

Zeitschrift:	Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
Band:	56 (1976)
Heft:	1
Artikel:	Chlorit-Spinell-Paragenesen aus Dolomitmarmoren des Bergell-Ostrandes
Autor:	Bucher-Nurminen, Kurt
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-43678

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: 23.01.2026

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

Chlorit-Spinell-Paragenesen aus Dolomitmarmoren des Bergell-Ostrandes

Von *Kurt Bucher-Nurminen* (Zürich)*)

Mit 2 Figuren und 2 Tabellen

Abstract

Spinel and Mg-chlorite are widespread in dolomitic marbles within the contact aureole of the Bergell intrusion. Together with calcite, dolomite and Mg-silicates, the two Al-bearing minerals form a number of different assemblages. The most common is dolomite-calcite-olivine-chlorite-spinel. Mosaic textures suggest that equilibrium was achieved. According to a temperature- X_{CO_2} diagram, the chlorite-spinel-assemblages may have equilibrated below the tremolite-dolomite-out isograd and therefore at lower temperatures than those reached during the preceding peak of metamorphism (as indicated by the calcite-dolomite geothermometer).

Geologische Situation

Der geologische Rahmen der hier betrachteten Gesteine wurde kürzlich von TROMMSDORFF, PETERS und BUCHER (1975) beschrieben. Es sei daher auf diesen kurzen geologischen Abriss verwiesen (Exkursion 2).

Gesteinstypen des Bergell-Ostrandes

Im Gebiet Val Sissone–Cima di Vazzeda, also im eigentlichen Kontaktbereich der Bergeller-Intrusion, finden sich neben den granitoiden Gesteinen des Bergells hauptsächlich folgende Gesteinstypen: granitoide Gneise, Granat-Sillimanit-Gneise, Enstatit-Olivin-Felse, Tremolit-Anthophyllit-Olivin-Felse. Besonders variabel bezüglich chemischer Zusammensetzung und Mineralbestand sind jedoch die grossen Massen von hochmetamorphen Karbonatgesteinen.

*) Institut für Kristallographie und Petrographie, ETH-Zentrum, 8092 Zürich.

Die Dolomit-Marmore

Unter den Dolomitmarmoren sind – neben reinen Typen – gebänderte Phlogopit-Olivin-Dolomitmarmore am häufigsten. Sehr verbreitet treten auch alkaliarme bis -freie aluminiumführende kieselige Dolomite auf. Neben Calcit und Dolomit sind Olivine, Minerale der Humit-Gruppe, Ca-Amphibole, Klinopyroxene, Mg-Chlorite und Spinelle die wichtigsten Minerale dieser Gesteine.

Al-führende kieselige Dolomite

Die Bergeller-Marmore enthalten grobspäti gen, teilweise entmischten Calcit und frischen Dolomit. Die meist etwas zerbrochenen Olivine sind gelegentlich elongiert, jedoch wenig serpentinisiert. Tremolit findet sich einerseits als lange Nadeln oder auch als breite Stengel, andererseits als stark korrodierte Körner. Diopsidischer Klinopyroxen kommt hauptsächlich in den Übergangszonen zwischen Dolomitmarmoren und Kalksilikatfelsen vor. Die beiden monoklinen Vertreter der Humit-Gruppe Chondrodit und Klinohumit bilden bis zentimeter-grosse, stark gelb bis rotbraun gefärbte Kristalle von unregelmässiger Form. Die häufig idiomorph ausgebildeten Spinelle zeigen im Dünnschliff alle Farb-übergänge von farblos über Grün nach Braun. Stark gefärbte Kristalle zeigen oft orientierte Entmischungen von Magnetit. Mg-Chlorit bildet grössere, scharf begrenzte, manchmal etwas geknickte Blätter. Sehr oft beobachtet man Par-

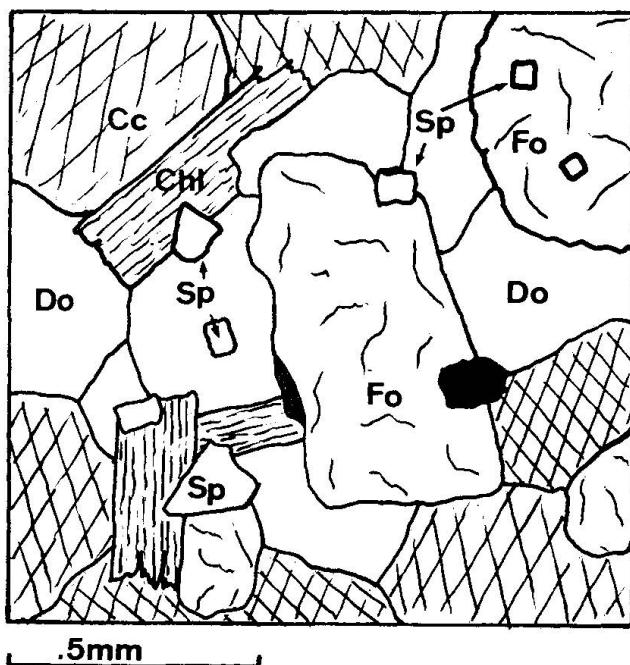


Fig. 1. Mosaikgefüge der Paragenese Cc-Do-Fo-Sp-Chl.

allelverwachsungen von Chlorit mit Phlogopit. Die Chlorit-Spinell-Paragenesen zeigen häufig mosaikartige Gleichgewichtsgefüge (Fig. 1). Aus diesen Gefügen ist nicht ersichtlich, ob sich Spinell progressiv auf Kosten von Chlorit bildet oder ob Chlorit das Produkt einer retrograden Umwandlung aus Spinell darstellt. Späte retrograde Chlorit- oder Hydrotalkitsäume um Spinell, wie sie aus dem westlichen Bergell von TROMMSDORFF (1966) sowie TROMMSDORFF und SCHWANDER (1969) beschrieben wurden, finden sich ebenfalls in den Sissone-Marmoren. Die Gefüge dieser Chlorit-Spinell-Paragenesen unterscheiden sich jedoch erheblich von den «Gleichgewichts-Gefügen» der in dieser Arbeit betrachteten Chlorit-Spinell-Paragenesen.

Sondenanalysen sämtlicher erwähnten Minerale haben ergeben, dass die Mineralphasen meist sehr wenig von der jeweiligen Endgliedzusammensetzung abweichen. So enthält etwa ein typischer Olivin 98 Mol% Forsterit, Ca-Amphibol 97 Mol% Tremolit usw. Mg-Calcite enthalten bis zu 8,3 Mol% Magnesit; die Mg-Chlorite zeigen einen leichten Al-Überschuss gegenüber der theoretischen Klinochlorzusammensetzung. Klinohumit und Chondrodit enthalten neben recht viel Titan immer Fluor. Da die folgende kurze Betrachtung der Bildungsbedingungen der Chlorit-Spinell-Marmore auf die chemischen Komponenten CaO - MgO - Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O - CO_2 beschränkt ist, müssen die Humit-Minerale von der Diskussion ausgeschlossen werden. Beide Minerale können unter den gegebenen Bedingungen nur in Anwesenheit von HF-Komponenten im metamorphen Fluid gebildet werden. Außerdem sind zur Zeit noch nicht genügend experimentelle Daten über die Humitminerale verfügbar, weshalb sie noch nicht in ein quantitatives Modell einbezogen werden können.

Bildungsbedingungen für die Mineralparagenesen in den Dolomitmarmoren

Die betrachteten Marmore haben alle einen Gesamtgesteinschemismus, welcher innerhalb des Phasenvolumens Calcit-Dolomit-Diopsid-Chlorit liegt. Dieses Volumen umfasst chemographisch acht isobar univariante Reaktionen zwischen den Phasen der Tabelle 1a (Tab. 1b). Für diese Reaktionen wurde ein T-X-Diagramm gerechnet, welches die Mischkristallbildung in den Karbonaten berück-

Tab. 1a. *Betrachtete Phasen*

Name	Symbol	Zusammensetzung
Calcit	Ce	CaCO_3
Dolomit	Do	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Forsterit	Fo	Mg_2SiO_4
Tremolit	Tr	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
Diopsid	Di	$\text{CaMgSi}_4\text{O}_6$
Chlorit	Chl	$\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
Spinell	Sp	MgAl_2O_4
Fluid	Fl	$(\text{CO}_2)_x(\text{H}_2\text{O})_{(1-x)}$

Tab. 1 b. *Betrachtete isobar univariante Reaktionen*

<i>Nummer</i>	<i>Stöchiometrie</i>
1	$\text{Chl} + 2\text{Do} = 2\text{Ce} + \text{Sp} + 3\text{Fo} + 2\text{C}^*) + 4\text{W}^*$
2	$8\text{Chl} + 23\text{Ce} + 11\text{C} = 3\text{Tr} + 17\text{Do} + 8\text{Sp} + 29\text{W}$
3	$\text{Tr} + 11\text{Do} = 8\text{Fo} + 13\text{Ce} + 9\text{C} + \text{W}$
4	$11\text{Chl} + 4\text{Ce} = 2\text{Tr} + 11\text{Sp} + 17\text{Fo} + 4\text{C} + 42\text{W}$
7	$\text{Di} + 3\text{Do} = 2\text{Fo} + 4\text{Ce} + 2\text{C}$
8	$3\text{Chl} + 2\text{Ce} = 5\text{Fo} + 2\text{Di} + 3\text{Sp} + 2\text{C} + 12\text{W}$
10	$\text{Tr} + 3\text{Ce} = \text{Do} + 4\text{Di} + \text{C} + \text{W}$
13	$3\text{Tr} + 5\text{Ce} = 2\text{Fo} + 11\text{Di} + 5\text{C} + 3\text{W}$

* C = CO₂, W = H₂O.

sichtigt, die übrigen festen Phasen wurden als rein angenommen. Für die Berechnung wurden Daten von SKIPPEL (1974) und FAWCETT und YODER (1966) verwendet. Da die Daten für Chlorit mit grossen Fehlern behaftet sind, ist die genaue Lage der Chlorit-Spinell involvierenden Reaktionen unsicher.

Da alle Dolomitmarmorproben von Marmorschollen im Bergeller-Tonalit stammen, werden isobare und isotherme Bildungsbedingungen angenommen. Die in der Tabelle 2 aufgeführten Paragenesen des Val Sissone sind im T-X-Diagramm (Fig. 2) entlang einer Isotherme eingetragen.

Tab. 2. *Beobachtete Mineralparagenesen in Dolomitmarmoren des Val Sissone*

<i>Paragenese*)</i>	<i>Symbol**) </i>	<i>Reaktions-Nr.</i>	<i>Gesteinstyp</i>
Ce-Do-Fo-Sp	D	divariant	Al-führende kieselige Dolomite
Ce-Di-Fo-Sp	A	divariant	
Ce-Do-Fo-Sp-Chl	E	1	
Ce-Di-Fo-Sp-Chl	B	8	
Ce-Do-Fo-Chl	F	divariant	
Ce-Do-Fo-Tr-Chl	G	3	
Ce-Do-Tr-Fo	G	3	kieselige Dolomite
Ce-Di-Tr-Fo	C	13	
Ce-Do-Tr	H	divariant	
Ce-Do-Fo	F'	divariant	
Ce-Di-Fo	A'	divariant	

*) Für Abkürzungen siehe Tabelle 1 a.

**) Diese Symbole werden im Text und im Diagramm (Fig. 2) verwendet.

a) Progressive Bildung

Folgende Interpretationen sind denkbar:

Das häufige Auftreten von niedrigvarianten Paragenesen deutet generell auf interne Kontrolle des X_{CO₂} hin, jedoch kann teilweiser freier Fluidaustausch mit dem Nebengestein nicht ausgeschlossen werden (zonierte metasomatische Adern). Auf Grund der beobachteten Paragenesen (Fehlen von Tremolit-Spinell, Anwesenheit von Tremolit-Dolomit) muss der isotherme Schnitt bei Temperaturen unterhalb des Maximums der Reaktion 3 sowie unterhalb des Diopsid-abwesenden Invarianzpunktes (Schnittpunkt der Reaktionen 1, 2, 3 und

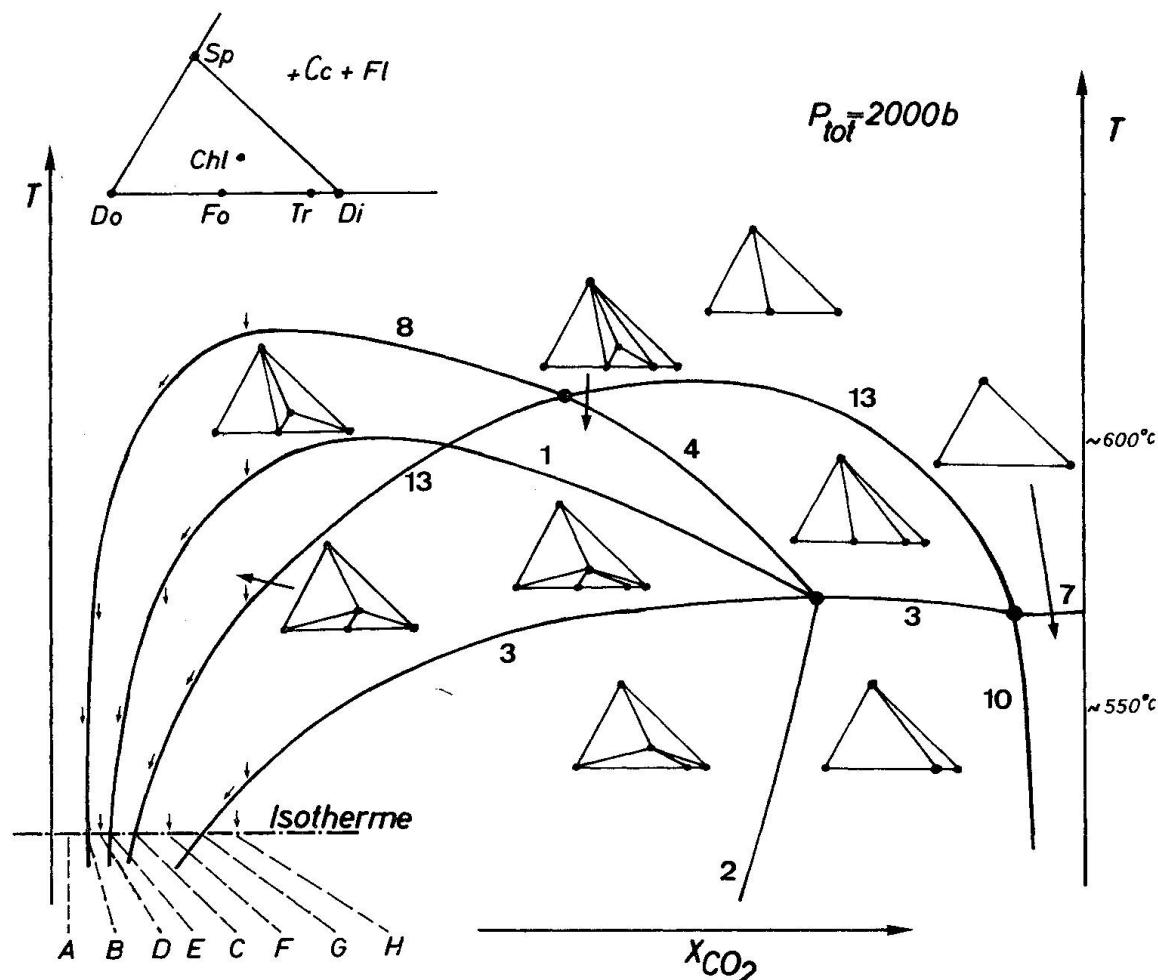


Fig. 2. Schematisches T-X-Diagramm.

Die Numerierung der Reaktionen entspricht derjenigen der Tabelle 1b. Die Paragenesen A–H entlang der Isothermen beziehen sich auf Tabelle 2. Die Reaktionen 3, 7, 10 und 13 sind mit den von SKIPPER angegebenen Fehlern behaftet. Die Lage der Kurven 1, 2, 4 und 8 ist auf diesem Diagramm nur schematisch angegeben (große Fehler bei den experimentellen Daten).

4) gelegt werden. Nach SKIPPER (op. cit.) liegt das Maximum der Reaktion 3 bei ca. 570 °C (für 2 kb Totaldruck) oder bei ca. 580 °C (für 3 kb Totaldruck). Diese Maximaltemperatur scheint für Marmoreinschlüsse in einem granitoiden Intrusivgestein viel zu tief. Auch die Paragenese Olivin-Enstatit in ultrabasischen Begleitgesteinen sowie Magnesitgehalte in Mg-Calcit von bis zu 8,5 Mol% deuten auf deutlich höhere Temperaturen für das Metamorphosemaximum hin.

b) Retrograde Bildung

Eine Interpretation der beobachteten Paragenesen als retrograde Bildungen ist ebenfalls unter der Annahme, dass die festen Phasen das X_{CO_2} kontrollieren, möglich. Allerdings würde eine retrograde Metamorphose mit interner X_{CO_2} -

Kontrolle ein sehr H_2O -reiches Ausgangsfluid bedingen ($X_{CO_2} < 0,143$ = Maximum der Reaktion 8). Andernfalls müssten Spinell-Tremolit-Paragenesen gefunden werden. Ein sehr H_2O -reiches Fluid wird durch das weitverbreitete Auftreten von Predazziten sowie zoisitführenden Paragenesen in Kalksilikaten angezeigt. Die hier vorgeschlagene retrograde Bildungsgeschichte der Bergeller Chlorit-Spinell-Paragenesen ist in Figur 2 mit Pfeilen dargestellt und sei im folgenden zusammengefasst:

Abkühlung ↓	Ausgangsparagenese	D. Ce-Do-Fo-Sp	A. Ce-Di-Fo-Sp
	Reaktion 1 resp. 8	E. Ce-Do-Fo-Sp-Chl	B. Ce-Di-Fo-Sp-Ch
	Reaktion 3 resp. 13	F. Ce-Do-Fo-Chl	Ce-Di-Fo-Chl
	Endparagenese	G. Ce-Do-Fo-Tr-Chl	C. Ce-Di-Fo-Tr-Ch
		H. Ce-Do-Tr-Chl	Ce-Di-Tr-Chl
			Ce-Do-Tr-Chl

Alle diese Paragenesen wurden im Val Sissone bis in den Handstückbereich nebeneinander festgestellt. Unter diesen wohl isothermen und isobaren Bedingungen kann eine retrograde Metamorphosephase in einem zwar prinzipiell wasserreichen, aber doch lokal stark in der Zusammensetzung variierenden metamorphen Fluid angenommen werden.

Literatur

- FAWCETT, J. J. and H. S. YODER (1966): Phaserelationships of chlorites in the system $MgO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. Am. Mineral., Vol. 51.
- SKIPPEL, G. (1974): An experimental model for low pressure metamorphism of silicious dolomitic marble. Am. Jour. of Sci., Vol. 274.
- TROMMSDORFF, V., PETERS, T.J. und K. BUCHER (1975): Bericht über die Exkursion der SMPG in das Gebiet Bernina-Malenco-Bergell Ostrand. Schweiz. Min. Pet. Mitt. Band 55, Heft 3.
- TROMMSDORFF, V. und H. SCHWANDER (1969): Brucitmarmore in den Bergelleralpen. SMPM Band 49, Heft 2.
- TROMMSDORFF, V. (1966): Beobachtungen zur Paragenese Forsterit-(Klinohumit, Chondrodit-)Klinochlor in metamorphen Dolomitgesteinen des Leontins. SMPM Band 46, Heft 2.

Manuskript eingegangen am 31. Januar 1976.