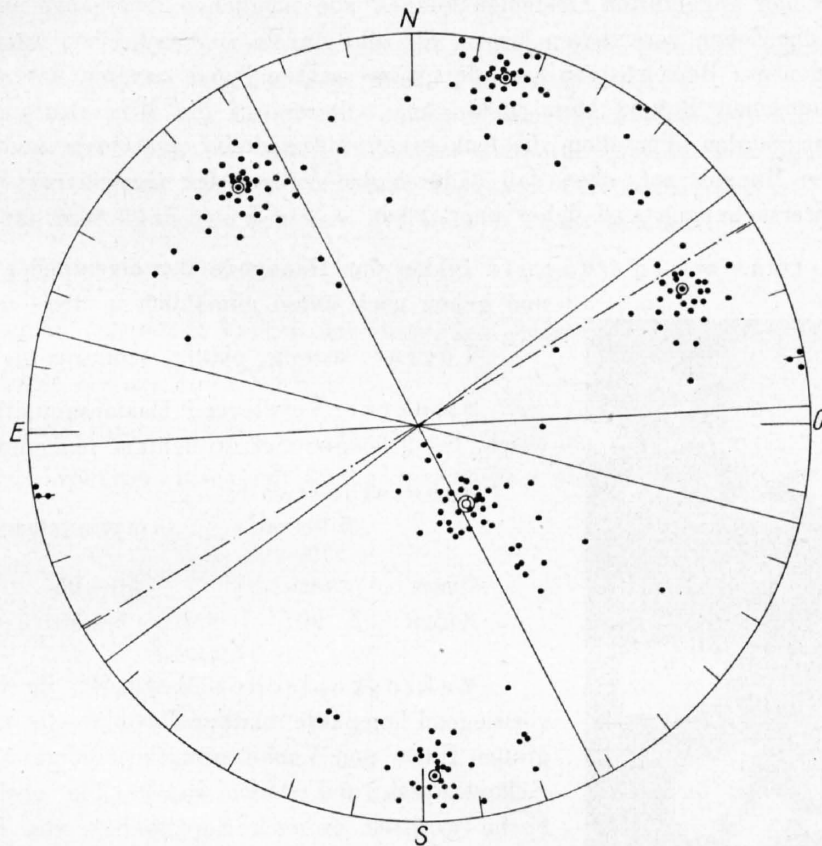


Fig. 3. Darstellung der Klufrichtungen im Gebiete der Pt. de Zirouc.

- : Projektion einer Kluftnormalen (Flächenpol).
 - ⊙ : Schwerpunkt einer Punktgruppe.
 - ⊙ : Pol der Hauptschieferungsfläche, in der Amphibolite, Aplite, Pegmatite und Erzgänge konkordant eingelagert sind.
- Ausgezogene Durchmesser: Streichrichtungen der verschiedenen Kluftsysteme. (Schnittlinie der zu den Schwerpunkten senkrecht stehenden Ebenen mit der Zeichenebene.)
- Strichpunktierter Durchmesser: Hauptstreichen der Schiefer, Amphibolite, Aplite, Pegmatite und Erzgänge.

Eine große Absackung hat in der Umgebung von Biolec vermutlich ein großes Stück des Massivs als Ganzes tiefer verlegt. Dieser Hang ist heute, wahrscheinlich durch nachträgliche kleinere Abbrüche, ausschließlich mit Quarzitblöcken übersät und zeichnet sich durch das gänzliche Fehlen von Quellen aus. Zahlreiche Wasseraustritte sammeln sich an den Grenzen des gestörten Gebietes.

Der Kessel von Pétolliou ist die Abbruchnische eines weitem Bergsturzes, dessen Schutt die kleine Talschwelle bildet, auf der sich die Kapelle von St-Laurent befindet. Die Westseite der Arreta de Sorebois ist frei von solchen jungen Bewegungen bedeutender Ausdehnung.

Von den petrographischen Zonen der Casannaschiefer treten nur stellenweise die Amphibolite

mit sauren Injektionen morphologisch hervor. So durchqueren sie sowohl das Val de Moiry, als auch das Val de Zinal als deutliche Talsperren. Dagegen bilden die leicht verwitternden Triasdolomite oft ebene Talböden oder Alpweiden, auf denen die Bündnerschiefer wieder mit scharfer Begrenzung aufsetzen.

C. Die einzelnen Zonen und ihre Gesteine.

Zwischen den hier angeführten Gesteinen können alle möglichen Übergänge auftreten, die sich mit der Definition der Zonen vereinbaren lassen. Sie alle einzeln zu beschreiben wäre unmöglich und es sollen im folgenden nur Beispiele von besonders interessanten Typen genauer untersucht werden. — Aus dem makroskopischen Befund kann nicht ohne weiteres auf die Mineralzusammensetzung des Gesteins geschlossen werden. Vor allem die leukokraten Bestandteile, wie Quarz und Feldspat, treten in sehr wechselnden Mengen auf, ohne daß dadurch das Äußere des Gesteins wesentlich verändert wird. Dünnschliffuntersuchungen sind daher unerlässlich.

Die permo-triasischen Quarzite bilden das Hangende der eigentlichen Casannaschiefer und gehen nach unten allmählich in diese über.

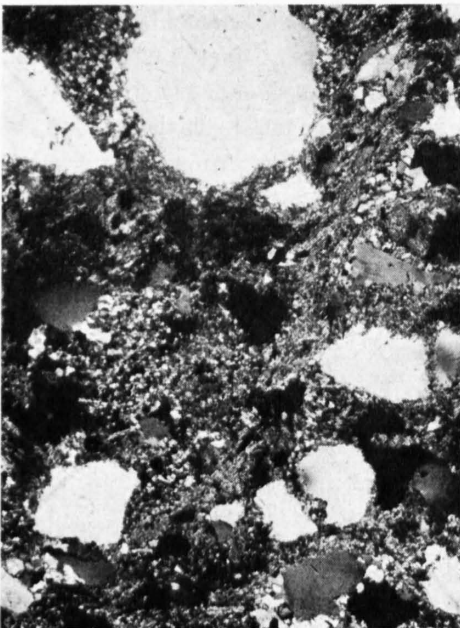


Fig. 4. Permo-triasischer Quarzit.

Blastopsammitische Struktur: Große Quarzkörner in feinem Zement aus Serizit und Quarz. Vergr. 30fach, Nicols gekreuzt.

Textur: massig, plattig, schiefrig bis gefältelt.

Struktur: Vorwiegend blastopsammitisch-porphyroblastisch, bei größerem Serizitreichtum feinlepidoblastisch.

Mineralbestand:

	Mittelwert %	Gesamtvariation %	Dimensionen mm
Quarz	80	50—95	0,03—2,0
Serizit	20	5—50	0,01—0,2

Makroskopischer Befund: Es handelt sich um vorwiegend kompakte, plattige Gesteine, die infolge ihrer relativ großen Härte und Verwitterungsbeständigkeit zur Bildung von Geländestufen und steilen Felswänden geeignet sind. Ihre Farbe wechselt je nach Serizitgehalt von blaßgraugrün bis gelblichgrün, aber auch rötliche und bräunliche Sprenkelung ist häufig. In den massigen Bruchstücken erkennt man deutlich bis 2 mm große rundliche Quarzkörner, die durch hauchdünne Serizithäutchen getrennt sind. Kreuzschichtung ist oft noch sehr schön erhalten und weist auf einen verfestigten Quarzsandstein hin. Daneben haben aber örtliche tonige Verunreinigungen zur Bildung von serizitreichen Abarten mit größeren Quarzlinsen und schiefriger bis gefältelter Textur

geführt. Vereinzelte große, rötliche Quarzgerölle verleihen dem Gestein zudem manchmal ein recht konglomeratisches Aussehen. Bei schiefriger Ausbildung erhält der Hauptbruch durch Serizit einen grünen Überzug und im Querbruch wechseln Serizitstreifen mit körnigen Quarzlagen.

Mikroskopischer Befund (Fig. 4): In einer teils lepidoblastischen, teils feinkörnig verzahnten Grundmasse von Quarz und Serizit schwimmen einzelne, bis 2 mm große Porphyroblasten von Quarz. Die Grundmasse selbst und in ihr hauptsächlich Serizit, ist mehr oder weniger deutlich parallel geregelt, die Quarzporphyroblasten hingegen sind beliebig orientiert. Diese löschen meist sehr einheitlich, bisweilen aber auch stark undulös aus und sind durch Sammelkristallisation auf Kosten der feinkörnigen Grundmasse gewachsen. Feine Risse in den Porphyroblasten deuten auf nachträgliche mechanische Beanspruchung hin. Serizit ist meist nur durch vereinzelt kleine Schüppchen in der Grundmasse vertreten, häuft sich aber stellenweise zu einem dichten filzigen Gewebe an.

1. Die karbonatführenden Serizit-Chlorit-Schiefer (Zone 1).

Zonencharakteristik:

Die Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 100 m. Makroskopisch ist die ausgesprochen kristallisations-schiefrige bis gefältelte Textur der Gesteine kennzeichnend. Ihre Farbe ist grün bis grau und die häufige rötliche Sprenkelung deutet auf hohen Gehalt an eisenschüssigem Karbonat hin. Quarzlinsen, die bis zu Mächtigkeiten von 10 cm anschwellen können, erscheinen infolge der intensiven Fältelung oft als merkwürdig gekrümmte Schnörkel und erwecken hie und da den Eindruck von ausgewalzten Geröllen.

Einlagerungen, wie Amphibolite und Pegmatite, wurden nicht gefunden, hingegen liegen die beiden Kupfer-Wismut-Lagerstätten Biolec und Pétolliou in dieser Zone.

Ihre Grenzen sind oben und unten sehr unscharf; sie bilden eigentlich nur einen allmählichen Übergang von den permo-triasischen Quarziten zu den albitporphyroblastischen Glimmerschiefern, doch zeichnen sie sich durch sonst nirgends gefundene konstante Karbonatführung aus, durch die sie sich von den im übrigen sehr ähnlichen Schiefern der Zone 5 unterscheiden.

Gesteinstypen:

Hauptsächlich in den obern Partien der Zone weit verbreitet ist folgendes Gestein:

a) *Karbonatisierter Serizit-Chlorit-Schiefer.*

Textur: kristallisationsschiefrig - gefältelt.

Struktur: porphyroblastisch mit feinlepidoblastischer Grundmasse.

Mineralbestand:

	Vol. %	Dimensionen mm
Quarz	40	0,02—0,3
Karbonat	25	0,5 — 3,0
Serizit	18	0,05—0,1
Chlorit	10	0,05—1,0
Rutil	5	0,01—0,1
Muskowit	2	0,1 — 1,0
Albit weniger als 1		

Makroskopischer Befund: Dieser Typ unterscheidet sich äußerlich von den andern Gesteinen der gleichen Zone durch die blaugraue Grundfarbe des Hauptbruches mit dichter bräunlicher Sprenkelung. Im Querbruch glänzen bis zu 3 mm² große Karbonatspaltflächen, die von Quarz und Chloritzügen eingeschlossen werden. Auf der angewitterten Oberfläche bildet sich stets rostbrauner Limonit.

Mikroskopischer Befund: Der Dünnschliff bietet das Bild eines scheinbar regellosen Durcheinanders der verschiedenen Mineralkomponenten. Bei genauerer Betrachtung erkennt man aber deutlich eine offenbar ältere feinlepidoblastische Grundmasse von Serizit und Quarz, die paralleltexturiert oder gefältelt ist. Der massenhaft auftretende Rutil hält sich stets an Serizitzüge. In diesem Grundgewebe liegen undeutlich geregelte Karbonatindividuen, die sich häufig zu größeren Aggregaten zusammenschließen. Sie sind vielfach von grobschuppigem Chlorit umgeben und werden stellenweise von diesem angefressen. Mittelnkörniger, pflasterartig verwachsener Quarz dringt mit Vorliebe auf den Spaltflächen des Karbonats vor und verdrängt dieses unter Bildung von typischen Korrosionsformen.

Daß es sich um ein eisenreiches Karbonat handelt, geht schon aus seiner rötlichbraunen Färbung und seiner Verwitterung zu Limonit hervor. Seine Formen sind, wo es nicht von andern Mineralien angelöst wird, gut idiomorph. Auffallenderweise sind die dichten Zwillingslamellierungen auf die innern Partien der Körner beschränkt. (Die Kristalle scheinen zuerst unter mechanischer Beanspruchung gewachsen zu sein, die später nachließ.) Quarz, als feinkristalliner Bestandteil der Grundmasse, ist stets

Makroskopischer Befund: Trotz der ausgesprochenen Schieferigkeit sieht das Gestein außerordentlich dicht aus und könnte bei oberflächlicher Betrachtung leicht mit Amphibolit verwechselt werden. Der fast ebene Hauptbruch wird durch Chlorit dunkelgrün gefärbt. Mit der Lupe kann man darauf kleine idiomorphe Magnetitkristalle erkennen. Der Querbruch erscheint durch dünne weiße Quarz-Feldspatlagen gestreift.

Mikroskopischer Befund: Die feinlepidoblastische Grundmasse von Quarz und Chlorit wird von konkordanten grobkörnigen Karbonatlagen durchzogen. Diese sind perlschnurartig ausgebildet und werden bis 4 mm mächtig. Die einzelnen Kristalle sind mehrfach verzwillingt und in der Schieferungsrichtung gestreckt. Im Gegensatz zum Typ a reichen hier die Zwillingslamellen bis zu den Korngrenzen; in einigen Fällen sind sie deutlich verbogen.

Zwischen den Mineralien der Grundmasse findet sich oft nur unsicher zu erkennende, einschlußreiche Feldspatsubstanz, die sich aber nicht selten in Porphyroblasten von elliptischer Form und 1—2 mm Länge ansammelt. Fast immer schließen sie parallel geregelte Karbonat-, Chlorit- und Titanitzüge ein, welche gegenüber der Schieferungsebene um fast 90° gedreht wurden. Wo Albit auf Karbonat stößt, löst er dieses in kleine Stücke auf. Titanit, in den Bewegungsbahnen spindelförmig gestreckt, ist ein steter Begleiter von Chlorit. Biotit ist stets mit Chlorit verwachsen und mengenmäßig unbedeutend. Sein Pleochroismus ist stark:

| Spaltbarkeit: hellgelb,
// „ tiefbraun.

Chemische Zusammensetzung: Chloritschiefer, Mine Biolec.

SiO ₂	39,64	si	82
Al ₂ O ₃	13,87	al	23
Fe ₂ O ₃	1,64	fm	34
FeO	8,63	c	36
MnO	0,02	alk	7
MgO	5,39		
CaO	12,75	k	0,11
Na ₂ O	3,22	mg	0,49
K ₂ O	0,60		
H ₂ O +	3,30		
H ₂ O —	0,31		
CO ₂	8,37		
TiO ₂	2,13		
P ₂ O ₅	0,07		
Total	99,94		

Analytiker: Dr. BECK.

Die beiden in Gefüge und Zusammensetzung recht verschiedenen Schiefer b und c sind auf eigenartige Weise miteinander verbunden. Der Typ c mit extrem hohem Albitgehalt scheint sich unter intensiver Fältelung in b hineinzupressen (Fig. 5).

c) *Albitisierter, karbonatführender Chlorit-Schiefer.*

Textur: stark gefältelt, teilweise etwas lentikular.

Struktur: porphyroblastisch, z. T. kataklastisch. Feinlepidoblastische Grundmasse.

Mineralbestand:

	Vol. %	Dimensionen mm
Albit	30	0,1 — 2,0
Quarz	30	0,05 — 0,5
Chlorit	18	0,05 — 1,5
Karbonat	14	0,1 — 1,5
Serizit	8	0,05 — 0,1
Turmalin, Titanit.		

Makroskopischer Befund: Makroskopisch unterscheidet sich dieser Typ von b hauptsächlich durch seine intensive Fältelung. Der Hauptbruch wird durch Chlorit grün gefärbt und im Querbruch alternieren in feiner Fältelung weiße Quarz-Albitlagen mit grünen Chloritzügen.

Mikroskopischer Befund: Vereinzelte, zum Teil ziemlich frische xenomorphe Albitporphyroblasten liegen in einer feinlepidoblastischen Grundmasse von Serizit, Chlorit, Quarz und wiederum Albit. Diese ist parallel texturiert oder stellenweise fein gefältelt, wobei sich Züge von Serizit und Chlorit an die elliptischen Albitporphyroblasten anschmiegen. Von kleineren Albitindividuen in der Grundmasse, bis zu den großen Porphyroblasten können alle Übergänge auftreten. Stets sind sie reich an Einschlüssen von Chlorit, Quarz, Serizit, Karbonat, Titanit, und im Dünnschliff kann vielfach beobachtet werden, wie die Feldspatsubstanz größere Karbonatkörner oder Chloritfetzen anlöst und kleine Trümmer einschließt. Diese Einschlüsse bilden in den größeren Porphyroblasten oft schnurartige, parallel geordnete Züge, die meist fast senkrecht zu den Bewegungsbahnen im Gestein selbst stehen und auf eine nachträgliche mechanische Abrollung hindeuten. Gegenüber Typ b fällt auch die starke Zunahme an Feldspat und das Zurücktreten von Karbonat auf, welches hier nur eine untergeordnete Rolle spielt. Albit enthält 5—10 % An, ist stets xenomorph und selten verzwilligt. Quarz löscht undulös aus und ist eng verzahnt. Chlorit bildet zusammenhängende Züge dünner Schuppen. Sein Pleochroismus ist kräftig:

\perp Spaltbarkeit: hellgelblichgrün,
 $//$ „ seegrün,
 Interferenzfarben: violett-orange.

Turmalin in kleinen stengligen, idiomorphen Kristallen ist auf Bewegungsbahnen angereichert. Er ist stark pleochroitisch:

$c = n_{\alpha} = \varepsilon =$ blaßrotbraun,
 $\perp c = n_{\gamma} = \omega =$ dunkelgraubraun.

Die untere Zonengrenze ist durch das Verschwinden der Karbonatführung gekennzeichnet und bildet folgende Mineralassoziationen:

d) *Albitisierter Chlorit-Schiefer.*

Textur: kristallisationsschiefrig bis lagig, stellenweise lentikular.

Struktur: feinlepidoblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Quarz	45
Albit	20
Chlorit	15
Epidot	5
Serizit	5
Magnetit	5
Titanit	5
Karbonat	weniger als 1

Makroskopischer Befund: Unruhiger, durch Chlorit dunkelgrün gefärbter Hauptbruch. Im Querbruch erscheinen in unregelmäßigen Abständen vereinzelt rundliche oder länglich ausgewalzte Quarzgerölle, die von abwechselnd hell- und dunkelgrünen dünnen Schieferlagen eingeschlossen werden. Kleine Limonitflecken an der verwitterten Oberfläche verraten die Anwesenheit von Eisenkarbonat.

Mikroskopischer Befund: Im Schliff herrscht Wechsellagerung zwischen hellen, vorwiegend aus Quarz und Albit zusammengesetzten Zügen und dunkleren Chloritstreifen. Der Albit ist nie verzwilligt und kann nur durch seine Chlorit- und Titaniteinschlüsse vom Quarz der Grundmasse unterschieden werden. Die Feldspatsubstanz neigt vielfach zur Porphyroblastenbildung. Quarz bildet zum größten Teil mit den andern Gemengteilen eng verwachsene kleine xenomorphe Körner von undulöser Auslöschung. Stellenweise sammelt er sich aber in größeren gestreckten polygranularen Knollen an,

die aus frischen, meist einheitlich auslöschenden und intensiv verzahnten Individuen bestehen. Titanit ist in unregelmäßigen kleinen Körnern, Putzen und Spindeln durch das ganze Gestein zerstreut, reichert sich aber auf den Chloritzügen stark an. Epidot sticht durch lebhaft, fleckige Polarisationsfarben heraus. Einst größere und einheitliche idiomorphe Körner wurden kataklastisch zertrümmert, auseinander gerissen und von Quarz und Feldspat ankorrodiert. (Er ist also sicher älter als Albit.) Die feinlepidoblastische Grundmasse wird von ausgezeichnet idiomorphen und bis 2 mm großen Magnetitkristallen durchspicte.

Chemische Zusammensetzung: Chloritschiefer, albitisiert. Mine Biolec.

SiO ₂	54,79	si	160
Al ₂ O ₃	21,38	al	50
Fe ₂ O ₃	7,92	fm	28
FeO	0,41	c	3
MnO	0,85	alk	18
MgO	1,91		
CaO	1,05	k	0,12
Na ₂ O	5,66	mg	0,29
K ₂ O	1,22		
H ₂ O +	2,84		
H ₂ O —	0,16		
CO ₂	0,21		
TiO ₂	1,41		
P ₂ O ₅	0,06		
Total	99,87		

Analytiker: Dr. BECK.

2. Die albitporphyroblastischen Glimmerschiefer mit eingelagerten Amphiboliten (Zone 2).

Zonencharakteristik:

Die Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 250 m. Die obere Zonengrenze wird durch das Auftreten von Karbonat und durch den obersten Amphiboliten nur unscharf bestimmt. Die albitporphyroblastischen Glimmerschiefer selbst entwickeln sich langsam aus den karbonatführenden Serizit-Chlorit-Schiefen. Die untere Grenze wird durch den ziemlich scharfen Kontakt mit der Injektionszone gebildet.

Bis 1 cm lange Albitporphyroblasten, die von Chlorit-Muskowit-Zügen stromlinienförmig umflossen werden, sind die Ursache des waffeligen Hauptbruchs, an dem die Gesteine dieser Zone immer erkannt werden können. Der Hauptbruch ist außerdem stets mit bis 2 mm langen, schwarzen Turmalin-nädelchen übersät. Glimmer und Chloritfetzen erzeugen silberweiß-grüne Flecken. Quarzlinsen treten hier seltener auf.

Wichtig sind außerdem die konkordant der Schieferung eingelagerten Amphibolite, von denen im gezeichneten Profil elf in unregelmäßiger Verteilung getroffen wurden. Es handelt sich um dunkelgrüne, kompakte Gesteine, die in Gängen (sills) mit Mächtigkeiten von einigen Zentimetern bis mehreren Metern auftreten. Von den Amphiboliten der Zone 5 unterscheiden sie sich durch nichts und ihre Beschreibung folgt gemeinsam mit diesen im Abschnitt 5.

Gesteinstypen:

Die porphyroblastische Struktur wird gleich zu Beginn der Zone makroskopisch recht deutlich. Doch finden wir vorerst ein dunkelgrünes chloritreiches Gestein, das große horizontale Ausdehnung zu besitzen scheint, wurde es doch sowohl im Val de Moiry, als auch auf der Pt. de Zirouc und im Val de Zinal gefunden.

a) *Chloritisierter, albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.*

Textur: schwach schiefrig-lentikular, verhältnismäßig dicht.

Struktur: feinlepidoblastisch. Porphyroblastische Reliktstruktur.

Mineralbestand:

	Vol. %
Chlorit	40
Quarz	25
Albit mit Serizitfüllung	20
Magnetit	10
Granat	5
Epidot, Apatit, Rutil, Eisenglanz, Titanit, Leukoxen, Titaneisen.	

Makroskopischer Befund: In dem dunkelgrünen Gestein vermutet man ohne weiteres einen etwas kompakteren, sehr chloritreichen albitporphyroblastischen Glimmerschiefer. Der Hauptbruch ist feinwaffelig, und der Querbruch zeigt grünlich-weiße Augen von 4—8 mm Länge. Der sonst so typische Turmalin fehlt hier vollständig, dagegen erkennt man schon mit der Lupe zahllose winzige idiomorphe Magnetitkriställchen. Auch feine diskordante Äderchen mit Eisenglanz werden beobachtet. Die Verbandsverhältnisse dieses Schiefers sind der schlechten Aufschlüsse wegen nicht leicht zu verfolgen, doch schiebt er sich vielfach ohne jeden Übergang mit scharfer Grenze in die chloritarmen albitporphyroblastischen Glimmerschiefer (Typ d) ein und ist deshalb bei oberflächlicher Betrachtung leicht mit einem Amphibolit zu verwechseln.

Mikroskopischer Befund: Auf den ersten Blick bieten die Dünnschliffe das Bild eines unentwirrbaren Durcheinanders von feinnadeligem bis grobschuppigem Chlorit, Serizit, Quarz und Feldspat. Bei geringer Vergrößerung erkennt man aber bald, daß die größeren Chloritzüge ein zusammenhängendes Netz bilden, dessen Maschen meist diffus auslöschende Serizit-Chlorit-Albitkomplexe umschließen. Hier und da löschen größere, weniger stark serizitisierte Partien solcher Komplexe einheitlich aus, Zwillingslamellierungen und Spaltrisse hingegen sind nicht mehr erhalten. Auffallend sind Chloriteinschlüsse, die unverkennbare Pseudomorphosen nach Granat bilden. Im ganzen erkennt man durch den Nebel der Chlorit- und Serizitneubildungen das Relikt eines einstigen albitporphyroblastischen Glimmerschiefers.

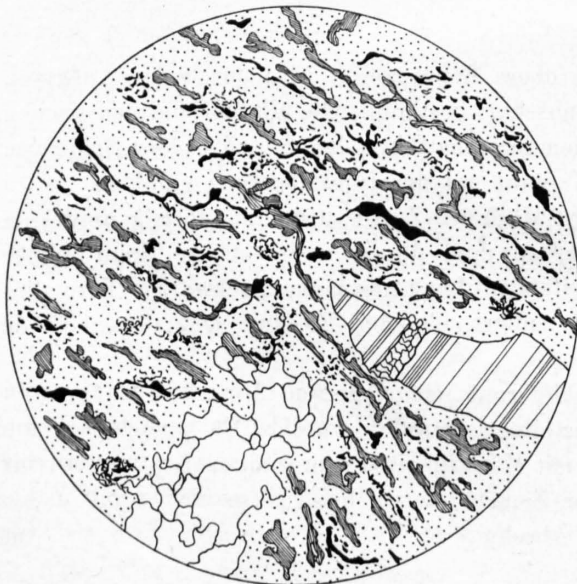


Fig. 6. **Graphitführender albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.**

Schwarz: Graphit. Parallel gestreift: Albit. Fein schraffiert: Chlorit. Weiß: Quarz. Punktiert: Grundmasse aus Glimmer und Quarz. Vergr. 30fach, Nicols gekreuzt.

Der Chlorit ist kräftig pleochroitisch:

$\frac{1}{\parallel}$ Spaltbarkeit: hell-gelblichgrün,
" olivgrün.

Seine Polarisationsfarben sind violett-orange.

Der nur spodarisch auftretende Epidot, kenntlich an hoher Licht- und Doppelbrechung und fleckigem Aufbau, bildet vielfach zerrissene stenglige Formen. Magnetit liegt in großen, idiomorphen oktaedrischen Kristallen vor.

Etwas weiter unten stoßen wir auf räumlich begrenzte kohlige Einlagerungen.

b) *Graphitführender, albitporphyroblastischer Glimmerschiefer (Fig. 6).*

Textur: kristallisationsschiefrig-gefältelt, schwach lentikular.

Struktur: feinnematoblastisch, schwach porphyroblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Quarz	46
Serizit	33
Albit	12
Chlorit	4
Graphit	4
Turmalin, Magnetit, Karbonat.	

Makroskopischer Befund: Grauer Glanz läßt Graphit vermuten und das Gestein fühlt sich außerdem kalt und fettig an. Auf dem fein gewellten, schwach waffeligen Hauptbruch liegen vereinzelte 4—5 mm lange, zerrissene schwarze Turmalinsäulchen. Im Querbruch erscheinen zwischen gefältelten Serizit-Chloritzügen Albitporphyroblasten als „Augen“ von durchschnittlich 0,5 mm Länge.

Mikroskopischer Befund: Die feinnematoblastische Grundmasse besteht aus einem wirrgefältelten Geflecht von Serizit- und Chloritschüppchen, kleinen, undulös auslöschenden Quarzkörnern, einschlußreichem Albit und Graphit. Der Albit wächst oft zu Porphyroblasten an, die gelegentlich verzwilligt, stets aber reich an Serizit-, Chlorit-, Quarz-, Karbonat- und Graphiteinschlüssen sind. Meist zeigen sie Spuren mechanischer Beanspruchung, d. h. Abrollung oder klaffende Spalten, die nachträglich wieder mit Quarz verheilt. Graphit in undurchsichtigen schwarzen Schüppchen, gefältelten Zügen und Nestern ist gleichmäßig im ganzen Gestein verteilt. Er setzt oft unbekümmert um Korngrenzen durch Grundmasse und Albitporphyroblasten hindurch. Quarz finden sich in kleinen, undulös auslöschenden Körnern in der Grundmasse und in größeren frischen Aggregaten als Ausfüllung von Zerrklüften.

Die Turmalinkristalle sind fast immer quer zur Längsausdehnung auseinandergerissen. Sie sind schwach zonar gebaut und enthalten Einschlüsse von Quarz und Graphit. Ihr Pleochroismus ist stark.

$$\begin{aligned} c &= n_{\alpha} = \varepsilon = \text{blaßrosa,} \\ \perp c &= n_{\gamma} = \omega = \text{dunkelolivgrün.} \end{aligned}$$

Eine weitere, nur wenig verbreitete Abart bildet folgendes Gestein, das durch seinen hohen Albitgehalt dem normalen albitporphyroblastischen Glimmerschiefer (Typ d) schon sehr nahekommt.

c) *Hornblendeführender, albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.*

Textur: kristallisationschiefrig, schwach lentikular.

Struktur: porphyroblastisch, feinlepidoblastische Grundmasse.

Mineralbestand:

	Vol. %
Albit	32
Quarz	30
Hornblende	15
Chlorit	9
Epidot	8
Granat	6
Biotit, Rutil, Karbonat, Titanit, Apatit.	

Makroskopischer Befund: Der dunkelgrüne Hauptbruch erhält durch zahlreiche kleine Buckel ein waffeliges Aussehen; im Querbruch werden 1—2 mm lange Albitporphyroblasten sichtbar.

Mikroskopischer Befund: Aus einer feinnematoblastischen, lagigen Grundmasse von Hornblendestengelchen, Chloritfetzen, Zoisit-Epidotfragmenten und Quarzzügen sprossen vereinzelte 2—3 mm lange poikiloblastische Albitporphyroblasten. Diese Porphyroblasten sind außerordentlich reich an Einschlüssen. Sie enthalten in großer Zahl vollständig idiomorphe Granate von 0,05—0,2 mm Durchmesser und rötlicher Farbe, welche bezeichnenderweise in der Grundmasse nicht zu finden sind. Außerdem werden auch Chlorit, Zoisit-Epidot, Hornblende und Serizit eingeschlossen, die größtenteils deutliche Resorptionsformen aufweisen. In einem einzigen Schliff eines solchen Albitindividuums von 1,5 mm Durchmesser konnten beispielsweise 50 größere Granate gezählt werden, die zusammen wohl

einen Viertel und die Summe der andern Einschlüsse ungefähr einen Achtel der Gesamtfläche des Porphyroblasten ausmachen. Die Einschlüsse sind oft linear geregelt und stehen schief oder fast senkrecht zu den Bewegungsflächen des Gesteins. Nicht selten bilden die Einschlüsse S-förmige Kurven, die darauf hindeuten, daß der Porphyroblast während des Wachstums gedreht wurde.

Gewöhnliche Hornblende bildet 0,1 — 0,5 mm lange Stengel, die von Quarz und Feldspat angefressen werden. Ihr Pleochroismus ist kräftig:

n_α = hellgrüngelb,
 n_γ = dunkelolivgrün.

Chlorit, Epidot und der seltene Biotit sind nur durch äußerst kleine, nicht näher bestimmbare Fetzen vertreten.

Der Albitgehalt nimmt weiter zu, während Chlorit durchweg nur noch eine untergeordnete Rolle spielt. Auf 100—150 m Mächtigkeit, d. h. bis zur untern Zonengrenze, bleibt die Ausbildung im großen und ganzen unverändert.

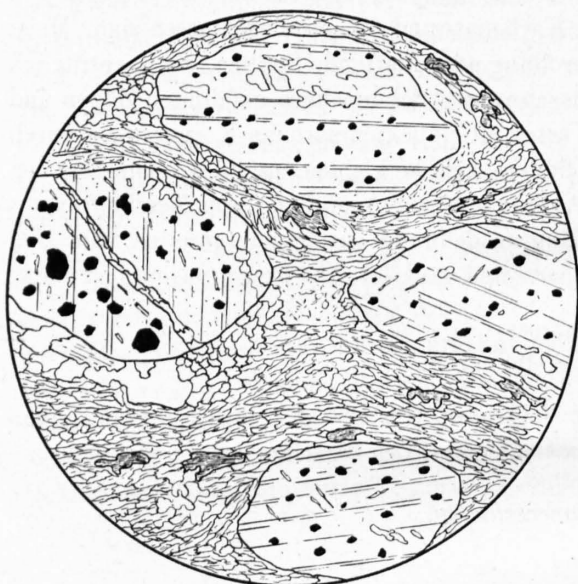


Fig. 7. Albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.

Große von Granat durchspickte Albitporphyroblasten in einer feinen Grundmasse von Glimmer, Quarz und Chlorit. Vergr. 5fach, Nicols gekreuzt.

d) *Turmalinführender albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.* (Fig. 7; Tafel II, Fig. 1; Tafel III, Fig. 1.)

Textur: lenticular, waffelig.

Struktur: porphyroblastisch. Vol. %

Mineralbestand:	Albit	40
	Quarz	25
	Muskowit	23
	Granat	6
	Biotit	3
	Chlorit	3
	Turmalin, Karbonat, Erz.	

Makroskopischer Befund: Der grobwaffelige Hauptbruch ist durch Muskowit und Chlorit grün-silberweiß gefleckt und von schwarzen Turmalin-nädelchen übersät. Diese können bis 1 cm lang werden, sind stets deutlich parallel c gestreift und an Querabsonderungen in einzelne Stücke zerrissen.

Hie und da entdeckt man winzige kleine Biotit-schüppchen.

Der Querbruch läßt die Albitporphyroblasten als „Augen“ mit elliptischem Durchschnitt von etwa 2 cm Länge deutlich hervortreten. Sie zeichnen sich durch meist gute Spaltflächen aus, auf denen mit der Lupe leicht Zwillingslamellen erkannt werden können. Auch die poikiloblastische Struktur der Albitporphyroblasten, hervorgerufen durch die zahlreichen Granateinschlüsse, ist gut sichtbar.

Mikroskopischer Befund: Die Glimmerminerale winden sich in welligen Zügen um die Albitporphyroblasten herum. Diese sind zwillingslamelliert und enthalten immer zahlreiche idiomorphe Granate von blaßrötlicher Farbe und schwach zonarem Aufbau.

In den Glimmerzügen wird Granat dagegen nur äußerst selten gefunden. Die Porphyroblasten schließen außerdem noch Quarztropfen und Überreste von Muskowit, Chlorit, Biotit, Rutil und Erzen ein, welche z. T. weitgehend aufgelöst erscheinen. Vereinzelte Risse in den Albiten sind meist durch Quarz oder mittelspätiges Eisenkarbonat zugeheilt. Der Albit enthält 8% An. Chlorit, wahrscheinlich Pennin, bildet einzelne große Fetzen mit deutlichem Pleochroismus:

\perp Spaltbarkeit = bräunlich,
 \parallel „ = dunkelolivgrün.

Seine Polarisationsfarben sind anomal lavendelblau. Biotit in kleinen Schuppen ist immer mit Muskowit vergesellschaftet. Als Feldspatfüllung wird er oft von Muskowit umschlossen. Interessant ist ferner, daß die Granateinschlüsse der Albitporphyroblasten in einzelnen Fällen Kerne von Biotit enthalten. Sein Pleochroismus ist kräftig:

$\frac{\perp}{//}$ Spaltrisse = hellgelb,
" " = tiefbraun.

Oft enthält er Einschlüsse von Rutilnadelchen. Intensiv verzahnter und undulös auslöschender Quarz bildet meist kleine, selbständige Züge und Linsen.

Chemische Zusammensetzung: Albitporphyroblastischer Glimmerschiefer, Val de Moiry

	Gew. %		
SiO ₂	64,42	si	239
Al ₂ O ₃	15,04	al	33
Fe ₂ O ₃	0,10	fm	31
FeO	4,59	c	14
MnO	0,02	alk	22
MgO	2,93		
CaO	3,60	k	0,33
Na ₂ O	4,23	mg	0,53
K ₂ O	3,14		
H ₂ O +	2,18		
H ₂ O —	0,23		
CO ₂	0,00		
TiO ₂	0,33		
P ₂ O ₅	0,08		
Total:	99,89		

Analytiker: ED. HALM.

Die Zusammensetzung entspricht annähernd einem normalgranitischen Magma. Auffallend ist ferner der relativ hohe Na₂O-Gehalt (Albit), der vermutlich zum großen Teil zugeführt wurde.

3. Die Amphibolite mit aplitischen-pegmatitischen Injektionen (Zone 3).

Zonencharakteristik:

Die Gesamtmächtigkeit dieser Injektionszone beträgt etwa 60 m. Sie setzt sich in unübersichtlichem Wechsel aus metasomatisch veränderten und injizierten Glimmerschiefern sowie aus reinen aplitischen, pegmatitischen oder amphibolitischen Eruptivlagen zusammen. Die Verhältnisse sind im einzelnen sehr kompliziert, denn es kommen alle möglichen Misch- und Übergangstypen vor; der Gesteinscharakter wechselt von Meter zu Meter. Fließstrukturen und magmatische Schollenkontakte sind deutlich erkennbar. Aplitische Lagen enthalten oft amphibolitische Schmitzen und umgekehrt sind in Amphibolitpartien aplitische oder pegmatitische Linsen und Züge zu finden. Dazwischen liegen, allerdings etwas seltener, dünne Schichten von albitporphyroblastischen Glimmerschiefern. Das ganze wird von einigen, 1—60 cm mächtigen Quarzgängen diskordant durchzogen.

Man kann sich schon bei oberflächlicher Betrachtung des Eindrucks nicht erwehren, daß hier nachträgliche saure Injektionen auf ältere Amphibolite trafen, sich teilweise mit diesen chemisch umsetzten und daß ferner die Albitisierung des Nebengesteins mit dieser Zone in engem Zusammenhang stehen muß.

Die Injektionszone tritt infolge ihrer größeren Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterungskräfte morphologisch deutlich hervor. So bildet sie im Val de Moiry eine kleine Talsperre, durch welche die Gouggra nur eine enge Schlucht zu sägen vermochte. An diesem Aufschluß läßt sich die Zone am besten und bequemsten studieren und die nachstehende Beschreibung bezieht sich hauptsächlich auf diese Stelle. Da die Gesteine aber durchweg mit einer dünnen Verwitterungskruste oder mit Flechten bedeckt sind, ist man für genauere Untersuchungen auch hier auf frisch geschlagene Handstücke angewiesen. Die Kontakte und Lagerungsverhältnisse können deshalb nicht immer mit Sicherheit erfaßt werden.

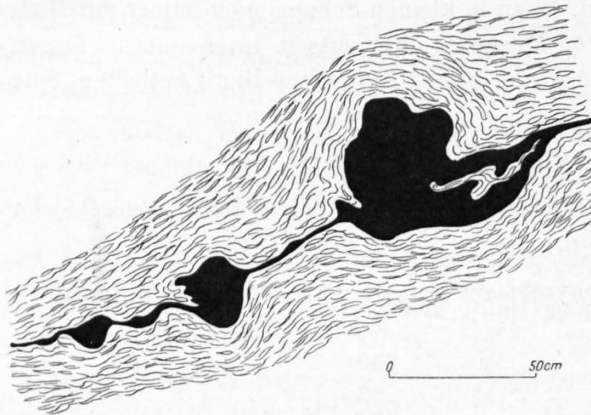


Fig. 8. Amphibolitische „Schliere“
im albitporphyroblastischen Glimmerschiefer. An der
obern Grenze der Injektionszone.

und folgender durchweg gleichartiger Zusammensetzung ein:

Gesteinstypen:

Unmittelbar über dem Kontakt mit dieser Injektionszone enthält der albitporphyroblastische Glimmerschiefer hie und da stark ausgequetschte, schlierige Amphibolitüberreste mit deutlichem Salband, auf dem sich 3—4 mm große Biotitschüppchen neu gebildet haben. Die Texturlinien der Schiefer schmiegen sich der Form des eingeschlossenen Materials streng an (Fig. 8). Auch Turmalin sammelt sich hier auf bestimmten Bewegungsbahnen an. Seine bis 2 cm langen und etwa 5 mm dicken Nadeln bilden häufig strahlige Aggregate, die nachträglich in einzelne kleine Bruchstücke zerrissen wurden.

Einige Meter tiefer setzt nun mit scharfer Begrenzung ein stellenweise scheinbar etwas diskordanter aplitischer Gang von 5—10 m Mächtigkeit

a) Schachbrettalbitführender Zweiglimmer-Gneis (Fig. 9).

Textur: Massig-schwach kristallisationsschiefrig.

Struktur: granoblastisch-porphyroblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %	Dimensionen mm
Albit	40	0,5—1,0
Schachbrettalbit	15	0,5—1,0
Quarz	38	0,1—1,0
Muskowit	5	0,5—3,0
Biotit	2	0,2—2,0
Apatit, Pyrit.		

Makroskopischer Befund: In einer weißen Quarz-Feldspatgrundmasse liegen parallel geordnete Muskowit- und Biotitblättchen von 2—3 mm Durchmesser.

Mikroskopischer Befund: Der Dünnschliff bietet das Bild einer unregelmäßigen, mittel- bis grobkörnigen und teilweise etwas verzahnten Masse von Feldspat und undulös auslöschendem Quarz, in der vereinzelt Glimmeridioblasten liegen, die unter sich parallel angeordnet sind. Albit bildet große, buchtige Xenoblasten mit gut ausgebildeter Zwillingslamellierung vorwiegend nach dem Periklinesetz. Er enthält etwa 10 % An, ist im allgemeinen ziemlich frisch und schließt nur ausnahmsweise einige Serizitmikrolithen ein. Die zahlreichen xenoblastischen und sehr charakteristisch verzwilligten Schachbrettalbite weisen auf Albitisierung von Kalifeldspat hin. (GILLIÉRON fand in der entsprechenden Zone am Kaltenberggrat einen mikroklinführenden Zweiglimmergneis.) Der Quarz füllt die Lücken zwischen den Feldspatindividuen

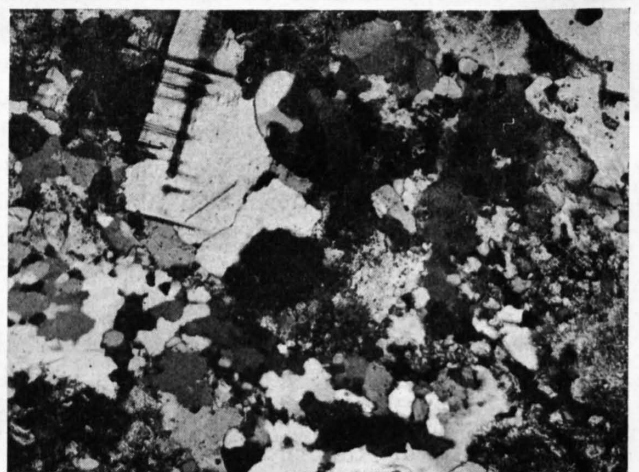


Fig. 9. Schachbrettalbitführender Zweiglimmergneis.
Vergr. 30fach, Nicols gekreuzt.

aus. Enge Verzahnung fehlt, ebenso löscht der Quarz hier bedeutend weniger undulös aus als in den umliegenden Schiefern. Biotit ist stark pleochroitisch:

\perp Spalttrisse = hellgelb—schwach bräunlich,
 \parallel „ = tiefbraun.

Apatit findet sich nur in vereinzeltten rundlichen Körnern.

Chemische Zusammensetzung: Zweiglimmergneis, Val de Moiry (Schlucht).

	Gew. %		
SiO ₂	75,82	si	444
Al ₂ O ₃	12,56	al	60
Fe ₂ O ₃	1,23	fm	3
FeO	1,19	c	4
MnO	0,01	alk	34
MgO	0,22		
CaO	0,66	k	0,35
Na ₂ O	3,76	mg	0,69
K ₂ O	3,18		
H ₂ O +	0,76		
H ₂ O —	0,13		
CO ₂	0,10		
TiO ₂	0,31		
P ₂ O ₅	0,03		
Total	99,96		

Analytiker: Dr. Th. Hügl.

Darauf folgen ganz unvermittelt dunkelgraugrüne, dichte und verhältnismäßig grobkörnige amphibolitische Typen, die aber durchweg tiefgreifende Umwandlungserscheinungen aufweisen.

b) *Epidot-Amphibolit* (Fig. 10).

Textur: massig, schwach parallel texturiert.

Struktur: poikiloblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %	Dimensionen mm
Gewöhnliche Hornblende	30	1,0—3,0
Quarz	20	0,1—1,0
Epidot	18	0,3—0,8
Serizit	10	0,1—0,3
Biotit	9	0,5—2,0
Albit	8	0,5—0,8
Granat	5	0,3—0,8

Chlorit, Apatit, Titanit, Leukoxen, Titaneisen, Rutil.

Makroskopischer Befund: In diesem spezifisch schweren, dunkelgraugrünen Gestein sind in einer dichten Masse von bis 3 mm langen Hornblendestengelchen, 1—2 mm große gelblichgrüne Knötchen eingesprengt, in denen man ohne weiteres Epidotbildungen vermutet.

Mikroskopischer Befund: Erst bei längerer Betrachtung der Schlitze gelingt es, in dem scheinbar regellosen Gewirr von sich durchwachsenden, verdrängenden, größtenteils aufgelösten oder zerfetzten Mineralbruchstücken, eine gewisse Ordnung zu erkennen. Gewöhnliche Hornblende lag ursprünglich wohl in großen Idioblasten vor, die aber nachträglich offenbar unter der Einwirkung zugeführter Lösungen sehr intensiv ankorrodiert und chemisch umgesetzt wurden. Als Umlagerungsprodukte bildeten sich die schon makroskopisch auffallenden knollen-

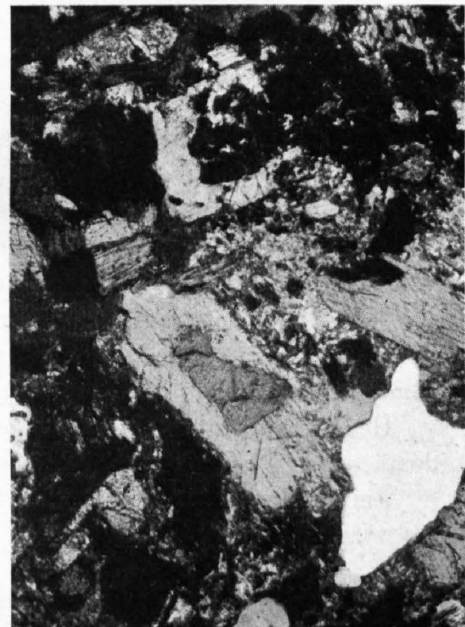


Fig. 10. *Epidot-Amphibolit* (Typ b).

Granat (schwarz) verdrängt Epidot und Hornblende. Weiß: Quarz. Vergr. 90fach, Nicols gekreuzt.

förmigen Komplexe, die u. d. M. als richtungsloses Gemengsel von kleinen Epidotidioblasten, Granat, Biotit, Chlorit, Albit, Quarz und einem unbestimmbaren diffusen Gemisch feinsten Mineralteilchen erscheinen. Von größeren Hornblendeaggregaten bleiben nur noch kümmerliche, von tropfenförmigem Quarz durchsiebte Relikte übrig. Besser erhaltene Individuen sind oft zonar aufgebaut, indem der etwas bräunliche Kern von einem blaugrünen Saum umgeben ist. Der Pleochroismus ist kräftig:

n_γ = olivgrün,

n_α = hellgelb,

$n_\gamma - n_\alpha = 0,020$ (gemessen mit dem Berek-Kompensator).

Ihre Auslöschungsschiefe wird zu $c/n_\gamma = 15 - 18^\circ$ gemessen.

Der Achsenwinkel beträgt: $2V = 80^\circ$.

Zwillingsbildungen nach (100) sind häufig.

Die Epidotkristalle sind meistens ausgezeichnet idiomorph stenglig oder prismatisch umgrenzt, häufig aber auch von Quarz und Albit angefressen oder z. T. zu einer diffusen Masse zersetzt. Nachträgliche Durchspickung mit Quarz führte wie bei der Hornblende zu einer ausgesprochenen Siebstruktur. Zonarer Aufbau kann vielfach beobachtet werden. Dunkelbraune, einschlußreiche Kerne sind vermutlich orthitischer Zusammensetzung. Pleochroismus fehlt.

Auslöschung:

$n_\alpha/c = 5^\circ$,

$2V = 75^\circ$,

$n_\gamma - n_\alpha = 0,032$.

Einzelne Epidote wachsen mit scharfen Grenzen quer durch Hornblende hindurch. Die Beziehungen zu Granat sind nicht immer eindeutig, doch kann man vielfach beobachten, wie sich Epidot auf Kosten von Granat bildet. Quarz kommt in allen andern Gemengteilen eingesprengt vor, bildet aber auch bis 2 mm große, einschlußfreie, fast ungestört auslöschende Körner. Biotit in langfaserigen und blättrigen Idioblasten durchwächst mit Vorliebe Hornblende, findet sich jedoch auch mit dem seltenen Chlorit vergesellschaftet in feinen Schuppen zwischen Epidot und Granat. Sein Pleochroismus ist kräftig:

\perp Spaltbarkeit = hellgelb,
 \parallel „ = tiefbraun.

Rutileinschlüsse sind recht häufig.

Besonderes Interesse verdient in diesem Gestein Albit. Er bildet oft kleine Xenoblasten mit scharfer Zwillingslamellierung und klarem einschlußfreiem Kern, der gegen außen allmählich trüber wird und gegen Hornblende und Epidot in einen diffusen Reaktionssaum übergeht. Unter einem Netz von den verschiedenartigsten Einschlüssen getarnt, entdeckt man in vorerst undefinierbaren Umsetzungsmassen bei genauer Betrachtung oft unverkennbare Plagioklas-Zwillingslamellierungen. Die Zusammensetzung der bestimmbaren Albite schwankt zwischen 5—10 % An. Apatit in größeren rundlichen Körnern kommt in allen andern Gemengteilen eingeschlossen vor.

Gegenüber den gewöhnlichen Amphiboliten unseres Gebietes (siehe Abschnitt 5) fällt die außerordentlich grobstenglige und unregelmäßige Ausbildung der Hornblende auf.

Einige Meter weiter unten ist das Gestein schon bedeutend schieferiger und die Neubildung von Albit wird noch deutlicher.

c) Albitisierter Epidot-Amphibolit (Fig. 11).

Textur: kristallisationsschiefrig-lagig.

Struktur: poikiloblastisch.

Materialbestand:	Vol. %		Vol. %
Quarz	24	Albit	10
Hornblende	22	Biotit	5
Epidot	22	Chlorit	2
Serizit	15	Rutil, Granat, Titanit, Apatit.	

Makroskopischer Befund: Dieses graugrüne Gestein wird in Abständen von 3—4 cm von parallelen, helleren Streifen durchzogen, die zur Hauptsache aus Quarz bestehen.

Mikroskopischer Befund: Im Dünnschliff erscheint ein streng parallel texturiertes, ziemlich fein verwachsenes Gemenge von Epidot, Hornblende, Quarz, Serizit und Feldspat, wobei sich aber die dunklen Gemengteile deutlich auf bestimmten Lagen anreichern. Epidot bildet meist gut idiomorphe stenglige und linealförmige Aggregate, aber auch eckige Körner und derbe Massen. Er wird von Quarz und Albit stark durchlöchert und ankorrodiert. Seine Farbe ist braun bis grünlichbraun; Pleochroismus ist nicht zu beobachten. Die Kristalle sind oft um Kerne von dunkelbrauner, trüber Farbe zonar aufgebaut. Diese Kerne bestehen wahrscheinlich aus Orthit. Hie und da weisen sie gelbe Umsäumung auf.

Auslöschung: $c/n_\alpha = 5^\circ$,
 $2V = 75^\circ$,
 $n_\gamma - n_\alpha = 0,032$.

Gewöhnliche Hornblende liegt in unregelmäßig begrenzten, 0,5—1,0 mm großen Fetzen vor, die von Tropfenquarz und Albit intensiv angefressen und durchlöchert werden.

Die Farbe der Durchschnitte ist durch den starken Pleochroismus gegeben:

Auslöschung: $n_\alpha = \text{braun}$,
 $n_\gamma = \text{grünbraun}$,
 $c/n_\gamma = 24^\circ$,
 $2V = 78^\circ$,
 $n_\gamma - n_\alpha = 0,020$.

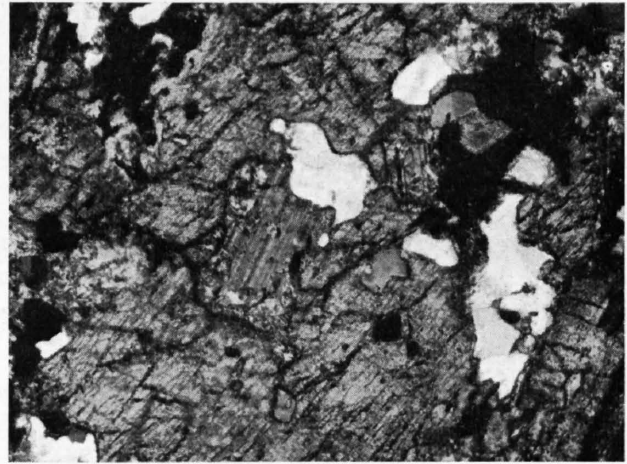


Fig. 11. Albitisierter Epidot-Amphibolit.

Mitten in dem großen Hornblendexenoblasten ist ein deutlich zwillingslamellierter Albitkristall gewachsen. Weiß: Quarz. Vergr. 40fach, Nicols gekreuzt.

Kleine frische, vielfach verzwilligte Albitxenoblasten sind hauptsächlich auf Kosten der grünen Hornblende gewachsen, finden sich aber auch zwischen Quarzkörnern eingeklemmt. Der Quarz löscht nur schwach undulös aus, ist einschlußfrei und verdrängt oder durchspickt die andern Gemengteile. Die feinen Serizitmassen formen oft bestimmt orientierte Systeme, die gleichzeitig auslöschen oder sogar noch verwischte Zwillingslamellierung andeuten. Der relativ häufige Biotit bildet unregelmäßige dunkelbraune Fetzen, die sich zu größeren Zügen ordnen können. Der Pleochroismus ist sehr kräftig:

\perp Spaltrisse = hellgelb,
 $//$ „ = tiefbraun.

Er enthält zahlreiche Einschlüsse von Rutil und wandelt sich teilweise in Chlorit um.

Nach diesen Amphiboliten finden wir nun plötzlich wieder albitporphyroblastische Glimmerschiefer, die denjenigen der Zone 2 sehr ähnlich werden können. Nicht selten enthalten sie konkordant eingelagerte, völlig unveränderte Amphibolitgänge von einigen Zentimeter Mächtigkeit und linsiger Beschaffenheit, die in Gefüge und Zusammensetzung mit den Amphiboliten der Zonen 2 und 5 übereinstimmen.

d) Albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.

Textur: kristallisationsschiefrig-gefaltet.

Struktur: granoblastisch bis porphyroblastisch.

Mineralbestand:		Vol. %
	Quarz	35
	Muskowit	30
	Albit	25
	Chlorit	5
	Granat	5
	Biotit, Turmalin, Titanit, Rutil	

Makroskopischer Befund: Die muskowitreiche, graue Hauptmasse des Gesteins wird von weißen, leicht gefalteten bis 10 mm dicken Adern durchzogen, in denen man schon mit unbewaffnetem Auge glänzende Albitspaltflächen erkennt.

Mikroskopischer Befund: 1—2 mm große Muskowitidioblasten sind nur undeutlich in Züge geordnet. Sie scheinen von Quarz und Plagioklas ankorrodiert zu werden. Die ebenfalls etwa 1—2 mm großen Albitxenoblasten sind vollständig unregelmäßig und einschlußfrei, aber stets scharf zwillingslamelliert. Sie enthalten 8—10% An. Der Quarz in fein- bis mittelkörniger Ausbildung, löscht ziemlich stark undulös aus und enthält keine Einschlüsse. Die mehrfach zerdrückten Granate sind z. T. in Chlorit und Biotit umgewandelt worden.

Ganz unerwartet verschwindet der Albit fast vollständig und übrig bleibt ein gewöhnlicher Glimmerschiefer, der aber als solcher wiederum von pegmatitischen, stellenweise bis 1 m mächtigen Mineralassoziationen durchzogen wird, wie sie in ganz analoger Ausbildung die Zone 4 injizieren.

e) *Granatführender Chlorit-Muskowit-Schiefer.*

Textur: kristallisationsschiefrig-lagig.

Struktur: lepidoblastisch.

Mineralbestand:		Vol. %
	Serizit	40
	Quarz	28
	Muskowit	14
	Chlorit	10
	Granat	8
	Albit, Rutil, Erze, Turmalin.	

Makroskopischer Befund: Dieser Schiefer ist makroskopisch durch Wechsellagerung von hellen Quarzbändern mit Glimmerchloritzügen ausgezeichnet, in denen bis 4 mm große, z. T. quergestellte Muskowit- und Chloritporphyroblasten liegen.

Mikroskopischer Befund: Die Chloritidioblasten (wahrscheinlich Pennin) finden sich nur vereinzelt in einer feinen Grundmasse von Serizit, Quarz und Chlorit eingebettet. Sie bilden faserige und strahlige Komplexe, die teilweise randlich stark zerfetzt und von Quarz durchlöchert oder ankorrodiert werden. Die Polarisationsfarben sind anomal lavendelblau und der Pleochroismus ist kräftig:

$\frac{\perp}{//}$ Spaltbarkeit = strohgelb,
 „ „ = grasgrün.

Er enthält Einschlüsse von Granat, Quarz und Erzen.

Die Muskowitidioblasten erscheinen im allgemeinen sehr frisch und ordnen sich vergesellschaftet mit undulös auslöschendem Quarz zu größeren Zügen.

Die ursprünglich wohl einheitlichen und idiomorphen Granatkristalle wurden durch Bewegung zerrissen und in die Schieferungsebene gestreckt. Die Zwischenräume der einzelnen Bruchstücke sind meist mit Chlorit verwachsen. Der Granat ist von rötlicher Farbe; zonarer Aufbau wurde nicht beobachtet. In den Quarzzügen findet man selten kleine, frische und scharf zwillingslamellierte Albitkristalle.

Ganz unvermittelt und in unübersichtlichen Verbandsverhältnissen erscheint nun folgende Mineralparagenese:

f) *Enstatit-Eklogit* (Fig. 12).

Textur: massig, dicht.

Struktur: poikiloblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %	Dimensionen mm
Tremolit	40	0,3—0,8
Enstatit	25	0,5—1,5
Granat	25	0,2—0,4
Muskowit	5	0,5—2,0
Quarz	5	0,1—1,5
Epidot, Titanit, Erze.		

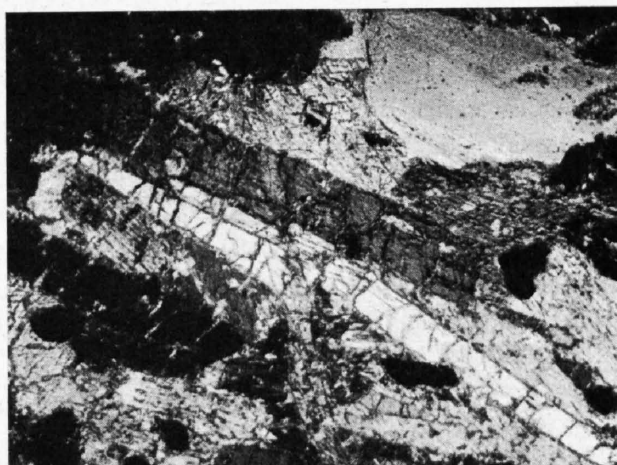


Fig. 12. *Enstatit-Eklogit*.

Langstenglige Enstatitkristalle durchwachsen Hornblende. Oben rechts Muskowit. Vergr. 50fach, Nicols gekreuzt.

Makroskopischer Befund: In dem hellgrauen, harten und spezifisch sehr schweren Gestein sind von bloßem Auge keine einzelnen Mineralien zu erkennen. Doch wird es stellenweise von dünnen weißen Bändchen durchkreuzt, die hauptsächlich aus grobkörnigem Quarz und zahlreichen Muskowitidioblasten bestehen.

Mikroskopischer Befund: Tremolit in stark ankorrodierten Relikten größerer Idioblasten bildet eine zusammenhängende, z. T. stark verfilzte Grundmasse. Er ist schwach bräunlich und nicht pleochroitisch.

$$\begin{aligned} \text{Auslöschung:} \quad c/n_{\gamma} &= 15 - 18^{\circ}, \\ 2V &= 82^{\circ}. \end{aligned}$$

Nach WINCHELL entspricht diesen optischen Daten ein Gehalt von: 6% FeO und 13% $\text{CaFeSiO}_2\text{O}_6 \cdot \text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$. Das Tremolitgrundgewebe wird durchspickt von zahlreichen Enstatit- und Granatidioblasten, die unter sich infolge gleich hoher Lichtbrechung nicht leicht zu unterscheiden sind. Enstatit ist von körniger, gedrunken prismatischer bis langstengliger Form. Die Spaltbarkeiten nach [100] und [110] treten infolge der hohen Lichtbrechung deutlich hervor. Der Achsenwinkel $2V$ beträgt 43° , was nach WINCHELL einem Gehalt von 2% FeSiO_3 entspricht.

Die farblosen Granate sind von ausgeprägten, unregelmäßigen Rissen durchsetzt. Zonarer Aufbau und optische Anomalien fehlen. Quarz und Muskowit finden sich nur in den makroskopisch sichtbaren feinen Bändchen. In den sehr frischen Muskowitidioblasten können vereinzelte Erzeinschlüsse beobachtet werden. Die Bestandteile des eigentlichen Eklogits, vor allem Tremolit und Enstatit, werden von grobkörnigem, schwach undulös auslöschendem Quarz randlich aufgelöst oder eingeschlossen. Größere Quarzindividuen zeigen nicht selten Böhmische Streifung.

Auch von diesem Typ fehlen Abarten in nächster Nachbarschaft nicht:

g) *Enstatit-Strahlsteinfels*.

Textur: massig, dicht.

Struktur: poikiloblastisch, z. T. fibroblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Tremolit	35
Enstatit	25
Quarz	20
unbestimmbare feinfilzige Masse	20
Chlorit, Muskowit, Rutil, Titanit, Titaneisen.	

Makroskopischer Befund: Dem Enstatit-Eklogit äußerlich zum Verwechseln ähnliches, sehr hartes und kompaktes Gestein, das gelegentlich von hellen Quarz-Muskowitlagen durchzogen wird.

Mikroskopischer Befund: Im Gegensatz zum Enstatit-Eklogit fehlt hier Granat vollständig; der absolute Gehalt an Tremolit und Enstatit ist aber annähernd gleich wie dort. Bedeutend mehr Raum beansprucht hier eine unbestimmbare filzige Zwischenmasse. Tremolit hat etwas andere optische Eigenschaften als in f):

$$\begin{array}{lcl} \text{Auslöschung} & c/n_{\gamma} & = 18^{\circ}, \\ & 2V & = 88^{\circ}, \end{array}$$

die nach WINCHELL reinem Tremolit entsprechen. Er bildet neben stark angelösten, breiten Stengeln auch lange dünne Nadelchen. Enstatit ist auch hier in völlig idiomorphen Stengeln und Körnern in der Tremolitgrundmasse eingesprengt. Seine optischen Eigenschaften und die chemische Zusammensetzung sind gleich wie im Enstatit-Eklogit. Chlorit ist z. T. aus Biotit entstanden.

Zur Abwechslung folgt darunter wiederum ein feldspatreicher Schiefer.

h) *Granatführender albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.*

Textur: kristallisationsschiefrig-lagig.

Struktur: porphyroblastisch.

		Vol. %
Mineralbestand:	Albit	43
	Quarz	35
	Muskowit	15
	Chlorit	5
	Granat	2
	Biotit, Rutil, Apatit.	

Makroskopischer Befund: Der Hauptbruch ist feinwaffelig und von bis 4 mm großen, silberglänzenden Muskowitblättchen bedeckt. Dazwischen finden sich hie und da braune Biotitfetzen. Im Querbruch erkennt man in helle Streifen geordnete, in der Schieferungsebene gestreckte Albitporphyroblasten von 1–2 mm Länge; aber auch „Augen“ von 20 mm Länge und 5 mm Höhe sind nicht selten.

Mikroskopischer Befund: Im Dünnschliff sitzen einzelne große Albitporphyroblasten in einer feinkristallinen Grundmasse von Quarz, Muskowit, Biotit, Granat und wieder Albit. Sie enthalten 10 % An, sind im allgemeinen sehr frisch und bilden oft prächtige Zwillinge nach dem Periklingesetz. Diese Albitporphyroblasten lösen Muskowit randlich auf, werden aber anderseits selbst von Quarz angelöst und durchlöchert. Oft wurden nadelige Bruchstücke von Chlorit von größeren Individuen losgerissen und nachher in Feldspat eingeschlossen. Einzelne Albitkristalle werden von hellern Adern durchzogen, die aus einer saureren Feldspatkomponente mit bedeutend niedrigerer Lichtbrechung bestehen. (Es müssen also nach dem Absatz der Hauptmasse des Albits noch Na₂O-reichere Lösungen zirkuliert haben.)

Muskowit bildet ebenfalls meistens große, von Albit und Quarz ankorrodierte Porphyroblasten.

Die stark zerrissenen Chloritfetzen haben die Eigenschaften des Pennins. Der Pleochroismus ist kräftig:

$$\begin{array}{lcl} \perp & \text{Spaltbarkeit} & = \text{strohgelb,} \\ // & & = \text{grasgrün.} \end{array}$$

Der optische Charakter ist zweiachsig-positiv und die Interferenzfarben sind anomal lavendelblau. Der Granat ist im Dünnschliff blaßrosa bis farblos und durch Risse und chagrinierte Oberfläche etwas getrübt. Umwandlungserscheinungen in Chlorit sind häufig anzutreffen. Der Quarz enthält keine Einschlüsse und löscht oft vollkommen ungestört aus.

Von allen Bestandteilen sind die femischen am meisten zerfetzt.

Einige Meter tiefer folgt neuerdings ein eigentümliches basisches Gestein:

i) *Epidot-Strahlsteinfels.*

Textur: massig.

Struktur: fibroblastisch.

Mineralbestand: Strahlstein, Andesin, Epidot, Klinozoisit,
Chlorit, Muskowit, Titanit.

Makroskopischer Befund: Dieses Gestein zeichnet sich u. a. durch sehr große Zähigkeit aus. Von bloßem Auge sind in der dichtfaserigen, grünen Grundmasse höchstens kleine Muskowitschüppchen erkennbar.

Mikroskopischer Befund: Die Mineralien bilden zur Hauptsache ein außerordentlich feinverwachsenes filzartiges Gewebe, so daß sie im einzelnen nicht genauer untersucht werden können. Nur Andesin tritt auch in vereinzelt größeren Xenoblasten von stark zersetzter Umrandung auf. Er ist optisch negativ und enthält 35—40% An.

Strahlstein muß, wie aus Reliktstrukturen deutlich hervorgeht, ursprünglich z. T. große, gut begrenzte Individuen gebildet haben, die aber nachträglich aufgelöst und bis zur Unkenntlichkeit zersetzt wurden und nun in der Hauptsache als Nephrit vorliegen. Größere Bruchstücke sind im Dünnschliff farblos und ohne Pleochroismus,

$$\begin{aligned}\text{Auslöschung: } c/n_\gamma &= 11^\circ, \\ 2V &= 70^\circ.\end{aligned}$$

Der optische Charakter der Hauptzone ist positiv.

Epidot ist nur noch in kleinen, stark zerfressenen Überresten vorhanden und wird an der hohen Lichtbrechung und den leuchtenden Interferenzfarben erkannt.

Klinozoisit ist z. T. durch stenglige Individuen vertreten, die durch zonaren Aufbau hervorstechen. Die niedrige Doppelbrechung erzeugt etwas anormale, graublaue Interferenzfarben. Pleochroismus kann nicht beobachtet werden. Klinozoisit ist aber auch eng verwachsen mit Strahlstein und Epidot in der Grundmasse zu finden. Zusammenhängende, strahlige Chloritfetzen bilden sich hauptsächlich um die Epidotaggregate aus. Diese beiden Mineralien zusammen formen oft Komplexe, in denen man Reliktstrukturen von Granat vermuten könnte. In der Nephritmasse schwimmen vereinzelte, parallel geregelte und meist gut ausgebildete oder aber stark angelöste Muskowitblättchen.

Diese merkwürdige Gesteinsserie wird endlich durch gneisartige Bildungen abgeschlossen, die auf 20 m Mächtigkeit nach und nach in die nächstuntere Zone überleiten.

k) *Granatführender Zweiglimmer-Gneis.*

Textur: kristallisationsschiefrig-lagig.

Struktur: lepidoblastisch bis granoblastisch.

Mineralbestand:		Vol. %
	Quarz	52
	Muskowit	23
	Granat	12
	Albit	10
	Biotit	3
	Chlorit, Rutil.	

Makroskopischer Befund: Das Gestein wittert rostbraun an und läßt sich in der Schieferungsrichtung leicht in ebene Platten von hellgrauer Farbe spalten. Auf dem Hauptbruch sitzen kleine Muskowit- und Biotitblättchen.

Mikroskopischer Befund: U. d. M. erscheinen straff parallel-texturierte, wechsellagernde Bänder von Quarz und Glimmer. Die Kristalle selbst sind feinkörnig verzahnt und in der Bewegungsrichtung gestreckt. Muskowit bildet lange, in die Schieferungsebene geregelte Idioblasten von schwach

undulöser Auslöschung, frischem Aussehen und leuchtenden Interferenzfarben. Er schließt oft Granat ein und wird von Quarz nicht ankorrodiert. Chlorit (wahrscheinlich Pennin) liegt in stengligen, büscheligen und randlich stark zerfetzten Schuppen vor. Sein Pleochroismus ist kräftig:

$$\begin{array}{l} \perp \text{ Spaltbarkeit} = \text{strohgelb,} \\ // \quad \quad \quad = \text{grasgrün.} \end{array}$$

Die Polarisationsfarben sind anomal lavendelblau.

Auf den Glimmerzügen ist Granat in kleinen idiomorphen oder zertrümmerten und in der Bewegungsrichtung auseinandergerissenen rötlichen Körnern massenhaft eingelagert. Zwischen den einzelnen Bruchstücken hat sich häufig Chlorit oder Biotit gebildet. Auffallend ist die mehrfach beobachtete Erscheinung, daß Muskowit größere Granatkristalle vollständig aushöhlt und oft nur noch einen schmalen Rand davon übrigläßt. Quarz ist mittel- bis feinkörnig ausgebildet und manchmal zu leistenförmigen verzahnten Korngruppen oder Linsen angesammelt. Er ist frei von Einschlüssen und Rissen, löscht aber immer undulös aus. Albit in kleinen unzersetzten Individuen mit scharfer Zwillingslamellierung ist mit Quarz eng verwachsen. Er enthält 8–10 % An.

4. Serizit-Chlorit-Gneise und -Schiefer mit eingelagerten Muskowit-Turmalin-Pegmatiten (Zone 4).

Zonencharakteristik:

Die Gesamtmächtigkeit beträgt etwa 250 m. Diese Zone enthält schiefrige und gefaltete Gesteine in großer Mannigfaltigkeit. Sie können einerseits durch geröllartige Einschlüsse von Quarz den Typen der Zonen 1 und 5 zum verwechseln ähnlich werden, bilden aber anderseits vielfach turmalinführende, feldspatreiche porphyroblastische Gneise, die den albitporphyroblastischen Glimmerschiefen der Zone 2 nahekommen.

Gneise verraten sich meist schon morphologisch durch Geländestufenbildung infolge größerer Verwitterungsbeständigkeit. Daß sie selbst wenig mächtige, durchgehende Zonen von bedeutender flächenhafter Ausdehnung bilden ist wahrscheinlich, doch der ungenügenden Aufschlüsse wegen nicht sicher nachzuweisen. Die Gneise gehen allmählich und ohne scharfe Grenzen in die Schiefer über. In dieser Zone wurden auffallenderweise keine Amphibolite beobachtet, hingegen wird sie von Muskowit-Turmalin-Pegmatiten durchzogen.

Die untere Grenze wird durch einen etwa 60 m mächtigen Amphibolit der Zone 5 gebildet.

Gesteinstypen:

Die obern Lagen der Zone zeichnen sich noch durch hohe Albitführung aus und bestehen hauptsächlich aus Zweiglimmergneisen.

a) *Albitporphyroblastischer Zweiglimmergneis.*

Textur: kristallisationsschiefrig-schwach lentikular.

Struktur: lepidoblastisch-schwach porphyroblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Quarz	35
Albit	35
Muskowit	15
Biotit	10
Chlorit	5
Granat, Pyrit, Rutil, Turmalin.	

Makroskopischer Befund: Der leicht gewellte Hauptbruch erhält durch Muskowithäutchen silberigen Glanz und wird durch verstreute winzige Biotitschüppchen schwarz getupft. Im Querbruch umschließen Glimmerzüge bis 2 mm große weiße Albitporphyroblasten.

Mikroskopischer Befund: Dünne Muskowit-Biotit-Chloritzüge alternieren mit einschlußreichen Quarz-Albitlagen. Albit (10% An) ist vielfach stark zersetzt und größere Porphyroblasten können nur an ihrer einheitlichen Auslöschung erkannt werden. Durch den Schleier der zahlreichen Einschlüsse schimmern aber gelegentlich noch verschwommene Spaltrisse und Zwillingslamellen. Die Feldspatfüllung besteht auch hier aus 0,1—0,5 mm großen idiomorphen Granaten, die z. T. schon in Chlorit umgewandelt sind, aus deutlich angelösten Chlorit-Biotit- und Muskowitfetzen, Serizitmikrolithen, Rutil und Quarz. Chlorit ist z. T. sicher älter als der Albit, z. T. wurde er aber als Umwandlungsprodukt von Granat (Pseudomorphosen) neu gebildet. Auch hier ist bemerkenswert, daß Granat außerhalb der Albitsubstanz als Gemeingeteil nicht zu finden ist, daß aber umgekehrt alle Mineralien des Gesteins an der Feldspatfüllung beteiligt sind.

Züge von eng verzahntem, undulös auslöschendem, aber einschlußfreiem Quarz fressen sich nicht selten durch solche Albitporphyroblasten hindurch. Muskowit und hauptsächlich Biotit, die in der Regel eng verwachsen sind, werden von Albit angelöst. Biotit ist stark pleochroitisch:

$\frac{\perp}{//}$ Spaltbarkeit = hellgelb,
" = tiefbraun.

Chlorit (wahrscheinlich Pennin) zeigt anomal lavendelblaue Interferenzfarben und kräftigen Pleochroismus:

$\frac{\perp}{//}$ Spaltbarkeit = gelbgrün,
" = grasgrün.

Er bildet häufig Pseudomorphosen nach Granat.

Nach unten nimmt der Albitgehalt im allgemeinen stetig ab, doch schon früh schieben sich quarzitisches Typen ein, die fast feldspatfrei sind.

b) *Epidotführender Serizit-Chlorit-Quarzit.*

Textur: kristallisationsschiefri-glagig.

Struktur: granoblastisch, teils feinlepidoblastisch,
fibroblastische Grundmasse.

Mineralbestand:	Vol. %
Quarz	60
Chlorit	10
Serizit	20
Epidot	7
Erze	2
Granat	1
Turmalin, Apatit, Pyrit.	

Makroskopischer Befund: Dieser Quarzit zeichnet sich äußerlich durch seine feine Schieferung, den ebenen Hauptbruch und dessen außergewöhnlich starken Silberglanz aus. Er ist auch etwas härter als die umgebenden Gesteine, denn er bildet deutliche Geländeschwellen.

Mikroskopischer Befund: Grobkörnige, intensiv verzahnte Quarzlagen durchziehen die Grundmasse, in welcher Quarz, Serizit, Chlorit und Epidot so eng und fast filzigartig verwachsen sind, daß sie oft nicht auseinander gehalten werden können. Chlorit (wahrscheinlich Pennin) bildet zerstreute Fetzen von wechselnder Größe, aber keine zusammenhängenden Züge. Meist stellt er ein Umwandlungsprodukt von Granat dar. Sein Pleochroismus ist kräftig:

$\frac{\perp}{//}$ Spaltbarkeit = gelbgrün,
" = grasgrün.

Die Polarisationsfarben sind anomal lavendelblau.

Epidot (wahrscheinlich Orthit), in kleinen idiomorphen oder zerfetzten Kristallen und Bruchstücken von größern Individuen ist im allgemeinen regellos zerstreut, sammelt sich aber stellenweise in nesterartigen Gebilden. Er ist bräunlich gefärbt, nicht pleochroitisch und stets um einen trüben, dunklen

Kern zonar aufgebaut. Der rötliche Granat bildet Körnergruppen, die als Trümmer einst einheitlicher Idioblasten angesehen werden können. Die Bruchstücke sind oft mit Chlorit umwachsen und enthalten Einschlüsse von Serizit und Quarz. Turmalin in gut ausgebildeten, stengligen bis nadeligen Querschnitten und in sphärischen, 6- oder 9seitigen Basisformen fällt durch seinen sehr kräftigen Pleochroismus auf:

$$\begin{aligned} c &= n_{\alpha} = \varepsilon = \text{blaßrosa,} \\ \perp c &= n_{\gamma} = \omega = \text{dunkelgrau.} \end{aligned}$$

Er wird von zackigen Querrissen durchzogen, ist oft zonar um einen dunkleren Kern aufgebaut und zeigt die übliche hohe Doppelbrechung.

Weit verbreitet in den mittleren Partien der Zone ist folgender Schiefer:

c) *Serizit-Chlorit-Schiefer.*

Textur: kristallisationsschiefrig-lagig.

Struktur: granoblastisch-lepidoblastisch.

Mineralbestand:		Vol. %
Serizit (u. zersetzter Albit)		30
Quarz		45
unzersetzter Albit		15
Chlorit		5
Muskowit		5
Granat, Pyrit, Karbonat.		

Makroskopischer Befund: Der Hauptbruch ist unruhig gewellt und mit Muskowit-Chloritfetzen bedeckt, die dem Gestein den bei den Casannaschiefern so häufigen silberweiß-grünen Glanz erteilen. Hie und da entdeckt man bis 5 mm lange schwarze idiomorphe Turmalinnädelchen, oder Trümmer von solchen. Im Querbruch herrscht Wechsellagerung zwischen runzeligen Glimmer-Chloritfetzen und feinen Quarzbändchen.

Mikroskopischer Befund: Zwischen grobkörnigen Lagen von fast ungestört auslöschendem Quarz liegen verschwommene, sehr stark serizitisierte Albitkomplexe. Nur selten löschen ausgedehnte Partien einheitlich aus, doch sind Zwillingslamellen vielfach noch zu erkennen. Die Zersetzungsprodukte bestehen vorwiegend aus einem wirren Geflecht von Serizitnadelchen, die hie und da Chloritpseudomorphosen nach Granat oder auch nur z. T. chloritisierte Granate enthalten. Kleine opake Erzkrümeln reichern sich besonders in Chlorit an. Dieser ist kräftig pleochroitisch:

$$\begin{aligned} \perp & \text{ Spaltbarkeit} = \text{strohgelb,} \\ // & \quad \quad \quad = \text{grasgrün.} \end{aligned}$$

Die Polarisationsfarben wechseln zwischen olivbraun und blauviolett.

1—2 mm lange, in die Schieferungsrichtung geregelte Muskowitxenoblasten werden meist von der Albitmasse ankorrodiert; diese selbst aber läßt sich durch Quarz verdrängen und durchspicken. Leicht zu übersehen sind kleine, regellos verstreute xenomorphe Körnchen eines unbestimmbaren Karbonatminerals.

Durch weiteres Zurückgehen des Albitanteils entsteht an der untern Zonengrenze folgendes Gestein:

d) *Turmalinführender Chlorit-Muskowit-Schiefer.*

Textur: kristallisationsschiefrig-gefältelt.

Struktur: lepidoblastisch.

Mineralbestand:		Vol. %
Quarz		42
Muskowit		20
Chlorit		18
Albit		10
Biotit, Rutil, Titanit, Turmalin.		

Makroskopischer Befund: Der leicht gewellte Hauptbruch ist von 4—5 mm großen, silberglänzenden Muskowitblättchen bedeckt und im Querbruch erscheinen fein gefaltete Glimmer- und Quarzlagen.

Mikroskopischer Befund: Auch im Dünnschliff ordnen sich die Mineralien zu gefalteten Zügen. Etwas unpolös auslöschender Quarz bildet mit kleinen Albitindividuen ein pflasterartig verwachsenes Gefüge. Die Plagioklasssubstanz verrät sich meist nur durch ihre zahlreichen Seriziteinschlüsse; Zwillinglamellierung ist selten ausgebildet. Sie zeigt keine Anlage zur Porphyroblastenbildung, ebenso fehlen Granateinschlüsse vollständig. Muskowit bildet große einheitliche Xenoblasten, während Chlorit nur in kleinen Fetzen vorliegt. Turmalin tritt vereinzelt in 1—2 mm langen stengligen Kristallen auf, die ursprünglich wohl gut idiomorph waren, später aber von Quarz ankorrodiert und durchspickt wurden. Er ist von unregelmäßigen Querrissen durchzogen und fällt durch sehr starken Pleochroismus auf:

$$\begin{aligned} n_{\alpha} &= \varepsilon = \text{hellbraun—hellgrau,} \\ n_{\gamma} &= \omega = \text{dunkelgrau—schwarz.} \end{aligned}$$

Auch zonarer Aufbau mit schwach bräunlichem Kern ist häufig.

e) *Die eingelagerten Muskowit-Turmalin-Pegmatite.*

Helle pegmatitische Mineralassoziationen durchdringen das Nebengestein bald als feine 2—3 cm mächtige Adern, bald als stark ausgewalzte Bänke. Sie liegen meist konkordant in den Schieferungsebenen, doch findet man auch schwache, aber deutliche Diskordanzen. Im allgemeinen sind sie sehr stark ausgequetscht und lassen sich zu dünnen Platten brechen; Muskowitpaketchen, seltener Turmalin und Granat, sind streng in die Schieferungsebenen eingeordnet. Mehrmals konnte beobachtet werden, daß sie von Süden nach Norden durch allmähliches Verschwinden von Feldspat, Muskowit und Turmalin in entsprechende pneumatolytische Quarzgangtypen überleiten (lateralen Fazieswechsel). Weniger häufig ist zonarer Aufbau der Pegmatite, wobei randlich Muskowit und Feldspat, in der Mitte Turmalin und Quarz angereichert sind, was einem temporalen Fazieswechsel von pegmatitischen zu pneumatolytischen Bildungen gleichkommt.

Die Muskowit-Turmalin-Pegmatite im Gelände zu erkennen, ist nicht immer leicht, da sie gewöhnlichen reinen Quarzzügen zum Verwechseln ähnlich sind.

Im gezeichneten Profil (Fig. 2) wurden 15 Pegmatite in unregelmäßiger Verteilung getroffen.

Sie setzen sich durchschnittlich wie folgt zusammen:

Textur: kristallisationsschiefri - lagig.

Struktur: porphyroblastisch.

Mineralbestand:		Vol. %
	Quarz	45
	Feldspat (Albit)	35
	Muskowit	15
	Granat	5
	Turmalin weniger als 1.	

Makroskopischer Befund: In der weißen Quarz-Feldspatgrundmasse liegen parallel geordnete Muskowitpaketchen von 2—3 cm Durchmesser und bis 1 cm Dicke, die sich leicht in dünne Blättchen spalten lassen. Dazwischen finden sich bis 2 cm lange Turmalinkristalle, sowie bis 3 mm große rötliche Granate.

In von HUTTENLOCHER in der Nähe von Lapine rousse und von GILLIÉRON am Kaltenberggrat geschlagenen Handstücken wurden bis 10 cm lange, daumendicke Turmaline getroffen (vgl. HUTTENLOCHER 42).

Mikroskopischer Befund: U. d. M. macht sich die 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 Muskowitpakete.

Man kann auch beobachten, daß Lagen feinkörniger Albite mit gerichteter Serizitführung mit solchen grobkörniger und serizitfreier Individuen abwechseln. Die Pegmatite, die man in den Schutthalden bei Rousson findet, führen außerdem Chlorit, Turmalin, Eisenglanz, Magnetit und Apatit. Für sie sind groß entwickelte, völlig wasserklare Albite charakteristisch, zwischen welchen Nester von solchen eingefügt sind, die feinkörnig und kompliziert miteinander verwachsen sind und Serizit führen.

5. Serizit-Chlorit-Schiefer mit eingelagerten Amphiboliten (Zone 5).

Zonencharakteristik.

Die hell- bis dunkelgrünen Schiefer sind hauptsächlich in der Art und Intensität der Schieferung und Fältelung sehr verschieden. Mineralbestand und Chemismus bleiben aber innerhalb bestimmter enger Grenzen. Oft sind die Gesteine zu fast ebenen Platten ausgewalzt, meist aber sehr stark gefältelt. Die kontrastreiche, feine Wechsellagerung von Quarz und Chlorit-Glimmerzügen liefert ausgezeichnete Texturbilder. Größere Quarzlinsen gleichen manchmal ausgewalzten Geröllen und bilden ähnliche schnörkelartige Gebilde wie in Zone 1.

In den Serizit-Chlorit-Schiefern sind wiederum Amphibolite konkordant eingelagert, die sich von denjenigen der Zone 2 nicht unterscheiden lassen. Im gezeichneten Profil (Fig. 2) wurden bis zum Verschwinden der Serizit-Chloritschiefer unter dem Gehängeschutt 13 Amphibolite getroffen.

Die obere Grenze dieser Zone wird durch einen etwa 60 m mächtigen Amphiboliten gebildet, dessen scharfe Kontakte vereint mit der auf weite Strecken gleichbleibenden Ausbildung sehr gut geeignet waren, die tektonischen Verhältnisse am Westhang der Pt. de Zirouc und besonders in der Umgebung der Mine Baicollieu abzuklären.

Pegmatite fehlen, hingegen liegen die Cu-Bi-Lagerstätten Baicollieu, Zirouc, Lapine rousse und Bourimont in dieser Zone.

Die Serizit-Chloritschiefer reichen wahrscheinlich ohne wesentliche Veränderung noch bedeutend tiefer, doch fehlen in unserm Gebiete zusammenhängende Aufschlüsse. So werden die Gougrafälle bei der kleinen Kapelle nordöstlich unterhalb Grimentz durch zwei ungefähr je 20 m mächtige Amphibolite gebildet, die in normalen Serizit-Chloritschiefern eingelagert sind. Auch bei Mission stehen die Gesteine an, die dieser Zone entsprechen, aber stratigraphisch tiefer liegen.

Von diesen relativ eintönigen Schiefen seien nur zwei Abarten eingehender beschrieben.



Fig. 13. Serizit-Chlorit-Schiefer, mit Quarzzügen. (Feldaufnahme $\frac{1}{3}$ nat. Größe.)

a) Turmalin- und epidotführender Serizit-Chloritschiefer (Fig. 13).

Textur: kristallisationsschiefrig - gefältelt.

Struktur: feinlepidoblastisch - granoblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Quarz	44
Muskowit	20
Albit	15
(stark serizitis.)	
Chlorit	10
Epidot	5
Turmalin	3
Granat	3
Rutil, Apatit, Erz.	

Makroskopischer Befund: Der silberig-glänzende Hauptbruch ist unruhig gewellt und im Querbruch erscheinen große Quarzlinsen.

Mikroskopischer Befund: Eine feinkristalline Masse von xenomorphen Quarz- und Albitkörnern, Erzkrümeln und Serizitschüppchen wird in regelmäßigen Abständen von etwa 1 cm von dichten Muskowitstrahlen durchzogen, auf denen Erz, Turmalin und Epidot besonders stark angereichert sind. Das Ganze ist streng parallel texturiert. Quarz und Albit können wegen ihrer geringen Größe oft nicht mit Sicherheit unterschieden werden. Zwillingsbildungen oder Spaltrisse wurden nie beobachtet, doch sind die Albite reich an Seriziteinschlüssen. Epidot von fleckigem Aufbau bildet nadelige oder büschelige, stark zerfetzte Aggregate. Turmalin in meist idiomorphen Säulchen von 0,1 bis 0,5 mm Länge ist um einen dunkleren Kern deutlich zonar aufgebaut; oft ist er mechanisch zertrümmert. Er ist stark pleochroitisch:

$$\begin{aligned} c &= n_a = \varepsilon = \text{blaßrosa,} \\ \perp c &= n_\gamma = \omega = \text{olivbraun.} \end{aligned}$$

Große Chloritfetzen umschließen meist kleine Bruchstücke von Granat und sind kräftig pleochroitisch:

$$\begin{aligned} \perp & \text{ Spaltbarkeit} = \text{strohgelb,} \\ // & \text{ „ } = \text{grasgrün.} \end{aligned}$$

Die Polarisationsfarben sind schmutzig olivbraun. Die makroskopisch auffallenden Quarzknauer erweisen sich u. d. M. als mesokristalline, pflasterartig verwachsene Aggregate von frischen, ungestört auslöschenden Körnern.

b) *Pyritführender Hornblende-Epidot-Schiefer.*

Textur: kristallisationsschiefrig.

Struktur: lepidoblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Quarz	73
Epidot	7
Hornblende	6
Pyrit	5
Muskowit	5
Chlorit	4

Makroskopischer Befund: Der Hauptbruch wird von Glimmerschuppen und zu Flitter zerriebenen Pyrit bedeckt, während der Querbruch Wechsellagerung zwischen hellen Quarzbändern und dunkelgrünen Chlorit-Hornblende-Epidotzügen zeigt. Das Gestein ist von einer rostbraunen Verwitterungskruste überzogen.

Mikroskopischer Befund: Der Quarz bildet frische Lagen von nur schwach undulös auslöschenden, großen und eng verzahnten Leisten oder Körnern. Gewöhnliche Hornblende in kleinen, von Quarz angefressenen und mechanisch zerrissenen Fetzen ist stark pleochroitisch:

$$\begin{aligned} n_a &= \text{hellgrünlichgelb,} \\ n_\gamma &= \text{olivgrün,} \\ \text{Auslöschung: } c/n_\gamma &= 17^\circ. \end{aligned}$$

Epidot, wahrscheinlich Orthit, erscheint in kleinen, leistenförmigen und rhombenähnlichen Durchschnitten, welche aber meistens stark kataklastisch beansprucht sind. Seine Farbe ist lichtbräunlich und die Doppelbrechung hoch. Schwach zonarer Aufbau um trübe braune Kerne kann beobachtet werden. Pyrit in idiomorphen oder nach der Schieferungsebene gestreckten Körnern, hält sich hauptsächlich an die Chlorit-Hornblende-Epidotzüge. Chlorit tritt nur untergeordnet und als Lückenfüllung zwischen Hornblende und Epidot auf.

Die Amphibolite (Fig. 14).

Amphibolite treten in ähnlicher Ausbildung in den Zonen 2, 3 und 5 auf und sollen in diesem Abschnitt gemeinsam beschrieben werden.

Es handelt sich um konkordante gang- oder schollenförmige Einlagerungen, die in großer Zahl und ungleichen Abständen auf die genannten Zonen verteilt sind. Ihre Mächtigkeiten schwanken zwischen wenigen Zentimetern und 60 m; ihre flächenhafte Ausdehnung muß in einzelnen Fällen bedeutend sein. Hie und da kann aber ihr Auskeilen gefunden werden und auch eng begrenzte Schollen und Linsen werden beobachtet.



Fig. 14. Amphibolit.

Das dunkle basische Gestein wurde mit dem umgebenden Serizit-Chlorit-Schiefer gefaltet. (Feldaufnahme, Pt. de Zirouc im Grand Couloir auf 2200 m.)

Sie sind stets deutlich parallel zum Nebengestein geschiefert und nicht selten mit diesem innig verfäلتelt. Magmatische Kontakterscheinungen können nicht festgestellt werden, hingegen wird die scharfe Grenze zwischen Amphibolit und Nebengestein gelegentlich durch eine 1—2 cm mächtige Quarzlage gebildet, die wohl auf eine verstärkte SiO_2 -Zirkulation auf den Inhomogenitätsgrenzen während der Bewegung zurückzuführen ist. Der sonst seltene Biotit reichert sich am Kontakt gerne etwas an.

Ob Biotit eine primäre Kontaktbildung darstellt oder ob er sekundär durch verstärkte Bewegungsmetamorphose auf den Inhomogenitätsgrenzen entstanden ist, kann nicht entschieden werden. In einem einzelnen Amphiboliten wurde ein 5 cm mächtiger, diskordanter Gang gefunden, der 3—4 cm große blättrige Eisenglanzkrystalle enthält und von einem hellen Salband umgeben ist, welches durch Aus-

laugung des ursprünglichen Eisengehalts entstand. Außerdem enthalten die Amphibolite oft ähnliche Quarzlinsen und -züge, wie sie in den Schiefern der Umgebung auftreten. Bemerkenswert ist, daß sich einheitliche Amphibolitgänge verzweigen können und oft größere Nebengesteinspartien einschließen.

Durch die meist dunkelgrüne Farbe, ihre kompakte Ausbildung und die Verwitterung zu kleinen scharfkantigen Blöcken sind sie überall deutlich zu erkennen.

Die Talstufe und die Gougrafälle oberhalb Grimentz im Val de Moiry scheinen durch den 60 m mächtigen Amphibolit der Zone 5 bedingt zu sein. Zwei je etwa 20 m mächtige Amphibolite bilden die Gougrafälle bei der kleinen Kapelle unterhalb Grimentz, sowie die steilen Felspartien an den Straßenwindungen 500 m nordöstlich des Dorfes.

Die beiden unten beschriebenen Gesteine a) und b) stellen allgemein verbreitete Amphibolit-typen dar.

a) *Epidot-Amphibolit*.

Textur: fein-kristallisationsschiefrig, dicht.

Struktur: nematoblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %	Dimensionen mm
Hornblende	64	0,8—1,5
Quarz	12	0,05—0,3
Stark serizitierte Feldspatmasse	12	—
Epidot	7	0,05—0,1
Klinozoisit	5	0,05—0,1
Titanit, Rutil, Chlorit.		

Makroskopischer Befund: Es handelt sich um ein sehr hartes, zu scharfen Splintern brechendes Gestein. Es ist oberflächlich mit einer rostbraunen Verwitterungskruste überzogen. Im Querbruch erscheinen bis 2 mm lange, elliptisch gestreckte „Augen“.

Mikroskopischer Befund: Der Dünnschliff zeigt die das Gestein bildenden Mineralien als dicht verwachsene, streng parallel texturierte Masse. Gewöhnliche Hornblende von stenglicher Ausbildung ist in die Schieferungsebene geregelt. Sie ist eng mit Epidot verwachsen und von Tropfenquarz durchspickt. Ihre ursprünglich wohl idiomorphe Umgrenzung erscheint stark aufgelöst. Der Pleochroismus ist kräftig:

$$\begin{aligned} n_{\alpha} &= \text{hellgrüngelb,} \\ n_{\gamma} &= \text{olivgrün.} \\ \text{Auslöschung: } c/n_{\gamma} &= 20^{\circ}, \\ n_{\gamma} - n_{\alpha} &= 0,020. \end{aligned}$$

Epidot bildet kleine und unregelmäßig begrenzte körnige oder stenglige Formen, die sich stellenweise, und zwar mit Vorliebe in Feldspatsubstanz etwas anreichern. Er ist durch isomorphe Schichtung und anomale fleckige Polarisationsfarben gekennzeichnet. Doppelbrechung: $n_{\gamma} - n_{\alpha} = 0,035$.

Auch Klinozoisit findet sich hauptsächlich in Plagioklas eingebettet.

$$\text{Doppelbrechung: } n_{\gamma} - n_{\alpha} = 0,027.$$

Lücken zwischen den Hornblendestengelchen werden häufig mit nicht näher bestimmbarer einschlußreicher Plagioklassubstanz ausgefüllt, in der nur selten undeutliche Zwillingslamellierung erhalten ist. Vielfach wird aber Hornblende von dieser Masse stark angefressen und in einzelne Stücke aufgelöst. Der Titanit hat längliche oder rundliche Umrisse; er ist bräunlich gefärbt und manchmal schwach pleochroitisch.

b) *Klinozoisit-Amphibolit.*

Textur: fein-kristallisationsschiefrig, dicht.

Struktur: nematoblastisch-poikiloblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Hornblende	65
Klinozoisit	25
Plagioklas	5
Quarz	3
Titanit	2
Rutil, Titaneisen.	

Makroskopischer Befund: Auf Haupt- und Querbruch des dunkelgrünen, dichten Gesteins erkennt man bis 2 mm lange, dünne Hornblendestengelchen, zu denen sich kleine, vorläufig nicht näher bestimmbare weiße Pünktchen gesellen.

Mikroskopischer Befund: Gewöhnliche Hornblende in stengligen, mehr oder weniger parallel angeordneten, oder auch parkettartig verwachsenen Individuen bildet die Hauptmasse. Ihre ausgezeichnete Spaltbarkeit macht sich durch lange, anhaltende Risse bemerkbar und auch die Querabsonderung ist gut ausgebildet. Ihr Pleochroismus ist kräftig:

$$\begin{aligned} n_{\alpha} &= \text{hellgelb,} \\ n_{\gamma} &= \text{olivgrün.} \\ \text{Auslöschung: } c/n_{\gamma} &= 15^{\circ}, \\ 2V &= 70^{\circ}. \end{aligned}$$

Nicht selten können Zwillingsbildungen nach (100) beobachtet werden. Deutliche Umwandlungserscheinungen fehlen, hingegen wird die gewöhnliche Hornblende von Quarz stets ankorrodiert und durchlöchert. Auch sind Einschlüsse von Titanit häufig. Oft werden ganze Hornbledeaggregate von dünnen Gängchen durchzogen, welche zur Hauptsache mit Plagioklas und Quarz gefüllt sind und die Hornblendesubstanz an ihren Grenzen deutlich ausbleichen. Klinozoisit in kleinen, kurzstengligen Individuen ist meist unregelmäßig zwischen den Hornblenden verteilt, bildet aber auch nesterartige Anreicherungen. Er ist vollständig farblos und hat niedrige positive Doppelbrechung, mit anomalen indigoblauen Interferenzfarben.

Doppelbrechung: $2V = 88^\circ$.
 $n_\gamma - n_\alpha = 0,025$.

Die nicht näher bestimmbare Plagioklasssubstanz findet sich meist als einschlußreiche Zwickelfüllung. Sie ist nicht verzwillingt. Hornblende wird von ihr ankorrodiert. Titanit mit abgerundeten, vorwiegend elliptischen Umgrenzungen bildet dichte Nester von 1—2 mm Durchmesser. Er ist schwach pleochroitisch.

Das folgende, ziemlich seltene Grüngestein weicht von den normalen, basischen Metamorphiten in der Zusammensetzung stark ab, tritt aber ebenfalls in Form von konkordanten Lagergängen auf:

c) *Epidot-Schiefer*.

Textur: fein-kristallisationsschiefrig, sehr dicht.

Struktur: feinnematoblastisch.

Mineralbestand:	Vol. %	Dimensionen:
Quarz	28	Alle Gemengteile
Epidot	27	kleiner als 0,05 mm.
Chlorit	27	
Erz	18	
Granat.		

Makroskopischer Befund: Der frische Bruch des Gesteins erscheint absolut dicht bis feinfaserig. Die gelblichgrüne Farbe läßt Epidot vermuten.

Mikroskopischer Befund: U. d. M. erscheinen die verschiedenen Mineralien in einem dichten, feinlepidoblastischen Gemenge innig verwachsen. Paralleltexur ist streng ausgebildet. Epidot tritt in kleinern, meist stark zerrissenen und nicht genauer bestimmbaren Individuen auf. Die Chloritschüppchen sind deutlich pleochroitisch und zeigen schmutzig olivbraune Polarisationsfarben. Gelegentlich schließen sie noch Überreste von Granat ein. Undulös auslöschende, einschlußreiche Quarzkörnchen füllen Lücken und Zwickel aus. Das Ganze wird von zahlreichen Erzputzen durchsetzt.

D. Petrogenetische Betrachtungen.

Wenn wir uns in der vorstehenden Beschreibung jedes Deutungsversuches und jedes persönlichen Gedankens enthalten haben, so geschah es in der Absicht, das unveränderliche reine Tatsachenmaterial sauber von eigenen, vielleicht vergänglichen Anschauungen zu trennen.

Wie wir sehen, stellen die oft allzu schnell als „langweilig und eintönig“ verachteten Casanna-schiefer unserer Gegend ihre eigenen interessanten Probleme. Doch kann es sich in dieser Arbeit nicht darum handeln, eine erschöpfende Erklärung zu versuchen, denn erstens hängen viele der zu beantwortenden Fragen mit den Erzlagerstätten nicht unbedingt zusammen und zweitens liegt in den benachbarten Tälern noch ein weites, neu zu bearbeitendes Gelände vor, dessen Erforschung unsere Ansichten bestimmt entscheidend beeinflussen wird. Es wäre vermessen, auf Grund unseres kleinen Gebietes mit seinen schlechten Aufschlüssen Erscheinungen restlos verstehen zu wollen, die sich wahrscheinlich über einen viel größern, vorläufig unbekannten Raum erstrecken. Daß wir uns aber schon jetzt unsere Gedanken über diese Probleme machen, kann nur nützlich sein.

Die Kenner unserer Gegend staunten immer wieder über die scheinbar regellose Mannigfaltigkeit der kristallinen Schiefer, Ortho- und Paragneise, Amphibolite, Pegmatite, Erze usw., die sie fanden. Zu den reichen Spielarten, welche alle diese Gesteine durch ihre wechselnde ursprüngliche Zusammensetzung, durch die wechselnde Mineralneubildung bei vor- und rückschreitender Metamorphose zeigen, kommt noch die Vielseitigkeit der strukturellen Entwicklung. Überraschenderweise ist es aber möglich,

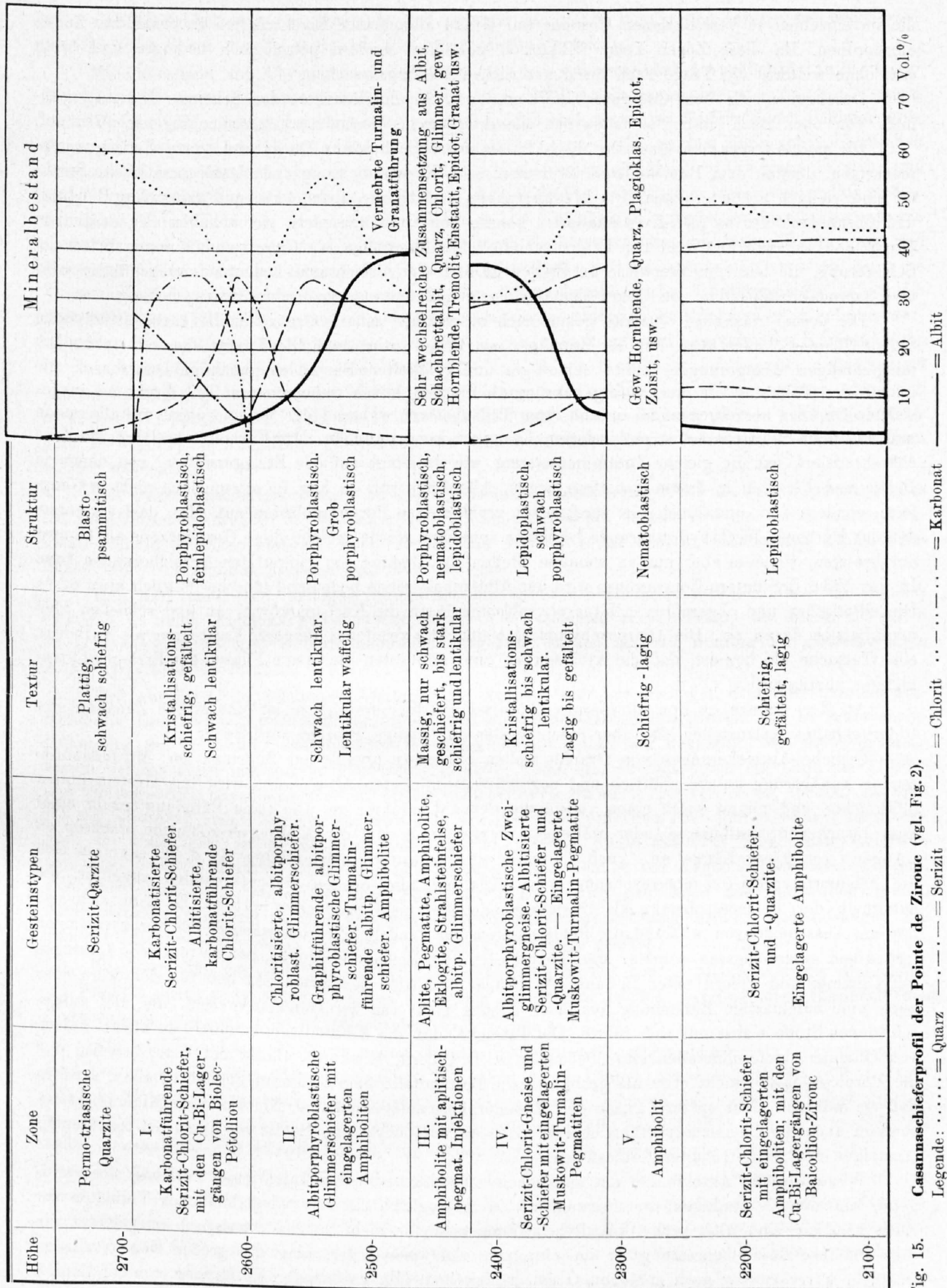


Fig. 15. Casannaschieferprofil der Pointe de Zirone (vgl. Fig. 2).

die im einzelnen so verschiedenen Gesteine auf Grund allgemeiner Eigenschaften in bestimmte Zonen einzuordnen. Da diese Zonen keine willkürlich gewählte, sondern petrologisch bedingte sind, stellt sich ohne weiteres die Frage nach ihren natürlichen Bildungsursachen.

Durchgehen wir den Casannaschieferkomplex unter Zuhilfenahme des Schemas (Fig. 15) nochmals von oben nach unten, so fallen uns charakteristische Veränderungen seiner Eigenschaften auf.

Die permo-triasischen Quarzite, die sich fast ausschließlich aus Quarz und wenig Serizit zusammensetzen, dürften dem Buntsandstein äquivalent sein. Kreuzschichtung und blastopsammitische Struktur sind vielfach schön erhalten. Die Metamorphose, welche die über-, bzw. unterlagernden Bündner- und Casannaschiefer so intensiv veränderte, konnte den Quarziten nicht viel anhaben; sie verdanken ihre Widerstandsfähigkeit wohl dem Fehlen schieferholder Mineralien, wie Chlorit und Glimmer. Schwache Schieferung, die bezeichnenderweise an Stellen größeren Serizitreichtums bedeutend ausgeprägter wird und Sammelkristallisation von Quarz sind die einzigen Zeugen mechanischer Beanspruchung.

Die permo-triasischen Quarzite gehen nach unten ohne scharfe Grenze in die karbonatführenden Serizit-Chlorit-Schiefer über. Mit der Zunahme von Chlorit wird auch die Textur dieser ursprünglich tonig-sandigen Ablagerungen immer schiefriger und gefältelter. Bis 10 cm mächtige Quarzlinsen, die infolge der Fältelung oft merkwürdig gekrümmte Figuren bilden, scheinen zum Teil direkt aus ausgewalzten Geröllen hervorgegangen zu sein, zum Teil aber von während der Metamorphose zirkulierenden und aus dem Sediment selbst mobilisierten Lösungen herzustammen. Das Karbonat, welches die Zone charakterisiert, hat die gleiche Zusammensetzung, wie dasjenige auf den Erzlagerstätten, von denen ja Biolec und Pétolliou in diesen Schiefen liegen. Allerdings tritt es hier im allgemeinen nicht in Gangform, sondern fast ausnahmslos in vereinzelt grobkörnigen Porphyroblasten auf. Man darf vermuten, daß das Karbonat durch hydrothermale Lösungen zugeführt wurde, welche diese Gesteinszone als Ganzes durchsetzten, wobei es aber nur an wenigen Stellen zur Bildung von gangartigen Anreicherungen kam. In der Nähe der untern Zonengrenze wird der Albitgehalt schon bedeutend (durchschnittlich etwa 6%). Die elliptischen und abgerollten Albitporphyroblasten lösen die Karbonatkörner an und schließen kleinere Partien davon ein. Die Albitporphyroblasten sind also zweifellos jüngerer Entstehung als Karbonat, eine Tatsache die beweist, daß die Albitisierung zum mindesten die ersten Phasen der Erzlagerstättenbildung überdauerte.

An der Grenze zu den albitporphyroblastischen Glimmerschiefen ist eine starke Zunahme des Chloritgehaltes festzustellen, der aber rasch wieder auf wenige Prozent zurückgeht.

Örtliche Anreicherungen von Graphit stellen Überreste organischer Substanz dar. Mit fortschreitender Annäherung an die aplitisch und pegmatitisch injizierten Amphibolite wird das Gestein immer albitreicher und nimmt rasch einen vollständig neuen Charakter an. Die feine Fältelung macht einer ausgesprochenen lentikularen oder waffeligen Textur Platz und die Albitporphyroblasten wachsen zu „Augen“ von 2 cm Länge an. Auch Turmalin wird makroskopisch auffällig. U. d. M. erweisen sich die Albitporphyroblasten überraschenderweise dicht mit idiomorphen Granatkristallen angefüllt, die außerhalb der Feldspatsubstanz als Gesteinsgemengeteil nicht beobachtet werden. Es kann sich also nur um Ausscheidungen während der Feldspatprossung handeln, die vom wachsenden Porphyroblasten fortlaufend eingeschlossen wurden. Man könnte sich zum Beispiel vorstellen, daß natronreiche Lösungen mit Glimmer und Chlorit unter Bildung von Granat und Albit reagierten. An und für sich wäre aber auch eine eutektartige Entstehung aus einer Lösung nicht von der Hand zu weisen, die alle ausgeschiedenen Stoffe selbst mit sich führte. Die Tatsache, daß die Albitindividuen außerdem kleine Fetzen von Glimmerschiefermineralien einschließen, so z. B. Chlorit, Muskowit, Biotit und Erze, beweist, daß die Porphyroblasten nicht etwa als grobklastische Bestandteile dem Sediment angehört haben, sondern daß sie während einer spätern Phase der Metamorphose entstanden sind. Nicht nur der Mineralbestand, sondern auch der Chemismus erfährt charakteristische Veränderungen. So ist vor allem ein bedeutendes Ansteigen des Na_2O -Gehaltes festzustellen.

Wenn wir, die Amphibolite mit aplitischen und pegmatitischen Injektionen vorläufig überspringend, die Zone 4 studieren, so erkennen wir in ihr sogleich ein fast spiegelbildliches Verhalten zur Zone 2. Zwar sind albitporphyroblastische Glimmerschiefer nicht so charakteristisch ausgebildet wie dort und ihre Zusammensetzung ist im einzelnen viel wechselnder, aber die großen Züge verlaufen trotzdem unverkennbar nach analogen Gesetzmäßigkeiten. Mit wachsender Entfernung von der Zone 3

sinkt der Albitgehalt auf ein Minimum von weniger als 10%, das in der Zone 5 nie mehr überschritten wird. Auch der Na_2O -Gehalt geht entsprechend zurück.

Mineralbestand und Chemismus ändern sich also fast symmetrisch bei Annäherung an die Injektionszone von oben und unten. Aus dem Verhalten der Mineralzusammensetzung ist ohne weiteres auch für das Liegende der Injektionszone ersichtlich, daß vom normalen Serizit-Chlorit-Schiefer über die verschiedenen beschriebenen Abarten eine ununterbrochene Reihe zu den albitporphyroblastischen Glimmerschiefern führt. Auf beiden Seiten finden wir also einen allmählichen Übergang in mehr und mehr magmatogene Typen, bis wir schließlich auf die albitisch-pegmatitischen Injektionen selbst stoßen. Die Serizit-Chlorit-Schiefer, wie sie in den Zonen 2 und 5 häufig sind, entsprechen im allgemeinen rein sedimentogenen tonig-sandigen Ablagerungen, die durch Regionalmetamorphose textuell umgeprägt und umkristallisiert wurden, wobei aber der Chemismus im großen und ganzen unverändert blieb. Auch die Variationen in der chemischen Zusammensetzung der albitporphyroblastischen Glimmerschiefer halten sich noch durchaus im Rahmen, der bei tonig-sandigen Ablagerungen möglich ist. Hingegen ist es sehr unwahrscheinlich, daß so stetige Veränderungen besonders im Albitgehalt auf zufälligen primären Schwankungen beruhen, vielmehr ist anzunehmen, daß Stoffzufuhr und die sie begleitenden chemischen Umsetzungen unserer Gesteinsfolge ihren heutigen Charakter verliehen haben. Durch selektive Metamorphose, oder durch metamorphe Differentiation, kurz durch Stoffumsatz innerhalb der Schiefer selbst, könnte jedenfalls eine so auffällig symmetrische Anordnung um eine zweifellos injizierte saure Masse nicht glaubhaft erklärt werden.

Der Sachverhalt erinnert stark an die klassischen Untersuchungen von M. V. GOLDSCHMIDT über die Injektionsmetamorphose im Stavanger Gebiet (35), nur daß die Verhältnisse hier etwas unübersichtlicher und im einzelnen vielleicht komplizierter sind. Es liegt nahe, unserer Gesteinsserie ähnliche Bildungs- und Umwandlungsprozesse zugrunde zu legen.

Man darf annehmen, daß gleichzeitig mit den aplitisch-pegmatitischen Injektionen Alkalisilikatlösungen in einen Komplex gewöhnlicher Serizit-Chlorit-Schiefer einwanderten, die durch die schon vorhandenen Chlorit- und Glimmerminerale ausgefällt wurden und zur Bildung der granatgefüllten Albitporphyroblasten führten.

Den nur 5–10 m mächtigen Aplitgang als direkten oder gar alleinigen Stofflieferanten so ausgedehnter Umwandlungserscheinungen zu bezeichnen, scheint jedoch übertrieben. Es ist wahrscheinlicher, daß die Stoffzufuhr, einschließlich der Injektion der Apliten und Pegmatite, aus einem gemeinsamen tieferen Herd und nahezu gleichzeitig erfolgte, wobei sie, bedingt durch die Lage des Herdes und die gegebenen physikalischen Verhältnisse (Temperatur), räumlich eng verbunden blieben. Es muß für die Lösungen sicher leichter gewesen sein, auf den Schieferflächen (Bewegungsbahnen) vorzudringen, als diese quer zu durchsetzen, eine Tatsache, die uns durch das stets konkordante Auftreten von Amphiboliten, Apliten, Pegmatiten und Erzgängen zur Genüge vor Augen geführt wird. So läßt sich auch eher verstehen, wieso Amphibolite der Zone 2 auch ganz nahe über der Injektionszone nicht merklich verändert wurden, trotzdem sie große Flächenausdehnung besitzen und Lösungen, die von der Injektionszone selbst stammten, sie durchquert haben mußten.

Ob Turmalin, der sich mit wachsender Annäherung an die Zone 3 ebenfalls etwas anreichert, als Produkt pneumatolytischer Vorgänge zu werten ist, oder ob er den ursprünglichen Borgehalt des Sediments darstellt, ist nicht zu entscheiden.

Ein weiteres kleines Problem stellen die chloritisierten albitporphyroblastischen Glimmerschiefer. Erst bessere Aufschlüsse und eingehendere Untersuchungen können aussagen, ob die sicher nachträgliche Chloritisierung durch Lösungszufuhr verursacht wurde, oder ob das später albitisierte Gestein an sich schon eine basischere Zusammensetzung aufwies (Tuff, Amphibolit?) und sich nachträglich selbst umwandelte. Die scharfe Begrenzung deutet eher auf die letztgenannte Möglichkeit hin.

Die Erscheinungen innerhalb der Injektionszone sind nur schwer zu enträtseln, finden wir hier doch mehr oder weniger umgewandelte Apliten, Pegmatite, Glimmerschiefer, Amphibolite, Eklogite, Strahlsteinfelse usw. in unübersichtlicher Wechsellagerung. Im großen und ganzen erhält man den Eindruck, als sei hier auf der Inhomogenitätsgrenze zwischen z. T. besonders grobkörnigen Amphiboliten und Glimmerschiefern eine aplitisch-pegmatitische Injektion erfolgt, die das Nebengestein tiefgreifend

veränderte. Die im einzelnen hochinteressanten Umwandlungen rechtfertigen ein Spezialstudium, das zur Klärung verschiedener aktueller petrogenetischer Fragen beitragen könnte.

Mineralassoziation und Chemismus der Amphibolite lassen auf ein metamorphes basisches Eruptivgestein schließen. Infolge der zerstörten ursprünglichen Struktur ist es schwer, zu entscheiden, ob effusive oder intrusive Bildungen vorliegen.

Die zeitliche Entwicklung dieses kleinen Erdrindenstückes ist nach unsern bisherigen Erkenntnissen folgende:

1. Ablagerung der tonig-sandigen Sedimente;
2. Intrusion (oder Effusion) basischer Eruptiva (Amphibolite);
3. Injektion aplitischer und pegmatitischer Lösungen und gleichzeitige Albitisierung ausgedehnter Schiefermassen;
4. Bildung der Erzlagerstätten in verschiedenen Phasen, z. T. sich überschneidend mit der Albitisierung.

Die Aplite und Pegmatite müssen schon stark tektonisierte Gesteine vorgefunden haben. Ihre Injektion, die Albitisierung und auch die Lagerstättenbildung erfolgten unter ständiger Bewegung. Der Annahme, daß es sich um Begleiterscheinungen der alpinen Orogenese handelt, steht nichts entgegen.

Interessantes Vergleichsmaterial bieten vor allem die vorbildlich untersuchten Schieferserien in Fennoskandia (69, 70).

III. Die Erzvorkommen.

Regellos verteilt finden sich im Gebiete der Pt. de Zirouc und der benachbarten Hänge erzeiche Einlagerungen, die sich im Gelände meist durch das von Verwitterungsprodukten gelb oder rostbraun gefärbte Nebengestein verraten. Weniger häufig weisen diese „Fahlbänder“ älterer Berichte auch malachitische Überzüge auf, zu denen sich gerne Azuritanflüge gesellen. Die selten mehr als einige Zentimeter mächtigen Einlagerungen bestehen vorwiegend aus Karbonat, Pyrit, Magnetkies, Kupferkies, Fahlerz, Magnetit und Arsenkies. Die Konzentration der Erze ist aber meist gering und es handelt sich vielfach nur um diffuse Einsprengungen in den Schiefern, die z. T. vielleicht sedimentären Ursprungs sind. Andererseits beobachtet man oft konkordante perlschnurartige Gänge mit Quarz und Karbonat als Grundmasse, die zu abbauwürdigen Lagerstätten anschwellen können. Ihr Nebengestein ist stets stark ausgebleicht; Chlorit tritt zugunsten von Serizit und Quarz zurück. Durch die sauren Verwitterungslösungen des Erzgehaltes wurde es zermürbt und aufgeblättert.

Die günstigsten dieser Vorkommen wurden durch Sondierstollen und kleinere kurzlebige Bergbaubetriebe aufgeschlossen. Die wichtigsten Erzfundstellen seien von Westen nach Osten fortschreitend kurz angeführt:

Am Nordhang der Scex Marenda (Koord. 609 500/111 490) liegen einige verstreute Blöcke mit Kupferkies-Fahlerz-Gängen und hinten im Val de Moiry bei Zattelet-Praz werden Felstrümmer mit eingelagerten Kupfererzen schon in ältern Berichten erwähnt.

Die bedeutendste Kupfer-Wismut-Lagerstätte, die sich am Nordwesthang der Pt. de Zirouc über 900 m im Streichen verfolgen läßt, wurde in der Mine Baicolliou angehauen. Die Grube Zirouc am Nordgrat der Pt. de Zirouc lieferte die gleichen Erze und dürfte vermutlich in der Fortsetzung der Gänge von Baicolliou liegen. In Rousson waren bis vor wenigen Jahren in zwei kurzen Stollen Nickel-Kobalterze aufgeschlossen, die heute durch Gehängeschutt vollständig verdeckt sind.

In einem andern „Fahlband“ liegen die Kupfer-Wismut-Minen Biolec und Pétolliou am linken Hang des Val Zinal. Etwas weiter südlich, im nächsten tief eingeschnittenen Couloir, findet sich wieder ein kleiner Gang von der selben Mineralführung, der etwas weiter unten von einem unbedeutenden, schlecht aufgeschlossenen Bleiglanz und Zinkblende führenden Karbonatgang begleitet wird.

Die Quarzite, die von Pont de Praz Long bis Zinal an der linken Talseite verlaufen, zeigen oft ähnliche Verwitterungsprodukte wie die Erzvorkommen und dürften stellenweise reichlich Pyrit enthalten.

Die Mineralassoziation der Grube Alpe de la Lex (Alpe de l'Allée) mit Kupferkies in einem reinen Quarzgang, ohne Wismut und ohne Fahlerz, unterscheidet sich von den Kupfer-Wismut-Lagerstätten stark und hängt mit diesen sicherlich nicht genetisch znsammen. Sie wird deshalb in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Nach HUTTENLOCHER handelt es sich um eine völlig postdeformative Kluftmineralisation unter Auslaugung des Kupfergehaltes der umgebenden Grüngesteine.

An der rechten Talflanke, über der Pont du Bois (Koord. 614 550/111 370) fährt eine kleine Sondierung einen etwa 2 m mächtigen, diskordanten Kupfer-Wismut-Erzgang in albitporphyroblastischem Glimmerschiefer an. Bourimont und die Lapine Rousse, ebenfalls auf der rechten Seite des Val de Zinal, bilden die östlichen Kupfer-Wismutvorkommen der Mittelwalliser Erzprovinz. Der Vollständigkeit halber seien noch die Nickel-Kobalt-Lagerstätten von Grand Praz und Gollyre am Torrent d'Ayer erwähnt, die bergbaulich ausgebeutet wurden.

Auf kleinem Gebiet sind hier also verhältnismäßig viele, allerdings wirtschaftlich unbedeutende Erzvorkommen anstehend.

Im folgenden sollen die Kupfer-Wismut-Lagerstätten und von diesen besonders die Mine Baicolliou näher untersucht und die andern Vorkommen nur im allgemeinen Zusammenhang beschrieben werden.

Nach ältern Berichten liegen die Minen Baicolliou, Zirouc, Biolec, Pétolliou, Alpe de la Lex, Lapine Rousse und Bourimont alle in ein und demselben „Fahlband“, das sich also in Form einer Ebene (N 60°/30°S) mindestens durch die ganze Pt. de Zirouc zusammenhängend fortsetzen sollte. Auf Grund dieser Annahme wurden „Gutachten“ mit phantastischen Erzvorräten errechnet.

Die eingehende geologisch-petrographische Untersuchung hat jetzt aber eindeutig gezeigt, daß ein solcher Zusammenhang nicht bestehen kann. So liegen z. B. Baicoulliou und Zirouc in den Serizit-Chlorit-Schiefern der Zone 5, ungefähr 200 m unterhalb der Zone 4, Biolec und Pétolliou hingegen in den karbonatführenden Serizit-Chlorit-Schiefern der Zone 1. Da diese Erzgänge, von kleinen Abweichungen abgesehen, konkordant liegen, werden sie durch Gesteinsserien getrennt, die eine Gesamtmächtigkeit von nicht weniger als 1000 m erreichen.

Aus der Karte ist ersichtlich, daß die Lagerstätten überhaupt ganz ungeordnet auf verschiedene petrographische Zonen verteilt sind, und es handelt sich hier sicher nicht um eine einzige vererzte Fläche, sondern um mehrere enger begrenzte parallele Erzhorizonte. Trotzdem bilden die angeführten Kupfer-Wismut-Vorkommen in mineralogischer und lagerstättenkundlicher Hinsicht eine Einheit, denn Mineralgehalt und Struktur sind bei allen sehr ähnlich. Sie stellen durchweg Lagergänge dar von etwa 10 cm mittlerer Mächtigkeit und linsiger oder perlschnurartiger Beschaffenheit. Das Nebengestein und auch das Erzlager sind an den Berührungsstellen stärker laminiert und gequetscht. Die Gangmasse bilden verquarzte Trümmer von Glimmerschiefer, Quarzknollen, grobkörniger Braunspat und Baryt (Baicolliou). In dieser sitzen unregelmäßig verteilte Nester von Pyrit, Kupferkies, Fahlerz und Wismutglanz. Die vorherrschenden Gangstufen zeichnen sich durch bedeutenden Braunspatgehalt aus.

Die Mine Baicolliou.

1. Lage.

In der Nähe der Gougrafälle oberhalb Grimentz (Koord. 609 900/111 900) tritt ein vorerst hauptsächlich Pyrit führender Erzgang zutage, dem sich bald zwei weitere parallele gesellen. Als weithin sichtbare, gelb und rostbraun anwitternde Bänder, streckenweise überdeckt von Gehängeschutt und Wald, können sie bis zur heutigen Mine verfolgt werden. Das mittlere nimmt rasch die Form eines 2—3 cm mächtigen Ganges von linsenartiger Beschaffenheit an; malachitische Überzüge, Kupferkies- und Fahlerzeinsprengungen werden häufig. Das obere führt, wenigstens makroskopisch betrachtet, weiterhin nur Pyrit und selten kleine Karbonatlinsen, enthält aber um so mehr Quarzzüge und -knollen. Verschiedenenorts wurden kleine Sondiersprengungen ausgeführt, doch ist der Zusammenhang dieser Erzlagen infolge der streckenweise schlechten Aufschlüsse nicht ganz klar.

Die alte Grube Zirouc liegt möglicherweise in der unmittelbaren Fortsetzung dieser Erzzone, die übrigens nach alten, allerdings etwas vorsichtig zu beurteilenden Berichten auch zwischen Baicolliou und Zirouc durch Schürfungen unter dem Schutt gefunden worden sein soll.

Die Baracken der Mine Baicolliou stehen auf einer schmalen Terrasse, an einer vor Lawinen und Steinschlag notdürftig schützenden Felswand in 1980 m Höhe. Eine 900 m lange Pendelseilbahn verbindet die Grube mit der Verhüttungsanlage unten im Tale auf der linken Seite der Gougra.

Auf dieser Terrasse, hinter der obern Seilbahnstation, tritt der Hauptquerschlag an den Tag, durch den die gesamte Förderung geleitet wird und der den Erzgang nach 80 m horizontaler Entfernung anfährt. Von einer Beschreibung der einzelnen Baue wird hier abgesehen und auf die beigelegten Pläne und Profile hingewiesen, die die Verhältnisse übersichtlicher und verständlicher darlegen.

2. Ausdehnung und Erzvorrat der Lagerstätte.

Im Verhältnis zu der geringen mittleren Mächtigkeit, die sich übrigens infolge der regellosen Aufspaltung in Nebenadern nur schwerlich genau berechnen läßt, aber zwischen 10 und 15 cm liegen dürfte, ist die flächenhafte Ausdehnung der Lagerstätte groß. Im Streichen wurde sie bis heute innerhalb der Grube auf 350 m und im Fallen teilweise auf 100 m aufgeschlossen. Ein Auskeilen des Erzes innerhalb des bis heute erschlossenen Grubenareals konnte nicht festgestellt werden und der Ausbiß läßt sich von der alten Travers-banc 4 aus nach Westen, allerdings mit Unterbrüchen, bis in die Nähe der Gougrafälle verfolgen. Mit Sicherheit führt er aber nur auf etwa 400 m, bis ins große Couloir Erz, das dort mit einer kleinen Sondierung aufgeschlossen wurde. In diesem Fühler wurde im typischen ausgebleichten Nebengestein das Erz in Gestalt von zwei parallelen, bis 3 cm mächtigen Schnüren mit barytischer Gangart und sonst normaler Ausbildung angefahren.

Es ist sehr wohl möglich, daß das „Fahlband“ nach Westen noch weiter Erz führt, obschon aus den stark verwitterten Aufschlüssen mit Hammer und Meißel keine vielversprechenden Handstücke zu schlagen sind und man eher vermuten muß, daß die Lagerstätte in dieser Richtung bald austreicht oder wenigstens vertaubt. Zuverlässige Angaben könnten aber nur durch weitere ausgedehnte Aufschlußarbeiten gewonnen werden.

Daß die verlassene Grube Zirouc etwa 1 km im Nordosten von Baicollieu auf 1960 m Höhe in der gleichen Erzzone liegt, scheint wahrscheinlich, besonders da alte Berichte zu wissen glauben, daß das Erz auch zwischen beiden Minen unter dem Schutt erschürft worden sei, was heute erneut zu kontrollieren wäre. Man findet zwar dort auf dem Hang Blöcke mit einem gewissen Pyritgehalt und Spuren von Karbonat, die aber von irgendeiner andern Einlagerung stammen können.

In den verschütteten und unzugänglichen Bauen der Mine Zirouc sind nur wenige verrutschte Bruchstücke des Erzganges zu sehen, aus denen auf keine größeren Zusammenhänge geschlossen werden kann.

Die Vorratsberechnung gestaltet sich in Anbetracht der unsichern tektonischen Verhältnisse, der schwankenden Erzmächtigkeit und der Launenhaftigkeit des Metallgehaltes äußerst schwierig. So ist es denn auch nicht verwunderlich, daß die verschiedenen Prospektoren auf Resultate kommen, die um mehr als das Dreifache voneinander abweichen. Und zwar ist es sehr bezeichnend, daß die Ergebnisse durchweg viel zu günstig ausfielen. Nach den neuesten Erfahrungen kommen folgende Durchschnittswerte den tatsächlichen Verhältnissen am nächsten:

Vom insgesamt erschlossenen Lagerstättengebiet	=	16 000 m ²
muß ein Viertel auf Kosten gestörten Gebietes abgezogen werden	= —	4 000 m ²
Daraus ergibt sich eine <i>Erzfläche</i> von:		<u>12 000 m²</u>
Das gesamte Gangvolumen beträgt also bei einer mittleren Mächtigkeit von 10 cm:		1 200 m ³

was bei einem mittleren spez. Gewicht von 3	
einem Gesamterzgewicht von:	3600 t entspricht.
Davon sind etwa 4 ‰ Cu	= 140 t Cu
etwa 0,4 ‰ Bi	= 14 t Bi
und etwa 60 gr/t Ag	= 0,2 t Ag.

Ein Quadratmeter Lagerstättenfläche (einschließlich gestörte Gebiete) entspricht also durchschnittlich etwa:

	200 kg Erz
oder	8 kg Cu
und	0,8 kg Bi.

3. Tektonik.

Abgesehen von kleinen Verzweigungen bildete das Erz innerhalb des bisher bergbaulich erschlossenen Raumes ursprünglich wohl eine zusammenhängende, dem Nebengestein konkordant eingelagerte Platte (N 60°/30° S), welche aber heute durch Brüche stark gestört ist. Die Orientierung der einzelnen Bruchstücke fällt mit derjenigen des ganzen Schieferkomplexes zusammen, d. h. sie haben sich parallel zu sich selbst verschoben, ohne sich zu verdrehen oder nach irgendeiner Richtung zu kippen.

An einer großen bewegten Zone von etwa 10 m Mächtigkeit (N 70°/70° S) ist der südliche Mittelbau (Baue 10, 16, 17, 18) gegenüber dem nördlichen Mittelbau (Baue 3, 11) um etwa 10 m tiefer verlegt worden.

An einer zweiten Störungszone (NS/90°) senkte sich der Ostbau gegenüber dem nördlichen Mittelbau um 17 m und gegenüber dem südlichen Mittelbau um 7 m. Diese beiden Störungszone schneiden sich zwischen Ost- und Mittelbau in der Galerie 16. Eine weitere, etwas kleinere Verwerfung (N 90°/80° S) setzt den Erzgang südlich der Galerie 16 Ost um etwa 5 m tiefer.

Im äußersten Westbau quert eine Verwerfung die Grande Descenderie 15 m oberhalb ihrem Schnitt mit der Galerie 6. Sie senkt das Bergäußere um etwa 7 m.

Außer diesen größeren, durchgehenden Brüchen finden sich alle 2—3 m kleinere Verwerfungen, mit Sprunghöhen von einigen Zentimetern bis 1 m, die das Erz immer gegen das Berginnere, d. h. nach Süden absenken.

Während der Bewegung an den Klüften wurden feine Gesteinsteile der Gleitflächen abgelöst, von Wasser durchsetzt und zu 1—15 cm mächtigen Letten zerrieben. Eigentliche Gleitharnische sind selten ausgebildet und können keine Anhaltspunkte über die Bewegungsrichtung geben. Diese kann aber leicht an den häufigen Verschleppungen und der Lettenfarbe erkannt werden. Schneidet die Verwerfung den Erzgang, so ist sie unter diesem durch Lösungen gelb bis rostbraun gefärbt, von Malachit und Azurit oft grün, beziehungsweise blau gestreift und gelegentlich sogar von kleinen Gangstücken durchsetzt. Über dem Gang hat der Letten hingegen die hellgrüne Farbe der Chlorit-Serizit-Schiefer.

Größere Störungen setzen sich aus mehreren parallelen und sich durchkreuzenden Lettenklüften zu einem ganzen System zusammen. Ein gutes Beispiel dafür gibt die Zone zwischen dem südlichen und dem nördlichen Mittelbau.

Die Störungen sind alle in geologisch jüngerer Zeit und auf alle Fälle lange nach der Vollen- dung des Erzganges entstanden. Ihre Füllung besteht, von mitgerissenen Gangstücken abgesehen, nur aus zerriebenem Schiefermaterial. Die brüchige Beschaffenheit des Nebengesteins hat die Bildung offener Spalten, die spätere Mineralabsätze ermöglicht hätten, nicht zugelassen.

Nur ein einziges Mal konnte festgestellt werden, daß Erzgänge von 2—3 cm dicken Quarzadern quer durchschnitten wurden, die offenbar ältere, nachträglich durch Quarz zugeheilte Risse darstellen.

4. Die Gangform.

Das Normalbild der Vererzung ist nicht, wie es in ältern Berichten gerne beschrieben wurde, ein ausgesprochener Lagergang, sondern viel eher eine von zahlreichen, in den Schieferungsflächen, gelagerten Erzlinsen und -adern wechselnder Ausdehnung durchzogene Gangzone oder, genauer, eine von Erzgängen durchzogene Serizit-Quarzitzone von 0,5—5 m Mächtigkeit. Von diesen vielen Zügen dominiert bald der eine, bald der andere durch seine Mächtigkeit oder durch seine Erzführung; einige von ihnen vertauben rasch oder verschwinden sogar ganz und in solchen Ausnahmefällen kann ein einziger Gang übrigbleiben, der aber nur auf kurze Strecken allein bleibt. Er muß seine Vormachtstellung meist rasch wieder an einen seiner Trabanten abtreten. Ihre Mächtigkeiten sind im allgemeinen sehr unregelmäßig; Linsen und Knollen mit bis 70 cm Durchmesser und höchstens 2 m Länge wechseln auf kurze Entfernung mit dünnen Erzzügeln, was im Schnitt zu perlschnurartigen Gebilden führt. Verschiedene Züge vereinigen sich gelegentlich und können sich ebensogut später wieder verzweigen. Selten sind 1—2 cm mächtige Erzgängenchen zu beobachten, die deutlich diskordant größere Linsen in verschiedenen Schieferflächen verbinden.

Der linsenartige Charakter, die vorherrschende Gangform, scheint aber vor allem durch das grobspätige Karbonat bedingt zu sein, denn karbonatarmer Gangstufen springen durch auffallend konstante Gangmächtigkeit in die Augen. Nie werden Linsen getroffen, die nur aus Erz, Quarz, Nebengesteinseinschlüssen und nur wenig Karbonat bestehen, sondern solche Mineralassoziationen bilden stets durchgehend annähernd gleichmächtige Züge. Ebenso kommt Baryt nie in ausgesprochenen Linsen vor, während Quarz noch eher zur Bildung größerer Ansammlungen neigt.

Im Ostbau wurden auf 5 m Höhe drei Erzgänge übereinander angefahren. Im Mittel- und Ostbau konnten stellenweise Zonen von 2 m Mächtigkeit vollständig abgebaut werden, die das Erz in Form von vielen feinen Adern enthielten. An andern Stellen, z. B. in der Galerie 18 und der Umgebung des Hauptquerschlages, ist auf kurze Strecken nur ein einziger, zudem sehr dünner und erz-ärmer Gang zu finden.

Die Verteilung sowohl der Lagerungsformen, als auch der verschiedenen Erzstufen über das gesamte Grubenareal ist ganz ungeordnet und überaus launisch. Im Verhältnis zu der geringen mittleren Mächtigkeit, die sich übrigens nur schwerlich genau berechnen läßt, aber zwischen 10 und 15 cm liegen dürfte, ist die flächenhafte Ausdehnung der Lagerstätte beträchtlich (siehe Abschnitt 2).

5. Der Inhalt der Lagerstätte.

a) Chemismus.

Die Erze von Baicolliou sind im Verlaufe der Ausbeutungsversuche, die sich nun über mehr als 100 Jahre erstrecken, vielfach chemisch analysiert worden, so daß wir uns in dieser Hinsicht Arbeit ersparen durften. Die Analysen sind allerdings sehr verschieden ausgefallen, was wohl auf ungleiche Probenentnahme zurückzuführen ist.

Zum Vergleich seien folgende fünf Analysen angeführt.

Analysen von Erzproben aus der Mine Baicolliou.

	Größtmögliche Anreicherung durch Handscheidung		Mittlerer Gehalt der Gänge	Mittlerer Gehalt des Förderguts nach Handscheidung	Mittlerer Gehalt des Förderguts vor Handscheidung
	I	II	III	IV	V
Kupfer	17,96	15,62	4,15	4,20	1,54
Wismut	7,91	4,51	0,63	0,35	0,12
Antimon	—	} 5,17 {	1,08	0,37	0,03
Arsenik	—		0,30	0,63	0,11
Schwefel	18,20	13,26	4,92	4,36	—
Blei	—	0,49	Spuren	0,02	0,02
Eisen	10,64	15,54	9,60	10,43	3,69
Kalzium	—	—	1,36	1,55	—
Magnesium	—	—	0,57	1,60	—
CO ₃ -(Kohlensäure)	—	—	5,13	—	—
Aluminium	—	—	—	2,56	—
Mangan	—	—	—	0,59	—
Gangart	37,66	39,96	72,16	60,37	84,2
Silber	—	—	69 gr/t	—	—

Gold 1,5 gr/t (nach L. CAMPREDON).

Nickel und Kobalt in chemisch nicht feststellbaren Spuren als Erythrin beobachtet.

- Analytiker: I. BRAUNS (vor 1901),
 II. M. OETTLI, Prof. der Chemie an der Ecole industrielle de Lausanne (1901),
 III. Dr. R. BOSSHARD (1908),
 IV. HÄNSLER (1941),
 V. Ing. STACHEL (1940), Min. u. Petr. Inst. der Universität Bern.

Die Analysen I und II wurden angeblich von Erzen „ayant subi un bon tirage au marteau“ genommen. Eine solche Anreicherung der wertvollen Metalle von Hand ist nur durch mühsames Heraus-
 klauben möglichst reiner Erzstücklein erreichbar, wobei weniger reiche Partien wegfallen müssen. I und II geben also vollständig falsche Bilder, denn in der Praxis ist eine so weit getriebene Handscheidung sehr ungünstig, da sie viel zu große Verluste bedingt. Die Analyse III (ausgeführt von Dr. R. BOSSHARD) einer vorschriftsgemäß entnommenen Durchschnittsprobe von aus 38 verschiedenen Orten der Mine herstammenden Erzproben, stimmt mit der Analyse IV von HÄNSLER gut überein. Diese wurde aus einer Durchschnittsprobe des handgeschiedenen Fördergutes hergestellt; die Handscheidung beschränkte sich hier zur Hauptsache auf Trennung von Nebengestein und Gangpartien. Die Analyse V einer von Prof. CADISCH entnommenen Durchschnittsprobe hat auch Nebengesteinspartien zwischen den einzelnen Erzzügeln mit einbezogen und entspricht annähernd dem Gehalt des Fördergutes vor der Handscheidung.

Es ist wohl keine zufällige Erscheinung, daß die Analysenresultate im Laufe der Zeit immer weniger günstig lauteten, da wenigstens die ersten zwei hauptsächlich propagandistischen Zwecken gedient haben müssen und man, gewitzigt durch die erlittenen Mißerfolge, den Wirkungsgrad der Handscheidung von Mal zu Mal objektiver einschätzte. Die Analysen III und IV, mit denen übrigens noch zahlreiche andere weitgehend übereinstimmen, dürften dem wirklichen mittleren abgebauten Ganginhalt am nächsten kommen.

Der Inhalt der Erzgänge ist von Ort zu Ort sehr verschieden, was aus der vorzüglichen Arbeit von BOSSHARD deutlich hervorgeht: „Hier folgen nun die Resultate der einzelnen Erzproben, welche mir zuweilen in Säcken von 5 kg zur Analyse zugeschickt wurden, und welche teilweise unter Leitung von Herrn Prof. Dr. A. BONNARD an der Erzlagerstätte Baicolliou in der Weise entnommen wurden, daß man dem Erzgange folgend, demselben von 5 zu 5 m ein vorschriftsgemäßes Durchschnittsmuster entzog, unbekümmert darum, ob man hierbei auf eine erzarme Stelle stieß oder nicht.“

Analysen:

Mine Baicolliou, Kupferanalysen an Mittelproben

Nr.	% Kupfer	Nr.	% Kupfer	Nr.	% Kupfer
1.	5,68	14.	6,01	27.	3,24
2.	4,96	15.	2,75	28.	2,87
3.	5,90	16.	3,85	29.	2,06
4.	3,21	17.	2,10	30.	1,22
5.	7,90	18.	3,85	31.	0,15
6.	6,09	19.	9,80	32.	3,67
7.	6,50	20.	3,80	33.	4,25
8.	6,25	21.	4,00	34.	2,62
9.	5,30	22.	1,87	35.	2,15
10.	8,60	23.	1,43	36.	0,88
11.	5,20	24.	0,62	37.	0,78
12.	6,10	25.	3,76	38.	2,90
13.	5,35	26.	4,66		

Berechnetes Mittel aus vorstehenden Analysenresultaten: 4,0% Kupfer.

b) Die einzelnen Mineralien.

Die Verteilung der am Aufbau der Erzgänge beteiligten Mineralien über das ganze Grubenareal ist im Kleinbereich sehr launisch, im großen aber ziemlich ausgeglichen. Einzig Baryt bildet eine Ausnahme, indem er sich nur im nördlichen Westbau (Galerie 10) und hauptsächlich im äußersten Ostbau (Galerie 16 Ost) in wesentlichen Mengen einschiebt.

Die einzelnen Mineralien dürften sich auf das Gesamtvolumen der bisher erschlossenen Gänge schätzungsweise wie folgt verteilen:

Mine Baicolliou, Übersicht der Erze und Gangarten

Erze	Vol. %	Extensität	Intensität
Kupferkies	10	gemein	groß
Fahlerz	8	gemein	groß
Pyrit	6	verbreitet	deutlich
Wismutglanz	4	verbreitet	spärlich
Eisenglanz	2	selten	vereinzelt
Bornit			
Malachit			
Azurit			
Chalkosin		sehr selten	sehr selten
Covellin			
Erythrin			
Total	30		
Gangarten			
Karbonat	35	gemein	sehr groß
Quarz	20	gemein	groß
Baryt	5	zerstreut	groß
Albit	5	verbreitet	spärlich
Serizit	5	meist nur mikroskopisch	
Chlorit			
Apatit			
Rutil			
Turmalin			
Zirkon			
Limonit			
Total	70		
	100		

Die Erze.

Kupferkies.

CuFeS_2 . Reflexionsvermögen in Luft: 42 %. (Das Reflexionsvermögen wurde immer mit dem Bereksehen Spalt-Mikrophotometer mit Grünfilter 5110 · 10⁻⁸ cm gemessen.)

Kupferkies ist das häufigste Erz auf Baicolliou. Er verhält sich ausgesprochen zementativ gegenüber Pyrit, Karbonat und Quarz. Er rundet die ursprünglich wohl gut idiomorphen Pyritkristalle ab,

dringt auf Rissen in sie ein und greift sie oft auf breiter Front an. Kupferkies stößt mit Vorliebe längs den Korngrenzen von Quarz und Karbonat in dünnen Äderchen vor, erfüllt die Zwickel zwischen den Einzelkristallen und frißt sich auf Spalten in haarfeinen Fühlern in sie hinein. Er ist also jünger als Pyrit und Karbonat. Mit Fahlerz ist er meist körnig verwachsen. Wismutglanz in idiomorpher, spießig-körniger Ausbildung findet sich mehrheitlich in Kupferkies eingebettet. Die Spaltbarkeit nach (111) ist häufig durch beginnende Oxydation entwickelt.

Nur selten sind scheinbar einheitliche Aggregate relativ großer Flächenausdehnung zu beobachten (bis 3 cm²), die aber kaum dicker als 5 mm werden und vorwiegend dünne Überzüge auf Karbonatkristallen bilden.

Fahlerz.

Reflexionsvermögen in Luft: 31,5 %.

Das ausgezeichnet polierbare Fahlerz ist eine wismutreiche Varietät und wurde früher Rionit genannt. Es hat einen wenig entschiedenen Farbton zwischen grau-weiß und ein verhältnismäßig hohes Reflexionsvermögen.

STAUFFACHER (67) erwähnt eine Verdrängungspseudomorphose des Pyrits durch Fahlerz, die von uns nie beobachtet wurde und hält dieses durchweg als eine typische sekundäre Bildung der Zementationszone. Doch die idiomorphe Umgrenzung und die körnige Verwachsung führten schon HUTTENLOCHER (48) zu der Ansicht, daß Fahlerz gleichzeitig mit Kupferkies entstanden ist. Gegenüber den andern Erzen und Gangarten verhält sich Fahlerz ähnlich wie Kupferkies, nur scheint es seltener Wismutglanz zu enthalten.

Nach einer Analyse von Brauns (N. Jahrb. für Mineral. 1870, S. 590) hat das Fahlerz folgende Zusammensetzung:

	Gew.-%		Gew.-%
S	29,10	Ag	0,04
As	11,44	Fe	6,51
Sb.	2,19	Co	1,20
Bi	13,07	Total	101,07
Cu	37,52		

Ob es sich aber bei diesem, von BRAUNS analysierten Material um wirklich reines Fahlerz handelte, ist sehr fraglich. Erstens wußte man damals noch nicht, daß Fahlerz oft Wismutglanz enthält und zweitens ist es überhaupt sehr schwer, absolut reines Fahlerz in genügenden Mengen zu gewinnen.

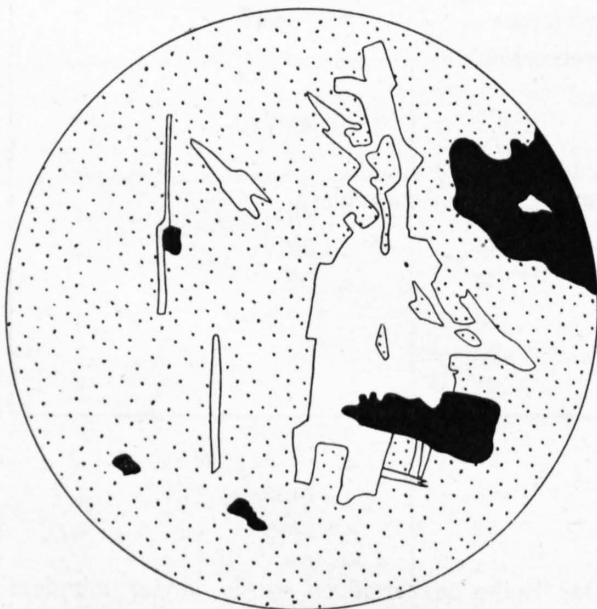


Fig. 16. Wismutglanz.

Mit Kupferkies (punktiert) verwachsener Wismutglanz (weiß). Schwarz: Gangart. Anschliff, Vergr. 60fach.

Wismutglanz (Fig. 16; Tafel II, Fig. 3 und 4).

Bi₂S₃. Reflexionsvermögen in Luft: 43—45 %.

Die Diagnose dieses Erzes, welche vorerst nur auf optische Daten abstellte, konnte nachträglich durch das Auffinden eines größeren Blättchens mikrochemisch bestätigt werden.

Wismutglanz ist sonst nur selten makroskopisch in weißen, stark metallisch glänzenden Flitterchen erkennbar. Hingegen ist er fast in jedem Anschliff zu finden. Er ist gut polierbar und seine Farbe ist deutlich heller als die des Fahlerzes. Er ist stets idiomorph, bildet spießige und prismatische Individuen von 0,1—1 mm Länge, oder dicksäulige bis strahlige Massen. Schwacher Reflexionspleochroismus und starke Anisotropieeffekte sind kennzeichnend. Auffallend ist die mehrfach beobachtete Erscheinung, daß der normale helle und stark reflektierende

Wismutglanz durch einen scharf begrenzten, dunklern Rand von schwach gräulichem Farbton umgeben wird, der aber selbst noch ein bedeutend höheres Reflexionsvermögen besitzt als Fahlerz. Dieser Rand ist ebenfalls anisotrop, aber scheinbar bedeutend schwächer als Wismutglanz. Bei massigeren Individuen kann diese Umrandung stellenweise zu einer respektablen Breite anwachsen und mehr als die Hälfte des Kristallvolumens beanspruchen. Die Unterschiede im Verhalten sind zu groß, als daß es sich einfach um verschieden orientierte Wismutglanzpartien handeln könnte, wie man zuerst glauben möchte. Es ist nicht ausgeschlossen, daß eine Verwachsung mit Antimonglanz vorliegt. Ätzversuche ergaben kein positives Resultat und die Ausmaße der Erscheinung sind so gering, daß ihr auch mit optischen Methoden bisher nicht beizukommen war. Wismutglanz ist meist in Kupferkies, etwas seltener in Fahlerz eingelagert und verhält sich gegenüber beiden morphologisch selbständig.

Wismutglanz ist der Hauptträger des Wismutgehaltes dieser Lagerstätte.

Pyrit (Fig. 17).

FeS_2 . Reflexionsvermögen in Luft: 55 %.

Pyrit ist nicht nur ein wesentlicher Bestandteil der Lagerstätte selbst, sondern er findet sich auch in feiner Verteilung oder in dünnen Zügen im Nebengestein und ganz besonders auf den sogenannten Pyritbändern. Auch im untern Teil der Grande Descenderie ist er stark angereichert.

Der hoch metallisch glänzende Pyrit ist lichtspeisgelb bis weißgelb gefärbt. Er ist schlecht polierbar und bildet im Anschliff narbige Flächen. In der Regel ist er idiomorph umgrenzt. U. d. O. sind hexagonale, pentagonale und rechteckige Querschnitte mit Kantenrundungen zu beobachten. Fast immer wird er durch die ihn umschließende Kupferkies- und Fahlerzmasse ankorrodiert, welche mit Vorliebe auf Rissen vordringt und einheitliche Kristalle in einzelne Bruchstücke zerlegt. Nur selten werden die widerstandsfähigeren Kristallflächen selbst angegriffen. Auch von Quarz wird er häufig angefressen, während er gegenüber Karbonat morphologisch selbständig bleibt.

Nicht selten enthält der Pyrit kleine rundliche Einschlüsse von rötlichbraunem Bornit. Der Pyrit ist wahrscheinlich auch der Träger des allerdings sehr geringen Nickel- und Kobaltgehaltes der Lagerstätte, welcher sich hie und da durch Erythrinausblühungen verrät. Bei stärkerem Nickel-Kobalt-Gehalt dürften außerdem Mineralien der Kobalt-Nickel-Kiesgruppe vorliegen, wie später bei der Besprechung der Minen Biolec, Pétolliou und Bourimont gezeigt werden wird.

Sekundäre Mineralbildungen.

Die Deszensionszementation, die andern Vorkommen zu großer wirtschaftlicher Bedeutung verholfen hat, spielt in Baicolliou nur eine geringe Rolle. Die Auffassung von STAUFFACHER, daß Fahlerz sich sekundär auf Kosten von Kupferkies gebildet habe, ist unbegründet.

Nur in sehr untergeordneten Mengen wurden Malachit, Azurit und Erythrin als Ausblühungen auf jungen Verwerfungen und Klüften, oder Chalkosin, Covellin, Limonit und Bornit innerhalb der Erze selbst gefunden. Da sich die sehr seltenen und mikroskopisch kleinen Eisenglanzblättchen stets an stark durchbewegte und von Verwitterungslösungen durchsetzte Partien halten, darf auch in ihnen eine sekundäre Bildung vermutet werden.

Wichtig für die lagerstättenkundliche Stellung unseres Vorkommens ist das allerdings äußerst seltene Auftreten von Kobaltblüten (Erythrin), welche auf einen genetischen Zusammenhang mit den hauptsächlich Nickel und Kobalt führenden Erzgängen von Grand Praz-Gollyre und Kaltenberg hin-

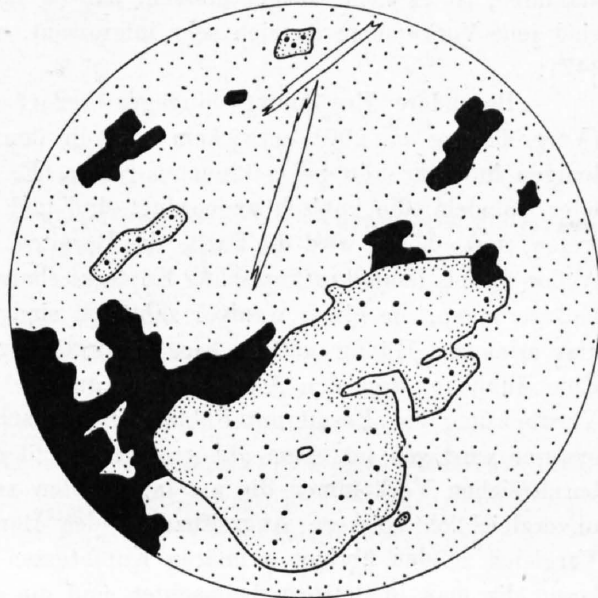


Fig. 17. **Pyrit.**

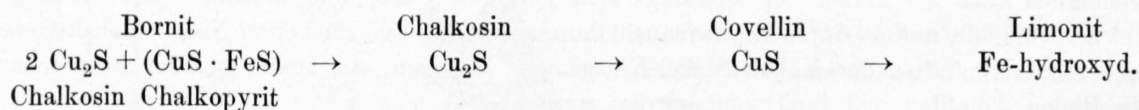
Von Kupferkies (weit punktiert) ankorrodiertes großes Pyritkorn (erhöhtes Relief). Weiß: spießiger Wismutglanz. Anschliff, Vergr. 75fach.

weisen (von HUTTENLOCHER wurde Erythrin in der Grande Descenderie etwas häufiger als in den übrigen Bauen gefunden). Ihre reine Rosafarbe läßt auf 10—20% Kobalt und 1—2% Nickel schließen.

Fast in jedem Anschliff beobachtet man auf Rissen der primären Kupfererze zweiseitig symmetrisch gebaute Bänder, deren Zonen von außen nach innen aus Chalkosin, strahlig oder dentritisch ausgebildetem Covellin oder Limonit bestehen. Auf Klüften des unmittelbaren Nebengesteins sind nur äußerst selten dünne Überzüge von Kupferkies und Fahlerz zu finden. Durch fehlende mechanische Beanspruchung sind sie als sekundäre Bildungen gekennzeichnet.

Der von HUTTENLOCHER eingehend beschriebene Bornit mit Entmischungserscheinungen wurde merkwürdigerweise in meinen Anschliffen nie mehr getroffen. Bornit konnte im allgemeinen nur selten und als typisch sekundäres Mineral, in unscheinbar kleinen rundlichen Formen in Pyrit eingeschlossen beobachtet werden. Da die bornitreichen Anschliffe von HUTTENLOCHER aus stark verwitterten Stücken stammen, ist es nicht ausgeschlossen, daß es sich auch dort um sekundäre Bildungen handelt. Doch sind jene Vorkommen an sich sehr interessant, so daß wir aus ihrer Beschreibung folgendes entnehmen (42):

„Besondere Erwähnung hingegen 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 feinkroskopischen Kupferkieslamellen findet man noch gröber ausgebildete Kupferkies-einlagerungen, die etwas weniger zahlreich sind und die etwa an die perthitischen Spindeln im Orthoklas erinnern. Häufig gehen diese bänderförmigen Gebilde eine eutektartige Struktur mit 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. 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 im letztern 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 jenseits der Austrittsstelle beim Übergang in Kupferkies oder Fahlerz u. d. O. kaum mehr wieder erkenntlich sind. Ganz ähnliche Verhältnisse werden von J. MURDOCH photographisch wiedergegeben. Diese Bänder sind häufig bilateral 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 Umwandlungsreihe:



Dabei bleiben die feinkroskopischen 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.“

Die Gangarten.

Karbonat: Ankerit.

Das Hauptvolumen der Gangfüllung beansprucht ein Karbonat von meist grobspätigem Auftreten. Es bildet mit Vorliebe dicke Linsen und Knollen und findet sich kaum in längern dünnen Schnüren wie etwa dichtes Mischerz. Kleinere Karbonateinsprengungen sind im ausgebleichten Nebengestein

häufig, hingegen fehlt es in den Pyritbändern. Makroskopisch können vielfach zwei verschiedene, aber eng verwachsene Komponenten beobachtet werden, wovon die eine rötlichbraun, die andere gelbbraun gefärbt ist. U. d. M. sind diese beiden Abarten aber nur schwerlich zu unterscheiden.

Die chemische Analyse der rötlichbraunen Komponente ergab folgendes:

	Gew. %
FeO	8,05
MnO	1,06
MgO	14,72
CaO	30,45
TiO ₂	Sp.
CO ₂	45,26
	<hr/> 99,90
FeCO ₃	12,90
MnCO ₃	1,71
MgCO ₃	30,91
CaCO ₃	54,38
	<hr/> 99,90
spez. Gew.:	3,07.

Analytiker: ED. HALM.

Die meßbaren optischen Daten lauten:

$$\begin{aligned} n_{\omega} &= 1,709 & \epsilon_{--\omega} &= -0,196. \\ n_{\epsilon} &= 1,513 \end{aligned}$$

Es handelt sich also um Ankerit.

Ein „eisenreicher, manganführender Dolomit aus Baicolliou (Aufbruch 21)“ wurde von Dr. TH. HÜGI analysiert:

	Gew. %
HCl-unlösliches	2,35
FeO	9,63
MnO	1,32
MgO	15,14
CaO	27,35
TiO ₂	Sp.
CO ₂	44,26
	<hr/> 100,05
FeCO ₃	15,82
MnCO ₃	2,17
MgCO ₃	32,26
CaCO ₃	49,75
	<hr/> 100,00
spez. Gew.:	2,91

Ankerit ist wohl das älteste Mineral auf unsern Lagerstätten. Er wird von allen andern Gemengteilen angelöst und verdrängt. Sekundäre Umwandlung in Limonit ist häufig.

Quarz.

Quarz ist ein mengenmäßig wichtiger Bestandteil der Gänge und Pyritbänder. Zudem dominiert er in den unmittelbar an die Gänge angrenzenden Serizit-Chlorit-Schiefern, die eine ausgesprochene Verquarzung erlitten haben.

In den Gängen bildet er selten einheitliche Züge oder Linsen wie das Karbonat, sondern eher unregelmäßig eingesprengte Nester und Zwickelausfüllungen. U. d. M. alternieren oft grobkörnige, pflasterstrukturartige Lagen mit äußerst feinen, eng verzahnten und stark durchbewegten Quarzzügen,

welche besonders auf den Grenzen der Karbonatlinsen typisch sind. Auch in den scheinbar dichten Mischerzpartien ist er durch dunkle, feinkörnige und gerundete Kristalle in wesentlichen Mengen vertreten. Die Auslöschung ist stets schwach undulös. Der Quarz ist mit Flüssigkeits- und Gaseinschlüssen gefüllt, die nicht selten zu Schnüren und Zügen angeordnet sind.

Mitunter beobachtet man polygranulare, gegen die Umgebung verdrehte Quarzaggregate, die als Zerreibsel älterer Bildungen aufgefaßt werden müssen. Karbonat wird von ihm stets ankorrodiert und durchspickt, während er selbst z. T. von Kupferkies und Fahlerz verdrängt wird. Wo Pyritkörner in Quarz eingebettet liegen, ist er oft grobfaserig und strahlig in Streckungs- oder Faserquarzhöfen angereichert. In diesen Gebilden steht der Quarz mit seiner Längsachse immer senkrecht auf gut ausgebildeten Kristallflächen der Pyritindividuen.

Albit.

Albit ist makroskopisch nur ausnahmsweise mit Sicherheit feststellbar, erweist sich aber unter dem Mikroskop als mengenmäßig sehr wichtiges Mineral.

Er findet sich vor allem in den dichten Mischerzstufen, wo er quantitativ Karbonat und Quarz übertreffen kann, aber nur sporadisch in karbonatreichen Gangvarietäten.

Er tritt in xenomorphen rundlichen, oft klastischen Körnern auf, deren Größe kaum 0,5 mm übersteigt. Die Zwillingslamellierung ist einfach, oder fehlt in vielen Individuen überhaupt ganz. Zonar aufgebaute Albitkristalle sind auf unserer Lagerstätte keine Seltenheit und scheinen unter Stoffaufnahme aus der Umgebung gewachsen zu sein, wobei der Kern stets schwach basischer zusammengesetzt ist als die Umrandung. Die im Nebengestein beschriebene Feldspatfüllung, bestehend aus Granat, Epidot, Zoisit, Chlorit, fehlt hier vollständig, hingegen kommen zu Schnüren angeordnete Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse vor. Ferner enthält er häufig Turmalin. Serizit-Rutil-Züge, die sich durch mehrere Albitindividuen fortsetzen, ohne sich um deren Begrenzung zu kümmern, müssen als Reliktstrukturen gewertet werden, die beweisen, daß Serizit und Rutil vor Albit und unter richtendem Einfluß entstanden sind.

An einer einzigen Stelle, und zwar an der Kreuzung des Hauptquerschlages mit der Galerie 16, tritt Albit auch makroskopisch hervor. Hier wird nämlich auf kurze Strecke fast die gesamte Gangmasse durch Albit von ungewöhnlich grobkörniger Ausbildung eingenommen. Aber auch die Pyritbänder sind durch bedeutende Albitführung gekennzeichnet.

Die Altersbeziehungen von Albit zu den andern Mineralien sind nicht in allen Fällen eindeutig festlegbar. Doch ist er sicher jünger als Karbonat, welches er kräftig ankorrodiert und auf Korngrenzen oder Spaltrissen durchdringt. Gegenüber Baryt verhält er sich passiv und wird gelegentlich von diesem eingeschlossen.

Baryt.

Schwerspat wurde in wesentlichen Mengen nur im äußersten Ostbau (Galerie 16 Ost) und im nördlichen Westbau (Galerie 10) angefahren. In den andern Gebieten tritt er sehr selten auf und kann nur im Dünnschliff in Gestalt verstreuter, kleiner Körner nachgewiesen werden. In ältern Beschreibungen wird dieses Mineral nur kurz als seltener Nebengemengeteil angeführt, weil es in größerer Konzentration erst durch die neuen Aufschließungen im Jahre 1943 gefunden wurde, welche Baryt zu einem wichtigen Bestandteil der Lagerstätte machten.

In Lagen von verhältnismäßig konstanter Mächtigkeit, die sich nie wie Karbonat zu Linsen verdicken, bildet er bis 4 cm lange blättrige und farblose Kristalle oder eine feine weiße, zuckerkörnige Masse, die leicht zerbröckelt. In dem zerriebenen Pulver herrschen kleine, voll ausgebildete Schwerspatkristalle neben Quarz und Albitbruchstücken vor.

Durch lebhaften Glasglanz und gute Spaltbarkeit nach (110) und (010) kann er makroskopisch leicht von den übrigen Gangarten unterschieden werden. Baryt schließt oft Einzelkörner oder ganze Knollen von Karbonat mit deutlichen Verdrängungserscheinungen ein, aber auch vollständige, kleinere Erzgangpartien, bestehend aus Kupferkies, Fahlerz, Wismutglanz, Karbonat, Quarz, Albit und Nebengemengteilen, werden allseitig von ihm umströmt. Wir dürfen schon hier vermuten, daß er die jüngste Phase der Lagerstättenbildung darstellt.

Chlorit.

Die Chloritgruppe ist durch ein dem Pennin nahestehendes Mineral vertreten. Es findet sich meist in den Serizitzügen als kleine Fetzen oder in größeren Aggregaten, die wahrscheinlich z. T. vom Nebengestein in die Gangmasse hineingeschleppt wurden; z. T. ist er aber sicher durch Umsetzung auf Kosten von Karbonat entstanden, auf dessen Spaltrissen oder Grenzflächen er sich gerne ansiedelt.

Er weist anomal lavendelblaue Interferenzfarben, kleinen Achsenwinkel und starken Pleochroismus auf:

$$\begin{array}{l} \perp \text{ Spaltbarkeit} = \text{gelblich,} \\ // \quad \quad \quad = \text{grün.} \end{array}$$

Chlorit enthält vereinzelte, gut ausgebildete Radiohalos.

Zirkon.

Selten findet man rundliche Zirkonmikrolithen, die in der fein verwachsenen Gangmasse leicht übersehen werden. Besondere Eigenschaften konnten nicht festgestellt werden.

Rutil.

Rutil reichert sich hauptsächlich auf Serizitzügen an. Er bildet kleine rundliche, insekteneierartige oder nadelige Formen von gelblicher bis bräunlicher Farbe, die sich gelegentlich zu größeren Putzen zusammenballen. Knie- und herzförmige Zwillinge sind sehr verbreitet. Selten aber sind die Kristalle terminal begrenzt.

Turmalin.

Turmalin findet sich bezeichnenderweise mit Vorliebe an der Grenze zwischen dem intensiv durchbewegten Nebengestein und spätigen Linsen stark angereichert. Auf Serizitzügen tritt er stets in Gesellschaft von Rutil auf, von dem er oft Einschlüsse enthält. In den sogenannten Pyritbändern (Tafel II, Fig. 2) ist er besonders dicht angehäuft. Makroskopisch konnte er allerdings bisher nie mit Sicherheit erkannt werden.

U. d. M. zeigt Turmalin prismatische Längsschnitte, die nur selten idiomorph begrenzt sind oder sphärisch dreieckige, sechs- bis neunseitige Basisschnitte. Er ist meist deutlich quergegliedert und in einzelne Stücke zerbrochen. Die mittlere Länge der idiomorph ausgebildeten Prismen beträgt etwa 0,07 mm und ihr mittlerer Durchmesser etwa 0,01–0,02 mm. Die Gangmasse wird aber außerdem auch von vielen kleineren, leicht übersehbaren Mikrolithen durchschwärmt, die das Gestein an Stellen größerer Konzentration dunkel pigmentieren. Die größten beobachteten Kristalle werden etwa 0,5 mm lang.

Die Turmalinkristalle sind durchweg mehrfach um einen hellern Kern zonar aufgebaut und stark pleochroitisch:

$$\begin{array}{l} n_{\gamma} = \omega = \text{dunkelgrün,} \\ n_{\alpha} = \epsilon = \text{hell rötlichbraun.} \end{array}$$

An einzelnen Basisschnitten konnte eine optisch anomale, schwache Zweiachsigkeit festgestellt werden.

Apatit.

In allen größeren Quarz- und Feldspatpartien ist auch Apatit in wechselnder Menge vertreten. In den feinkörnigen Mischherzstufen kann sich dieses Mineral stellenweise stark anreichern, während es in grobspätigen Karbonatpartien seltener ist.

Serizit.

Die Gangmasse wird häufig von haarfeinen Serizitsträhnen durchzogen, in denen sich Rutil, Turmalin und Chlorit anreichern. Oft sind sie intensiv gefältelt, und Wirbelbildungen auf ihren Zügen sind besonders reiche Sammelstellen von Rutil und Turmalin. Mitunter durchqueren sie Karbonataggregate mit scharfer Abgrenzung, und größerer Serizitreichtum führt zu ausgeprägter Scherflächenschieferung. Auch zwischen den eng verzahnten Quarzkörnern findet sich Serizit, jedoch nur in vereinzelten Schüppchen.

c) Erztypen.

An einigen charakteristischen Gangstufen sollen die recht verschiedenartigen texturellen und strukturellen Erscheinungen innerhalb der Lagerstätte beschrieben werden. Zwischen diesen besonders herausgehobenen Vererzungsbildern sind natürlich alle denkbaren Übergänge möglich.



Fig. 18. Karbonatreiche Gangstufe aus der Mine Baicollou.

Das Handstück zeigt den Erzgang in seiner ganzen Mächtigkeit. Unten ist eine etwa 4 cm mächtige Nebengesteinspartie erkennbar, die einzelne Karbonatknollen enthält und von feinen Erzschnüren durchzogen wird. Dunkelgrau: Kupferkies-Fahlerz. Hell: Karbonat. $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

Grobspätige, karbonatreiche Gangstufe (Fig. 18; Fig. 19; Tafel III, Fig. 2).

Dieser Typ ist der weitaus häufigste in der Mine Baicollou. Sehr ausgeprägt entwickelt fand er sich in der Descenderie 18 und in der Galerie 16 West. Im Gegensatz zum dichten Mischerz ist die Gangmächtigkeit hier sehr schwankend. Von dünnen, wenige Zentimeter mächtigen Zügen schwillt der Gang nach kurzer Entfernung oft bis zu 40 cm dicken Linsen und Knollen an, was aber hauptsächlich mit einer Zunahme der Gangmasse und besonders des Karbonats verbunden ist, während sich der absolute Erzgehalt nur wenig oder überhaupt nicht vermehrt. Reine Karbonatlinsen, die keine Spur einer Vererzung verraten, sind eine weit verbreitete Erscheinung in unserer Lagerstätte.

Grober Braunspat bildet größere Komplexe und beansprucht meist den Hauptteil des Linseninhaltes. Er setzt sich aus zwei verschiedenen hellen, eng verwachsenen Komponenten zusammen, von welchen die eine braun, die andere gelblichbraun gefärbt ist. Glasklarer Quarz sammelt sich mit Vorliebe in vereinzelt Nestern. Nicht selten durchsetzt er die Karbonatkristalle auf Spalten oder verdrängt sie unter Bildung von Korrosionsbuchten.

Nebengesteinseinschlüsse sind in dieser Erzstufe sehr zahlreich. Sie unterscheiden sich vom anstehenden Nebengestein in keiner Weise und sind wie dieses stark verquarzt, serizitisiert, pyritisiert und fein geschiefert. Diese Serizit-Quarzit-schiefer-Fetzen schwimmen meist ganz beliebig

orientiert in der Gangfüllung, oft aber kann eine beginnende Ablösung vom Nebengestein beobachtet werden.

Die Erzminerale finden sich als dünne Überzüge auf den rhomboedrischen Spaltflächen der Karbonatkristalle, an deren Grenzen gegen Serizit-Quarzitschiefer oder Quarz und bilden nur selten kompakte, massige Ansammlungen. Die Bruchflächen von Handstücken aus solchen Gangpartien erscheinen durch vereinzelte, dünne Erzflitterchen unregelmäßig besprenkt. Ein einfacher Versuch erbrachte aber den Beweis, daß diese Flitterchen unter sich substantiell verbunden sind. Mit Hilfe einer normalen Walzenbrücke, deren Meßdrahtkontakte durch Stanniolfolien schmiegsamer gemacht wurden, prüften wir verschiedene Handstücke auf ihre elektrische Leitfähigkeit. Die Ausmaße der Versuchsobjekte betrugen höchstens $25 \times 10 \times 10$ cm. Das Ergebnis war folgendes:

1. Das eine Meßdrahtende auf ein Nichterzmineral (Karbonat, Quarz, Nebengesteinsbruchstück) aufgepreßt und das andere ebenfalls mit einem Nichterzmineral in Berührung: elektrischer Widerstand: größer als 100 000 Ohm. (Mit dem Instrument nicht mehr meßbar.)
2. Das eine Meßdrahtende mit einem Nichterzmineral, das andere hingegen mit einem Erzmineral in Berührung: größer als 100 000 Ohm.

3. Beide Meßdrahtenden mit Erz in innigem Kontakt: elektrischer Widerstand: 40—50 Ohm! Und zwar blieben die Widerstandswerte annähernd konstant, unabhängig davon, ob zwei benachbarte, oder zwei weit entfernte Stellen berührt wurden. Auch die scheinbar isolierten, kleinsten Erzflitterchen sind mit fast jedem andern Erzpartikelchen, wenigstens im Bereiche von 25 cm, elektrisch leitend verbunden. Mit andern Worten: die Gangmasse wird von vielfach verzweigten, aber unter sich zusammenhängenden dünnen Erzadern durchzogen. Auf größere Distanzen wurde der Kontakt allerdings durch jüngere tektonische Störungen unterbrochen.

An den Ganggrenzen hat sich die Struktur vielfach der stärkern Durchbewegung angepaßt; die Erze durchziehen in feinen parallelen Lagen fast frei von Karbonat und Quarz das Nebengestein konkordant zu seinen Schieferungsflächen. Karbonat wird von Erz deutlich ankorrodiert unter Bildung eines 1—3 mm breiten rotbraunen Reaktionssaumes. Die Erzlösungen müssen also in einer spätern Phase der Lagerstättenbildung auf Spalten und Rissen der schon vorhandenen Mineralien und auf den Bahnen größter Differentialbewegung, d. h. vor allem auch auf den Ganggrenzen, eingedrungen bzw. bewegt worden sein.

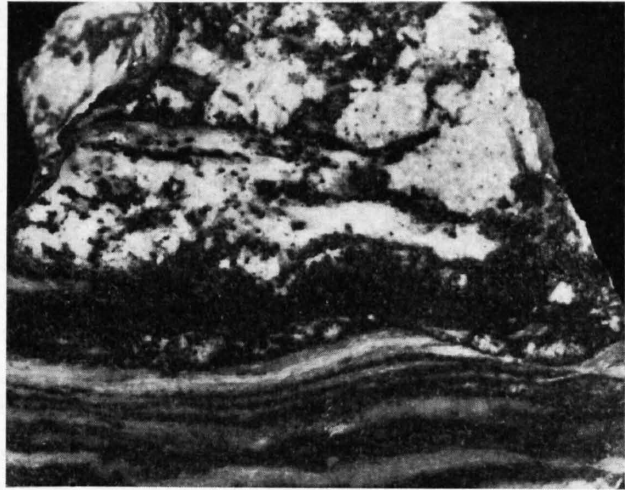


Fig. 19. **Karbonatreiche Gangstufe aus Baicollieu.**
Helle Streifen (unten): Nebengestein; starke Durchbewegung auf den Ganggrenzen. Handstück, $\frac{3}{4}$ nat. Größe.

Außerdem haben sich noch nach dem Absatz der Erze 1—2 mm breite Spältechen und kleine drusenartige Hohlräume in den Karbonatkristallen geöffnet, die sich, wo das Gestein für deszendente Verwitterungslösungen nicht zugänglich war, nachträglich nicht mehr ausgefüllt oder geschlossen haben.

Kupferkies verhält sich auch hier zementativ und dringt auf Rissen sowohl in die Gangarten, als auch in den Pyrit ein. Er enthält wenig Fahlerz, in normaler, körniger Verwachsung. Auch spießiger Wismutglanz tritt nur in untergeordneten Mengen auf. Pyrit in Form von bis 1 mm großen, abgerundeten Körnern sammelt sich auf gewissen Stellen stärker an. Er wird auch hier von Kupferkies und Fahlerz ankorrodiert und gerundet. Kleine rötliche Einschlüsse in Pyrit müssen als Bornit gedeutet werden, der wohl sekundär aus eingedrungenem Kupferkies entstanden ist.

In diesen grobspätigen Erztypen herrscht eine auffallende Albitarmut. Das Verhältnis der Gangarten zu den Erzen beträgt etwa 3 : 1 bis 4 : 1.

Sekundäre Mineralisierungen, wie etwa Umwandlungen zu Chalkosin und Covellin, sind selten und auf einige Spaltrisse in Kupferkies und Fahlerz, sowie deren Grenzen zu Karbonat oder Quarz beschränkt.

An einigen Stellen der Galerie 16 West wurden in grobspätigen, karbonatreichen Gangstufen größere einheitliche Kupferkies- und Fahlerzpartien gefunden, die in ihrer Art eine ganz extreme Ausbildung auf unserer Lagerstätte darstellen, für die doch im allgemeinen feine Mischerze so typisch sind. Gangarten und Gangform verhalten sich ähnlich wie bei den gewöhnlichen grobspätigen karbonatreichen Gangstufen. Doch sind Kupferkies und Fahlerz makroskopisch betrachtet nicht vermischt, sondern beide getrennt bilden äußerlich homogene, dünne Überzüge auf Karbonatkristallen von oft verhältnismäßig großer Flächenausdehnung, welche bis 4 cm² erreichen kann. Die Dicke dieser Erzfolien überschreitet aber nie 5 mm.

Im Anschliff erscheint Kupferkies als einheitliche Masse, die relativ selten körnige Fahlerzindividuen enthält, während Pyrit vollständig fehlt. Auf Spaltrissen sind sekundäre Umwandlungen zu Chalkosin und Covellin häufig und deutlich ausgebildet.

Die Fahlerzpartien ihrerseits nehmen ebenfalls große Flächen ein, die nur wenig Kupferkies enthalten. Wismutglanz wurde hier ebensowenig wie Pyrit gefunden.

Mittelkörniges Mischerz.

Mittelkörniges Mischerz wurde hauptsächlich südlich der Galerie 16 Ost, in den Gesenken 5 und 7, aber auch im obern Teil der Grande Descenderie 1 angefahren. Außerdem tritt es etwas weniger typisch stellenweise auch in den andern Bauen auf. Seine Gangmächtigkeit ist verhältnismäßig kon-

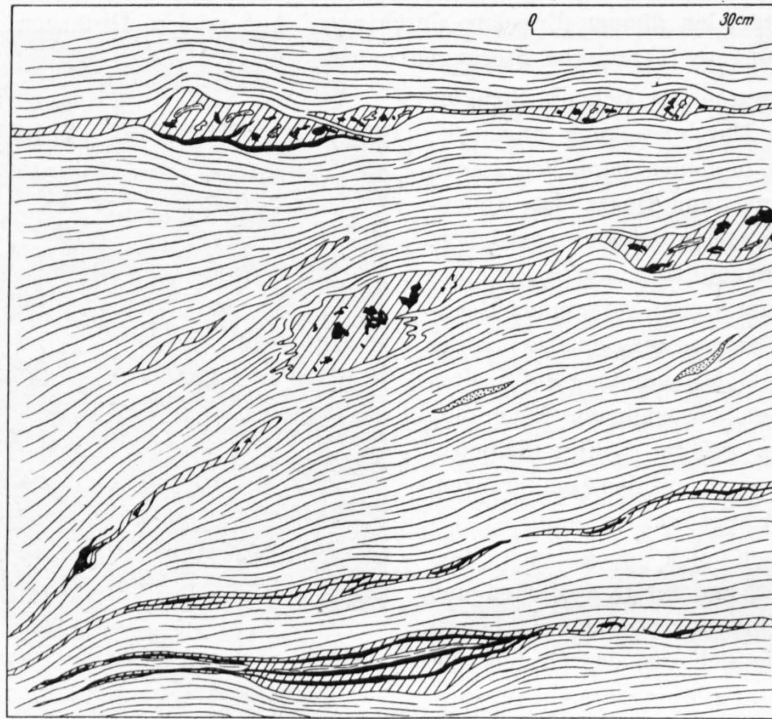


Fig. 20. Vererbungsbild aus Baicolliou.

Mehrere karbonatreiche Gänge übereinander. Schräg schraffiert: Karbonat. Schwarz: Erz. Gewellt: Nebengestein. Punktiert: Quarz. (Galerie 16.)

stant und wechselt zwischen 5 und 15 cm; größere Anschwellungen und Linsen fehlen vollständig. Gegenüber andern Gangstufen ist ebenfalls das Zurücktretten von Karbonat bezeichnend, das hier

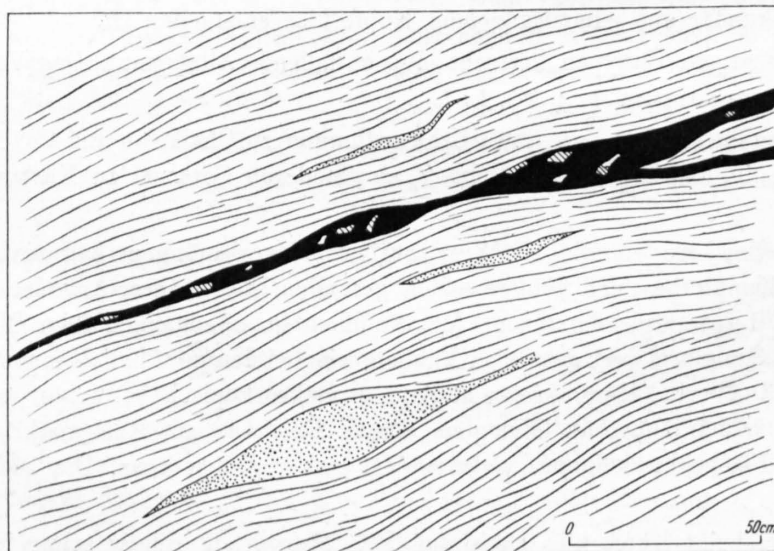


Fig. 21. Vererbungsbild aus Baicolliou.

Dünnes Mischerzgängchen nach links auskeilend. Schräg schraffiert: Karbonat. Schwarz: Erz. Gewellt: Nebengestein. Punktiert: Quarz. (Galerie 10.)

größtenteils in nur sehr kleinen (kleiner als 5 mm) Körnern mit dem Erz vermisch ist. Vor allem wird die sonst in unsern Gängen allgemein ausgebildete, mehr oder weniger gut entwickelte Spätigkeit vermißt.

Es erscheint ziemlich dicht, reflektiert metallisch gelb bis mattgrau und von bloßem Auge kann man nur schwerlich einzelne Erzkomponenten unterscheiden. Ebenso typisch wie die dichte Beschaffenheit ist das Auftreten von vereinzelt, fast ausnahmslos gerundeten Gangpartikelchen und Karbonatknochen inmitten der Erzmasse. Quarz bildet selten größere Aggregate, doch schon unter der Lupe lösen sich scheinbar ganz homogene Partien in ein Gemisch von Erz und feinen rundlichen Quarzkörnern auf. Größere Quarz- und Karbonatindividuen fehlen aber nicht vollständig, jedoch ordnen sie sich fast stets zu unscharf abgegrenzten Lagen im Liegenden des Mischerzes und sind nur selten unregelmäßig verteilt.

Fahlerz und Kupferkies sind infolge ihrer feinen Verwachsung erst mit der Lupe zu unterscheiden. Sie bilden nie einheitliche Komplexe, sondern kleine, von Quarz durchspickte Flitterchen, die dennoch meist in direktem Kontakt miteinander stehen. Dieser Erztyp ist für den Bergbau günstiger als die andern Gangstufen, da sich der Gang sauber vom Nebengestein abspalten läßt und so schon durch Handscheidung ein relativ reiches Haufwerk gewonnen werden kann.

Dazu kommt noch der höhere Erzgehalt infolge des Zurücktretens von Karbonat.

Die mikroskopische Untersuchung läßt die charakteristischen Merkmale dieses Erzes noch deutlicher hervortreten. Das Ganze bildet ein dichtes, pflasterstrukturähnliches Gemisch von Erz und feinen Gangpartikelchen. 0,1—0,8 mm große rundliche Quarzkörner sind z. T. stark aufgespalten und die

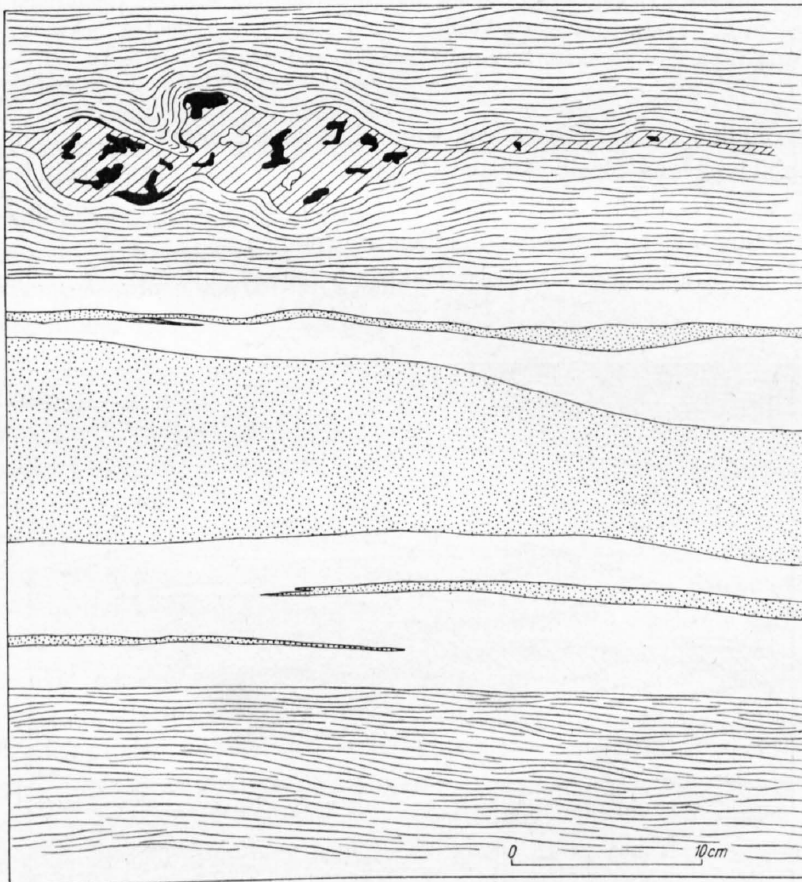


Fig. 22. Vererzungsbild aus Baicollion.

Die obere Partie zeigt einen normalen Karbonatgang im ausgebleichten Schiefer (gewellt). Darunter setzt mit scharfer Begrenzung ein sehr grobkörniger Barytgang (weiß) ein, der von äußerst feinem grauem Mischerz (punktiert) durchzogen wird. Unten folgt wieder Schiefer. (Galerie 16 Ost.)

Risse mit Kupferkies, Fahlerz und Wismutglanz ausgefüllt. Die Erze verhalten sich gegenüber Quarz und dem nur durch vereinzelte Aggregate oder Bruchstücke vertretenen Karbonat ausgesprochen zementativ. Kupferkies beansprucht das Hauptvolumen der Erzminerale; er tritt nie in idiomorphen Kristallen, sondern nur als xenomorphe Füllmasse auf. Mengenmäßig verhalten sich die Gangarten zu den Erzen etwa wie 1 : 1.

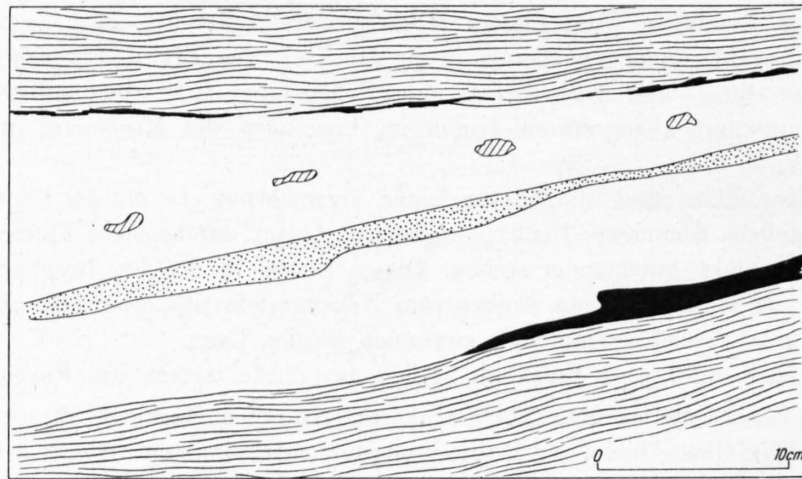


Fig. 23. Vererbungsbild aus Baicollion.

Scharf begrenzte Barytgänge (weiß), die fein zerriebenes Mischerz (punktiert) und kleine Karbonatlinsen und -knollen (schräg schraffiert) enthalten. Schwarz: Verhältnismäßig grobkörnige Kupferkies-Fahlerz-Partien. (Galerie 16 Ost.)

Sekundäre Umwandlungen auf Rissen von Kupferkies und Fahlerz oder auf den Grenzen zu den Gangarten, unter Neubildung von Chalkosin und Covellin, haben sich nur verhältnismäßig selten abgespielt und sind von untergeordneter Bedeutung. Vereinzelt finden sich in diesem Erztyp wasserklare verzwilligte Albitkristalle, welche Karbonat deutlich verdrängen.

Auch hier sind die Erzpartikelchen meist elektrisch leitend miteinander verbunden.

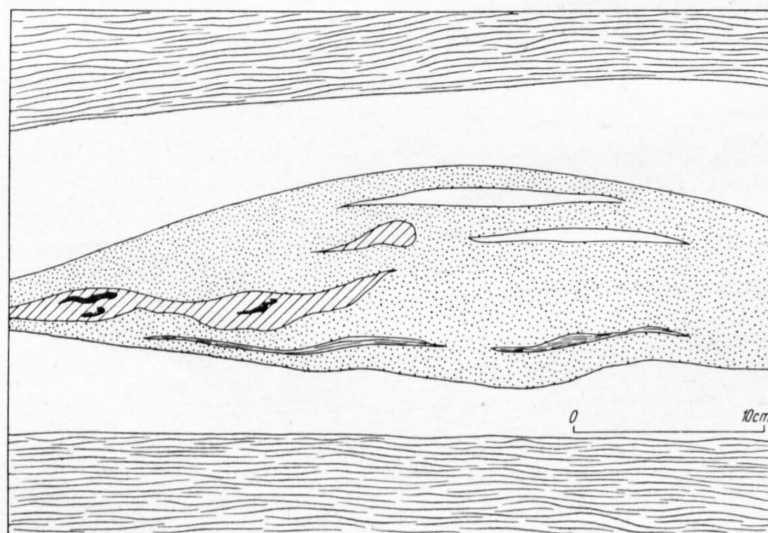


Fig. 24. Vererbungsbild aus Baicollion.

Scharf begrenzte Barytgänge (weiß), die fein zerriebenes Mischerz (punktiert) und kleine Karbonatlinsen und -knollen (schräg schraffiert) enthalten. Schwarz: Verhältnismäßig grobkörnige Kupferkies-Fahlerz-Partien. (Galerie 16 Ost.)

Barytreiche Gangstufe (Fig. 22, 23, 24).

Im äußersten Ostbau (Galerie 16 Ost usw.) nimmt der Erzgang rasch einen vollständig neuen Charakter an. Seine Mächtigkeiten übersteigen nur noch selten 10 cm, der Karbonatgehalt geht stark zurück und verschwindet streckenweise fast vollständig. An seine Stelle tritt Baryt, der hier oft 80 bis 90% des gesamten Gangvolumens beansprucht. Das spezifische Gewicht nimmt dementsprechend stark zu. Z. T. bildet Schwerspat eine feinkörnige weiße Grundmasse, die leicht zu feinem Pulver zerfällt, z. T. kommt er in Form von gut ausgebildeten, bis 4 cm langen, farblosen, etwas blättrigen Kristallen vor, die sich außerdem durch lebhaften Glasglanz und vollkommene Spaltbarkeit nach (001) und (110) auszeichnen.

Quarz und Karbonat schwimmen als vereinzelte Körner oder geröllartige Aggregate in der barytischen Grundmasse. Aber auch der wertvolle Erzgehalt ist bedeutend zurückgegangen und beschränkt sich auf nur bis 5 mm dicke Bändchen, die meist an den Ganggrenzen liegen, oft aber auch als dunkle Schnüre parallel der Gangrichtung mitten durch die weiße Barytmasse ziehen. Ihre Mächtigkeit kann jedoch stark anschwellen, so daß ein bis 10 cm breites Band von grauer Farbe im Liegenden des eigentlichen Ganges entsteht.

An mehreren Stellen konnte beobachtet werden, daß 3—5 cm mächtige, normale Erzgänge mit Karbonat, Nebengestein, Quarz und den üblichen Erzmineralien von feinkörnigem Baryt vollständig eingeschlossen wurden. Baryt scheint hier also später als die andern Mineralien abgeschieden worden zu sein.

U. d. M. erweisen sich die kompakten Barytpartien als einheitliches grobkörniges Gefüge ohne deutliche Regelung. Besonderes Interesse bieten die genannten dunkelgrauen Erzäderchen. Im Dünnschliff entpuppen sie sich als äußerst feinkörniges und streng parallel texturiertes Gemenge von rundlichem Baryt, Quarz, Karbonat, isolierten Fahlerz-, Kupferkies-Pyrit-Krümeln und den üblichen Nebengemengteilen (Fig. 25 und 26).

In dieser Grundmasse herrschen Korngrößen von 0,01—0,05 mm vor. In ihr schwimmen Bruchstücke von größeren Albitindividuen von 0,1—0,8 mm Länge. Diese Albittrümmer sind durch ausgesprochen kataklastische Struktur und unregelmäßige Orientierung als Fremdkörper charakterisiert. Sie sind zudem häufig zonar gebaut, indem der basischere Kern von einem unscharf begrenzten saureren Rand umgeben wird. Aber auch ganze, bis 1 cm lange, elliptisch gestreckte Knollen wurden mitgerissen, die ihre Abstammung aus unveränderten Gangpartien oder aus dem verquarzten Nebengestein durch Zusammensetzung, Gefüge und nichtkataklastische Struktur der einzelnen Komponenten dokumentieren. So sind von spätigen, karbonatreichen Gangpartien 1—2 mm große, linsenartige Relikte erhalten geblieben, die sich durch ihre grobkörnige, pflasterartige Ausbildung und das Fehlen von Baryt und Albit auszeichnen. Andererseits findet man 0,5—1 mm große polygranulare Quarzitgerölle, bestehend aus eng verzahnten, stark undulös auslöschenden Quarzleisten, welche mit ihrer Längsausdehnung quer zur Bewegungsrichtung der Umgebung stehen und nicht selten von Serizitstrahlen umschlossen werden.

Diese grauen erzhaltigen Bändchen sind nichts anderes als ein äußerst feines Zerreibsel des früheren normalen Karbonat-Erzganges, welches von nachträglich eindringenden, barytabsetzenden Lösungen z. T. aufgearbeitet, verschleppt und in dünnen schlierenartigen Zügen eingeschlossen wurde.

Die einzelnen Erzkrümel sind nicht mehr elektrisch leitend miteinander verbunden.

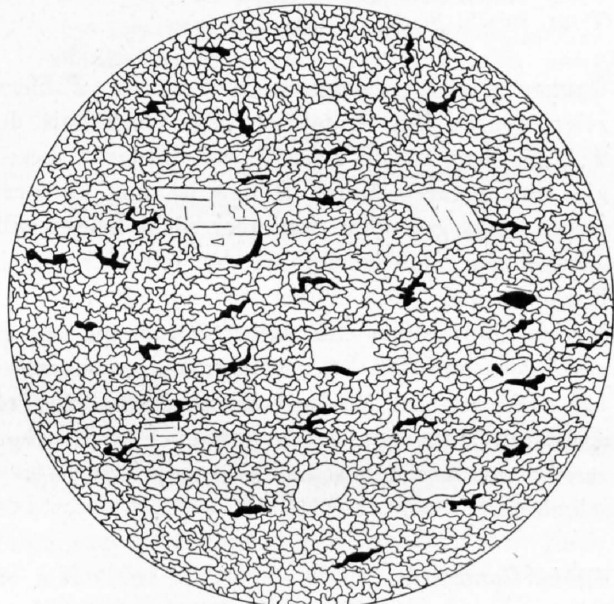


Fig. 25. **Sehr dichtes Mischerzbändchen von Baicolliou.**

Mitgerissene Albittrümmer in stark durchbewegter Grundmasse von Quarz, Karbonat und Baryt. Schwarz: Erzflitterchen. Dünnschliff. Vergr. 30fach, Nicols gekreuzt.

Sehr dichtes, feinkörniges Mischerz.

Diese Vererzungsform findet sich hauptsächlich in den Galerien 22 und 23 in der Nähe der alten Descenderie 15.

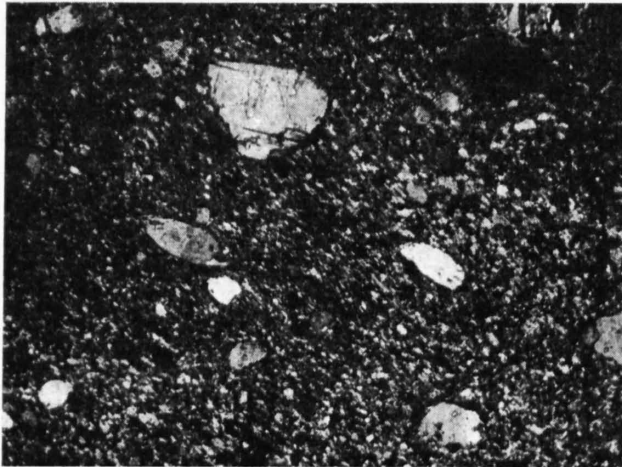


Fig. 26. Sehr dichtes Mischerzbändchen von Baicollieu. Mitgerissene Albittrümmer schwimmen in einer feinen Grundmasse von Baryt, Karbonat, Quarz und Erz. Dünnschliff. Vergr. 30fach, Nicols gekreuzt.

Gangarten und gerundetem Pyrit in einer Fahlerzgrundmasse. Pyrit wird von Fahlerz ankorrodiert und zeigt Spuren von Kataklyse. Das Verhältnis der Gangarten zu den Erzen beträgt schätzungsweise 2:3 bis 1:2. Seine graue Farbe verdankt diese Gangvarietät dem zementierenden Fahlerz. Kupferkies in untergeordneter Menge ist mit Fahlerz stellenweise pflasterartig verwachsen. Wismutglanz wurde nicht gefunden, was aber nicht heißen will, daß er überhaupt nicht vorhanden sei, vielmehr ist anzunehmen, daß er infolge der feinen Verwachsung nicht von Fahlerz unterschieden werden kann. Karbonat und Quarz finden sich nur als sehr kleine rundliche Körner in dieser Erzmasse eingebettet, die als Ganzes den elektrischen Strom gut leitet. Albit ist auch hier von untergeordneter Bedeutung und bildet nur 0,05—0,1 mm große xenomorphe Körner.

Dieses feine Mischerz ist zweifellos ein Produkt mechanischer Differentialbewegung, welche die spröderen Mineralien des ursprünglich wohl schon erzreichen Ganges in mikroskopisch kleine Trümmer zerrieb und mit den schmiegsameren Erzen ver-schmierte.

Taube Gangstufe.

Vor dem Schnitt des Hauptquerschlages mit der Galerie 16 vertaubt der Erzgang auf eine Strecke von etwa 7 m. Der ungefähr 10 cm mächtige Hauptgang und zwei bis drei dünne Nebengänge führen nur Albit, Karbonat, Quarz, Nebengesteinseinschlüsse und äußerst selten kleine, ausgezeichnet idiomorphe Kupferkies- und Pyritkristalle, die unter sich nicht zusammenhängen. Diese Erze scheinen zudem an die Nebengesteinseinschlüsse gebunden zu sein. Fahlerz und Wismutglanz fehlen vollständig. Stellenweise besteht fast die ganze Gangmasse aus grobkörnigen weißen Albitkristallen, die auf ihren bis 2 cm² großen Spaltflächen scharfe Zwillingslamellierung zeigen. U. d. M. löschen sie stark undulös aus; Begren-

Makroskopisch sind das lagenhafte Auftreten und die einheitliche, metallisch-dunkelgraue Farbe kennzeichnend. Es erscheint absolut dicht; einzelne Mineralteilchen können nicht unterschieden werden. Nur mit der Lupe erkennt man ausnahmsweise Pyritkörner. 2—4 cm mächtige Mischerzbänder alternieren gewöhnlich mit Karbonat-Quarz-Lagen und Nebengesteinsfetzen, können aber auch selbständige Gänge bilden. Die gesamte Gangmächtigkeit schwankt zwischen 15 und 30 cm.

Im Gegensatz zu den dichten Mischerzlagen enthalten die sie streckenweise begleitenden Karbonat-Quarz-Lagen wie im grobspätigen, karbonatreichen Typus, 2—3 mm große Erzflitterchen auf Spaltflächen und Korngrenzen. Einzelne größere Karbonatknollen oder -gerölle werden von Mischerz oft stromlinienförmig umflossen.

Die Mischerzpartien entpuppen sich im Anschliff als äußerst feinkörniges Gemenge von

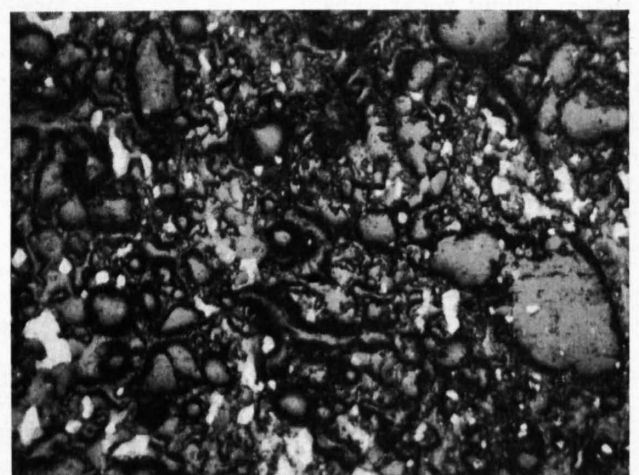


Fig. 27. Sehr dichtes Mischerzbändchen von Baicollieu. In der feinkörnigen, stark durchbewegten Grundmasse finden sich nur vereinzelte kleine Erzflitterchen (weiß). Anschliff. Vergr. 90fach.

zung, Zwillingslamellen und hie und da sogar die Spalt-
risse sind stark verbogen, so daß eigenartige flammen-
förmige Verwachsungen entstehen. Eine sichere Bestim-
mung wird durch diese Deformationserscheinungen ver-
unmöglicht, doch handelt es sich wahrscheinlich um
einen ziemlich reinen Albit. Er enthält ein Pigment von
dunklen, sehr feinen Einschlüssen. Auch hier wird das
Karbonat von normaler grobkörniger Ausbildung und
teilweise idiomorpher Begrenzung durch die Feldspat-
substanz deutlich ankorrodiert und durchlöchert. Der
ebenfalls stark undulös auslöschende grobkörnige Quarz
bildet Aggregate mit enger Verzahnung, die gelegent-
lich etwas angelöstes Karbonat einschließen. Serizit-
schüppchen sind nur vereinzelt auf Korngrenzen zu
finden, während sich Chlorit mit Vorliebe an Karbonat-
überreste hält.

Von größerer Bedeutung ist dagegen Turmalin,
der vorwiegend in Albit eingeschlossen ist. Er bildet
meist nur kleine, ausgezeichnet idiomorphe Mikrolithen,
aber auch bis 1 mm lange Säulchen, die fleckigen Auf-
bau, aber keine Spur von Kataklyse zeigen. Mit Tur-
malin sind gerne äußerst feine Rutilnadelchen vergesell-
schaftet. Die einzigen zu beobachtenden Erze sind
auch im Anschliff Pyrit und Kupferkies, deren idio-
morphe Kristalle von den andern Mineralien in keiner
Weise beeinflusst wurden.

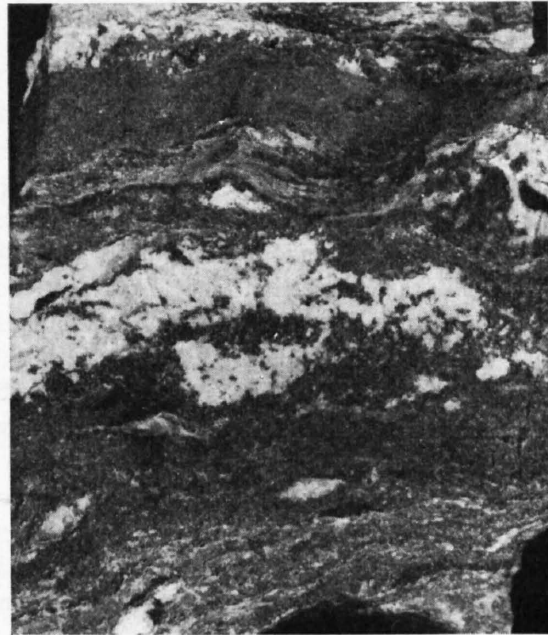


Fig. 28. Gangstufe aus Baicolliou.

Das Handstück zeigt den Erzgang in seiner ganzen
Mächtigkeit. Oben und unten ist noch ein wenig
Nebengestein sichtbar. An den Ganggrenzen ist dich-
tes graues Mischerz zu erkennen, in der Mitte eine
langgestreckte weiße Karbonatpartie. Dazwischen
liegen eingeschlossene Nebengesteinsfetzen. $\frac{1}{2}$ nat.
Größe.

Vererzungsbilder aus der Grande Descenderie 1 (Fig. 29).

Während im mittleren Teil der Grande Descenderie in der Nähe des Niveaus 0 noch hie und
da kleine Fahlerzpartien beobachtet werden können, scheint sich die Erzführung mit zunehmender Tiefe,
wenigstens makroskopisch betrachtet, nur noch aus
Kupferkies und Pyrit zusammenzusetzen. Gleich-
zeitig nimmt auch Karbonat auf Kosten von Quarz
beträchtlich ab. An Stelle von scharf begrenzten
Linsen und perlschnurartigen Gebilden tritt mehr
und mehr eine allgemeine diffuse, lagige Infiltration
des Nebengesteins.

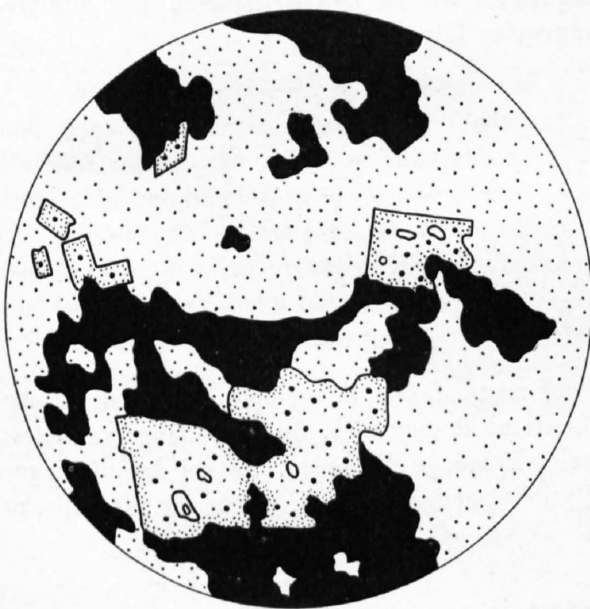


Fig. 29. Erz aus der Grande Descenderie.

Von Quarz (schwarz) und Kupferkies (punktiert) ankor-
rodiert Pyrit (eckige Umrisse). Anschliff. Vergr. 80fach.

Der Pyrit fällt schon makroskopisch durch eine,
auf dieser Lagerstätte sonst nirgends gefundene
Anreicherung und idiomorphe Ausbildung auf. Kri-
stalle von meist würflicher Form mit bis 2 mm
Kantenlänge sind zusammenhanglos und in großer
Zahl in eine weiße Quarzmasse, oder in Nebengestein
eingesprengt und vermitteln dem Handstück ein mes-
singgelbes, unruhig gesprenkeltes Aussehen. Kupfer-
kies reichert sich in einzelnen, dichtern Lagen etwas
stärker an, die gelegentlich kleine Karbonatkno-
llen mit sich führen.

Im Anschliff dominieren große, idiomorph
begrenzte Pyritindividuen, die von Kupferkies zemen-
tiert und nur wenig ankorrodiert werden. Pyrit ent-

hält oft kleine rundliche Einschlüsse, die als Bornit gedeutet werden müssen. Fahlerz und Wismutglanz sind nur in ganz untergeordneten Mengen vertreten. Albit wurde hier nie beobachtet.

Der durchschnittlich ungewöhnlich niedrige Kupfergehalt der Erze aus der Grande Descenderie von etwa 1—2% ist durch die Abnahme des Fahlerzes bedingt.

6. Die Pyritbänder.

Die Kupfer und Wismut führende Gangzone wird in etwa 10 m Abstand sowohl im Liegenden, als auch im Hangenden von einer Pyrit, Albit und Turmalin enthaltenden parallelen Einlagerung begleitet. Im Ausbiß sind sie an ihren leuchtenden braungelben Verwitterungsprodukten kenntlich, doch sind die Zusammenhänge infolge der schlechten Aufschlüsse nicht klar. Innerhalb der Mine wurde das untere Pyritband im Hauptquerschlag in 55 m Entfernung vom Mundloch und ferner in den beiden vom Aufbruch 17 nach Nordwesten vorstoßenden kurzen Querschlägen angefahren. Das obere Pyritband wird vom Hauptquerschlag in 105 m Entfernung vom Mundloch getroffen und hier von der Galerie 6 auf kurze Strecke im Streichen nach Nordosten und Südwesten verfolgt.

Es handelt sich um eine mehr oder weniger diffuse Einsprengung von mitunter ausgezeichnet idiomorphen Pyritindividuen in einem leicht verquarzten Serizit-Chloritschiefer; scharfbegrenzte Linsen und Züge fehlen. Die Pyritkristalle erreichen Kantenlängen von 5 mm und bilden meist Würfel oder Pentagondodekaeder.

U. d. M. zeigt Pyrit fast immer Spuren von Kataklyse, und größere Kristalle sind nicht selten in viele Bruchstücke zertrümmert, zwischen denen sich nachträglich frischer Quarz in Streckungshöfen angesammelt hat. Quarz ist hier im Unterschied zum Nebengestein etwas weniger verzahnt und eher pflasterartig verwachsen, auch löscht er weniger undulös aus. Das für die Erzgänge charakteristische Karbonat fehlt hier vollständig. Dagegen fällt im Dünnschliff des außerordentliche Reichtum an Turmalin auf (Tafel II, Fig. 2). Bis 2 mm lange Bruchstücke dieses Minerals, von zonarem Aufbau sammeln sich auf Zügen und alten Bewegungsbahnen oder bilden in ausgedehnten Nestern eine chaotische Masse von Kristallen aller Größen.

An Gas- und Flüssigkeitseinschlüssen reiche Albite, die etwa 10% An enthalten, weisen schon die Anzeichen einer beginnenden Serizitisierung auf. Zwillingslamellierung ist in den wenigsten Fällen gut ausgebildet.

Rutil, der stete Begleiter von Turmalin, ballt sich zu ausgedehnten Putzen zusammen. Die Nebengemengteile Chlorit, Serizit, Apatit sind gleichartig ausgebildet wie in den Erzgängen. Die mittlere Mineralzusammensetzung dieser Pyritbänder ist schätzungsweise folgende:

	Vol. %
Quarz	50
Albit	20
Pyrit	15
Turmalin	5
Rutil	5
Serizit	5
Chlorit	
Apatit	

Die Mineralassoziation dieser Pyritbänder weist auf magmatische Entstehung hin, doch ist ihr tatsächlicher Zusammenhang mit den eigentlichen Erzgängen nicht ganz klar. So wurde lange vermutet, daß die Pyritbänder die austreichenden Partien normaler Erzgänge darstellen. Es sei darauf hingewiesen, daß auch über der Mine Pétolliou eine solche Pyriteinlagerung ansteht. (Über die theoretische Deutung der Pyritbänder siehe Abschnitt F.)

7. Das Nebengestein.

Die Erzvorkommen der Gruben Baicolliou und Zirouc liegen in den Serizit-Chloritschiefern der Zone 5, welche in einem frühern Abschnitt schon eingehend beschrieben wurden.

Mit fortschreitender Annäherung an die Erzgänge erleiden die Gesteine charakteristische Veränderungen. In ungefähr 2 m Entfernung vom Erz sind die Schiefer meist noch unverändert dunkelgrün oder graugrün gefärbt, doch werden sie rasch heller, quarzreicher und stärker laminiert. Auch eine beträchtliche Zunahme an Karbonat ist festzustellen, während anderseits Muskowit und hauptsächlich Chlorit fast gänzlich verschwinden. Das Nebengestein läßt sich hie und da von den Gängen in blättrigen und faserigen Stücken sauber abschälen.

Anschließend folgt eine petrographische Analyse dieses Gesteins:

Serizit-Quarzit.

Textur: kristallisationsschiefrig.

Struktur: granoblastisch.

Mineralbestand:

	Vol. %
Quarz	75
Karbonat	20
Serizit	5
Turmalin, Baryt, Pyrit.	

Makroskopischer Befund: Das Gestein zerbricht zu dünnen blättrigen und faserigen Fetzen. Auf dem Hauptbruch liegen äußerst dünne und feinfaserige Serizithäutchen von gelblichgrüner Farbe.

Im Querbruch erkennt man makroskopisch nur hornsteinartig verwachsenen Quarz und gelegentlich kleine Pyrit- und Karbonatzüge.

Mikroskopischer Befund: Im Dünnschliff bildet Quarz in kleinen, eng verzahnten und schwach undulös auslöschenden Körnern eine deutlich parallel texturierte granoblastische Grundmasse, durch die sich feine, ausgefrante und mehrfach zerrissene Serizitbändchen winden. Man gewinnt oft den Eindruck, sie seien aus größern Muskowitkristallen vor allem durch mechanische Beanspruchung zerfetzt worden. Einzelne kleine, ursprünglich wohl gut idiomorphe Karbonatkristalle oder auch ganze Züge werden von Quarz ankorrodiert und intensiv durchspickt. Turmalin in kleinen, leicht zu übersehenden Mikrolithen, aber auch in größern Säulchen durchschwärmt diesen Quarzit. Er ist meist idiomorph, fleckig und zonar aufgebaut und stark pleochroitisch:

$$\begin{aligned} c = n_{\alpha} = \varepsilon &= \text{hellbraun,} \\ \perp c = n_{\gamma} = \omega &= \text{dunkelgrau—blau.} \end{aligned}$$

Auffallenderweise ist das Nebengestein um taube Gangpartien viel weniger ausgebleicht und enthält noch bedeutende Mengen an Chlorit. Es handelt sich hauptsächlich um eine Kieselsäure- und Karbonatzufuhr, die mit den Erzzügen ursächlich zusammenhängen muß. Daß dieser Serizit-Quarzit nicht eine ursprünglich sedimentäre Faziesänderung der Casannaschiefer darstellt, in die zufälligerweise die Erzlösungen eindringen, ist sicher, denn Gesteine dieser Ausbildung werden sonst im ganzen Gebiet nirgends allein gefunden, dagegen bilden sie mit kleinen Variationen das Nebengestein aller untersuchten Kupfer-Wismut-Lagerstätten.

Die Kenntnis der Eigenschaften des Nebengesteins hat im Bergbau große praktische Bedeutung erlangt, denn wo sich dieser ausgebleichte, verquarzte und fein laminierte Schiefer findet, da können auch die Erzgänge nicht mehr weit sein. Im dunkelgrünen, kompakten Schiefer hingegen ist das Suchen nach Erz aussichtslos.

B. Die Mine Zirouc.

(Koord. 612 380/111 780.)

Diese Grube ist im Gelände nicht leicht aufzufinden. Am besten steigt man von Grimentz aus, auf dem verhältnismäßig guten Waldweg über den Nordhang des Gebirgsspornes gegen die Mayens de Zirouc hinauf. Noch etwa eine Viertelstunde unterhalb dieser Alphütten erreicht man den ersten

Brunnen in einer steilen, teils mit Gesteinsblöcken, teils mit dichtem Gebüsch bedeckten Waldschneise. In dieser, etwa 80 m in südlicher Richtung über dem Brunnen, liegen die alten Baue der Mine de Zirouc, die man im dichten Unterholz oft auch bei guter Ortskenntnis erst nach mühevolem Suchen entdeckt. Zwar sind noch Spuren eines einstigen Pfades vorhanden, die sich aber bald verlieren.

In zwei benachbarten, heute fast gänzlich verschütteten horizontalen Stollen wurde hier ein Erzgang getroffen, der demjenigen von Baicolliou weitgehend entspricht. Unter Tag sind nur noch wenige, stark verrutschte Gangbruchstücke zu sehen, dagegen findet man vor den Mundlöchern unter der jungen Moosbedeckung ganze Mauern von sortiertem Material. Es handelt sich fast ausschließlich um mittelkörniges Mischerz das einen etwa 3—8 cm mächtigen Gang gebildet haben muß. Es stimmt in jeder Beziehung mit dem entsprechenden von Baicolliou erwähnten Typ überein und eine weitere Beschreibung erübrigt sich hier.

Das ganze Gebiet, in dem die Mine Zirouc liegt, ist stark verrutscht und weitere Schürfungen dürften hier wenig Erfolg haben. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die Grube Zirouc in der unmittelbaren Fortsetzung des Erzganges von Baicolliou liegt.

C. Die Mine Biolec (Fig. 30).

(Koord. 611 350 / 113 220.)

Ungefähr 2,3 km südlich von Ayer, am linken Hang des Val de Zinal, auf 2180 m Höhe liegt die Mine Biolec. Hier tritt auf eine Strecke von wenigen Metern ein Erzgang zutage, der demjenigen

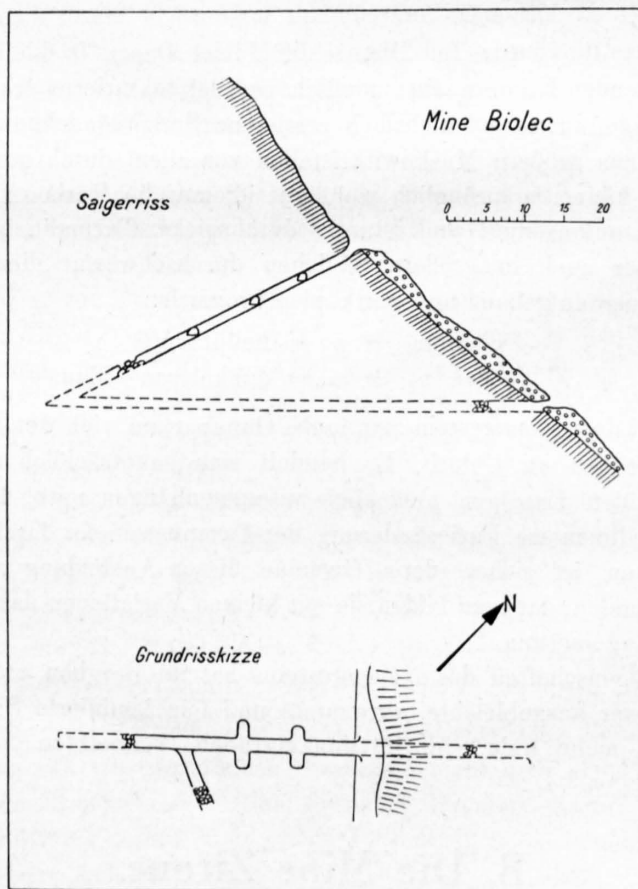


Fig. 30. Die Mine Biolec.

von Baicolliou sehr ähnlich ist. Er ist ebenfalls dem Nebengestein konkordant eingelagert, streicht etwa N 60° und fällt etwa 30° S. Der Ausbiß verschwindet nach Norden sofort unter einer Über-

deckung von Gehängeschutt und Bergsturztrümmern, die erst in der Umgebung von Zirouc die Unterlage wieder freigibt. Nach Süden läßt sich der Ausbiß trotz längern, durch schlechte Aufschlüsse bedingten Unterbrüchen bis zur Mine Pétolliou auf etwa 200 m verfolgen.

Die Annahme, wonach Biolec und Pétolliou in der direkten Fortsetzung des „Fahlbandes“ von Baicolliou—Zirouc liegen sollten, hat sich als unrichtig erwiesen. Die Erzvorkommen von Baicolliou und Zirouc sind in den Serizit-Chloritschiefern der Zone 5 eingelagert, Biolec und Pétolliou hingegen in den karbonatführenden Serizit-Chloritschiefern der Zone 1. Die ausgedehnten Schuttmassen zwischen Zirouc und Biolec verhindern aber eine direkte Einsicht in die Lagerungsverhältnisse und erst die genaue Kartierung verbunden mit einer eingehenden petrographischen Untersuchung klärte die Zusammenhänge auf. Abgesehen von den jungen Bergstürzen und Rutschungen muß die Lagerung der Gesteinsserie zwischen Zirouc und Biolec normal sein, d. h. die Zonen ziehen auch hier mit einem Hauptstreichen von $N 60^{\circ}$ und einem Hauptfallen von 30° SW ungestört durch. Da die Erzvorkommen konkordant zu den Schieferungsebenen und Zonengrenzen verlaufen, werden Baicolliou—Zirouc und Biolec—Pétolliou durch eine Gesteinsserie von etwa 1000 m Mächtigkeit getrennt.

Der Erzgang von Biolec wurde durch einen noch bis etwa 30 m begehbaren tonnlägigen Schacht mit mehreren seitlichen Fühlern und durch einen etwa 30 m unter dem Ausbiß angelegten, heute vollkommen eingestürzten Querschlag aufgeschlossen.

Im Jahre 1834/35 wurden auf Biolec und Pétolliou zusammen in 15 Monaten 500 t Erze erbaut, die bei einem Verkaufspreis von 142 500 Fr. einen Nettogewinn von 20 697 Fr. ergeben haben sollen. Der Kupfergehalt der Scheideerze war 5—10 % und das gewonnene Schwarzkupfer enthielt 1 % Silber. Im Jahre 1866 wurden die Gruben wieder aufgewältigt, ein Abbau hat aber seit 1836 nicht mehr stattgefunden. Die mittlere produktive Abbaumächtigkeit hat höchsten 25 cm betragen.



Fig. 31. Vererzungsbild aus Biolec.

Dünne Mischerzbändchen durchziehen das ausgebleichte Nebengestein oft in diskordanter Lagerung.
Schwarz: Erz. Schraffiert: Karbonat. Gewellt: Schiefer. Punktiert: Quarz.

1. Gangform (Fig. 31).

Das Vorkommen bildet einen Lagergang von linsiger bis perlschnurartiger Beschaffenheit. Seine Mächtigkeit, die durchschnittlich 10 cm beträgt, schwankt zwischen 2 und 40 cm und ist im allgemeinen bedeutend konstanter als in Baicolliou oder Pétolliou, was wohl mit dem geringern Karbonatgehalt dieser Lagerstätte zusammenhängt. Der meist einheitliche Gang teilt sich nur selten in mehrere Seitentrümer auf, die mitunter das Nebengestein auf kurze Strecken scharf diskordant durchsetzen. Auffallend ist auch hier, daß solche diskordante Züge stets aus sehr dichtem Mischerz bestehen und fast kein Karbonat enthalten. Gegenüber Baicolliou ergibt sich in Anbetracht des kleinen Grubenumfanges in der Lagerungsform kein wesentlicher Unterschied.

Das Nebengestein, ein karbonatführender Serizit-Chlorit-Quarzit der Zone 1, ist in der Nähe des Erzganges deutlich ausgebleicht, verquarzt und stärker laminiert. Nicht selten enthält es bis 5 mm große, idiomorphe Magnetitkristalle.

2. Inhalt der Lagerstätte.

Chemismus.

Von Dr. R. BOSSHARD wurden insgesamt 25 Proben untersucht, die in Distanzen von je 5 m längs der Erzgänge vorschriftsgemäß entnommen wurden. Er stellte zunächst eine Durchschnittsprobe sämtlicher Muster her, deren Analyse folgendes Resultat ergab:

Zusammensetzung der Durchschnittsprobe von Biolec:

	Analyse I %	Analyse II %
Gangart	73,35	73,26
Blei	Spuren	Spuren
Kupfer	2,82	2,80
Wismut	1,90	2,00
Arsenik	0,62	0,65
Antimon	1,50	1,45
Eisen	7,85	7,90
Kalzium	1,86	1,89
Magnesium	0,82	0,84
Schwefel	3,95	3,90
CO ₃ -Kohlensäure	5,13	5,10
	99,80	99,79

Silbergehalt: 44 g/Tonne.

Goldgehalt: 1,5—2 g/Tonne (nach Campredon).

Dazu kommen noch Spuren von Nickel und Kobalt.

Aus dem weniger seltenen Auftreten von Kobaltblüten, die sich besonders schön ausgebildet an Handstücken auf der Halde beobachten lassen, kann auf höheren Kobalt- und Nickelgehalt als in Baicolliou geschlossen werden. Diese Vermutung wird bestätigt durch das allerdings nicht häufige Vorkommen eines hellgelb-weiß reflektierenden Minerals der Linneitgruppe. Auch in dieser Mine sind die Kupfergehalte von Ort zu Ort sehr verschieden.

Biolec scheint im Vergleich zu Baicolliou bedeutend ärmer an Kupfer, dafür um so reicher an Wismut zu sein, doch ist dieses Ergebnis vorsichtig zu beurteilen, da die Proben von Biolec aus einem verhältnismäßig kleinen Gebiet stammen. Ob die durchschnittliche Zusammensetzung der gesamten Lagerstätte, die wohl erst zu einem kleinen Teil aufgeschlossen ist, so stark von Baicolliou abweicht, ist fraglich.

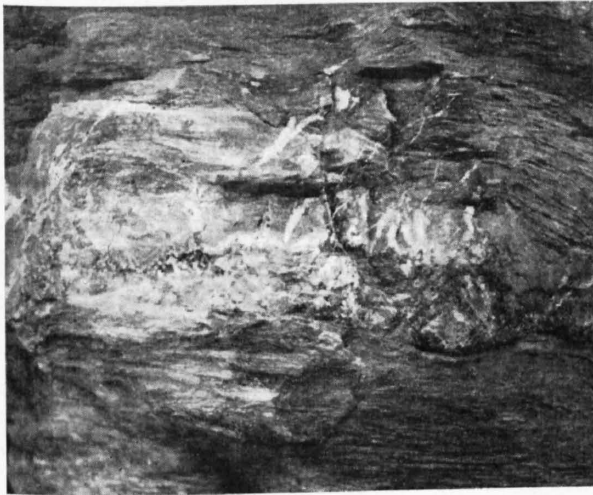


Fig. 32. Erzausbiß am Mundloch der Mine Biolec.
($\frac{1}{20}$ nat. Größe.)

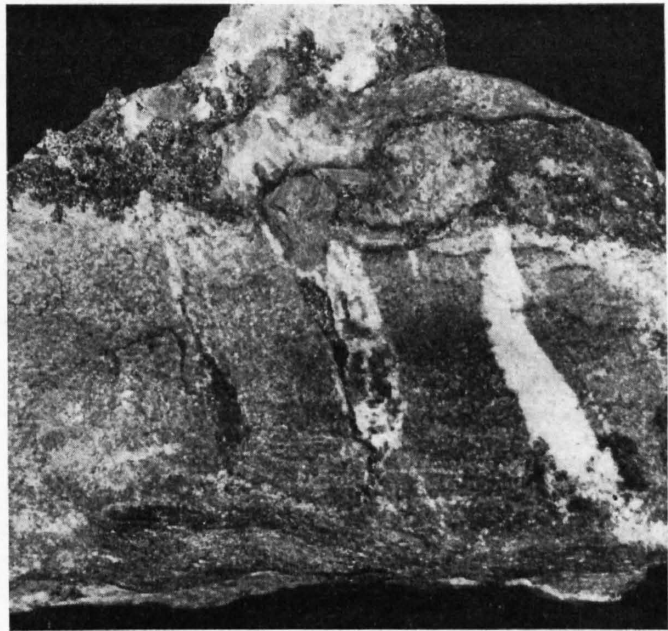


Fig. 33. Gangstufe aus Biolec.
Handstück von der in Fig. 32 gezeigten Stelle in Biolec. Auf Querrissen in der Albit-Karbonat-Grundmasse bildete sich sekundär weißer Albit. Die obere Partie besteht aus Erzen, Quarz und Karbonatknoten. ($\frac{1}{3}$ nat. Größe.)

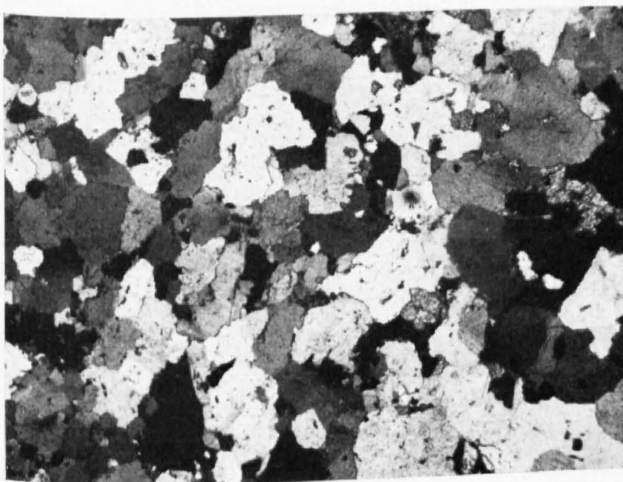


Fig. 34. Gangart von Biolec.
Körniger Albit mit wenig Karbonat. Dünnschliff. Vergr. 40fach, Nicols gekreuzt.

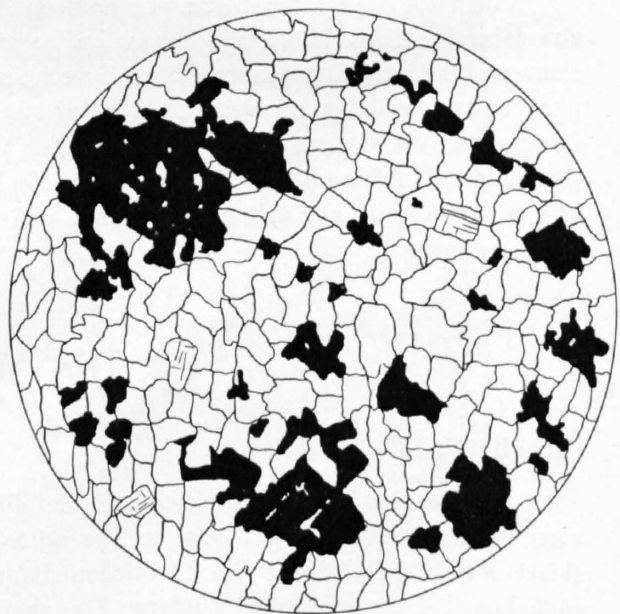


Fig. 35. Pyrit von Biolec.
Pyrit (schwarz) in körnigem Gefüge von Albit und Quarz. Dünnschliff. Vergr. 60fach, Nicols parallel.

Kupferbestimmungen der einzelnen Proben von Biolec:

Nr.	% Kupfer	Nr.	% Kupfer	Nr.	% Kupfer
1.	0,38	10.	0,55	18.	5,60
2.	1,45	11.	2,17	19.	4,51
3.	1,77	12.	1,89	20.	2,75
4.	4,95	13.	1,82	21.	2,16
5.	3,74	14.	1,44	22.	1,65
6.	2,12	15.	3,65	23.	7,48
7.	3,64	16.	3,16	24.	1,82
8.	5,69	17.	3,77	25.	2,79
9.	1,04				

Berechnetes Mittel: 2,89 % Kupfer.

Die Erze (Fig. 32 und 33).

Für die Erzminerale gilt hier im allgemeinen dasselbe wie auf Baicolliou; Kupferkies, Fahlerz, Wismutglanz und Pyrit bilden mit den Gangarten eng verwachsen, ähnliche Mischerze wie sie dort schon eingehend beschrieben wurden.

Das einzige Neue in Biolec ist das erstmalige, aber ziemlich seltene Auftreten eines leicht mit Pyrit zu verwechselnden Minerals der Linneitgruppe. Es bildet stets große, ausgezeichnet idiomorphe Kristalle mit bis 3 mm Kantenlänge. Seine Reflexfarbe liegt zwischen der von Magnetkies und derjenigen von Pyrit. Die Interferenzfarbe bei gekreuzten Nicols ist violett-grau. Reflexionspleochroismus fehlt. Das Mineral wurde im Mineralogisch-Petrographischen Institut Bern durch P.-D. Dr. NOVÁČKÝ röntgenologisch untersucht und ergab eine Gitterkonstante von $a = 9,4_2 \text{ \AA}$. Es dürfte dem Polydymit (Ni_3S_4) nahestehen. Mengenmäßig erreicht es aber bei weitem nicht 1 %.

Die Gangarten (Fig. 33, 34 und 35).

Auch die Gangarten bieten wenig Besonderes, mit Ausnahme von Albit, der hier z. T. in etwas abweichender Form auftritt. Stellenweise, so z. B. in der Nähe des Mundloches, ist er stark angereichert und bildet bis 20 cm mächtige Lagen im Liegenden des Erzes. Die 1–2 mm großen, idiomorphen und vollständig unregelmäßigen Albitkristalle schließen zahlreiche Karbonatüberreste ein, die solche Gangpartien als Ganzes braunrot färben. Auf jüngeren Zerrklüften in diesen braunroten Lagen setzte sich nochmals Albit als grobkörnige, reinweiße Füllung ab. U. d. M. bildet Albit (10 % An) ein pflasterartiges Gefüge, ist nur selten verzwillingt und weist wenig gute Spaltrisse auf. Baryt wurde in Biolec nicht gefunden.

D. Die Mine Pétolliou.

(Koord. 612 850 / 111 470.)

In Pétolliou wird wahrscheinlich die direkte Fortsetzung des Erzganges von Biolec an zwei verschiedenen Stellen angehauen, welche unter Tag nicht miteinander verbunden wurden. (Siehe Plan-skizze Fig. 36.) Während die nördlichen Baue nur kurze Sondierungsarbeiten darstellen, wurde im südlichen Teil in geringem Umfang Erz abgebaut. Sämtliche Stollen führen im Erz. Verwerfungen sind selten und das Gestein ist so widerstandsfähig, daß die Galerien trotz fehlendem Holzeinbau heute noch gut erhalten sind. Mit gewöhnlichen Mitteln ist es fast unmöglich, gute Handstücke aus dem harten Fels zu schlagen, doch enthalten die umfangreichen Halden reichlich Erzbrocken.

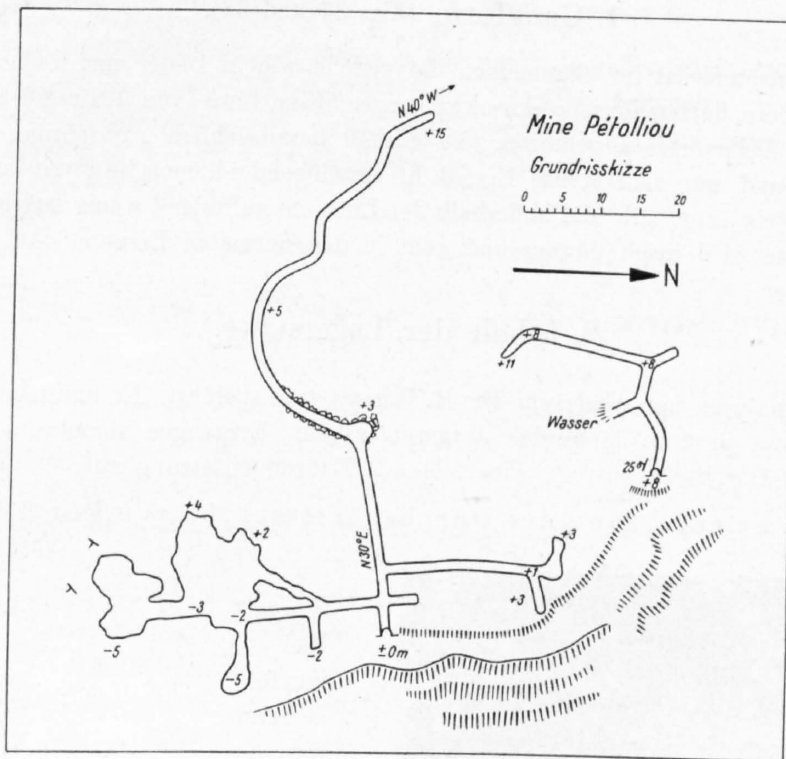


Fig. 36. Mine Pétolliou.

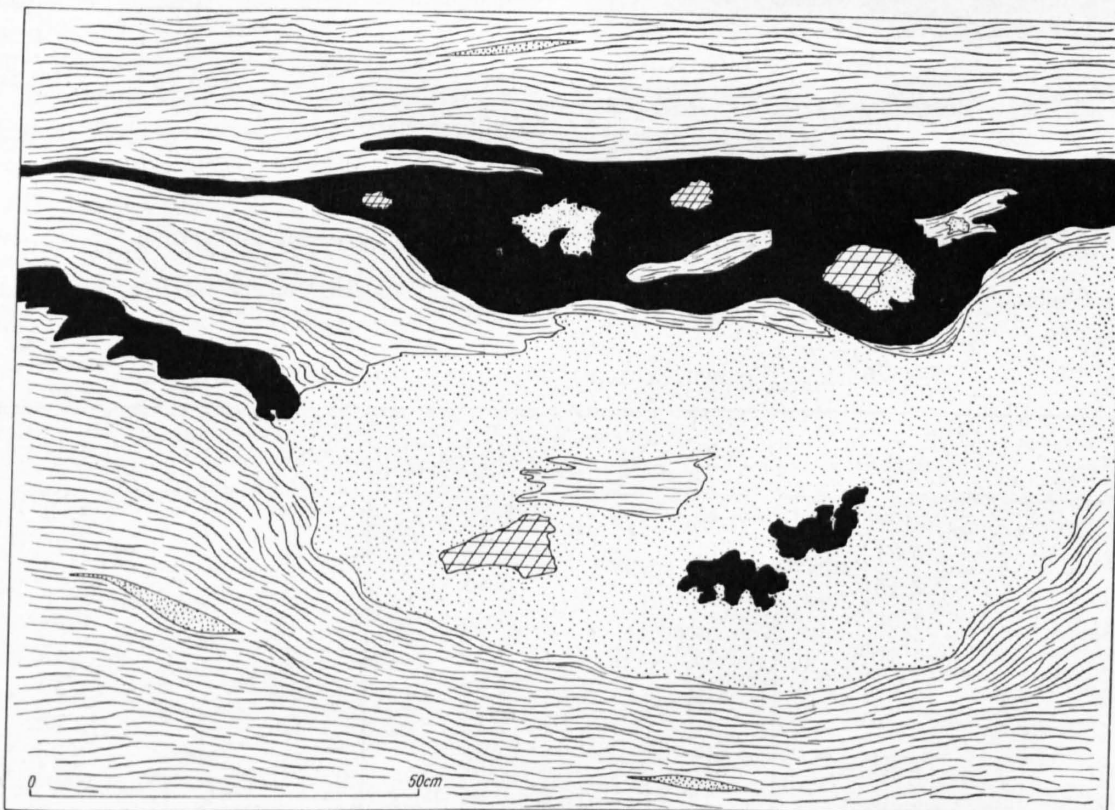


Fig. 37. Verzugsbild aus Pétolliou.

Schwarz: Erz. Schraffiert: Karbonat. Gewellt: Schiefer. Punktiert: Quarz.

1. Gangform (Fig. 37 und 38).

Die Art des Auftretens ist im allgemeinen die gleiche wie in Biolec und Baicolliou, doch finden sich hier wieder größere karbonatreiche Anschwellungen. Eine Linse von 1,8 m Dicke wurde am Eingang des südlichen Abbauortes angefahren. Sie enthält hauptsächlich grobspätiges Karbonat, Quarz, Nebengesteinsfetzen und nur sehr wenig Erz, d. h. vorwiegend idiomorphe Pyrit- und Kupferkieskristalle. Das Nebengestein innerhalb und außerhalb der Linse ist auffallend wenig ausgebleicht, aber stark geschiefert. Die Linse wird rasch dünner und geht in den normalen Erzgang von etwa 10 cm mittlerer Mächtigkeit über.

2. Inhalt der Lagerstätte.

Chemismus.

Zuverlässige Analysen hat wiederum Dr. R. BOSSHARD ausgeführt. Er untersuchte 26 Erzproben, die in Abständen von je 5 m längs des aufgeschlossenen Erzganges vorschriftsgemäß entnommen wurden. Die Gesamt-Durchschnittsprobe wies folgende Zusammensetzung auf:

Zusammensetzung der Durchschnittsprobe von Pétolliou:



Fig. 38. Brekziöse Gangstruktur von Pétolliou.

In der Karbonat-Quarz-Gangmasse sind dunkle chloritreiche Nebengesteinsfetzen eingeschlossen. Angeschliffenes Handstück, $\frac{1}{3}$ nat. Größe.

	Analyse I %	Analyse II %
Gangart	74,15	74,12
Blei	keines	keines
Kupfer	3,05	3,06
Wismut	1,47	1,52
Arsenik	0,55	0,50
Antimon	1,65	1,65
Eisen	8,06	8,12
Kalzium	1,73	1,70
Magnesium	0,82	0,81
Schwefel	4,04	4,03
CO ₃ -Kohlensäure	4,73	4,75
	100,25	100,26

Silbergehalt: 53 g/Tonne.

Goldgehalt: 1,5—2 g/Tonne (nach

L. CAMPREDON).

Nickel und Kobalt in Spuren.

Es folgen nun die Resultate der einzelnen Proben, welche von BOSSHARD jeweilen nur auf ihren Kupfergehalt geprüft wurden:

Kupferbestimmungen an Proben von Pétolliou:

Nr.	% Kupfer	Nr.	% Kupfer	Nr.	% Kupfer
1.	2,09	10.	2,10	19.	3,13
2.	5,61	11.	1,23	20.	1,77
3.	2,15	12.	3,63	21.	4,12
4.	1,06	13.	2,03	22.	2,42
5.	1,70	14.	3,64	23.	4,95
6.	2,70	15.	1,88	24.	5,50
7.	1,79	16.	1,12	25.	2,26
8.	5,26	17.	0,55	26.	6,87
9.	1,65	18.	6,60		

Berechnetes Mittel: 2,99 % Kupfer.

Die Mine Pétolliou scheint also um 1 % Kupfergehalt ärmer zu sein als Baicolliou.

Erze und Gangarten.

Ausbildung und Mengenverhältnis der Erz- und Gangartmineralien sind ähnlich wie in Baicolliou. Gegenüber Biolec glaubt man eine leichte Zunahme von Linneit feststellen zu können. Albit ist nur von sehr untergeordneter Bedeutung und Baryt wurde überhaupt nie beobachtet. Die Kobaltblüte ist hier stark mit grüner Nickelblüte vermischt.

E. Die Minen Bourimont und Lapine rousse.

(Koord. 614 050/113 150 und 613 800/112 500.)

Die Grube Bourimont liegt auf der Ostseite des Val de Zinal oberhalb den Mayens de Bourimont auf etwa 2050 m Höhe im Gemeindewald von Ayer. Die Baue sind heute vollständig verschüttet und selbst die Eingänge sind kaum mehr zu finden. Auch der Ausbiß des Erzlagers ist von Gehängeschutt verdeckt. Die spärlichen Überreste von Baracken auf einer kleinen künstlichen Terrasse und Schutthalden mit Erzbruchstücken sind die einzigen Zeugen des früher betriebenen Bergbaues.

Nach alten Berichten handelt es sich um einen Lagergang, der etwa N 60° streicht und 35° S fällt. Seine Mächtigkeit soll 30—50 cm betragen haben. Im Jahre 1836 wurden in vier Stollen 60 Tonnen Erze gewonnen, die in der Handscheidung 12—15 % Kupfer ergaben. 1866 wurde der Erzgang durch zwei alte Stollen wieder zugänglich gemacht.

Auf einer Schutthalde östlich der Navicenze und südlich von Ayer auf 1800 m Höhe befindet sich eine Lokalität Lapine rousse, wo verrutschte Serizit-Chloritschiefer-Blöcke mit eingelagerten Erzgangfragmenten eine südliche Fortsetzung des Ganges von Bourimont vermuten lassen. Im Jahre 1901 sind auf Lapine rousse an zwei Stellen kupferkieshaltige Blöcke verarbeitet worden, die 6 Tonnen Erz mit 13 % Kupfer und 0,65 % Wismut ergeben haben sollen.

Die auf älteren Karten noch vermerkte „Ancienne usine de cuivre“ unten an der Navicenze diente einst wohl zur Aufbereitung dieser Erze.

Bourimont und Lapine rousse liegen in den Serizit-Chloritschiefern der Zone 5 und bilden deshalb nicht die unmittelbare Fortsetzung der Lagerstätten Biolec—Pétolliou.

Inhalt der Lagerstätten.

Der Inhalt dieser Erzvorkommen kann nur aus dem Haldenmaterial beurteilt werden. Eine wesentliche Abweichung von den oben beschriebenen Lagerstätten ist nicht zu bemerken, doch scheinen hier Kobaltblüten noch etwas häufiger als in Biolec—Pétolliou aufzutreten.

Neuere Analysen dieser Erze bestehen nicht. OSSENT (1855) stellt die Mine Bourimont unter die nicht silberführenden. Ebenso soll der Wismutgehalt geringer sein als bei den andern Vorkommen, dafür aber der Kupfergehalt etwas größer.

Mineralogisch weichen die untersuchten Haldenbruchstücke von denjenigen aus Pétolliou und Biolec nicht wesentlich ab.

F. Allgemeine Betrachtungen.

1. Bildungsgeschichte der Lagerstätten.

In den beschriebenen Lagerstätten des obern Val d'Anniviers verdienen vor allem zwei Erscheinungen besonderes Interesse: erstens die sonst selten gefundenen Mineralparagenesen mit ihrem durchweg erheblichen Wismutgehalt und zweitens der metamorphe Charakter der Gänge.

Daß es sich um metamorphe magmatische Lagerstätten handelt kann nicht bezweifelt werden;

sowohl Ausbildung und Inhalt der Gänge, als auch ihre Beziehungen zum Nebengestein sprechen eindeutig dafür.

Das Bild, welches uns die Vorkommnisse heute bieten, ist sicher nicht allein das Ergebnis primärer magmatischer Nachschubphasen (temporaler Fazieswechsel), sondern ebensosehr die Folge von intensiver mechanischer Beanspruchung. Schon das Nebengestein, der Casannaschieferkomplex, hat uns einiges verraten über die mannigfache Durchdringung, die wechselvolle mechanische Umprägung und das Zusammenspiel dieser beider Faktoren. Wir müssen uns zum vornherein auf entsprechend komplexe Vorgänge bei der Lagerstättenbildung gefaßt machen.

Eine solide Diskussionsbasis können uns nur die feststehenden Tatsachen liefern. Diese seien nochmals kurz angeführt und an geeigneter Stelle durch nur vermutete Beziehungen, Analogieschlüsse und eigene Anschauungen ergänzt und verbunden. Zuerst soll zu unterscheiden versucht werden, was auf primäre temporale Fazieswechsel und was auf Metamorphose zurückzuführen ist.

Die ältesten Bestandteile unserer Gänge bilden sicher die eingeschlossenen Nebengesteinsfetzen. Sie sind wie das feste Nebengestein ausnahmslos stark laminiert, aber die Einschlüsse und mit ihnen die Schieferungsrichtungen wurden oft deutlich gedreht. Die lagerstätten-bildenden magmatischen Lösungen müssen also schon kräftig geschiefert und mehr oder weniger gefaltetes Gestein vorgefunden haben. Damit stimmt auch die konkordante Einlagerung der Gänge überein. Auf den Schieferungsebenen hatten die Lösungen den geringsten Widerstand zu überwinden; sie dienten ihnen als Aufstiegsbahnen.

Die immer wieder gemachte Beobachtung, daß Karbonat von allen andern Gemengteilen verdrängt wird, bringt uns einen Schritt weiter. Man könnte sich z. B. vorstellen, Karbonat und Erze seien gleichzeitig hergeführt und mit fallender Temperatur nacheinander abgesetzt worden, aber die Erze hätten später durch Bewegung und Temperaturerhöhung eine Remobilisation erfahren, welche sie befähigte, das Karbonat zu durchdringen und anzulösen. Diese Möglichkeit ist nicht ohne weiteres von der Hand zu weisen, finden sich doch auch auf jungen Klüften sekundäre Überzüge von Kupferkies und Fahlerz. Bezeichnenderweise ist aber der Erzgehalt der Gänge vollkommen unabhängig von der Karbonatführung. Es gibt erzfreie Karbonatlinsen und karbonatarmer Erzzüge. In linsigen Anschwellungen nimmt hauptsächlich Karbonat zu, während sich das Erz nicht entsprechend vermehrt. Verschiedene Erzlinien werden öfters durch dichte Erzbändchen verbunden. Zudem bildet das Erz in grob-spätigen Karbonatpartien ein zusammenhängendes Netz von dünnen Adern, die sich mit Vorliebe an Korngrenzen und Spaltrisse halten. Bei nahezu gleichzeitiger Platznahme wäre aber eher eine regelmäßige Verteilung zu erwarten.

Die Mehrzahl der Erscheinungen spricht für einen spätern Lösungsnachschub, der hauptsächlich auf Korngrenzen des pyritführenden Karbonats und den Ganggrenzen vordringend, Kupferkies, Fahlerz und Wismutglanz absetzte. Aus nichtmetamorphen Lagerstätten ist dieser temporale Fazieswechsel übrigens oft beschrieben worden. Die letzte magmatische Phase in der Bildung unserer Vorkommnisse stellt sicher die Zufuhr von Baryt dar, schließt dieses Mineral doch in kompakten Zügen ganze Bruchstücke und Gerölle des Karbonat-Erzganges ein. Zudem enthält Baryt vielfach Trümmer von Albit.

Der vorerst verwirrende Erscheinungskomplex kann also mit guter Begründung in folgende zeitlich getrennte Hauptphasen primärer Lösungsabfolge aufgeteilt werden:

1. Karbonat, Pyrit;
2. Kupferkies, Fahlerz, Wismutglanz;
3. Baryt.

Die Stellung von Turmalin, Quarz, Albit und der Nebengemengteile ist viel unsicherer, trotzdem berechtigen verschiedene Hinweise zu gewissen Vermutungen. Die sogenannten Pyritbänder sind in dieser Beziehung sehr wertvoll. Sie setzen sich aus Quarz, Albit, Pyrit, Turmalin, Rutil, Serizit, Chlorit und Apatit zusammen, also ausgerechnet aus denjenigen Mineralien, deren Zuordnung in den Erzgängen schwer fällt. Hingegen fehlen Karbonat, Kupferkies, Fahlerz, Wismutglanz und Baryt vollständig. Aber auch in den Erzgängen selbst kommen die Mineralien der Pyritbänder gerne zusammen vor und es drängt sich die Vermutung auf, daß sie eine eigene Paragenese bilden. Dies schließt natürlich spätere ähnliche Nachschübe und besonders teilweise Remobilisation nicht aus.

In den Erzgängen findet sich Turmalin immer in Gesellschaft von Albit oder Quarz, nie aber etwa als Einschluß in Karbonat. Ganz besonders angereichert ist er auf innern Bewegungsbahnen und auf den Grenzen von Karbonatlinsen, die außerdem stets durch rutil- und chloritreiche Serizitzüge gekennzeichnet sind. Die Inhomogenitätsflächen als Ursachen erhöhter Differentialbewegung müssen also schon vor der Turmalinbildung vorhanden gewesen sein. Karbonat wird von Albit stets ankorrodiert; dieser ist also jünger. Pyrit verhält sich gegenüber Karbonat morphologisch selbständig, wird aber immer und auf unmißverständliche Art von Kupferkies, Fahlerz und Wismutglanz angefressen. Diese Tatsachen verlangen alle die Einordnung der Albit—Turmalin—Pyrit—Rutil—Chlorit—Serizit-Paragenese zwischen die Karbonat-Formation einerseits und die Kupferkies—Fahlerz—Wismutglanz-Formation anderseits. Und zwar trägt diese neu gefundene Paragenese ausgesprochen pneumatolytischen Charakter. Damit stimmt übrigens auch das mehr oder weniger diffuse, unscharf begrenzte Auftreten der Pyritbänder überein.

Es sei nochmals betont, daß spätere Nachschübe durchaus möglich sind, wie sie für die bekannten Durchläufer Pyrit, Quarz und auch Albit andernorts vielfach beschrieben wurden. Pyrit möchte man z. B. mit Karbonat oft gleichaltrig halten, und er müßte also zum mindesten in zwei verschiedenen Generationen auftreten. Doch fehlen uns im allgemeinen genügend sichere Anhaltspunkte für solche Schlüsse. Gewisse Erscheinungen, die weitere primäre Phasen oder gar Rekurrenzen vortäuschen möchten, werden einfacher durch Stoffremobilisation innerhalb der Lagerstätte selbst erklärt.

Auf Grund unserer bisherigen Erkenntnisse müssen wir also annehmen, daß auf eine mitteltemperierte hydrothermale Phase eine pneumatolytische folgte; diese wurde wieder von hydrothermalen abgelöst, zunächst mit mitteltemperiertem, später mit niedertemperiertem Charakter. Es liegt hier also der typische Fall einer Rejuvenation vor. Mit SCHNEIDERHÖHN (65) sehen wir in dieser Erscheinung nicht eine Wirkung späterer Magmanachschübe in ältere Massive, sondern eine zwangsläufige Aufeinanderfolge in demselben, einsinnig verlaufenden Zyklus. SCHNEIDERHÖHN schreibt: „Auch im normalen Verlauf der Abkühlung eines und desselben Magmas gibt es im Vorland Gebiete, wo während der Erkaltung die Isothermen auf- und abwandern, und ein und derselbe Ort zuerst die Möglichkeit der Bildung niedrigthermaler, dann hochthermaler und zuletzt wieder niedrigthermaler Phasen darbietet.“ Bei uns ist die Rejuvenation noch extremer ausgebildet, indem an Stelle von hochhydrothermalen, gar pneumatolytische Bildungen treten.

Bisher wurde die mechanische Beanspruchung der Erze außer acht gelassen, um die Ableitung der primären magmatischen Phasen zu vereinfachen. Es wäre sinnlos, zu fragen, wie die Lagerstätten vor der mechanischen Umarbeitung ausgesehen haben, denn ihre Entstehung ist mit fortwährender Durchbewegung eng verknüpft und zum Teil sogar durch sie bedingt. Die ungewöhnlich feine Verschieferung des Nebengesteins in der Nähe der Gänge, deren linsige und perlschnurartige Form, sowie die verschiedenen Stufen von Mischerzbildungen sind die auffallendsten Produkte der Metamorphose.

Sicher sind die Lösungen auf ihrer Wanderung durch Differentialbewegung kräftig unterstützt und zur Überwindung großer Distanzen befähigt worden. Es wäre absurd, zu glauben, die Lösungen hätten ausgerechnet einen ruhigen Moment in der sonst so bewegten Geschichte des Nebengesteins abgepaßt, um unter erschwerten Bedingungen einzudringen.

Das Karbonat bildete vermutlich schon bei seiner Auskristallisation unter dem Einfluß von ungleichmäßiger Beanspruchung durch Differentialbewegung linsenförmige Anschwellungen, die nachträglich noch verstärkt wurden. Die nachfolgenden Phasen benutzten gerne ausgesprochene Bewegungsbahnen, wie Scherflächen und Ganggrenzen, als Aufstiegswege.

Die grobspätigen, karbonatreichen Partien haben ihre ursprüngliche Struktur am wenigsten verändert. Dank ihrer Translationsfähigkeit reagierten sie sozusagen „plastisch“ auf gerichteten Druck. Kataklaste und Mischerzbildungen fehlen, und sogar das feine Netz der Erzäderchen wurde höchstens etwas ausgequetscht, nicht aber zerrissen. Je mehr der Karbonatgehalt zurückgeht, desto deutlicher werden die Auswirkungen der Metamorphose, von grobspätigen, karbonatreichen Typen führt eine ununterbrochene Reihe zu den feinen Mischerzen. Gleichzeitig ist eine auffallende Zunahme von Albit und Quarz festzustellen, die vielleicht auf Zufuhr remobilisierter Stoffe aus andern Gebieten der Lagerstätte zurückzuführen ist. Die spröderen Gangartminerale wurden unter der Einwirkung von Druck und Bewegung zerrieben und mit Erz zu einer dichten Masse verschmiert. Wenn nun ein solches

Zerreißel nachträglich noch von Barytlösungen durchsetzt wurde, entstanden schließlich die beschriebenen grauen erzhaltigen Lagen mit geröllartigen Albit- und Karbonateinschlüssen.

In der folgenden Tabelle ist die vermutliche stoffliche Entwicklung unserer Lagerstätten zusammengefaßt:

Generation	Hauptminerale
I. Hydrothermal-mitteltemperiert	Karbonat (Pyrit)
II. Pneumatolytisch	Quarz Albit Pyrit Turmalin Rutil Serizit Chlorit Apatit
III. Hydrothermal-mitteltemperiert	Kupferkies Fahlerz Wismutglanz
IV. Hydrothermal-niedertemperiert	Baryt

Die untersuchten Lagerstätten sind einander hinsichtlich Zusammensetzung und Ausbildung durchaus ähnlich, trotzdem sie sehr verschiedenen Horizonten angehören und verhältnismäßig weit auseinander liegen. Sogar die Unterscheidung einzelner Bildungsphasen führt in allen Vorkommen zur gleichen Ordnung. Sie sind zweifellos gleichzeitig entstanden und eng verwandter Abstammung.

Aber in einer Beziehung, die nicht sofort auffällt, unterscheiden sie sich doch. Der Nickel- und Kobaltgehalt, obschon durchweg sehr gering (weniger als 1%), wächst von Baicollieu über Biolec—Pétolliou nach Bourimont deutlich an und die Vermutung liegt nahe, daß ein allmählicher Übergang zu den Nickel-Kobalt-Lagerstätten von Gollyre, Grand Praz und Kaltenberg besteht, die ja ihrerseits wiederum Wismut und etwas Kupfer führen. Diese Lagerstätten bilden eine eigentliche Mittelwalliser Erzprovinz, zu der vielleicht noch einige weitere Vorkommen gehören (z. B. Praz Jean im Val d'Hérens). HUTTENLOCHER hat auf diese Zusammenhänge schon mehrfach hingewiesen (46).

2. Einordnung der Lagerstätten in die Entwicklungsgeschichte des ganzen Gesteinskomplexes.

Die Annahme eines genetischen Zusammenhanges zwischen den Lagerstätten und den verschiedenen andern magmatischen Bildungen der Casannaschieferserie drängt sich unwiderstehlich auf.

Wenn wir versuchen, die Lagerstättenbildung in den gesamten magmatischen Zyklus einzuordnen, können wir uns allerdings auf mehrere bestimmte Indizien stützen und unsere Auffassung damit rechtfertigen, daß vorläufig keine Gegenargumente bekannt sind, doch ist die Begründung im allgemeinen noch wenig gefestigt und die eingehende Erforschung der benachbarten Gebiete und Erzvorkommen wird uns vielleicht zu Abänderungen veranlassen.

Man ist gewohnt, die Bildung von Lagerstätten der beschriebenen Art als letzte Phase eines

magmatischen Zyklus aufzufassen. Dies trifft wohl auch teilweise für unsere Erzgänge zu, aber einige Beobachtungen zwingen uns zu wesentlichen Abweichungen von dieser Regel.

Schon in der Zone 1 der karbonatführenden Serizit-Chloritschiefer ist aufgefallen, daß Karbonat stets und auf unmißverständliche Weise von Albitporphyroblasten ankorrodiert wird, deren Entstehung mit den aplitischem-pegmatitischen Injektionen eng verbunden sein muß. Auf den Erzgängen findet sich diese Erscheinung ebenfalls, aber hier wurde Albit zusammen mit Turmalin, Pyrit, Rutil usw. wahrscheinlich in geschlossenen Bahnen pneumatolytisch zugeführt. Hier wie dort ist Albit also jünger als Karbonat. Diese Tatsache läßt eine gleichzeitige und durch die selben Ursachen bedingte Albitisierung innerhalb und außerhalb der Lagerstätten vermuten.

Auch für Turmalin sind ähnliche Beziehungen wahrscheinlich. Er ist am auffälligsten in den Muskowit-Turmalin-Pegmatiten, in denen sich daumendicke, bis 10 cm lange Individuen finden. Er bildet ferner einen wichtigen Bestandteil der albitisierten Glimmerschiefer und reichert sich auch auf den Lagerstätten, besonders auf den Pyritbändern an. Angesichts dieser Tatsachen darf man wohl eine mit der Albitbildung parallel verlaufende Turmalinisierung annehmen. (Dies schließt nicht aus, daß vielleicht ein Teil des Turmalinbestandes aus dem ursprünglichen Borgehalt der Sedimente hervorgegangen ist.)

Die Lagerstättenbildung ist also mit der Injektion der pneumatolytischen, pegmatitischen und aplitischen Lösungen eng verbunden. Mit den hochmetamorphen Amphiboliten steht sie hingegen in keiner direkten Beziehung; diese scheinen viel älter zu sein.

Sehr wesentlich ist außerdem der Umstand, daß Biolec—Pétolliou über der sogenannten Injektionszone (Zone 3) liegen, Zirouc und Baicollieu sich aber weit unterhalb dieser befinden. Die bis ins einzelne übereinstimmende Ausbildung und Entwicklungsgeschichte der verschiedenen Lagerstätten können nur durch Annahme einer Abstammung aus einem gemeinsamen Herd erklärt werden, der auch die übrigen magmatischen Lösungen lieferte. Der Herd muß der Erdoberfläche dort am nächsten gewesen sein, wo die Injektionszone wurzelt, d. h. irgendwo in ihrem südlichen Fallen in der Tiefe.

Der innere Druck des Magmas allein reichte aber sicher nicht aus, um Differenziate auf so große Entfernungen ins Nebengestein hinauszutreiben. Erst die intensive Durchbewegung der ganzen Gesteinsmasse befähigte die Lösungen, solche Distanzen zu überwinden. Ihr Aufstieg erfolgte, von unbedeutenden Abweichungen abgesehen, in den Schieferflächen.

Aber auch zur Bildung der ausgedehnten Rejuvenation kann das gesetzmäßige Auf- und Abwandern der Isothermen im Vorgelände des Herdes nicht genügt haben. Tektonische Vorgänge waren auch hier von entscheidendem Einfluß, indem sie verschiedene Differentiationsprodukte vom Stamm-Magma geradezu abquetschten, was gegenüber einer normalen Entwicklung zu Überschneidungen in der Lösungsabfolge führen mußte. Auch das sonst selten gefundene Zusammenvorkommen von Kupfer- und Wismuterzen auf derselben Lagerstätte dürfte auf solche Vorgänge zurückzuführen sein.

Die azidische Durchtränkung und mit ihr die Lagerstättenbildung müssen als Begleiterscheinungen der alpinen Orogenese aufgefaßt werden, denn sie trafen schon stark verschiefertes Gestein an. (Schiefereinschlüsse in den Erzgängen, kurze diskordante Erzsehnüre, begrenzte Diskordanzen der Pegmatite, resorbierte Schieferminerale und Reliktstrukturen in Albitporphyroblasten.)

Das gesamte magmatische und tektonische Geschehen hat sich wahrscheinlich folgendermaßen entwickelt:

1. Gleichzeitig mit der tiefgreifenden alpinen Orogenese bildete sich ein an leichtflüchtigen Bestandteilen reiches, saures Magma (Aufschmelzung, Zufuhr).
2. Mit dem Auswandern der Isothermen ins Nebengestein vorerst Bildung der mitteltemperierten hydrothermalen Karbonatgänge (z. T. Brekziengänge).
3. Im Maximum der Erwärmung syntektonische Intrusion (Abquetschung) der aplitischen, pegmatitischen und pneumatolytischen Lösungen. Pneumatolytische Phase der Lagerstättenbildung. Gleichzeitige Albitisierung und Turmalinisierung der Paraschiefer.
4. Abkühlung und Zurückwandern der Isothermen, verbunden mit dem Nachschub mitteltemperierter hydrothermalen sulfidischer Lösungen. Bildung von Kupferkies, Fahlerz und Wismutglanz auf den Karbonatgängen.

5. Weiteres Sinken der Temperatur. Letzter Nachschub von niedertemperierten hydrothermalen Lösungen (Baryt). Abklingen der tektonischen Bewegung.

Zusammenfassung der petrogenetischen Beziehungen im Casannaschieferkomplex der Pt. de Zirouc.

	Phase	Magmatische Produkte	Metamorphe Produkte
Geosynkinal - Epoche	I. Ablagerung tonig - sandiger Sedimente		
	II. Subvulkanisch	Gabbroide oder diabasische Instrusion (und Effusion?) vulkanischer Tuffe	
Orogenetische Epoche	III. Hydrothermal- mitteltemperiert	Karbonatgänge (Pyrit?)	Serizit - Chlorit - Para- schiefer und Quarzite, Amphibolite
	IV. Pneumatolytisch- pegmatitisch	Aplitische und pegmatitische Injektionen. Albitisierung der Paraschiefer Quarz - Albit - Pyrit - Turmalin- Rutil - Chlorit - Serizit - Apatit- Paragenese der Lagerstätten	Linsen- und Perlschnur- form der Karbonatgänge. Brekziöse Struktur der Karbonatgänge Auswatzung der Pegmatite
	V. Hydrothermal- mitteltemperiert	Kupferkies, Fahlerz, Wismutglanz auf den Lagerstätten	Mischerze Teilweise Remobili- sation von Quarz, Albit und Erzen
	VI. Hydrothermal- niedertemperiert	Baryt auf den Lagerstätten (Baicolliou)	

3. Vergleich mit andern Lagerstätten.

In der uns bekannten Literatur wird kein einziges Vorkommen beschrieben, das den Lagerstätten des oberen Val d'Anniviers gleichgesetzt werden könnte. Entweder unterscheiden sie sich in den Mineralparagenesen, vor allem infolge des Wismutgehaltes, oder dann in der metamorphen Ausbildung. Doch gibt es immerhin Beispiele, die unsern Vorkommen wenigstens teilweise ähnlich sind.

Die von O. FRIEDRICH beschriebenen gangförmigen Kupfererzlagerstätten der Schladminger Tauern

liegen in einer Nebengesteinsmasse, die hauptsächlich aus gefeldspateten Orthoklasgneisen mit eingelagerten Amphiboliten und Pegmatiten besteht. Es wurde folgende Ausscheidungsreihe gefunden (30):

1. Quarz, Turmalin, Pyrit, Speiskobalt, Chloanthit.
2. Karbonat, etwas später Zinkblende und Kupferkies.

Die Bildung dieser Erze hält an bis sich die Hauptmenge des Fahlerzes abgeschieden hat, das von Chlorit, Quarz und einem kalzitähnlichen Karbonat begleitet wird.

Wismut fehlt in diesen Vorkommen.

Interessanter sind die Verhältnisse im Zips Gömörer Erzgebirge nördlich von Dobschau in Ungarn, weil sich dort eine ähnliche Rejuvenation zu finden scheint, wie in unsern Vorkommen. Das Nebengestein bilden Gabbros, Porphyroide und Konglomerate.

JOSEF WOLDRICH schreibt (73): „Die paragenetischen Verhältnisse unserer wichtigsten Gangminerale sind also folgende: zunächst wurde die Gangspalte mit Siderit ausgefüllt, hierauf stiegen aus der Tiefe Thermalwässer empor, aus welchen der Siderit teilweise oder vollständig metasomatisch verdrängende Quarz ausgeschieden wurde. Noch etwas früher oder teilweise wohl auch gleichzeitig entstand der Turmalin, der auf die Anwesenheit von pneumatolytischen Prozessen, auf das Emporbringen borhaltiger Fumarolen hinzuweisen scheint. Später gelangten dann in die bisher quarzsideritische Gangmasse auf hydrothermale Wege die Kupfererze, insbesondere der Chalkopyrit, welcher metasomatisch einen Teil des Siderits und Quarzes verdrängte. Am jüngsten sind schließlich die Kobalt- und Nickelerze, welche stellenweise sämtliche älteren, früher genannten Mineralien umschließen. Die Mineralzusammensetzung der Gangmasse wurde also stufenweise verändert durch primäre innere Gangmetasomatose, während durch sekundäre Zementationsmetasomatose aus primärem Chalkopyrit an Cu reichere Erze, hauptsächlich Tetraedrit, entstanden. Über das Alter des Pyrits, Arsenopyrits und Baryts wurde bereits früher gesprochen. Es entstanden also die beschriebenen Gänge, deren Gangmasse heute eine so bunte Zusammensetzung aufweist, aus ursprünglich fast rein sideritischen Gängen. Durch sekundäre Zementations-Gangmetasomatose entstanden aus dem Chalkopyrit an Cu reichere Erze, insbesondere Fahlerz.“

Ein Vergleich mit der Blei-Zink-Lagerstätte von Goppenstein (Wallis) ist vor allem hinsichtlich der metamorphen Ausbildung ihrer Erze interessant. HUTTENLOCHER (47) beschreibt von dort Mischerz-bildungen, die den unsrigen strukturell sehr ähnlich sind.

IV. Zusammenfassung.

In der vorliegenden Arbeit werden die Kupfer-Wismut-Lagerstätten des obern Val d'Anniviers (Wallis) und ihre Beziehungen zum Nebengestein untersucht.

Die Casannaschiefer der Pt. de Zirouc werden auf Grund bestimmter petrographischer Kennzeichen in fünf verschiedene Zonen aufgeteilt (Tabelle 15 und Fig. 2). Ursprünglich tonig-sandige Ablagerungen mit eingeschlossenen sillartigen Amphiboliten wurden später während einer gebirgsbildenden Epoche von sauren magmatischen Lösungen durchdrungen, welche auch die lagerstättenbildenden Lösungen lieferten. Die Eigenschaften der Zonen verhalten sich symmetrisch zu einer gangförmigen aplitisch-pegmatitischen Injektion. Die Entwicklungsgeschichte des ganzen Gesteinskomplexes einschließlich der Lagerstätten wird diskutiert und nach Möglichkeit abgeleitet. Sie ist auf Seite 74 zusammengefaßt. Die auffälligste Erscheinung bildet eine ausgedehnte Rejuvenation, in der auf eine mitteltemperierte hydrothermale Phase eine pneumatolytische folgte; diese wurde wieder von hydrothermalen abgelöst, zunächst mit mittel-, später mit niedertemperiertem Charakter.

Die beschriebenen Erzgänge sind einander in bezug auf räumliche Ausbildung, mineralogische und chemische Zusammensetzung und mehrphasige Entwicklungsgeschichte sehr ähnlich. Eine allmähliche Zunahme des allerdings sehr geringen Nickel-Kobalt-Gehaltes von Westen (Baicolliou) nach Osten (Bourimont) scheint zu den Nickel-Kobalt-Lagerstätten von Grand-Praz und Gollyre und Kaltenberg (Turtmantal) überzuleiten. Entgegen der bisherigen Auffassung liegen aber die verschiedenen Lagerstätten nicht in ein- und demselben zusammenhängenden „Fahlband“, sondern sie verteilen sich als enger begrenzte Einlagerungen auf verschiedene Gesteinshorizonte.

V. Historisches und Technisches.

A. Historische Notizen über den Bergbau im Val d'Anniviers.

Die Geschichte des Bergbaues im Val d'Anniviers ist in verschiedenen schwer zugänglichen Schriftstücken lückenhaft dokumentiert und ich möchte es nicht unterlassen, hier die wichtigsten Daten zusammenfassend festzuhalten.

Die Ausbisse der verschiedenen Erzgänge müssen der einheimischen Bevölkerung schon lange vor der bergbaulichen Erschließung bekannt gewesen sein, denn daß die Anniviarden gute Naturbeobachter sind, beweisen auch heute noch Hirten und Jäger, die dem suchenden Geologen manche sonst kaum entdeckte interessante Aufschlüsse und Mineralfundstellen verraten können.

Der Bergbau im Val d'Anniviers wurde im Jahre 1780 begonnen und konnte sich mit längern Unterbrüchen bis auf den heutigen Tag erhalten. Der erste Bergbau wurde auf Nickel und Kobalt durch Harzer Bergleute betrieben. In den Jahren 1782—1789 lieferte die Grube Grand Praz bedeutende Quantitäten von Nickel- und Kobalterzen, die erst nach dem Blaufarbenwerk Schwarzenfels abgeführt und später bei Chippis selbst verhüttet wurden. In einem Rapport (Journal des mines, XXXV Paris, 1814, S. 5—28) an Napoleon I. macht Bergingenieur GUEYMARD auf die Erzvorkommen im Département du Simplon aufmerksam.

Ums Jahr 1820 wurde die Grube Grand Praz wiederum durch Harzer Bergleute für Mrs. de Courten et Chastonay in Sierre betrieben.

Die Erze von Grimentz (Baicolliou, Zirouc, Biolec, Pétolliou), von Ayer (Bourimont, Lapine rousse) und von St-Luc-Chandolin wurden durch eine französische Gesellschaft unter der Leitung von Ingenieur Raby, Direktor in Chessy, in den Jahren 1836—1838 aufgeschlossen und auf Kupfer und Silber abgebaut. Auf Baicolliou wurden in dieser Zeit in einem kurzen, tonnlägigen Schacht etwa 5 Tonnen Erze mit angeblich 11—12 % Kupfer gewonnen. In Pétolliou und Biolec förderten 25 Bergleute in 15 Monaten 500 Tonnen Erz mit 9—10 % Kupfer. Die Grube Bourimont lieferte im Jahre 1836 in vier Stollen 60 Tonnen Erze.

Im Jahre 1849 kaufte eine deutsche Gewerkschaft die Nickelgruben an und betrieb bis 1858 den Bergbau auf Grand Praz und Gollyre. Die gleiche deutsche Unternehmung baute auch die Kupfererzlagerstätten ab, die 1838 von der französischen Gesellschaft aufgegeben worden waren. In den Jahren 1852—1853 wurden auf Baicolliou im ganzen 65 Tonnen 5—10 % Kupfer enthaltende Erze gewonnen. Außer Kupfer und Silber ist schon damals Wismut als Nebenprodukt dieser Erze in Betracht gezogen worden. 1866 wurde auch die Grube Bourimont in zwei alten Stollen wieder geöffnet. In zehn Monaten der Jahre 1872—1873 hat A. OSSENT in Baicolliou 60 Tonnen Erz gefördert und im Hüttenwerk Siders verschmelzen lassen. Es sollen daraus 18 Tonnen Kupferstein mit 32 % Kupfer, 4,5 % Wismut und 0,12 % Silber gewonnen worden sein, was einer Erzzusammensetzung von 9,6 % Kupfer, 1,35 % Wismut und 0,03 % Silber entsprechen würde.

Am 17. Juni 1901 wurde zur Ausbeutung der Vorkommen die „Société des Mines du Val d'Anniviers“ mit einem Kapital von 6,5 Millionen Franken gegründet und ein großzügiger Betrieb eröffnet. Diese Gesellschaft bezweckte hauptsächlich die Gewinnung von Kupfer auf Baicolliou ohne Verwertung des Wismuts, beschränkte sich aber im wesentlichen auf Aufschlußarbeiten in der Mine. Die wenigen praktischen Abbau- und Verhüttungsversuche zeigten, daß der Ertrag den aufgestellten

Berechnungen niemals entsprechen konnte. Die eingerichtete Erzwäsche war sehr mangelhaft und ergab kaum zwei Drittel des analytisch festgestellten Kupfergehaltes. Das verhältnismäßig niederprozentige Konzentrat mußte auf Maultierkarren über mühsame Wege nach Siders transportiert werden. Zudem war die Gesellschaft überkapitalisiert und das Kapital stark verwässert. Im Januar 1903 wurde das Kapital auf 3,8 Millionen Franken reduziert und der Betrieb allmählich eingestellt.

Im Juli 1910 gelang die Gründung einer neuen Gesellschaft „Société Fermière des Mines du Val d'Anniviers“, die in den Jahren 1911–1913 den Abbau und die Verhüttung der Erze der Grube Baicolliou besonders im Hinblick auf die Verwertung des Wismuts ernsthaft in Angriff nahm. Es wurde eine neue Erzwäsche System Dallemagne eingerichtet, die aber wieder außerordentlich große Erzverluste zur Folge hatte. Eine ebenfalls neue Aufbereitung nach dem Elmoreverfahren ergab etwas bessere, aber immer noch ungenügende Resultate, denn das Kupfer wurde nur zu 70 % und das Wismut sogar nur zu 60 % herausgebracht. Der Betrieb war auf die nie erreichte Tagesproduktion von 100 Tonnen Erz eingerichtet und hätte täglich 1200–1500 kg Wismut produzieren sollen. Eine solche Menge zu verkaufen war damals unmöglich, ohne die Preise auf den Weltmarkt zu werfen. Für die Wismutverwertung war der Betrieb überdimensioniert. Der schlechte Wirkungsgrad der beiden Aufbereitungen und die großen Kosten für deren zweimalige Anschaffung zehrten das Kapital auf. Die Baisse der Kupferpreise von 1911 und 1913 und dann der Ausbruch des Weltkrieges 1914 machten die Beschaffung neuer Geldmittel unmöglich und der Betrieb mußte infolgedessen eingestellt werden.

Während des Krieges ist im Sommer 1916 durch Ingenieur MARKWALDER mit den noch vorhandenen Konzentraten Kupfersulfat nach dem Hofmannschen Verfahren hergestellt worden. Eine zu diesem Zwecke in der Aufbereitungsanlage errichtete kleine Probeanlage ermöglichte die tägliche Fabrikation von 20–30 kg reinen Kupfersulfates. Der Bergbau selbst wurde während des Krieges 1914–1918 nicht aufgenommen.

Zu Beginn des neuen Weltkrieges 1939 wurden im Auftrage der Studiengesellschaft J. Wiederkehr, Alpina-Minen Zürich, die verlassenen Gruben unter der Leitung von Bergingenieur CH. FINK wieder instand gestellt. Später wurden von E. HÄNSLER Versuche zur Verhüttung der Erze durchgeführt. Darauf erfolgte die Gründung der Mea-Metallminen AG. Grimentz, welche im Frühling 1942 mit neuen Aufschließungen in der Grube und dem Bau einer Verhüttungsanlage begann.

B. Die geschichtliche Entwicklung der Mine Baicolliou.

Die bergbauliche Erschließung der Mine Baicolliou erstreckt sich nun auf mehr als hundert Jahre, in denen allerdings nur während kurzen Perioden intensiv gearbeitet wurde. Der jedesmal mit erstaunlichem Optimismus begonnene Bergbau wurde meist schon nach wenigen Jahren infolge finanzieller Nöte wieder aufgegeben, welche durch die unsichern Absatzmöglichkeiten dieses komplexen Erzes, durch hüttentechnische und nicht zuletzt auch bergbauliche Schwierigkeiten heraufbeschworen wurden. Aus der geschichtlichen Entwicklung des Bergbaues und den wechselnden Auffassungen über die Ausbildung der Lagerstätte können manche interessante Erfahrungen und Lehren für die Praxis festgehalten werden.

Wenn man heute, nachdem ein Grubenareal von etwa 30 000 m² genügend erschlossen ist, sich über die Zweckmäßigkeit der geleisteten Arbeit Rechenschaft ablegen will, wird die Bedeutung mancher verhältnismäßig kostspieliger Baue der „Alten“ nicht ohne weiteres klar. So scheinen uns Galerien nutzlos im tauben Gestein neben dem Erz vorgetrieben worden zu sein, während große Erzgebiete unmittelbar daneben unaufgeschlossen blieben.

In den Jahren 1836–1838 wurde das Erzvorkommen von Baicolliou durch eine französische Gesellschaft zum ersten Male bergbaulich aufgeschlossen und abgebaut. In einem tonnlägigen Schacht, vermutlich in der sogenannten Galerie 14 des heutigen Ostbaues bei Punkt 37,97, wurden 100 q Erze gewonnen, 1838 wurden die Arbeiten eingestellt und erst 1852 durch eine deutsche Unternehmung wieder aufgenommen.

In den Jahren 1852—1853 trieb man den alten Schacht mit 35° auf dem Einfallen nieder und gewann angeblich 300 q Erze. Im Jahre 1853 betrug die Förderung 1300 q geschiedenes Erz. Die bergbaulichen Arbeiten bis zum Jahre 1873 hatten auf Baicolliou den Lagergang auf etwa 220 m Länge im Streichen und auf etwa 80 m im Fallen angehauen. Aus dieser Zeit müssen die Galerien 12 und 13 im Ostbau stammen, die durch die Traversbanc 4 zur rationelleren Förderung eingerichtet wurden. Die gleiche deutsche Gesellschaft baute wahrscheinlich das Erz in der Galerie 3 zwischen den Ausbißpunkten 46,13 im SW und 48,18 im NE ab (Mittelbau). Etwa 100 m südwestlich des Ausbisses bei Punkt 46,13 wurde wiederum auf dem Ausbiß (Punkt 24,66) das Erzlager angehauen und in der Grande Descenderie 1 auf etwa 75 m Länge im Einfallen verfolgt. Bei ungefähr 45 m durchquerte sie eine Verwerfung, traf aber das Erz bald darauf wieder in normaler Lagerung an. Ungefähr in der Mitte zwischen Ost- und Westbau, unterhalb des Ausbisses bei Punkt 46,13, eröffnete man auf 1950 m Höhe (Niveau 0) gegen Südosten einen Hauptquerschlag, der bei 55 m Entfernung vom Mundloch das untere Pyritband querte und das Hauptlager voraussichtlich bei etwa 120 m treffen sollte.

Die „Société des Mines du Val d'Anniviers“ nahm im Jahre 1901 den Bergbau in großem Stile wieder auf. Sie stellte die alten Baue wieder instand und setzte die von ihren Vorgängern begonnenen Arbeiten fort, ohne je systematisch Erz abzubauen. So wurde in der Galerie 12 im Ostbau von Niveau 25 bis zum Niveau 7 ein 55 m langes Gesenk, die sogenannte Galerie 15, im Erz abgeteuft und vom Niveau 0 aus der Durchschlag (Galerie 16) zum Hauptquerschlag im Sterilen auf etwa 20 m begonnen. Von der Mitte der streichenden Abbaustrecke des Mittelbaues wurde ein tonnlägiger Schacht, die Galerie 11 im Erzlager, auf etwa 15 m Länge von Niveau 45,85—35,54 abgeteuft. Der Hauptquerschlag wurde auf 130 m verlängert, „ohne das zwischen 120 und 130 m erwartete Erzlager zu treffen“, und die Grande Descenderie 1 im Westbau im Einfallen bis auf die heutige Länge von etwa 120 m vorgetrieben. 60 m unterhalb des Mundloches dieses Gesenkes wurde eine Galerie 5 nach Südwesten begonnen, die aber nie im Erz führte und deshalb bald in Vergessenheit geriet. Eine Galerie 6 sollte vom gleichen Punkte aus immer im Erz vorgetrieben, die Verbindung mit dem Hauptquerschlag herstellen. Die Verbindung wurde hergestellt, aber das Erz wie in zahlreichen andern Versuchsgalerien in der Umgebung der Grande Descenderie 1 rasch verloren.

Die Arbeiten wurden 1903 eingestellt und eine neue Gesellschaft, die „Société Fermière des Mines du Val d'Anniviers“ beschränkte sich in den Jahren 1911—1913 auf Abbau und Verhüttung der bereits aufgeschlossenen Erze, ohne neue Aufschließungen vorzunehmen.

Als die Frage der erneuten Nutzbarmachung dieser Lagerstätte bei Beginn des zweiten Weltkrieges wieder aufgeworfen wurde, konnten die geologischen Begutachtungen nur zu recht bescheidenen, oder gar keinen Hoffnungen berechtigen, doch mußte das endgültige Urteil von weiteren Aufschließungen abhängig gemacht werden. In der Tat war die Vererzung in den unabgebauten Gebieten fast überall verloren gegangen, vertaubt oder doch wenigstens scheinbar einer Ausbeutung nicht würdig. Einige Optimisten nahmen trotzdem die Weitererschließung im Jahre 1941 mit verhältnismäßig kleinem Kapital, aber um so größerem Eifer wieder auf und ein gewisser Erfolg ließ auch nicht lange auf sich warten.

So wurde das Erz in dem als „taub“ oder „stark gestört“ bezeichneten Gebiete vom Aufbruch 10 bis zur Grande Descenderie 1 in normaler Ausbildung und ohne wesentliche tektonische Störung vorgefunden und somit eine lückenlos zusammenhängende Erzfläche von etwa 5000 m² neu erschlossen. Auch im Ostbau wurde die Fortsetzung der Lagerstätte gefunden und südlich der Galerie 16 Ost auf der ganzen Länge nach Durchquerung verschiedener richtig beurteilter Verwerfungen wieder angefahren und in die Tiefe verfolgt. Eine Begrenzung der Lagerstätte im Streichen oder im Fallen ist noch nirgends gefunden.

Während von 1836—1873 immerhin stets genügend Erz gefunden und abgebaut werden konnte und der Mißerfolg der Unternehmungen hauptsächlich in der unzugänglichen Lage der Vorkommen begründet war, leistete sich die „Société des Mines du Val d'Anniviers“ mit einem Kapitalaufwand von 6,5 Millionen Franken das Vergnügen, mit beachtenswerter Großzügigkeit im sterilen Gestein herumzubohren. Ja, machmal scheint es geradezu, als hätte man sich alle Mühe gegeben, das Erz nicht etwa bloßzulegen.

So schreibt M. Lecomte-Denis in seinem Rapport vom Jahre 1901, daß der Hauptquerschlag das in einer Entfernung von 120—130 m vom Mundloch vermutete Hauptlager nächstens anfahren

werde, was sich aus dem Verhalten des Nebengesteins ergebe. Wie wir heute wissen, wurde die vererzte Zone jedoch schon bei 80 m durchstoßen und es erscheint uns höchst sonderbar, daß dies von jenen Bergleuten nicht bemerkt worden sein soll. Zugegeben, der Erzgang ist hier zufälligerweise stark vertaucht und besteht nur noch aus einigen Feldspat-Karbonat-Zügen, die jedoch noch von vereinzelt, wenn auch unscheinbaren Erzschnüren begleitet werden und zudem vom typischen, stark ausgebleichten und verquarzten Schiefer umgeben sind. Offenbar hat man sich zu sehr auf die angestellte Berechnung verlassen, wonach die Verlängerung des Erzganges im Mittelbau eben erst zwischen 120 und 130 m angetroffen werden sollte und dem Verhalten des Nebengesteins und den tektonischen Störungen zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt.

Die Grande Descenderie 1 hat die Erzführung in den letzten 20 m verloren und liegt im grünen Serizit-Chloritschiefer. Es ist zwar nicht ausgeschlossen, daß hier das Erz überhaupt ausgeht, doch wurde das Gesenk wahrscheinlich außerhalb des Erzes, vermutlich im Liegenden niedergetrieben. Wie schon bemerkt, führt auch die Galerie 5 im sterilen Nebengestein. Die Galerie 7, im obern Teil der Grande Descenderie 1 gegen Nordosten vorstoßend, liegt nur zu Beginn auf kurze Strecke im Erz, während sich die restlichen 40 m nur wenig zu hoch im wertlosen grünen Schiefer befinden. Mehrere kurze, querschlägige Sondierungen von dieser Galerie 7 wurden knapp vor Erreichung des Ganges aufgegeben.



Fig. 39. Baracken und obere Seilbahnstation der Mine Baicolliou.

Nicht viel mehr Glück war der Galerie 6 beschieden. Kurz nach dem Abzweigen vom Aufbruch 6 nördlich der Grande Descenderie 1 verliert sie das Erz, um es auf eine Gesamtlänge von etwa 120 m nie mehr zu finden. Auch die verschiedenen, stets im Schichtfallen vorgetriebenen Sondierungen und vor allem das Gesenk 9 konnten nichts Besseres ergeben. — Aus alten Plänen geht hervor, daß der Ort der Galerie 6 zum voraus konstruktiv als vermutlicher Schnitt der Verlängerung der Erzfläche des Mittelbaues (Galerien 3 und 9) mit dem Niveau 0 bestimmt wurde. Die große Verwerfung zwischen Mittel- und Ostbau wurde auch hier übersehen und dementsprechend nicht in Rechnung gezogen. Diese Verwerfung bewegte das Erz im Niveau 0 aber gerade um soviel, als der Abstand zwischen der Galerie 6 und der neuen, richtig angelegten Galerie 16 West beträgt, d. h. um etwa 15 m.

Die Gesellschaft hatte also während etwa 2 Jahren unter bestmöglicher Schonung des Erzes insgesamt 250—300 m Vortrieb geleistet, von denen mindestens 80 % im tauben Gestein liegen. Aus dieser Zeit stammt denn auch das geflügelte Wort: „Les mines de Baicolliou sont là haut, mais le filon se trouve à Paris.“

Die damalige Bauleitung scheint an großzügige Planung gewohnt gewesen zu sein, wie sie anderswo richtig sein mag, in diesem tektonisch gestörten Gebiete aber Fehlschlüsse ergeben mußte.

Auch wir hatten vorerst an eigenen Fehlern zu lernen, kamen aber bald zur Überzeugung, daß

nur die alte Bergmannsweisheit, „der Picke nach“ zu arbeiten, zum Ziele führen konnte. Gleichzeitig wurden die geologischen Verhältnisse peinlich genau beobachtet und registriert. Es wurde bei den neuern Arbeiten darauf ausgegangen, eine möglichst lange Grundstrecke im Erz vorzutreiben und von dieser aus durch Gesenke und Aufbrüche kleinere Erzgebiete zu erschließen und zum Abbau vorzubereiten.

Der Stollenvortrieb verlangte eine ständige Kontrolle, denn fast alle 2 oder 3 m ging das Erz verloren. So kam es mehrmals vor, daß man eine Nebenader verfolgte, die bald auskeilte oder daß kleine, oft kaum bemerkbare Verwerfungen den Gang verschwinden ließen. Wenn der Vortrieb während mehreren Abschüssen nicht untersucht und den Mineuren nicht die entsprechenden Anweisungen erteilt wurden, befand sich der Stollen meist schon vollständig im tauben Nebengestein. Unter diesen Verhältnissen kann ein Geologe nur dann nützliche Arbeit leisten, wenn er täglich den Stand der Dinge studiert.

Für die Praxis erwiesen sich die Kenntnisse über das Nebengestein, die tektonischen Störungen, die Gangformen und die Mineralisation, wie sie beschrieben wurden, als sehr nützlich.

C. Der Abbau der Erze.

Das Erz wurde im Niveau 0 auf eine möglichst lange Strecke im Streichen aufgeschlossen, um von dieser Grundstrecke (Galerie 16) aus kleinere Erzgebiete allseitig zu umfahren und so für den Abbau vorzubereiten. Die Einmündungen der Aufhauen (Montées), wurden nach Möglichkeit auf Rollwagenhöhe angelegt, und mit Holzsilos versehen.

Der Abbau bot aber in der Folge größere Schwierigkeiten als vorerst angenommen werden konnte. Wir glaubten, die aufgeschlossenen Rechtecke von unten nach oben vorrückend auf ihrer ganzen Länge gleichzeitig abbauen zu können. Doch diese kleinen Gebiete erwiesen sich als von zahlreichen Verwerfungen zerstückelt, deren Sprunghöhen 50—100 cm betragen. Dazu kommt noch die Launenhaftigkeit der Erzlagerung selbst, die bald einen einzigen Gang, bald eine mehrere Meter mächtige Gangzone bildet. Um große Erzverluste zu vermeiden, mußte daher der Abbau den von Meter zu Meter wechselnden Bedingungen Rechnung tragen und konnte sich nicht auf ein einmal festgelegtes Schema stützen. So war es auch nicht mehr möglich, ganze Fronten von 10—20 m gleichzeitig abzuschließen.

Bei der Sprengung der Gangzone wurde Wert darauf gelegt, das Gestein nur in Blöcke aufzulockern, die sich durch kleine Preßluftpickhämmer herausbrechen ließen. Dadurch sollten die Verluste von fein zertrümmertem Erz auf ein Mindestmaß eingeschränkt werden. Über die Anlage der Bohrlöcher und die Stärke der Sprengladungen wurden verschiedene Versuche durchgeführt. Eine saubere Trennung von Gang und Nebengestein in getrennten Abschüssen, wie sie in andern Gruben bei gangartigen Vorkommen vorteilhaft ist, erwies sich infolge der unregelmäßigen Verteilung der Erzzüge in den meisten Fällen als undurchführbar.

Nach dem Herausbrechen mit dem Preßluftpickhammer werden die Blöcke sogleich einer ersten Handscheidung unterworfen und das Nebengestein als Versatzmaterial aufgemauert. Der Bergeversatz, der durch vereinzelte natürliche Pfeiler verstärkt wird, hat sich als sehr dauerhaft bewährt. Holzeinbau ist nur vorübergehend nötig und kann bei fortschreitendem Bergeversatz entfernt werden.

Die Tagesproduktion der Mine Baicolliou (Tag-



Fig. 40. Arbeit unter Tag.

und Nachtschicht) dürfte beim heutigen Grubenumfang und bei einem Arbeiterbestand von 8 Mineuren und etwa 30 Hilfsmineuren, Handwerkern, Handlangern usw. allerhöchstens 10—15 Tonnen handgeschiedenes Erz betragen. (Demgegenüber erscheint die erhoffte Tagesproduktion der „Société Ferrière des Mines du Val d'Anniviers“ von 100 t/24 h als stark übertrieben.)

D. Die Aufbereitung der Erze.

Der Aufbereitung unserer Erze wird seit jeher große Bedeutung zugemessen. Sie soll dazu dienen, die nutzbaren Erze aus dem relativ armen und zudem sehr komplexen Fördergut möglichst weitgehend anzureichern, um dadurch einerseits die Transportkosten bis zur Verarbeitungsstelle zu erniedrigen und andererseits den Verhüttungsprozeß selbst zu entlasten.

Durch sorgfältige Handscheidung kann höchstens ein Teil des Nebengesteins von den Erzgangbruchstücken abgetrennt werden, wenn nicht durch Vernachlässigung der häufigen dünnen Erzinfiltrationen große Verluste in Kauf genommen werden wollen. Aus den gleichen Gründen haben auch Versuche mit Setzkästen keine günstigen Resultate ergeben. Jedoch ist es ratsam, das oft zur Unkenntlichkeit verstaubte Fördergut bei der Handauslese mit Wasser zu waschen. — Die Trennung gelingt natürlich um so besser, je kleiner die Stücke mit dem Hammer zerschlagen werden, aber dadurch geht auch immer mehr zu feinem Grus zerfallendes Erz verloren.

Durch Brechen auf Nußgröße und Herausklauben wertlosen Materials läßt sich eine Konzentration auf 5—6 % Kupfer erreichen. Die Flotationsanlagen älterer Gesellschaften arbeiteten höchst unrationell. Doch wurden die Verfahren in neuerer Zeit wesentlich verbessert und die im Auftrage des Kriegs-Industrie- und Arbeits-Amtes durch die Firma Dorreo ausgeführten Flotationsversuche lieferten bedeutend günstigere Ergebnisse. Aus einem diesbezüglichen Bericht vom 31. Juli 1941 kann hier folgendes interessieren:

„Wegen der innigen Verwachsung von Erz und Gangarten kommt eine selektive Trennung durch Flotation nicht in Frage. Es wurde daher ein möglichst gutes Ausbringen der Sulfide in einem gemeinsamen Mischkonzentrat angestrebt, ohne die Mahlung zu weit zu treiben. Für ein Ausgangsmaterial von etwa 4 % Cu können unter optimalen Bedingungen Reinkonzentrate von 25 % Cu mit einem Ausbringen von 85 % erzielt werden. Bi kann von 0,6 % auf 2 % angereichert werden bei einem Ausbringen von 85 %.“

Eine Flotationsanlage ergibt aber erst bei hohen Durchsätzen (30—40 t/24 h) die nötige Rentabilität und kostet heute etwa 250 000 Franken. Eine Kleinanlage von 5—6 t/24 h Durchsatz kommt auf etwa 100 000 Franken zu stehen, hat aber nicht die nötige Rendite. Die Mea-Metallminen AG. verzichtete nach gründlichem Studium der Verhältnisse aus finanziellen Erwägungen auf eine solche Flotationsanlage und zog die direkte Verhüttung des handgeschiedenen Materials vor.

In neuester Zeit hat man im Auslande mit elektrostatischer Aufbereitung z. T. überraschend gute Resultate erzielt. Von uns in dieser Richtung ausgeführte vielversprechende Versuche konnten leider bisher mangels nötiger Apparate nicht weitergeführt werden. Wenn es gelänge, die Erze elektrisch zu trennen, könnte eine verhältnismäßig billige Kleinanlage Verwendung finden.

E. Die Verhüttung der Erze.

Die Verhüttungsmöglichkeiten der Erze wurden im Jahre 1941 von Herrn HÄNSLER, dem spätem Betriebsleiter der Mea-Metallminen AG., Grimentz, durch eingehende Versuchsreihen studiert. Ein ausführlicher Bericht von Herrn HÄNSLER steht zwar in Aussicht, trotzdem möchte ich es nicht unterlassen, das Wichtigste festzuhalten. — Ich hatte Gelegenheit, den Aufbau der Verhüttungsanlage selbst mitzuerleben und von Grund auf kennenzulernen. Wenn ich im folgenden einige Angaben über die gemachten

Versuche und das angewandte Verfahren mache, werde ich mich davor hüten, Betriebsgeheimnisse preiszugeben, die Herrn HÄNSLER um die Früchte seiner mühevollen Arbeit bringen könnten. Ich möchte ausdrücklich betonen, daß die Entstehung der ganzen sinnreichen Anlage allein Herrn HÄNSLER zu verdanken ist, der sie im steten Kampf gegen die ewigen Miesmacher und Besserwisser zur bestmöglichen Vollendung führte.

Wahl des Verfahrens.

Die Zeit reichte nicht aus, um ein grundlegend neues Verfahren auszuarbeiten. Man war daher gezwungen, aus den Verfahren, die sich in der Praxis bereits mit gutem Erfolg bewährt hatten, das geeignetste auszuwählen. Damit wurde auch den großen Schwierigkeiten, die bei neuen Verfahren anfänglich immer auftauchen, aus dem Wege gegangen. Trotzdem sich das Verfahren an bereits bestehende anlehnt, ließen sich aber in der Folge vor allem kriegsbedingte technische Störungen nicht ganz vermeiden.

Die Gewinnungsmethoden werden in der Hauptsache in zwei Hauptgruppen eingeteilt:

1. die nassen Verfahren;
2. die trockenen Verfahren.

Die nassen Verfahren verlangen häufig eine Vorbereitung auf trockenem Wege (z. B. chlorierende oder sulfatisierende Röstung). Ein vollkommener Verzicht auf Brennstoffe ist daher nicht immer möglich. Die nassen Verfahren haben in den letzten Jahren stark an Bedeutung gewonnen, und es ist nicht ausgeschlossen, daß in vielen Fällen später der allgemein übliche trockene Weg durch den nassen verdrängt wird. Die Abneigung vieler Metallurgen gegen nasse Verfahren ist häufig auf Vorurteile und Überlieferung, sowie auf ungenügende Kenntnis der chemischen Vorgänge bei der Laugung zurückzu-

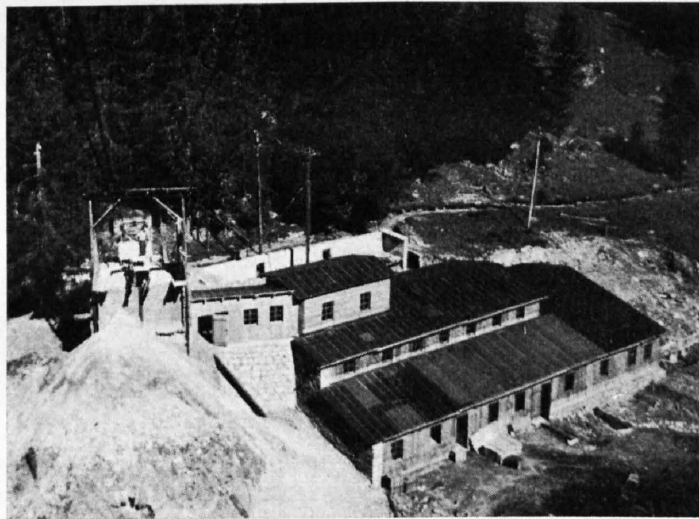


Fig. 41. Die Kupferhütte mit der untern Seilbahnstation.

führen. Die nassen Verfahren haben unstreitig den Vorteil der fast restlosen Gewinnung der in Lösung gegangenen Metalle und einer weitgehenden Einsparung an Brennstoffen, was in der heutigen Zeit ganz besondere Beachtung verdient. Elektrische Schmelzöfen kommen in Grimentz nicht in Frage, da das Kraftwerk Vissoie ohnehin überlastet ist und kaum größere Energiemengen abgeben kann.

Grundsätzlich gibt man dem trockenen Weg dann den Vorzug, wenn der Kupfergehalt hoch ist und billige Brennstoffe zur Verfügung stehen. Wo die Grenze im Kupfergehalt liegt, ist Sache der Kalkulation und ist in erster Linie von den Brennstoff- und Lösungsmittelpreisen abhängig. Im allgemeinen wird eine Grenze von etwa 3 % Cu angenommen. Ärmere Erze ergeben zu große Verschlackungsverluste und kommen daher nicht mehr in Frage. Der Verschlackungsverlust beträgt bei einem Erz von 4 % Cu bereits 10 % und steigt bei einem Erz von 2 % Cu bis zu 20 % an. Je reicher das Erz

ist, um so kleiner wird der Verschlackungsverlust und der Brennstoffverbrauch. Das Naheliegendste wäre nun eine Konzentrationsarbeit, welche die Möglichkeit bietet, einen großen Teil des tauben Gesteins abzustößen, so daß die anschließenden Prozesse damit nicht mehr belastet sind. Wie schon bemerkt mußte aber aus finanziellen Gründen auf eine Flotationsanlage verzichtet werden.

Da nun die trockenen Verfahren ohne eine vorherige Konzentration einen großen Brennstoffbedarf bedingen, scheint die nasse Verhüttung vorteilhaft zu sein. In diesem Falle verursacht einzig noch der Preis des Lösungsmittels einige Bedenken. Sollte es aber gelingen, das Lösungsmittel aus den Abgängen selbst zu erzeugen (Verarbeitung der Röstgase), so muß dem nassen Verfahren unbedingt der Vorrang gegeben werden. Nach reiflicher Überlegung hat man sich endgültig für den nassen Weg entschlossen, wobei die Befürchtungen, daß der Wismutgehalt des Erzes bei der Verarbeitung Schwierigkeiten biete, voll berücksichtigt wurden.

Die nassen Verfahren.

Die nassen Verfahren beruhen in der Hauptsache auf der Überführung des Kupfers in Lösung und dessen nachfolgender Ausfällung in Form von Metall oder einer Kupferverbindung. Dabei wird die Gangart entweder abgesetzt, oder es wird noch auf andere wertvolle Metalle verarbeitet. Von großer Wichtigkeit ist die Wahl des Lösungsmittels. Es gibt nun eine ganze Anzahl von Lösungsmitteln und dementsprechend auch Laugungsverfahren. Die Wahl des Laugungsverfahrens richtet sich in erster Linie nach der Beschaffenheit des Erzes. Ganz allgemein besteht folgendes Einteilungsprinzip:

1. Verarbeitung oxydischer Erze,
2. Verarbeitung sulfidischer Erze,
 - a) ohne Vorbehandlung,
 - b) durch Vorbehandlung: sulfatisierende Röstung,
chlorierende Röstung.

Die Baicolliou-Erze gehören nun in die Gruppe der sulfidischen Erze. Wegen der Anwesenheit von Kupferkies ist die Wahl der Verfahren stark eingeschränkt. Bekanntlich ist Kupferkies in den gebräuchlichen Lösungsmitteln so gut wie unlöslich. Aus diesem Grunde ist eine Vorbehandlung nötig, wobei das Kupfer in eine lösliche Form übergeführt wird. Für diesen Zweck kommen nur zwei Verfahren in Frage:

1. chlorierende Röstung,
2. sulfatisierende Röstung.

Die Untersuchungen HÄNSLERS erstreckten sich nun in der Hauptsache auf diese zwei Verfahren. Um abzuklären, welches von beiden für das Baicolliou-Erz das geeignete ist, wurden zahlreiche Versuche durchgeführt.

Die chlorierende Röstung.

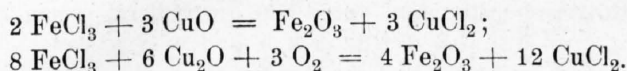
Die chlorierende Röstung mit anschließender Laugung ist ein sehr altes Verfahren und wird auch heute noch trotz seinen Nachteilen (Chlorentwicklung bei der Elektrolyse, Kupferverluste bei der Verarbeitung auf Zementkupfer) vielfach angewandt. Ein großer Vorteil des Verfahrens ist dagegen die gleichzeitige Gewinnung von Silber, da das gebildete AgCl in den erzeugten Chloridlaugen bzw. in zugesetztem überschüssigem Chlorierungsmittel löslich ist. Ein weiterer Vorteil ist der äußerst geringe Brennstoffverbrauch.

Das Verfahren besteht in der Erhitzung des Gutes zusammen mit einem Alkali- oder Erdalkalichlorid, wobei der Chlorgehalt an das Cu und Ag übergeht, die dadurch in der Hauptsache in eine wasserlösliche Form übergehen. Der günstige Kupfergehalt liegt bei diesem Verfahren zwischen 4–8 %. Die richtige Dosierung des Alkalichlorids ist eine Erfahrungssache. Ein geringer Überschuß ist zur Lösung des AgCl notwendig. Natürlich werden dabei auch andere Begleitmetalle chloriert. Aus diesem Grunde sind kalk- oder magnesitreiche Erze, wegen des zu hohen Verbrauches an Chlorierungsmitteln, ungeeignet.

Über die Vorgänge bei der chlorierenden Röstung herrscht noch weniger Klarheit, als bei der sulfatisierenden Röstung. Vermutlich spielen sich folgende Reaktionen ab:

1. $\text{FeSO}_4 + 2 \text{NaCl} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{FeCl}_2$;
2. $12 \text{FeCl}_2 + 3 \text{O}_2 = 8 \text{FeCl}_3 + 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$;
3. $4 \text{FeCl}_3 + 3 \text{Cu}_2\text{S} + 6 \text{O}_2 = 6 \text{CuCl}_2 + 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{SO}_2$.

Der Einfachheit halber ist das Cu als Cu_2S angenommen worden, was bei der zur Oxydation bzw. Sulfatisierung der Fe-Komponente führenden Temperatur berechtigt ist. Daneben finden, soweit bereits Oxydation von Cu erfolgt ist, Nebenreaktionen statt.



Als Endprodukte erhält man außer CuCl_2 das beteiligte Fe als schwerlösliches Fe_2O_3 , den an Cu gebundenen S als SO_2 und die Base des Chlorierungsmittels als Sulfat. FeCl_2 und FeCl_3 treten nur vorübergehend auf. Wie aus den Hauptreaktionen ersichtlich ist, spielt das Fe als Chlorüberträger eine wichtige Rolle. Es ist daher ein Vorteil, wenn Fe im Erz vorhanden ist. Das Temperaturoptimum der chlorierenden Röstung liegt bei etwa 350° . Das Bildungsmaximum von FeSO_4 bei der Röstung von Kupferkies fällt ungefähr mit dieser Temperatur zusammen, infolge von bereits bei 340° einsetzender Dissoziation von CuCl_2 zu CuCl , die jedoch durch einen NaCl-Überschuß verzögert wird, sowie infolge der schon unter 300° beginnenden Oxydation von CuCl_2 zu Oxychlorid, die mit steigender Temperatur zunimmt. Dementsprechend variiert auch die Wasserlöslichkeit.

Da die Reaktionen in der Hauptsache durch gegenseitige Berührung der einzelnen Reaktionskomponenten erfolgen, ist eine weitgehende Zerkleinerung und innige Mischung der Beschickungsbestandteile notwendig. Der Zerkleinerungsgrad hat eine Grenze, die sich nach der anschließenden Laugung richtet.

Wird Sickerlaugung angewendet, so wird das Erz nicht unter 2 mm zerkleinert, was für die Durchführung der Reaktion gerade noch ausreicht. Bei der Rührlaugung kann die Zerkleinerung noch weiter getrieben werden. Die Reaktionstemperatur soll zwischen 350 — 400° gehalten werden. In diesem Intervall erfolgen die Reaktionen mit der notwendigen Geschwindigkeit, während vor allem bei NaCl Überschuß die Bildung von CuCl und Oxychlorid, sowie die Verdampfung der Cu-Cl-Verbindungen noch gering ist. Der Schwefelgehalt des Ausgangsmaterials spielt ebenfalls eine Rolle. So soll der Gehalt dem theoretischen Verhältnis 3 Mol S : 2 Mol Cu entsprechen. Praktisch rechnet man mit 1 Gew-Teil S auf 1 Gew-Teil Cu. Jeder Schwefelüberschuß hat unnötig großen Verbrauch an Chlorierungsmitteln und zu starke Temperatursteigerung zur Folge. Außerdem stört abdestillierender S die Reaktion. Unter Umständen muß daher der chlorierenden eine oxydierende Röstung vorangehen. In unserem Falle ist das Verhältnis Cu : S sehr günstig. Andererseits soll der S-Gehalt 3,5% nicht unterschreiten, wenn es möglich sein soll, die durch Strahlung entstehenden Wärmeverluste durch die exothermen Reaktionen zu kompensieren und so mit dem Minimum an Brennstoff auszukommen. Die erforderliche Menge an Chlorierungsmittel liegt zwischen 5—15% und soll im Interesse einer weitgehenden Verteilung 5% nicht unterschreiten. Als Chlorierungsmittel gibt man dem Kochsalz den Vorrang. Es ist in unreiner Form (Industriesalz) billig und nicht so hygroskopisch wie z. B. CaCl_2 . Zudem bildet sich aus den Endlaugen gewinnbares Glaubersalz, während bei der Anwendung von CaCl_2 nur der minderwertige Gips ausfällt. Von den Verunreinigungen werden As, Sb, Bi und Au z. T. als Chloride verflüchtigt, z. T. gehen sie in die Laugen. Andere, wie Fe, Mn, Al, Ca und Mg finden sich ebenfalls in den Laugen, Fe jedoch nur in geringen Mengen, da es bei der Röstung fast vollständig in das schwerlösliche Fe_2O_3 übergeht. AgCl löst sich in den NaCl-haltigen Chloridlaugen.

Die Abgase, die aus einem Gemisch von SO_3 , SO_2 , HCl , Cl und überschüssiger Luft bestehen, können durch wasserberieselte Türme geleitet werden, welche eine zur Laugung geeignete, stark verdünnte Turmsäure ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$) liefern.

Als Röstofen werden die verschiedensten Typen verwendet; Muffel-, Parkes-, Wedge-Ofen usw. Als Lösungsmittel verwendet man Waschwasser einer früheren Laugung, welches durch Turmsäure auf 0,5—2% Säuregehalt angesäuert wird. Das Auswaschen geschieht durch Frischwasser. Die Ausfällung aus den im Durchschnitt 2—3% Cu enthaltenden Laugen geschieht durchweg mit metallischem Fe, wobei ein Au-Bi- und Sb-haltiges Zementkupfer entsteht. Dieses wird zu Anodenplatten vergossen, welche dann der Elektroraffination unterworfen werden. Dabei gehen die Fremdmetalle in den sogenannten Anodenschlamm.

Die sulfatisierende Röstung.

Die sulfatisierende Röstung wird allgemein dort angewandt, wo die direkte Laugung infolge der Anwesenheit von Cu-Fe-Doppelsulfiden (Kupferkies) nicht möglich ist. Die sulfatisierende Röstung mit anschließender Laugung durch verdünnte Schwefelsäure hat gegenüber der chlorierenden Röstung den großen Vorteil, daß erstens kein Chlorierungsmittel notwendig ist, zweitens die Lauge direkt der Elektrolyse unterworfen werden kann und somit der etwas umständliche Weg über Zementkupfer vermieden wird. Nachteilig sind die höhere Rösttemperatur und vor allem die äußerst genau einzuhaltenden Röstbedingungen.

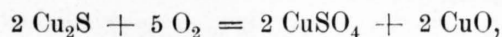
Der Zweck des Verfahrens ist in erster Linie die Überführung der Cu-Komponente in CuSO_4 , ferner die Überführung der übrigen Bestandteile, so vor allem Eisen, in eine im angewandten Lösungsmittel (verd. Schwefelsäure) unlösliche Verbindung (z. B. Fe_2O_3).

Auch bei der sulfatisierenden Röstung herrscht noch keine volle Klarheit darüber, welche Reaktionen bei der Überführung von Metallsulfid in Metallsulfat stattfinden. Mit großer Wahrscheinlichkeit finden folgende Vorgänge statt:

(Me: ein beliebiges zweiwertiges Metall)

1. $2 \text{ MeS} + 3 \text{ O}_2 = 2 \text{ MeO} + 2 \text{ SO}_2$;
2. $2 \text{ SO}_2 + \text{ O}_2 = 2 \text{ SO}_3$;
3. $\text{MeO} + \text{ SO}_3 = \text{ MeSO}_4$.

Diese Annahme wird dadurch bestätigt, daß z. B. bei der Abröstung von Cu_2S in Abwesenheit von Eisen nur eine ganz minimale Ausbeute an CuSO_4 erzeugt wird, die durch die Anwesenheit von FeS unter gleichen Versuchsbedingungen ganz bedeutend gesteigert werden kann. Bestände die Hauptreaktion in der direkten Einwirkung von Sauerstoff auf Cu_2S , etwa nach der Gleichung:



Stammbaum der sulfatisierenden Röstung.

Das Erz kommt von der Mine mittels Förderkarre (2) in den Groberzsilo (1), von dort in den Steinbrecher, wo es auf Nußgröße vorgebrochen wird. Auf dem Transportband (4) wandert es in die Walzenmühle (5) und wird auf etwa 2 mm gemahlen. Das gemahlene Erz fällt auf ein Vibrationssieb (7), von wo das feinkörnige Material in den Feinerzsilo (9) gelangt. Das zu grobe Material wird mittels Elevator in die Walzenmühle zurückbefördert. Im Feinerzsilo wird das Mahlgut mit Ablauge berieselt, was die Ausbeute an Schwefelsäure erhöht. Das Erz gelangt hierauf in den Röstofen (10), wo es mechanisch durch die einzelnen Etagen befördert wird. Der Ofen wird mit elektrischer Energie geheizt. Das Röstgut wird nun in einem Gegenstrom-Laugungsapparat (23) mit etwa 2%iger Säure (angesäuert mit Turmsäure) gelaugt. Im Waschapparat (25) wird das gelaugte Röstgut mit Wasser gründlich ausgewaschen. Die Kupfersulfatlauge gelangt in einen Klärbottich mit Kiesfilter (26), von wo die klare Lauge in einem besondern Kreislauf auf Elektrolytkupfer verarbeitet wird. Waschwasser und entkupferte Lauge vereinigen sich mit dem Waschwasser aus dem Waschapparat (25) und fließen gemeinsam in das Laugenreservoir (19) zurück. Damit die Verunreinigungen in der Lauge nicht zu stark zunehmen, wird stets ein Teil der Lauge abgestoßen. Von der abgestoßenen Lauge wird ein Teil für die Erzberieselung verwendet. Die ins Reservoir zurückfließende Lauge wird mit frischer Turmsäure angesäuert und mit vorgewärmtem Wasser auf die richtige Konzentration gebracht.

Als Elektrolyt dient eine Lauge mit etwa 30 g CuSO_4 und etwa 130 g H_2SO_4 im Liter. Da die Kupferkonzentration mit der Zeit zunimmt und außerdem die Lauge allmählich verunreinigt wird, stößt man einen Teil in das Reservoir (19) ab. Durch Zugabe von H_2SO_4 und Wasser wird die gewünschte Konzentration wieder erreicht. Die Frischluft für den Röstofen wird durch die Abgase (21) vorgewärmt. Die Abgase gelangen zunächst in den Thermo-Schikanenapparat (16), wo bereits ein großer Teil des Flugstaubes abgeschieden wird, und werden anschließend im Kammerprozeß auf H_2SO_4 verarbeitet.

Die Anodenplatten, die in der Elektrolyse Bi-haltig sind, kommen in die Raffinationselektrolyse, wo sie vollständig von Bi befreit werden.

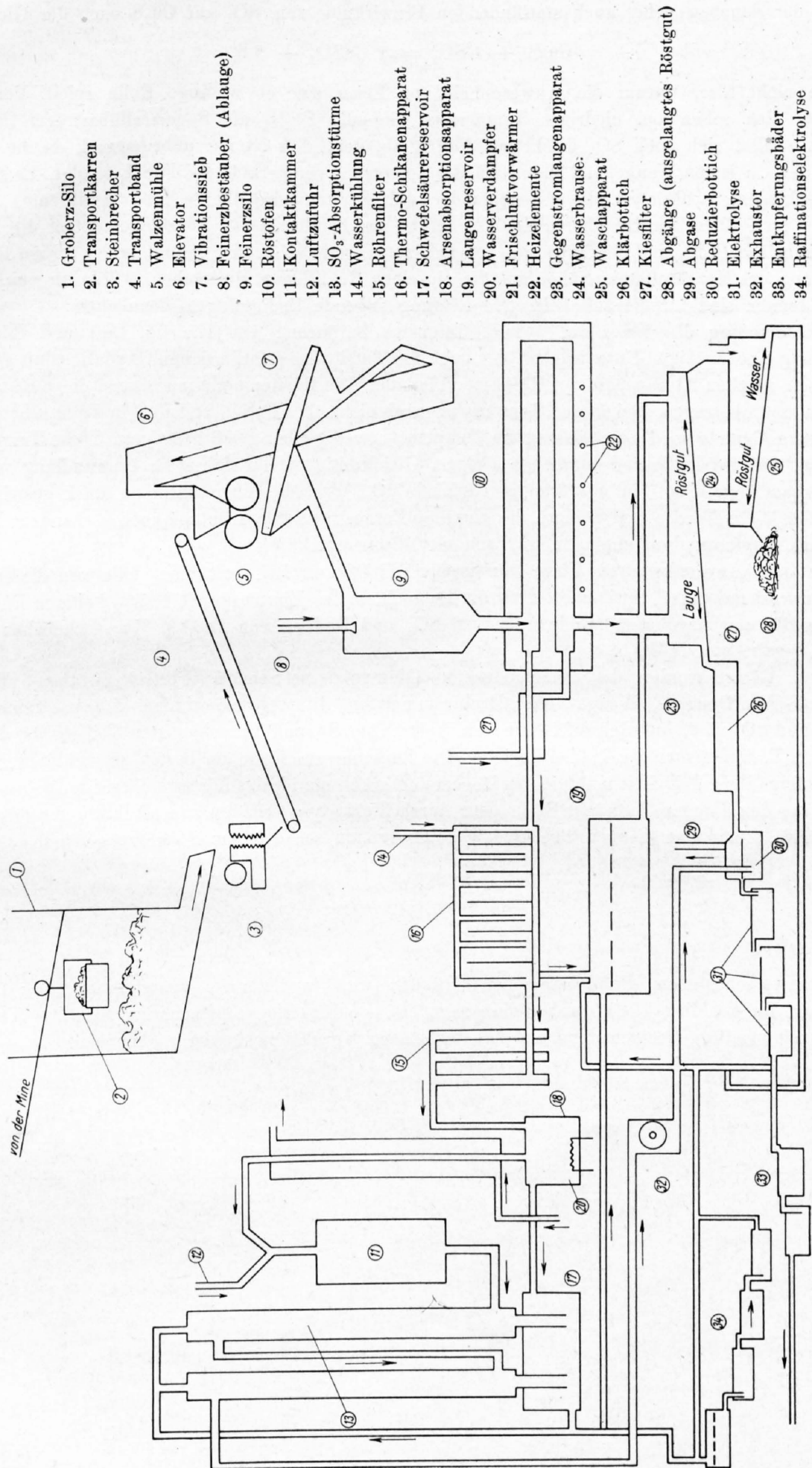
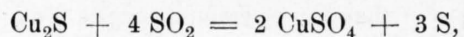


Fig. 42. Stammbaum der sulfatisierenden Röstung
 (Nach HÄNSLER)

oder in der daneben sicher auch stattfindenden Einwirkung von SO_2 auf Cu_2S nach der Gleichung:



so wäre nicht klar, warum die Anwesenheit von Eisen eine so wichtige Rolle spielt. Vermutlich wirkt das sich schon bei niedriger Temperatur bildende Fe_2O_3 als Sauerstoffüberträger (Katalyt). Daneben spaltet sich auch SO_3 direkt aus FeSO_4 ab, doch dies ist nur unbedeutend, da die Sulfatisierung des Cu schon weitgehend unterhalb der Zersetzungstemperatur des FeSO_4 erfolgt. Es sind also drei verschiedene Reaktionen, die nebeneinander und sich teilweise überdeckend verlaufen.

Die erste Reaktion besteht in der Oxydation des Kupferkieses, die zweite umfaßt die Bildung Kontaksubstanz Fe_2O_3 und die Oxydation von SO_2 zu SO_3 und schließlich erfolgt in der dritten Reaktion die Bildung des Metallsulfates. Näher auf die einzelnen Reaktionen einzugehen, würde zu weit führen. Ganz allgemein sind für die sulfatisierende Röstung folgende Bedingungen einzuhalten:

Zerkleinerung des Erzes auf 2 mm. Intensive Berührung von Erz mit Luft und Röstgasen. Innehaltung eines mäßigen Unterdruckes, der noch den Zutritt der erforderlichen Oxydationsluft gestattet, aber einen raschen Abtransport der Röstgase vermeidet. Die Rösttemperatur während der Sulfatisierung soll etwa 550° betragen. Bei dieser Temperatur wird nicht alles FeSO_4 und FeO in Fe_2O_3 übergeführt. Aus diesem Grunde wird anschließend die Temperatur wenig über 600° gesteigert. Diese Temperatursteigerung muß vorsichtig und kurzzeitig erfolgen. Gleichzeitig erfolgt dabei die Umwandlung von etwa noch vorhandenem Cu_2O in das leichter lösliche CuO . Wird die Temperatur zu stark gesteigert, so bilden sich leicht Ferrite und Silikate des Kupfers. Ferner reagieren eventuell noch vorhandene Kupfersulfide mit Kupferoxyden, unter Bildung von metallischem Kupfer.

Da die Anwesenheit von Eisen von großer Wichtigkeit ist, setzt man, falls von diesem nicht genügend vorhanden ist, Pyrit zu. Durch ein Befeuchten des Einsatzes mit FeSO_4 -haltigen Endlaugen wird die Röstung begünstigt (Freiwerden von SO_3 und Bildung von Fe_2O_3). Einen ähnlichen Zweck hat die Zugabe von H_2SO_4 .

Zum Rösten werden die verschiedensten Ofentypen verwendet. Fortschaufelungs-, Etagen-, Herreshoff-, Mc.Dougall-, Wedge-, oder Drehtrommelöfen. Die Abgase werden, falls sie reich genug an SO_2 und SO_3 sind, auf Schwefelsäure verarbeitet. As, Sb und Bi gehen zum Teil als Oxyde in die Abgase, z. T. findet man sie in den Laugen. Die Laugung geschieht am besten mit verdünnter H_2SO_4 welche infolge ihrer Billigkeit und leichten Regenerierbarkeit ein ideales Lösungsmittel ist. Die Ausfällung des Cu aus den Laugen kann mit Eisen oder durch Elektrolyse erfolgen. Geschieht die Ausfällung mit Eisen, so fügt man den Laugen zweckmäßig NaCl zu, um so auch das Silber zu gewinnen.

Aus verschiedenen, wohl erwogenen Gründen wird in Grimentz die sulfatisierende Röstung angewandt. Im Frühling 1943 wurden die ersten 100 kg Elektrolytkupfer hergestellt. Das Verfahren arbeitete einwandfrei, doch sind noch einige technische Unzulänglichkeiten zu beheben.

Literaturverzeichnis

1. ARGAND E.: Carte géologique du massif de la Dent Blanche 1:50.000. Carte spéciale n° 52, 1908.
2. — L'exploration géologique des Alpes Pennines centrales. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 45, 1909, p. 217—276.
3. — Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structuraux. Mat. carte géol. Suisse N. S., Livr. 31, 1911.
4. — Les nappes de recouvrement des Alpes occidentales et les territoires environnants. Essai de carte structurale au 1:500.000^e, avec 3 planches de coupes au 1:400.000^e et au 1:800.000^e. Mat. carte géol. Suisse N. S., Livr. 27, carte spéciale n° 64, 1911.
5. — Sur les plissements en retour et la structure en éventail dans les Alpes occidentales. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 47, 1911, proc.-verb. p. 33—36. — Arch. sc. phys. et nat., 4^e pér., t. 32, 1911, p. 349—352.
6. — Sur la limite des deux séries cristallophylliennes compréhensives dans les Alpes occidentales. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 47, 1911, proc.-verb. p. 45—47. — Arch. sc. phys. et nat., t. 32, 1911, p. 358—360.
7. — Phase de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 48, 1912, proc.-verb. p. 13—16. — Arch. sc. phys. et nat., 4^e pér., t. 34, 1912, p. 80—81.
8. — Encore sur les phases de déformation des grands plis couchés de la zone pennique. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 48, 1912, proc. verb. p. 20—22. — Arch. sc. phys. et nat., 4^e pér., t. 34, 1912, p. 85—86.
9. — Le rythme du proplissement pennique et le retour cyclique des encapuchonnements. Bull. Soc. vaud. sc. nat., vol. 48, 1912, proc.-verb. p. 24—27. — Arch. sc. phys. et nat., 4^e pér. t. 34, 1912, p. 87—88.
10. — sur la tectonique de la grande zone permo-houillère des Alpes occidentales. Ecl. géol. Helv., vol. 11, 1912, p. 747—751.
11. — Sur l'arc des Alpes occidentales. Ibid., vol. 14, 1916, p. 145—191.
12. — Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagnes. Discours d'ouverture de la 101^e session Soc. helv. Sc. nat. Neuchâtel, 1920. Actes Soc. helv. Sc. nat., 1921, p. 13—39.
13. BACKLUND H. G.: Der Magmenaufstieg im Faltengebirge. Extrait des C. R. Comm. géol. de Finlande n° 9, 1936.
14. — Zur Granitisationstheorie. Geol. Förenin. Förhandl. Bd. 60, 1938.
15. BARTH T. F. W., CORRENS C. W., ESKOLA P.: Die Entstehung der Gesteine. Berlin 1939.
16. BEHREND F. und PAECKELMANN W.: Der geologische Bau und die Lagerstätten des Ramsbecker Erzbezirkes. Arch. für Lagerstättenforschung, Heft 64, 1937.
17. BERG G.: Die Füllung der Gangspalten. Zeitschrift für prakt. Geol., 46. Jahrgang, 1938, S. 219—225.
18. Berichte und Akten alter Gesellschaften über die Minen im Val d'Anniviers. Archiv der Geotechnischen Kommission.
19. BÖHNE E.: Die Kupfererzgänge von Mitterberg in Salzburg. Arch. für Lagerstättenforschung, Heft 49, 1931.
20. BORNHARDT W.: Die Gangverhältnisse des Siegerlandes. Arch. für Lagerstättenforschung, Heft 2 und 8, Berlin 1910 und 1912.
21. CADISCH J.: Geologie der Schweizeralpen. Zürich 1934.
22. CLOOS H., RITTMANN A.: Zur Einteilung und Benennung der Plutone. Geol. Rundschau, Bd. 30, 1939.
23. CORNELIUS H. P.: Zur Deutung gefüllter Feldspäte. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 15, 1935, S. 4—30.
24. DIAS: Contribution à l'étude pétrographique des schistes de Casanna du Val d'Hérens (Valais-Suisse) et de quelques gîtes qui s'y rattachent. Thèse Lausanne—Genève 1920.
25. DIEHL E.: Geologisch-petrographische Untersuchung der Zone du Grand Combin im Val d'Ollomont. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 18, 1938, S. 214—403.
26. DUPARC L. et RITTER E.: Etude pétrographique des schistes de Casanna du Valais, Première note. Arch. sc. phys. nat. Genève, 4^e pér., t. 2, 1896, p. 47—59.
27. DUPARC L.: Schistes cristallins des Alpes (en particulier les schistes de Casanna). C. R. Soc. phys. nat. Genève, 4^e pér., t. 9, 1900, p. 486.
28. — Sur la classification des schistes de Casanna et des Alpes valaisannes. C. R. Ac. Sc. Paris, t. 132, 1901, p. 1237—1239 (20 mai).
29. FEHLMANN H.: Der schweizerische Bergbau während des Weltkrieges. Bern 1919.
30. FRIEDRICH O.: Über Kupfererzlagerstätten der Schladminger Tauern. Berg- und Hüttenmännisches Jahrbuch, Bd. 81, Heft 2, 1933.
31. GERLACH H.: Die penninischen Alpen. Neue Denkschrift Schweiz. Naturf. Ges., Bd. 23, 1869. Beitr. Geol. Karte Schweiz, Lief. 27, 1883.
32. — Das südwestliche Wallis. Beitr. Geol. Karte Schweiz, Lief. 9, 1871 (Bl. XXII, 1:100.000).
33. — Die Bergwerke des Kantons Wallis. Bericht vom 15. Juli 1859. Sitten 1873. — Beitr. Geol. Karte Schweiz, Lief. 27, 1883.

34. GILLIÉRON F.: Geologisch-petrographische Untersuchungen an der Ni-Co-Lagerstätte Kaltenberg. (Noch in Arbeit.)
35. GOLDSCHMIDT V. M.: Geologisch-petrographische Studien im Hochgebirge des südlichen Norwegens. V. Die Injektionsmetamorphose im Stavangergebiete. Videnskapsselskapets Skrifter. I. Mat.-Naturv. Klasse, 1920, Nr. 10.
36. GRUBENMANN U. und NIGGLI P.: Die Gesteinsmetamorphose. Berlin 1924.
37. HALM ED.: Die Cu-Bi-Lagerstätten Baicollion, Biolec und Pétollion im oberen Val d'Anniviers. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 22, 1942, S. 387—390.
38. HEIM ALBERT: Geologie der Schweiz. 2 Bände. Leipzig 1916—22.
39. HERMANN F. W.: Recherches géologiques dans la partie septentrionale des Alpes Pennines (Massifs Roc de Boudri-Bella-Tola et Sasseneire-Becs de Bosson). Lyon 1913.
40. HEUSLER C.: Über das Vorkommen von Nickel- und Kobalterzen mit gediegenem Wismuth an der Crête d'Ombrenza. Zeitschrift Deutsch. Geol. Ges., Bd. 28, 1876, S. 238.
41. HUBER H. M.: Physiographie und Genesis der Gesteine im südöstlichen Gotthardmassiv. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 23, 1943, S. 72—260.
42. HUTTENLOCHER H.: Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Penninikum und ihrer Metamorphose. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 5, 1925, S. 181—229.
43. — Metallogenese und Metallprovinzen der Alpen. Met. und Erz, 1926, S. 607—612.
44. — Beiträge zur Charakteristik der westalpinen Metallisation. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 7, 1927, S. 165—178.
45. — Die Erzlagerstättenzonen der Westalpen. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie. Kleinere Mitt. Nr. 4, Bern, 1934. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 14, 1934, S. 22—148.
46. — Allgemeines zu den petrogenetischen Problemen, die sich aus den vom Berner Institut im Wallis vorgenommenen Untersuchungen ergeben. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 22, 1942, S. 381—384.
47. — Die Blei-Zinklagerstätten von Goppenstein (Wallis). Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Serie, Lief. 16, Heft 2, 1931.
48. — Über Mineralbestand und Struktur einiger Schweizer Erzgänge. Ecl. geol. Helv., vol. 18, 1924, S. 512—518.
49. KOCH W.: Metatexis und Metablastesis in Magmatiten des nordwestlichen Thüringer Waldes. Min. Petr. Mitt., Bd. 51, 1940.
50. KOENIGSBERGER J., PARKER R. L., NIGGLI P.: Die Mineralien der Schweizeralpen. Basel 1940.
51. KÜNDIG E.: Selektive Metamorphose. Schweiz. Min. Petr. Mitt., Bd. 6, 1926, S. 294—305.
52. NIGGLI P.: Lehrbuch der Mineralogie. 3. Auflage, Bd. 1 und 2. Berlin 1941—43.
53. — Versuch einer natürlichen Klassifikation der im weiteren Sinne magmatischen Erzlagerstätten. Abh. z. prakt. Geol. und Bergwirtschaftslehre, Bd. 1. Halle a. d. S. 1925.
54. — Erzlagerstätten, magmatische Aktivität und Großtektonik. Zeitschrift für prakt. Geol., 36. Jahrgang 1928, S. 159—164, 185—195.
55. NIGGLI P., DE QUERVAIN F. und WINTERHALTER R. U.: Chemismus schweizerischer Gesteine. Beitr. zur Geol. der Schweiz, Geotech. Serie, Lief. 14, Bern 1930.
56. OSSENT A.: Über Erzvorkommen im Turtmann- und Annivierstal. Zeitschrift für Kristallogr., Bd. 9, S. 563.
57. POSTFÜHRER: Val d'Anniviers.
58. REINHARD M.: Universaldrehtischmethoden. Basel 1931.
59. SANDER BR.: Gefügekunde der Gesteine. Wien 1930.
60. SCHARDT H.: Geologisch-technisches Gutachten über die Bergwerke der Turtmann- und Eifischtäler. Febr. 1900.
61. SCHMIDT C.: Die Erzbergwerke im Wallis. Zeitschrift für prakt. Geol., 11. Jahrgang, 1903, S. 205.
62. — Die Erzlager des Val d'Anniviers und des Turtmann Tales im Wallis. Gutachten 1917.
63. — Texte explicatif de la carte des gisements des matières premières minérales de la Suisse. 1:500.000. Mat. pour la géol. de la Suisse, série géotechn., 1920, p. 256.
64. SCHNEIDERHOEHN H. und RAMDOHR P.: Lehrbuch der Erzmikroskopie, 2. Bd. Berlin 1931.
65. SCHNEIDERHOEHN H.: Lehrbuch der Erzlagerstättenkunde, Bd. I. Jena 1941.
66. SIGG J.: Contribution à l'étude pétrographique et minière de la partie inférieure du Val d'Anniviers et plus particulièrement de la région Saint-Luc—Bella-Tola. Beitr. Geol. Schweiz, Geotech. Serie, Lief. 21.
67. STAUFFACHER J.: Das Wismutfahlerz „Rionit“ aus der Grube Baicollion bei Grimentz im Val d'Anniviers als Beispiel einer wiederholten Zementationsumwandlung. Verh. Natf. Ges. Basel, Bd. 29, 1918, S. 197—202.
68. TSCHOPP H.: Die Casannaschiefer des obern Val de Bagnes (Wallis). Ecl. geol. helv., vol. 18, 1923, S. 77—206.
69. VÄYRYNEN H.: Geologische und petrographische Untersuchungen im Kainuu-Gebiete. Bull. Comm. geol. Finlande, Nr. 78, 1928.
70. — Petrologie des Nickelerzfeldes Kaulatunturi-Kammikivittunturi in Petsamo. Bull. Comm. geol. Finlande, Nr. 116, 1938.
71. WEGMANN E.: Geologische Untersuchungen im Val d'Hérens. Ecl. geol. helv., vol. 16, 1922, S. 504—507.
72. — Zur Geologie der Bernhardecke im Val d'Hérens. Diss. Univ. Neuchâtel, 1922.
73. — Zur Deutung der Migmatite. Geol. Rundschau, Bd. 26, 1935.
74. WOLDRICH J.: Montanistisch-geologische Studien im Zips-Gömörer Erzgebirge nördlich von Dobschau in Ungarn. Bull. int. de l'Ac. des Sc. de Bohême, 1913.
75. WOYNO T. J.: Petrographische Untersuchung der Casannaschiefer des mittleren Bagnetales (Wallis). Neues Jahrbuch für Mineral., Beilage-Bd. 33, 1912, S. 136—207.
76. Geologischer Führer der Schweiz. Basel 1934.

Arreta de Sorebois
Pt. de Zirouc

Weißhorn

Diablons



(Mit Bewilligung der Eidg. Landes-
topographie; Nr. 10556 BRB. 3. 10. 39)

Pt. de Zirouc.

(Am oberen Ende des Zickzackweges ist eine Schutthalde der Mine Baicolliou zu erkennen.)

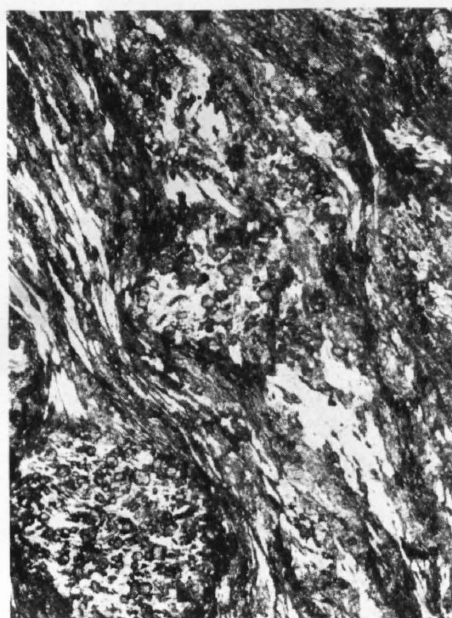


Fig. 1. Albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.

Mit Granat gefüllte Albitporphyroblasten, umgeben von Muskowit-Chlorit-Zügen. Vergr. 45fach, Nicols gekreuzt.

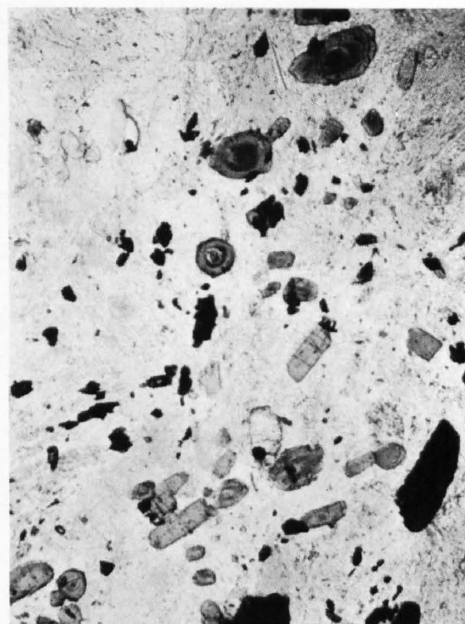


Fig. 2. Zonar gebauter Turmalin in den Pyritbändern von Baicollion. Vergr. 45fach, Nicols gekreuzt.

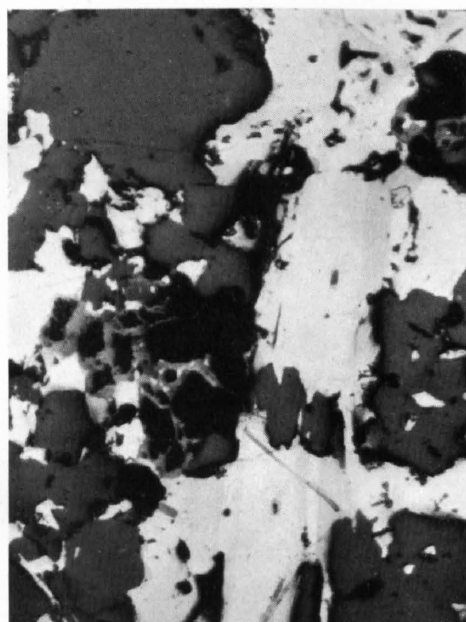


Fig. 3. Wismutglanz von Baicollion.

Großer Kristall, die ganze Bildfläche waagrecht durchziehend. Die im Text beschriebene graue Umsäumung ist schwach erkennbar. Dunkel: Gangarten. Weiß: Kupferkies. Hell- und dunkelgrau: Wismutglanz. Anschliff. Vergr. 90fach.

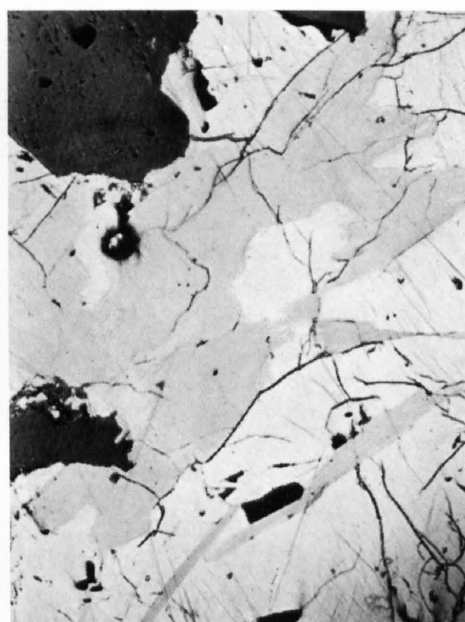


Fig. 4. Wismutglanz (hellgrau) mit Kupferkies (weiß) verwachsen. Schwarz: Gangart. Anschliff. Vergr. 100fach.

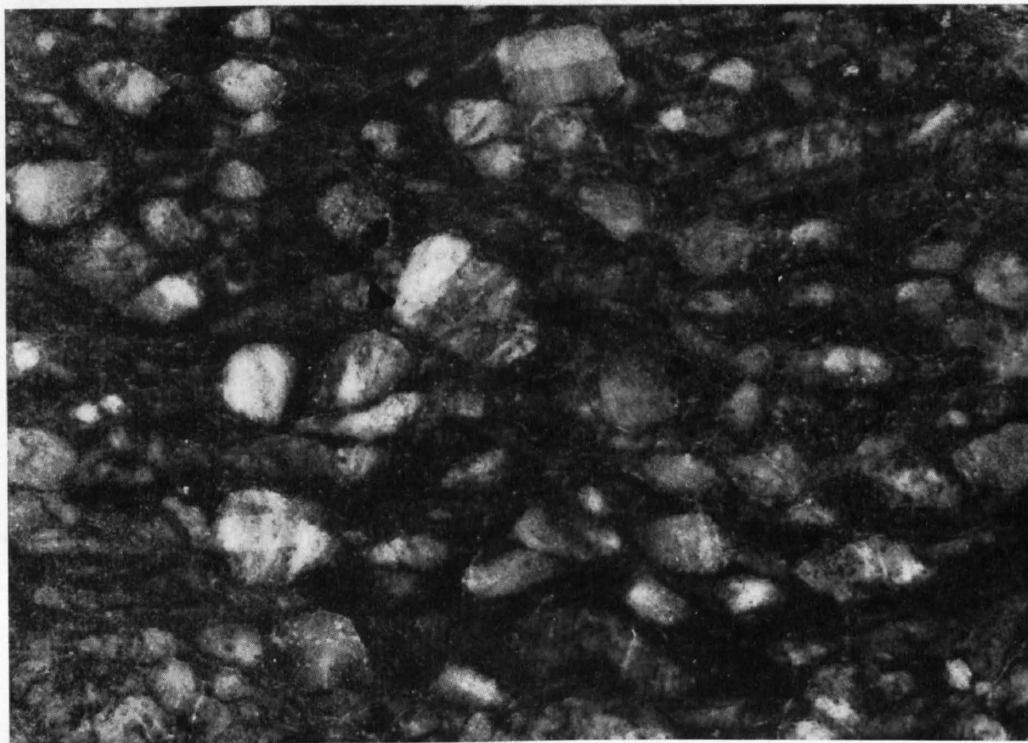


Fig. 1. Albitporphyroblastischer Glimmerschiefer.

Die Granatfüllung der Porphyroblasten ist deutlich erkennbar. Dazwischen finden sich vereinzelte, scharf begrenzte Basisschnitte von schwarzem Turmalin. Angeschliffenes Handstück, $1\frac{1}{2}$ nat. Größe.

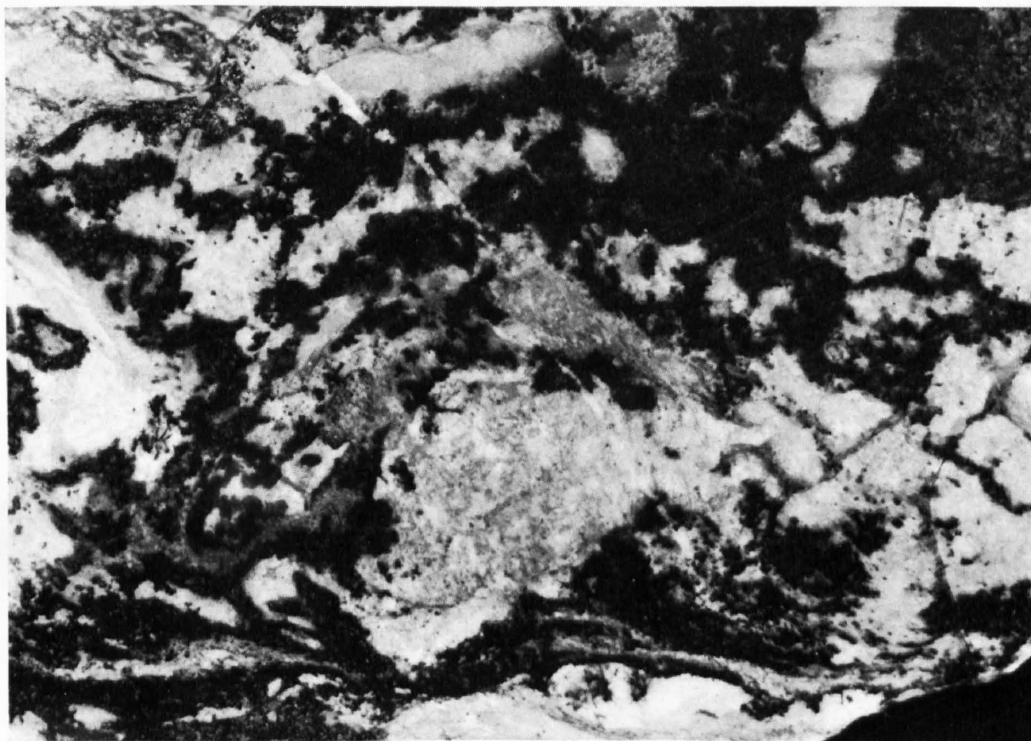
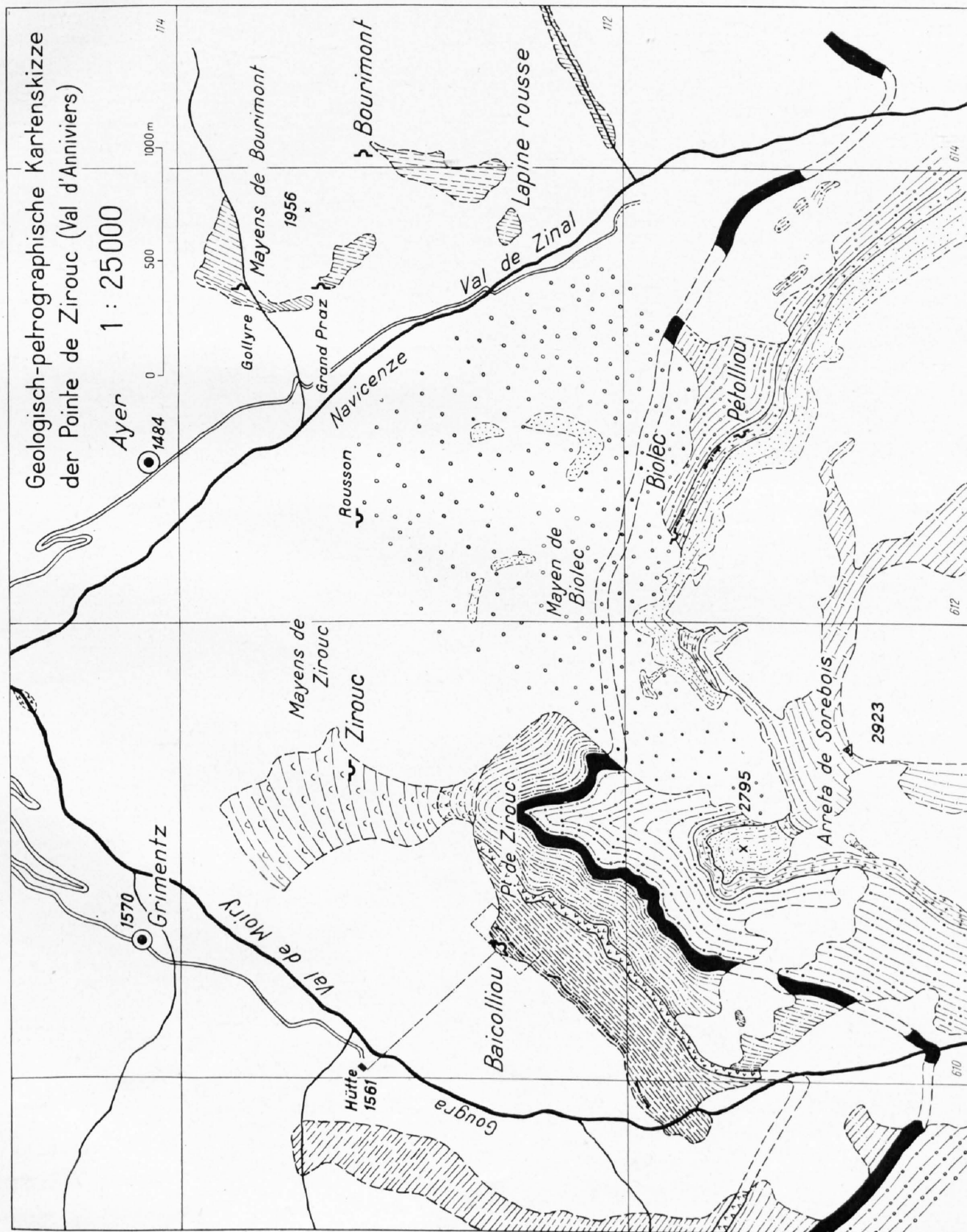


Fig. 2. Karbonatreiche Gangstufe aus der Mine Baicolliou.

Brekziöse Struktur der Gangfüllung. Schwarz: Fein verwachsenes Erz, bestehend aus Kupferkies, Fahlerz, Pyrit und von bloßem Auge nicht sichtbarem Wismutglanz. Die helle Gangmasse setzt sich aus Quarz (weiß), Karbonat (grau und weiß gesprenkelt) und Nebengesteinsfetzen zusammen. Angeschliffenes Handstück, nat. Größe.



Mine Baicolliou

nach Theodolitvermessungen von E. Halm

Grundriss 1 : 1000
0 10 20 30 40m

