



## Doctoral Thesis

# Contribution a la caractérisation du métamorphisme polyphase de la zone de Zermatt-Saas Fee (Alpes Valaisannes)

**Author(s):**

Ganguin, Jacques

**Publication Date:**

1988

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000541595> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Thèse ETHZ N° 8731

CONTRIBUTION A LA CARACTERISATION DU MÉTAMORPHISME POLYPHASE  
DE LA ZONE DE ZERMATT-SAAS FEE (ALPES VALAISANNES)

Thèse présentée à  
L'ECOLE POLYTECHNIQUE FEDERALE de ZÜRICH

en vue de l'obtention  
du titre de  
Docteur ès Sciences Naturelles

par

Jacques Ganguin  
minéralogiste diplômé  
de l'Université de Berne  
né le 1<sup>er</sup> janvier 1959  
originaire d'Eschert, Berne

acceptée sur recommandation de

M. le Prof. A. B. Thompson, rapporteur  
M. le Prof. V. Trommsdorff, corapporteur  
M. le Dr. R. Oberhänsli, corapporteur

*AB Thompson*

1988

### ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich vor allem beschreibend mit der polymetamorphen Überprägung der ophiolithischen Zone von Zermatt-Saas Fee. Die qualitative Natur der meisten Behauptungen ergibt sich aus dem Fehlen von geeigneten thermodynamischen Daten; mit Hilfe dieser hätte nämlich die Komplexität des basischen Systems, ohne die getroffenen Vereinfachungen (Extrapolation von experimentellen Kurven, Aktivitätsmodelle), besser berücksichtigt werden können. Trotzdem bestätigen und ergänzen die meisten Aussagen und Erkenntnisse der vorliegenden Dissertation die Resultate von MEYER (1983), welcher für den Allalingabbro eine ähnliche metamorphe Entwicklung beschrieben hat.

Zusammenfassend, ergeben sich folgende Resultate aus der vorliegenden Dissertation:

- Serpentine stammen mehrheitlich aus einem spinellführenden, lherzolitischem Protolith. Die charakteristische metamorphe Paragenese ist Antigorit-Forsterit-Ti-Klinohumit-Diopsid-Chlorit-Magnetit, welche fast während der ganzen metamorphen Entwicklung stabil blieb..
- Metagabbros sind aus der magmatischen Differenziation eines tholeiitischen Magmas entstanden. Drei Typen können unterschieden werden: 1) Metakumulate troktolithischer Zusammensetzung (Metamagnesiogabbros), 2) "normale" Metagabbros, aus einem Plagioklas- und Klinopyroxen-reichen Protolith entstanden, und 3) Metaferrogabbros, welche die differenziertesten Gesteine darstellen.
- Metabasalte sind aus einem an inkompatiblen Elementen (Ti, P, Zr) leicht angereicherten tholeiitischen MORB-Magma entstanden. Eine mehr oder weniger starke, post-magmatische, ozeanische hydrothermale Tätigkeit hat die Basaltchemismen verändert, d. h. vor allem Na und Mg angereichert und Ca ausgelaugt.
- Die metamorphe Kulmination ist mit einer ersten Deformationsphase gekoppelt. Die erreichten T-P Bedingungen liegen bei 550-600 °C und 18-24 kb, was einer Subduktion der ozeanischen Gesteine in ungefähr 60-70 km Tiefe entspricht. Eine post-kinematische Temperung hat nach der ersten Deformationsphase stattgefunden. Sie wird vor allem durch die Neubildung von Paragonit und Glaukophan auf Kosten von Disthen in den Eklogiten gekennzeichnet.
- Syn-eklogitische Adern und fluide Einschlüsse im Omphacit bezeugen die Anwesenheit einer wässrigen fluiden Phase während der Hochdruckmetamorphose ( $\text{NaCl}_{\text{eq}} = 6 \text{ Gew. \%}$ ;  $a_{\text{H}_2\text{O}} > 0.3$ ;  $\text{H}_2\text{O} \gg \text{CO}_2$ ).

- Als Folge der Komplexität des basischen Systems (mindestens 8 Komponenten), sind alle Phasengleichgewichte multivariant. Das chemische Potential der einzelnen Komponenten ist nur teilweise gepuffert, da mit jeder Änderung der Gesteinszusammensetzung sowohl die Paragenese wie die Mineralzusammensetzungen ändern.
- Die retromorphe Entwicklung der Gesteine ist unterschiedlich ausgebildet. Zahlreiche Relikte von Hochdruckmineralien sind charakteristisch für tiefe  $a_{\text{H}_2\text{O}}$ -Werte, da die meisten Umwandlungen eigentliche Hydratationen entsprechen. Die retromorphe Umwandlung einer Hochdruckparagenese erfolgt demnach nur in Gegenwart eines wässrigen Fluids. Als Katalysator dieser Reaktionen dient die Deformation, welche die Bahnen für die Fluidzirkulation schafft. Aus den Eklogiten und Glaukophaniten entstehen die typischen Albit-Amphibolite mit den zahlreichen Granat-Relikten.
- Die nachgewiesene submikroskopische Verwachsung von Talk und Phlogopit in Albit-Amphiboliten (Metaglaukophaniten) stellt eine Neuigkeit dar. Sie tritt charakteristischerweise nur als spätes Umwandlungsprodukt von Glaukophan in vormals Phengit-führenden Glaukophaniten.
- Die retromorphe Überprägung beginnt zuerst mit der Ausbildung von Albit-Amphiboliten ( $450 < T < 500$  °C und  $6 < P < 10$  kb), setzt sich aber fort mit der für die Grünschieferfazies typischen Ausbildung von Prasiniten (T um 400 °C und P um 5 Kb).
- Eine Kristallinschuppe innerhalb der ophiolithischen Zone ist durch eine relik-tische, druckbetonte, metamorphe Überprägung charakterisiert ( $480 < T < 550$  °C und  $10 < P < 14$  Kb). Die auftretenden Gesteine sowie der Metamorphosegrad dieser sogenannten Gneisserie erlaubt eine Korrelation mit dem Kristallin der Monte-Rosa Decke.

**ABSTRACT**

The present study deals with the polymetamorphic evolution of the ophiolitic rocks of the Zermatt-Saas Fee Zone. As for the Allalingabbro, described in detail by MEYER (1983), two main metamorphic events are recognised, each of them consisting of one or two phases:

- an Eo-Alpine (Upper Cretaceous) subduction-related high-pressure metamorphism with development of eclogitic parageneses in metabasites;
- a Meso-Alpine (Eocene/Oligocene) metamorphism of epidote amphibolite to greenschist facies, as a result of the uplift.

The Zermatt-Saas Fee Zone is composed of serpentinites, metagabbros, and metabasalts, with only few remnants of a sedimentary cover. The main paragenesis of the serpentinites is antigorite-forsterite-Ti-clinohumite-diopside-chlorite-magnetite and remains almost stable during the whole metamorphic evolution. The serpentinites are derived from spinel-bearing lherzolitic protoliths.

Main paragenetic changes occur in the metabasites. Three types of metagabbros may be recognised: 1) meta-magnesiogabbros, showing troctolitic cumulate compositions, 2) "normal" metagabbros, the gabbroic protoliths of which consisted essentially of plagioclase and clinopyroxene, and 3) meta-ferrogabbros. All three types define a magmatic differentiation trend of tholeiitic magma, ferrogabbros being the most differentiated rocks.

The metabasalts show slightly enriched (Ti, P, Zr) N-MORB compositions. During the oceanic stage, the chemical composition of most of the basalts was modified by a hydrothermal alteration due to convective fluid circulation. Depending on the water/rock ratio, the basalts were more or less "spilitized" (BEARTH and STERN 1971). The strongly altered rocks (depleted in Ca, enriched in Na and Mg) have been transformed to glaucophanites, whereas the less modified basalts have become eclogites.

The climax of the high-pressure metamorphism has been accompanied by a strong penetrative deformation, mainly ductile, but sometimes brittle, depending on the mineral which has been deformed. T and P have reached 550-575 °C and 18-24 kb respectively. The development of high-pressure veins and of fluid inclusions in omphacite indicates the presence of an aqueous fluid phase ( $\text{NaCl}_{\text{eq}} = 6 \text{ wt\%}$ ;  $a_{\text{H}_2\text{O}} < 0.3$ ;  $\text{H}_2\text{O} \gg \text{CO}_2$ ) during the high-pressure metamorphism. Post-kinematic recovery has affected most of the deformed matrices. This stage is characterised by new growth of paragonite and glaucophane in the eclogites, probably at the expense of kyanite.

Due to the complexity of the basaltic system (at least 8 components need to be taken into account to describe it correctly), all phase equilibria are multivariant. This is the reason why the chemical potentials are only partly buffered, as changes in the composition of the rock modify both mineral parageneses and mineral compositions.

The retrograde metamorphic overprint is not solely dependent on the P-T conditions. It depends also on the presence or absence of an aqueous fluid phase, as most of the retrograde reactions correspond to hydrations. The presence of relicts of high pressure minerals indicates the persistence of a low  $a_{\text{H}_2\text{O}}$ . The catalyst for the retrograde transformations is deformation, which creates new fluid-pathways. This is evidenced by rocks that have escaped late deformation and which normally contain well-preserved eclogitic parageneses.

A submicroscopic talc-phlogopite intergrowth has been found to replace glaucophane in retrograde phengite-bearing glaucophanites during a late stage of the metamorphic evolution.

Two stages in the retrograde evolution may be recognised:

- a first one, characterised by albite-bearing amphibolites (epidote amphibolite facies:  $450 < T < 500$  °C and  $6 < P < 10$  kb), corresponds to the climax of the Meso-Alpine metamorphism (38 my);
- a second one, characterised by normal greenschists (T around 400 °C and P around 5 kb), is probably contemporaneous with the regional Mischabel back-folding event.

A slice of crystalline rocks within the ophiolites show relicts of a former high-pressure metamorphic overprint ( $480 < T < 550$  °C and  $10 < P < 14$ kb). The lithologic composition of this Gneissic Zone and the presence of this metamorphism may be indicative of a common origin with the basement of the Monte Rosa nappe.