

Vorläufige Mitteilung zur Petrographie und Geochemie mitteltriadischer Vulkanite im südalpinen Teil der Karawanken (Kärnten, Österreich)

Von HARTMUT OBENHOLZNER*)

Mit 7 Abbildungen und 4 Tabellen

*Kärnten
Karawanken
Südalpin
Mitteltrias
Vulkanite (Andesite, Dazite)
Petrographie
Geochemie*

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 211, 212

Zusammenfassung

In den oberanisischen und unterladinischen Schichten der südalpinen Anteile der österreichischen Karawanken kommen in linsigen Körpern Vulkanite vor, die in dem Gebiet östlich und westlich des Loibltales zwischen Koschuta und Bärental untersucht wurden. Die Haupteruptionsphase setzt im Oberanis mit der Förderung andesitischer und dazitischer Laven und Lavabreccien ein. Die heute noch vorhandenen Mächtigkeiten erreichen maximal 100 m. Über den Laven folgen Konglomerate und mergelige Sedimente, die in ladinische Knollenkalke übergehen. An der Liegendgrenze der Knollenkalke stehen Tuffite oder andere pyroklastisch-epiklastische Gesteine an, deren Mächtigkeit meist nur wenige Zentimeter bis 1 Meter beträgt. Die Sedimente im Liegenden und Hangenden der Laven sind marin, ebenso die begleitenden Sedimente der tuffitischen Schichten. In einzelnen Mergellagen findet man kohlige Pflanzenhäcksel. Diese sedimentologischen Fakten deuten auf einen submarinen, oder partiell submarinen Vulkanismus in der Nähe von einer Küste hin.

Petrographisch lassen sich die Laven in zwei Gruppen gliedern: Eine dichtkörnig und eine porphyrisch strukturierte. Beide setzen sich aus mittel- bis hoch-K-hältigen Andesiten und Daziten zusammen und lassen sich auch in ihren Spurenelementgehalten, wie Cr, Ni, Co und am TiO₂-Gehalt unterscheiden. Die porphyrische Gruppe zeigt kalkalkalische Affinitäten, die dichtkörnige tholeiitische.

Summary

Volcanic rocks occur in the Upper Anisian and Lower Ladinian beds of the Southern Alpine parts of the Austrian Karawanken, forming lens-shaped bodies. They have been studied in the area of Loiblvalley between Koschuta and Bärental. The main event of volcanism took place in the Upper Anisian with the eruption of andesitic and dacitic lavas and lavabreccias. Thicknesses up to 100 m are preserved. The lavas are followed by conglomerates and marly sediments, which pass into Ladinian nodular limestone. At several localities tuffites and other pyroclastic-epiclastic rocks are found in the lower most parts of these limestones. They are some cm up to 1 m thick. The sediments at the base and at the top of the lavas are of marine origin, sometimes with relics of plants. These sedimentological facts refer to a submarine or partially submarine volcanism next to a coast.

Petrographically the lavas can be divided into two groups: one of a dense, trachytic texture and one of a porphyritic texture. Both of them include andesites and dacites of medium and high potassium contents. The lavas can also be divided after the contents of trace elements, like Cr, Ni, Co and the TiO₂-content. The porphyritic lavas are characterized by high Cr- and Ni-values, low TiO₂- and Co-values, whereas the dense andesites and dacites comprise low Cr- and Ni-values and high TiO₂- and Co-values. The first lavas show calc-alkaline affinities, the dense one tholeiitic.

1. Einleitung

In dem relativ kleinen Anteil Österreichs an den Südalpen sind seit längerer Zeit innerhalb der mitteltriadischen Sedimente der Karawanken Vulkanite bekannt (F. TELLER, 1898; S. PREY & F. KAHLER, 1958; F. K. BAUER, 1980). Die untersuchten Vorkommen liegen in den westlichen und östlichen Paralleltälern des Loibltales zwischen Bärental und Koschuta, ca. 15 km südlich von Klagenfurt. Aus der Kartenskizze (Abb. 1) entnimmt man, daß diese Täler von Nord nach Süd die nordalpine Abfolge der Karawanken, die periadriatische Naht und die südalpine Abfolge aufschließen. Diese beginnt mit jungpaläozoischen Sandsteinen und Konglomeraten. Darauf setzt konkordant die Trias ein. Kalke, Sandsteine und Mergel der Werfener Schichten werden von unteranisischen, dünnbankigen Kalken und oberanisischen, massigen Kalken und Dolomiten, über denen die Laven folgen, überlagert. Das Hangende der Vulkanite wird teilweise von klastischen Schichten gebildet, die in eine Beckenfazies übergehen, aus der sich ohne scharfe Abgrenzung Äquivalente der Buchensteiner Schichten entwickeln. Mit einer Basisstörung liegt der ladinische Schlerndolomit und der norische Dachsteinkalk darauf. In anderen Profilen liegt der Schlerndolomit (tektonisch) direkt auf den Vulkaniten. Dieser Baustil der Karawanken setzt sich über die Staatsgrenze weiter nach Süden fort, wo auf jugoslawischem Gebiet ebenfalls mitteltriadische Vulkanite vorkommen.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. HARTMUT OBENHOLZNER, Institut für Geowissenschaften der Universität Salzburg, Akademiestraße 26, A-5020 Salzburg.

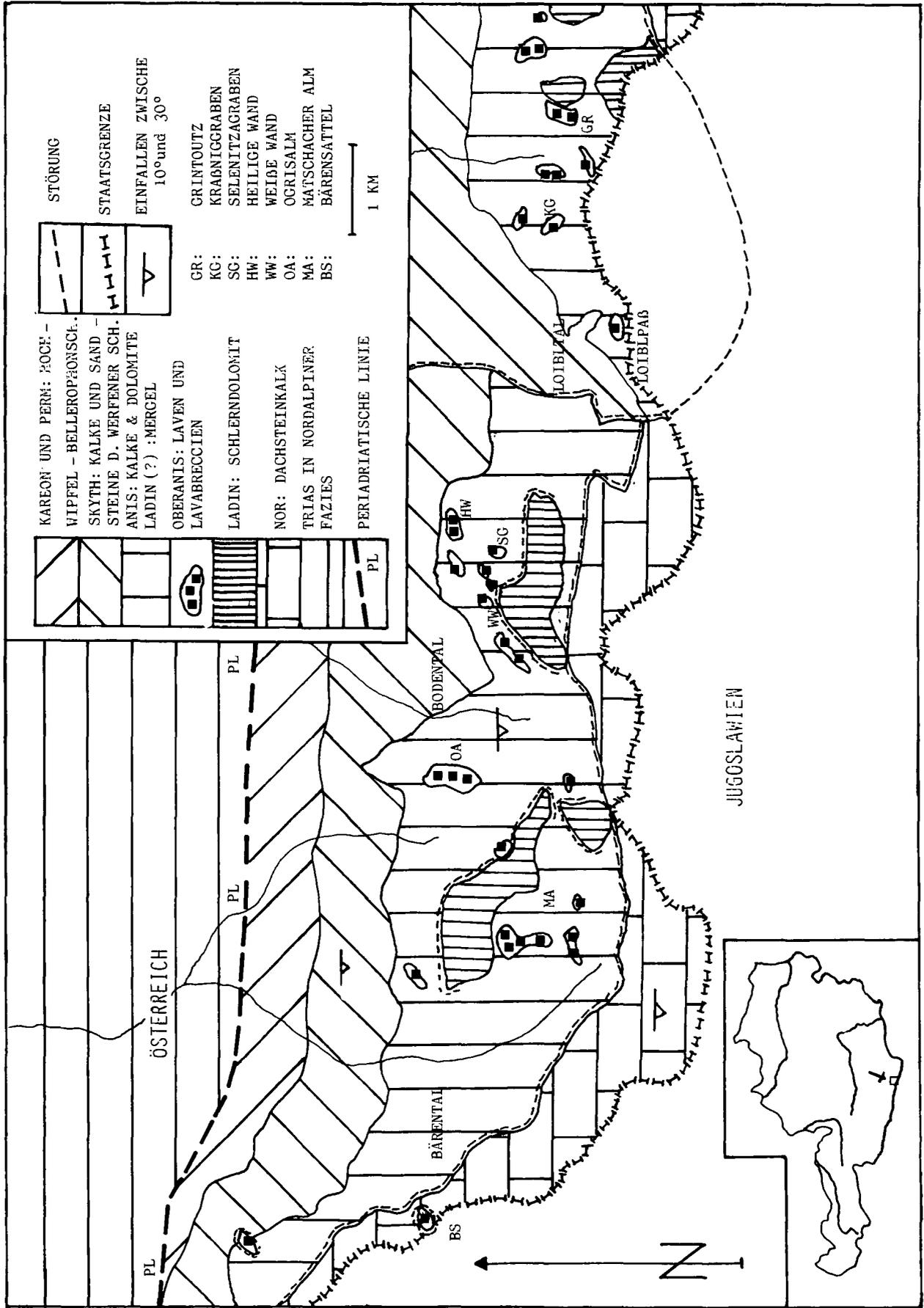


Abb. 1: Geologische Karte des Gebietes zwischen Bärental und Loibital, schematisiert nach F. K. BAUER (unpubliziert). Die Lokalität Koschuta liegt 11 km östlich des Loibitals und wird von der Kartenskizze nicht mehr erfaßt.

2. Stratigraphie

Die in dieser Arbeit vorgenommene lithostratigraphische Einstufung der Vulkanite ins Oberanis beruht auf Kartierungen von F. K. BAUER (1980), der unter Berücksichtigung

der Arbeiten von S. PREY (1960, 1975, 1977) eine Manuskriptkarte zur Geologie der westlichen Karawanken erstellt hat. Eigene Kartierungsergebnisse haben gezeigt, daß sich die Schichtfolgen in den Profilen westlich und östlich des Loibltals gut parallelisieren lassen. Aus der stratigraphischen Position im Oberanis

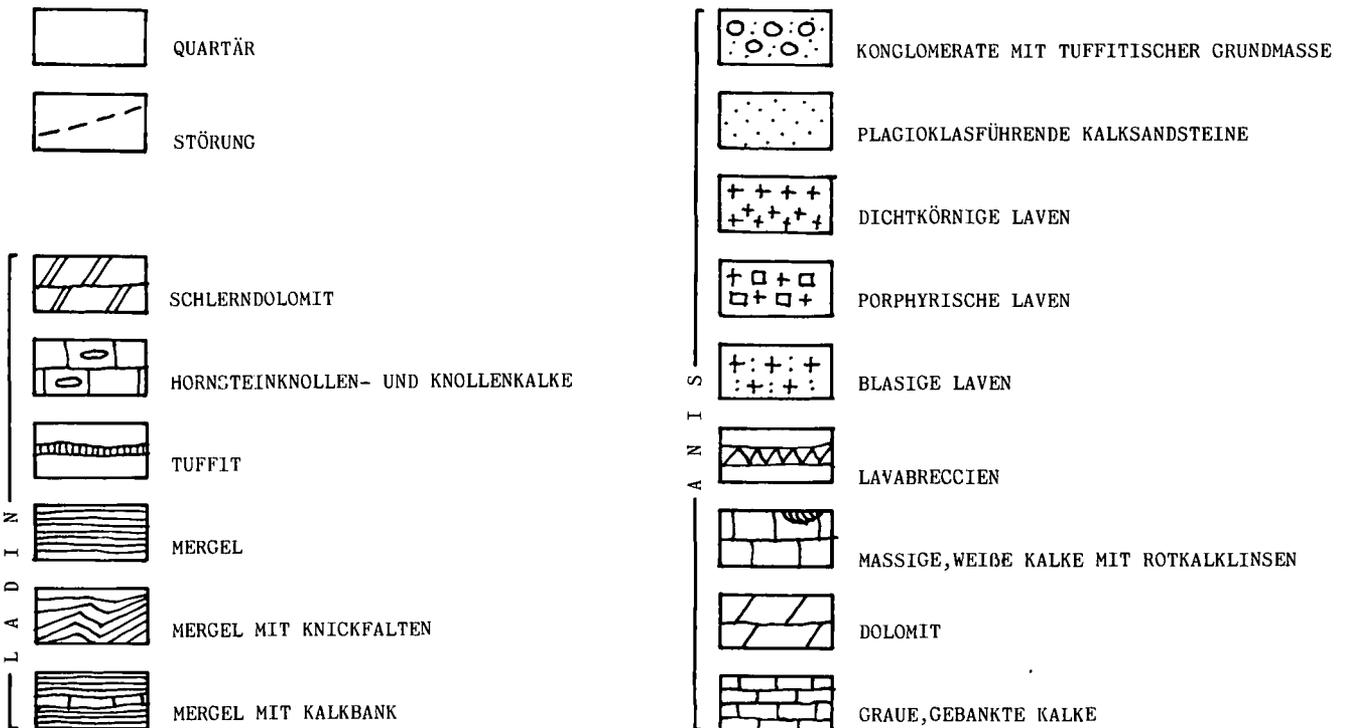
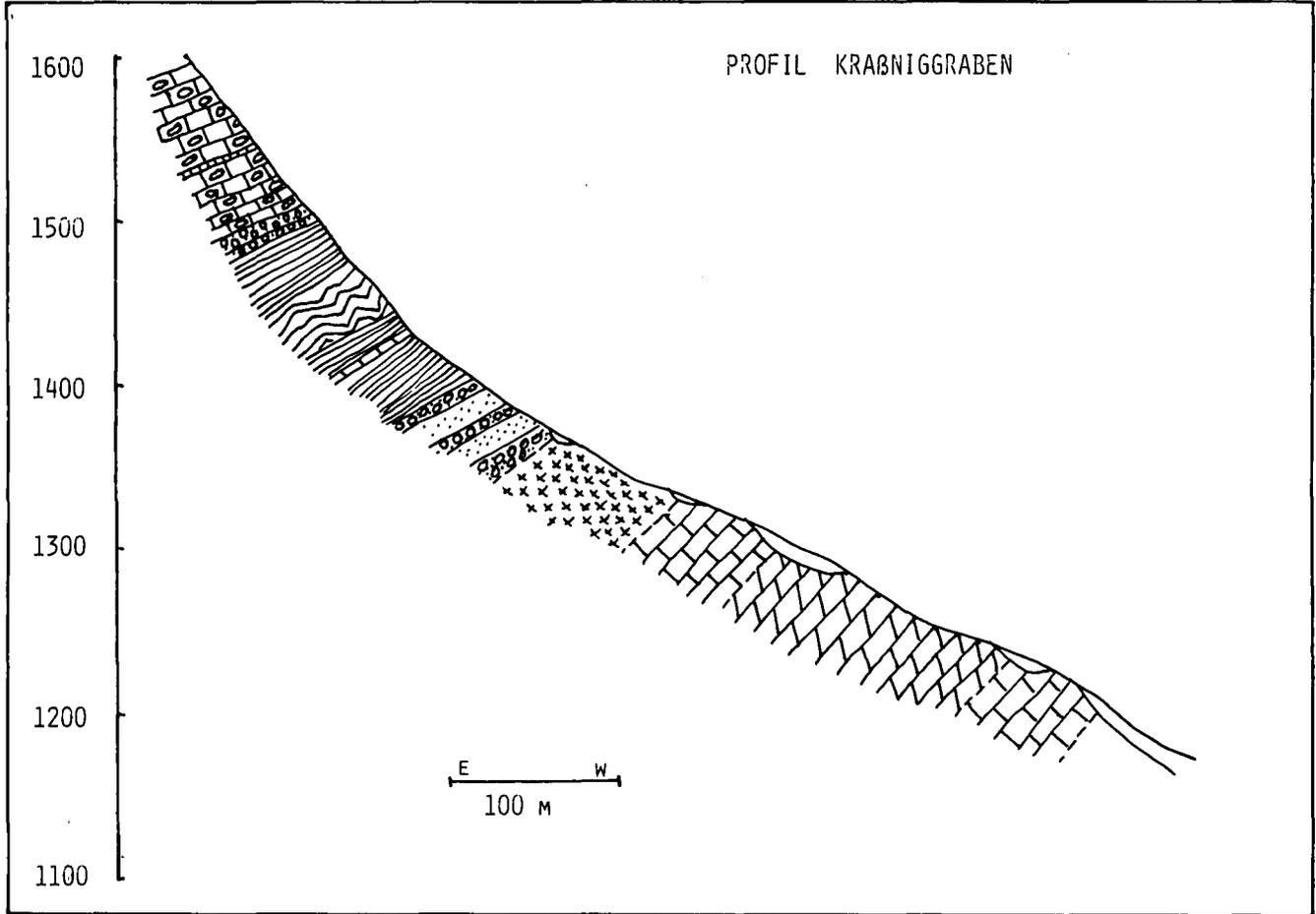


Abb. 2: Geologisches Profil Kraßniggraben.

und der Petrographie der Laven kann man auf ein zeitgleiches vulkanisches Ereignis schließen. Die als Andesite und Dazite ausgeflossenen Produkte dieses Vulkanismus finden sich in der Koschuta, am Grintoutz (GR), im Kraßniggraben (KG), Selenitzagraben (SG), an der Heiligen Wand (HW), der Weißen Wand (WW), auf der Ogrisalm (OA), der Matschacher Alm (MA) und am Bärensattel (BS). Die in Klammer angegebenen Buchstaben entsprechen dem in Abbildung 1 verwendeten Kode. Diese Aufzählung der Vorkommen von Ost nach West entspricht den bestaufgeschlossenen Profilen im Arbeitsgebiet. Tuffite an der Basis der Hornsteinknollen- und Knollenkalke, die als Äquivalente der Buchensteiner Schichten anzusehen sind, deuten auf eine weitere Periode vulkanischer Tätigkeit im Unterladin hin. Im Kraßniggraben und östlich der Matschacher Alm finden sich Tuffite und tuffitische Sedimente dieser Art.

Man kann die vulkanitführenden Profile in zwei Grundtypen gliedern, je nachdem ob im Hangenden der Laven Gesteine einer Beckensedimentation abgelagert sind oder diese fehlen, bzw. durch helle massige Kalke ersetzt sind. Als Beispiel für den erstgenannten Typ möchte ich das Profil Kraßniggraben (Abb. 2), für den zweitgenannten das Profil Weiße Wand – Bodental (Abb. 3) anführen.

Im Kraßniggraben (Abb. 2) liegen dichtkörnige Laven und Lavabreccien über massigen, weißen Kalken und Dolomiten des Oberanis. Die Vulkanite werden von einer Folge plagioklasreicher Kalksandsteine und Konglomeraten bedeckt. Die Konglomerate setzen sich aus Komponenten zusammen, die aus den Werfener Schichten, den Kalken des Unter- und Oberanis stammen. An der Grenze zu den Vulkaniten treten auch Lavagerölle auf. Man beobachtet häufig eine dachziegelartige Einregelung (Imbrikation) der Komponenten. Die Farbe der Grundmasse in den Konglomeraten wechselt von rot im Liegenden zu grau gegen das Hangende hin. Auch die Plagioklasführung der Grundmasse nimmt ge-

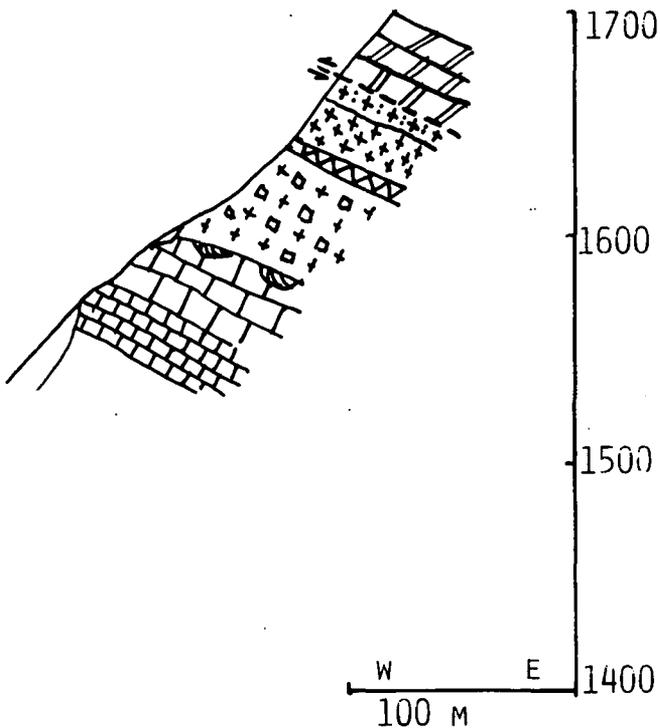


Abb. 3: Profil Weiße Wand – Bodental)
(Legende siehe Abb. 2).

gen das Hangende ab und wird durch eine Vorherrschaft der Karbonatkomponenten ersetzt.

Die Rotfärbung der Sandsteine und Konglomeratmatrix deutet auf eine terrestrische Verwitterung hin, ähnlich wie sie BRANDNER (1972) aus oberanisischen Gesteinen der Lienzer Dolomiten beschrieben hat. Konglomerate und Sandsteine bilden Wechsellagerungen aus. Die Mächtigkeit einzelner Schichtglieder schwankt zwischen wenigen cm und mehreren dm, häufig keilen die Schichten schon nach wenigen Metern im Streichen aus. Im Kraßniggraben erreichen die Konglomerate und Sandsteine eine Gesamtmächtigkeit von ca. 10 m. Auch in den darüberfolgenden Mergeln findet man noch cm-mächtige Einschüttungen von Konglomeraten, die in der Grundmasse tuffitisches Material enthalten können. Weiters kommen dm-mächtige Kalkbänke und mergelige Sandsteine, die kohlige Pflanzenhäcksel führen, vor. Die Mergel erreichen eine Mächtigkeit von ca. 60 m.

Nach der Ablagerung der Mergel entstand ein Bekkenmilieu, das die Bildung von Knollen- und Hornsteinknollenkalke zuließ. Sie sind durch Mikrofossilien noch nicht eingestuft, werden aber aus lithostratigraphischen Gründen den Buchensteiner Schichten gleichgestellt. An der Basis der Knollenkalke steht ein Konglomerat an, dessen Grundmasse stark von tuffitischen Anteilen beeinflusst ist. Darüber folgen Kalke, die noch vulkanogenen Detritus enthalten, und aus denen sich die Knollenkalke entwickeln. In stratigraphisch höheren Bereichen der dm-gebankten Knollenkalke kommen noch geringmächtige, linsige Lagen von Tuffiten und Tuffanden vor, die auf weitere vulkanische Tätigkeit im Ladin (?) hinweisen. Die Tuffite enthalten außer Plagioklas, Quarz, Chlorit und Kalzit auch Biotit, den man als einen Indikator für einen hoch-K-hältigen dazitischen bis rhyolithischen Vulkanismus ansehen kann (GILL, 1981).

Die beschriebene sedimentäre und vulkanogene Abfolge findet man auch weiter westlich bei Alt St. Leonhard und etwas reduziert auf der Matschacher Alm, bzw. östlich davon an der Stinze und am Kosiak.

Der zweite Profiltyp, wie ihn die Abfolge im Graben Weiße Wand – Bodental darstellt, unterscheidet sich im Liegenden der Vulkanite und in den Laven und Lavabreccien vom erstgenannten nicht. An einigen Orten steht an der Basis der vulkanogenen Abfolge ein aus überwiegend Lavageröllen bestehendes Konglomerat mit tuffitischer Grundmasse an, so z. B. auf der Ogrisalm. Im Profil der Weißen Wand ist dieses Konglomerat nur in kleinen Linsen mit Mächtigkeiten um 2–3 dm zu finden. Darüber folgt eine mehrere Meter bis Zehnermeter mächtige Lage bestehend aus verschiedenen Lavatypen, die noch ausführlich besprochen werden, und Lavabreccien. Eine Einschaltung von Tuffen oder Tuffiten konnte an keinem zu diesem Typ zugehörigen Profil beobachtet werden. Eine Störung trennt die Laven von Schlerndolomit. Eine ähnliche Entwicklung wie von der Weißen Wand kennt man vom Selenitzagraben, der Heiligen Wand, der Ogrisalm und vom Bärensattel. Es muß vorerst noch offen bleiben, ob der Schlerndolomit etwaige klastische Sedimente aus dem Hangenden der Laven abgeschert hat, oder ob primär keine Konglomerate abgelagert wurden.

In der Koschuta und am Grintoutz sind die Aufschlußverhältnisse zu ungünstig, als daß man eine sichere Zuordnung zu den beiden Profiltypen treffen sollte. Es sprechen aber einige Kartierungsergebnisse für eine mögliche Vergleichbarkeit zum Typ 1.

3. Petrographie

Im Zug der vulkanischen Tätigkeit im Oberanis entstanden Laven und exogene Breccien. Selten findet man Lavabreccien mit kalkiger Grundmasse an der Basis einer Vulkanitabfolge. An der Grenze zu den Sedimentgesteinen im Hangenden treten blasige Partien auf. Alle Laven wurden nach strukturellen Kriterien in eine porphyrische Gruppe, einsprenglingsreich mit einer lichtoptisch schwer auflösbaren Grundmasse, und in eine dichtkörnige Gruppe, einsprenglingslos mit deutlichem Fließgefüge, gegliedert. Diese beiden petrographischen Hauptformen sollen nun näher beschrieben werden.

Die Einsprenglingsminerale in den porphyrischen Laven werden bis zu 2 mm groß. Den Hauptanteil davon nehmen die Plagioklase ein, untergeordnet kommen Klinopyroxene und Amphibole vor. Den Einsprenglingen fehlt eine Fließregelung. Die mafischen Minerale sind nur mehr als zum Teil idiomorphe Formrelikte erhalten. Chlorit bildet Pseudomorphosen nach Klinopyroxen, die häufig einen achteckigen Umriß besitzen, und nach Amphibol, die häufig eher stengelartig und sechseckig sind. Die Chlorite gehören der Reihe Diabantit-Pycnochlorit-Rhipidolit an. Weiters treten Quarz und Karbonat in den Pseudomorphosen auf. GILL (1981) beschreibt an frischen Pyroxenen und Amphibolen opazitische Ränder und Einschlüsse hypidiomorpher Erze, die auch in vergleichbarer Weise in den Pseudomorphosen noch erhalten sind.

Mikrosondenstudien an frischen Plagioklaseinsprenglingen ergaben Anorthitgehalte von 30 bis 60 % (Andesin bis Labradorit). Stark verwitterte Feldspäte hingegen zeigen neben unregelmäßigen Gehalten an SiO_2 und Al_2O_3 eine Abfuhr von CaO und Na_2O und häufig eine Zufuhr von K_2O , das an fleckig trübe Bereiche im Kristall gebunden ist. An welche Mineralphase das Kalium gebunden ist, konnte noch nicht eindeutig geklärt werden. Färbemethoden nach F. CHAYES (1952) und M. L. KEITH (1939), sowie röntgendiffraktometrische Untersuchungen lieferten Hinweise auf die Anwesenheit von Kalifeldspat. Das Phänomen K-reicher Zonen oder Flecken in primären Plagioklasen ist in den verschiedenen Produkten des mitteltriadischen Vulkanismus der Südalpen weit verbreitet und auch schon von mehreren Autoren als Kalifeldspatation interpretiert worden (P. L. ROSSI, 1979; P. JOBSTRAIBER, 1981). Laven, die solche umgewandelten Plagioklase führen, können Gesamtgesteinswerte für K_2O bis zu 10 % aufweisen. Übereinstimmend haben alle Autoren postmagmatische Prozesse für die Kaliumzufuhr verantwortlich gemacht. Als mögliche Ursachen werden Dampfphasen oder Einfluß des Meerwassers gesehen. Manche Laven sind bei diesen Umwandlungsvorgängen soweit karbonatisiert worden, daß sogar die Plagioklaseinsprenglinge nur mehr als Pseudomorphosen gefüllt mit Kalzit vorliegen.

Die Grundmasse der porphyrischen Laven ist in vielen Proben unter dem Mikroskop kaum auflösbar. In relativ grobkörnigen Bereichen erkennt man ein Intersertalgefüge von Plagioklasleisten, in dem Chlorit die Zwickelfüllungen ausmacht. Die Färbemethoden lieferten auch in der Grundmasse Hinweise auf Beimengungen von Kalifeldspat. Als weitere Minerale treten noch Quarz, Apatit, selten Zirkon und Erze auf.

Tabelle 1 gibt den Modalbestand einer porphyrischen Lava an.

Tabelle 1: Modalbestand einer porphyrischen Lava (Andesit).

Grundmasse	36
Mafische Minerale*)	15
Plagioklaseinsprenglinge	41
Erz	3
Quarz	2
Karbonat	3
Summe	100

*) nur als Pseudomorphosen erhalten.

Das mikroskopische Gefüge der dichtkörnigen (Nomenklatur nach S. MATTHES, 1983) Laven ist ungleich anders gestaltet. Schmale Plagioklasleisten mit Seitenlängen unter 0,1 mm sind subparallel zu einem Fließgefüge angeordnet. Die Zwischenräume sind mit Chlorit und Erz gefüllt. Im Fließgefüge eingeregelt liegen Plagioklase einer älteren Generation mit Seitenlängen um 0,5 mm. Diese Feldspäte sind idiomorph ausgebildet und durch die Verwitterung stark getrübt, bzw. durch Karbonat ersetzt.

Mit freiem Auge wirken diese Laven völlig homogen, in manchen Fällen läßt die Verteilung des Erzes einen lagigen Bau im Millimeterbereich erkennen. Unter dem Mikroskop kann man fließparallele Korngrößenunterschiede der Plagioklase beobachten.

Mikrosondenstudien an größeren Plagioklasen zeigten, daß ähnliche Abfuhr von CaO und Na_2O und Zufuhr von K_2O wie in den porphyrischen Plagioklasen stattgefunden haben müssen. Tabelle 2 gibt den Modalbestand einer dichtkörnigen Lava an.

Tabelle 2: Modalbestand einer dichtkörnigen Lava (Andesit).

Plagioklas	61
Chlorit	15
Erz	13
Karbonat	11
Summe	100

Blasige Laven lassen sich je nach Matrixstruktur als gut entgaste Varietäten dem einen oder anderen Lavatyp zuordnen. Die Vakuolen sind mit feinkörnigem oder feinstrahligem Chalzedon und/oder Chlorit und/oder Kalzit gefüllt. Häufig wechseln sich die drei genannten Minerale in einer Vakuole lagig ab. Selten beinhalten die Blasen würfelige Pseudomorphosen von Kalzit nach vermutlich Zeolit.

In beinahe allen Profilen kommen porphyrische und dichtkörnige Laven vor. Es existieren Wechsellagerungen im Bereich mehrerer Meter; soweit es die Aufschlußverhältnisse erkennen lassen, sind auch linsige Einschaltungen der einen Lavatype innerhalb einer größeren Abfolge der anderen eingeschlossen. Außerdem kommen über Zehnermeter homogene Bereiche vor, die von ebenso mächtigen Lagen der anderen Lavatype überlagert werden. Nimmt man alle Profile zusammen, dürften die dichtkörnigen Laven mengenmäßig überwiegen. Das Auftreten der porphyrischen Laven konzentriert sich auf den Raum Selenitzgraben, Weiße Wand und Heilige Wand. Die ausgedehnten Gebiete der Ogrisalm und der Matschacher Alm werden beinahe ausschließlich von dichtkörnigen Laven bedeckt.

Auch die Komponenten der pyroklastischen Breccien weisen die Strukturen der beiden Lavatypen auf. Man kann die Breccien auf Grund der Form der Komponenten unterscheiden. Es gibt solche mit scharfkantigen Komponenten, die in einer feinkörnigen Grundmasse

aus Plagioklas, Chlorit und Lavafragmenten liegen, weite Fließbreccien, deren Komponenten an den Kanten durch die Bewegung etwas gerundet sind, und Breccien mit gut verschweißten Komponenten, die keine Grundmasse besitzen. In vielen Breccien findet man opake, glasscherbengestaltige Körner mit einem Durchmesser von 1 mm. Diese ehemaligen Gläser sind von einer Erzphase so dicht bestäubt, daß man an eine Einwanderung eines Eisenoxids während der Verwitterung denken muß. Die hohe Blasigkeit dieser Scherben spricht für eine gute Entgasung der Lava. Dies kann als petrographischer Hinweis auf einen landnahen, submarinen (Seichtwasser), vielleicht partiell auch subaerischen Vulkanismus angesehen werden.

4. Geochemie

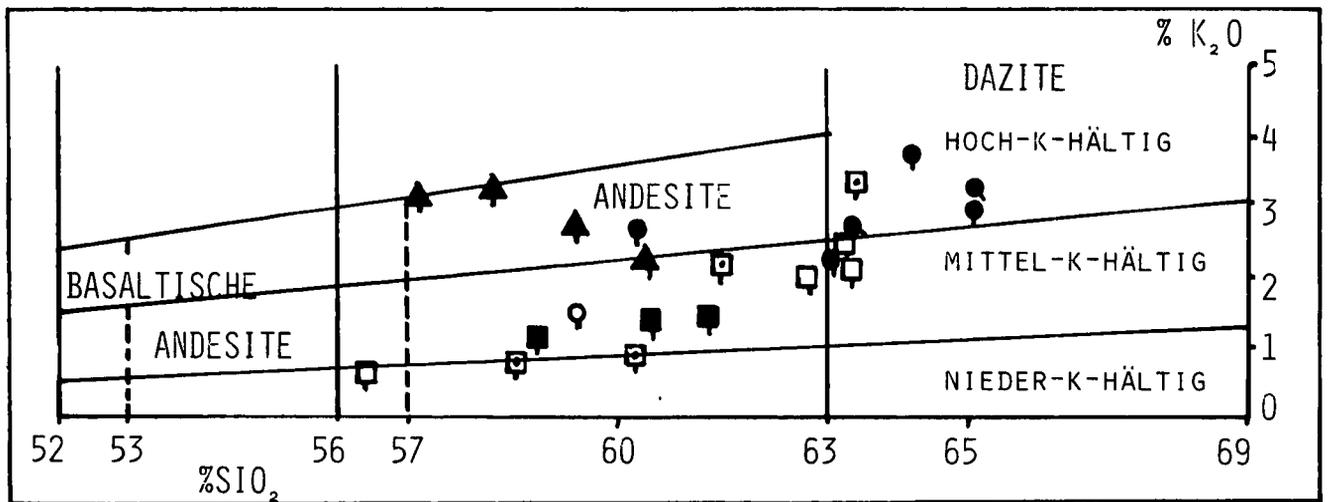
Die petrographischen und geochemischen Untersuchungen haben gezeigt, daß die mitteltriadischen Vulkanite der Karawanken Andesite und Dazite sind. In dieser Arbeit wird nur die geochemische Definition von A. EWART (1979) verwendet (durchgezogene Striche in Abbildung 4 und 5). Die Abbildungen 4 und 5 zeigen die Verteilung von dichtkörnigen und porphyrischen Laven im Diagramm $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. Die Einteilung in basische (53–57 %) und saure Andesite (57–63 %) stammt von J. GILL (1981) (strichlierte Linien in Abb. 4 und 5). Man erkennt, daß beide petrographische Typen den Feldern für mittel- bis hoch-K-hältigen Andesiten und Daziten angehören. Porphyrische Laven mit einem K_2O -Gehalt

Tabelle 3: Auswahl einiger Analysen von porphyrischen und dichtkörnigen Laven (durchgeführt mit einer Röntgenfluoreszenzanlage bei Prof. SCHMINCKE (Ruhruniversität Bochum)). 1, 2 und 3 = porphyrische Laven von der Weißen Wand; 4 und 5 = dichtkörnige Laven von der Ogrisalm; 6 = dichtkörnige Lava aus dem Kraßniggraben.

Elementoxid	1	2	3	4	5	6
SiO_2	59,9	63,8	63,8	61,3	63,7	56,0
TiO_2	0,87	0,84	0,9	1,19	1,24	2,05
Al_2O_3	17,06	15,13	15,97	15,58	16,2	17,11
Fe_2O_3	4,45	3,79	3,88	6,16	6,29	8,93
MgO	1,3	1,26	1,43	1,47	0,57	1,67
MnO	0,06	0,06	0,04	0,1	0,05	0,06
CaO	4,94	5,88	4,38	5,12	2,12	3,21
Na_2O	3,89	2,75	2,67	3,74	4,48	5,38
K_2O	3,27	2,53	2,78	2,15	2,68	0,83
P_2O_5	0,18	0,19	0,13	0,24	0,25	0,33
H_2O	n.b.*)	n.b.	3,11	n.b.	n.b.	n.b.
Summe	95,93	96,25	99,1	97,06	97,81	95,88

Elemente [ppm]	1	2	3	4	5	6
Cr	88	87	85	23	27	19
Co	11	15	12	34	27	17
Ba	315	323	263	285	383	87
Ni	23	20	17	9	26	6
Cu	11	6	35	11	9	5
Zn	61	48	54	64	42	60
Rb	129	67	84	90	125	27
Sr	181	223	247	196	185	114
Y	36	38	28	41	39	35
Zr	233	197	292	221	226	202
Nb	16	12	16	16	13	14

*) n.b. = nicht bestimmt.



FUNDORT	DICHTKÖRNIGE LAVEN	PORPHYRISCHE LAVEN
WEIßE WAND	△	△
HEILIGE WAND	▲	▲
SELENITZAGR.	○	○
OGRISALM	●	●
BÄRENSATTEL	□	□
MATSCHACHER ALM	■	■
KRAßNIGGRABEN	◻	◻

Abb. 4: Verteilung der dichtkörnigen Laven im Diagramm $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. Einteilung nach A. EWART (1979) und J. GILL (1981).

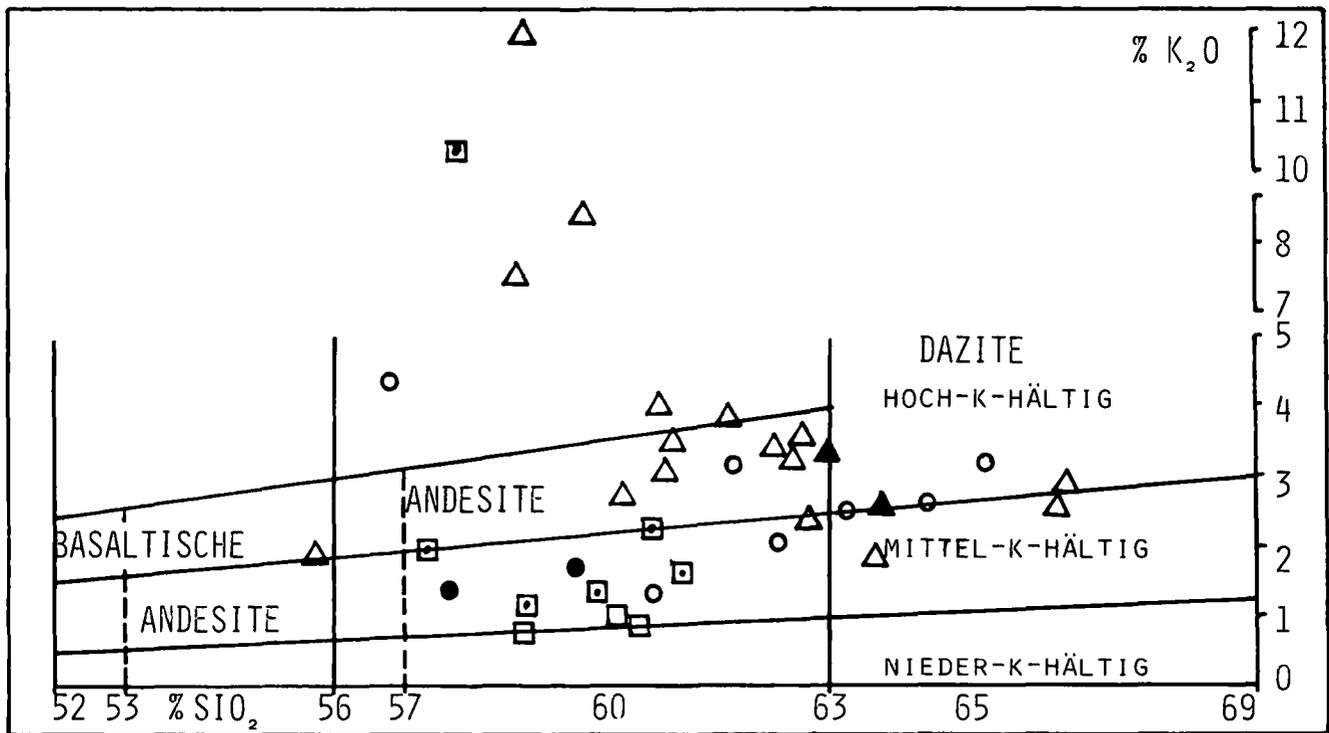


Abb. 5: Verteilung der porphyrischen Laven im Diagramm $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$. Einteilung nach A. EWART (1979) und J. GILL (1981) (Legende siehe Abb. 4).

von über 5 % verdanken wahrscheinlich ihren hohen Kaliumgehalt einem postmagmatischen Umwandlungsprozeß (siehe Kapitel 3.: Feldspatumwandlungen). Da das Arbeitsgebiet einen relativ kleinen Raum umfaßt, kann das Fehlen von Basalten und Rhyolithen, die aus altersgleichen Horizonten aus den Nachbarregionen Italiens und Jugoslawiens bekannt sind, ein geographischer Effekt der Beprobung sein.

An Hand der Hauptelementanalysen – ausgenommen an TiO_2 – lassen sich die beiden petrographischen Typen nicht unterscheiden.

Die Tabelle 3 zeigt eine Auswahl chemischer Analysen relativ frischer dichtkörniger und porphyrischer Laven.

Neben Titan erwiesen sich die Spurenelemente Cr, Ni und Co als Kriterien, die Gesteine in zwei Gruppen zu gliedern, die beide selbe SiO_2 -Konzentrationen und selben Zr-Gehalt (100–300 ppm), Nb-Gehalt (10–30 ppm) und Y-Gehalt (20–50 ppm) aufweisen. Diese Zweiteilung entspricht auch der petrographischen Gliederung in dichtkörnige und porphyrische Laven. In der Tabelle 4 sind diese verschiedenen Gehalte angeführt.

Sehr deutlich wird die Zweiteilung der Laven im Diagramm Ni-Cr (J. GILL, 1981). Die porphyrischen Laven weisen sowohl höhere Cr- (60–120 ppm) als auch z. T. höhere Ni-Gehalte (5–35 ppm) – Feld A – als die dichtkörnigen (Cr 5–40 ppm; Ni 5–15 ppm, eine Ausnahme mit 26 ppm) auf – Feld B – und besitzen ein höheres Cr/Ni-Verhältnis (porphyrische Laven Cr/

Ni = 3–10; dichtkörnige Laven Cr/Ni = 1–5) – siehe Abb. 6. In welchem Mineral Cr und Ni in den Pseudomorphosen gebunden sind, bedarf noch einer Klärung.

Bisher wurde in der über intermediäre Eruptiva der Südalpen publizierten Literatur über eine ähnliche Zweiteilung der Spurenelemente Co, Cr, Ni und des TiO_2 -Gehalts nicht berichtet.

In Italien wurde bisher nur eine Dichotomie der Vulkanite einer vorherrschend shoshonitisch-latitischen und einer weniger gut ausgebildeten hoch-K-hältigen andesitisch-dazitischen Reihe beobachtet (G. BARBIERI et al., 1982); aus dem angrenzenden jugoslawischen Raum sind nur Andesite, die nicht weiter unterschieden werden, bekannt (J. PAMIĆ, 1982; S. GRAFENAUER, 1980).

Interessant ist auch, daß das FeO/MgO-Verhältnis der porphyrischen Laven eine Affinität zu kalkalkalischen Trends, das der dichtkörnigen eher eine Affinität zu tholeiitischen zeigt.

5. Diskussion

Es konnte gezeigt werden, daß in der Mitteltrias zwei Andesittypen vorkommen, die weder von Basalten noch von Rhyolithen begleitet werden. Das Gesamtbild der Vorkommen in Italien, Österreich und Jugoslawien läßt erkennen, daß die Kette der Eruptionszentren im Westen von SW nach NE, im Zentralen Bereich und im Osten von WNW nach ESE streicht. Auf österreichischem Gebiet reihen sich auch in der nördlichen Nachbarschaft der Periadriatischen Naht Vorkommen mitteltriadischer Vulkanite.

Die Analysen zeigen viele geochemische Charakteristika, die für eine nähere Zuordnung zu orogenen Vulkaniten sprechen. So liegen die Datenpunkte der Laven im Feld orogener Andesite, wenn man das Diagramm

Tabelle 4: Gehalte an TiO_2 , Cr, Co und Ni der porphyrischen und dichtkörnigen Laven.

Element	porphyrische Laven	dichtkörnige Laven
Cr	50–100 ppm	10–30 ppm
Co	0–23 ppm	15–38 ppm
Ni	9–40 ppm	5–12 ppm
TiO_2	0,6–1,2 %	1,2–2,1 %

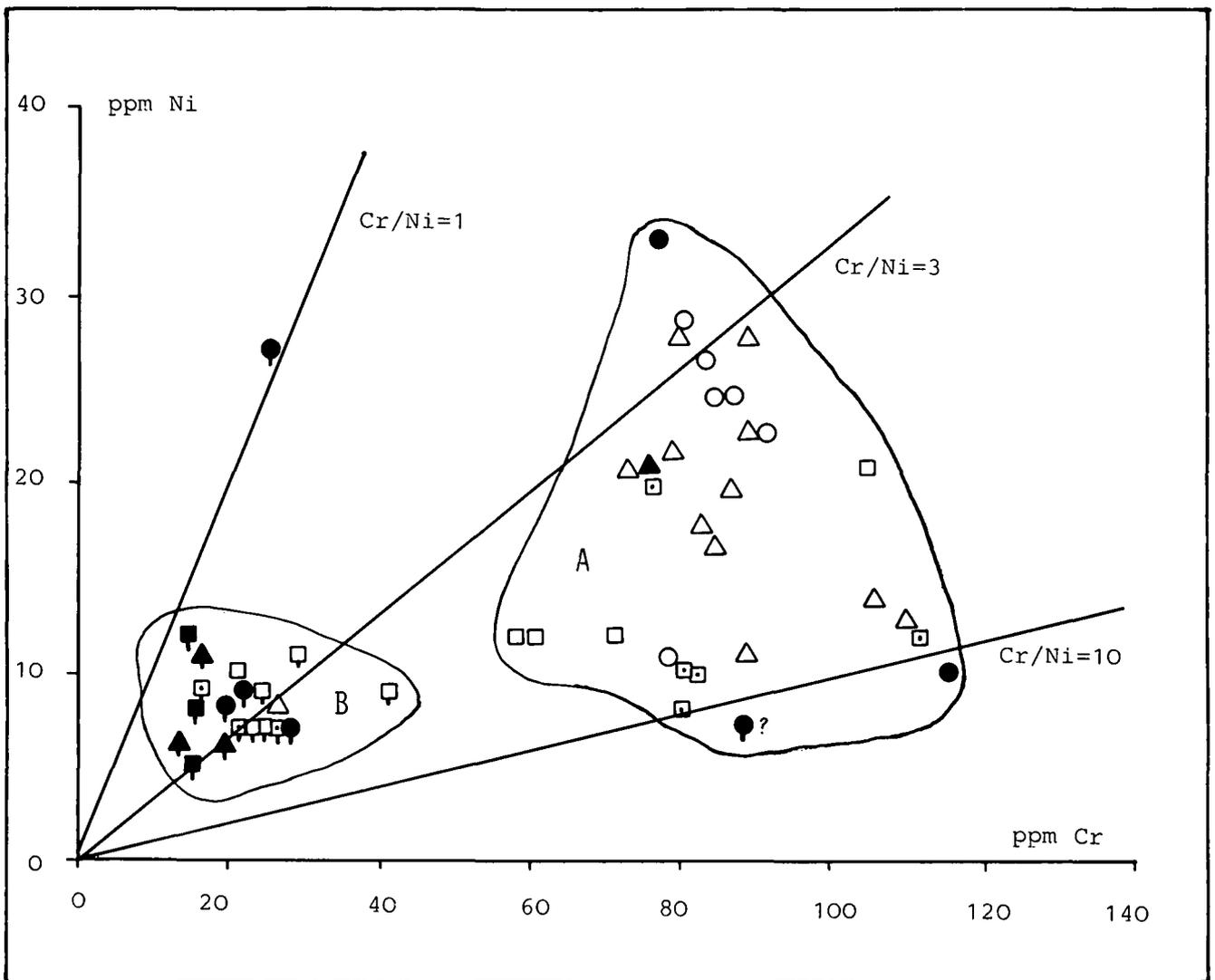


Abb. 6: Zweiteilung der Laven im Diagramm Ni – Cr nach GILL (1981). A = porphyrische Laven; B = dichtkörnige Laven (Legende siehe Abb. 4).

MgO-Ni nach J. GILL (1981) verwendet (MgO-Werte: 0,5–3 %; Ni-Werte: 5–40 ppm), ebenso im Diagramm SiO₂-Nb (PEARCE & GALE, 1977 – SiO₂-Werte: 56–65 %, Nb-Werte: 10–30 ppm). Widersprüchlich zum orogenen Charakter der Vulkanite verhalten sich die Datenpunkte der Laven im Ni/Co-Zn/Cu-Diagramm (Abb. 7). Die Daten der an typische tektonische Provinzen gebundenen orogenen Andesite stammen von BAILEY (1981). Man kann aus dem Diagramm eine gewisse Verwandtschaft der porphyrischen Laven (E) mit Andesiten des Andentyps (A) und solchen von Inselbögen auf ausgedünnter kontinentaler Kruste (B) herauslesen. Die dichtkörnigen Laven (F) besitzen zwar einen ähnlichen Ni/Co-Wert wie Andesite von ozeanischen Inselbögen (C&D), weisen aber einen wesentlich höheren Zn/Cu-Wert auf. Dieses Phänomen kann aber durch die Mobilität des Kupfers in den verwitterten Laven bedingt sein.

Die Faziesdifferenzierung des unteren Ladins spricht für eine vertikale Bewegung einzelner Blöcke seit dem oberen Anis. Diese wohl nur mit Krustendehnung zu vereinbarenden Erscheinungen sind die tektonischen und sedimentären Begleiter des Vulkanismus, der zeitgleich in mehreren Phasen stattfindet. Es ist anzunehmen, daß die Ursache der Faziesdifferenzierung – nämlich die Krustendehnung – auch mit der Magmenbildung in einem genetischen Zusammenhang steht. T.

BECHSTÄDT et al. (1978) sahen bisher im Mitteltriasvulkanismus, besonders in Laven vom Dobratsch und den Tuffiten des Drauzuges, eine Begleiterscheinung zum geologischen Rifting, das sich tektonisch und sedimentär belegen läßt.

Aber die Interpretation eines, wenn auch verkümmerten Rittings, im Sinne eines klassischen, kontinentalen Rittings, wird hinfällig, wenn man den Spurenelementgehalt an Zr (400–1500 ppm), Nb (100–300 ppm) und Y (60–150 ppm) intermediärer Gesteine z.B. des ostafrikanischen Grabenbruchs den bearbeiteten Andesiten gegenüberstellt (Daten aus J. PEARCE & M. NORRY, 1979).

In einer jüngst erschienenen Arbeit von G. M. GRISCI et al. (1984), die sich mit der Geochemie mitteltriadischer Vulkanite in der Lombardei auseinandersetzt, werden verschiedene Modelle zur Magmengenese diskutiert und als eine alternative Hypothese zu den bisherigen Vorstellungen wird die Idee eines mit Krustenmaterial kontaminierten Mantels als Quelle für die Magmen vorgestellt. Der Prozeß der Verunreinigung soll durch die herzynische Orogenese bedingt sein. Obwohl Sr-Isotopen mit dieser Hypothese im Einklang stehen, muß sie doch noch einer genaueren Überprüfung unterzogen werden. Besonders die niederen Ba-Werte (100–500 ppm), die für einen Krustenanteil sehr unty-

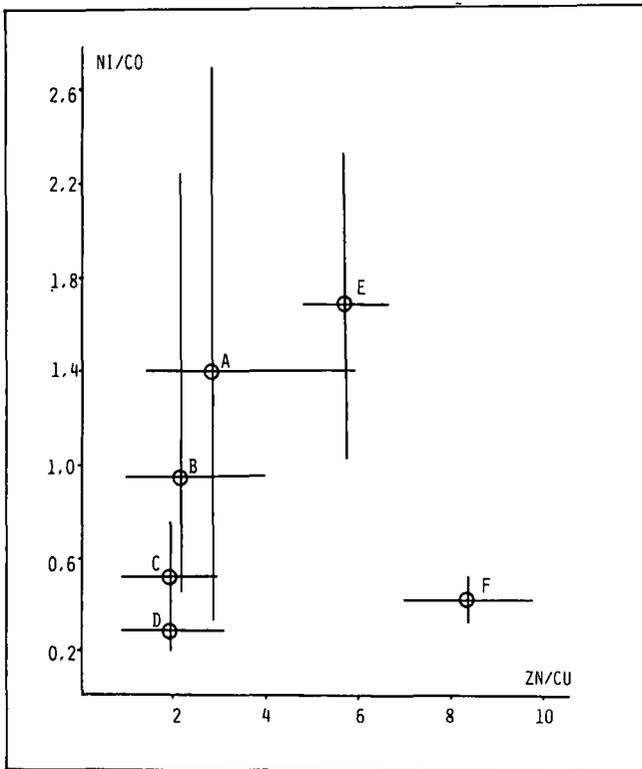


Abb. 7: Vergleich der mitteltriadischen Laven mit orogenen Andesiten aus bestimmten tektonischen Environments. Daten nach BAILEY (1981). A = Andesite des Andentyps; B = Andesite von Inselbögen auf dünner kontinentaler Kruste; C = mittel- und hoch-K-hältige Andesite von ozeanischen Inselbögen; D = nieder-K-hältige Andesite von ozeanischen Inselbögen; E = porphyrische Andesite der Karawanken; F = dichtkörnige Andesite der Karawanken. Quer- und Senkrechtbalken von A, B, C und D verbinden Maximum- mit Minimumwerten, Balken von E und F stellen Standardabweichungen dar.

pisch sind, machen eine Übertragung des Modells für die Genese der Laven in den Karawanken etwas problematisch.

Wenn auch die vorliegenden Daten keinen klaren Zusammenhang zwischen einer tektonischen Charakterisierung und dem Entstehungsbereich der Andesite und Dazite erkennen lassen, so liegen doch im weiteren Studium der Geochemie und Petrologie dieser Vulkanite Möglichkeiten, dem Problem der Magmengenese näherzukommen.

Dank

Dieser Aufsatz stellt eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse meiner Dissertation dar, die am Institut für Geowissenschaften der Universität Salzburg entstanden ist. Mein aufrichtiger und tiefer Dank gebührt Herrn Prof. Dr. V. HÖCK und Herrn Prof. Dr. G. FRASL, die meine Bemühungen mit Diskussionen und Tat förderten und als Wissenschaftler mir vorbildlich die Methodik geologischen Denkens angeeignet haben.

Weiters gilt mein Dank Herrn Dr. F. K. BAUER (GBA, Wien), dessen geologische Kenntnisse der Karawanken meinen Studien eine große und wichtige Hilfe waren. Herrn Prof. Dr. H. U. SCHMINCKE (Universität Bochum) und Herrn Prof. Dr. W. RICHTER (Universität Wien) verdanke ich die chemischen Analysen, die mit Röntgenfluoreszenz durchgeführt wurden. Für die Hilfe bei den röntgenographischen Untersuchungen sei Frau Prof. Dr. E. KIRCHNER, für die Hilfe im naßchemischen Labor Frau Dr. J. MÜHLHAUSER bedankt (beide Universität Salzburg). Weiterführende Diskussion und vielseitige Unterstützung erhielt ich von Dr. J. A. PEARCE (Universität Newcastle), Prof. Dr. P. L. ROSSI (Universität Bologna) und Prof. Dr. A. RAMOVŠ (Universität Ljubljana). Es verbleibt mir noch, den Kollegen, vor al-

len Herrn Dr. H. P. STEYRER, Ing. M. BERNROIDER und F. FINGER, für kritische Hinweise und praktische Unterstützung zu danken.

Literatur

- BAILEY, J. C.: Geochemical Criteria for a Refined Tectonic Discrimination of Orogenic Andesites. – *Chem. Geol.*, **32**, 139–154, Amsterdam 1981.
- BARBIERI, G., DE VECCHI, G., DE ZANCHE, V., MIETTO, P. & SEDEA, R.: Stratigrafia e petrologia del magmatismo triassico nell'area di Recoaro. – In: A. CASTELLARIN & G. B. VAI: Guida alla Geologia del Sudalpino centro-orientale, 179–188, Bologna 1982.
- BAUER, F. K.: Die südalpine Trias in den Karnischen Alpen und den Südkarawanken. – In: *Der Geologische Aufbau Österreichs*, (Geol. B.-A., ed.), 447–451, Wien 1980.
- BECHSTÄDT, T., BRANDNER, R., MOSTLER, H. & SCHMIDT, K.: Aborted Rifting of the Eastern and Southern Alps. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **156**, 157–178, 1978.
- BRANDNER, R.: „Südalpines“ Anis in den Lienzer Dolomiten (Drauzug). – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **21**, 143–162, Innsbruck 1972.
- CHAYES, F.: Notes on the Staining of Potash Feldspar with Sodium Cobaltinitrite in Thin Section. – *Am. Mineral.*, **37**, 337–340, 1952.
- CRISCI, C. M., FERRARA, G., MAZZUOLI, R. & ROSSI, P. M.: Geochemical and Geochronological Data on Triassic Volcanism of the Southern Alps of Lombardy (Italy): Genetic Implications. – *Geol. Rdsch.*, **73/1**, 279–292, Stuttgart 1984.
- EWART, A.: A Review of the Mineralogy and Chemistry of Tertiary–Recent Dacitic, Rhyolitic and Related Salic Volcanic Rocks. – In: *Trondhjemites, Dacites and Related Rocks* (F. BARKER, ed.), Amsterdam 1979.
- GILL, J.: Orogenic Andesites and Plate Tectonics. – New York 1981.
- GRAFENAUER, S.: Petrologija Triadnih Magmatskih Kamnin na Slovenskem (Petrology of Triassic Igneous Rocks in Slovenia, Yugoslavia). – Ljubljana 1980.
- JOBSTRAIBIZER, P.: Mineralogia, chimismo e trasformazioni diagenetiche nelle tuffi mediotriassiche della „Serie Calcareo-Tufacea“ del giacimento di Raibl (Cave del Predil – Friuli). – *Mem. Sci. Geol.*, **34**, 355–386, Padua 1981.
- KEITH, M. L.: Selective Staining to Facilitate Rosiwal Analysis. – *Am. Mineral.*, **24**, 561–565, 1939.
- MATTHES, S.: Mineralogie. – Berlin 1983.
- PAMIĆ, J.: Trijaski magmatizam Dinarida (Triassic Magmatism of the Dinarids), Zagreb 1982.
- PEARCE, J. A. & GALE, G. H.: Identification of ore-deposition from trace-element geochemistry of associated igneous rocks. – In: *Volcanic processes in ore genesis*. – *Geol. Soc. London Publ.* **7**, 14–24, 1977.
- PEARCE, J. A. & NORRY, M. J.: Petrogenetic Implications of Ti, Zr, Y and Nb Variations in Volcanic rocks. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, **69**, 33–47, Berlin 1979.
- PREY, S.: Bericht 1959 über geologische Aufnahmen in den Karawanken bei Ferlach auf den Blättern 211 (Windisch Bleiberg) und 202 (Klagenfurt). – *Verh. Geol. B.-A.*, Wien 1960.
- PREY, S.: Geologische Aufnahme Blatt 211 Windisch Bleiberg. – *Verh. Geol. B.-A.*, Wien 1975.
- PREY, S.: Bericht 1966 über Aufnahmen in den Südkarawanken im Gebiet des Loibltales auf Blatt 211 (Windisch Bleiberg). – *Verh. Geol. B.-A.*, Wien 1977.
- PREY, S. & KAHLER, F.: Beiträge zu einem Karawankenprofil. – *Mitt. Geol. Ges.*, **50**, 271–292, Wien 1958.
- ROSSI, P. L., RINALDI, R. & SIMBOLI, G.: Heterogeneous Feldspars in the Mid-triassic Volcanic Rocks of the Dolomites. – *Can. Mineral.*, **17**, 33–38, Toronto 1979.
- TELLER, F.: Erläuterungen zur geologischen Karte: Eisenkappel und Kanker. – *Verl. k.k. Geol. R.-A.*, Wien 1898.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. August 1984