

Zeitschrift:	Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band:	54 (1974)
Heft:	2-3: Alpidische Metamorphosen in den Alpen
Artikel:	Zur Metamorphose amphibolitischer Gesteine im Altkristallin des Mont-Blanc- und Aiguilles-Rouges-Massivs
Autor:	Raumer, Jürgen F. von
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-42206

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: 24.01.2026

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

Zur Metamorphose amphibolitischer Gesteine im Altkristallin des Mont-Blanc- und Aiguilles-Rouges-Massivs

Von *Jürgen F. von Raumer* (Fribourg)*)

Mit 5 Figuren im Text und einem Anhang

Summary

Detailed observations on mineral assemblages of Alpine age in amphibolitic rocks from the Mont-Blanc and Aiguilles-Rouges Massifs (Hercynian crystalline complexes now occupying an externe position in the Western Alps) have lead to the following distinction:

In the Aiguilles-Rouges the presence of Pumpellyite-Prehnite-Chlorite-Sphene-Albite-Calcite-K-feldspar demonstrates that conditions of the zeolite-facies have been attained.

In the Mont-Blanc, minerals of the greenschist-facies are found: Actinolite-green Biotite-Chlorite-Epidote-Albite-Sphene.

The presence however of earlier phases near the valley of Chamonix and towards the limit of the Pennine nappes such as blue-green Hornblende, Zoisite and/or Clinozoisite (preceding Epidote) and a slightly green coloured "sericite", with the characteristics of Phengite, suggest an older phase of Alpine metamorphism corresponding to higher pressures.

Résumé

L'observation détaillée des minéraux de néoformation d'age alpin dans les roches amphiboliques provenant des Massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles-Rouges (massifs cristallins externes dans l'arc des Alpes occidentales) a fourni des assemblages minéralogiques différents pour chacun des deux massifs.

Nous constatons aux Aiguilles-Rouges la présence des minéraux de néoformation alpine, faciès zéolithique: Pumpellyite-Prehnite-Chlorite-Titanite-Albite-Calcite-Feldspath potassique.

Dans le massif du Mont-Blanc se trouvent les minéraux indiquant le faciès schistes verts: Actinote-Biotite verte-Chlorite-Epidote-Albite-Titanite, et, comme phase antérieure, dans la zone de Chamonix et vers le bord pennique, aussi la Hornblende bleu-vert, Zoisite et/ou Clinozoisite (antérieurs à l'Epidote) et une Séricite légèrement verdâtre, qui prend les caractères d'un mica phengitique.

Ces signes d'une phase antérieure indiquant une pression légèrement plus élevée donnent à penser que dans cette région aussi il y a eu plusieurs étapes dans le métamorphisme alpin.

*) Adresse des Autors: Prof. Dr. J. von Raumer, Institut für Mineralogie und Petrographie, Universität, Pérolles, CH-1700 Fribourg.

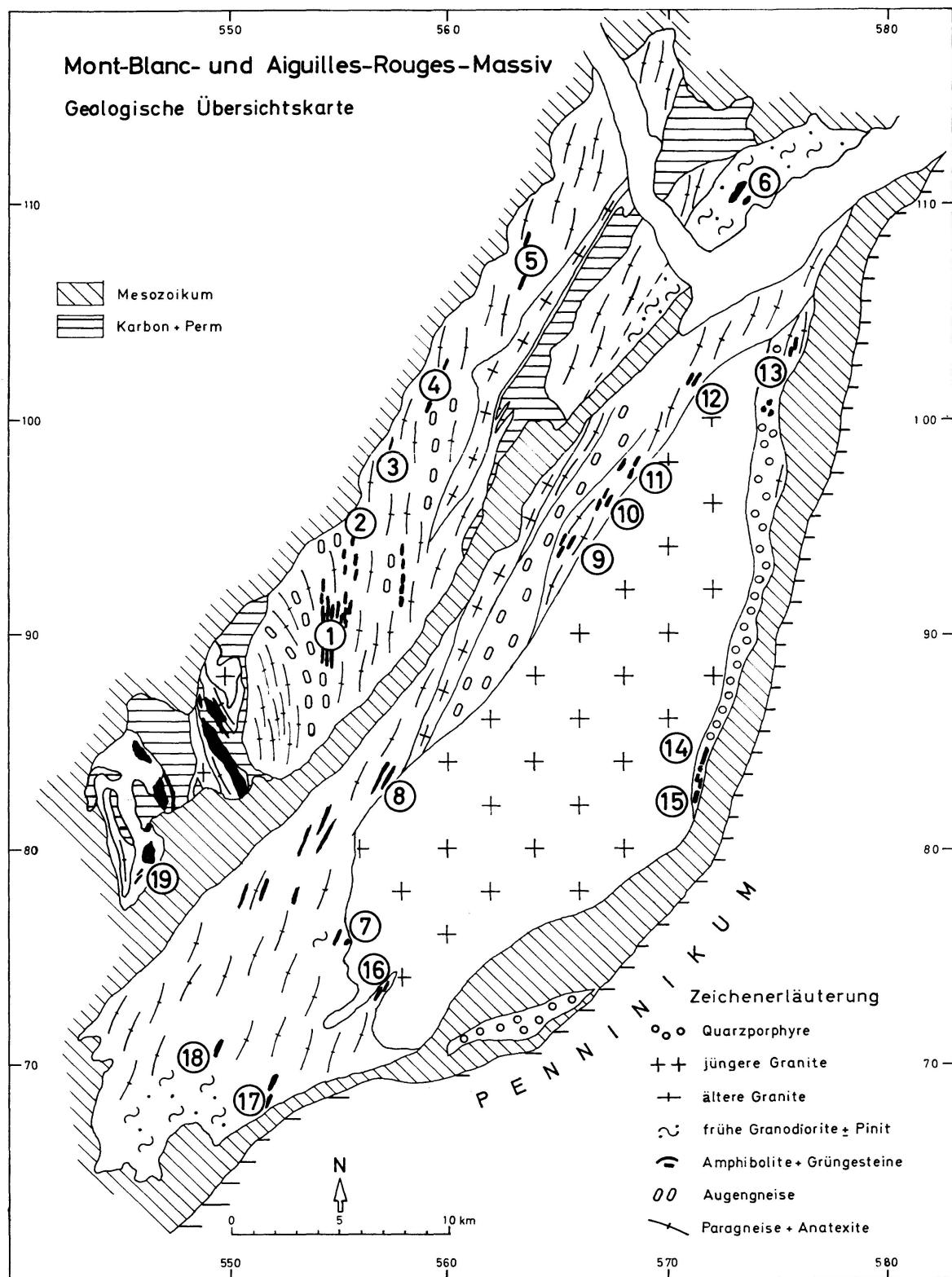


Fig. 1. Geologisch-Petrographische Übersichtskarte vom Mont-Blanc- und Aiguilles-Rouges-Massiv nach den Angaben von BAGGIO, BELLIERE, KRUMMENACHER, LAURENT, OULIANOFF, TIECHE und eigenen Aufnahmen. Die im Text angegebenen Zahlen entsprechen den hier eingezeichneten und im Anhang erwähnten Fundpunktnummern.

1. EINLEITUNG

Gesteine amphibolitischer Zusammensetzung nehmen im Mont-Blanc- und Aiguilles-Rouges-Massiv nur einen unbedeutenden Platz ein (Fig. 1), lassen sich aber noch nach mehreren metamorphen Ereignissen als solche identifizieren. Wenngleich ihr Ursprung noch verschiedene Deutungen zulässt, diese auch bei jeder Lokalität unterschiedlich sein können, so erlauben die vorgefundene Mineralparagenesen doch eine petrographische Gruppierung und den Vergleich im untersuchten Raum.

Die daraus resultierende, weiter unten näher erläuterte Untergliederung in amphibolitische Abarten lässt sich entweder durch einen verschiedenen Ausgangschemismus oder durch unterschiedliche Metamorphosebedingungen bei gleichem Ausgangschemismus erklären. Die entstehenden Mineralparagenesen aber stellen das Ausgangsmaterial für die alpinmetamorphen Vorgänge dar. Es sei darum im folgenden eine knappe Gliederung der geologischen Vorgänge sowie die Unterteilung der amphibolitischen Gesteine vorangeschickt.

2. GEOLOGISCH-PETROGRAPHISCHE GLIEDERUNG

Um die verschiedene Ausbildungsart der amphibolitischen Gesteine zu verstehen, müssen wir diese in ihrer Genese verfolgen, da sie zusammen mit dem übrigen Alt-kristallin beider Massive eine komplizierte Entwicklungsgeschichte zu verzeichnen haben.

Bei den Ausgangsgesteinen handelt es sich vermutlich um basische und ultrabasische Serien mit den entsprechenden Tuffen und Tuffiten, doch ist es nicht ausgeschlossen, dass sich unter ihnen auch Sedimente karbonatisch-mergeliger Herkunft verbergen. Diese Gesteine erreichten während einer frühen, vorvariszischen Metamorphose mindestens den Grad der höheren Amphibolitfazies, und die aus ihr hervorgehenden Produkte unterlagen einer erneuten, frühvariszischen Metamorphose mit einer begleitenden zweiten Anatexis.

Auf Grund dieser metamorphen Ereignisse erhalten wir verschiedene Amphibolit-Abarten, die sich makroskopisch in Eklogit-Derivate bis Granat-Amphibolite, massive Amphibolite, Plagioklas-Streifenamphibolite und Anatexit-Amphibolite unterscheiden lassen. Zu ihnen gesellen sich noch die verschiedenen Aktinolith-haltigen Gesteine, deren Zuordnung zu einer dieser Gruppen infolge fortgeschritten, alpiner Metamorphose nicht mehr möglich ist.

Eine besondere Gruppe von amphibolitischen Gesteinen, als amphibolitische Augengneise mit Kalifeldspat bezeichnet, sollen hier nicht berücksichtigt werden. Sie schwanken in ihrer Zusammensetzung zwischen ausgeprägten Syeniten und kalibetonen Graniten bis zu Monzogabbros. Es handelt sich bei ihnen um eine besondere Entwicklungsreihe,

deren Reste in grösseren Zügen aber auch als Xenolithen in den magmatischen Gesteinen auftreten können. Sie werden eine gesonderte Bearbeitung erfahren.

Auch die Gesteine im Bereich von St. Gervais-Les Houches im westlichen Teil des Aiguilles-Rouges-Massivs nehmen eine Extrastellung ein. Diese zum Karbon-Perm-Zyklus gehörenden grünen Serien (LAURENT 1968) haben teilweise mehr detritischen Charakter, können nicht mit den Amphiboliten des Altkristallins verglichen werden.

Die *modale Erfassung* von wenig veränderten Gliedern der verschiedenen Amphibolittypen erlaubt einen Überblick über deren mineralogische Zusammensetzung (Fig. 2). Bei den Eklogit-Derivaten bis Granat-Amphiboliten wie-

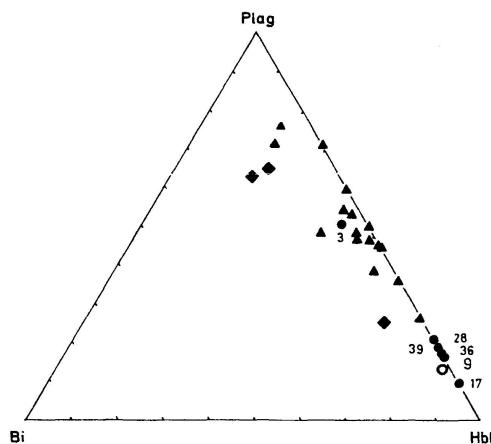


Fig. 2. Modalanalysen von relativ gut erhaltenen Vertretern der verschiedenen Amphibolit-Gruppen.

Punkte: Granatamphibolite (mit Angabe der prozentualen Anteile von Granat in der ursprünglichen, nicht umgerechneten Modalanalyse).

Kreise: massive Amphibolite.

Dreiecke: Plagioplas-Streifenamphibolite.

Vierecke: Anatexit-Amphibolite.

gen Hornblenden gegenüber Plagioklas vor, und Granat nimmt je nach der späteren Entwicklung einen bedeutenden Platz ein. Der Einfluss anatektischer Vorgänge zeigt sich in der Verschiebung zu Projektionspunkten mit mehr Biotit und Plagioklas entsprechend dem Ersatz von Granat durch Plagioklas und Biotit. Massige Amphibolite enthalten vorwiegend Hornblende neben Plagioklas, leiten sich häufig aus der Umsetzung von Eklogit-Derivaten her. Das Feld der Plagioklas-Streifenamphibolite zeigt deren wechselnde Zusammensetzung in bezug auf Hornblende und Plagioklas und auch den steigenden Einfluss der Biotit-Einwanderung. Diese Tendenz verstärkt sich schliesslich bei den Anatexit-Amphiboliten.

Die Diskussion der verschiedenen *Hornblende-Typen* kann hier nur oberflächlich erfolgen, und deren genauere Bearbeitung ist vorgesehen, da ihre Untersuchung den hier gegebenen Rahmen sprengen würde. In den meisten untersuchten Gesteinen erkennen wir normale, grüne Hornblenden, doch zeigen sich zusätzlich besondere Abarten in den von Eklogiten hergeleiteten Gesteinen, wie z. B. stark blaugrüne Hornblenden, die sich vor allem um die Granate ausbilden. Von ihnen muss eine weitere Art blaugrüner Hornblenden unterschieden werden, die zuerst fleckenweise oder randlich auf Kosten der normalen Hornblenden entstehen, um dann sogar unabhängig als Einzelindividuen zu wachsen. Es ist zu vermuten, dass sie schon zu den alpinmetamorphen Neubildungen zählen. Als letzte Phase erkennt man schliesslich anfangs

Flecken und Säume und dann auch gut ausgebildete, oft feinfaserig-strahlige Einzelkristalle farbloser Hornblenden, die wohl aktinolithische Zusammensetzung haben dürften.

Die Vermessung der *Plagioklase* zeigt verschiedene Entwicklungsstufen an, nämlich eine Häufung von Andesin-Labrador-Amphiboliten und ein Stadium von Oligoklas-Andesin-Amphiboliten (Fig. 3). Diesen beiden Stufen kann teilweise noch als Endstadium die Kombination Epidot-Albit folgen (als Neubildung, s. u.).

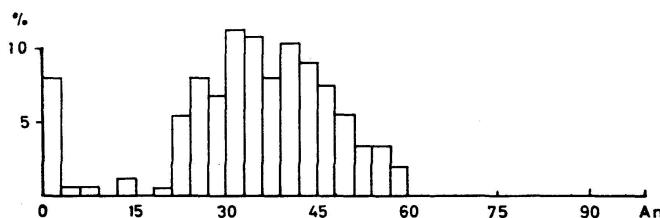


Fig. 3. Prozentuale Verteilung der Anorthitgehalte von Plagioklasen aus relativ wenig umgewandelten Proben der verschiedenen Amphibolit-Gruppen. Zur besseren Übersicht wurden die Werte in Dreiergruppen zusammengefasst.

Als besonderer Gemengteil fallen *Erze* auf, die vor allem in den Eklogit-derivaten bis Granatamphiboliten und massigen Amphiboliten auftreten. Unabhängig von allen petrographischen Geländeeinteilungen handelt es sich immer wieder um Ilmenit, der schalig oder unregelmässig über eine mögliche Zwischenschicht von Rutil in Titanit übergeht, wobei dann teilweise noch Graphit zusätzlich auftreten kann.

Im *Gelände* erkennen wir diese Gesteine je nach ihrem Erhaltungsgrad als durchgehende, massive Züge, als stark zerstückelte und boudinisierte Körper oder als diffuse, aufblätternde Partien in migmatischer Umgebung, und dementsprechend ist auch die Biotiteinwanderung verschieden stark.

Diese so charakterisierten Gesteine unterliegen nun retrograden Umwandlungen und Mineralneubildungen, von denen sicherlich einige als alpinmetamorphe Krisallisationen angesehen werden können, wenn auch retrograde Bildungen seit dem Eindringen der spätvariszischen Granite zu verzeichnen sind. Als *Neubildungen* seien im folgenden aber nur alpinmetamorphe Kristallitate bezeichnet.

3. PETROGRAPHISCH-MINERALOGISCHE NEUBILDUNGEN

Um den Vergleich älterer und jüngerer Mineralparagenesen zu erlauben, war die Unterteilung in Amphibolitarten sinnvoll, da damit auch chemisch gesehen nicht zu grosse Unterschiede in der Zusammensetzung vorlagen. Neben der Voraussetzung, dass die untersuchten Amphibolit-Gruppen nicht

zu stark im Chemismus variieren, nehmen wir ausserdem an, dass in diesen Gesteinen während des nachvariszischen Geschehens auch Mineralparagenesen ausgebildet wurden, die zur alpinmetamorphen Kristallisation gehören, d. h., dass diese Gesteine sich nicht zu konservativ verhielten und wenigstens den Beginn einer Umkristallisation aufweisen, der uns Hinweise geben kann. Innerhalb jeder Gruppe wurden jeweils Altbestand und Neubildungen von allen Fundpunkten verglichen, und die graduellen Unterschiede seien nun im einzelnen für die vier Amphibolit-Abarten dargestellt.

a) Gesteine eklogitischer Herkunft und Granatamphibolite

Die Gesteine dieser Gruppe erkennen wir in gut erhaltener Form im Bereich des Lac Cornu [1], wo die typischen retrograden Entwicklungsstadien von Eklogit-Amphibolit mit oder ohne symplektitische Reaktionszonen bis zu Granatamphiboliten aufgeschlossen sind. Diese sich an den Metabasit-Körpern vollziehende Umwandlung (Stadien vom Kern nach aussen) wird noch durch eine verschieden starke Einwanderung von Biotit vom Rande her überlagert (Einfluss der zweiten Anatexis), so dass Granat häufig durch Pseudomorphosen von Plagioklas und Biotit ersetzt ist, während die Hornblenden eine unregelmässige Biotitisierung aufweisen.

Die Plagioklase sind relativ frisch ausgebildet und zeigen zwei verschiedene Häufungen in ihrer Zusammensetzung, nämlich einmal An 22–31, wenn der Granat noch gut erhalten ist, das Gestein noch weniger Hornblenden enthält, zum anderen aber, bei verstärkter Einwanderung von Plagioklas anstelle von Granat, eine Häufung im Labradorfeld (An 34–51).

Zum Altbestand dieser Gesteine zählen also Übergangsstadien von Eklogit zu Eklogit-Amphibolit (Granat, Plagioklas, Diopsid, Hornblenden) und Granatamphibolit (Granat, Plagioklas, Hornblenden \pm Quarz \pm Biotit).

In diesen Gesteinen, die sich infolge der charakteristischen Flecken (Granat oder dessen Ersatzprodukte) selbst beim vollkommenen Verschwinden von Relikten noch erkennen lassen, zeigen sich nun je nach der geographischen Lage von Norden nach Süden gehend zunehmend Neubildungen, die wohl zum grössten Teil der alpinen Metamorphose zuzuschreiben sind. Dementsprechend wird der Anteil an Relikten immer geringer, bis diese vollständig verschwinden.

Auch im Bereich des Lac Cornu [1] treten schon Spuren von Neubildungen auf:

Altbestand	Neubildungen
<i>Granat</i>	—
<i>Hornblende</i> : gut ausgebildete Prismen, teilweise poikiloblastisch oder auch symplektitisch, meistens grüner Färbung	—

Plagioklas: An 22–31, 34–51

kaum serizitisiert

Biotit: kräftig pleochroitisch, dunkelbraun-rostrot.

lagenweiser Ersatz durch Chlorit, Titanit-Einlagerung parallel zur Spaltbarkeit, linsenförmige Einlagerungen von Prehnit und Kalifeldspat.

um *Erzkörnchen*:

Hüllen von Prehnit und Pumpellyit

auf Spalten:

Calzit, Klinozoisit

Weiter nordwestlich [3, 4] sind dann nur noch die Hornblenden gut erhalten, während sich in den anderen Gemengteilen schon Neubildungen zeigen:

Altbestand

Neubildungen

Hornblende

—

Granat

Säume von Titanit, Einschlüsse von Klinozoisit, Chlorit

Plagioklas

wechselnd starke Serizitisierung, Einlagerung von Klinozoisit

Um *Erzpartikel*:

Rinden von Pumpellyit, Prehnit, Calzit und Quarz

Wesentlich ausgeprägter sind dann die Umwandlungen im Bereich des Mont-Blanc-Massivs, wo der Altbestand nur noch relikтив erhalten bleibt oder ganz verschwindet.

So erkennen wir im Bereich der Pointe des Grands und der Petoudes [10] folgende Neubildungen:

Altbestand

Neubildungen

Granat: nur noch relikтив in Bruchstücken

Chlorit, Epidot, Klinozoisit, Pumpellyit, Calzit

ehem. Hornblenden:

Chlorit, Aktinolith, Klinozoisit, Albit, Quarz

Plagioklas:

Vollständiger Ersatz durch eine Menge von Serizit, Epidot, Klinozoisit und Spuren von Albit

Um *Erzpartikel*:

Rinden von Titanit und Calzit

Im Bereich des Val Ferret [15], des Val Veny [17] und des Glacier Tré le Tête [18] endlich erkennen wir nur noch die Endstation der Entwicklung ohne Konservierung von Relikten und erhalten folgende neue Paragenesen:

Altbestand

Neubildungen

Kaum noch Relikte vorhanden

strahlig angeordneter Aktinolith, Chlorit, Titanit, Calzit, Albit, Quarz, und zusätzlich [18] blaugrüne Hornblende, Klinozoisit und Epidot.

Während also im Aiguilles-Rouges-Massiv noch Paragenesen mit Pumpellyit-Prehnit neben Chlorit-Titanit-Klinozoisit-Calzit vorliegen, erkennen wir im nördlichen Mont-Blanc-Massiv praktisch keinen Pumpellyit mehr, vor allem aber Klinozoisit-Epidot-Chlorit-Titanit-Aktinolith (Spuren), und im Süden erhalten wir dann Paragenesen mit blaugrüner Hornblende-Aktinolith-Klinozoisit-Epidot-Chlorit-Titanit-Calzit-Quarz-Albit.

b) Massige Amphibolite

Zu dieser Gesteinsgruppe seien alle diejenigen Proben gezählt, die vorwiegend aus einem dichten Aggregat von Hornblenden zusammengesetzt sind, denen sich auf Zwickeln Diopsid, Plagioklas, Biotit und etwas Quarz beimengen. Diese massigen Gesteine finden sich lagenweise im Randbereich der Granatamphibolite, sind aber viel häufiger als abgerundete Boudin-Bruchstücke in Migmatit-Zonen anzutreffen.

Das Auftreten von Neubildungen kann stark wechseln, wobei eine gewisse Abhängigkeit von benachbarten Störungszonen festzustellen ist.

Wir erkennen im Bereich des Lac Cornu [1], des Val Bérard [2, 3] und von Salanfe [5] folgende Veränderungen im Altbestand:

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblenden</i> : olivgrün, blassgrün oder blaugrün	Chlorit und Titanit als Einlagerungen parallel zur Spaltbarkeit
<i>Biotit</i> : dunkelbraun-rostrot	Einlagerung von Titanit parallel zur Spaltbarkeit, linsige Einschaltungen von Prehnit, Umwandlung zu Chlorit
<i>Plagioklas</i> : An 31–41	wechselnde Serizitisierung
<i>Quarz</i>	Korrosion durch Laumontit
auf Rissen	Pumpellyit, Calzit, Klinozoisit, Heulandit, Laumontit

Auf der Nordwestseite des Mont-Blanc-Massivs, also an den Fundpunkten im Bereich des Refuge Vallot [7], Plan de l'Aiguille [8], Glaciers d'Argentiere und Tour [9] und Alpe Bovine-Glacier du Trient [11] sind die Veränderungen schon eingreifender:

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblende</i> : fleckig blassgrün-blau-grün, bräunlich, z. T. löcherig, mit Quarz gefüllt	helle Säume von Aktinolith
<i>Biotit</i> : kräftig dunkelbraun	Einlagerung von Titanit, Einwanderung von Epidot und Hellglimmer
<i>Plagioklas</i> : keine Relikte	Neben Serizit vor allem <i>Zoisit</i> , <i>Klinozoisit</i> , Epidot, Orthit und Albit Folgende zonare Abfolgen sind möglich (jeweils Angabe Kern-Hülle): Orthit-Zoisit (selten), <i>Zoisit-Klinozoisit</i> , <i>Klinozoisit-Epidot</i> .

Im Bereich der südlichen Randzone und im SW des Mont-Blanc-Massivs erkennen wir nur wenige Vorkommen von massigen Amphiboliten [14, 17, 18], und diese zeigen sehr schöne Prismen von bläulichgrüner oder blasser Hornblende, denen sich vereinzelte Diopside einlagern. Nur die ehemaligen Plagioklase sind vollkommen ersetzt durch starke Serizitanhäufungen aus relativ

groben Hellglimmerplättchen zusammen mit idiomorphen Körnern von Klinozoisit bis Epidot. An vereinzelten Stellen jedoch [14] ist der Altbestand vollkommen umgewandelt und ersetzt durch die Paragenese Aktinolith-grüner Biotit-Epidot-Chlorit-Quarz-Albit.

Wir erkennen also bei der Umwandlung dieser Gesteinsgruppe Paragenesen von Pumpellyit-Prehnit neben Titanit-Chlorit-Calzit und Zeolithen im Aiguilles-Rouges-Massiv, einen mittleren Bereich mit dem Vorherrschen von Epidot-Mineralien Orthit-Zoisit-Klinozoisit-Epidot neben Serizit-Calzit-Aktinolith (Säume)-Chlorit-Albit-Quarz, und schliesslich dann den Südbereich mit der Ausbildung von Aktinolith-Biotit-Epidot-Albit-Chlorit-Titanit-Quarz.

c) Plagioklas-Streifenamphibolite

Gesteine dieser Gruppe treten lokal stark gehäuft auf, finden sich aber sporadisch im ganzen Arbeitsgebiet verteilt. Sie sind am Rande grösserer Basitkomplexe charakteristisch für die Kontaktlinie mit anatektischen Gesteinen, und viele Amphibolite finden sich nur noch in dieser Ausbildung als Reliktstrukturen in anatektischer Umgebung. Während die Metabasite am Lac-Cornu noch relativ gut erhalten bleiben, Streifenamphibolite also dort nicht besonders häufig auftreten, finden sich im Massiv von Fully [6] bedeutende Vorkommen, die dort reliktisch als Grossscholle in den Granodioriten von Fully liegen. Wir können in ihnen gut erhaltene Streifenamphibolite sehen, deren Altbestand typisch ist für derartige Gesteine:

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblenden</i> : gut prismatisch entwickelt, meist kräftig olivgrün gefärbt. Charakteristische lagenweise Anreicherung von Hornblende oder Plagioklas	Parallel zur Spaltbarkeit lagert sich vor allem Chlorit ein. Nur kleine Relikte bleiben übrig. Fleckenweise blaugrüne Hornblende, Säume und Flecken von Aktinolith.
<i>Biotit</i> : primär rostrot, grosse Blätter, das Gefüge der Hornblenden kreuzend, also später als diese gebildet.	Einlagerungen von Chlorit und Titanit, parallel zur Spaltbarkeit, linsenförmige Einlagerungen von Prehnit, Albit oder Kalifeldspat.
<i>Plagioklas</i> : Hauptgemengteil neben Hornblende, An 34–60, entsprechend Fig. 3 streuend.	Serizitisierung verschieden stark, Einlagerung von Orthit (selten), Zoisit und Klinozoisit (zurücktretend), Zoisit bildet Zonen um Orthit.
Nebengemengteile: Titanit, Erz, Mörtelquarz	Als besondere Bildung grüner Stilpnomenan am Rande von Erzkörnchen und am Saum von Biotit und Hornblenden als kleine Büschel aufsitzend.

Im nördlichen Bereich des Mont-Blanc-Massivs finden sich Streifenamphibolite nur sporadisch, und zwar am Fusse des Catogne [13], im Bereich von Alpe Bovine [10], am Plan de l'Aiguille [8] und am Refuge Vallot [7]. Wie bei den anderen Gesteinsgruppen treten hier nun charakteristische Neubildungen auf:

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblenden</i> : meist olivgrün gefärbt, gut begrenzte Prismen	Fleckweise und randlich Aktinolith und bläulich-grüne Hornblende, teilweise Bestäubung durch Epidot. Nur in einem Fall [12] sind alle Individuen strahlig ausgefranst und zeigen einheitlich blaugrüne Farbe.
<i>Plagioklas</i> : relativ gut erhalten	Serizitisierung verschieden stark, Einlagerung von Zoisit, vor allem Klinozoisit, Epidot zurücktretend.

Im südlichen und südwestlichen Teil des Mont-Blanc-Massivs vom Tré la Tête und Val Veny über den Miage-Gletscher bis zum Mt. Dolent ist das Erscheinungsbild der Streifenamphibolite recht einheitlich [14–18]. Der Altbestand von Hornblende und Plagioklas zeigt folgende Veränderungen:

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblende</i> : idiomorph prismatische Ausbildung, olivgrüne Farbe	Fleckweise Auftreten von blaugrüner Hornblende, Entfärbung an Flecken und längs Säumen. Lokal [14] sehr starkes Auftreten von blaugrüner Hornblende und grünem Biotit im Bereich des Mont Dolent.
<i>Plagioklas</i> : vollständig umgewandelt	starke Serizitisierung, Auftreten von Albit, idiomorphen Epidot-Körnchen, Zoisit und Klinozoisit in Spuren.

Zusammenfassend können wir also feststellen, dass sich in der Verfolgung dieser Gesteinsgruppe über die einzelnen Fundpunkte hinweg charakteristische Veränderungen zeigen, die sich folgendermassen als Mineralparagenesen darstellen lassen:

Im Bereich von Fully als Fortsetzung der Aiguilles-Rouges sind Prehnit-Stilpnomen-Chlorit-Titanit-Zoisit-Serizit als Neubildungen anzusehen, in der nordwestlichen Randzone des Mont-Blanc-Massivs dagegen Zoisit-Klinozoisit-Titanit-Chlorit-Serizit und lokal blaugrüne Hornblende. Im Südbereich dagegen sind grüner Biotit-Epidot-Serizit charakteristisch, und lokal tritt blaugrüne Hornblende auf.

d) Anatexit-Amphibolite

Gesteine dieser Art sind das Endstadium anatektischer Auflösung amphibolitischer Serien, die unmittelbar an grano- bis quarzdioritische Mobilisate und Gneise angrenzen. Die nördlichste Fundstelle solcher Gesteine ist wieder im Bereich von Fully [6] zu finden, dort wo Granodiorite eine Grossscholle amphibolitischer Zusammensetzung umschließen. Sie haben dort ihre typische Erscheinungsform, nämlich als dunkelgesprenkelte Gesteine, deren helle Bestandteile vor allem Plagioklas und Quarz, zurücktretend auch Kalifeldspat darstellen, während die einzelnen Hornblendeprismen nur den geringeren

Gemengteil des Gesteins ausmachen, immer isoliert in der hellen Umgebung schwimmen. Zusätzliche Gemengteile sind fernerhin Biotit, Titanit und Erz.

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblenden</i> : idiomorphe Prismen, olivgrün	Einlagerung von Chlorit und Titanit parallel zur Spaltbarkeit.
<i>Biotit</i> : erscheint später als die Hornblenden, wohl Folge der frühvariszischen Anatexis, rostrot-braun	Chlorit und Titanit parallel zur Spaltbarkeit eingelagert, Epidoteinwanderung, linsige Einschaltungen von Prehnit und Kalifeldspat.
<i>Plagioklas</i> : einigermassen gut erhalten, An 26–55	Serizitisierung nicht besonders stark, nur in vereinzelten Fällen als grobblättriger Hellglimmer, Spuren von Klinozoisit.

Im mittleren Bereich der Umgebung der Alpe Bovine [11] ist die Umwandlung schon markanter, entspricht im Prinzip der vorher genannten Gesteinsgruppe mit lokalen Abweichungen [12].

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblenden</i> : blassgrün-olivgrün	Flecken blaugrüner Hornblenden, Flecken und Säume von Aktinolith, Einwanderung von Chlorit und grünem Biotit [12].
<i>Biotit</i> : nicht mehr erhalten	Rekristallisation als grüner Biotit
<i>Plagioklas</i> : nicht mehr erhalten	Serizit, zusammen mit Klinozoisit, Epidot und Albit

Im südlichen Bereich [14–18] ist die Erscheinung dieser Gesteine aber recht gleichartig, und die einzelnen Altmineralien ergeben die charakteristischen Neubildungen:

Altbestand	Neubildungen
<i>Hornblenden</i> : einzelne Prismen, olivgrün-blassgrün	Flecken von blaugrüner Hornblende, Flecken und Säume von Aktinolith, Einwanderung von Chlorit und Klinozoisit.
<i>Biotit</i> : kein Altbestand mehr	Umwandlung zu Chlorit und Titanit, Ersatz durch braunen oder grünen Biotit.
<i>Plagioklas</i> : nicht mehr erhalten	Serizitisierung, dabei anstelle der üblichen Hellglimmerschüppchen auch blassgrüne Blättchen mit leichtem Pleochroismus. Epidot, Calzit, wenig Klinozoisit.
<i>Kalifeldspat</i> : Mikroklin-Perthit	stark zu Schachbrettalbit umgewandelt, Einlagerung von blaugrüner Hornblende auf Perthit-verheilten Spalten.

Zusammenfassend stellen wir auch hier die folgenden Mineralparagenesen fest: Im nördlichen Bereich (Fully) sind wieder Prehnit-Chlorit-Klinozoisit-Titanit typisch, im nördlichen Randbereich des Mont-Blanc-Massivs sind Aktinolith-Chlorit-Klinozoisit-Titanit-Albit mit wenig Epidot vorhanden,

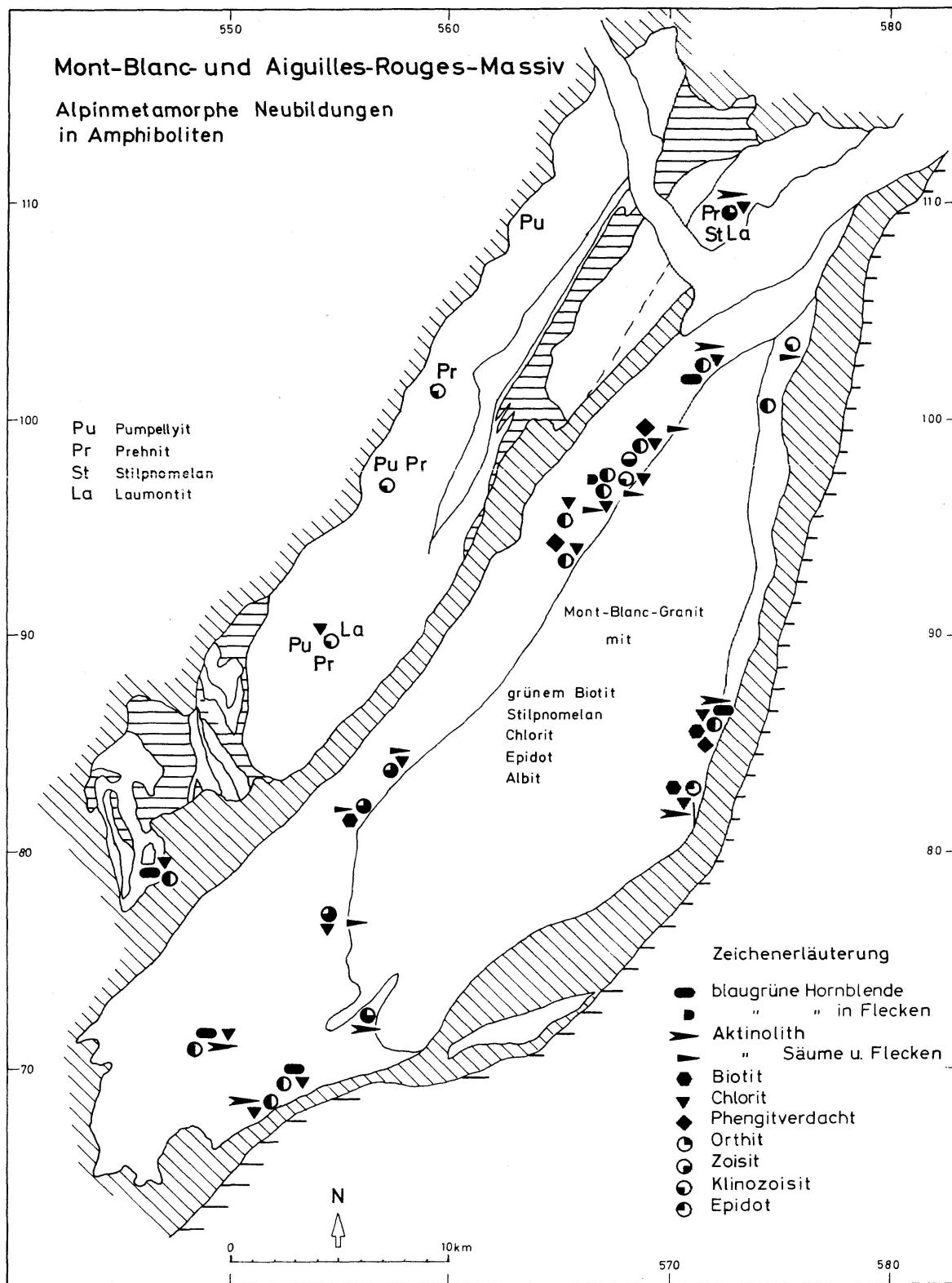


Fig. 4. Vorkommen charakteristischer alpinmetamorpher Neubildungen in Amphiboliten des Aiguilles-Rouges- und Mont-Blanc-Massivs.

blaugrüne Hornblenden stellen sich fleckenweise ein. Im Süden und Südwesten sind Aktinolith-Chlorit-grüner Biotit-Epidot-Klinozoisit (Spuren)-Albit zu finden, blaugrüne Hornblende ist relativ stark vertreten, und neben «Serizit» finden sich gröbere Kristallitate von Hellglimmern mit grünlichem Pleochroismus.

4. ZUSAMMENFASSUNG, VERGLEICH UND DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Die Übersichtsdarstellung (Fig. 4) zeigt, dass im untersuchten Bereich ein Wechsel der Mineralneubildungen zu verzeichnen ist.

So lässt sich das *Aiguilles-Rouges-Massiv* eindeutig vom Mont-Blanc-Massiv abtrennen, da sich in ersterem Mineralparagenesen ausbilden, die der Pumppellyit-Prehnit-Fazies entsprechen. In diesem Sinne ist auch die Kalifeldspat-Neubildung zu werten (s. FREY et al. 1973). Dieses Gebiet schliesst sich also mit seinen Neubildungen an die nördlich gelegene Zone an, wo im Taveyannaz-Sandstein die gleichen Mineralparagenesen festgestellt wurden (MARTINI 1970, MARTINI und VUAGNAT 1965, 1970). Diese Tatsache schliesst aber nicht aus, dass lokal auf Störungszonen auch die Bedingungen der Grünschieferfazies erreicht wurden, da häufig ältere vorhandene tektonische Elemente durch alpine Bewegungen wiederbelebt wurden.

Zur Bewertung der Vorkommen im Bereich des *Mont-Blanc-Massivs* bedarf es aber noch einiger zusätzlicher Bemerkungen, wenngleich dort überall Mineralparagenesen der Grünschieferfazies anzutreffen sind.

Beobachtet man die Füllung der Plagioklase, so erkennt man, dass vielfach mehrere Vertreter der Epidot-Gruppe neben Serizit auftreten, wobei aber immer ein Schwerpunkt festzustellen ist. So finden sich im Bereich des Plan de l'Aiguille [8] zwar Orthit, Zoisit und Klinozoisit, doch ist der Schwerpunkt bei Zoisit-Klinozoisit festzustellen. Im Bereich der weiter nordöstlich gelegenen Vorkommen [9–12] dagegen tritt an deren Stelle die Kombination Klinozoisit-Epidot, und im Südosten endlich können wir das Vorherrschen von Epidot erkennen. Die Zeichen in Fig. 4 werten also alle vorkommenden Mineralien aus, doch bedarf es der Setzung von Schwerpunkten, um den Vergleich im Kartenbild eindeutig zu machen (Fig. 5). Hierbei erkennen wir also eine Andeutung einer Zonierung in bezug auf die Ausbildung von Zoisit, Klinozoisit und Epidot als Füllmaterial in Plagioklas, und zwar ist es dabei gleichgültig, welchen der vier Amphibolit-Typen wir betrachten.

Wir wollen aber festhalten, dass in bezug auf die Epidotmineralien eine Mehrphasigkeit feststellbar ist, da sehr häufig mindestens zwei Generationen von Epidotmineralien nebeneinander auftreten, die sich sogar im Zonarbau aufeinander folgen können.

Chlorit findet sich überall verbreitet, während Biotit dagegen nur im Bereich

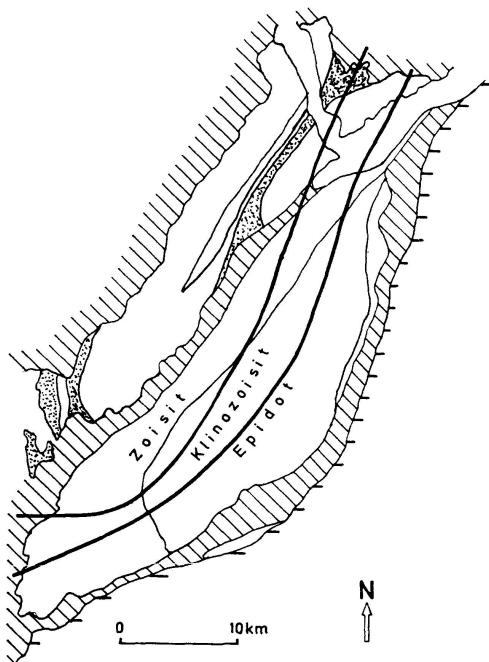


Fig. 5. Zusammenfassende Übersicht der Verteilung alpinmetamorpher Neubildungen aus der Epidot-Gruppe. Die Kurven beziehen sich nur auf die Amphibolite des Altkristallins im Mont-Blanc-Massiv.

der SE-Grenze des Mont-Blanc-Massivs auftritt. Interessant sind die Punkte von schwach grünlich-pleochroitischem Hellglimmermaterial in der Serizit-Füllung der Plagioklase, und zwar in diesem Falle auf Plagioklase der Anatexit-Amphibolite beschränkt, d. h. also, auf Gesteine, in denen durch die erhöhte Mobilisations-Stufe auch genug Alkalien für derartige Neubildungen zur Verfügung stehen. Es könnte sich hier um erste Anzeichen von Phengit handeln, die im Bereich der grossen Störungslinien im SE gegen das Penninikum und parallel zum Tal von Chamonix auftreten.

Endlich ist die Entwicklung der Hornblende-Neubildungen bedeutsam. Über ein Stadium fleckiger und zonarer Ausbildung von alten Hornblenden treten sowohl blaugrüne als auch Hornblenden aktinolithischer Zusammensetzung auf. Detailbeobachtungen aus Quarzporphyren, die im Bereich des Mont Dolent [14] die Basite durchschlagen, weisen darauf hin, dass die blaugrünen Hornblenden ein älteres Stadium darstellen, dann von den Hornblenden aktinolithischer Zusammensetzung umwachsen werden. Auch hier ist also eine Vielphasigkeit zu vermerken, wobei auch die blaugrünen Hornblenden mehr in höher mobilisierten Gesteinen auftreten, in denen mehr Alkalien zur Verfügung stehen.

Eine Interpretation dieser Mehrphasigkeit bei den Epidot-Mineralien und den Hornblenden ist nicht einfach, da das Untersuchungsmaterial zu gering ist, um bedeutendere Aussagen zu erlauben.

Für die verschiedene Ausbildung und auch die zonare Aufeinanderfolge der Epidotmineralien lassen sich verschiedene Gründe aufführen. Ist es eine reelle Änderung als Angleichung an neue metamorphe Bedingungen, haben wir es also mit einer metamorphen Zonierung zu tun? Dann würde es sich als wichtig

erweisen, dass im SE meistens Epidot vorliegt, während im NW Zoisit und Klinozoisit vorherrschen und dem Epidot vorangehen. HAMILTON (1963) kartierte eine Klinozoisit-Isograde zwischen der Biotit- und der Granat-Isogradien aus. Auf unser Gebiet übertragen würde das heissen, dass im Bereich der Zone von Chamonix die höhergradigen Mineralparagenesen zuerst vorhanden waren, und dann durch niedergradige Paragenesen der Grünschieferfazies ersetzt wurden.

Andererseits müssen uns die Ergebnisse von HÖRMANN und RAITH (1971, 1973) auch veranlassen, andere Faktoren zu berücksichtigen, wie z. B. ein Wechsel in der Sauerstoff-Fugazität. Der Erzmineralbestand mit Ilmenit, Rutil, Titanit, Graphit und verschiedenen Sulfiden kann hier als empfindlicher Hinweis angeführt werden. Ähnliche Paragenesen aus Amphiboliten werden von UYTENBOGAARDT (1953) beschrieben, da aber hier kein primärer Hämatit-Ilmenit oder sogar Hämatit vorliegen, könnte deren Fehlen und das Auftreten von Graphit und Sulfiden für reduzierende Tendenzen und geringeren Sauerstoffpartialdruck sprechen.

Im Bereich dauernd spielender alpiner Störungen müssen wir mit einer Änderung der O₂-Fugazität und auch einer generellen Änderung in der Zusammensetzung der Gas-Wasser-Phase rechnen, die ihrerseits aber wieder mit einer Änderung der metamorphen Bedingungen zusammenhängen können. Eine Entscheidung kann aber hier nicht getroffen werden, da zu viele unbekannte Faktoren unsere Entscheidung belasten.

Hinweise kann schon die Beobachtung verschiedener Hornblende-Abarten bieten. Normalerweise erkennen wir die für die Grünschieferfazies typische Ausbildung von strahligem Aktinolith, vermerken aber auch das Auftreten älterer, blaugrüner Hornblenden. Vergleichen wir diese Daten mit Hornblende-Untersuchungen aus alpinem Gebiet (WETZEL 1972), so könnten wir uns auch auf einem Teil der Entwicklungskette befinden, die von Glaukophan über blaugrüne Hornblende, aktinolithische Hornblende zum Aktinolith geht. Das soll nicht heissen, dass unbedingt Glaukophan auch hier einmal gebildet worden ist, doch sollte berücksichtigt werden, dass das erste Auftreten von Glaukophan im penninischen Bereich nur eine geringe Entfernung hat (vgl. Verteilungskarte Fig. 6 bei BOCQUET 1971, HUNZIKER in prep.) zu den Fundpunkten blaugrüner Hornblenden am Fusse des Mont Dolent, so dass man also durchaus im Einflussbereich einer früheren Hochdruckphase der penninischen Einheiten liegen könnte. Im gleichen Sinne könnte auch das Auftreten von phengitartigen Hellglimmern gedeutet werden. Es kann dies aber vorläufig nur ein vager Diskussionspunkt bleiben, der noch wesentlicher Bestätigungen bedarf, um auch volle Gültigkeit zu besitzen.

Während WENK und KELLER (1969) versuchten, möglichst einheitliche Amphibolite zu untersuchen, um die regionale Veränderung im Anorthit-Gehalt der Plagioklase festzustellen, musste bei diesen Untersuchungen mit

allem Amphibolit-Material vorlieb genommen werden. Eine sinngemäße Unterteilung nach makroskopischen und mikroskopischen Gesichtspunkten war die Grundlage einer Vergleichsmöglichkeit der neugebildeten Mineralparagenesen, die sich zusammenfassend folgendermassen charakterisieren lassen.

Die Amphibolite des Aiguilles-Rouges-Massivs zeigen einheitlich eine schwachmetamorphe Ausbildung mit Mineralien der Zeolith-Fazies (vor allem Pumpellyit-Prehnit), doch sind an Störungen auch Mineralparagenesen der Grünschieferfazies möglich. Im Mont-Blanc-Massiv dagegen stellte sich einheitlich die Grünschieferfazies ein, und zwar sowohl in den Amphiboliten wie auch im Mont-Blanc-Granit (VON RAUMER 1967, 1969, 1971), mit den Mineralien grüner Biotit-Chlorit-Epidot-Albit, und zusätzlich im Granit Stilpnomelan, im Amphibolit blaugrüne Hornblende, Aktinolith, Zoisit, Klinozoisit und eventuelle Anzeichen von Phengit.

Das Auftreten verschiedener Phasen von Hornblenden, nämlich in einem früheren Stadium Flecken, Säume und auch idiomorphe Nadeln von blau-grüner Hornblende, und in einem späteren Entwicklungsstadium Aktinolith in der gleichen Erscheinungsweise, die Spuren von Phengit-artigem Hellglimmer und eventuell auch die Mehrphasigkeit der Epidot-Mineralien weisen darauf hin, dass im Bereich des penninischen Randgebietes und längs der grossen Störungszonen (parallel zum Tal von Chamonix) der normalen Grünschieferfazies wohl eine mehr druckbetonte Phase vorausgegangen ist, so dass auch hier ein mehrphasiges Geschehen während der alpinen Metamorphose anzunehmen ist.

Für die sorgfältige Hilfestellung bei der Bestimmung der Erze und die anschliessende Diskussion danke ich Herrn Prof. G. Frenzel (Heidelberg) ganz besonders. Auch die bereichernden Diskussionen mit J. Hunziker (Bern) und R. Wetzel (Basel) haben zur nötigen Vervollständigung beigetragen. Für die Überlassung seiner Proben aus dem Catogne-Bereich sei J. Cl. Tieche bedankt. Für die stilgerechte Darstellung der entsprechenden Zusammenfassungen danke ich St. Ayrton (Lausanne) und M. Caron (Fribourg).

LITERATUR

- BAGGIO, P. (1964): Contributo alla conoscenza geologica del versante italiano del Monte Bianco. Atti. Ist. Ven. Sci. Lett. Arti, 122, 293–325.
- BELLIERE, J. (1958): Contribution à l'étude pétrogénétique des schistes cristallins du massif des Aiguilles-Rouges (Haute Savoie). Ann. Soc. Géol. Belgique, t. 81, 1–198.
- BOCQUET, J. (1971): Repartition de quelques minéraux du métamorphisme alpin dans les alpes franco-italiennes. Eclogae geol. Helv. 64, 71–104.
- (in prep.): Blue amphiboles of the western alps. Chemistry and physical characters.
- FREY, M., HUNZIKER, J. C., ROGGWILER, P. und SCHINDLER, C. (1973): Progressive niedriggradige Metamorphose glaukonitführender Horizonte in den helvetischen Alpen der Ostschweiz. Contr. Mineral. and Petrol. 39, 185–218.

- HÖRMANN, P. K. und RAITH, M. (1971): Optische Daten, Gitterkonstanten, Dichte und magnetische Suszeptibilität von Al-Fe(III)-Epidoten. *N. Jb. Miner. Abh.* 116, 1, 41–60.
- (1973): Bildungsbedingungen von Al-Fe(III)-Epidoten. *Contr. Mineral. and Petrol.* 38, 307–320.
- HUNZIKER, J. C. (in prep.): Rb-Sr- and K-Ar-age determinations and the alpine tectonic history of the Western Alps.
- KRUMMENACHER, D. (1959): Le cristallin de la région de Fully (Valais): *SMPM* 39, 151–266.
- KUBLER, B. (1969): Cristallinity of illite, detection of metamorphism in some frontal parts of the alps. *Vortragsref. 47. Jahrestagung DMG*.
- LAURENT, R. (1968): Etude géologique et pétrographique de l'extrémité méridionale du massif des Aiguilles Rouges (Haute Savoie). *Archives des Sciences, Soc. Phys. hist. nat.* 20, 223–353.
- MARTINI, J. (1968): Etude pétrographique des Grès de Taveyanne entre Arve et Giffre (Haute Savoie, France). *SMPM* 48, 539–654.
- MARTINI, J. et VUAGNAT, M. (1965): Présence du faciès à zéolithes dans la formation des «grès» de Taveyanne (Alpes franco-suisse). *SMPM* 41, 281–293.
- (1970): Metamorphose niedrigst temperierten Grades in den Westalpen. *Fortschr. Mineral.* 47, 52–64.
- OULIANOFF, N. (1924): Le Massif de l'Arpille et ses abords. *Mat. carte géol. Suisse, N. S.* 54, II.
- (1934): Massifs hercyniens du Mont-Blanc et des Aiguilles Rouges. *Geol. Führer der Schweiz, Basel*, II, 121–129.
- (1965): Contribution à l'histoire des massifs du Mont Blanc et des Aiguilles Rouges. *Bull. Soc. vaud. Sci. Nat.* 69, 317.
- OULIANOFF, N. zus. mit CORBIN, P. (1927–1938): Carte géologique du Mont-Blanc, 1 : 20000, H. Barrère, Paris. Blätter: Argentières, Chamonix, Le Tour, Les Tines, Servoz-Les Houches, Vallorcine, Talèfre, Mont-Dolent, Le Tacul-Col du Géant.
- VON RAUMER, J. (1967): Kristallisation und Gefügebildung im Mont-Blanc-Granit. *SMPM* 47, 499–579.
- (1969): Stilpnomelan als alpinmetamorphes Produkt im Mont-Blanc-Granit. *Contr. Mineral. and Petrol.* 21, 257–271.
- (1971): Das Mont-Blanc-Massiv – Altkristallin im Bereich schwacher alpiner Metamorphose. *SMPM* 51, 193–225.
- TIECHE, J. C. (1969): Travail de Diplôme (minéralogie). Lausanne.
- UYTENBOGAARDT, W. (1953): On the opaque mineral constituents in a series of amphibolitic rocks from Norra Storfjället, Västerbotten, Sweden. *Arkiv för Mineralogi och Geologi I*, 19, 527–543.
- WENK, E. und KELLER, F. (1969): Isograde in Amphibolitserien der Zentralalpen. *SMPM* 49, 157–198.
- WETZEL, R. (1972): Zur Mineralogie und Petrographie der Furgg-Zone (Monte-Rosa-Decke). *SMPM* 52, 161–236.

ANHANG:

VERZEICHNIS DER FUNDORTGRUPPEN NACH DEN NUMMERN AUS FIG. 1

Bei den Koordinaten enthalten die Angaben der französischen Karten die Abkürzung IGN und die der italienischen Karten die Abkürzung IGM.

- | | |
|--|--|
| 1. Umgebung des Lac Cornu
(IGN 949 400/116 600) | im wesentlichen Eklogitderivate bis massige Amphibolite |
| 2. Val Bérard und Beginn des Emosson-Wasserstollens (IGN 951 100/124 100) | Granatamphibolite und massive Amphibolite |
| 3. Umgebung Aiguille de Loria
(IGN 952 400/125 500) | massige Amphibolite |
| 4. Umgebung von Emosson, Wasserstollen
(IGN 953 800/128 500) | massige Amphibolite |
| 5. Salanfe-Stausee, Umgebung der alten Mine
(563 400/108 800) | massige Amphibolite |
| 6. Massiv von Fully (572 900/110 300) | Bänder- und Anatexit-Amphibolite |
| 7. Umgebung Refuge Vallot
(IGN 950 600/103 300) | massige und streifige Amphibolite als Relikte in anatektischen Gesteinen |
| 8. Umgebung Plan de l'Aiguille
(557 560/183 300) | massige bis anatektische Amphibolite als Relikte in Mobilisat |
| 9. Umgebung Glacier de Tour
(IGN 960 980/121 500) | massige Amphibolite |
| 10. Umgebung Pointe des Grands-Petoudes
(565 960/96 000) (567 200/95 790) | Granatamphibolitische bis massive Gesteine als Restschollen in anatektischen Gesteinen |
| 11. Umgebung Trient-Gletscher Alpe Bovine
(568 000/98 590) (567 430/97 520) | massige Amphibolite als Restschollen in anatektischen Gesteinen |
| 12. Gorges de Durnand
(571 000/101 870) | massige Amphibolite im Bereich der grossen Störungszone |
| 13. Umgebung Catogne
(575 500/103 100) (575 100/99 200) | massige Amphibolite als Restschollen und Xenolithe |
| 14. Mont Dolent, Fuss des Gletschers
(571 675–572 300/84 600–86 700) | massige bis Anatexit-Amphibolite, von Quarzporphyren durchschlagen |
| 15. Umgebung des Col Ferret
(571 540/84 030) | Aktinolithreiche kugelförmige Restschollen in stark mobilisierter Umgebung |
| 16. Umgebung des Rifugio Monzino
(556 350/73 250) | massige bis anatektisch beeinflusste Amphibolite |
| 17. Umgebung Col de la Seigne bis Glacier de Miage
(IGM 30 600/71 000) (IGM 29 550/69 965)
(IGM 29 750/70 065) (IGM 29 950/70 375) | Granatamphibolite, massive bis anatektisch beeinflusste Amphibolite |
| 18. Glacier de Tré la Tête. Umgebung des Refuge des Conscrits
(IGN 946 200/97 400) (IGN 945 150/97 450) | Granatamphibolite, massive bis streifige Amphibolite in anatektischer Umgebung |
| 19. Weg Bionnay-Bionnassay
(IGN 941 900/105 600) | dichte anatektisch beeinflusste Amphibolite |