

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

Band: 7 (1927)

Heft: 1

Artikel: Beiträge zur Charakteristik der westalpinen Metallisation

Autor: Huttenlocher, H.F.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-9037>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 22.02.2026

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

Beiträge zur Charakteristik der westalpinen Metallisation.

Von *H. F. Huttenlocher*, Bern.

Vom äußern autochthonen Rand mit den Massiven Mont-Blanc, Belledonne, Pelvoux und Mercantour abgesehen, sind es hauptsächlich die mesozoisch-tertiären Areale, welche über dem Altkristallin der kuppelförmig aufgewölbten Monte Rosa-Decke und unter der darüber liegenden Dt. Blanche-Decke sich ausbreiten, welche in bestimmender Weise das Wesen der Westalpen ausmachen.

Diese geologisch relativ jungen Ablagerungen, für die geosynklinale Sedimentation so bezeichnend, sind dann aber auch für den westalpinen Metallisationscharakter von grundlegender und maßgebender Bedeutung, der sich ebenso deutlich differenziert abhebt von demjenigen, den wir in untergeordneter Weise sowohl in den autochthonen Massiven, als auch in den altkristallinen Deckenkomplexen oder deren Wurzelregionen antreffen. Das geologische Milieu, als bestimmender Faktor für die Ausbildung dieser als „séries compréhensives“ bekannten Gesteine, wirkt sich zugleich ebenso bestimmd für die Entwicklung und Differenzierung der während jener Epochen sich einstellenden vulkanischen Tätigkeit aus, Welch' letzterer die „pietre verdi“ ihre Entstehung verdanken. Chemischer Charakter der gelieferten Eruptivgesteine, bestimmt gerichtete geotektonische Vorgänge und ebenso wohl charakterisierte Ausbildung der gleichzeitig sich absetzenden Sedimentationsprodukte umgrenzen in scharfer und prägnanter Weise den Begriff der petrographischen Provinz. Die sich bei der Ausbildung einer petrographischen Provinz geltend machenden Tendenzen, die zur Assoziation bestimmter chemischer Elemente und bestimmter Mineralien führen, machen sich naturgemäß nicht nur im Komponentenbestand der Eruptivgesteine geltend, sie kommen auch in den übrigen nicht eruptivgesteinmäßig assoziierten Mineralvergesellschaftungen zum Ausdruck, sofern sie in primärer oder sekundärer Weise sich von den die Provinz bedingenden Faktoren

als abhängig erweisen. Als solche Mineralassoziationen haben auch die Mineral- und Erzlagerstätten zu gelten; die Mineralvergesellschaftungen der Erzlagerstätten müssen zur Charakterisierung einer petrographischen Provinz deshalb unbedingt mit herangezogen werden.

Aus dem erwähnten westalpinen triasisch-jurassischen Sedimentationsbezirk mit den pietre verdi-Arealen sind nun eine Reihe von äußerst einheitlich sich verhaltenden kupferkiesführenden Pyritlagerstätten bekannt, die stets in allerengstem Zusammenhang mit Serpentin, Prasinit und Amphibolit stehen, wechsellarnd mit den Sedimenten. Von diesen Lagerstätten seien folgende erwähnt, ohne Vollständigkeit zu beanspruchen:

Ollomont, Val di St. Marcel, Val Clavalité (Fenis), Alagna (ob. Val Sesia), Ayas, Arbaz (Challant), Champ de Praz, Bec-Ghinivert, Coletta di Viafiorcia (Germanasca-Tal).

Im einzelnen wohl etwas im Mineralbestand und in der Struktur voneinander abweichend, repräsentieren sie aber doch einen einheitlichen Typ, den Verfasser an mehreren Stellen selbst zu studieren Gelegenheit hatte und der im folgenden an Hand verschiedener Vorkommnisse erläutert werden soll.

I. Kurze Beschreibung einiger Lagerstätten.

Ollomont.

Schnüre und lagerförmige Zwischenlagerungen von körnigem bis kompaktem *Pyrit*, stets in geringen Mengen mit *Kupferkies* verwachsen, sind in den *calcescisti* eingeschaltet. Letztere sind dort vorwiegend als *serizitische Chloritschiefer* entwickelt. Sie zeigen ausgesprochene Kristallisationsschieferung und eine wenig ausgesprochene Wechsellagerung von quarz- und chloritreichen Zonen. Der Chlorit ist typischer *Pennin*. Zahlreich sind Porphyroblasten von *Magnetit* und *Muskovit*, letztere häufig quer zur Schieferung gestellt. *Apatit* und *Titanit* sind akzessorische Gemengteile. Gelegentlich treten auch Linsen, Schmitzen und Schnüre von eisenhaltigen *Karbonaten* auf, die aber nicht die Rolle einer Gangart des Erzes spielen, sondern wohl primär karbonatreicher Partien der Sedimente entsprechen. Äußere und innere Beschaffenheit dieser sedimentären Schiefer entsprechen ganz den Casannaschiefern des Wallis.

Diese Schiefer von Ollomont sind nun aufs engste mit *prasinitischen* und *serpentinischen* Gesteinen verknüpft, in ± konkor-

danter Form mit ihnen wechseltlagernd. Dieser Art ist die Zusammensetzung des ganzen Nordwestpfeilers des Mte. Berio bis an den darüberliegenden Arolla-Gneiskontakt der Dt. Blanche-Decke, in dessen Nähe in den erwähnten Schiefern von Novarese noch Vorkommen von *Jadeit* erwähnt werden.¹⁾

Es handelt sich hier um Gesteinsserien vorwiegend sedimentärer Natur mit engsten Beziehungen zu basischen Eruptiva nicht nur im Mineralgehalt, sondern auch in der Lagerungsform und um Erzeinschaltungen, die nicht Gangnatur aufweisen, sondern die ebenfalls schichtförmig, wahrscheinlich syngenetisch, mit den sich sedimentierenden Produkten zur Entstehung gelangten. Da das Nebengestein der schwermetallischen Absätze, wie dargelegt, metamorpher Natur ist, muß solches auch für die Erze angenommen werden.

Die Vorkommnisse unterhalb Ollomont bei

Frissonia

scheinen kupferreicher zu sein. Handelt es sich bei den Vorkommnissen oberhalb Ollomont um ganz gelegentliches Auftreten von Bornit innerhalb der Pyrite, der nur in chalkographischer Untersuchung festgestellt werden kann, so wird hier *Bornit* zum integrierenden Bestandteil. Diese ganz allgemein erzreicherden Lagerstätten zeigen auch hier wieder typisch schichtförmiges Auftreten, erscheinen aber infolge ihres größeren Erzreichtums etwas kompakter.

Der Bornit zieht sich in unregelmäßigen Bändern und Schnüren gemeinsam mit dem Kupferkies zwischen den ± idiomorph ausgebildeten Pyriten hindurch, er darf aber keineswegs als sekundäres Produkt angesehen werden, sondern ist mit den übrigen Erzen als isogenetisch zu betrachten. Nicht selten sind die Pyrite sehr stark durch die Kupferkies-Bornitmasse ankorrodiert und enthalten selbst Chalkopyrit-Borniteinschlüsse, die aber nicht als ältere Bildungen zu gelten haben, sondern Neubildungen innerhalb des Pyrites und nur eine bestimmte Anfangsstufe der allgemeinen *Kupferkieszementation* darstellen. Wir haben es hier offenbar mit einer Erscheinung zu tun, wie sie vom Verfasser schon aus den Walliser Erzgängen erwähnt worden²⁾ ist und mit Rekristallisationszementation be-

¹⁾ Novarese, V.: Nuovi giacimenti di rocce giadeitiche in Piemonte. Boll. soc. geol. Ital. 1903, 136.

²⁾ Huttenlocher, H.: Zur Kenntnis verschiedener Erzgänge aus dem Penninikum und ihrer Metamorphose. Schw. Min.-Petr. Mitt. 1925. 181—229.

zeichnet wurde. Entmischungserscheinungen am Bornit sind bis jetzt keine gefunden worden. Für die Pyritindividuen ist außerdem eine narbige Beschaffenheit charakteristisch, die meist mit feinen intrakristallinen Kupferkieszwischenlagerungen zusammenhängt; ferner kann man des öfters noch innerhalb einzelner Pyritkristalle kleinere, meist anders orientierte, eingeschlossen beobachten. Ver einzelt bemerkt man noch dunkle *Zinkblende*. Andere Erze sind bis jetzt nicht aufgefallen.

Die bornitreichen Varietäten sind häufig von feinkristallinem Quarz begleitet, dem sich noch Serizit hinzugesellt. Seltener findet man Karbonat, doch sind weder Quarz noch Karbonat als Gangart im üblichen Sinn aufzufassen.

Noch deutlicheren schichtförmigen Habitus weisen die Vorkommen im

Val di St. Marcel

auf, wo außerdem noch eine bedeutendere petrographische Mannigfaltigkeit in Erscheinung tritt. Wieder bedingen Kalkglimmerschiefer, chloritische Kalkglimmerschiefer, dann vor allem Hornblende- und Epidotgesteine, prächtig farbig gebänderte, sehr oft bläulich-violett getönte und so allmählich in glaukophanartige Amphibolite oder eklogitische Bildungen übergehende Varietäten die reichen lithologischen Wechsel, die noch durch serpentinische oder quarzitische Zwischenlagerungen vergrößert werden.

Die Erzlager innerhalb dieser wechselreichen Gesteine können, allerdings durch Übergänge verbunden, in drei Typen gruppiert werden:

1. bis dm und mehr mächtige, kompakt aussehende *Pyritbänke*, gelegentlich mit idiomorph ausgebildeten *Magnetitkristallen* und ganz geringen Mengen *Quarz* oder *Feldspat* und einem relativ recht spärlichen *Kupferkieszement*;
2. Pyritlagen reichlicher an Kupferkies, ausgiebig durchsetzt mit silikatischen Mineralien;
3. innig gemengte Lagen und Bänke von Pyrit, Kupferkies, Magnetit mit Silikaten.

In unmittelbarer Nachbarschaft der erzreichen Schichtlagen findet man fast immer als konstante Begleiter rot gefärbte Quarzitlager, die sich bei genauerem Zusehen als äußerst feinkörniges *Quarz-Granatgemenge* entpuppen; Erz selber dagegen führen sie keines oder selten.

Von Einzelbeobachtungen an diesen so gegliederten Erzvorkommnissen sollen einige erwähnt werden, die zu ihrer Charakterisierung wesentlich erscheinen:

Überall tritt ausgesprochen zementatives Verhalten des Kupferkieses gegenüber dem Pyrit in Erscheinung, ferner macht sich eine schwere Polierfähigkeit des Pyrites geltend, eine Folge innigster Verwachsung auf feinsten Spalten und Poren des Kupferkieses mit dem Pyrit. Auftreten von scheinbaren Einschlüssen von Kupferkies und z. T. auch von Bornit innerhalb der Pyrite ist häufig, ebenso häufig sind Einschlüsse älterer Pyritkristalle in jüngeren. Kupferkies auf Spalten und Rissen tief in den Magnetit hinein ist ebenfalls eine sehr allgemeine Erscheinung.

Vereinzelt ist *Eisenglanz* in feinen Flitterchen im Pyrit festzustellen, ebenso gelegentlich auch im Magnetit. Spätere Bildung des Eisenglanzes supergener Natur ist ausgeschlossen. Die Erscheinungen deuten vielmehr darauf hin, daß teilweise wenigstens Pyrit auf Kosten von Eisenglanz gebildet wurde.

Bornit ist allenthalben in geringen Mengen vorhanden, am reichlichsten in den magnetitreichen Varietäten, Entmischungs-spindeln von Kupferkies sind darin vorzüglich entwickelt.

Auch wo außerhalb der Pyritindividuen kein Buntkupfer, sondern nur Kupferkies zu beobachten ist, findet man in Poren und Rissen des Pyrites Bornit, also dieselben Verhältnisse, denen man schon bei Ollomont und auch in den Walliser Gangerzen begegnet ist. Die Beobachtungen berechtigen zur Annahme, daß solche *Bornite* als Neubildung zu betrachten sind, hervorgegangen aus gegenseitiger Einwirkung von *Pyrit* und *Kupferkies* bei der alpinen Gesteinsmetamorphose.

Die magnetitreichen Varietäten zeichnen sich noch dadurch aus, daß ihnen ein nicht geringer *Zinkblendegehalt* eigen ist, der sich makroskopisch absolut nicht erkennen läßt. Der Sphalerit ist auch im Anschliff nur sehr schwer vom Magnetit zu unterscheiden, hat allerdings eine etwas dunklere Farbnuance und fast immer reichlich Kupferkiesentmischungen eingeschlossen. Diese sind bezeichnenderweise nie kristallographisch nach dem Wirtsmineral orientiert, wie dies fast ohne Ausnahme bei primären Gangbildungen zutrifft, sondern sind ganz ungesetzmäßig angeordnet und auch entsprechend unregelmäßig geformt, am ehesten rundlich bis oval.

Repräsentieren diese Erzassoziationen und Verwachsungsverhältnisse schon eine gewisse Eigenartigkeit, so trifft das noch viel

mehr zu beim Berücksichtigen der mit diesen Erzen auftretenden Nichterze, der Lagerart.

Für sich allein betrachtet würden z. B. Mineralassoziationen wie Pyrit, Kupferkies und Granat ein durchaus unrichtiges Bild der Genesis abgeben; solche Vorkommnisse sind nämlich recht häufig: entweder Pyrit, Chalkopyrit und Granat vollständig einander durchwachsend oder bald Granat als Bindemittel der Erze auftretend, bald die Erze den Granat zementierend.

Dann fallen aber die unter 2. und 3. genannten Typen noch dadurch auf, daß sie in wechselnden Mengen *Natronhornblenden* oder *Natronpyroxene* enthalten.

Im allgemeinen scheint es, daß da, wo vorwiegend pyritische Erze auftreten, *Glaukophane* mit vergesellschaftet sind. Es handelt sich dabei um einachsige Glaukophane, deren Chemismus daher einem Verhältnis $\text{Al} : \text{Fe} = 2 : 1$ entspricht; n_a = hellgelb, n_β = violett, n_γ = ultramarinblau. Sie sind außerdem begleitet von *Chlorit* (Pennin), *grüner Hornblende* mit Übergängen zu *Karinthin*. Ferner findet sich *Granat* vor mit ausgesprochener Siebstruktur, so daß sich deren Kristalle in ein Ader- und Maschensystem auflösen, durchwachsen von Quarz, Chlorit und schilfiger Hornblende und bedeutenden Mengen von Rutilkörnern und -prismen. Quarz und gelegentlich *Muskovit* gehören auch noch zu den wesentlichen Gemengteilen, seltener akzessorisch noch etwas Karbonat.

In Proben, in denen Pyrit gegenüber Magnetit zurücktritt, kann man an Stelle des Glaukophans *Crossit* antreffen. Es muß sich dabei um Übergangsglieder der Reihe Gastaldit-Crossit handeln, welche zwischen Glaukophan und Crossit liegen. Die Achsenebene liegt senkrecht zur Prismenzone, die Absorptionsverhältnisse sind für n_a = hellgelb bis hellbräunlich, n_β = ultramarinblau, n_γ = dunkelviolett = b; also Absorption: $n_\gamma > n_\beta > n_a$. Der Achsenwinkel ist nicht groß, entsprechend Gliedern mit einem Al/Fe -Verhältnis = 1:1. Bezeichnenderweise führen solche Vorkommnisse noch *Aegirin*. Der Aegirin scheint aber nicht das Ausgangsprodukt für die Natronhornblenden zu sein, sondern Pyroxen und Amphibol sind wohl miteinander gebildet worden. Denselben Aegirin findet man außerdem in den feinkörnigen Granatquarziten, welche diese dunklen, magnetit-, silikat- und sulfidreichen Gesteinskomplexe begleiten, allerdings ist dort eine randliche Umbildung in Karinthin die gewöhnliche Erscheinung. Aus der Zone der calcescisti und pietre verdi sind überdies Pyroxenmineralien keine Seltenheit (Chloromelanit und Jadeit).

Den großen Serpentinmassen zwischen dem Mt. Avic und den Ortschaften Châtillon und Montjovet sind chloritische Amphibole eingeschaltet, in letzteren liegen die Kieslagerstätten von

Champ de Praz.

Die *chloritreichen Amphibole* führen beträchtliche Mengen von *Granat*. Zwischen den Granatporphyroblasten, die übrigens sehr reichliche Mengen größerer *Rutilansammlungen* beherbergen, entweder als Nester gut ausgebildeter Kniezwillinge oder als körnige Massen und Putzen, findet man ein wirr gelagertes *Chlorit-Hornblendegemengsel* mit vorwiegend strahliger Ausbildung. Vielerorts lässt sich Verdrängung einer glaukophanischen Hornblende durch Strahlstein, Chlorit und Karinthin feststellen, häufig unter völliger Erhaltung der vollkommenen Idiomorphie des primären Amphibols.

In diesen Gesteinen, die meist etwas schiefrig sind, findet man von vereinzelten *Kieseinsprengungen* bis zu den mächtigen *kompakten Kieslagern* alle möglichen Übergänge.

Die Erze sind hier sehr einfach: weitaus vorwiegend *Pyrit* mit etwas *Kupferkies* zementiert. Es kommt deshalb heute nur der Abbau auf Pyrit für die Schwefelsäurefabrikation in Betracht. Das Lager zeichnet sich vor den übrigen durch seine große horizontale Ausdehnung aus. Weitere Eigentümlichkeiten gegenüber andern schon erwähnten Lokalitäten sind hier nicht mitzuteilen. Gelegentlich treten Vorkommnisse auf, die außer Kies nur Granat aufweisen, dann auch wieder solche, in denen *Titanit* und *Kalkspat* schon makroskopisch sehr auffällige Anreicherungen erfahren haben.

Auch hier wieder sind *quarzitische Lagen* außerordentlich charakteristisch. Sie erweisen sich als grobkörniger als diejenigen von St. Marcel, führen etwas weniger Granat, der hier ganz ausnehmend schön entwickelte Maschen- und Siebstruktur besitzt. Chlorit, Muskovit und Sulfide sind weitere wesentliche Bestandteile. In geringen Mengen findet sich noch Titanit, Epidot und Kalzit.

In den massigen Amphibolitkomplexen von

Chialamberto,

im Sturatale südlich des Gran Paradiso-Massives, treten wieder ganz ähnlich, einfach beschaffene Erze auf, wie sie für Champ de Praz bezeichnend waren. Der oft schwach violett getönte *Amphibolit* besteht aus einer poikiloblastisch gefügten *Albitgrundmasse*,

in welcher sperrige *Epidotprismen*, grüne *Hornblenden* mit Karinthin, *Titanit*, *Chlorit*, *Granat* und *Rutil* eingelagert sind. Die Karinthine enthalten noch geringe Kernmassen von *Glaukophan*; die grüne Hornblende ist im allgemeinen spießig ausgebildet. Gelegentlich macht sich schwache Schieferung geltend, hauptsächlich bei Anwesenheit von *Muskovit* bzw. *Serizit*.

Das Gestein ist von Herrn *F. de Quervain*, Assistent am mineralchemischen Laboratorium des Mineralogisch-Petrographischen Institutes der Universität Bern, analysiert worden und zeigt folgende Werte:

Gew. — %	Niggli-Werte:		
SiO_2 51,18			
TiO_2 1,40			
Al_2O_3 13,43			
Fe_2O_3 4,02	si	=	120
FeO 5,32	al	=	18,5
MnO 0,15	fm	=	53,5
MgO 10,16	c	=	19
CaO 7,69	alk	=	9
Na_2O 3,68			
K_2O 0,36	k	=	0,06
$\text{H}_2\text{O}+$ 1,81	mg	=	0,67
$\text{H}_2\text{O}-$ 0,07	ti	=	2,4
P_2O_5 0,20	p	=	0,2
S 0,60	c/fm	=	0,36

Diese Werte zeigen, daß es sich um ein metamorphes Gestein handelt, das seine Zugehörigkeit zu einem gabbroiden Magma noch völlig bewahrt hat, es stimmt mit Gesteinen überein, welche von *Woyno*³⁾ aus dem Bagnestal (Wallis) beschrieben und als Glaukophanprasiniten bezeichnet wurden. Für jenes Vorkommen und noch mehr für das italienische ist Natrondominanz bezeichnend.

In diesem Prasinit treten die *Schwefelkieslager* wiederum schichtartig auf mit allen Übergängen von kompakten Lagen bis zu spärlichen Einsprengungen. Die Pyrite sind durch geringe Kupferkiesmengen zementiert, das Erz als Ganzes tritt in den erreichenden Partien als Bindemittel feinverteilter *Albite* auf.

Es wird nun notwendig sein, die kurz skizzierten Detailbeobachtungen nach allgemeinen Gesichtspunkten zu beleuchten.

³⁾ Woyno, T. J.: Petrographische Untersuchungen der Casannaschiefer des Bagnestal (Wallis). N. Jahrb. f. Min. etc. Beil. Bd. XXXIII. pag. 196.

II. Allgemeine Betrachtungen genetischer Natur.

Schon 1871 hat der Turiner *Gastaldi* in richtiger Erkenntnis der Zusammenhänge die für die Westalpen so typischen, serpentinischen Gesteine, Prasinite, Amphibolite, chloritischen, epidotreichen Amphibolite mit den z. T. eingeschalteten ± schiefrigen, quarzigen und karbonatischen Gesteinen und serizitischen Schiefern unter die Gruppe „*pietre verdi*“ zusammengefaßt. Die *pietre verdi* sind auch von den späteren italienischen Geologen immer wieder in den Kreis ihrer Untersuchungen einbezogen worden; ihren, auf weiter Basis ruhenden Forschungen verdanken wir die heutige Kenntnis dieser Gesteine. Das Hauptaugenmerk lenkten die Forscher in petrographischer Richtung auf die Interpretation der Eufotide und Diabase und der fast immer damit vergesellschafteten Glaukophan-Gesteine. Solche Glaukophan- oder allgemein Na-Amphibol-Gesteine sind ja auch allermeist die Träger unserer Erzlagerstätten selbst, oder es sind Gesteine, die aufs engste mit ihnen vergesellschaftet sind, wie die vorangegangenen Erörterungen dargetan haben.

*Franchi*⁴⁾ vor allem hat schon 1895 auf den engen Zusammenhang von Glaukophangesteinen mit Gabbro, Diabas und Schalstein hingewiesen, was von *Rosenbusch* erst 1898 geschah. Wie *Rosenbusch*⁵⁾ dabei die Abkömmlinge basisch-gabbroider Magmen in zwei Typen: *Glaukamphibolite* und *Orthamphibolite* trennt, so finden wir schon bei *Franchi* 1895 eine entsprechende Trennung in Natronamphibolite, „anfiboliti ad anfiboli sodico“, „anfiboliti sodiche“ und Prasinite „prasiniti“. In der genetischen Erklärung dieser zwei Typen weichen aber beide Forscher merklich voneinander ab. *Rosenbusch* möchte in ihnen verschiedene Tiefenmetamorphosen zum Ausdruck kommen lassen, *Franchi* dagegen erblickt in den verschiedenen Ausbildungen der metamorphen Abkömmlinge ursprünglich mineralische Differenzen der sonst im großen chemisch übereinstimmend zusammengesetzten Edukte. Damit steht in Übereinstimmung, daß beide Typen in den Westalpen wechselseitig eng miteinander vorkommen. Nach *Franchi* kommt es zur Bildung von Prasinit bei Anwesenheit reichlicher Feldspatbildung, zur Amphibolitbildung dagegen bei geringeren Feldspatmengen im Ausgangsprodukt. Dasselbe gilt von den diesbezüglichen

⁴⁾ Franchi S.: Notizie sopra alcune metamorfosi di Eufotide e Diabasi nelli alpi occidentali. Boll. R. com. geol. 1895.

⁵⁾ Rosenbusch, H.: Zur Deutung der Glaukophangesteine. Sitz.-Ber. K. preuss. Akad. d. Wissensch. 1898.

Tuffen. Die chemische Zusammensetzung entspricht gabbroid-diabasischen Magmen. Das Auftreten von ähnlichen alkaliampibolitischen Gesteinen mit denselben lithologischen Wechseln und Mannigfaltigkeiten im Bagnestale (Wallis) hat zur Untersuchung der dortigen Verhältnisse veranlaßt; von *Grubenmann*⁶⁾ und *Woyno*⁷⁾ ist besonders auf den chemischen Charakter dieser Gesteinsgruppen aufmerksam gemacht worden, der sich in bezeichnender Natron-dominanz äußert. Die Casannaschiefer des Bagnestals repräsentieren genau dieselben wechselvollen Gesteinstypen, wie wir sie innerhalb der übrigen Areale der pietre verdi der penninischen, grajischen und kottischen Alpen antreffen; sie entsprechen den metamorphen Produkten gabbroid-basaltischer Magmen und deren Tuffe, die submarin abgelagert wurden, wodurch der kontinuierliche Wechsel in der lithologischen Beschaffenheit erklärlich wird.

Es ist bezeichnend und liegt im Charakter der Metamorphose, daß die Glaukophanführung nicht nur auf die eigentlichen magmatischen und magmatisch-tuffogenen Lagen beschränkt bleibt, sondern daß sie auch auf die bald mehr karbonatisch, bald mehr chloritisch bis glimmerreichen oder sogar vorwiegend quarzitisch ausgebildeten Zwischenlagen übergreift, also auf diejenigen Gesteine, die sedimentärer Entstehung sind, in welchen meistens auch die Erze liegen.⁸⁾ *Franchi* erwähnt eine Reihe solcher Gesteine, von welchen speziell die Natronamphibol führenden Quarzite interessieren. Die Auffassung *Franchis*, in letztern umkristallisierte Hornsteinbildungen und Radiolarienhornsteine zu erblicken, dürfte auch für unsere in Betracht kommenden Vorkommnisse zutreffen. Sie stehen zweifellos mit submarinen Kieselsäureemanationen der basischen Eruptiva in allerengster Beziehung.

Es ist in letzter Zeit speziell von *Niggli* und *Schneiderhöhn* darauf aufmerksam gemacht worden, daß gerade der geologische Raum und die sich in ihm abspielenden Vorgänge der submarinen vulkanischen Tätigkeit sehr scharf definierte Erscheinungskomplexe aufzuweisen vermögen. In den verschiedensten Gebieten der Erde und während den verschiedensten Epochen der Erdgeschichte läßt sich immer wieder feststellen, daß die submarinen vulkanischen Prozesse sich in Geosynkinalgebieten unter

⁶⁾ *Grubenmann, U.:* Ueber einige schweizerische Glaukophangesteine. *Festschrift Rosenbusch* 1906.

⁷⁾ *Woyno, T. J.:* lit. cit.

⁸⁾ Vergleiche auch die Arbeit von Prof. Dr. E. Hugi in diesem Heft: „Über ein neues schweizerisches Vorkommen von Alkalihornblende“, wonach eine ähnliche Glaukophanführung auch im Triasdolomit des Simplongebietes auftritt.

Förderung basischer Laven abgespielt haben. Mit dem Ausfließen magmatischer Decken wechselten tuffoide Phasen und solche rein sedimentärer Natur ab, welch' letztere ihrerseits mit chemisch und biochemisch gerichteten gekoppelt sein können.

Zunächst sei daran erinnert, daß wir in solchen Gebieten stets Vorliebe zur Ausbildung von horizontbeständigen Eisen-erz-lagern antreffen. Je nach den physiko-chemischen und faunistischen Bedingungen entstanden oxydische, karbonatische oder sulfidische Lagerstätten. Wenn die betreffenden Areale noch lange geosynkinalen Bedingungen und gebirgsbildenden Prozessen unterworfen waren, ist es natürlich schwer, die früheren Ausgangsprodukte und genaueren Bildungsvorgänge der heute vorliegenden Mineralassoziationen in allen Fällen zu rekonstruieren.

So viel steht fest, daß das Bildungsmilieu der westalpinen pietre verdi großenteils den Verhältnissen entsprach, welche beispielsweise im Lake Superior-Gebiet die Kupferlagerstätten und in engem Zusammenhang damit die dortigen Eisenlagerstätten zur Entstehung gelangen ließen, Verhältnisse, wie sie ferner für die devonischen Lahn- und Harzerze und die gleichaltrigen des Sternberg-Bennischer Bezirks in Mähren und auch für das Unterordovicium des Trondhjemgebietes maßgebend waren. Welcher Art der Entstehung die Erze selbst zuzuzählen sind, sei vorderhand noch nicht weiter erörtert; auf jeden Fall spricht die lithologische Beschaffenheit und die geologische Stellung der sie beherbergenden Gesteine, daß die *submarinen Exhalationen der Ophiolite* in beträchtlichem Maße verantwortlich gemacht werden müssen.

Die Erze sind wohl kaum durchweg als Sulfide von Anfang gebildet worden; die mikroskopische Untersuchung gibt deutliche Anhaltspunkte, daß ein anfängliches Vorhandensein oxydischer Natur in Betracht gezogen werden muß. Ob aber die Ausbildung zu Sulfiden noch während der exhalativ-magmatischen Phase geschah oder ob sie der intermittierend sedimentären oder gar der noch späteren umkristallisierenden zuzuschreiben ist, muß in weiteren Untersuchungen entschieden werden. Auf keinen Fall möchte Verfasser in der Kombination von Erz, Granat, Glaukophan an kontaktmetamorphe Produkte denken. Für die Deutung des Glaukophangehaltes ist es übrigens wichtig, die Glaukophanisierung der basischen Eruptivgesteine selbst — von welchen ausgehend man sonst eine solche Metamorphosierung annehmen möchte — nicht zu übersehen und gebührend zu berücksichtigen. Glaukophan und Granat verdanken ihre Entstehung den alpin-metamorphen Umwandlungen, welche

sich speziell in den geosynkinal gebildeten Gesteinsablagerungen günstig entwickeln konnten. Die Stoffwanderungsfähigkeit der beteiligten Stoffe kommt in der Ubiquität der Alkalihornblenden besonders gut zur Geltung, sie ist der Ausdruck der Natronvormacht der ganzen westalpinen Ophiolithprovinz. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse wird verständlich, daß Glaukophan auch in den karbonatischen, quarzitischen, sowie erzreichen Lagen auftreten muß, eventuell zusammen mit Granat, wodurch solche an Kontaktmetamorphose erinnernden Assoziationen zustande kommen.

Zu einem bestimmten Differenzierungsgrad eines Magmas gehören ganz bestimmte Elementenassoziationen. Wir wissen, daß mit den wenig differenzierten basischen Magmen u. a. speziell Fe, Mn, Cu, Ni, Co, Cr vergesellschaftet sind.

Auch in dieser Beziehung haben die westalpinen pietre verdi sich in typischer Weise entwickelt. Die meisten der im speziellen Abschnitt erwähnten Lagerstätten dienten in früheren Zeiten dem Abbau auf *Kupfer*; daß der relativ geringe Kupfergehalt und die Art und Weise seines Auftretens den heutigen Verhältnissen bergwirtschaftlich nicht mehr standhalten kann, ist klar; immerhin ist wesentlich, daß in der ganzen Provinz das Kupfer in einer nicht zu vernachlässigenden Menge zugegen ist. Über die Form des Auftretens von Kupfer sind wir in den vorausgehenden speziellen Erörterungen unterrichtet worden.

Aber auch das *Mangan* ist in den Westalpen in dieser typischen Assoziation vertreten; zunächst bei Praborna im Val di St. Marcel (kurz oberhalb der beschriebenen Sulfidvorkommnisse), von wo die bekannten Piemontite kommen; dann auch 3 km weiter südlich bei La Fontanella. Von beiden Orten kennt man oxydische und silikatische Mn-Mineralien. Unter den letzteren wären außer Piemontit noch Violan, Alurgit, Rhodonit und Spessartin zu erwähnen. Dieselben Mn-Mineralien werden aber auch nördlich der Dora bei St. Barthélemy gefunden. Außerdem meldet *Roccati*⁹⁾ Braunit und Rhodonit aus dem Serpentingebiet des Lanzo-Tales, dann von Ceres, Viù und Ala, Balangero, Coassole.

Das sonst mit derartig beschaffenen Magmen stets mehr oder weniger reichlich auftretende *Nickel* ist wohl vorhanden, doch tritt es im Vergleich zu andern analogen Arealen zurück. Wir kennen *Cu-* und *Ni-führende Spateisensteingänge* bei der Alp Cruvin in epidotreichen, karbonatischen Amphiboliten auftreten.

⁹⁾ Roccati, A.: Rodonite di Chiaves etc. Atti R. Acc. Sc. di Torino XLI 487—494.

Ähnlich verhält es sich mit dem *Kobalt*, das nördlich von Usseglio mit Ni in karbonspäten Gängen innerhalb der Grünschiefer zu finden ist.

Die alpinen basischen Magmen scheinen von Haus aus etwas arm an *Chrom* zu sein im Gegensatz zu den gleichaltrigen Bildungen des Balkans. Im ganzen orogenen Bogen der Westalpen findet man nur geringe Spuren von diesem Element; genauere chemische Untersuchungen müssen allerdings noch näheren Aufschluß darüber geben. Als einziges alpin-ophiolitisches Chromitvorkommen, von Kraubath natürlich abgesehen, ist das kürzlich von Valle Vara bei Ziona (Riviera di Levante) von *Stella*¹⁰⁾ geschilderte zu nennen.

Bei der Erwähnung dieses Vorkommens haben wir uns keineswegs aus dem unserer Betrachtung geltenden Territorium hinausgegeben. Die Arbeiten der italienischen Geologen haben uns die Einheitlichkeit und Zusammengehörigkeit des pietre verdi-Zuges von den Walliser Alpen durch die ganzen Westalpen bis hinunter nach Ligurien in die Toskana dargelegt und vielleicht noch mehr als im engern Alpengebiet kommt gerade dort das Kupfer, als Element des basischen geosynkinalen Extrusionstypus, zu seinem Recht.

Die Einheitlichkeit und Großzügigkeit in diesem Erdrinden- teil wird noch ersichtlicher, wenn wir berücksichtigen, daß die seit dem Palaeozoikum bis ins Tertiär gelieferten basischen In- und Extrusiva im großen ihren chemischen Charakter behalten haben, daß innerhalb dieser gewaltigen Zeitspanne stets ganz ähnliche geologische Bedingungen Vulkanismus und Sedimentation beherrschten und auch die metamorphosierenden Prozesse in derselben kontinuierlichen Zielstrebigkeit vorliegen. Präpermische Prasiniten und Natronamphibolite des toskanischen Archipels z. B. weisen dieselben chemischen und mineralogischen Charakteristika auf wie gleichaltrige Gesteine aus den kottischen Alpen. Die Großzahl dagegen entspricht jurassischem Alter und findet in den ligurischen Ketten ihre eocänen letzten Nachläufer.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

1. Die westalpinen kupferhaltigen Schwefelkiesvorkommen sind genetisch aufs engste mit dem Auftreten der pietre verdi (reich an Prasiniten und Natronamphiboliten) verknüpft. Letztere stellen submarine Ergüsse basischer Natur dar und charakterisieren sich

¹⁰⁾ Stella, A.: Sopra un giacimento di Chromite nell' vallone Argentiera presso Ziona (Alta valle Vara) Boll. soc. geol. ital. 1924.

durch Wechsellagerung mit tuffogenen und sedimentären Ablagerungen, zwischen welchen auch die Erzvorkommen liegen.

2. Die Bildung der Erze steht in Zusammenhang mit submarinen Exhalationen der ophiolitischen Ergüsse, ebenso diejenige mancher, mit auftretender, vorwiegend quarziger Gesteine, die als Radiolarienhornsteine gedeutet werden können.

3. Die Pyrite sind teilweise aus Hämatit hervorgegangen und sind begleitet von Kupferkies, Magnetit, Bornit und gelegentlich von Zinkblende.

4. Die Struktur der Erze entspricht einer Rekristallisationszementation als Folge der alpinen Metamorphose. Kupferkies dient als Zement. Bornit, häufig auch im Innern der Pyrite, wird ebenfalls als Produkt dieser Metamorphose angesehen.

5. Die Erze sind fast ausnahmslos mit Natronamphibolen oder Natronpyroxenen vergesellschaftet, deren Entstehung mit der alpinen Metamorphose zusammenhängt, begünstigt durch die große Stoffwanderungsmöglichkeit in geosynkinalen Gebieten. Der Na-Gehalt dieser Hornblenden- und Augitmineralien entstammt den schon primär natronreichen Ophioliten.

6. Die westalpine pietre verdi-Provinz weist in den Elementenassoziationen Fe, Cu, Mn, Ni, Co Verhältnisse auf, wie sie für den magmatisch submarinen, extrusiven Lagerstättentypus charakteristisch sind. Damit stimmt auch das schichtartige Auftreten der Erze überein.

Bern, Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität,
Mai 1927.

Manuskript eingegangen: 28. Mai 1927.
