



Doctoral Thesis

## **Petrographische und geochemische Untersuchungen an basischen Gesteinen der Bergeller Intrusion (Graubünden, Schweiz/Provinz Sondrio, Norditalien)**

**Author(s):**

Diethelm, Karlheinz

**Publication Date:**

1989

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000588034> →

**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](#).

Diss. ETH Nr. 8855

**Petrographische und geochemische Untersuchungen an basischen Gesteinen  
der Bergeller Intrusion**

(Graubünden, Schweiz / Provinz Sondrio, Norditalien)

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines

DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

Vorgelegt von

**Karlheinz Diethelm**

Dipl. Natw. ETH Zürich, Geologe

geboren am 10.10.1959

von Hefenhofen (TG)



Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. V. Trommsdorff, Referent

Prof. Dr. V. Dietrich, Korreferent

*Volkmar Trommsdorff*

1989

## ZUSAMMENFASSUNG

Kleine Hornblendegabbro- bis Hornblenditvorkommen treten im Bergeller Intrusivkörper in zwei tektonischen Stellungen auf: zum einen als Einschlüsse im Tonalit, zum andern am Kontakt des Tonalits zum Rahmengestein. Währenddem die Hornblendite und wenig differenzierten Hornblendegabbros passiv in ihre jetzige Stellung gelangten, zeigen die höher entwickelten Hornblendegabbros z.T. intrusive Beziehungen zu den Rahmengesteinen.

Haupt- und Spurenelementchemie sowie die REE-Gehalte belegen, dass es sich bei diesen Gesteinen um kalkalkalische Frühdifferentiate eines basischen Parentalmagmas handelt. Die komagmatische Entstehung mit den Hauptintrusiva ist wahrscheinlich. Die Geochemie der Hornblendite und der verschiedenen Hornblendegabbros belegt, dass es sich um eine kogenetische Entwicklung handelt, charakterisiert durch hohen Wasserpartialdruck und somit früher Amphibolstabilisierung. Es können zwei Abschnitte der geochemischen Entwicklung unterschieden werden: Die Zusammensetzung der Hornblendite wird dominiert durch Kumulateffekte von Olivin, Klinopyroxen und z.T. Orthopyroxen, die nachfolgende Differenzierung der Hornblendegabbros durch fraktionierte Kristallisation von Klinopyroxen, Hornblende und Plagioklas. Geobarometrie impliziert eine Kristallisation der Hornblendite und Hornblendegabbros in einer Magmenkammer in 20-25 km Tiefe. Thermometrie ergibt als Minimaltemperatur für koexistierende Klinopyroxen-Orthopyroxen-Paare ca. 970°C. Die plagioklasdominierte in situ-Kristallisation von gabbroiden Restschmelzen (Feinkörnige Hornblendegabbros) fand in rund 15 km Tiefe statt. Radiogene und stabile Isotopen der Frühdifferentiate belegen eine Mantelherkunft. Aufgrund der REE-Verhältnisse und der Mineral- und Spurenelementchemie wird ein pikrobasaltisches Parentalmagma postuliert, mit einem nur schwach fraktionierten REE-Pattern und einer rund zehnfachen chondritischen Anreicherung der LREE. Der Vergleich von Sauerstoff- und Strontium-Isotopen deutet auf eine zweistufige Kontamination. Der im Vergleich mit Mantelwerten leicht erhöhte  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_{\text{INT}}$  auch der basischsten Kumulate kann erklärt werden mit einer Kontamination der Source durch Sr-reiche Fluids, die möglicherweise aus einer subduzierten Platte stammen. Die unterschiedlichen Isotopen-Resultate im West-Ost-Profil des Tonalits dokumentieren dagegen eine zweite, mengenmässig wesentlich bedeutendere Kontamination in rund 20 km Tiefe durch AFC-Prozesse.

Vorkommen basischer, prä- und synintrusiver Gänge innerhalb und ausserhalb der Intrusiva belegen einen länger andauernden lamprophyrischen Gangmagmatismus. Es kann ein shoshonitischer und ein kalkalkalibasaltischer Magmentyp unterschieden werden. Mineralogie, Totalgesteinschemie und Seltene Erden der shoshonitischen Suite sind kompatibel mit der Entstehung eines entsprechenden Primärmagmas als prozentual geringe Partialschmelze eines granatlerzolitisches Mantels in grosser Tiefe (> 100 km). Dagegen liegen die kalkalkalibasaltischen Ganggesteine auf dem Differentiationstrend der

Hauptintrusiva. Eine komagmatische Entstehung mit diesen kann nicht ausgeschlossen werden.

Ein Grossteil der basischen Schlieren und der sogenannten "endogenen" Xenolithe in den Bergeller Intrusiva sind das Produkt eines Magma-Mingling zwischen eingeschossenen basischen Magmen und den Magmen der Hauptintrusiva. Dies wird belegt durch direkte Feldevidenzen der Entstehung von Xenolithschwärmen/-bändern aus synintrusiv eingedrungenen basischen Gängen durch differenzielle Fließbewegungen des unvollständig kristallisierten Wirtgesteins. Untermauert wird dies durch mineralogische und geochemische Vergleiche von Gang- und Einschlussproben. Die verschiedenen Erscheinungsformen und speziellen Ausbildungen sind auf die verschiedenen Magmentypen, die unterschiedliche Kristallinität des Wirtgesteins, auf z.T. direkt beobachtbare magmatische Phänomene (Abschreckungsränder, mehrphasige Gänge) und auf unterschiedliche metasomatische Überprägung zurückzuführen.

## **ABSTRACT**

---

In the Bergell intrusive complex, small bodies of hornblende-gabbroic to hornblenditic rocks occur in two different tectonic positions: First as inclusions in the tonalite, second at the contact between tonalite and country rocks. Hornblendites and minor differentiated hornblende-gabbros seem to have been emplaced passively as rigid masses. In contrast, the more evolved hornblende-gabbros show intrusive relations towards the surrounding rocks.

Main and trace element geochemistry as well as the REE contents are compatible with an interpretation of these rocks as early differentiates of a calcalkaline basic parental magma. Cogeneity with the main intrusives is highly probable. The geochemistry of hornblendites and hornblende-gabbros indicates that these rocks evolved from the same parental magma, characterized by a high  $P_{H_2O}$  and therefore early crystallisation of paragonitic hornblende. The rocksuite shows two different stages of geochemical development: The chemistry of the hornblendites is dominated by the varying proportions of primocrystic cumulus crystals (olivine, clinopyroxene, orthopyroxene), the subsequent differentiation is determined by fractional crystallisation of clinopyroxene, amphibole and plagioclase. Geothermobarometry indicates crystallisation of hornblendites and hornblende-gabbros in a magma chamber at about 20-25 km depth and temperatures in excess of 1000°C. The crystallisation of gabbroic residual melts (fine-grained hornblende-gabbros) took place at about 15 km depth. It was dominated by plagioclase-amphibole fractionation which lead to a strong iron enrichment in these rocks.

Radiogenic and stable isotopes give a clear mantle signature. Based on REE-pattern and mineral- and trace element-chemistry, a picobasaltic parental magma is suggested, having a weakly fractionated REE-pattern, with an approximately tenfold enrichment (chondrite) of the LREE. The combination of oxygen- and strontium-isotopes points to a two step contamination. The Sr-initials of even the most primitive cumulates are slightly higher than mantle values. This may be due to a source contamination of the mantle region (prior to partial melting) with an eventually slab-derived Sr-rich fluid. The different isotopic signals along a west-east profile of the tonalite indicate a second, much more pronounced contamination, which occurred at about 20 km depth and was dominated by AFC-processes.

The occurrence of pre- and synintrusive basic dikes outside and inside the pluton bear witness to a longlasting dike magmatism, which can even postdate the main intrusive events. A shoshonitic and a calcalkaline-basaltic magmatype can be distinguished. Mineralogy, geochemistry and REE-pattern of the shoshonitic suite are compatible with having been derived from a primary magma which formed as a low percentage partial melt of a garnet lherzolite at great depth (> 100 km). In contrast the calcalkaline-basaltic dikes lie on the differentiation trend of the main intrusives - a comagmatic origin cannot be excluded.

A major part of basic schlieren and of the "endogene" xenoliths occurring in the Bergell intrusives may be regarded as mingling products between an injected basic magma and the slowly crystallizing magmas of the major intrusives. This can be documented with direct field evidence of the development of xenolith bands and swarms from synintrusive dikes. These dikes become disintegrated by differential flow of the incompletely crystallized host magma. This is corroborated by mineralogical and geochemical similarity of dikes and inclusions. In detail the different phenomenologic types of inclusions are due to different magma types, different crystallinity of the host rock at the time of mingling, magmatic features such as chilled margins or multiple dikes and, last but not least, the different degree of metasomatic overprint.