

Petrographie und Geochemie von Intrusivgesteinen der westlichen Karnischen Alpen (Obstanser See – Passo Silvella, Österreich/Italien)

DIETER HUBICH & JÖRG LOESCHKE*)

14 Abbildungen und 1 Tabelle

*Österreich
Italien
Karnische Alpen
Andesite
Lamprophyre
Petrographie
Geochemie*

*Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 195*

Inhalt

Zusammenfassung	309
Abstract	309
1. Einleitung	310
2. Lamprophyre	311
3. Andesite des Col Quaterná	314
4. Geotektonische Bedeutung der Intrusivgesteine	317
4.1. Lamprophyre	317
4.2. Andesite des Col Quaterná	318
Dank	319
Literatur	319

Zusammenfassung

Im Grenzgebiet zwischen Österreich und Italien treten auf dem Blatt 195 (Sillian) zwei verschiedene Intrusivgesteinstypen auf. Es handelt sich dabei um Ganggesteine lamprophyrischer Zusammensetzung und um einen subvulkanischen Zufuhrschlot andesitischer Zusammensetzung. Die Lamprophyre enthalten Xenolithe, die als Chromspinell-führende Dunite anzusprechen sind. Sie müssen demnach aus dem Mantel stammen. Die Andesite haben eine typisch kalkalische Zusammensetzung. Es wird vermutet, daß sie als Folge der Subduktion des nordpenninischen Ozeans und der anschließenden Kollision zwischen der Adriatischen Platte und dem nördlichen Vorland gefördert wurden. Die Bewegungen entlang der Periadriatischen Linie erleichterten den Aufstieg der Magmen.

Petrography and Geochemistry of Intrusive Rocks of the Western Carnic Alps (Obstanser See – Passo Silvella, Austria/Italy)

Abstract

Two different types of intrusive rocks occur on sheet no. 195 (Sillian) in the border region between Austria and Italy. These are dike rocks of lamprophyric composition and a subvolcanic neck of andesitic composition. The lamprophyres contain xenolites which consist of chrome spinell bearing dunites. They must therefore be derived from the mantle. The andesites have a typical calcalkaline composition. It is supposed that they erupted as response to subduction of the north Penninic ocean and the succeeding collision between the Adriatic plate and the northern foreland. The movements along the Periadriatic Line facilitated the rise of the magma.

*) Anschriften der Verfasser: Dipl.-Geol. DIETER HUBICH, Fa. BGT, Augsburgstraße 712, D-70329 Stuttgart, Deutschland; Prof. Dr. JÖRG LOESCHKE, Institut für Geologie und Paläontologie, Sigwartstraße 10, D-72076 Tübingen, Deutschland.

1. Einleitung

In den westlichen Karnischen Alpen treten im Bereich des Obstanser Sees (Abb. 1) Ganggesteine lamprophy-

rischer Zusammensetzung und am Col Quaterná auf italienischer Seite ein subvulkanischer Zufuhrschlot andesi-

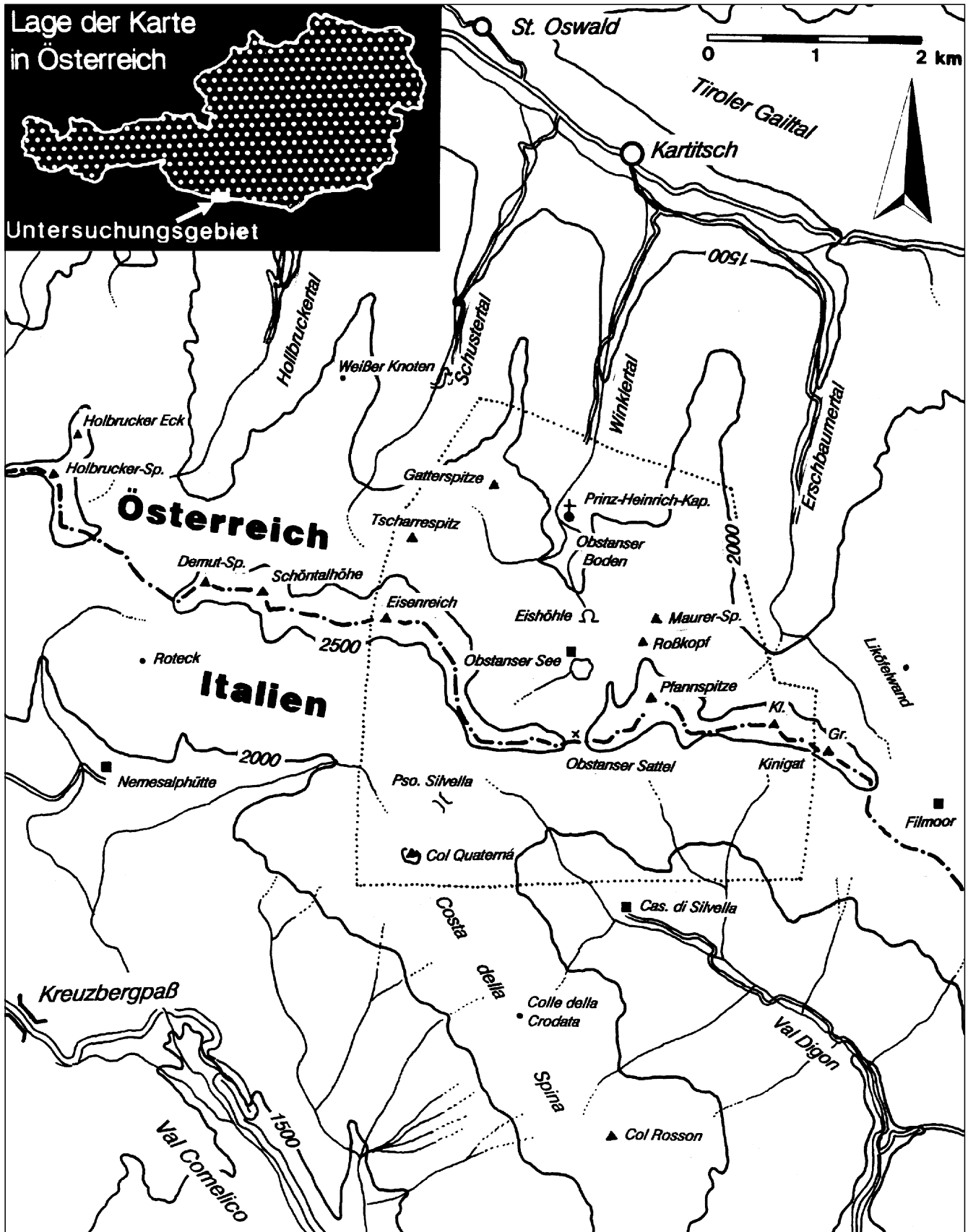
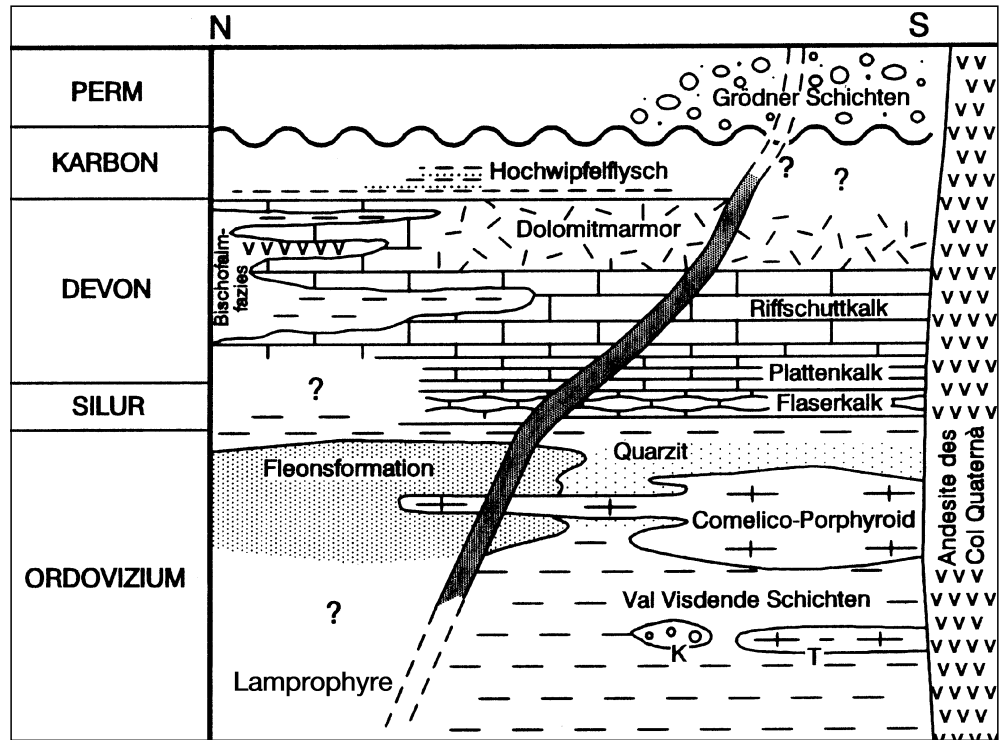


Abb. 1. Lage des Untersuchungsgebietes in den westlichen Karnischen Alpen. Der mit einer Punktlinie umrandete Bereich wurde von HUBICH (1992) neu kartiert.

Abb. 2.
Vereinfachte stratigraphische Abfolge in den westlichen Karnischen Alpen.
Für die Andesite des Col Quaterná und die Lamprophyre wird ein tertiäres Alter angenommen.



tischer Zusammensetzung auf. Da das Vorkommen lamprophyrischer Gänge dort bisher unbekannt war und von den Andesiten des Col Quaterná keine geochemischen Daten vorliegen, werden hier beide Gesteinstypen näher beschrieben. Die Umgebung des Obstanser Sees wurde von HUBICH (1992) geologisch aufgenommen. Die Geologie zwischen Porze und Eisenreich behandeln die Arbeiten von HUBICH & LOESCHKE (1993) und HUBICH, LOESCHKE & REIFF (1993).

Vorhergehende Untersuchungen wurden von G. FLAJS (Aachen) mit mehreren Diplomanden durchgeführt (KALDE, 1987; ROPERTZ, 1988 u.a.). Weitere Arbeiten stellen die grundlegenden Untersuchungen von SCHÖNLAUB (1979) dar.

Abb. 2 zeigt die stratigraphischen Zusammenhänge, die sich aus den Geländeuntersuchungen ergeben haben. Danach beginnt die Stratigraphie mit den Val Visdende Schiefer, die gemeinsam mit dem Comelico-Porphyr und der Fleonsformation die Basis der Abfolge bilden, welche als ordovizisch angesehen wird. Silur ist mit Lyditen und Flaserkalken und Devon mit unterschiedlich ausgebildeten Karbonaten vertreten. Ob der Hochwipfelflysch wirklich vorhanden ist, bleibt vorerst unklar.

Die lamprophyrischen Gänge durchschlagen nördlich der Pfannspitze (Abb. 3; die genaue Lage ist auf der Originalkarte von HUBICH, 1992, vermerkt) die devonischen Karbonate und die Grauwacken der Fleonsformation. Ihr Alter ist demnach post-devonisch. Nach der variskischen Orogenese wurden die Grödener Schichten abgelagert, die diskordant die Valvisdende Schiefer überlagern. Der andesitische Zufuhrschlot des Col Quaterná durchschlägt die Valvisdende Schiefer. Brekzien im Bereich des Schlotes führen Bruchstücke der Grödener Schichten. Der Schlot des Col Quaterná ist deshalb post-permischen, wahrscheinlich tertiären Alters.

Insgesamt handelt es sich um eine stark gefaltete und gestörte Schichtenfolge, die von variskischen und alpidischen Deformationen betroffen wurde (HUBICH, LOESCHKE & REIFF, 1993, s. Abb. 3).

2. Lamprophyre

Die Lamprophyre sind stark hydrothermal veränderte hellbraune bis braune Ganggesteine, die makroskopisch ein porphyrisches Gefüge mit Biotit-Einsprenglingen zeigen. Die Gänge sind 0,5 bis 2 m mächtig. Sie stecken an der Maurerspitze (Abb. 1) diskordant in unter-devonischen Plattenkalken und nördlich davon in den Fleons-

grauwacken. Oft sind in den schmalen Gängen Nester von bis zu faustgroßen Knollen von hellen, stark alterierten magmatischen Gesteinen zu erkennen.

Es lassen sich zwei Lamprophyrtypen unterscheiden. Zum einen liegen echte Ganggesteine mit Biotit- und Olivin-Einsprenglingen vor, die fluidal angeordnet sind. Biotit ist gebleicht und chloritisiert. Olivin ist nur noch selten frisch erhalten und meistens zersetzt in Karbonat, Talk, Chlorit und Erz. Die Grundmasse besteht aus Serizit, Chlorit, Karbonat und Erz. Feldspäte sind in der Grundmasse nicht mehr zu erkennen, sie sind gänzlich serizitisiert und karbonatisiert. Insofern kann keine Entscheidung getroffen werden, ob Minetten oder Kersantite vorliegen. Auffallend sind einige Gesteinsfragmente, die entweder aus wenigen großen Plagioklasen, Chlorit, Serizit, Karbonat und Erz bestehen oder aus Karbonat und Talk. Bei ersteren handelt es sich wahrscheinlich um gabbroide Fragmente, bei letzteren um völlig alterierte Ultrabasite.

Zum anderen liegen die Lamprophyre als Brekzien vor, die zahlreiche große Biotite und einige Gesteinsfragmente (wahrscheinlich Ultrabasiteinschlüsse) führen, die in einer Grundmasse aus Karbonat, Biotit und Erz liegen. Ein magmatisches Gefüge ist nicht mehr zu erkennen (Abb. 4). Bei den Biotiten handelt es sich wahrscheinlich um Ti-reiche Phlogopite, deren Ti-Reichtum durch zahlreiche Entmischungsstrukturen von Sagenit-Gittern zum Ausdruck kommt (Abb. 5). Diese Biotite sind verbogen und geknickt und stellen wahrscheinlich Fragmente von Ti-Phlogopiten dar, die aus dem Mantel aufgenommen worden sind. Die Knickstellen in den Biotiten sind häufig aufgerissen und mit Karbonat, Serizit und Quarz besetzt. Die Gesteinsfragmente sind völlig in Sekundärminerale hydrothermal umgewandelt und bestehen aus Talk, Karbonat, Serizit und etwas Erz. Ehemaliger Olivin ist nur noch an dem Verlauf von Spaltrissen zu erkennen, die von kleinen Talkaggregaten nachgezeichnet werden. Die Gesteinsfragmente stellen wahrscheinlich Xenolithe ultrabasischer Zusammensetzung des Mantels dar, die beim Aufstieg der lamprophyrischen Schmelze mit hochgebracht wurden.

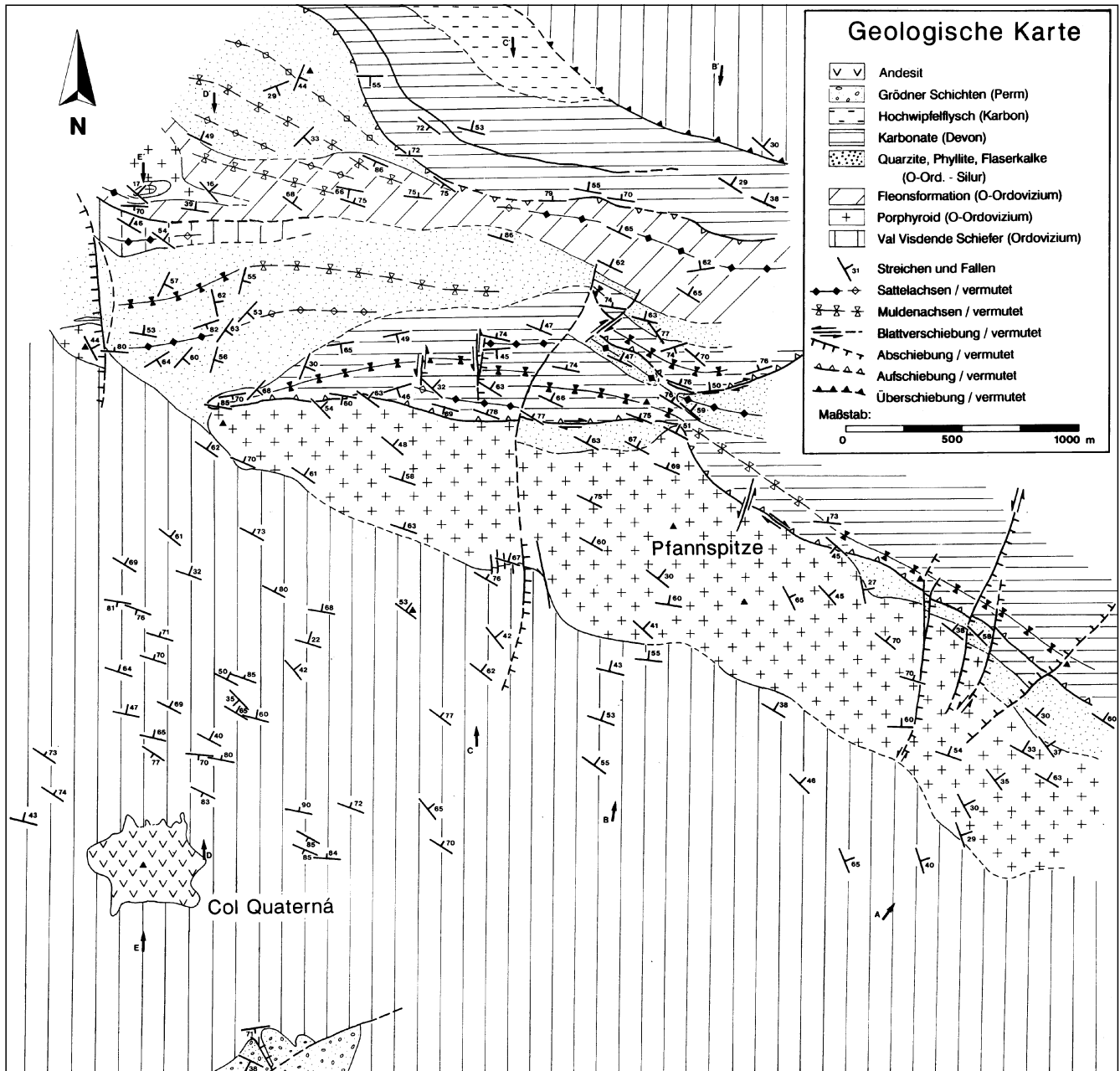


Abb. 3. ▲ Geologische Karte der westlichen Karnischen Alpen aus der Umgebung Pfannspitze / Col Quaterná.

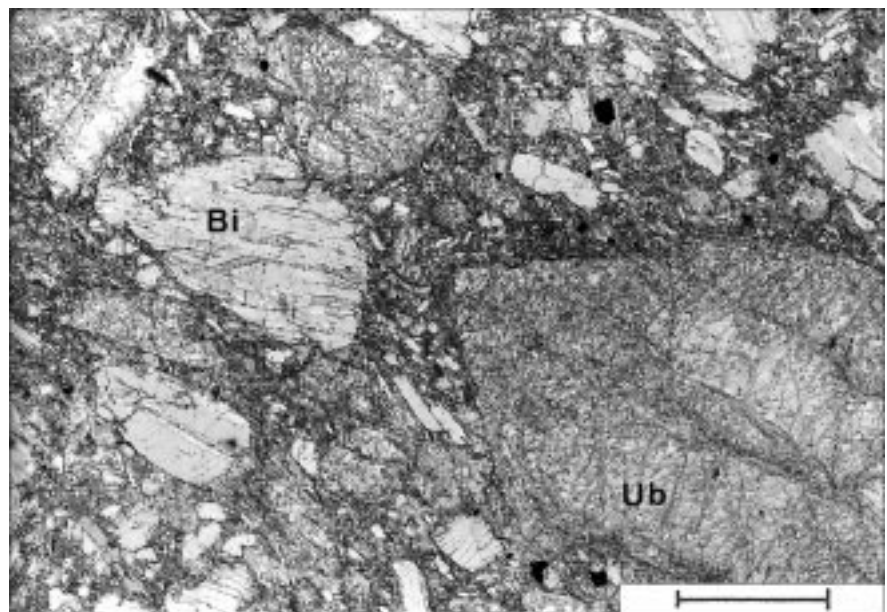


Abb. 4. ► Dünnschliff-Bild eines Lamprophyrganges. Große Biotite (Bi) und karbonatisierte Ultrabasit-Fragmente (Ub) liegen in einer brekziierten Grundmasse aus Karbonat, Biotit und Erz. Maßstab 2 mm. Hellfeld.

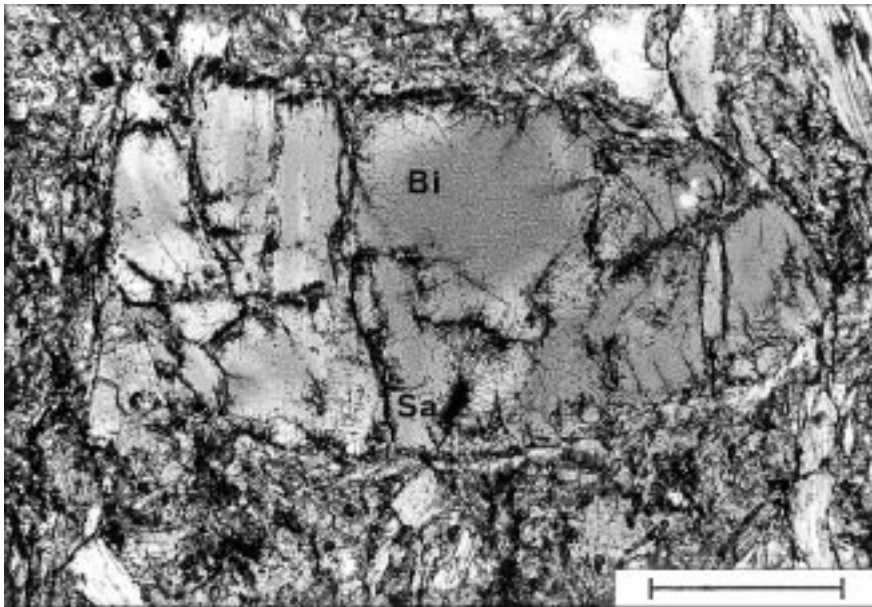


Abb. 5.
Dünnschliff-Bild eines Biotit-Kristalls (Bi) mit Sagenit-Nadeln (Sa) aus einem Lamprophyrgang.
Maßstab 0.5 mm. Hellfeld.

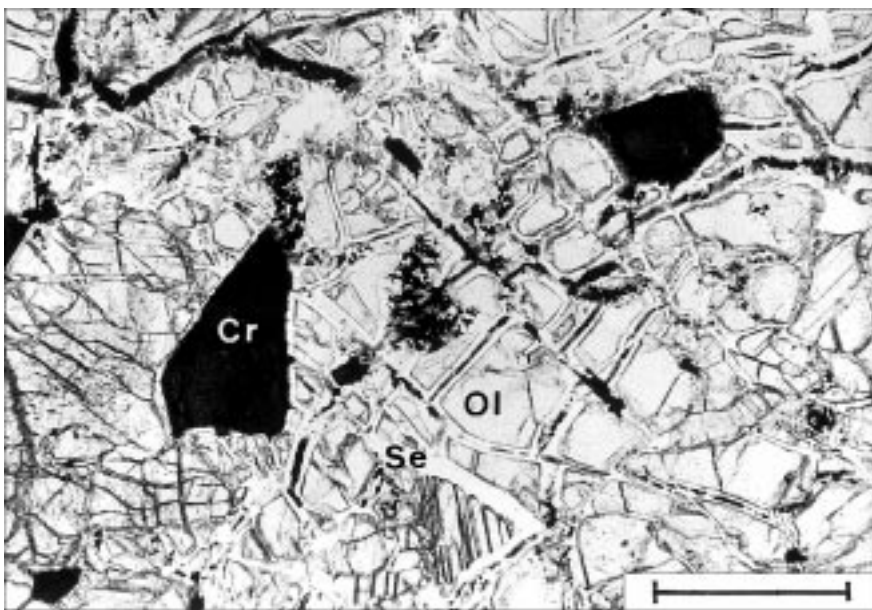


Abb. 6.
Dünnschliff-Bild eines Dunits, der aus Olivin (Ol), Serpentine (Se) und Chrom-Spinell (Cr) besteht.
Lesestein aus der Hangschutthalde zwischen Roßkopf und Maurerspitze.
Maßstab 0.5 mm. Hellfeld.

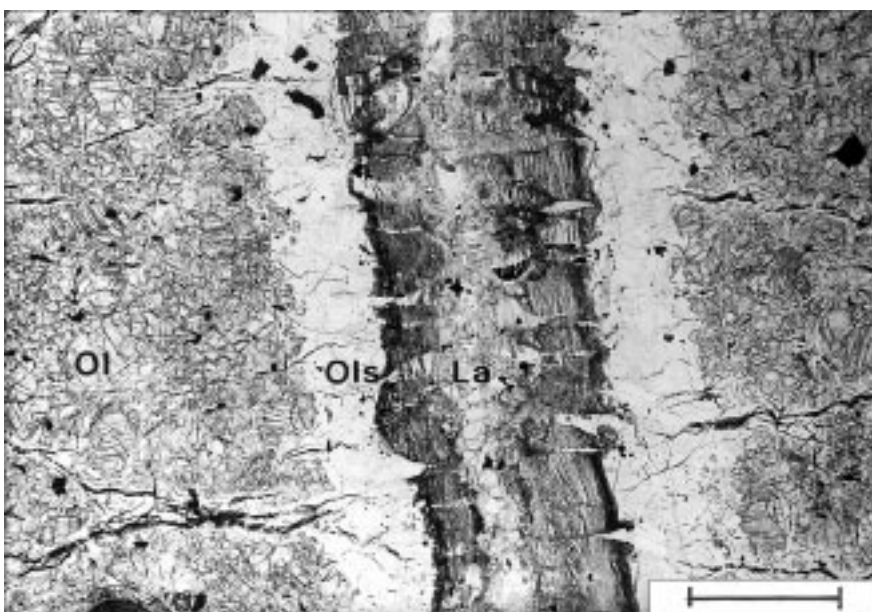


Abb. 7.
Dünnschliffbild eines Dunits, der aus Olivin (Ol) und serpentinisiertem Olivin (Ols) besteht und von einem kleinen Lamprophyrgang (La) durchschlagen wird.
Lesestein aus der Hangschutthalde zwischen Roßkopf und Maurerspitze.
Maßstab 2 mm. Hellfeld.

Daß es sich bei den Xenolithen tatsächlich um ehemalige Ultrabasite handelt, wird durch folgende Beobachtung erhärtet: Unterhalb der Maurerspitze wurden Rollstücke eines dunklen Gesteins gefunden, das überwiegend aus Olivin besteht. Als Nebengemengteil tritt Chromspinnell auf (Abb. 6). Der Olivin ist entlang von Rissen serpentiniert und zeigt die typische Maschenstruktur, die sich bei der Serpentinisierung einstellt. Nebenprodukte dieser Serpentinisierung sind Talk, Karbonat und Erz, die sich an den Spaltrissen anreichern. Es handelt sich somit um einen partiell serpentinierten Chromspinnell-führenden Dunit. Die Abb. 7 zeigt einen Dünnschliff eines Rollstückes aus Olivin, das von einem 2 bis 3 mm breiten Gang lamprophyrischer Zusammensetzung durchschlagen wird. Der Gang ist brekziös ausgebildet. Die Gangbildung ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß eine an Fluiden reiche Schmelze den ultrabasischen Xenolith durchschlug. Damit ist bewiesen, daß diese ultrabasischen Rollstücke mit dem Auftreten der Lamprophyrgänge in Zusammenhang stehen und höchstwahrscheinlich Xenolithe des Mantels sind, die von der lamprophyrischen Schmelze mit hochgebracht wurden. Bei den brekziös ausgebildeten Lamprophyren handelt es sich um Diatreme, die aus dem Mantel stammen.

Einschlüsse ultrabasischer Zusammensetzung sind in den Lamprophyren des mitteleuropäischen Variszikums unbekannt (KÖLBL-EBERT, 1995), man kennt sie aber beispielsweise aus Lamprophyren des Colorado-Plateaus (Navajo-Minetten, EHRENBERG, 1982; s. Kap. 4).

3. Andesite des Col Quaterná

Der subvulkanische Vulkanschlot des Col Quaterná steckt südlich des Passo Silvella diskordant in den Phylliten der Val Visdende Gruppe (Abb. 1, 3 und 8). Er erhebt sich als rundlicher Erosionsrest über die weicheren Phyllite. Im frischen Bruch und auf weißlich anwitternden Bruchflächen sind makroskopisch Feldspat, Biotit, (?Hornblende) und Pyroxen zu erkennen. Die Minerale zeigen keinerlei Regelung. Das Gestein ist feinkörnig, ungeschiefert und gut geklüftet. Spaltenfüllungen von Kalzit und Chlorit sowie mit Hämatit belegte Klüfte zeugen von einer spätvulkanischen hydrothermalen Durchströmung des Schlotes. Die Chloritisierung der mafischen Minerale führte besonders in gut geklüfteten Bereichen zu einer Vergrünung des Gesteins. Vom Schlot isoliert auftretende Andesitkörper am Fuße des Col Quaterná sind wahrscheinlich als laterale Gänge anzusehen.

Am Kontakt von Schlot und Nebengestein finden sich teilweise sehr mächtige Brekzien, die aus einer Vielzahl von Komponenten bestehen. Kupferrot bis violett verfärbte Phyllite sowie Quarzmobilisate der Val Visdende Gruppe sind mit Komponenten aus den Grödener Schichten und brekziiertem Andesit fest verbacken. Die Nebengesteinsbruchstücke können Durchmesser bis zu einem Meter erreichen.

Mikroskopisch besteht der Andesit des Col Quaterná aus 0,5 bis 1 mm großen Plagioklas-, Pyroxen- und wenigen Biotit-Einsprenglingen, die in einer mittelkörnigen Grundmasse aus Plagioklas, Pyroxen, Chlorit, Serizit, Karbonat, Leukoxen und Erz liegen. Es können deutlich zwei Generationen von Plagioklasen und Pyroxenen unterschieden werden, die sich in ihrer Größe unterscheiden (Abb. 9). Plagioklas ist zonar gebaut und fast vollständig mit Serizit, Karbonat, Chlorit, Epidot und Erz gefüllt. Pyroxen liegt teils frisch vor, teils ist er völlig chloritisiert und nur noch an seinen äußeren Formen zu erkennen. Die wenigen Biotit-Einsprenglinge sind ebenfalls chloritisiert. Ihr

Der subvulkanische Vulkanschlot des Col Quaterná steckt südlich des Passo Silvella diskordant in den Phylliten der Val Visdende Gruppe (Abb. 1, 3 und 8). Er erhebt sich als rundlicher Erosionsrest über die weicheren Phyllite. Im frischen Bruch und auf weißlich anwitternden Bruchflächen sind makroskopisch Feldspat, Biotit, (?Hornblende) und Pyroxen zu erkennen. Die Minerale zeigen keinerlei Regelung. Das Gestein ist feinkörnig, ungeschiefert und gut geklüftet. Spaltenfüllungen von Kalzit und Chlorit sowie mit Hämatit belegte Klüfte zeugen von einer spätvulkanischen hydrothermalen Durchströmung des Schlotes. Die Chloritisierung der mafischen Minerale führte besonders in gut geklüfteten Bereichen zu einer Vergrünung des Gesteins. Vom Schlot isoliert auftretende Andesitkörper am Fuße des Col Quaterná sind wahrscheinlich als laterale Gänge anzusehen.

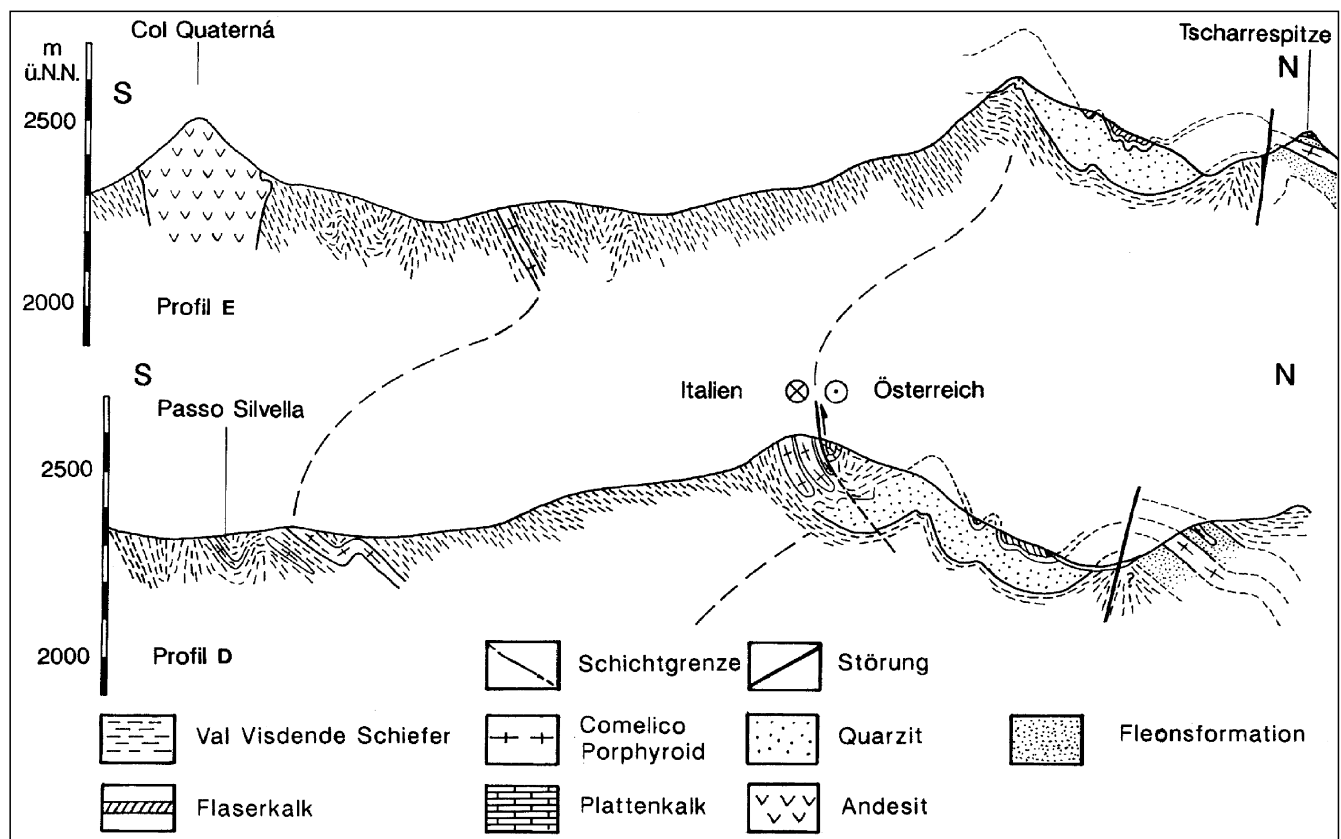


Abb. 8. Zwei geologische Profile durch die westlichen Karnischen Alpen im Bereich Col Quaterná / Tscharrspitze / Passo Silvella. Die Lage der Profile D und E ist aus Abb. 3 ersichtlich.

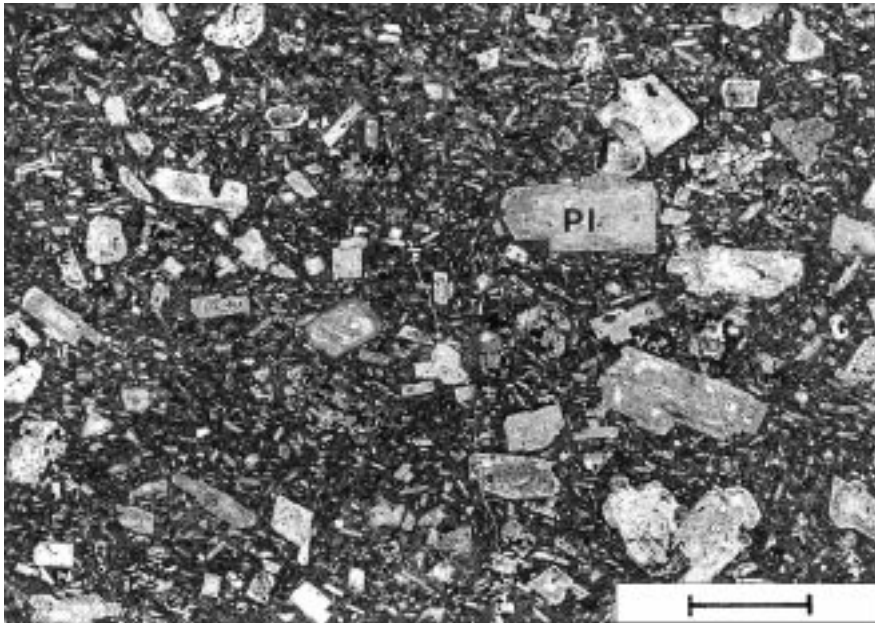


Abb. 9.
Dünnschliff-Bild des Andesites vom Col Quaterná.
Typisch porphyrisches Gefüge mit großen Plagioklas-Einsprenglingen (Pl).
Maßstab 1 mm. Hellfeld.

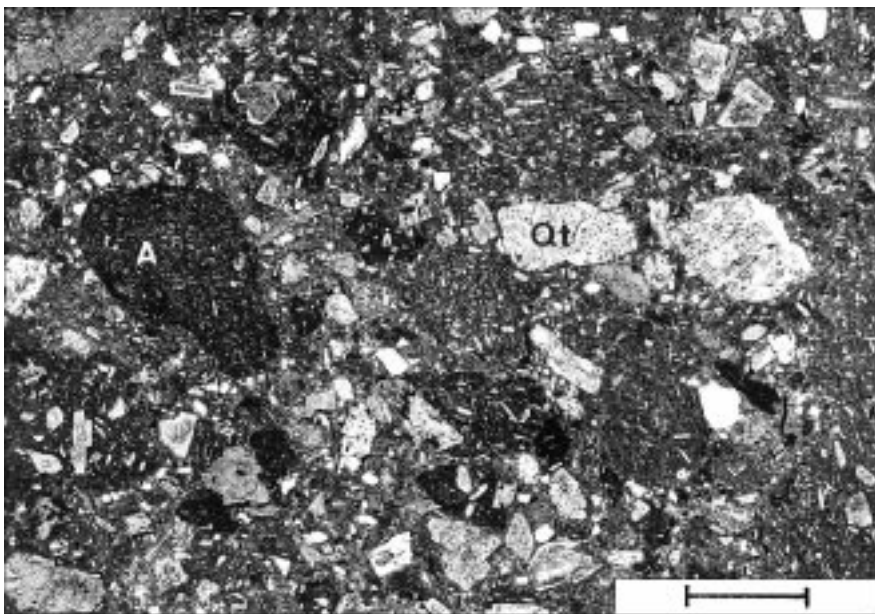


Abb. 10.
Dünnschliff-Bild der vulkanischen Brekzie, die den Schlot des Col Quaterná umgibt.
Andesit- (A) und Quarzit- (Qt) Bruchstücke liegen in einer Matrix aus Plagioklas, Vulkanit- und Nebengesteinsfragmenten.
Maßstab 1 mm. Hellfeld.

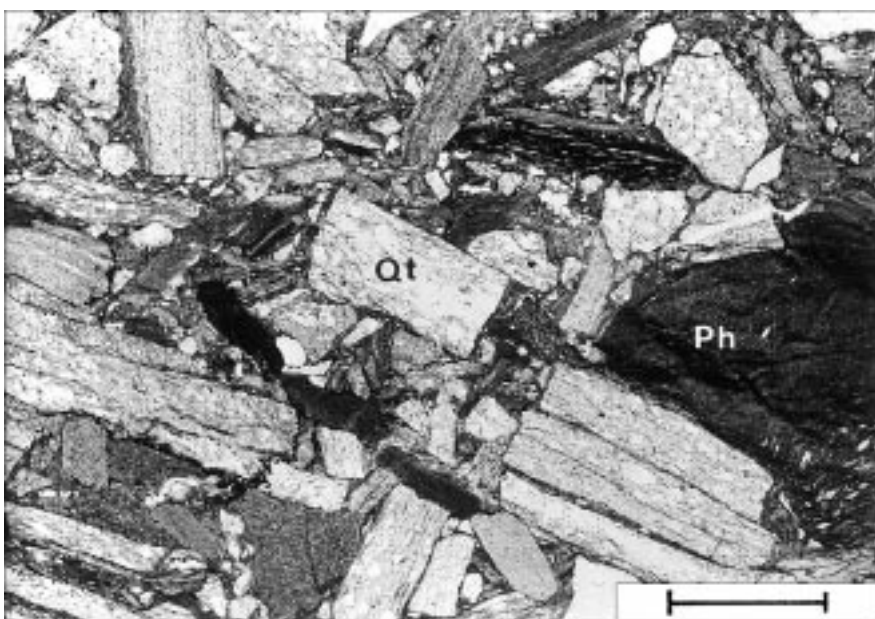


Abb. 11.
Dünnschliff-Bild der vulkanischen Brekzie, die den Schlot des Col Quaterná umgibt und im wesentlichen aus Quarzit- (Qt) und Phyllit- (Ph) Fragmenten besteht.
Maßstab 2 mm. Hellfeld.

Eisen- und Titan-Gehalt ist in Form von Leukoxen randlich angereichert. Als Akzessorien kommen Apatit und wenige Zirkone vor. Viele Chlorit-Pseudomorphosen haben eine stengelige Gestalt. Es ist wahrscheinlich, daß hier völlig chloritisierte, ehemalige Hornblenden vorliegen. Typische Hornblende-Kopfschnitte sind allerdings nicht zu erkennen.

Als Fremdeinschlüsse kommen in den Andesiten manchmal Quarzitbruchstücke vor. Ob auch einzelne größere Quarzkörner aus dem Nebengestein aufgenommen worden oder aus der Schmelze auskristallisiert sind, läßt sich nicht entscheiden.

Die Brekzien enthalten neben vulkanischen Fragmenten sehr viele Quarz- und Quarzitkörner, große Gangquarze sowie Phyllitreste (Abb. 10, 11). Sie sind stellenweise

an Rissen mit Hämatit durchtränkt. Auffallend ist, daß keine Karbonate als Komponenten in den Brekzien auftreten. Anscheinend haben die devonischen Karbonate zur Zeit des Ausbruchs des Schlototes die Val-Visdende-Schichten am Passo del Silvella nicht mehr überlagert. Dies würde bedeuten, daß der Schlot ein relativ junges Alter besitzt.

Die chemische Zusammensetzung des Andesites vom Col Quaterná ist in Tabelle 1 wiedergegeben. Wichtig sind hierbei diejenigen Elemente, die sich bei hydrothermalen Veränderungsprozessen aufgrund ihres Ionenradius und ihrer Ladungszahl in wässrigen Lösungen immobil verhalten. Dazu gehören die Elemente Ti, Al, Fe, Mn, P, Nb, Y und Zr. Auch Si und Mg verhalten sich weitgehend immobil, während Ca, Na, K, Ba, Rb und Sr unter hydrothermalen Bedingungen Veränderungen unterworfen sind. Die

SiO₂-Gehalte liegen in dem von PECCERILLO & TAYLOR (1976) für Andesite angegebenen Intervall von 56–63 %. In Abb. 12, in der die Zr/TiO₂-Nb/Y-Verhältnisse in das Diagramm von WINCHESTER & FLOYD (1975) eingetragen sind, fallen die Vulkanite des Col Quaterná in das Andesit-Feld. Es sind subalkalische Gesteine intermediärer Zusammensetzung, die andernorts häufig über Subduktionszonen auftreten. Auffallend sind in Tabelle 1 die hohen H₂O⁺-Werte und die stark variierenden Gehalte von Ca, Na, K, Rb und Sr, was ein Beweis für hydrothermale Austauschprozesse und die Mobilität der genannten Elemente ist. Normativer Korund tritt in der CIPW-Norm mit Ausnahme einer Probe (GC1) in allen anderen Proben auf. Dies ist ebenfalls ein Beweis für sekundäre Veränderungen, und zwar für ein Alkali-Defizit und einen Al-Überschuß.

Andesite								
	GC 1	GC 2	GC 3	GC 4	GC 5	GC 6	GC 7	DS 13/3
SiO ₂ :	57,83	57,22	58,63	58,02	57,85	57,82	58,28	58,59
TiO ₂ :	0,85	0,85	0,82	0,82	0,81	0,84	0,82	0,83
Al ₂ O ₃ :	16,63	16,48	16,57	16,49	16,42	16,81	16,40	16,73
Fe ₂ O ₃ :	2,52	2,98	2,23	2,92	2,19	2,62	2,76	2,25
FeO :	3,64	3,35	3,43	3,19	3,51	2,82	3,59	3,42
MnO :	0,12	0,10	0,12	0,10	0,07	0,07	0,05	0,10
MgO :	4,67	4,84	4,42	5,08	5,12	5,15	6,74	4,59
CaO :	5,88	4,50	3,12	1,74	3,82	3,35	0,85	4,09
Na ₂ O :	2,36	3,59	3,69	5,77	3,67	4,03	4,55	3,32
K ₂ O :	2,38	1,59	3,02	1,29	1,43	1,92	1,28	2,02
P ₂ O ₅ :	0,16	0,17	0,16	0,16	0,17	0,33	0,17	0,17
H ₂ O ⁺ :	2,43	4,39	3,46	4,31	4,67	4,07	4,52	3,61
Ba :	362	454	506	239	221	274	169	353
Cr :	112	126	84	95	90	96	96	92
Nb :	7	10	9	8	10	10	11	9
Ni :	11	16	?	11	3?	10	9?	6?
Rb :	82	54	117	40	52	68	42	71
Sr :	373	156	297	147	210	226	90	279
V :	198	182	153	156	160	159	161	160
Y :	22	22	26	22	22	22	20	24
Zn :	76	93	98	224	336	318	342	106
Zr :	134	146	139	141	138	151	137	140
Summe:	99,59	100,21	99,82	100,02	99,85	99,97	100,12	99,85
CIPW-Norm:								
qu :	14,80	13,24	11,60	7,91	14,82	12,80	14,76	15,49
c :	0,00	1,07	1,95	2,91	2,37	2,89	6,68	2,07
zr :	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
or :	14,50	9,80	18,55	7,98	8,88	11,82	7,92	12,40
ab :	20,55	31,73	32,46	51,09	32,62	35,55	40,30	29,18
an :	28,58	22,31	15,15	8,02	18,90	15,21	3,29	20,12
di :	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
di-en :	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
di-fs :	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
di-wo :	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
hy :	15,28	15,16	14,87	15,60	17,00	15,23	20,75	15,24
hy-en :	12,49	13,13	12,10	13,73	14,11	13,79	18,24	12,55
hy-fs :	2,79	2,03	2,77	1,87	2,88	1,44	2,51	2,69
mt :	3,76	4,52	3,35	4,42	3,34	3,96	4,19	3,40
cm :	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
il :	1,65	1,69	1,61	1,62	1,62	1,66	1,64	1,65
ap :	0,39	0,42	0,41	0,41	0,42	0,83	0,43	0,41

Tabelle 1.
Chemische Zusammensetzung
des Andesites vom Col Quaterná.

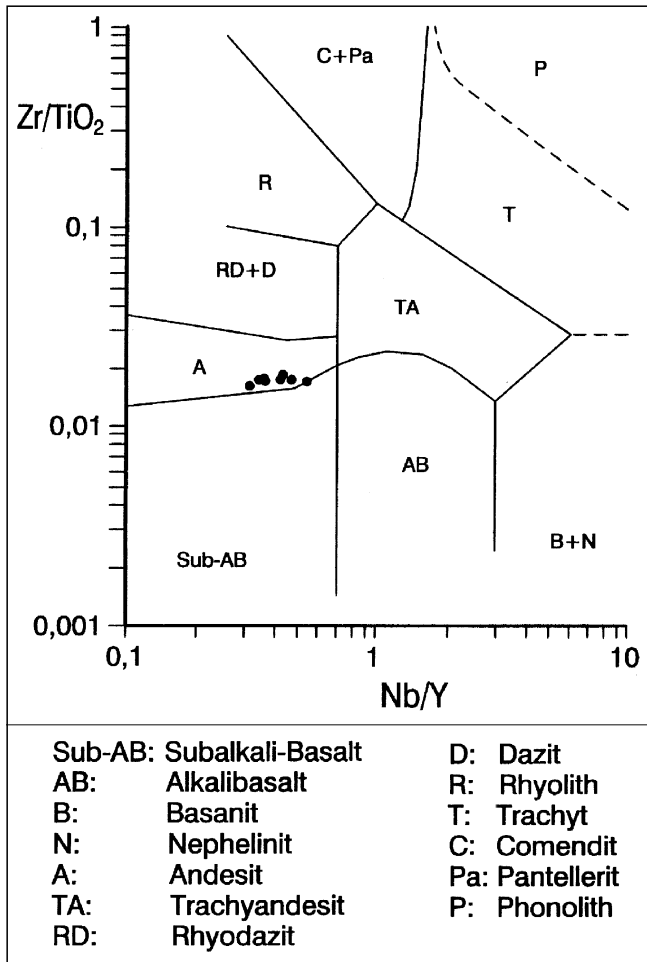


Abb. 12. Zr/TiO₂-Nb/Y-Diagramm nach WINCHESTER & FLOYD (1977) zur Klassifikation von Vulkaniten. Die Analysen des Col Quaterná fallen in das Andesit-Feld.

4. Geotektonische Bedeutung der Intrusivgesteine

Die untersuchten Lamprophyre und Andesite der westlichen Karnischen Alpen sind petrographisch-geochemisch sehr verschieden zusammengesetzt. Sie sind wahrscheinlich zu unterschiedlicher Zeit und unter unterschiedlichen Bedingungen entstanden. Ihr Alter ist unbekannt. Im Vergleich mit anderen Vorkommen von Lamprophyren kann man davon ausgehen, daß die Lamprophyre spät- bis post-kollisional gebildet worden sind. Ob sie variskischen oder alpidischen Alters sein können, wird in Kap. 4.1. diskutiert. Die Andesite sind wahrscheinlich im Zusammenhang mit der Subduktion des Nordpenninikums und der anschließenden Kollision im Alttertiär zu sehen.

4.1. Lamprophyre

Lamprophyre sind Ganggesteine, die in phanerozoischen Orogenen in einem ganz bestimmten Entwicklungsstadium auftreten. So sind Lamprophyr-Gangschwärme aus dem Unterdevon des Kaledonischen Gebirges der Britischen Inseln bekannt, die nach der Subduktion des Iapetus-Ozeans und im Anschluß an die Kollision zwischen Europa und dem Kanadischen Schild auftreten. Ihre Bildung steht zeitlich in Verbindung mit der Aktivität regionaler, linksseitiger Horizontalverschiebungen,

die Schottland während des Unterdevons durchschnitten haben (MACDONALD et al., 1985; ANDERSON & OLIVER, 1986; THOMPSON & FOWLER, 1986).

Im Variszikum Mitteleuropas finden sich zahlreiche Lamprophyrgänge, die tiefoberkarbonisches Alter haben (WIMMENAUER, 1973; KÖLBL-EBERT, 1995). Im Südschwarzwald sind sie etwas jünger als die synkollisionalen Granite (z.B. Granit von St. Blasien). Sie signalisieren ein Dehnungsregime, das auf große rechtsseitige Horizontalverschiebungen zurückzuführen ist und sich nach der Kollision zwischen Gondwana im Süden und dem kaledonisch bzw. präkambrisch konsolidierten Nordeuropa im Norden einstellt (ARTHAUD & MATTE, 1977; NEUGEBAUER, 1988).

Auch in den Ostalpen wurden nach der Kollision im Alttertiär große Horizontalverschiebungen während des Oligozäns/Miozäns aktiv (Periadriatische Linie, Ennstal-Linie u.a.), an denen die Ostalpen nach Osten in Richtung des Ungarischen Beckens auseinanderglitten (RATSCHBACHER et al., 1991). Es wäre deshalb hier zu fragen, ob das Auftreten der untersuchten Lamprophyre nicht auch im Kontext mit dem tertiären Extensionsregime zu sehen ist. Lamprophyre sind in den Alpen sowohl aus dem variskischen als auch aus dem alpidischen Zyklus bekannt (OBERHÄNSLI, 1986). Lamprophyre, die in der Nähe der Periadriatischen Linie auftreten und als tertiäre Gänge angesehen werden, werden von EXNER (1976), VON GIZYCKI & SCHMIDT (1978) und DEUTSCH (1984) genannt. Von DEUTSCH (1984) werden auch Altersbestimmungen an Hornblenden und Biotiten von Lamprophyren (Shoshoniten) erwähnt, die im Kristallin der Ostalpen südlich des Tauernfensters auftreten. Diese Alter liegen zwischen 24 und 30 Millionen Jahren und gehören somit in den Bereich Oberoligozän/Untermiozän. Sie entsprechen dem Zeitraum, der von RATSCHBACHER et al. (1991) für die Zergliederung des alpinen Orogens längs großer Horizontalverschiebungen angegeben wird.

Da von den untersuchten Lamprophyren keine Altersbestimmungen vorliegen, wird hier offengelassen, ob sie tertiären oder variskischen Alters sind. Sie unterscheiden sich von allen bekannten Lamprophyren aus dem Variszikum Mitteleuropas durch die Führung von Dunit-Xenolithen. Diese sind allerdings auch aus anderen alpinen Vorkommen bisher nicht bekannt geworden. Das Auftreten von Lamprophyren in der Nähe der Periadriatischen Linie könnte nahe legen, daß hier ein Zusammenhang zwischen horizontalen Seitenverschiebungen und Lamprophyrgängen besteht. Die Störungen müßten in diesem Fall eine Druckentlastung bis in den Mantel hinein verursacht haben, damit die lamprophyrische Schmelze aufsteigen konnte.

Xenolithe ultrabasischer Zusammensetzung (Granat-Lherzolithe, Spinell-Lherzolithe, Websterite) werden von Lamprophyren des Navajo-Vulkanfeldes in Arizona berichtet (EHRENBERG, 1982). Sie weisen darauf hin, daß die dortigen Lamprophyr-Schmelzen aus etwa 110 km Tiefe stammen. Die geotektonische Position ist von derjenigen in den Alpen sehr verschieden. Die Navajo-Minnetten treten im Oligozän als typische Intraplatten-Vulkanite in einem stabilen kontinentalen Plateau (Colorado-Plateau) auf, das von wenigen tiefreichenden Störungen im Zuge der Dehnungstektonik im Tertiär betroffen wurde. Horizontale Seitenverschiebungen ähnlichen Ausmaßes wie in den Alpen, Varisziden oder Kaledoniden sind dort unbekannt. Insofern sind die Lamprophyre der Alpen mit denen des Navajo-Vulkanfeldes von der geotektonischen Position her

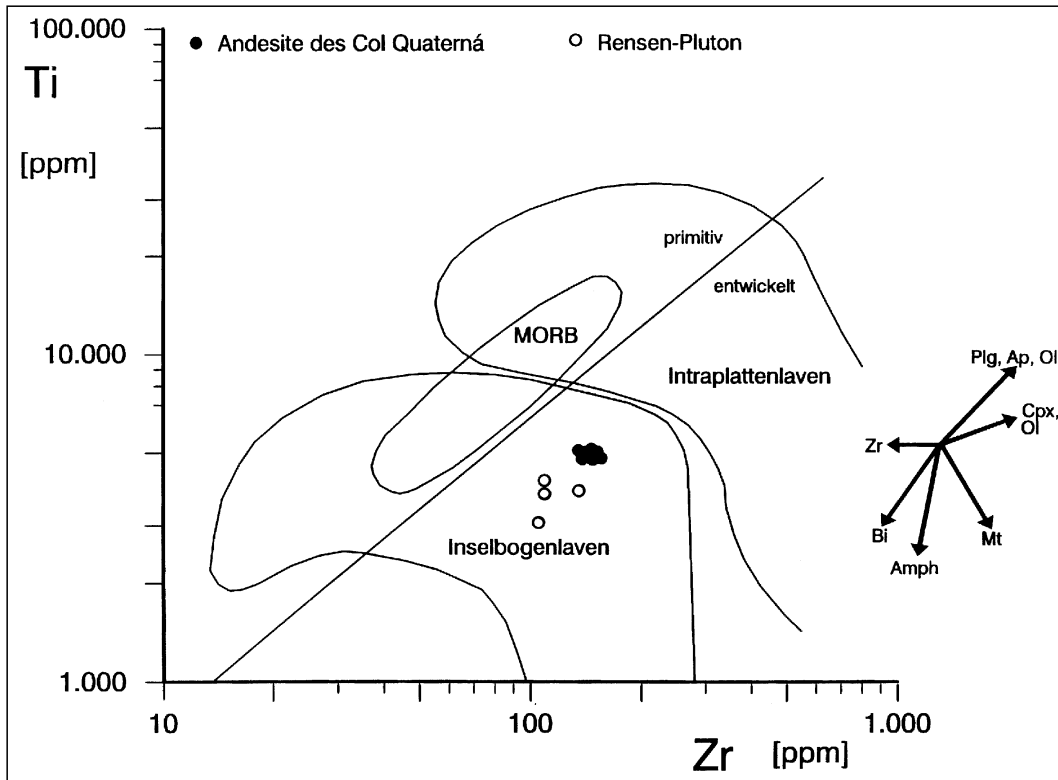


Abb. 13. Ti-Zr-Diagramm nach PEARCE (1982) zur plattentektonischen Einordnung von Vulkaniten. MORB = Basalte mittelozeanischer Rücken. Rechts sind die Differentiationstrends eingezeichnet, die sich bei Kristallisation von Plagioklas (Plg), Apatit (Ap), Olivin (Ol), Klinopyroxen (Cpx), Magnetit (Mt), Amphibol (Amph), Biotit (Bi) und Zirkon (Zr) einstellen. Zum Vergleich sind einige Analysen vom Rensen-Pluton (BARTH, 1986) eingetragen. Die Analysen des Col Quaterná fallen in das Feld der Inselbogenlaven.

gesehen nicht vergleichbar, obwohl sie auch Xenolithe ultrabasischer Zusammensetzung führen.

Chemische Analysen wären für die genaue Klassifikation der untersuchten Lamprophyre wichtig gewesen. Die Gänge sind aber derart stark karbonatisiert, daß eine sinnvolle Interpretation der chemischen Daten unmöglich wäre.

4.2. Andesite des Col Quaterná

Andesite treten ganz überwiegend an aktiven Kontinenträndern und über Subduktionszonen auf. Es gibt nur wenige rezente Andesit-Vulkane, die nicht an konvergierende Plattengrenzen gebunden sind (GILL, 1981). Insofern ist es gerechtfertigt, die Andesite des Col Quaterná mit Subduktions- bzw. Kollisionsvorgängen während des Alttertiärs in Verbindung zu bringen. Die räumliche Nähe zur Periadriatischen Naht legt diese Vermutung außerdem nahe.

Geochemisch gesehen fallen die Analysen des Col Quaterná in dem Ti-Zr-Diagramm nach PEARCE (1982) in das Feld der Inselbogenlaven (Abb. 13). Abb. 14 zeigt zusätzlich, daß die Nb- und Zr-Werte den Nb- und Zr-Werten von intermediären und sauren Laven kalkalkalischer Zusammensetzung gleichen. Von Vulkaniten aus Riftgebieten, ozeanischen Inseln und anderen Intraplattengebieten sind sie grundsätzlich verschieden.

Während des Oligozäns kam es im Bereich der Periadriatischen Naht zur Intrusion von mehreren Plutonkörpern, die eine dioritische, granodioritische, tonalitische und granitische Zusammensetzung besitzen (Rensen-Pluton, Rieserferner-Pluton u.a., EXNER, 1976; BORSI et al., 1978; VON GIZYCKI & SCHMIDT, 1978; BELLIENI et al., 1981; BELLIENI et al., 1984). Als Alter für diese Plutone werden ca. 30 M.J. angegeben (BORSI et al., 1979; BARTH et al., 1989). Nach dem plattentektonischen Modell von FRISCH (1981) ist dies die Zeit, in der die Subduktion des nordpenninischen Ozeans bereits erfolgt ist und die Kollision inklusive des Deckenbaus stattfindet. Die Periadriatischen Intrusi-

va werden hierbei als Reaktion auf die Kontinent-Kontinent-Kollision zwischen der Eurasischen und der Adriatischen Platte gesehen, wobei Transtensionsbewegungen entlang der Periadriatischen Naht den Aufstieg der Magmen erleichterten.

Es ist deshalb sicher nicht verfehlt, die Andesite des Col Quaterná ebenfalls in diesen plattentektonischen Rahmen einzuordnen, auch wenn eine Altersbestimmung bisher

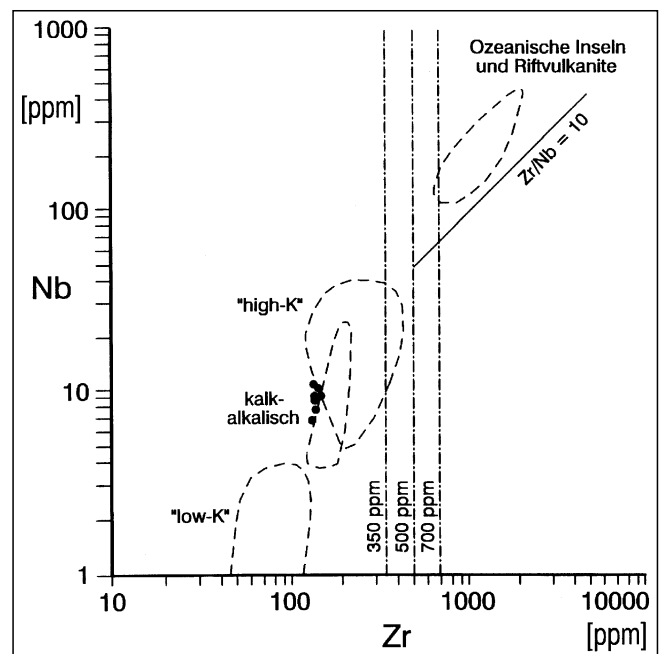


Abb. 14. Nb-Zr-Diagramm nach LEAT et al. (1986) zur Unterscheidung intermediärer und saurer Vulkanite, die einerseits an aktiven Kontinenträndern und Inselbögen auftreten („low-K“, kalkalkalisch, „high-K“), andererseits auf ozeanischen Inseln und in intrakontinentalen Rifts. Die Analysen des Col Quaterná fallen in die Nähe des Feldes kalkalkalischer Vulkanite.

noch aussteht. Sie könnten die subvulkanischen Äquivalente tertiärer, granodioritischer und dioritischer Intrusionen darstellen. Die Lamprophyre wären – falls sie tertiären Alters sind – etwas jünger und der Förderung der kalkalkalischen Magmen gefolgt. Andernfalls müßten sie oberkarbonisches Alter haben und wären im Verlauf mit spät-variskischen, horizontalen Seitenverschiebungen gefördert worden.

Dank

Für hilfreiche Diskussionen danken wir Herrn Prof. Dr. W. FRISCH und Frau Dr. M. KÖLBL-EBERT (Tübingen), Herrn Prof. Dr. G. FLAJS (Aachen) und Herrn Univ.-Prof. Dr. H.P. SCHÖNLAUB (Wien) danken wir für die Einführung in die Geologie der Karnischen Alpen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützte die Untersuchungen durch eine Sachbeihilfe.

Literatur

- ANDERSON, T.B. & OLIVER, G.J.H.: The Orlock Bridge Fault: a major late Caledonian sinistral fault in the Southern Uplands terrane, British Isles. – *Trans. Roy. Soc. Edinb. Earth Sci.*, **77**, 203–222, Edinburgh 1986.
- ARTHAUD, F. & MATTE, P.: Late Palaeozoic strike-slip faulting in southern Europe and northern Africa: result of a right-lateral shear zone between the Appalachians and the Urals. – *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **88**, 1305–1320, Boulder 1977.
- BARTH, S.: Geologie, Petrographie und Geochemie des periadriatischen Rensen Plutons (Südtirol/Alto Adige). – 256 S., Unveröff. Dipl. Univ. Tübingen 1986.
- BARTH, S., OBERLI, F. & MEIER, M.: U-Th-Pb systematics of morphologically characterized zircon and allanite: a high-resolution isotopic study of the Alpine Rensen pluton (northern Italy). – *Earth Planet. Sci. Lett.*, **95**, 235–254, Amsterdam 1989.
- BELLIENI, G., PECCERILLO, A. & POLI, G.: The Vedrette di Ries (Rieserferner) plutonic complex: petrological and geochemical data bearing on its genesis. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, **78**, 145–156, Heidelberg 1981.
- BELLIENI, G., PECCERILLO, A., POLI, G. & FIORETTI, A.: The genesis of late Alpine plutonic bodies of Rensen and Monte Alto (Eastern Alps): inferences from major and trace element data. – *Neues Jahrbuch Miner. Abh.*, **149**, 209–224, Stuttgart 1984.
- BORSI, S., DEL MORO, A., SASSI, F.P. & ZIRPOLI, G.: On the age of the Vedrette di Ries (Rieserferner) massif and its geodynamic significance. – *Geol. Rdsch.*, **68**, 41–60, Stuttgart 1979.
- DEUTSCH, A.: Young Alpine dykes south of the Tauern Window (Austria): a K-Ar and Sr isotope study. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, **85**, 45–57, Heidelberg 1984.
- EHRENBERG, S.: Petrogenesis of garnet lherzolite and megacrystalline nodules from the Thumb, Navajo volcanic field. – *J. Petrol.*, **23**, 507–547, London 1982.
- EXNER, Chr.: Die geologische Position der Magmatite des periadriatischen Lineamentes. – *Verh. Geol. B.-A.*, **1976**, 3–64, Wien 1976.
- FRISCH, W.: Plate motions in the Alpine region and their correlation to the opening of the Atlantic Ocean. – *Geol. Rdsch.*, **70**, 402–411, Stuttgart 1981.
- GILL, J.: Orogenic andesites and plate tectonics. – 390 S., Berlin (Springer Verl.) 1981.
- GIZYCKI v., P. & SCHMIDT, K.: Zur Genese der Plutone im SW des Tauernfensters (Ostalpen). – *Neues Jahrb. Geol. Paläont. Mh.*, **1978**, 657–673, Stuttgart 1978.
- HUBICH, D.: Petrographie und Geochemie der Vulkanite und Klastika am Obstanzer See (Westliche Karnische Alpen/Österreich/Italien). – 76 S., Unveröff. Dipl. Arb. Univ. Tübingen 1992.
- HUBICH, D. & LOESCHKE, J.: Der Comelico-Porphyröid der westlichen Karnischen Alpen (Österreich/Italien): Stratigraphie, Petrographie, Geochemie und Zirkonmorphologie. – *Jb. Geol. B.-A.*, **136**, 351–374, Wien 1993.
- HUBICH, D., LOESCHKE, J. & REIFF, H.: Geologie der westlichen Karnischen Alpen zwischen Porze und Eisenreich (Österreich/Italien) unter besonderer Berücksichtigung der Fleonsformation. – *Jb. Geol. B.-A.*, **136**, 375–391, Wien 1993.
- KALDE, C.: Geologische Kartierung im Gailtal, Kartenblatt ÖK 50/195, Karnische Alpen, Österreich. – 49 S., Unveröff. Dipl. Kartierung, Techn. Hochsch. Aachen 1987.
- KÖLBL-EBERT, M.: Paläozoische Ganggesteine (Rhyodazite/Dazite und Lamprophyre) des Südschwarzwaldes – Geologie, Petrographie, Geochemie und geotektonische Bedeutung. – *Tübinger Geowiss. Arb., Reihe A*, **23**, 1–216, Tübingen 1995.
- LEAT, P.T., JACKSON, S.E., THORPE, R.S. & STILLMAN, C.J.: Geochemistry of bimodal basalt-subalkaline/peralkaline rhyolite provinces within the southern British Caledonides. – *J. Geol. Soc.*, **143**, 259–273, London 1986.
- MACDONALD, R., THORPE, R.S., GASKARTH, J.W. & GRINROD, A.R.: Multi-component origin of Caledonian lamprophyres of northern England. – *Mineral. Mag.*, **49**, 485–494, London 1985.
- NEUGEBAUER, J.: The Variscan plate tectonic evolution: an improved “Iapetus model”. – *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, **68**, 313–333, Zürich 1988.
- OBERHÄNSLI, R.: Geochemistry of meta-lamprophyres from the Swiss Alps. – *Schweiz. Mineralog. Petrogr. Mitt.*, **66**, 315–342, Zürich 1986.
- PEARCE, J.A.: Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. – In: THORPE, R.S. (Hrsg.): *Andesites. Orogenic andesites and related rocks*, 525–548, New York (John Wiley) 1982.
- PECCERILLO, A. & TAYLOR, S.R.: Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, **58**, 63–81, Heidelberg 1976.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H.G. & MERLE, O.: Lateral extrusion in the Eastern Alps, part 2: structural analysis. – *Tectonics*, **10**, 257–271, Washington D.C. 1991.
- ROPERTZ, B.: Geologische Kartierung des Raumes zwischen Grenzbachtal und R. Cavallino der westlichen Karnischen Alpen, Italien. – 117 S., Unveröff. Dipl. Kartierung Techn. Hochsch. Aachen 1988.
- SCHÖNLAUB, H.P.: Das Paläozoikum in Österreich. – *Abh. Geol. B.-A.*, **33**, 1–124, Wien 1979.
- THOMPSON, R.N. & FOWLER, M.B.: Subduction-related shoshonitic and ultrapotassic magmatism: a study of Siluro-Ordovician syenites from the Scottish Caledonides. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, **94**, 507–522, Heidelberg 1986.
- WIMMENAUER, W.: Lamprophyre, Semilamprophyre und anchibasaltische Ganggesteine. – *Fortschr. Mineral.*, **51**, 3–67, Stuttgart 1973.
- WINCHESTER, J.A. & FLOYD, P.A.: Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. – *Chem. Geol.*, **20**, 325–343, Amsterdam 1977.