

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

**Band:** 70 (1990)

**Heft:** 1

**Artikel:** Geochemische Argumente zur Genese der "Älteren Orthogneise" der  
Silvretta

**Autor:** Maggetti, M. / Galetti, G. / Stosch, H.G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-53607>

### **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:** 27.01.2026

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

## Geochemische Argumente zur Genese der «Älteren Orthogneise» der Silvretta\*

von M. Maggetti<sup>1</sup>, G. Galetti<sup>1</sup> und H.G. Stosch<sup>2</sup>

### Abstract

The so-called "older orthogneisses" of the Silvretta are a group of rocks of ultramafic, gabbroic, dioritic, tonalitic and granitic composition. Metadiorites (Hornblende-gneisses) and metatonalites (Biotite-gneisses) prevail in the field. Based on 62 chemical analyses of intermediate and acid orthogneisses, a subduction-related generation of the precursor magmas can be inferred, contrasting with the divergent plate margin setting of the field-related metagabbros. REE analyses are not easy to interpret. As a working hypothesis, the generation of intermediate magmas by partial anatexis of garnet-bearing metabasites is proposed. The basic liquids were probably produced in a one-stage anatectic process in the mantle. Both magma types could have coexisted in a collision regime.

**Keywords:** Magma generation, anatexis, subduction, geochemistry, Silvretta, Switzerland.

### 1. Einführung

Die Gruppe der «Älteren Orthogneise» (GRAUERT, 1969) umfasst nach den neueren Geländearbeiten der Berner und Freiburger Arbeitsgruppen ultramafitische, gabbroide, intermediäre und granodioritische bis granitische Gesteine. Die meisten sind metamorph überprägt und deutlich geschiefert. Magmatische Gefüge- und Mineralrelikte haben sich nur selten, speziell in den ultramafitischen bis gabbroiden Varianten erhalten (SPAENHAUER, 1932; THIERRIN, 1982, 1983; VON DER CRONE 1989). Die intermediären quarzdioritischen bis dioritischen Typen sind am weitesten verbreitet. Es handelt sich um Hornblendegneise, die häufig dunkle, hornblendereiche, gelängte Einschlüsse enthalten. Die biotitreichen, tonalitischen bis granodioritisch-granitischen Abarten sind rar.

### 2. Geochemie

Geochemisch gehören die «Älteren Orthogneise» zu den I-Typ-Plutoniten (FLISCH, 1987). Im Klassifikationsdiagramm Rb vs. Y + Nb (Abb. 1) fallen die meisten der 62 Analysen intermediärer

und saurer Orthogneise ins VAG-Feld. Einige Biotit-Tonalitgneise bzw. Granodioritgneise besetzen das ORG-Feld, was aber nicht unbedingt ein geotektonisches Indiz sein muss, denn Fraktionierungsprozesse könnten auch zu solch hohen Y + Nb-Werten führen. Es ist auffallend, dass nur diese Ausreisser Granat enthalten. Die allgemeine Subduktionsaffinität der intermediären und sauren Typen steht aber im Widerspruch zur geotektonischen Position der räumlich vergesellschafteten Gabbros bzw. Metagabbros. Nach Durchgang des  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ -Filters (PEARCE, 1983) erwiesen sich von 32 chemischen Gabbroanalysen nur 6 als «ehemalige basische Schmelzen»; werden diese mit gängigen Diskriminationsdiagrammen getestet, so sind sie eher einem divergierenden als einem konvergierenden Plattenrand zuzuordnen (Abb. 2). Im Y vs.  $\text{FeO}_{\text{tot}}$  + MgO-Diagramm fallen alle 32 Gabbroanalysen ins Tholeiit- und nicht ins CAB-Feld! Es erhebt sich dabei die Frage, ob die gabbroiden und intermediären bis sauren Schmelzen überhaupt gleichaltrig sind und in welcher genetischen Beziehung sie untereinander stehen. In der Silvretta sind an einigen Stellen Verbandsverhältnisse aufgeschlossen, die am ehesten mit der Koexistenz

\* Erweiterte Zusammenfassung eines Vortrags im Rahmen der Jahresversammlung der SMPG, Freiburg, 13./14. Oktober 1989.

<sup>1</sup> Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität, Pérolles, CH-1700 Freiburg

<sup>2</sup> Mineralogisch-petrographisches Institut, Universität, D-5000 Köln

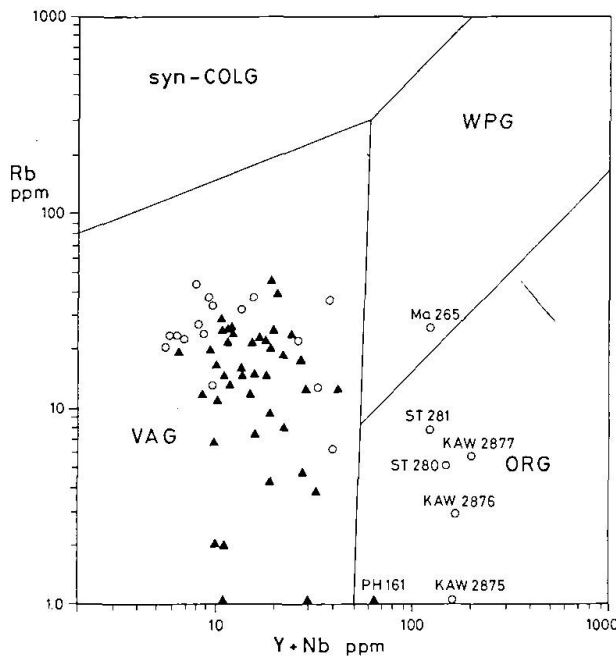


Abb. 1 Geotektonische Klassifikation der 62 Analysen intermediärer und saurer «Älterer Orthogneise» im Diagramm von PEARCE et al. (1984). Kreise = Biotit-Tonalitgneise und Granodioritgneise; Dreiecke = Hornblende-Dioritgneise; ORG = Ocean Ridge Granite; Syn-COLG = Syn Collision Granite; VAG = Volcanic Arc Granite; WPG = Within Plate Granite.

von basischen und intermediären bis sauren Schmelzen interpretiert werden können (z.B. VON DER CRONE, 1989).

Komplexe Beziehungen lassen sich auch mit den Verteilungsmustern der seltenen Erden (SE) nachweisen. Die Biotit-Tonalitgneise haben steile Kurven mit ausgeprägter Anreicherung der leichten SE ( $Ce > 50 \times$  chondritisch), Abb. 3a. Eine Eu-Anomalie ist, wenn überhaupt, nur schwach zu erkennen. Im Gegensatz dazu weisen die Hornblende-Dioritgneise flachere SE-Kurven auf mit fast horizontalen Abschnitten im Bereich der schweren SE (Abb. 3b). Die Anreicherung an leichten SE ist niedrig ( $Ce$  max.  $45 \times$  chondritisch). Auch bei diesem Gesteinstyp wird keine Eu-Anomalie fassbar. Die stark metamorph überprägten gabbroiden Hornblendegneise folgen dem Trend der dioritischen Abarten, wie dies der Kurvenverlauf des Metagabbros Ma 360 in Abb. 3b zeigt.

Im Bereich des Val Sarsura aber, wo sich sowohl magmatische Texturen wie magmatische Paragenesen erhalten haben (SPAENHAUER, 1932; THIERRIN, 1982, 1983) ist das Bild anders (Abb. 3c). Der olivinführende Gabbriorit (ST 233) und die Flasegabbros (ST 231, 232) folgen dabei dem Trend der dioritischen und gabbroi-

den Hornblendegruppe (Abb. 3b), sind aber – mit Ausnahme der Probe ST 233 – durch eine markante positive Eu-Anomalie gekennzeichnet. ST 232 ist laut Pearceschem Filter als ein bei der Intrusion fast vollständig flüssiges basisches Magma anzusprechen! Diese Eu-Anomalie kann also nicht auf Plagioklas-Akkumulation zurückgeführt werden. Die gleiche positive Anomalie zeigt zudem auch der Meta-Ultramafit ST 211! Bei diesem kann der flache Verlauf der Kurve, abgesehen von der Eu-Anomalie, als Hinweis für eine starke Anreicherung an Olivin, mit wenig Pyroxen-Akkumulation, interpretiert werden. Der ähnliche Kurvenverlauf der Gabbros spricht auch gegen eine dominierende Pyroxen- oder Hornblendefraktionierung. Die positive Eu-Anomalie könnte vielleicht mit Fraktionierungsprozessen anderer Minerale, wie beispielsweise Apatit, erklärt werden.

Die Lage des Biotit-Tonalitgneises ST 134 ist interessant. Er zeigt die stärkste Fraktionierung im Bereich der leichten SE. Wäre er ein Differenzierungsprodukt gabbroider Schmelzen (z.B. ST 232), so müsste er höhere SE-Gehalte haben als diese. Das ist nun nicht der Fall! Betrachtet man aber die Eu-Anomalie, so scheint sich doch eine verwandtschaftliche Beziehung zu den Gabbros zu ergeben. In unmittelbarer Nachbarschaft der besprochenen Gesteine treten granathaltige, feinkörnige, granitische Gneise auf. Die dazu gehörende Probe ST 280 hat die stärkste SE-Anreicherung von allen dargestellten Sarsuragesteinen. Der Kurvenverlauf ist gleich wie bei den übrigen Gesteinen, doch mit einer deutlichen negativen Eu-Anomalie.

### 3. Interpretation

Über die Genese intermediärer (tonalitischer) Magmen ist viel publiziert worden. Die gängigen Modelle lassen sich wie folgt zusammenfassen (nach MARTIN, 1987):

1. Fraktionierte Kristallisation eines basischen Magmas.
2. Partielle Anatexis von saurem Krustenmaterial (Grauwacken).
3. Partielle Anatexis von basischem Krustenmaterial (Eklogite, basische Granulite,  $\pm$  granathaltige Amphibolite).
4. Partielle Anatexis von Mantelmaterial (hydratisierte Peridotite).

Eine zeitliche Abfolge dieser Prozesse bzw. ein Zwei- bis Mehrstufenmodell ist aber auch möglich, wie dies z.B. POLI et al. (1989) postulierten: die intermediären Gesteine werden als

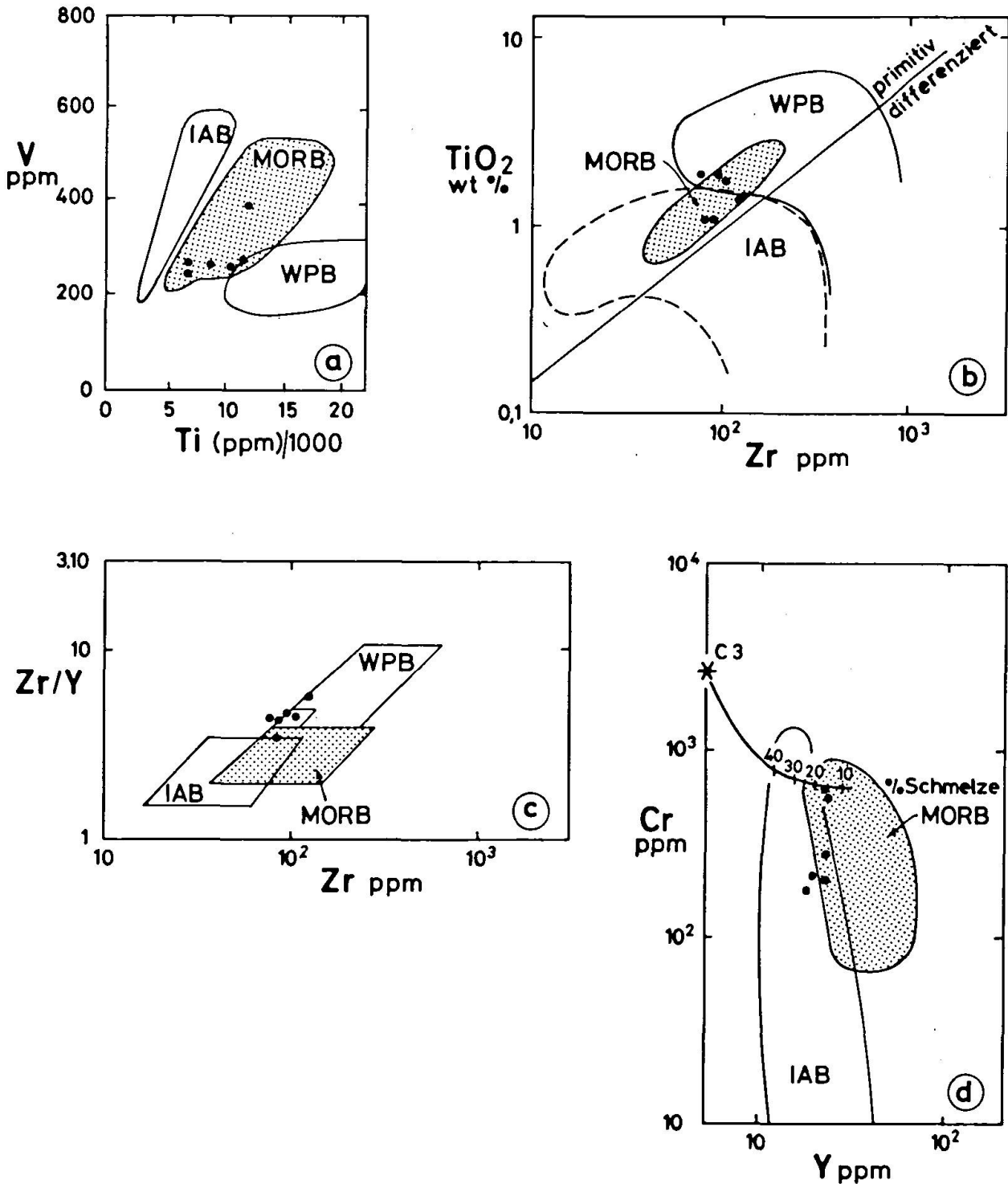


Abb. 2 Lage von 6 «gefilterten» (PEARCE, 1983) Metagabbros in ausgewählten geotektonischen Diskriminationsdiagrammen. a) SHERVAIS (1982), HODDER (1985); b) PEARCE und CANN (1973); c) PEARCE und NORRY (1979); d) PEARCE (1980).

Resultate der Interaktion eines subkrustalen basischen Magmas mit einer monzogranitischen Schmelze krustaler Herkunft (25–35% Anatexis von Biotit-Amphiboliten) gedeutet.

Gegen eine einfache Beziehung von Gabbros und Tonaliten im Sinne einer fraktionierten Kri-

stallisation (Modell 1) spricht der fehlende Nachweis eines derartigen Prozesses sogar auf kleinstem Raum (Val Sarsura, Abb. 3c). Auch die chemische Zusammensetzung der Silvretta-Paragneise ist zu sauer, als dass sie für die Produktion von basischen Schmelzen durch eine partiel-

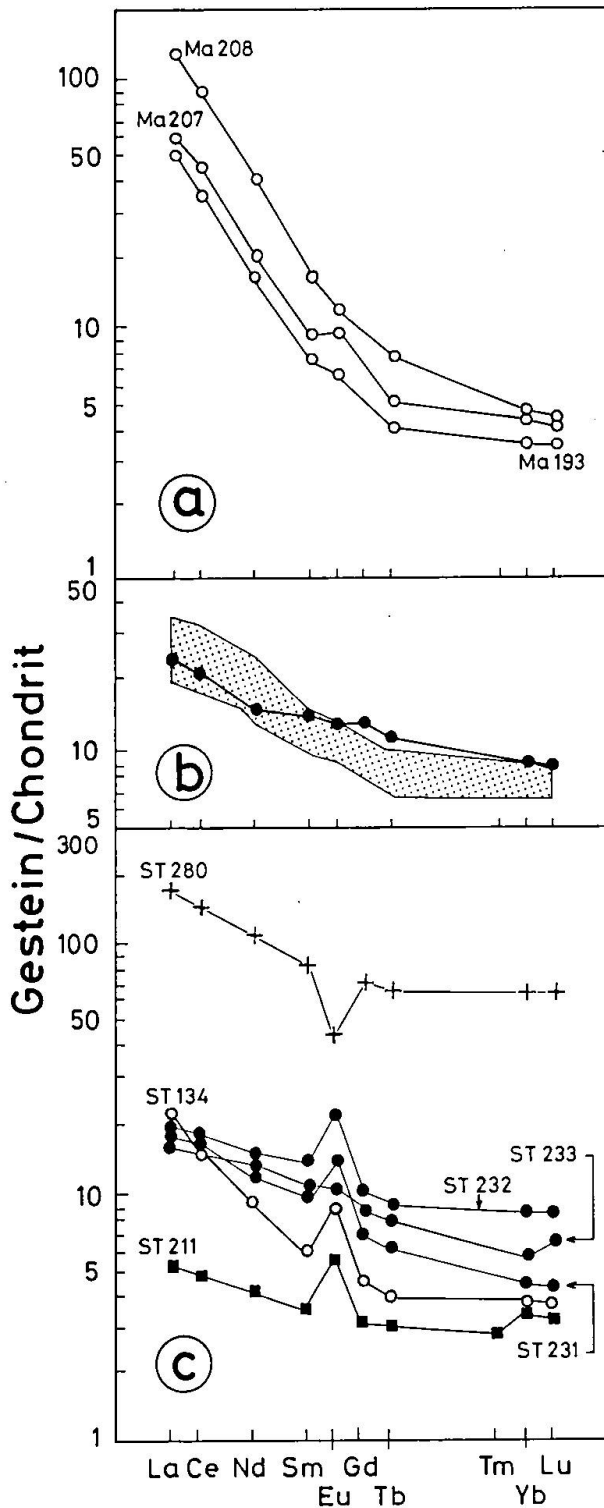


Abb. 3 Chondrit-normierte SE-Verteilungsmuster diverser «Älterer Orthogneise».

a) 3 Biotit-Tonalitgneise;  
 b) 6 Hornblende-Dioritgneise (Rasterfläche) und ein gabbroider Hornblendegneis (Ma 360);  
 c) Gesteinstypen des Val Sarsura: Kreuz = granatführender Granitgneis, Punkte = Olivin-Gabbros und Flaser gabbros, Kreis = Biotit-Tonalitgneis, Quadrat = Meta-Ultramafit.

le Anatexis in Betracht gezogen werden könnten (Modell 2). KAY und KAY (1986) sowie RUDNICK und TAYLOR (1986) haben gezeigt, dass durch partielle Aufschmelzung von granathaltigen Metabasiten (Eklogite, Granat-Amphibolite) intermediäre Magmen erzeugt werden können, deren SE-Prägungsmuster beispielsweise demjenigen der Abb. 3a gleichen. Derartige Edukte sind im Silvrettakristallin weiträumig aufgeschlossen (MAGGETTI und GALETTI 1988); sie besitzen ein flaches SE-Muster, typisch für N-bis E-Typ MORBs. Über das vierte Modell kann momentan nur spekuliert werden, da die Isotopendaten noch nicht greifbar sind. Auch der Entscheid für oder gegen einen Mehrstufenprozess im Sinne von POLI et al. (1989) kann aufgrund fehlender Isotopendaten nicht gefällt werden. Der jetzige Wissensstand erlaubt uns momentan nur folgende Aussage:

1. Zwischen den Metagabbros, Metadioriten, Metatonaliten und Metagraniten existieren keine einfachen genetischen Beziehungen.

2. Die SE-Verteilungsmuster lassen vielmehr den Schluss zu, dass die gabbroiden Schmelzen einem «depleted mantle» entstammen, während die intermediären und sauren Magmen durch partielle Anatexis von granathaltigen Metabasiten entstanden sein könnten.

3. Für definitivere Aussagen müssen die Resultate der laufenden Isotopenuntersuchungen abgewartet werden.

#### Verdankung

Wir danken Herrn J. Charrière für die sorgfältige Zeichnung und Herrn R. Bollin für das präzise Tippen des Manuskriptes.

#### Literaturverzeichnis

- FLISCH, M. (1987): Teil 1: Geologische, petrographische und isotopengeologische Untersuchungen an Gesteinen des Silvrettakristallins. Teil 2: Die Hebungsgeschichte der oberostalpinen Silvrettadecke seit der mittleren Kreide. Unveröffentlichte Dissertation Universität Bern.
- HODDER, A.P.W. (1985): Depth of origin of basalts inferred from Ti/V ratios and a comparison with the K<sub>2</sub>O-depth relationship for island-arc volcanics. *Chem. Geol.* 48, 3–16.
- KAY, R.W. und KAY, M. (1986): Petrology and geochemistry of the lower continental crust: An overview. In: DAWSON, J.B., CARSWELL, D.A., HALL, J. and WEDEPOHL, K.H. (eds): *The Nature of the Lower Continental Crust*. Geol. Society Special Publication 24, 147–159.
- MAGGETTI, M. und GALETTI, G. (1988): Evolution of the Silvretta eclogites: metamorphic and magmatic

- events. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 68, 467–484.
- MARTIN, H. (1987): Petrogenesis of Archaean Trondhjemites, Tonalites and Granodiorites from Eastern Finland: Major and Trace Element Geochemistry. *J. of Petrology*, 28, 5, 921–953.
- PEARCE, J.A. (1980): Geochemical evidence for the genesis and eruptive setting of lavas from Tethyan ophiolites. In: PANAYIOTU, A. (ed). *Proc. int. Ophiolite Conference, Nicosia, Cyprus*, 261–272.
- PEARCE, J.A. (1983): A "users guide" to basalt discrimination diagrams. Unpubl. Report, The Open University, Milton Keynes, 37 p.
- PEARCE, J.A. und CANN, J. (1973): Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analysis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 290–300.
- PEARCE, J.A. und NORRIS, M.J. (1979): Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.* 69, 33–47.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N.B.W., und TINDLE, A.G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. of Petrol.* 25, 4, 956–983.
- POLI, G., GHEZZO, C., und CONTICELLI, S. (1989): Geochemistry of granitic rocks from the Hercynian Sardinia-Corsica batholith: Implication for magma genesis. *Lithos* 23, 4, 247–266.
- RUDNICK, R.L. und TAYLOR, S.R. (1986): Geochemical constraints on the origin of Archaean tonalitic-trondhjemitic rocks and implications for lower crustal composition. In: DAWSON, J.B., CARSWELL, D.A., HALL, J. and WEDEPOHL, K.H. (eds): *The Nature of the Lower Continental Crust*. Geol. Society Special Publication 24, 179–191.
- SHERVAIS, J.W. (1982): Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth Planet. Sci. Lett.* 59, 101–118.
- SPAENHAUER, E. (1932): *Petrographie und Geologie der Grialetsch-Vadret-Sarsura-Gruppe*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 12, 27–146.
- THIERRIN, J. (1982): *Géologie et pétrographie du Val Sarsura, Grison*. Unpublizierte Diplomarbeit Universität Freiburg/Schweiz.
- THIERRIN, J. (1983): *Les éclogites et le complexe gabbroïque du Val Sarsura (Silvretta)*. Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 63, 479–496.
- VON DER CRONE, M. (1989): *Geologie und Petrographie im Val Barlasch (Graubünden)*. Unpublizierte Diplomarbeit Universität Freiburg/Schweiz.

Manuskript angenommen 15. Februar 1990.