

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie
<b>Band:</b>	62 (1982)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Die Metavulkanite des Piz Neir (Oberhalbstein) : erste geochemische Resultate
<b>Autor:</b>	Mercalli, Ivan
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-47963">https://doi.org/10.5169/seals-47963</a>

### 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:** 28.01.2026

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

# Die Metavulkanite des Piz Neir (Oberhalbstein)

## Erste geochemische Resultate

von *Ivan Mercolli\**

### Abstract

A suite of paleozoic metavolcanic rocks is exposed in the Piz Neir area (Oberhalbstein, Graubünden). Dominant are rhyolitic to rhyodacitic rocks ("Neirporphyroid"). They contain intercalations of thin, rather dacitic material ("violette Sprenkelschiefer") and a slab of andesitic green-schists ("Vairanaschiefer"). In this area the suite represents the lowest member of the austro-alpine nappes and is directly overthrusted on the penninic ophiolite complex of the Platta nappe. The metavolcanic series is stratigraphically overlain by lower triassic sediments, thus putting a lower age limit to the suite. The basement consists of an undated polymetamorphic gneiss, intruded by granitoids ("Err granit"). A possible link between plutonic and volcanic rocks may be the micro-granite ("Granitporphyr") of the Tschima da Flix.

The rocks have been affected by a alpine greenschist metamorphism which render rather difficult to recognize the original contact relationships and the primary volcanosedimentary structures of the various members of the suite.

XRF chemical analysis (major elements) permit to classify the whole suite into the calc-alkaline series. They also show a continuous variation of chemical composition from rhyolitic to andesitic without important hiatus.

The mechanism of differentiation and of the eruption sequence is not clear, but the actual field and geochemical data suggest that the suite is the product of a more or less single volcanic event derived from a small but highly differentiated magma reservoir.

### Geologischer Überblick

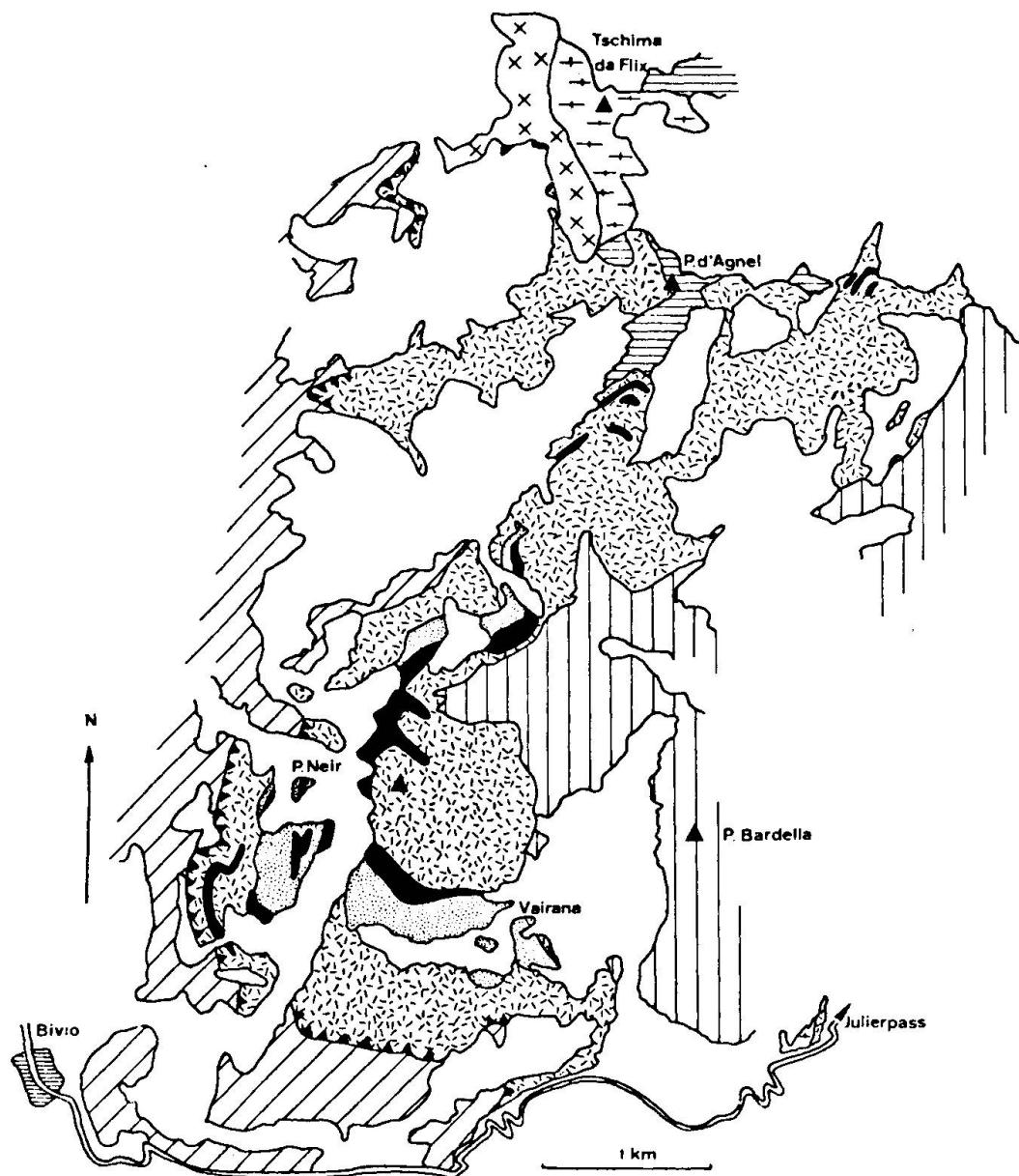
Die Metavulkanitabfolge des Piz Neir wurde von CORNELIUS (1935) in drei Einheiten unterteilt und auskartierte (Fig. 1):

- a) Neirporphyroid<sup>1</sup>,
- b) violette Sprenkelschiefer,
- c) Vairanaschiefer (in dieser Arbeit meistens als Grünschiefer bezeichnet).

---

\* Min. Petr. Institut, Universität Bern, Balzerstrasse 1, 3012 Bern.

<sup>1</sup> Da der ursprüngliche Charakter dieser Gesteine noch nicht eindeutig definiert werden konnte, werde ich die Lokalnamen von Cornelius weiterverwenden. Nach der neuen Toponomastik ist der



	mesozoische sedimente		granit-porphyr		überschiebung
	vairana schiefer		granit		pennikum-
	violette sprenkelschiefer		gneiss		unterostalpin
	neirporphyroid		pennikum		

Fig. 1 Geologische Kartenskizze des Piz-Neir-Gebietes nach CORNELIUS (geologische Karte der Err-Julier-Gruppe 1:25000, 1932, Schweiz. geol. Kommission, Spezialkarte Nr. 115 A) leicht geändert (T. Peters, pers. Mitt.).

alte Piz Nair Piz Neir geworden, darum wird jetzt auch Neirporphyroid statt Nairporphyroid geschrieben.

Mengenmässig herrschen die Neirporphyroide weitgehend vor. Sprenkelschiefer und Grünschiefer treten nur als Lagen im Neirporphyroid auf.

Cornelius stellt diese Serie zum Teil in die Carungasdecke und grösstenteils in die Errdecke, und sie bildet in diesem Bereich die Grenze zwischen Penninikum und Unterostalpin. In der Tat, am Fuss des Piz Neir trennt die Überschiebungsfäche die Ophiolithe der Plattadecke (Penninikum) vom Neirporphyroid (Unterostalpin).

Die Metavulkanite werden im Osten (Vairanakessel) von mesozoischen Sedimenten (FINGER 1972) überlagert, was eine obere Grenze für das Alter der Metavulkanite fixiert.

Gegen Norden (im Bereich des Piz d'Agnel) grenzen die Neirporphyroide an polymorphe Gneise, die Cornelius zum altkristallinen Grundgebirge zählt, und an den Granitporphyrkomplex der Tschima da Flix.

### Petrographische Beschreibung der Metavulkanite

#### DER NEIRPORPHYROID

Diese Gesteine sind durch das Auftreten von millimetergrossen Quarzeinsprenglingen charakterisiert. Dieses Merkmal erlaubt schon im Feld eine eindeutige Zuordnung und Auskartierung des Neirporphyroids. Außerdem sind die Quarzeinsprenglinge das einzige klare Kriterium, um den vulkanischen Ursprung dieser Gesteine zu beweisen.

Einsprenglinge: Die Quarzeinsprenglinge zeigen unter dem Mikroskop Resorptionserscheinungen und zum Teil bipyramidalen Habitus. Sehr häufig sind sie aber stark deformiert und rekristallisiert, so dass es nicht immer möglich ist, überall diese Merkmale erkennen zu können. Häufige Einsprenglinge sind auch Feldspäte (Kalifeldspat und Plagioklas in etwa gleicher Menge), die aber normalerweise vollständig umgewandelt oder zertrümmert sind. In wenigen Fällen sind die Plagioklase zu Schachbrettalbit oder etwas häufiger zu kleinen, klaren Albitkörnern um den alten, grossen Einsprengling rekristallisiert. Chloritisierte Biotitrelikte sind auch fast immer vorhanden. Seltener findet man grüne, stark epidotisierte Amphibole. Eine Probe führt einige Granate, deren Ursprung zweifelhaft ist. Sie könnten primäre Einsprenglinge oder mitgerissene Bruchstücke von Nebengesteinen sein. Eine etwas grobkörnigere Matrix um diese Granate weist auf die zweite Hypothese hin.

Matrix: Die Matrix des Neirporphyroids ist vollständig rekristallisiert, man findet also keine Spur mehr von Glas. Sie besteht aus einem feinkörnigen, unterschiedlich stark verschieferter Gefüge von Sericit, Quarz, Albit, Chlorit und Epidot.

**Metamorphe Neubildungen:** Sicher alpinmetamorph ist Stilpnomelan, der reichlich in diesem Gestein vorkommen kann. Ebenfalls alpin sollten die zahlreichen Quarzadern sein, die in verschiedenen Richtungen und mit unterschiedlichen Mächtigkeiten (mm bis dm) das ganze Gestein durchsetzen. Das Alter der Vergrünung der Einsprenglinge und der Rekristallisation der Matrix ist vermutlich auch alpin (das untersuchte Gebiet gehört zum Grünschieferfaziesgürtel der alpinen Metamorphose), aber eine ältere Überprägung, auch wenn nicht eindeutig beweisbar, ist nicht auszuschliessen.

**Gefüge:** Die Hauptschieferung sowie die spätere Crenulation sind die Folgen der alpinen Überprägung. Eine sehr schöne progressive Mylonitisierung des Neirporphyroids findet im Bereich der Überschiebung statt, und sie ist damit auch der alpinen Deformation zuzuschreiben.

Primäre pyroklastische Strukturen könnten der an gewissen Stellen vermutbaren, aber noch nicht eingehend erforschten Einregelung der Einsprenglinge zugrunde liegen.

#### DER VIOLETTE SPRENKELSCHIEFER

Der Name violetter Sprenkelschiefer stammt aus Cornelius, der sie nach ihrem Aussehen benannt hat, d.h. nach der Farbe (Hämatitpigment) und nach den weisslichen Sprenkeln (pigmentfreie Partien oder stark deformierte und umkristallisierte Einsprenglinge).

Mineralogisch gleichen sie dem Neirporphyroid sehr. Neben den Quarzeinsprenglingen treten hier die Feldspäte häufiger auf, und die Matrix ist etwas quarzreicher.

Die übliche Textur ist schiefrig, aber sie wird manchmal phyllitisch, und im Dünnschliff sind sogar mylonitische Partien zu erkennen.

#### DIE VAIRANASCHIEFER

Es handelt sich um Grünschiefer mit der klassischen Paragenese Albit-Chlorit-Epidot, begleitet von Sericit, Calcit und etwas Quarz. Das Gefüge ist sehr feinkörnig, und als einzige Einsprenglinge treten zonierte Plagioklase auf, die den vulkanischen Charakter des Gesteins hervorheben. Im Gestein treten zusätzlich millimeter- bis zentimeterdicke Adern mit Albit, Epidot, Calcit auf, die häufig verfaltet werden. Es dürfte sich, ähnlich wie bei den Quarzadern im Neirporphyroid, um alpinmetamorphe Bildungen handeln.

## DIE GRANITPORPHYRE DER TSCHIMA DA FLIX

Dieses Gestein hat sein ursprüngliches, magmatisches Gefüge sehr gut erhalten, das durch das Auftreten von zahlreichen grossen Einsprenglingen in einer sehr feinkörnigen Matrix, die die Interstitialräume füllt, charakterisiert ist. Die Einsprenglinge sind hingegen stark umgewandelt worden. Die zentimetergrossen Kalifeldspäte sind vollständig serizitisiert, und die etwas besser erhaltenen Plagioklase zeigen eingehende Saussuritisierung. Biotit ist auch vollständig chloritisiert. Alpiner Stilpnometan ist in ziemlich grossen Mengen vorhanden.

## AUFBAU DER METAVULKANITSERIE

Nur im Bereich des Piz Neir kommen alle drei Typen von Metavulkaniten zusammen vor, sonst findet man sie im Julier-Maloja-Gebiet in vereinzelten Zügen als Folge tektonischer Verschuppung.

Der Aufbau der Metavulkanitvorkommen des Piz Neir lässt sich aufgrund eines Profils von Süden nach Norden abklären.

Unmittelbar an der Überschiebung über die Plattadecke ist ein vollständig mylonitisierter Neirporphyroid aufgeschlossen. Die Mylonitisierung nimmt nach Norden ab, und im Vairanakessel ist bereits annähernd normaler Neirporphyroid anstehend. In dieser Gegend befindet sich der Kontakt Neirporphyroid-Vairana-Schiefer. Diesen Kontakt hat CORNELIUS (1935) als tektonisch beschrieben. Die aufgeschlossenen Kontaktstellen sind aber sehr selten und schlecht interpretierbar.

Die Grünschiefer (Vairanaschiefer) bilden eine etwa 70 m mächtige Einschaltung, die lateral ziemlich rasch auskeilt. Der interne Aufbau dieser Linse ist noch nicht klar, und wie man später sehen wird, lassen die chemischen Daten vermuten, dass sie keine monotone Abfolge darstellt.

Weiter gegen Norden, am Fuss des Piz Neir, treten die violetten Sprenkelschiefer auf, deren Grenze zu den Grünschiefern sehr undeutlich ist. Der Farbwechsel von grün nach violett erfolgt im Dezimeterbereich, aber schon etwas vorher nähert sich das Aussehen der Grünschiefer dem der Sprenkelschiefer. Es ist also keine scharfe Grenze, sondern eher ein Übergang zu beobachten. Die Sprenkelschiefer trennen gegen Norden immer die Grünschiefer vom Neirporphyroid mit einem Zug variierender Mächtigkeit (einige Meter bis maximal 10 m). Sie treten aber nicht nur in dieser Stellung auf, sondern man kann sie als metermächtige Lagen sowohl im Neirporphyroid (Grat Piz Neir-Piz d'Agnel, Piz Surgonda) als auch in den Grünschiefern (Bleis Muntanelia) antreffen. Der Kontakt Neirporphyroid-Sprenkelschiefer wird von CORNELIUS (1935) auch als kontinuierlicher Übergang, ähnlich wie der zu den Grünschiefern, be-

schrieben. Ich konnte aber neuerdings an einem Aufschluss im Vairanagebiet eine deutliche, scharfe Grenze zwischen den beiden beobachten. Diese ist fast sicher nicht tektonisch, sondern sie bildet eine unregelmässige Fläche, die eher einer erodierten Oberfläche gleichen würde.

Leider konnte ich an dieser Stelle keine Lagerungskriterien feststellen.

Die unklare petrographische Stellung und die Art des Auftretens dieses Gesteins stellt eines der Hauptprobleme für die Interpretation dieser Metavulkanitabfolge.

Nach der Grünschiefer einschaltung, begleitet von Sprenkelschiefern, folgt dann die Hauptmasse des Neirporphyroids. Er ist in diesem Bereich weniger beansprucht als im südlichen Teil und stellt damit den sozusagen normalen Typ dar.

Hier stellt sich wiederum die Frage über den internen Aufbau dieser Masse, aber bis jetzt konnte man weder primäre zyklische Abfolgen (wie sie bei Pyroklastica typisch wären) noch grossräumigen Faltenbau erkennen. Als einziges Indiz einer Mehrphasigkeit der Fördertätigkeit könnte man Einschaltungen von einer Neirporphyroidbrekzie wie z. B. am Fuss des Piz Surgonda zitieren.

Der Neirporphyroid wird dann von mesozoischen Sedimenten überlagert, und der Übergang zu den «Buntsandstein»-Konglomeraten wird aufgrund der vielen Neirporphyroid-Komponenten im Konglomerat als stratigraphisch interpretiert (FINGER 1972).

Im Gebiet des Piz d'Agnel sind die Kontakte zwischen Neirporphyroid, Gneis und Errgranit offensichtlich alpin so beansprucht worden, dass eine eindeutige Rekonstruktion der relativen Intrusionsabfolge unmöglich ist. Erst gegen die Granitporphyre der Tschima da Flix zeigen die Neirporphyroide einen Übergang, der ein Indiz für einen genetischen Zusammenhang darstellen könnte.

## Geochemie

Die chemischen Analysen wurden mit einer automatischen Röntgenfluoreszenzanlage an mit Lithiumtetraborat verdünnten (1:5) Glaspillen durchgeführt. Damit wurden SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (als gesamt Fe), MgO, MnO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO bestimmt. Fe wurde colorimetrisch und CO<sub>2</sub> coulometrisch analysiert. Wasser wurde als Differenz von den bestimmten Volatilkomponenten zum Gesamtglühverlust berechnet.

Die geochemischen Ergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenfassen.

Die Metavulkanitserie des Piz Neir gehört zur Kalk-Alkalireihe (Fig. 2, 3).

Der normative Mineralbestand (Barth-Niggli-Norm) wurde zu nomenklaturischen Zwecken in einem Streckeisendiagramm (Fig. 4) aufgetragen. Der Neir-

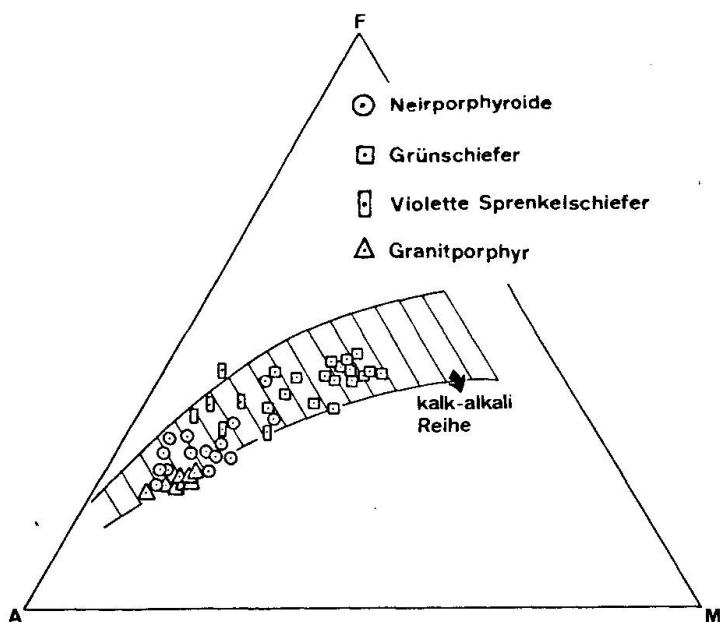


Fig. 2 AFM-Projektion der Metavulkaniten ( $F = FeO + Fe_2O_3$ ).

porphyroid weist einen Chemismus auf, der einigermassen gut in die Rhyolith h-Rhyodacit-Felder fällt. Eine ähnliche Lage zeigen auch die Granitporphyre. Die Sprengelschiefer, aber noch mehr die Grünschiefer, streuen über das ganze Diagramm in Richtung Dacit, Quarz-Andesit, Quarz-Basalt. Wenn man also den Neirporphyroid gutwillig als Rhyolith bezeichnen kann, lassen sich weder Grünschiefer noch Sprengelschiefer in eine definierte Gruppe einordnen.

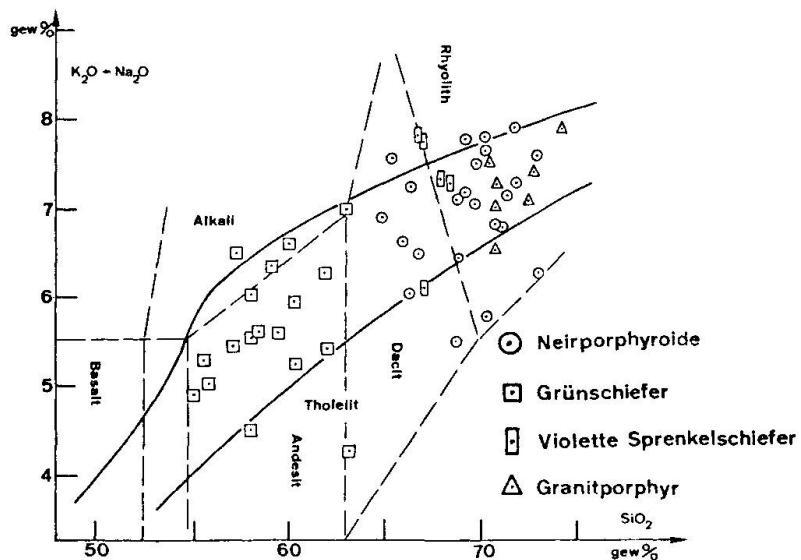


Fig. 3 Diagramm  $SiO_2$  gegen Summe der Alkalien. Vollausgezogene Linien grenzen die drei Felder tholeitisch, kalk-alkalisch, alkalisch ab. Gestrichelte Linien stellen eine schematische nomenklatorische Unterteilung nach Cox et al. (1979) dar.

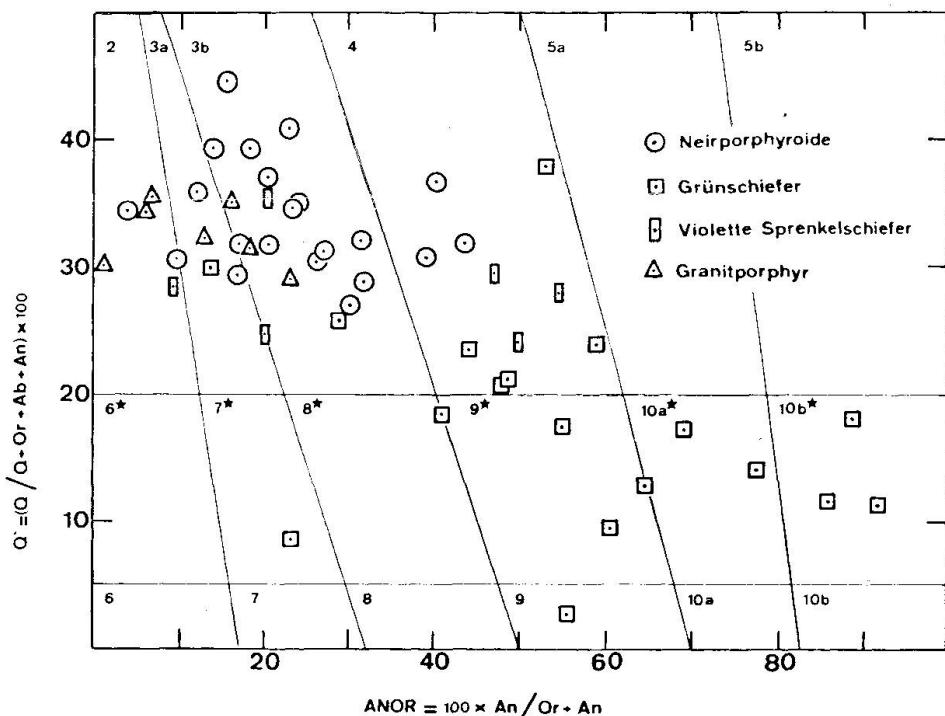


Fig. 4 Normative Klassifikation der Vulkanite nach STRECKEISEN und LE MAÎTRE (1979).

Diese praktisch lückenlose Variation des Chemismus ist in einem Variationssdiagramm (Fig. 5) hervorgehoben. Man kann hier beobachten, wie der Neirporphyroid nur eine Streuung in  $\text{SiO}_2$  aufweist. Das ist sehr wahrscheinlich mit einer  $\text{SiO}_2$ -Mobilisierung während der alpinen Quarzbildung korrelierbar.

Der Granitporphyr verhält sich ziemlich konstant und tritt immer mit dem Neirporphyroid zusammen auf.

Die Sprenkelschiefer folgen unmittelbar dem Neirporphyroid in Richtung kleinerer  $\text{SiO}_2$ -Werte, sonst zeigen sie nur leichte Abweichungen vom Neirporphyroidchemismus.

Ganz anders sehen die Grünschiefer aus. Sie weisen Variationen sowohl von  $\text{SiO}_2$  als auch von allen anderen Oxyden auf. Es ist schwierig, sich vorzustellen, dass diese Inhomogenitäten nur ein Produkt der alpinen Metamorphose sind. Sicher, ähnlich wie bei der Quarzbildung im Neirporphyroid, findet hier während der Metamorphose die Bildung von Epidot-Albit-Calcitadern statt, die eine gewisse und unkontrollierbare Umstellung des Gesteinschemismus verursachen können.

Wenn man aber auch mit diesem Beitrag rechnet, muss man primäre Unterschiede annehmen.

Diese Thematik erscheint wieder bei der Frage der Bimodalität der vulkanischen Aktivität. Aus den vorhandenen Daten lässt sich keine deutliche Aufspaltung der Chemismen erkennen.

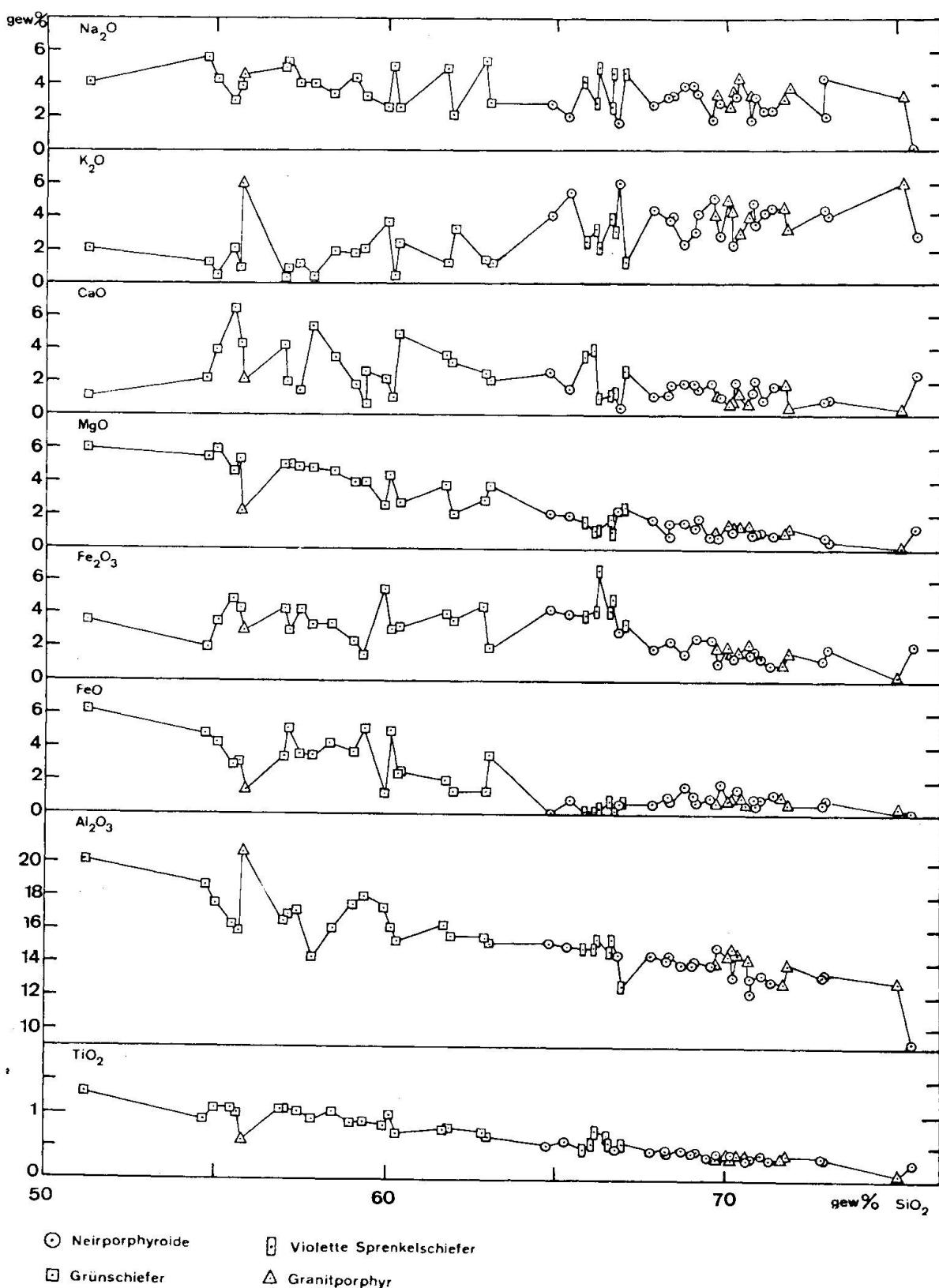


Fig. 5 Variationsdiagramm für die Metavulkanite.

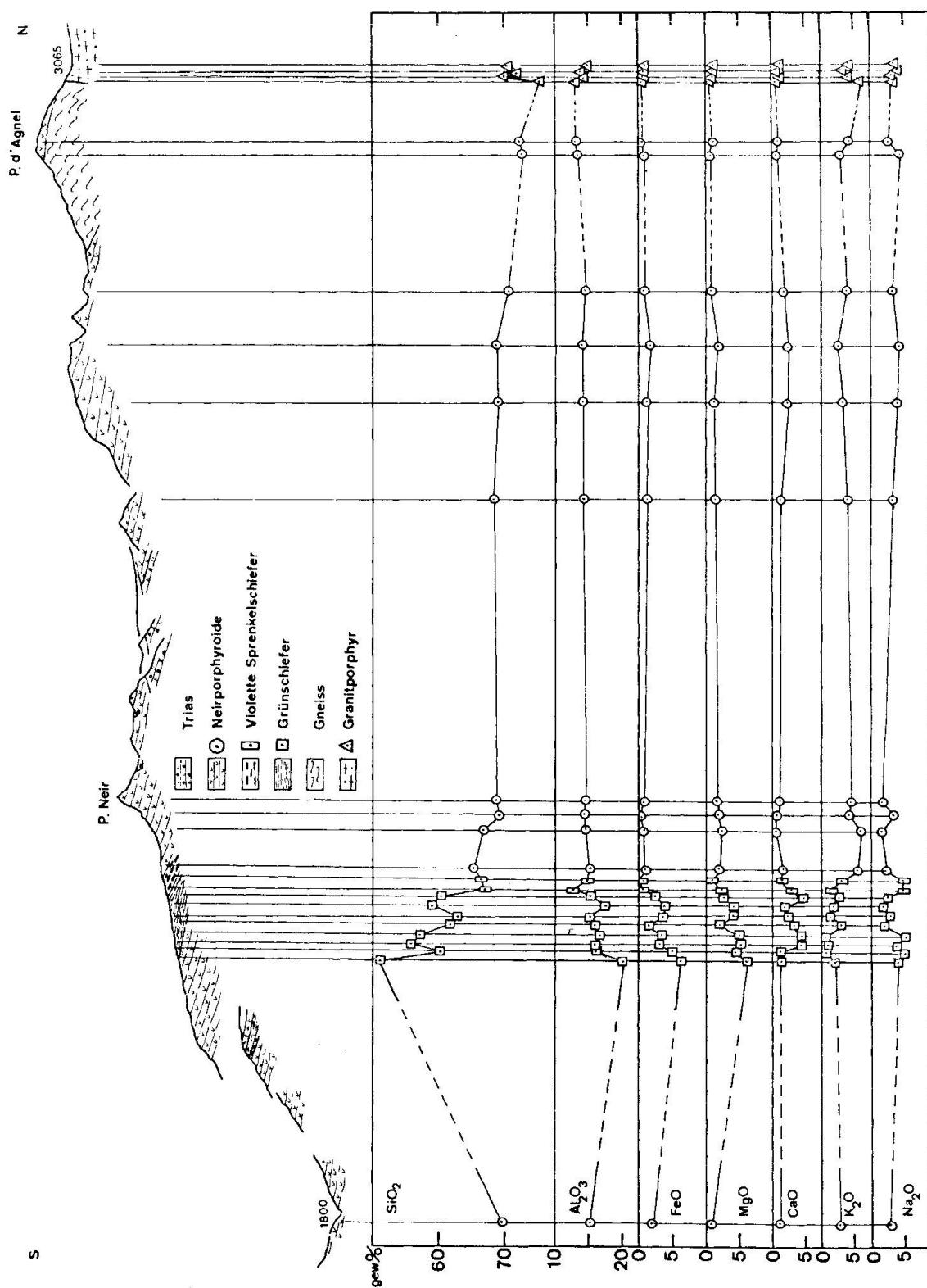


Fig. 6 Schematisches geologisches Profil des Piz Neir, korreliert mit dem Gesteinschemismus.

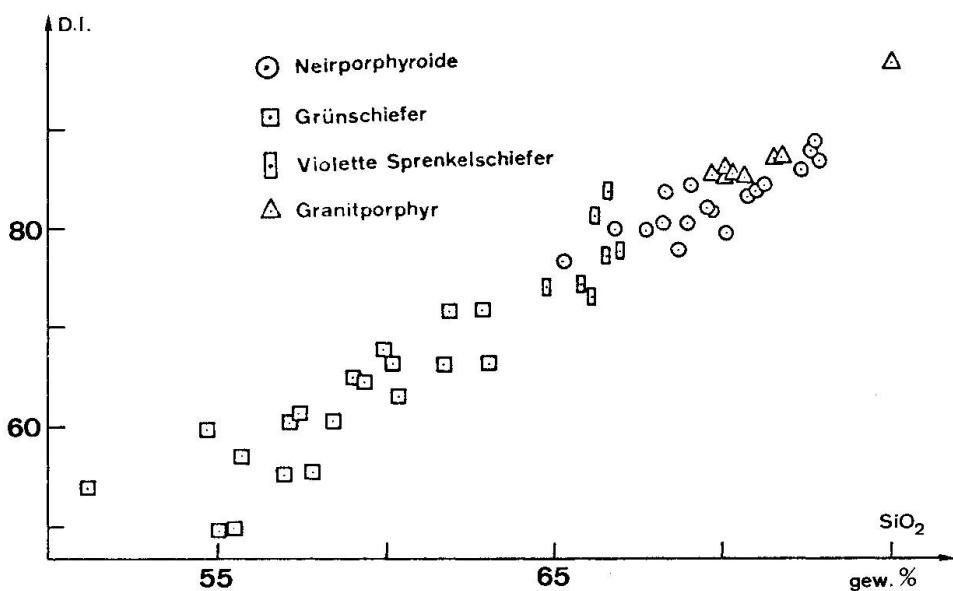


Fig. 7 Diagramm  $\text{SiO}_2$  gegen Differentiationsindex von Thorton and Tuttle.

Ist diese Kontinuität primär (eventuell durch die Metamorphose betont), oder ist sie nur ein metamorpher Effekt?

Aus der Kombination der Feld- und Chemiedaten (Fig. 6) kann man bis jetzt nur sagen, dass überall, wo die Übergänge im Feld primär aussehen, sich der Chemismus stetig ändert, im Gegensatz zu den tektonischen Kontaktten, die mit einem deutlichen Sprung im Chemismus hervorgehoben sind.

#### Schlussbemerkungen

**Tektonische Stellung:** Die ganze Gesteinsserie gehört zu den unterostalpinen Decken (Carungas- und Errdecke). Sie wird von der Überschiebungsfläche von der penninischen Ophiolithsequenz der Plattadecke getrennt.

**Alter:** Die obere Altersgrenze wird von der Überlagerung von Konglomeraten der unteren Trias (evtl. des oberen Perms) fixiert. Das Unterliegende ist nicht datiert. Es handelt sich um polymetamorphe Gneise unbekannten Alters. CORNELIUS (1935) stellt diese untere Grenze ins Karbon wegen einiger Kontaktstellen mit grauen Schiefern.

**Protolith:** Nach den heutigen Aufschlussverhältnissen überwiegt die rhyolithische Fördertätigkeit gegenüber der andesitischen weitgehend. Wenn man als Ausgangsmaterial für die Grünschiefer einen andesitischen Lavastrom postuliert, wird man sicher nicht sehr daneben treffen. Anders ist es bei den sauren Gesteinen (Neirporphyroid und Sprengelschiefer). Die verhältnismässig grosse Ausdehnung des Neirporphyroids spricht gegen einen Lavastrom (geringe

Mobilität einer sauren Lava) und vielmehr für eine pyroklastische Ablagerung. Die metamorphe Überprägung hat aber die üblichen vulkanosedimentären Kriterien für eine eingehende Unterteilung (Bänderung, Pseudofluidalstrukturen, Fiamme mit eutaxitischem Gefüge, Glasscherben usw.) mindestens so weit getarnt, dass eindeutige Aussagen unmöglich sind.

**Geochemie:** Die Zugehörigkeit zur Kalkalkalireihe ermöglicht die Zuordnung dieser Serie zu den orogenen Vulkaniten, was zugleich die Hypothese rechtfertigt, dass es einen engen genetischen Zusammenhang zwischen Vulkaniten und den Plutoniten der Err-Julier-Gruppe gibt. Das mögliche Bindeglied sollte in diesem Hinblick mit seinem intermediären Charakter der Granitporphyr der Tschima da Flix sein. Die Verteilung der Hauptelemente zeigt keine typische Bimodalität der vulkanischen Aktivität, sondern eher einen kontinuierlichen Übergang von sauren nach basischen Chemismen.

Ein ähnlich kontinuierliches Bild bekommt man, wenn man den Differentiationsindex von Thornton-Tuttle gegen  $\text{SiO}_2$  darstellt (Fig. 7). Aus diesem Diagramm ergibt sich weiter, dass das rhyolithische Magma stärker differenziert ist als das andesitische, wobei wiederum kein Hiatus im Differentiationsprozess vorliegt.

Für die weitere Bearbeitung drängen sich also folgende Fragen auf:

- Gehören die verschiedenen Gesteinstypen zu einem einzigen vulkanischen Zyklus?
- Sind die einzelnen Gesteinstypen einheitlich oder komplex aufgebaut?
- Lässt sich aus dem heutigen Zustand der Protolith besser definieren?
- Wurden diese Gesteine schon in voralpiner Zeit deformiert und metamorphosiert?
- Welche sind die relativen und absoluten Altersbeziehungen in der ganzen Abfolge?
- Wie hängen Plutonite und Vulkanite zusammen?

Dieser Schluss in Form eines Fragenkatalogs kann vielleicht seltsam erscheinen, aber schon Sokrates hat uns gelehrt, wie fruchtbar es sein kann, auf Fragen mit Fragen zu antworten.

### **Verdankungen**

Ich möchte T. Peters für seine Mithilfe und V. Dietrich für die Durchsicht des Manuskripts herzlich danken.

**Literaturverzeichnis**

- CHAPIN, C. E. and W. E. ELSTON (1979): Ash-Flow Tuffs. Geol. Soc. Am. Special Pap. 180.
- CORNELIUS, H. P. (1935): Geologie der Err-Julier-Gruppe. I. Teil: Das Baumaterial (Stratigraphie und Petrographie). Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 70, 321 p.
- CORNELIUS, H. P. (1950): Geologie der Err-Julier-Gruppe. II. Teil: Der Gebirgsbau. Beitr. geol. Karte Schweiz, NF 70, 264 p.
- COX K.G., J. D. BELL, R. J. PANKHURST (1979): The interpretation of Igneous Rocks. George Allen and Unwin, London, 450 p.
- FINGER, W. (1972): Geologie der Val d'Agnelli und des Vairana-Kessels. Unpubl. Diplomarbeit ETH Zürich.
- FISCHER, R. V. und H. SCHMINKE (1978): Les Ignimbrites: in M. GIROD, Les roches volcaniques, pétrologie et cadre structural. Doin Editeur, Paris.
- ROSS, C. S. and R. L. SMITH (1961): Ash-Flow Tuffs: Their origin, geologic relations and identification. USGS Prof. Pap. 366, 81 p.
- STRECKEISEN, A. and R. W. LE MAÎTRE (1979): A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. N. Jb. Mineral. Abh. 136, 169–206.

Manuskript eingegangen am 8. Januar 1982.