©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Jb. Geol. B.-A.	ISSN 0016-7800	Band **133**	Heft 2	S. 345-363	Wien, August 1990

Zur Geologie der Norischen Decke nordwestlich von Kalwang (Eisenerzer Alpen, Steirische Grauwackenzone/Österreich)

Von JÖRG LOESCHKE, THOMAS KRETZSCHMAR, VERA LANGER & MARTIN STRECK*)

Mit 18 Abbildungen

Steiermark
Nördliche Grauwackenzone
Eisenerzer Alpen
Norische Decke
Stratigraphie
Petrographie
Geochemie

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 131

Inhalt

Zusammenfassung 345
Abstract 345
1. Einleitung 346
2. Stratigraphie und Petrographie 348
2.1. Grünschiefer-Serie 348
2.2. Kalwanger Gneis-Konglomerat 348
2.3. Metapyroklastite 351
2.4. Metaklastite 352
2.5. Blasseneck-„Porphyroid" 352
2.5.1. Schwermineral-Analysen des Blasseneck-„Porphyroids" 353
2.6. Metamorphose 353
3. Geochemie 354
4. Geotektonische Schlußfolgerungen 356
Dank 362
Literatur 362

Zusammenfassung

Die geologische Neuaufnahme eines 40 km² großen Gebietes in der Norischen Decke nordwestlich von Kalwang (Steiermark) erbrachte folgende Ergebnisse: An der Basis der Norischen Decke tritt eine Grünschiefer-Serie auf, in deren höheren Anteil das Kalwanger Gneis-Konglomerat eingeschaltet ist. Dieses Konglomerat stellt kein Transgressions-Konglomerat dar, sondern ist sedimentologisch eher mit Rutsch-Konglomeraten, Tilliten oder aus Eisbergen ausgeschmolzenen Geröllen („dropstones") zu vergleichen. Das Alter der Grünschiefer-Serie und des Kalwanger Gneiskonglomerates muß bis auf weiteres aufgrund tektonischer Komplikationen an der Basis der Norischen Decke als unbekannt gelten.

Die Schichtfolge über dem Kalwanger Gneiskonglomerat und unter dem Blasseneck-„Porphyroid" enthält Metaklastite und Meta-Pyroklastite. Letztere sind auf vulkanische Ereignisse zurückzuführen, die vor dem Ereignis des Blasseneck-„Porphyroids" stattfanden. Der Blasseneck-„Porphyroid" wird als Ablagerung von Asche-Strömen (= Ignimbrite, „pumice flow deposits") gedeutet, an die sich die Bildung einer großen Caldera anschloß. Er hat eine vorwiegend kalkalkalische Zusammensetzung und enthält dazitische, rhyodazitische und rhyolithische Pyroklastika. Ganz untergeordnet kommen auch mild-alkalische Vulkanite wie Trachyandesite vor. Die ehemalige geotektonische Position des Blasseneck„Porphyroids" ist nicht eindeutig zu klären, da rezente kalkalkalische, intermediäre bis saure Vulkanite einerseits an konvergierenden Plattengrenzen, andererseits aber auch im Rückland von konvergierenden Plattengrenzen („Back-Arc"-Bereich) auftreten.

Eine echte kontinentale Rift-Situation kann für den Blasseneck-„Porphyroid" ausgeschlossen werden.

Es wird diskutiert, ob der Blasseneck-„Porphyroid" zu einer Zeit gebildet wurde, als sich die plattentektonische Situation von einem Einengungsregime, das im Prä-Oberordoviz herrschte, zu einem Dehnungsregime umstellte, welches sich im Silur und Devon in weiten Teilen der Ostalpen nachweisen läßt. Ähnliche, wenn auch nicht direkt vergleichbare Situationen sind aus der „Basin and Range" Provinz und aus dem Perm der Südalpen bekannt.

The Geology of the Noric Nappe NW of Kalwang (Eisenerz Alps, Styrian Graywacke Zone/Austria)

Abstract

New geological mapping of an area covering 40 km² of parts of the Noric Nappe northwest of Kalwang (Styria) yielded the following results: At the base of the Noric Nappe a greenschist series occurs, in the higher part of which the Gneiss Conglomerate of Kalwang is intercalated. This conglomerate does not represent a conglomerate at the base of a marine transgression above an angular unconformity, but is

*) Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. JOERG LOESCHKE, Dipl.-Geol. THOMAS KRETZSCHMAR, Dipl.-Geol. VERA LANGER, Dipl.-Geol. MARTIN STRECK, Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Tübingen, Sigwartstraße 10, D-7400 Tübingen 1, BRD.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

similar to debris flows, tillites or dropstones in its sedimentological features. The age of the greenschist series and the Gneiss Conglomerate of Kalwang must remain unknown to date, due to the complicated tectonic situation at the base of the Noric Nappe.

The sequence above the Gneiss Conglomerate of Kalwang and below the Blasseneck-„Pophyroid" contains meta-clastic and meta-pyroclastic rocks. The last ones are due to volcanic eruptions which took place before the event of the Blasseneck-„Porphyroid". The Blasseneck-„Porphyroid" is interpreted as pumice flow deposit (ignimbrite) followed by the formation of a big caldera. It has mainly a calc-alcaline composition and contains dacitic, rhyodacitic and rhyolitic pyroclastic rocks. Mildly alkaline volcanic rocks such as trachyandesites occur only in minor amounts. The palaeotectonic position of the Blasseneck-„Porphyroid" cannot be unequivocally clarified because recent calc-alkaline, intermediate to acidic volcanic rocks occur on the one hand on convergent plate boundaries, but on the other hand also in back-arc areas.

However, the Blasseneck-„Porphyroid" cannot have been formed in a typical continental rift situation.

It is discussed whether the Blasseneck-„Porphyroid" was formed during a time when the plate tectonic situation changed from a compressive regime which prevailed in the Pre-Upper Ordovician, to a tensional regime which can be substantiated for the Silurian and the Devonian in the Eastern Alps. Similar, but not directly comparable situations are known from the Basin and Range Province and from the Permian of the Southern Alps.

1. Einleitung

Die geologischen Verhältnisse des Norischen Deckensystems in den Eisenerzer Alpen wurden zuletzt von SCHÖNLAUB (1982) eingehend beschrieben. Dort sind auch die älteren Arbeiten zitiert, so daß hier darauf hingewiesen werden kann. Anlaß zu den Untersuchungen gab einmal der Blasseneck-„Porphyroid" (HEINISCH, 1981; NIEVOLL, 1983), dessen geochemische Zusammensetzung genauer untersucht werden sollte, und zum anderen das Kalwanger Gneiskonglomerat (DAURER & SCHÖNLAUB 1978), das nach NEUBAUER (1985) ein TransgressionsKonglomerat über einer prä-oberordovizischen Diskordanz darstellen soll. Aus den Untersuchungen sollten paläogeographische und geotektonische Schlußfolgerungen für die oberordovizische Situation in den Ostalpen gezogen werden, da Zweifel daran bestanden, daß das Ereignis der Eruption des Blasseneck-„Porphyroids" einem Rift-Ereignis zuzuordnen ist (HEINISCH & SCHMIDT 1982) und daß das Kalwanger Gneiskonglomerat tatsächlich ein Transgressions-Konglomerat im klassischen Sinne darstellt.

Gesteine der Veitscher Decke wurden zwar auch bearbeitet, werden aber hier nicht referiert, da eine moderne Bearbeitung zur Neugliederung der Veitscher Decke von RATSCHBACHER (1984) vorliegt.

Das Untersuchungsgebiet liegt nordwestlich von Kalwang (Abb. 1) und reicht vom Langteichengraben bis zum Leobner (Abb. 2). Es wurde ein Gebiet von ca. 40 km² im Maßstab 1 : 10.000 kartiert. Diese Kartierungen wurden im Rahmen von drei Diplomarbeiten durchgeführt (KRETZSCHMAR, 1989; LANGER, 1987; STRECK, 1989), die von J. LOESCHKE vergeben und betreut wurden.

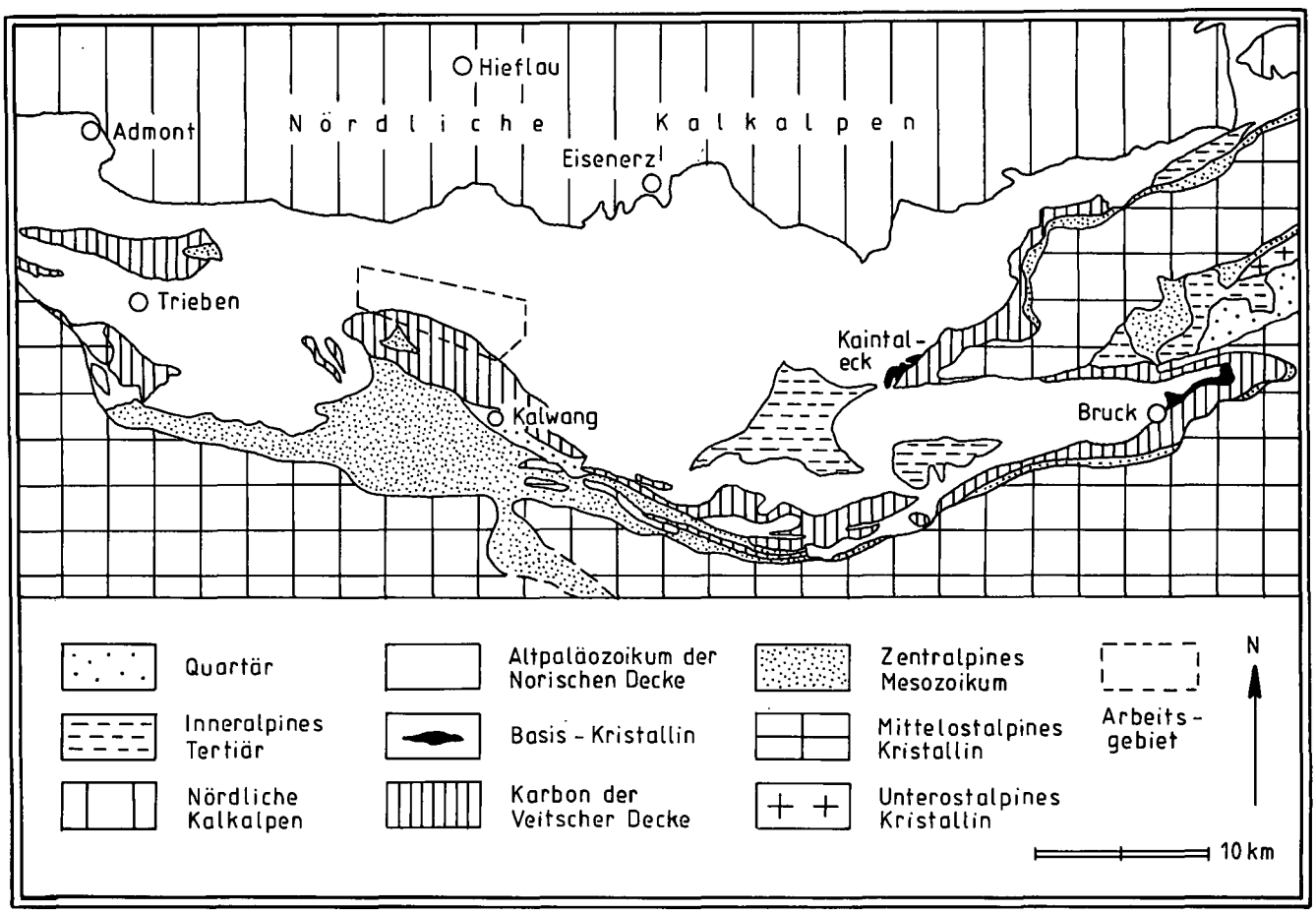

Abb. 1.
Geologische Karte der Umgebung des Untersuchungsgebietes.
Vereinfacht nach SCHÖNLAUB (1982).

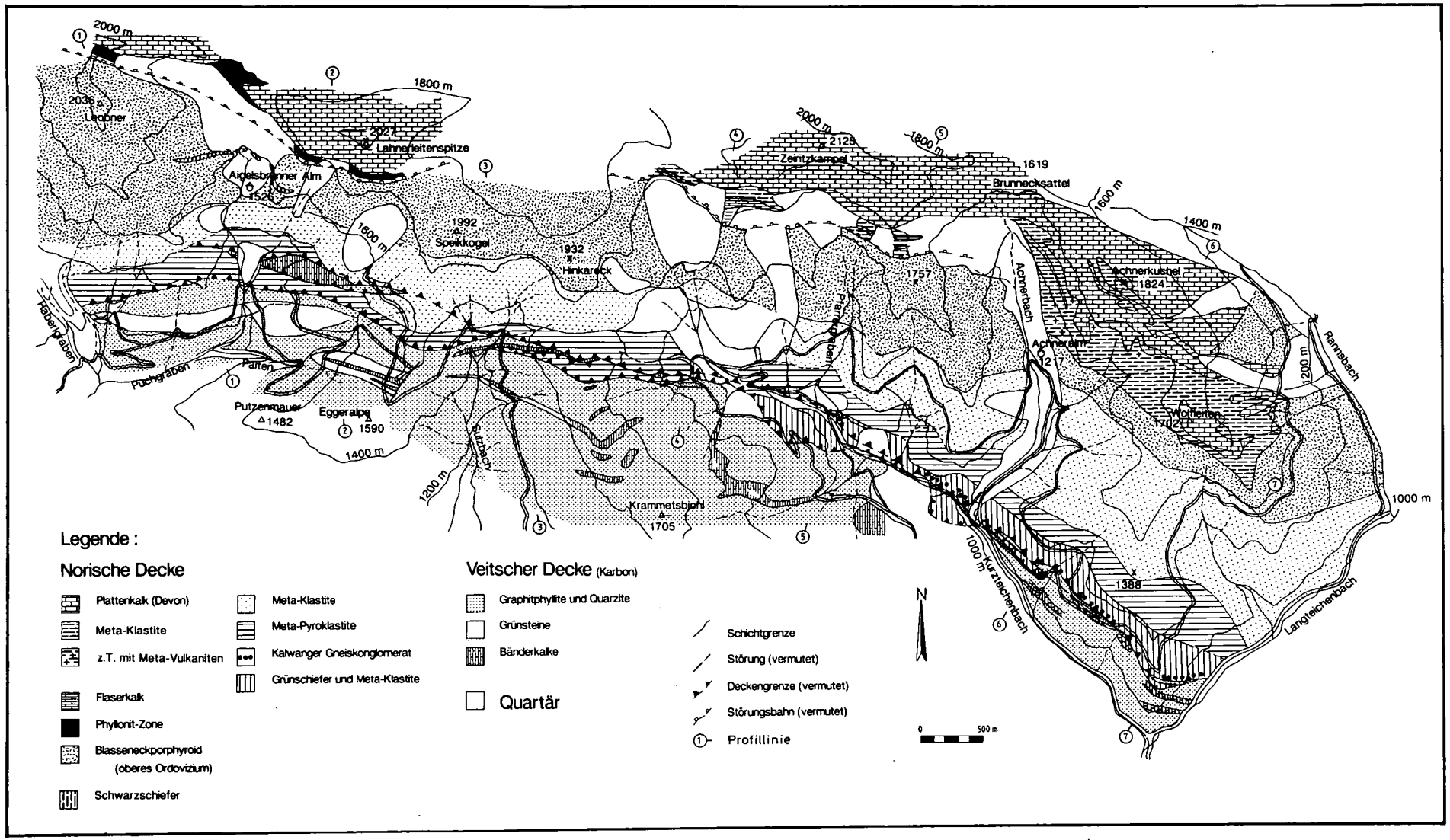

Abb. 2.
Geologische Karte des Untersuchungsgebietes in der Veitscher und Norischen Decke zwischen Langteichengraben und Leobner nordwestlich von Kalwang (Steiermark).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

2. Stratigraphie und Petrographie

Die Abfolge der tiefsten Teile des Norischen Deckensystems nordwestlich von Kalwang beginnt mit einer Grünschiefer-Serie, die über der Basis-Überschiebung der Norischen Decke einsetzt (Abb. 2, 3, 4). In den höheren Teil dieser Grünschiefer-Serie ist das Kalwanger Gneis-Konglomerat eingeschaltet (Abb. 3, Profil 5). Darüber folgen ein Glimmer-Marmor-Band, Meta-Klastite, ein dünner kieseliger Magnetit-Spessartin-Horizont (SCHÄFFER & TARKIAN, 1984) und ein Grünschieferband, das von weiteren Metaklastiten und einer mächtigen Meta-Pyroklastit-Serie überlagert wird (Abb. 3, Profil 7; Abb. 4). Über diesen Meta-Pyroklastiten folgen mächtige Meta-Klastite. Darüber liegt dann der Blasseneck-„Porphyroid", der von Schiefern, Quarziten und Karbonaten überlagert wird, die wohl in das Silur und Devon zu stellen sind. Der Blasseneck-„Porphyroid" ist an dieser Stelle zwar nicht datiert, ist aber dem Blasseneck-„Porphyroid" am Polster gleichzustellen und gehört mit Sicherheit in das obere Ordovizium (FLAJS & SCHÖNLAUB, 1976). Die beschriebene Abfolge ist ca. 2000 m mächtig, wobei die einzelnen Schichtglieder in ihrer Mächtigkeit von E nach W variieren (Abb. 3). Der Metamorphosegrad nimmt von unten nach oben hin ab und liegt innerhalb der low-grade-Metamorphose (WINKLER, 1979). Größere Verfaltungen konnten nur in den auf dem Blasseneck-„Porphyroid" liegenden Karbonaten festgestellt werden (Abb. 3, Profil 6), so daß die Serie den Anschein erweckt, eine stratigraphische Abfolge darzustellen. Dieses ist aber nur bedingt der Fall.

Zum einen schneidet die Norische Überschiebung unterschiedlich tief in den stratigraphischen Verband der Norischen Decke ein (Abb. 3), so daß im E eine vollständigere Abfolge als im W vorliegt. Im E sind die liegenden Grünschiefer über der Überschiebungsbahn beispielsweise noch erhalten, während die Abfolge der Norischen Decke im W des Untersuchungsgebietes mit den Meta-Pyroklastiten beginnt und die liegenden Grünschiefer dort tektonisch fehlen. Aus den Profilen ist außerdem zu ersehen, daß die Norische Decke mit der Veitscher Decke stellenweise verschuppt ist und sich tektonische Späne der Veitscher Decke in der Norischen Decke befinden, so daß nicht auszuschließen ist, daß weitere tektonische Trennflächen an der Basis der Norischen Decke vorhanden sind, die dort die Schichtfolge auseinanderreißen. Damit ist die Frage nach der stratigraphischen Stellung des Kalwanger Gneiskonglomerates gestellt. Das Konglomerat liegt zumindest an einer Stelle tektonisch verdoppelt vor (Abb. 3, Profil 6). Da die tektonische Situation an der Basis der Norischen Decke so kompliziert ist, ist nicht mit Sicherheit auszuschließen, daß der Grünschiefer-Komplex inklusive des Kalwanger Gneiskonglomerates eine eigene tektonische Einheit darstellt, die stratigraphisch nicht unter den Blasseneck-„Porphyroid" gehört. Jedenfalls kann nicht so ohne weiteres davon ausgegangen werden, daß das Kalwanger Gneiskonglomerat ein ordovizisches oder höheres Alter hat, auch wenn das Profil 5 der Abbildung 3 dieses suggeriert.

Zum anderen tritt an der Grenze zwischen dem Blasseneck-„Porphyroid" und den darüberliegenden Schiefern und Karbonaten ein Phyllonit-Horizont auf (Abb. 3, Profil 1 und 2), der eine starke tektonische Durchbewegung an der Basis der Karbonatabfolge im W des Untersuchungsgebietes beweist. Dieser Bewegungshorizont setzt sich vermutlich nach E hin noch bis zu Profil 5 der Abbildung 3 fort und klingt dann in östlicher Richtung aus, so daß die vollständigste stratigraphische Abfolge im Hangenden des Blasseneck-„Porphyroids" wohl in Profil 6 (Abb. 3) am Achnerkuchel zu sehen ist.

Im folgenden werden die einzelnen Schichtglieder der Norischen Decke petrographisch kurz beschrieben:

2.1. Grünschiefer-Serie

Die Grünschiefer-Serie ist im Kurzteichenbachtal westlich des Jagdhauses Don (Abb. 4) in einer Mächtigkeit von ca. 200 m aufgeschlossen (Abb. 3, Profil 5). Am Aufbau beteiligen sich verschiedene Gesteinstypen und zwar granatführende Chloritphyllite, Epidot-Albit-Chlorit-Schiefer, Epidot-Albit-Hornblende-Schiefer und Muskowit-Chlorit-Quarz-Schiefer. Es handelt sich hierbei um metamorphe basische Laven, Tuffe und Tuffite. Darin eingeschaltet finden sich rhyolithische Aschenbänder, die als Quarz-Albit-Epidot-Schiefer vorliegen und durch ihre weiße Farbe als helle Lagen in den Grünschiefern auffallen. Die Grünschiefer-Serie stellt somit eine bimodale Vulkanit-Serie dar, an deren Aufbau sich basische und saure Tuffe und Laven und umgelagertes pyoklastisches Material beteiligen. In mehreren Dünnschliffen ist ein porphyrisches Gefüge mit Feldspat-Einsprenglingen zu erkennen, so daß an der Beteiligung vulkanischen Materials nicht gezweifelt werden kann. Auch die geochemischen Analysen (siehe Kap. 3) beweisen, daß hier eine Meta-Vulkanit-Serie vorliegt. Der Metamorphosegrad läßt sich durch das Auftreten von barroisitischer Hornblende, Albit und Granat festlegen. Danach gehört die Grünschiefer-Serie in den höheren Temperaturbereich der low-grade Metamorphose (WINKLER, 1979) bei ca. 475° und etwa 4 kb. Retrograd gehen Hornblende und Granat in Chlorit über. Der Anteil variskischer und alpidischer Metamorphose kann hier nicht diskutiert werden.

Es ist hier zu fragen, ob die Grünschiefer-Serie nicht ein tektonisches Äquivalent der „Basis-Kristallin-Schuppen" (Abb. 1, Kaintaleck, Bruck; DAURER & SCHÖNLAUB, 1978) darstellt, da auch von dort an der Grenze zwischen der Veitscher Decke im Liegenden und der Norischen Decke im Hangenden Späne von Epidot-Hornblendeschiefern (Epidot-Amphibolite) beschrieben sind (HAUSER & FELSER, 1938; HOMANN, 1955). Andeutungen dazu finden sich auch auf der geologischen Karte von METZ (1967), der an der Basis der Norischen Decke eine höher metamorphe Gesteinsserie ausgliedert. Die bisher durchgeführten Untersuchungen können dazu keine befriedigende Antwort geben. Die Ergebnisse der Detailkartierung der Basis der Norischen Decke sind auf Abb. 4 dargestellt.

2.2. Kalwanger Gneis-Konglomerat

Das Kalwanger Gneis-Konglomerat kann im Untersuchungsgebiet über 7 km Länge in E-W-Richtung verfolgt werden (Abb. 4). Es handelt sich hierbei um einen Geröllhorizont, der aus sehr unterschiedlich großen Quarz-, Gneis- und Grünschiefer-Geröllen besteht, die

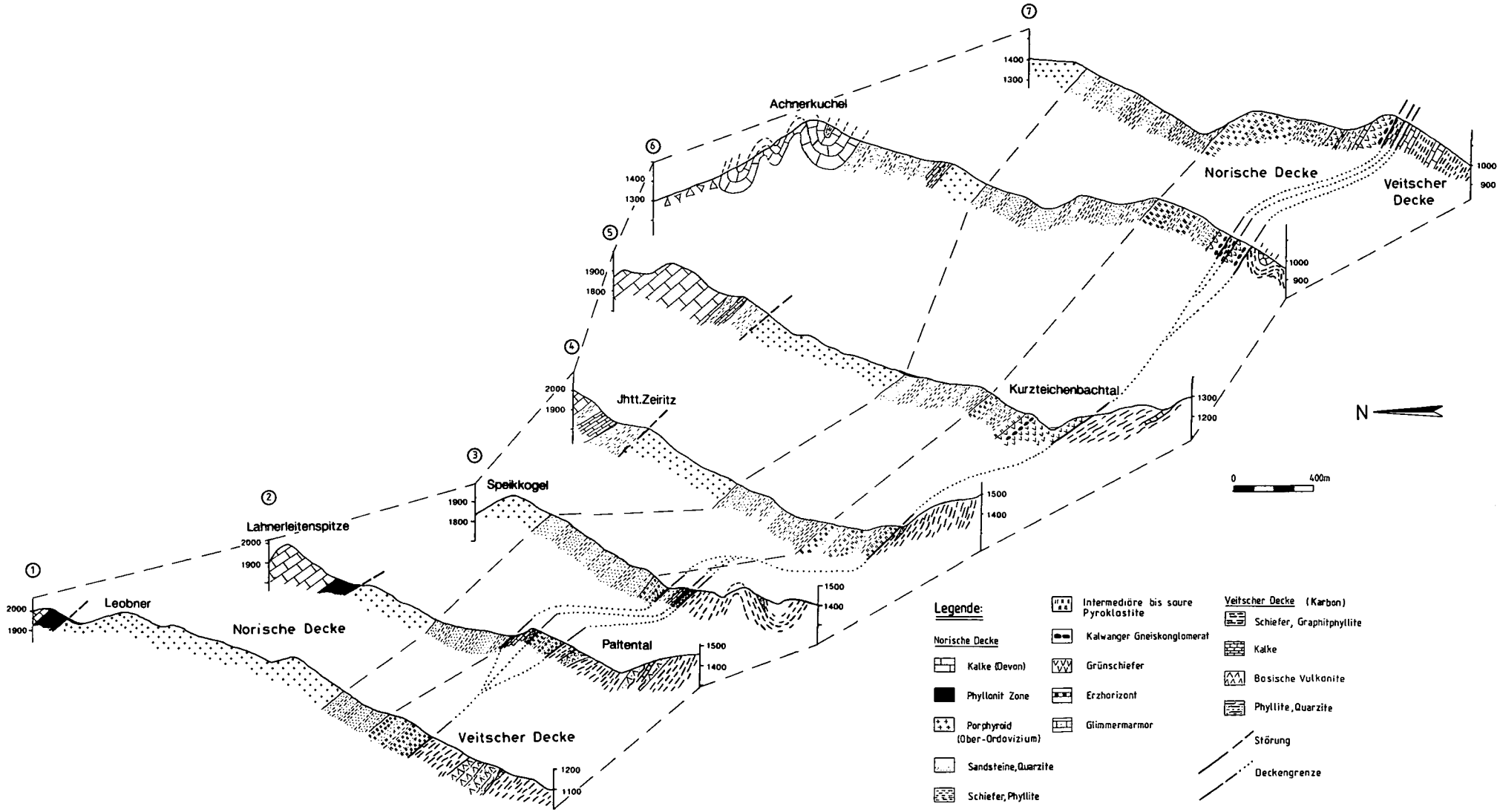

Abb. 3.
Geologische Profile durch das Untersuchungsgebiet in der Veitscher und Norischen Decke zwischen Langteichengraben und Leobner nordwestlich von Kalwang (Steiermark).
Die Lage der Profile ist auf Abb. 2 angegeben.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

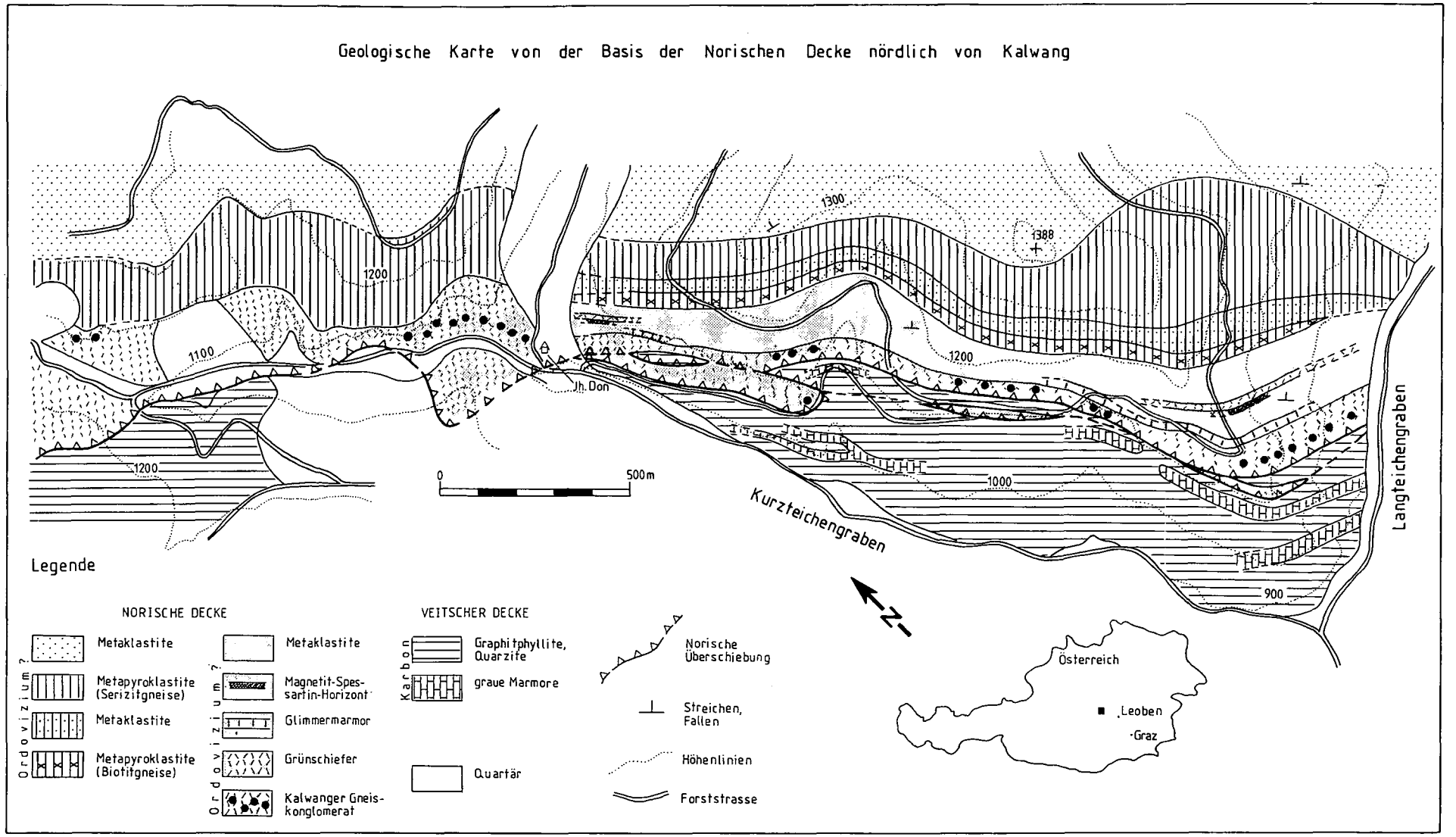

Abb. 4.
Geologische Detailkarte der Basis der Norischen Decke zwischen Langteichen- und Kurzteichengraben nördlich von Kalwang (Steiermark).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

lose gepackt in einer Grünschiefer-Matrix (Abb. 5) oder auch quarzreichen (sandigen) Matrix liegen. Die Gerölle sind meistens nur einige cm groß. Es finden sich aber auch einzelne bis 40 cm große Gerölle, die isoliert neben kleineren Geröllen liegen. Da das Konglomerat tektonisch gelängt und geplättet ist, ist die primärsedimentäre Ansprache schwierig. Auffallend ist die schlechte Sortierung der Gerölle und der hohe Anteil an feinkörniger Matrix, in welcher die Gerölle isoliert liegen. Es kann sich demnach rein sedimentologisch nicht um ein Transgressions-Konglomerat handeln, das eine Transgression über einer prä-oberordovizischen Diskordanz anzeigt. Transgressions-Konglomerate über älteren Rumpfflächen (z.B. Kambrische Transgressions-Konglomerate über präkambrischem Untergrund in Süd-Norwegen) sind viel besser sortiert und längst nicht so reich an feinkörniger Matrix wie das Kalwanger Gneiskonglomerat, da die Matrix durch das vielfache Hin-und Hertansportieren ausgewaschen ist. Außerdem tritt das Kalwanger-Gneis-Konglomerat nicht an der Basis der Norischen Decke auf, sondern liegt im oberen Teil der Grünschiefer-Serie. Auch aus diesem Grunde kann es sich hierbei nicht um ein Transgressions-Konglomerat im klassischen Sinne handeln. Ähnlichkeiten ergeben sich dagegen viel eher mit Rutsch-Konglomeraten ("debris flows") und Tilliten, die isolierte Gerölle in einer feinkörnigen Matrix führen. Auch an aus schwimmenden Eisbergen ausgeschmolzene Gerölle wäre zu denken ("dropstones"), die sedimentologische Ähnlichkeiten mit dem Kalwanger Gneis-Konglomerat aufweisen.

2.3. Metapyroklastite

Über der Grünschiefer-Serie – stellenweise unter Zwischenschaltung mehrerer Metaklastitlagen – folgt eine ca. 200 m mächtige Metapyroklastit-Abfolge, die sich vom Langteichengraben bis zum Leobner verfolgen läßt (Abb. 2, 3 und 4). Sie wurde bei den bisherigen Beschreibungen übersehen, weil sie sehr große Ähnlichkeiten mit Metaklastiten besitzt. Diese Metapyroklastite fallen makroskopisch durch ihre helle Farbe und durch einen Seidenglanz auf, der auf den hohen Anteil serizitisierter Feldspäte zurückzuführen ist („Serizitgneise"). Es handelt sich hierbei um vulkanische Aschen unterschiedlicher Zusammensetzung, die beweisen, daß schon vor dem Ereignis des Blasseneck-"Porphyroids" Eruptionen stattgefunden haben. Der Kontakt nach unten zu der Grünschiefer-Serie wird als fraglich stratigraphisch, eventuell auch tektonisch, der Kontakt nach oben zu den darüberfolgenden Metaklastiten als sicher stratigraphisch angenommen, so daß ihr Alter wahrscheinlich ordovizisch ist.

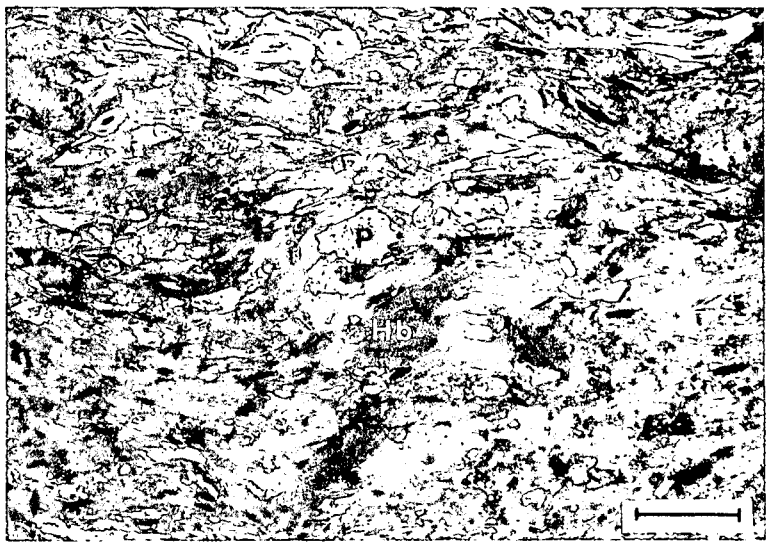

Abb. 5.
Dünnschliff-Photographie der Grünschiefermatrix des Kalwanger Gneis-Konglomerates.
Hb = Hornblende, P = Plagioklas.
Maßstab = 0,5 mm. Lokalität: 800 m NNW des Zusammenflusses von Kurz- und Langteichenbach.

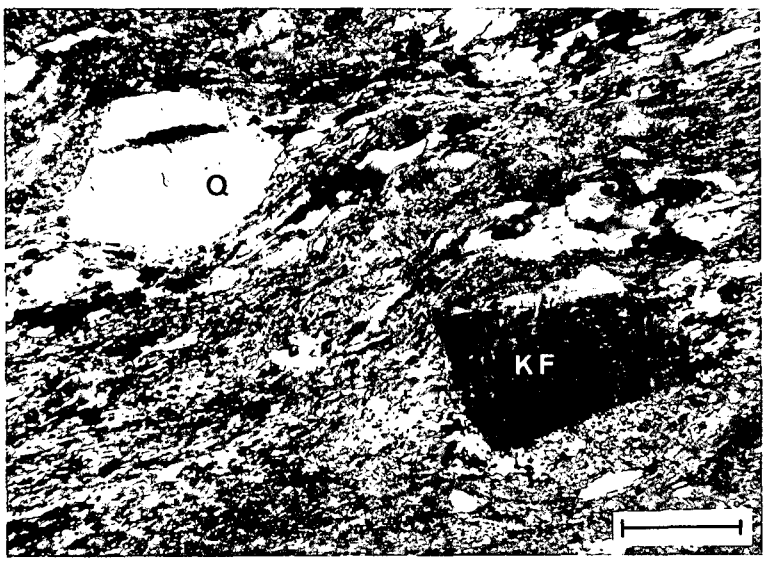

Abb. 6.
Dünnschliff-Photographie der Meta-Pyroklastite.
Quarz(Q)- und Kali-Feldspat(KF)-Einsprenglinge liegen in einer Grundmasse aus Quarz, Feldspat und Serizit.
Maßstab = 1 mm.
Lokalität: Westliche Flanke des Langteichengrabens 300 m W Höhenpunkt 905.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Abb. 7.
Dünnschliff-Photographie des Biotit-Gneises.
Einsprengling eines großen Kalifeldspates in einer Grundmasse aus Quarz, Feldspat und Biotit.
Maßstab = 1 mm. Lokalität: Nördliche Flanke des Kurzteichenbachtales 500 m E Jagdhaus Don.

Die Metapyroklastite bestehen aus Muskowit-Albit-Quarz-Schiefern, in denen sehr viel Plagioklas und Kalifeldspat vorkommen kann, aus Epidot-Chlorit-Muskowit-Albit-Quarz-Schiefern und aus Chlorit-Albit-Epidot-Aktinolith-Schiefern. Einsprenglinge aus Quarz, Plagioklas und Kalifeldspat sind in vielen Dünnschliffen zu sehen (Abb. 6), so daß an der vulkanischen Entstehung dieser Gesteine nicht gezweifelt werden kann. Auffallend ist ein Biotitgneis-Horizont (SCHÖNLAUB 1982), der an der Basis der Metapyroklastit-Serie vorkommt und zwischen Metaklastiten liegt (Abb. 4). Er führt zahlreiche Kalifeldspat-Einsprenglinge (Abb. 7) und stellt ebenfalls eine ehemalige Pyroklastit-Lage dar.

2.4. Metaklastite

Metaklastite treten in der Norischen Decke über dem Kalwanger Gneis-Konglomerat in zwei stratigraphischen Niveaus auf, und zwar einmal direkt über dem Kalwanger Gneis-Konglomerat, wobei hierin auch ein Glimmer-Marmor, ein Eisenerz-Horizont (mit Magnetit und Spessartin) und ein Grünschieferband (Abb. 3, Profil 7) sowie der Biotit-Gneis eingeschaltet sind (Abb. 4). Zum zweiten liegt eine Metaklastit-Serie in einem stratigraphisch höheren Niveau zwischen dem Band der oben erwähnten Metapyroklastite und dem Blasseneck-„Porphyroid" (Abb. 2 und 3). Diese stratigraphisch jüngere Metaklastit-Serie variiert in ihrer Mächtigkeit zwischen 300 und 600 m. Sie läßt sich im gesamten Untersuchungsgebiet vom Langteichengraben bis südlich des Leobners verfolgen (Abb. 2 und 3).

Sie besteht aus Phylliten und feldspat-führenden Serizitquarziten, die als Schwerminerale Turmalin, Apatit und idiomorphe Zirkone führen. Diese Metaklastite stellen die Hintergrund-Sedimentation des Beckens dar, in welchem sich das vulkanische Geschehen, das durch die Metapyroklastite und den Blasseneck-„Porphyroid" repräsentiert wird, abspielte. Sie dürften auch teilweise die Aufarbeitungsprodukte der darunter liegenden vulkanischen Aschen darstellen, die während einer Ruhephase im vulkanischen Geschehen in dem Becken abgelagert wurden.

2.5. Blasseneck-„Porphyroid"

Der Blasseneck-„Porphyroid" stellt eine Abfolge rhyolithischer, rhyodazitischer und dazitischer Pyroklastika dar, die im W des Untersuchungsgebietes am Leobner 1250 m (Abb. 3, Profil 1) mächtig ist und nach E hin allmählich auf eine Mächtigkeit von 200 m zurückgeht. Weiter im E keilt dieses Band des Blasseneck-„Porphyroids" aus (SCHÖNLAUB 1982). Über dem Blasseneck-„Porphyroid" setzt eine unterschiedlich dicke klastische Abfolge mit wenigen Karbonatlagen ein, die im E ihre größte Mächtigkeit erreicht und im W des Untersuchungsgebietes durch ein Phyllonitband ersetzt wird (Abb. 3). Diese Verhältnisse lassen vermuten, daß das Förderzentrum des Blasseneck-„Porphyroids" im W in der Nähe des Leobners oder des Blassenecks gelegen hat – von der Typus-Lokalität wird von HEINISCH (1981) eine Mächtigkeit von 1500 m berichtet – und daß im E ein Becken lag, in welchem die Pyroklastika allmählich auskeilten und durch normale klastische Beckensedimente (Tone, Sande) ersetzt wurden. Im Hangenden des Blasseneck-„Porphyroids" ist wahrscheinlich ein Paläorelief erhalten geblieben, weil die Sedimente über dem Blasseneck-„Porphyroid" im E des Untersuchungsgebietes mächtiger sind als im W. Dort ruhen die wahrscheinlich devonischen Karbonate unter Zwischenschaltung eines Phyllonitbandes dem Blasseneck-„Porphyroid" auf (Abb. 3). Bei diesem Phyllonit-Band handelt sich primär wahrscheinlich um silurische Schwarzschiefer, die tektonisch stark durchbewegt worden sind (SCHÖNLAUB 1982, S. 384). Es wäre denkbar, daß das Förderzentrum des Blasseneck-„Porphyroids" am Leobner stellenweise eine Untiefe oder eine Insel im Silur darstellte, die erst im Devon vollends überflutet wurde. Aufarbeitungshorizonte sind am Dach des Blasseneck-„Porphyroids" jedenfalls zu beobachten, da dort der Feldspatgehalt zugunsten des Quarzgehaltes abnimmt und die Gesteine ein quarzitartiges Aussehen annehmen. Das Phyllonit-Band könnte dadurch erklärt werden, daß zwei relativ kompetente Gesteine, d.h. der mächtige Blasseneck-„Porphyroid" und die devonischen Karbonate, Relativbewegungen zueinander ausführten, die zur Ausbildung einer Phyllonit-Zone an ihrer Grenze führten. Diese Relativbewegungen wurden weiter im E durch die zwischengeschalte-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

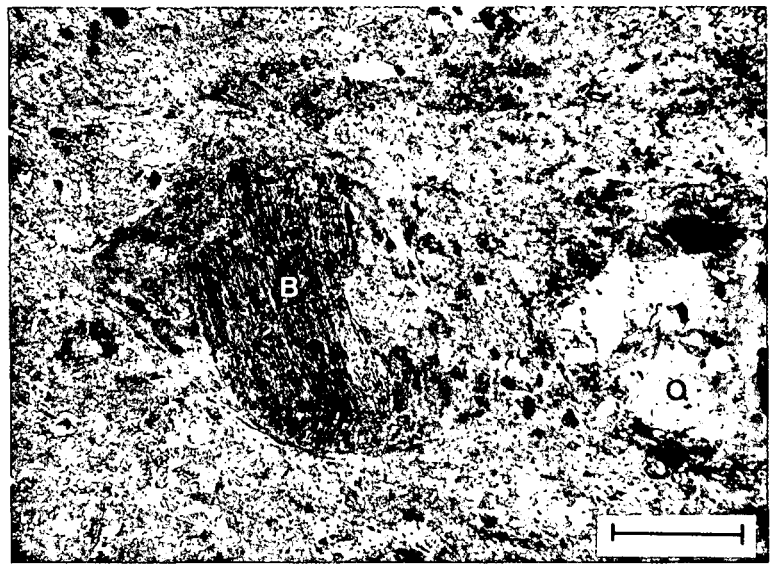

Abb. 8.
Dünnschliff-Photographie des Blasseneck-„Porphyroids".
Rekristallisiertes Bimsstein-Fragment (B) und zerbrochener Quarz-Einsprengling (Q) mit Korrosionsbuchten in Grundmasse aus Quarz, Feldspat und Serizit.
Maßstab = 1 mm. Lokalität: Westliche Flanke des Rannsbaches 300 m W Höhenpunkt 1205.

ten Klastika und dünnbankigen Karbonate aufgefangen, so daß dort die Phyllonit-Zone fehlt.

Weitere pyroklastische Lagen sind auch über dem Blasseneck-„Porphyroid" vorhanden. So treten westlich und südlich des Achnerkuchels in den klastischen Lagen über dem Blasseneck-„Porphyroid" ebenfalls helle „Porphyroid"-Lagen auf (Abb. 2), die beweisen, daß auch noch nach dem Ereignis des Blasseneck-„Porphyroids" geringe Mengen an Pyroklastika gefördert wurden.

Die unterschiedlichen Ausbildungsformen des Blasseneck-„Porphyroids" sind von HEINISCH (1981, S. 27–37) beschrieben worden, so daß hier darauf verwiesen werden kann. Es handelt sich um kristallreiche oder matrixreiche Tuffe, lapilliführende Tuffe und Grünschiefereinschaltungen, die intermediäre und saure Pyroklastika darstellen. Eine Meta-Trachyandesit-Lava-Lage sowie Einschaltungen von schwarzen Schiefern konnten in der Nähe des Leobners gefunden werden. Hinweise auf die Ignimbrit-Natur des Blasseneck-„Porphyroids" (Ignimbrite = Ablagerungen von Asche-Strömen, „pumice flow deposits", CAS & WRIGHT 1987, S. 224) lassen sich trotz der tektonischen Überprägung an vielen Stellen finden. So sprechen korrodierte, zerbrochene Quarzeinsprenglinge, kollabierte, z.T in eine Vorzugsrichtung eingeregelte Bimslapilli, Fremdgesteinsfragmente, sphärolithische Entglasungsstrukturen, geringe Sortierung der Lapilli nach der Korngröße, fetzenförmige Gefüge im Matrixmaterial, die massige Erscheinung und weite Verbreitung des Blasseneck-„Porphyroids" für dessen Ignimbritnatur. Auffallend sind rekristallisierte Bimsstein-Fragmente, die einen Lagenbau aus Quarz, Albit, Hellglimmer und Leucoxen zeigen (Abb. 8), größere Orthite und zahlreiche idiomorphe Zirkone.

Als Fördermechanismus kommt aufgrund der Beobachtungen eine subaerische Eruption wahrscheinlich mit anschließender Caldera-Bildung in Frage (NIEVOLL, 1983), deren Absätze randlich in einem marinen Bekken ab- und umgelagert wurden (siehe Kap. 4).

2.5.1. Schwermineral-Analysen des Blasseneck-„Porphyroids"

Schwermineral-Präparate und Dünnschliffe des Blasseneck-„Porphyroids" zeigen generell ein an Schwermineralen armes Spektrum. Außer einem sehr hohen Anteil zu Leukoxen zersetzter Erzkörner sind nur Apatit, Zirkon und Epidot als durchsichtige Bestandteile vorhanden. Minerale, die auf einen epiklastischen Einfluß hindeuten würden wie z.B. Turmalin, wurden nicht gefunden. Die Zirkone zeigen zum großen Teil idiomorphe Kristallformen. Bei den Zirkonen sind die Pyramidenflächen aufgrund der Metamorphose leicht angelöst. Eine Bestimmung der Zirkon-Tracht unter Verwendung der Diagramme von PUPIN (1980) wurde dadurch sehr erschwert.

Als generelle Merkmale der Zirkone des Blasseneck-„Porphyroids" können folgende Beobachtungen gelten:

Ein Großteil der Zirkone ist klar und zum Teil rosa gefärbt. Trübe Zirkone sind zwar vorhanden, sie sind jedoch weniger häufig zu beobachten als die klaren Zirkone. Altkerne in Zirkonen und zonierte Zirkone sind nur selten lichtoptisch zu erkennen. Merkmale für Wachstumsbehinderungen fehlen. Es sind zahlreiche große Zirkone vorhanden, die in der Siebfraktion 0,2 bis 0,125 mm gefunden wurden. Das Maximum der Zirkon-Population liegt im Bereich der P-Typen nach PUPIN (1980), die klare, idiomorphe Kristalle mit starker Elongation darstellen. Ein beträchtlicher Teil der Zirkone fällt aber auch in den Bereich der S-Typen nach PUPIN (1980), die gedrungener, oft trübe und weniger stark elongiert sind. Es wäre möglich, daß die beiden Zirkon-Populationen unterschiedlich alt sind, wobei die meist getrübten S-Typ-Zirkone eine ältere aus der Kruste stammende Population und die länglichen, klaren P-Typ-Zirkone eine jüngere im Mantel gebildete Zirkon-Population darstellen könnten. Ähnliche Zirkone werden auch von NIEVOLL (1983) aus dem Blasseneck-„Porphyroid" bei Veitsch beschrieben. Weitere Untersuchungen an Zirkonen mit Hilfe der Kathodolumineszenz sollen diese Unterschiede stärker herausarbeiten und bessere Interpretationen ermöglichen, da mit Hilfe der Kathodolumineszenz der Internbau der Zirkone sichtbar wird.

2.6. Metamorphose

Die Metamorphose nimmt innerhalb der beschriebenen Abfolge über dem Kalwanger Gneiskonglomerat

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

von unten nach oben hin ab. In den liegenden Bereichen zeigen die Metapyroklastite eine Granat-Biotit-Muskowit-Quarz-Paragenese, was der höher temperierten low-grade-Metamorphose nach WINKLER (1979) entspricht. Auch die beginnende Rekristallisation von Plagioklas spricht für diesen Metamorphose-Bereich (Voll 1976). Für das Niveau des Blasseneck-„Porphyroids" und die unteren Bereiche der Schichten über dem Blasseneck-„Porphyroid" kann sich die Metamorphoseabschätzung auf das Auftreten von Biotit und Klinozoisit/Zoisit bei fehlendem Granat stützen. Das Auftreten von Biotit läßt unter den vorliegenden Bedingungen auf die mittlere low-grade Metamorphose schließen. Eine retrograde Chloritisierung von Biotit läßt sich vielfach nachweisen.

3. Geochemie

Es wurden von insgesamt 61 Proben Haupt- und Spurenelement-Bestimmungen mit der Röntgenfluoreszenz-Analyse durchgeführt, und zwar wurden 45 Proben des Blasseneck-„Porphyroids" und 16 Proben der Grünschiefer-Serie, die aufgrund des Dünnschliffbildes als Meta-Vulkanite angesprochen werden konnten, analysiert. Weitere Proben, die hier nicht abgehandelt werden, wurden aus den Metapyroklastiten der Norischen und den Vulkaniten der Veitscher Decke entnommen und analysiert. Die Methoden richten sich nach NORRISH & CHAPPEL (1977). Es wurden 15 internationale Standards zum Vergleich mit herangezogen. Die Summen der Hauptelement-Analysen liegen zwischen 99,0 % und 101,20 %. Der relative Analysenfehler schwankt bei den einzelnen Haupt-Elementen und liegt zwischen 2 % (bei höheren Gehalten) und 5 % (bei niedrigeren Gehalten). Bei den Spurenelementen ist der relative Fehler höher, insbesondere bei der Bestimmung von Nb und Y kann er 10 % bis 20 % erreichen.

Um den Einfluß der Beimengung epiklastischen Materials im Blasseneck-„Porphyroid" zu überprüfen, wurden von 31 Proben des Blasseneck-„Porphyroids" aus dem Bereich des Leobners die CIPW-Norm sowie der Larsen-Index berechnet und die Werte in zwei Diagramme nach SHAW (1972) eingetragen (Abb. 9 und 10). Beide Abbildungen zeigen, daß die weit überwiegende Zahl der Analysen in einen Bereich fällt, der magmatischen Gesteinen entspricht. Allerdings überlappen sich die Felder sedimentärer und magmatischer Gesteine zum Teil, so daß eine Beimengung epiklastischen Materials zwar nicht völlig ausgeschlossen werden kann, aber in größerer Menge sicher nicht vorhanden ist.

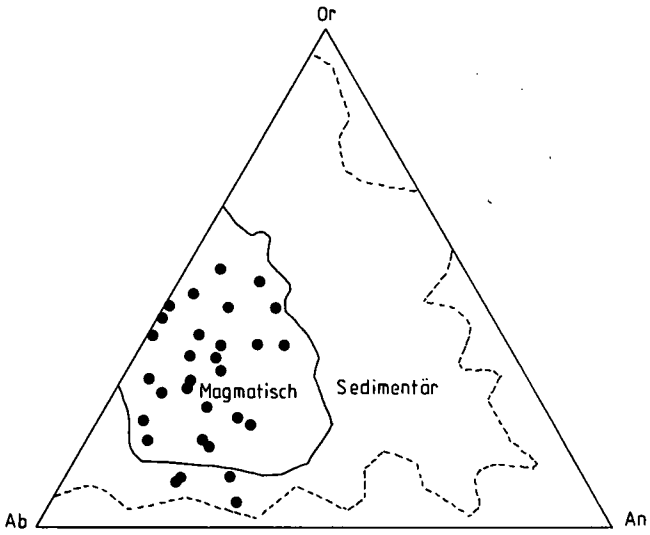

Abb. 9.
Normativer Albit-, Anorthit- und Orthoklas-Gehalt von 31 Proben des Blasseneck-„Porphyroids" in einem Diagramm nach SHAW (1972), das die Felder magmatischer und sedimentärer Gesteine zeigt.

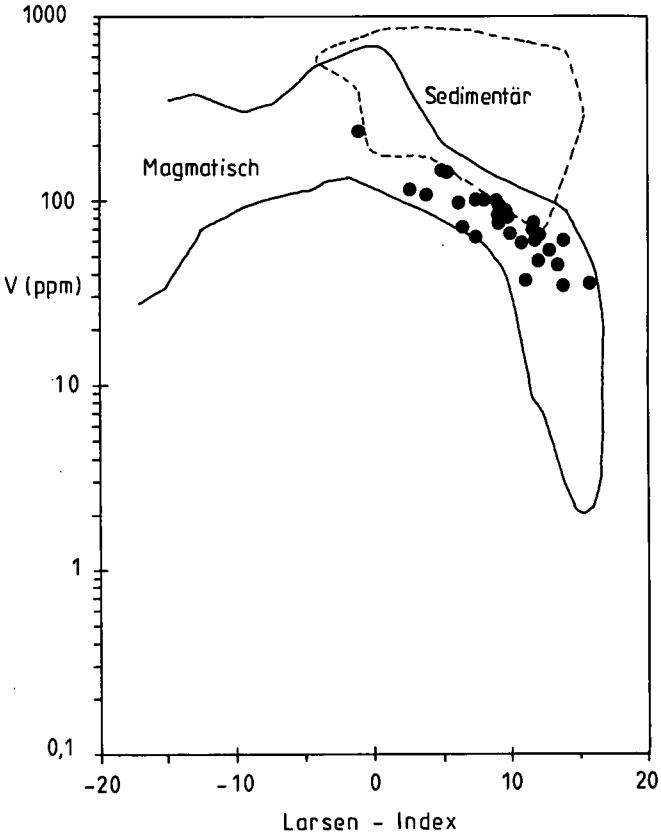

Abb. 10.
Vanadium-Gehalt und Larsen-Index (⅓ SiO_2 + K_2O – CaO – MgO) für 31 Proben des Blasseneck-„Porphyroids" in einem Diagramm nach SHAW (1972), das die Felder magmatischer und sedimentärer Gesteine zeigt.

Die Abbildung 11 gibt einen Klassifikationsversuch der Metavulkanite der Grünschiefer-Serie und des Blasseneck-„Porphyroids" nach COX et al. (1979) wieder, wobei die Gehalte an SiO_2, Na_2O und K_2O berücksichtigt worden sind. Hierzu ist zu sagen, daß die Alkalien unter hydrothermalen und metamorphen Bedingungen aufgrund ihres kleinen Ionenpotentials mobil sind (MASON & MOORE 1982, S. 160) und die Klassifikation deshalb nur einen Anhaltspunkt liefern kann. Drei Proben fallen deshalb auch aus dem magmatischen Spektrum heraus. Es ist dennoch erstaunlich, daß sich die meisten Proben sub-alkalischen Vulkaniten zuordnen lassen. Es entsteht der Eindruck, als ob hier eine Abfolge vorläge, die im tieferen Teil Basalte und basaltische Andesite enthält (Grünschiefer-Serie) und im höheren Teil Andesite, Dazite und Rhyolithe umfaßt (Blasseneck-„Porphyroid"). Manche Proben aus der Grünschiefer-Serie fallen auch in die Felder der Hawaiite und Trachyandesite. Um den Einfluß sekundärer Elementverschiebungen bei der Klassifikation der untersuchten Metavulkanite weitgehend auszuschalten, wurden in Abbildung 12 die SiO_2-Werte in Beziehung zu den Zr- und TiO_2-Werten gesetzt (FLOYD & WINCHESTER 1978). Zr und Ti sind Elemente, die sich bei sekundären Prozessen weitgehend immobil verhalten (PEARCE

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

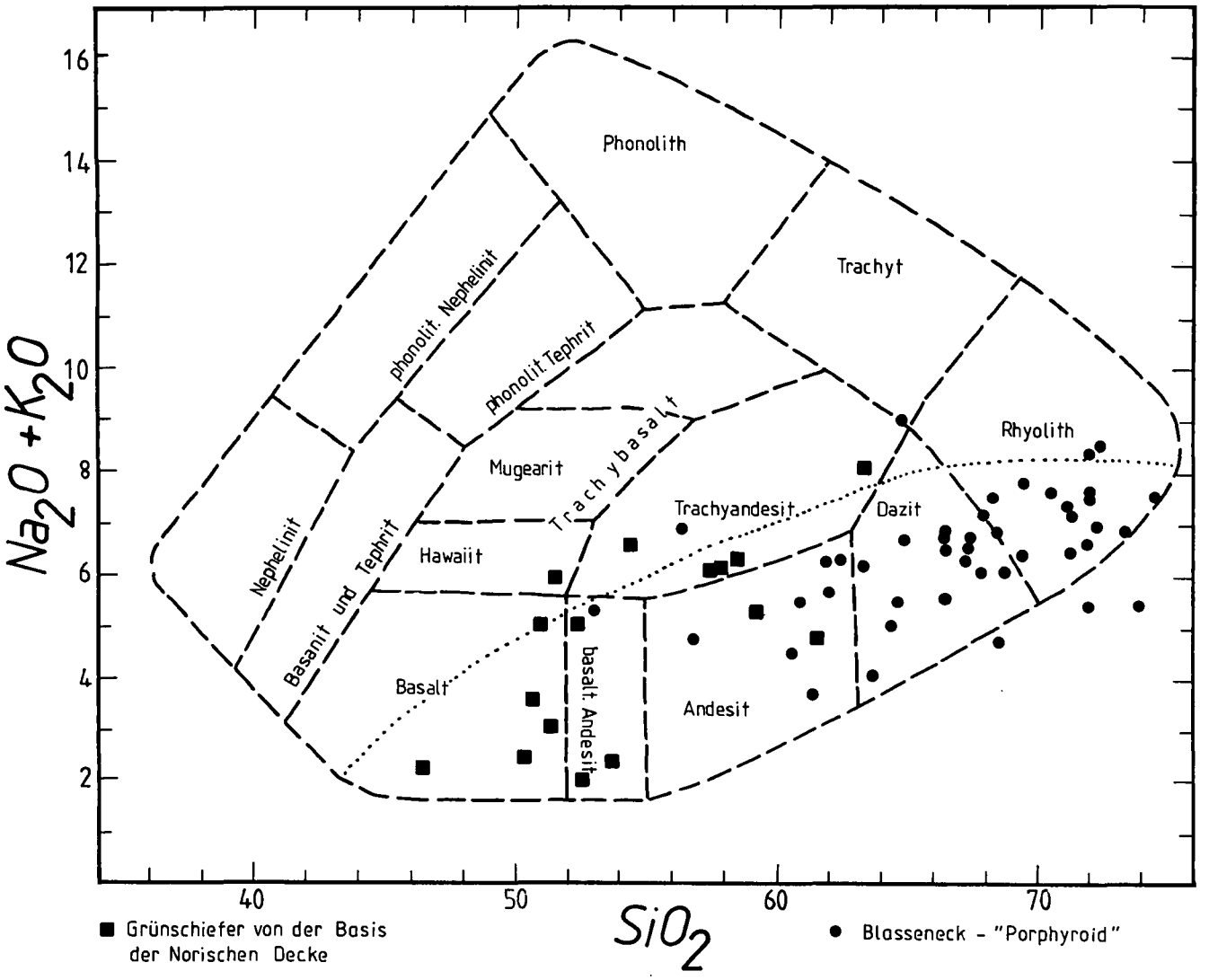

Abb. 11.
Klassifikation von 16 Proben der Grünschiefer-Serie (Quadrate) und 45 Proben des Blasseneck-„Porphyroids" (Punkte) in einem Diagramm nach Cox et al. (1979).
Die Punktlinie zeigt die Grenze zwischen den Alkali- (oben) und Sub-Alkali-Gesteinen (unten) nach MIYASHIRO (1978) an.

1982). Es zeigt sich bei diesem Klassifikationsversuch ein ähnliches Bild wie auf Abb. 11. Die Proben der Grünschiefer-Serie fallen in das Basalt- und Andesit-Feld, die Proben des Blasseneck-„Porphyroids" in das Trachyandesit, Andesit-, Dazit-, Rhyodazit- und Rhyolith-Feld. Die Darstellung auf Abb. 12 hat sicher eine größere Zuverlässigkeit als diejenige auf Abb. 11, da durch post-magmatische, hydrothermale Prozesse (Spilitisierung bei den Grünschiefern, Entglasung und Alkali-Austausch in den Pyroklastiten des Blasseneck-„Porphyroids") unter anderem die Alkali-Gehalte sekundär verändert werden. Es ist deshalb davon auszugehen, daß die Grünschiefer subalkalische Basalte und Andesite darstellen und daß der Blasseneck-„Porphyroid" vorwiegend aus dazitischen und rhyodazitischen Pyroklastika besteht, zu denen in geringem Maße rhyolithische, andesitische und trachyandesitische Pyroklastika bzw. ganz untergeordnet auch trachyandesitische Laven hinzukommen. Die Tendenz zu trachyandesitischen und damit zu schwach alkalibetonten Gliedern ist auf Abb. 12 deutlich zu erkennen. Weit überwiegend sind aber beim Blasseneck-„Porphyroid" subalkalische Förderprodukte vertreten.

Unmittelbare petrogenetische Zusammenhänge zwischen dem Blasseneck-„Porphyroid" und den Grünschiefern lassen sich aus den Abb. 11 und 12 nicht ablesen. Auf Abb. 11 ist ein lückenhaft besetztes Feld bei SiO_2-Gehalten zwischen 55 und 60 % zu bemerken, das daran zweifeln läßt, daß beide Serien aus derselben Magmakammer stammen und durch gravitative Differentiation miteinander verbunden sein könnten. Dieser Eindruck wird dadurch verstärkt, daß auf Abb. 12 die Zr/TiO_2-Verhältnisse beider Serien sehr unterschiedlich sind. Während die meisten Proben des Blasseneck-„Porphyroids" ähnliche Zr/TiO_2-Verhältnissse besitzen, streuen diese bei den Grünschiefern stärker und liegen generell unter denen des Blasseneck-„Porphyroids". Auch weitere Diagramme, die hier nicht dargestellt sind, zeigen keine offenkundigen petrogenetischen Zusammenhänge zwischen beiden Serien. Es wird deshalb davon ausgegangen, daß beide Serien unterschiedlichen Prozessen ihre Entstehung verdanken. Hinzu kommt, daß die Grünschiefer an der Basis der Norischen Decke von zahlreichen Scherzonen durchzogen werden, an denen zusätzliche Lösungsvorgänge Elementverschiebungen verursacht ha-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

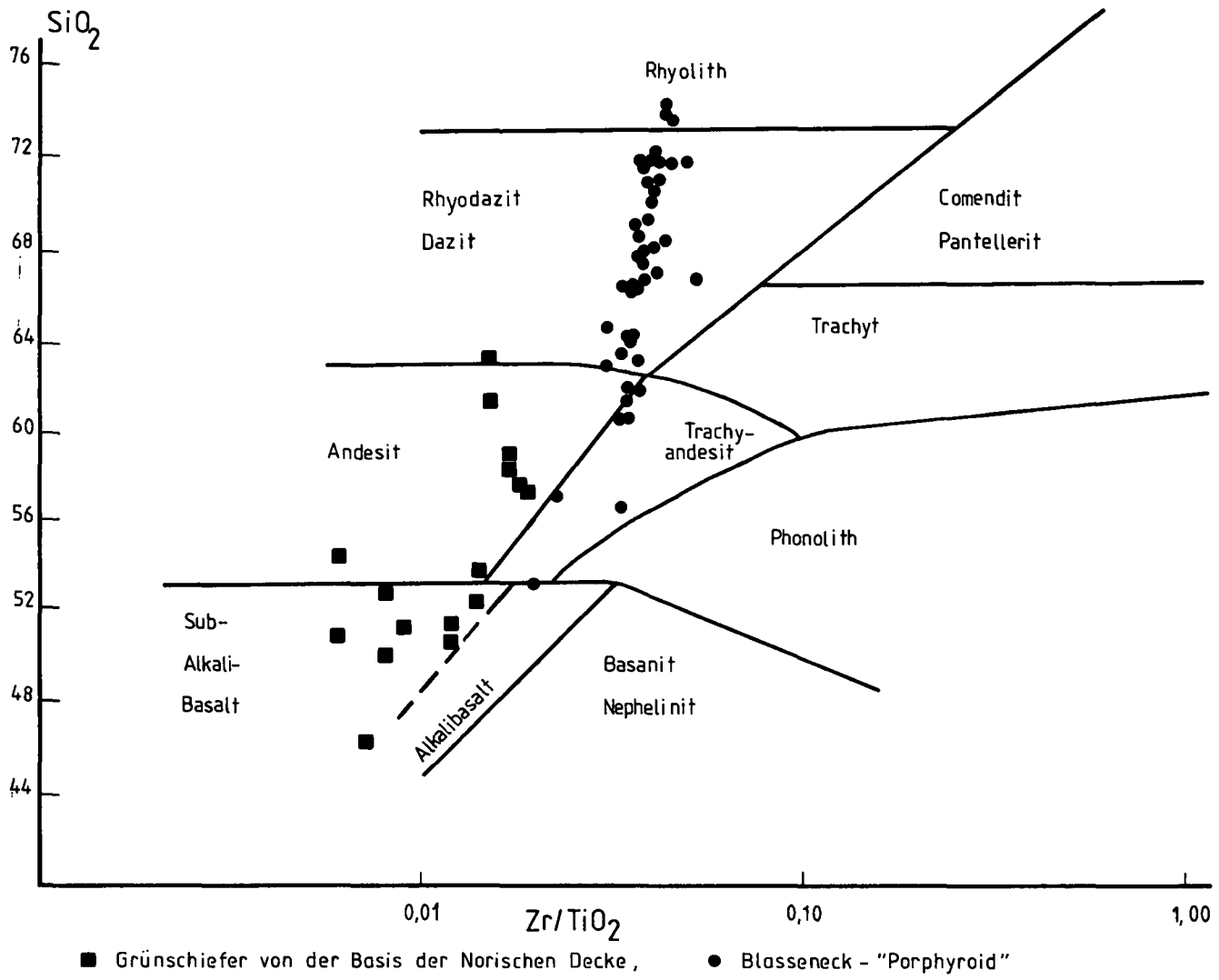

Abb. 12.
Klassifikation von 16 Proben der Grünschiefer-Serie (Quadrate) und 45 Proben des Blasseneck-„Porphyroids" (Punkte) in einem Diagramm nach FLOYD & WINCHESTER (1978).

ben können, so daß die Interpretation der Daten der Grünschiefer problematisch bleiben muß.

4. Geotektonische Schlußfolgerungen

Auf Abb. 13 sind die Ti- und Zr-Werte der Grünschiefer und des Blasseneck-„Porphyroids" dargestellt, an Hand derer man nach PEARCE (1982) basische und höher differenzierte Intraplatten-Laven von Laven von Inselbögen und aktiven Kontinenträndern unterscheiden kann. Aus diesem Diagramm geht eindeutig hervor, daß der Blasseneck-„Porphyroid" große Ähnlichkeiten mit Laven von Inselbögen und aktiven Kontinenträndern hat, die durch Subduktionsprozesse gebildet werden. Allerdings zeigt sich auch eine gewisse Tendenz hin zum Grenzbereich des Feldes der Intraplatten-Laven, die von kontinentalen Rift-Zonen bekannt sind. Die Analysen stimmen weitgehend mit den Werten von HEINISCH (1980) überein, die ebenfalls weit überwiegend in das Feld der Laven von Inselbögen und aktiven Kontinenträndern fallen. Die Grünschiefer dagegen sind davon deutlich unterschieden. Deren Analysenwerte streuen sehr stark und fallen teils in das Feld der Basalte mittelozeanischer Rücken, teils in dasjenige der Intraplattenbasalte bzw. der Andesite konvergierender Plattenränder. Diese Werte sind schwer interpretierbar – eine Feststellung , die schon weiter oben getroffen wurde. Auch auf diesem Diagramm sind keine deutlichen petrogenetischen oder geotektonischen Beziehungen zwischen den Grünschiefern und dem Blasseneck-„Porphyroid" zu erkennen. Die Werte der Grünschiefer werden aus diesen Gründen hier nicht weiter diskutiert. Sie sind jedenfalls nicht so einfach interpretierbar wie das von SCHÄFFER & TARKIAN (1984) dargestellt wird.

Um die Aussagekraft der Analysenwerte des Blasseneck-„Porphyroids" weiter zu erhöhen, werden hier noch vier Diagramme diskutiert (Abb. 14, 15, 16, 17). Diese Diagramme berücksichtigen nur intermediäre und saure Pyroklastika, die mehr als 60 % SiO_2 führen (vgl. Abb. 11 und 12). Abb. 14 stellt ein Diagramm nach LEAT et al. (1986) dar, mit dessen Hilfe man kalkalkalische Laven von alkalischen bzw. peralkalischen Laven unterscheiden kann. Die Grenze beider Gruppen liegt bei etwa 350 ppm Zr, auch haben alkalische bzw. peralkalische Laven höhere Nb-Werte als kalkalkalische Laven. Zum Vergleich sind eingetragen sub-alkalische Laven („Low-K", „Calcalkaline", „High-K") von Inselbögen und aktiven Kontinenträndern nach EWART (1979), alkalische

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

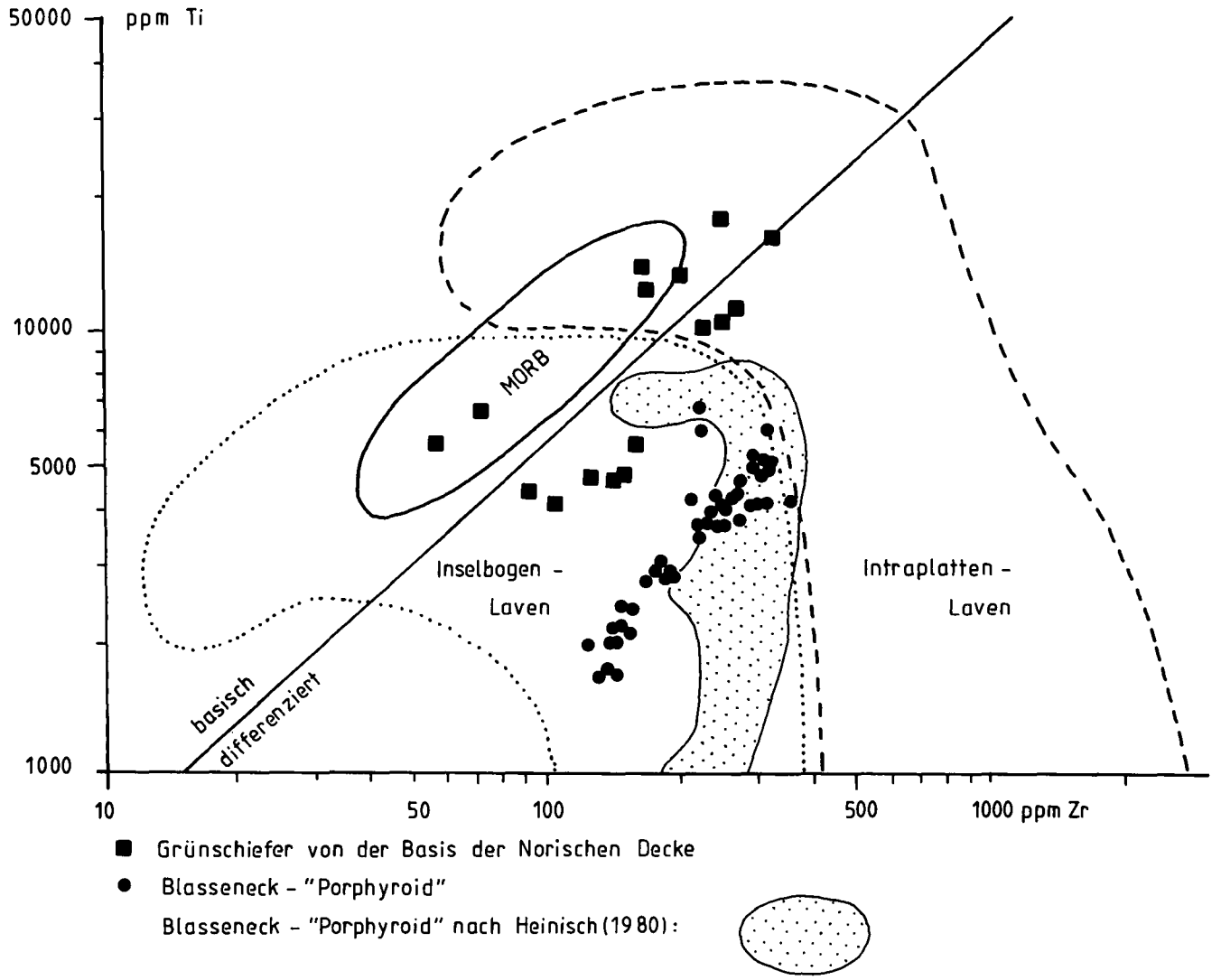

Abb. 13.
Zuordnung zu unterschiedlichen geotektonischen Positionen von 16 Proben der Grünschiefer-Serie (Quadrate) und 45 Proben des Blasseneck-„Porphyroids" (Punkte) in einem Diagramm nach PEARCE (1983).
Zum Vergleich sind die Analysen des Blasseneck-„Porphyroids" nach HEINISCH (1980) mit angegeben (Punktfeld).

bzw. peralkalischen Laven von Rift-Zonen auf Inselbögen und aktiven Kontinentalrändern (TT, DC, MI, siehe Legende), von ozeanischen Inseln und von kontinentalen Rift-Zonen. Die Analysen des Blasseneck-„Porphyroids" fallen alle in das Feld kalkalkalischer Laven von konvergierenden Plattenrändern. Man muß hier allerdings berücksichtigen, daß erstens eine gewisse Tendenz zum Grenzbereich des alkalischen Feldes zu bemerken ist und daß zweitens Rhyolithe und Rhyodazite bimodaler Serien, die in Krustendehnungsgebieten wie in der „Basin and Range" Provinz (Westen der U.S.A., CRECRAFT et al., 1981; BEST et al., 1989) auftreten, ebenfalls relativ niedrige Zr- und Nb-Werte haben. Diese fallen in Abb. 14 ebenfalls in das Feld saurer Vulkanite von konvergierenden Plattengrenzen. Sie entstehen durch Kontakt-Anatexis aufsteigender basaltischer Magmen, die in der Kruste Aufschmelzungen verursachen. Dabei wird Krustenmaterial aufgeschmolzen, welches in vorangegangenen Subduktionsprozessen geschaffen wurde und eine kalkalkalische Zusammensetzung hat (WILSON, 1989, S. 338). Solche Prozesse sind in der „Basin and Range" Provinz mit der Förderung mächtiger Ignimbrit-Decken und der Entstehung riesiger Calderen verbunden, die im Rückland eines aktiven Kontinentrandes liegen (BEST et al. 1989). Die größten Calderen der Erde liegen generell im Rückland aktiver Kontinenträndern (Francis 1985). Es wäre deshalb denkbar, daß sich das Ereignis des Blasseneck-„Porphyroids" ebenfalls im Rückland eines aktiven Kontinentrandes ereignet hat. Ignimbrit-Ausbrüche treten zwar in sehr verschiedenen geotektonischen Situationen auf, erreichen aber auf Inselbögen, an aktiven Kontinenträndern und deren Rückland ihre größte Ausdehnung (FRANCIS, 1985; CAS & WRIGHT 1987).

Auf Abb. 15 sind in einem Diagramm nach PEARCE et al. (1984) die Nb- und Y-Werte des Blasseneck-„Porphyroids" eingetragen. Dieses Diagramm wurde entwickelt, um saure und intermediäre Plutonite nach ihrer geotektonischen Lage unterscheiden zu können. Obwohl eine Eintragung der entsprechenden Werte des Blasseneck-„Pophyroids" in dieses Diagramm deshalb nicht so ohne weiteres gerechtfertigt ist, so zeigt das Diagramm doch, daß die meisten Werte des Blasseneck-„Porphyroids" in das Feld der Granitoide von Inselbögen und Kollisionszonen fallen und nur einige in den angrenzenden Bereich der Intraplatten-Granitoide. Hier wiederholt sich eine Tendenz, die auch in anderen Diagrammen bemerkbar war (Abb. 12, 13, 14), nämlich

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

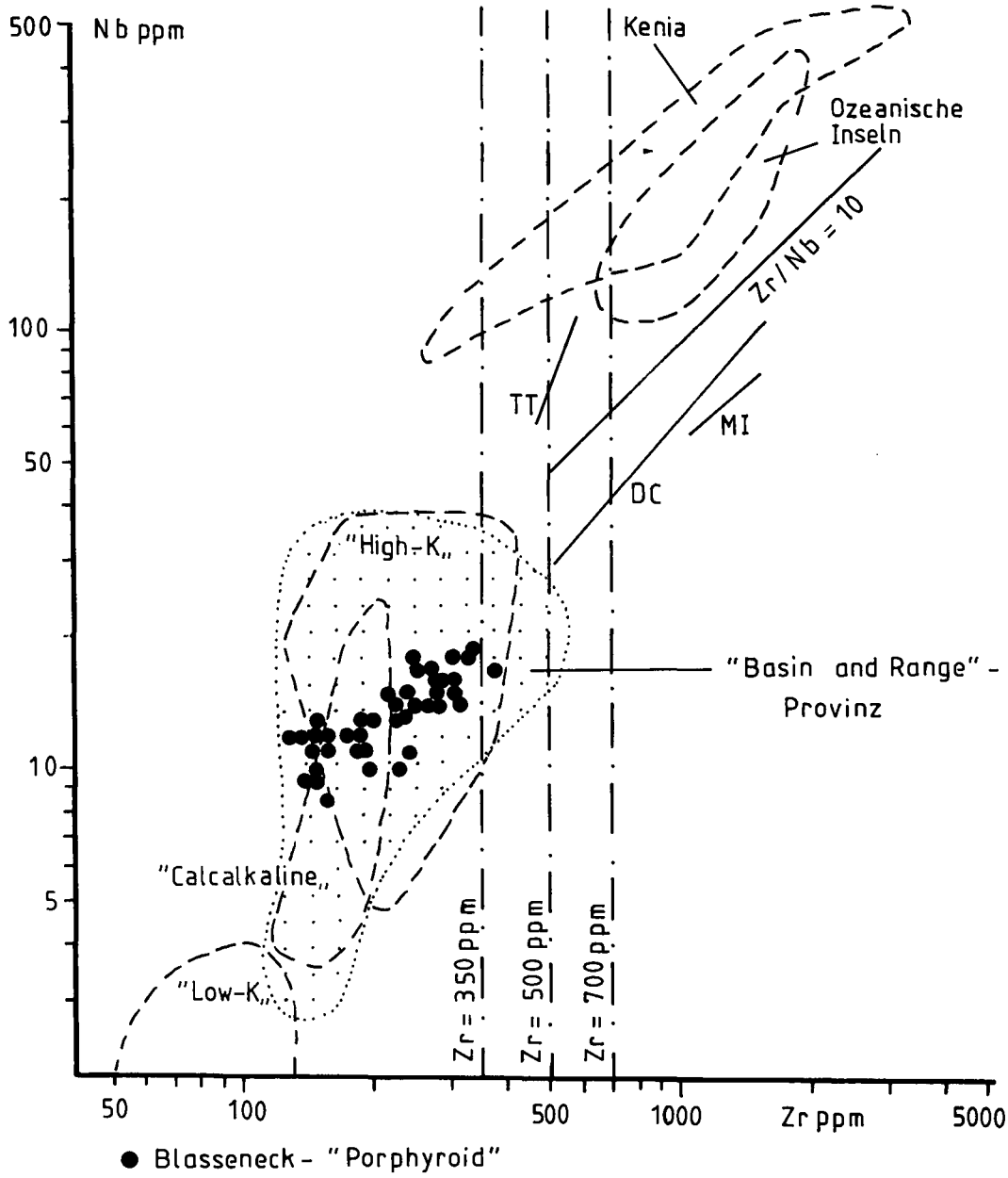

Abb. 14.
Nb-Zr-Diagramm nach LEAT et al. (1986), das die Streubreite intermediärer und saurer Vulkanite mit mehr als 60 % SiO_2 zeigt.
Punkte = 42 Analysen des Blasseneck-„Porphyroids"; Punktfeld = Analysen oligozäner und miozäner Vulkanite aus der „Basin and Range"-Provinz nach BEST et al. (1989); MI = Vulkanite von Mayor Island (Neuseeland) nach EWART (1968); DC = Vulkanite von Devine Canyon (Oregon/U.S.A.) nach GREENE (1973); TT = Vulkanite des Tala Tuff (Mexico) nach MAHOOD (1981).

diejenige, daß der Blasseneck-„Porphyroid" auch Glieder hat, die leicht alkalisch zusammengesetzt sind und in den Grenzbereich zu Intraplatten-Laven fallen. In diesem Zusammenhang sollen auch die Proben trachyandesitischer Zusammensetzung erwähnt werden, die auf Abb. 12 klar erkennbar sind.

Nach einem Verfahren von PEARCE et al. (1984) sind auf Abb. 16 die K-, Rb-, Nb-, Zr- und Y-Werte sechs ausgewählter Proben des Blasseneck-„Porphyroids" vom Leobner mit entsprechenden Werten von Graniten mittelozeanischer Rücken normiert worden. Dieses Verfahren wird angewandt, um intermediäre und saure Plutonite unterschiedlicher geotektonischer Positionen voneinander unterscheiden zu können. Die Proben des Blasseneck-„Porphyroids" zeigen auf Abb. 16 alle einen ähnlichen Kurvenverlauf. K, Rb und Ba sind gegenüber Graniten mittelozeanischer Rücken angereichert, Zr und Y abgereichert. Ähnliche Kurvenverläufe der genannten Elemente zeigen auch Granite von Inselbögen, von Kollisionszonen und auch post-kollisionale Granite (Abb. 17). Dagegen zeigen Intraplatten-Granite beispielsweise aus einem Rift-Gebiet wie dem Oslo-Graben ein ganz anderes Elementverteilungsmuster. Sie haben wesentlich höhere Nb- und Zr-Werte und unterscheiden sich dadurch von Graniten aus den anderen geotektonischen Positionen.

Obwohl die Diagramme der Abb. 16 und 17 nicht so ohne weiteres auf saure und intermediäre Vulkanite übertragen werden können, so zeigen sie dennoch, daß der Blasseneck-„Porphyroid" ein völlig anderes Elementverteilungsmuster hat als Intraplatten-Granite aus Rift-Gebieten.

Es kann deshalb hier festgehalten werden, daß der Blasseneck-„Porphyroid" in seiner geochemischen Zusammensetzung sauren und intermediären Magmatiten gleicht, die an konvergierenden Plattengrenzen und auch im Rückland von konvergierenden Plattengrenzen auftreten. Von sauren und intermediären Magmatiten aus typischen Rift-Gebieten wie kontinentalen Grabenbrüchen weicht er in seiner geochemischen Zusammensetzung deutlich ab. Aufgrund der bisher gesammelten Daten wäre deshalb für den Blasseneck-„Porphyroid" eine geotektonische Position denkbar, die entweder mit Subduktions- und Kollisions-Prozessen in

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

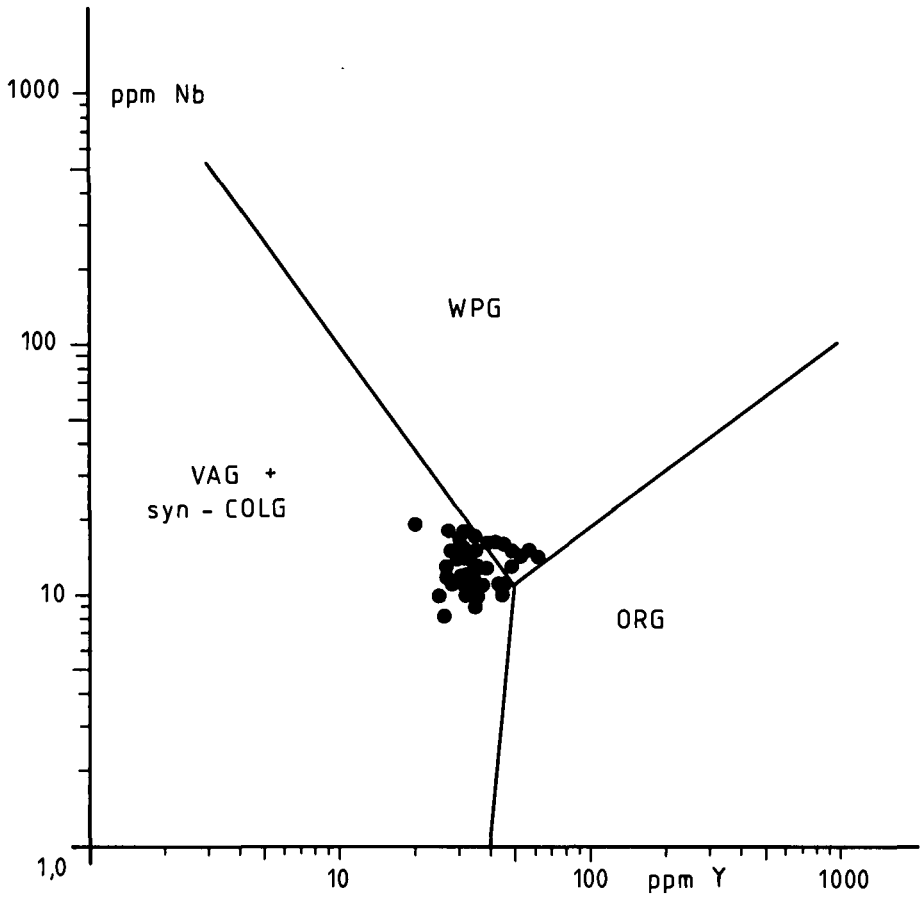

Abb. 15.
42 Analysen des Blasseneck-„Porphyroids" mit mehr als 60 % SiO_2 in einem Nb-Y-Diagramm nach PEARCE et al. (1984), mit dessen Hilfe man Granitoide unterschiedlicher geotektonischer Positionen unterscheiden kann. ORG = „Ocean Ridge Granite"; WPG = „Within Plate Granite"; VAG + syn-COLG = „Volcanic Arc Granite" und „syncollisional Granite".

Zusammenhang steht oder mit Dehnungsprozessen, die sich im Rückland konvergierender Plattengrenzen oder auch post-kollisional abspielen. Das Auftreten leicht alkalischer Gesteine wie der Trachyandesite im Blasseneck-„Porphyroid" läßt sich für beide Fälle erklären, da Alkali-Vulkanite auch auf Rift-Zonen im Inselbogen-Bereich (Mayor Island, Neuseeland, MI in Abb. 14), in Rift-Zonen an aktiven Kontinenträndern (Tala-Tuff,

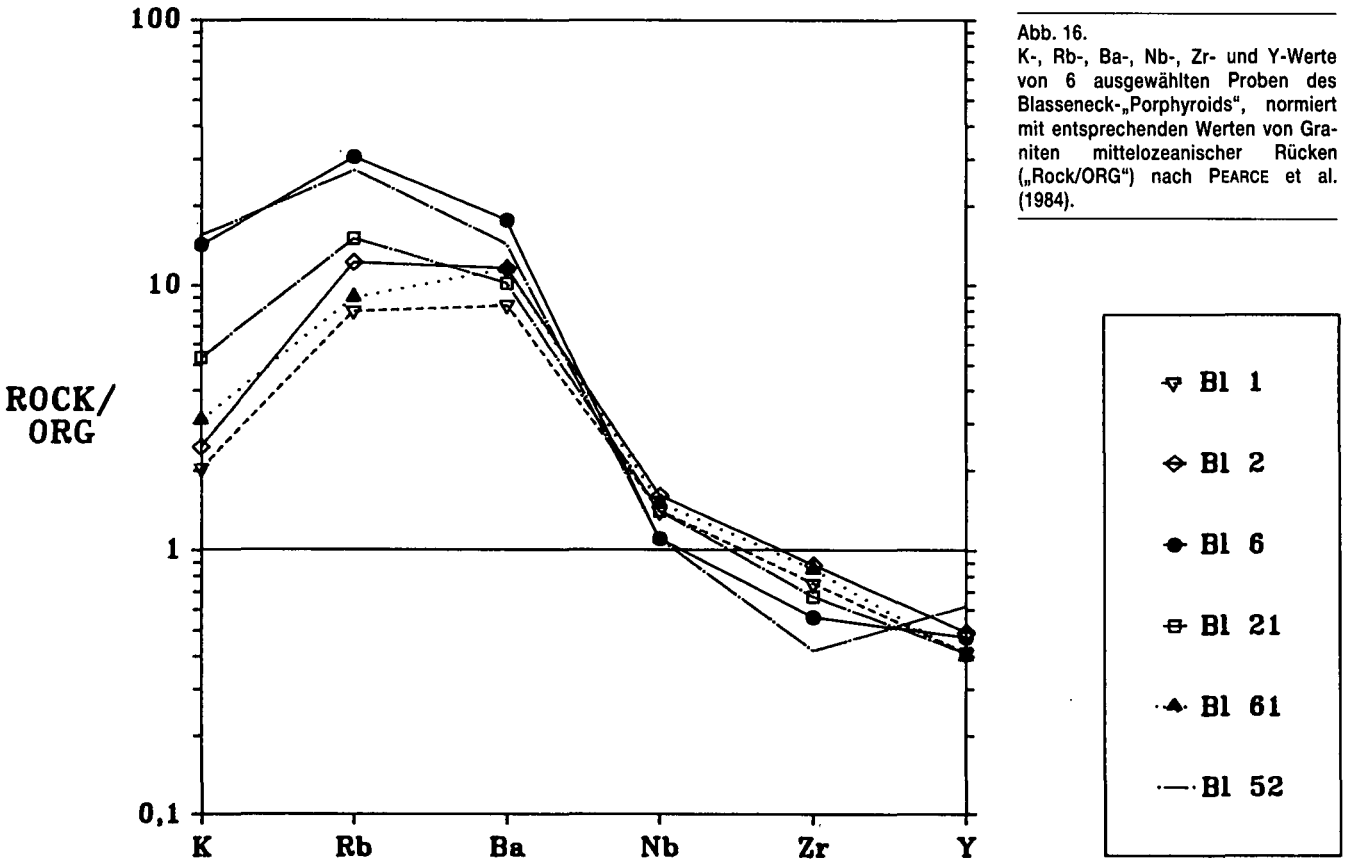

Abb. 16.
K-, Rb-, Ba-, Nb-, Zr- und Y-Werte von 6 ausgewählten Proben des Blasseneck-„Porphyroids", normiert mit entsprechenden Werten von Graniten mittelozeanischer Rücken („Rock/ORG") nach PEARCE et al. (1984).

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

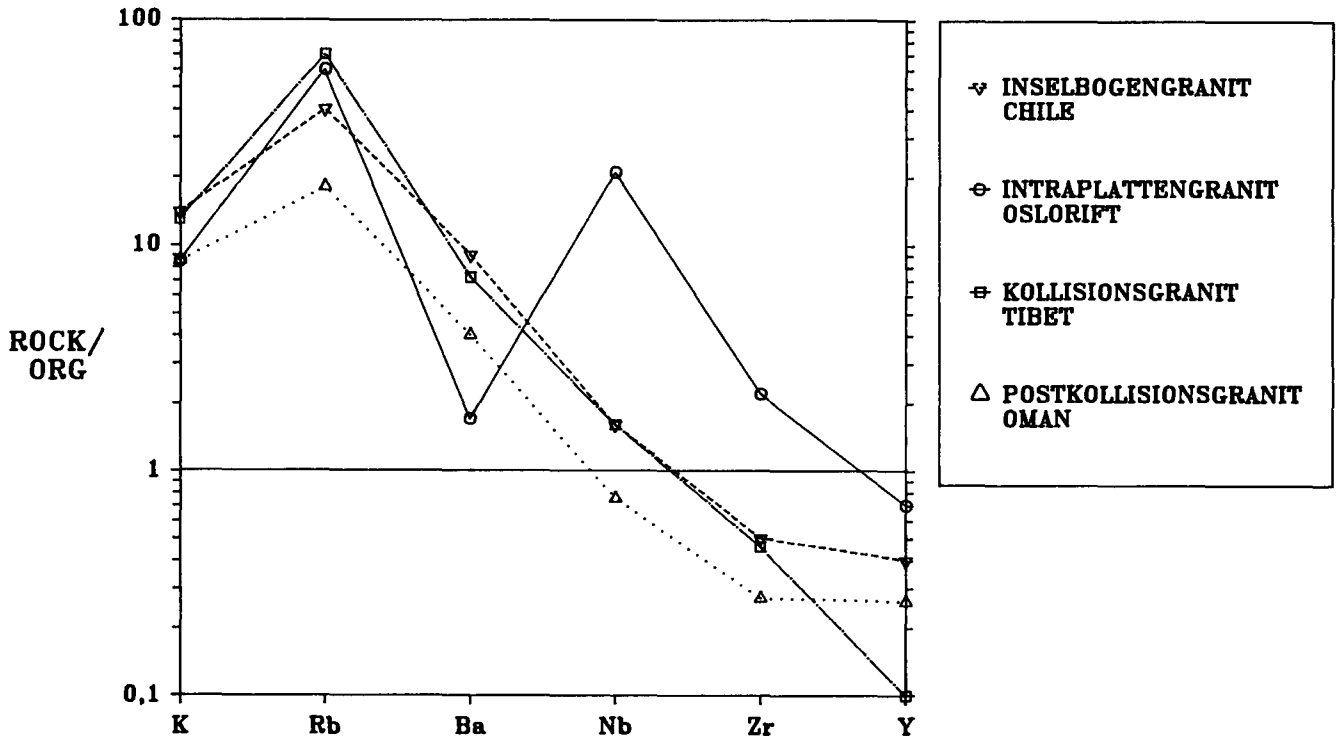

Abb. 17.
Verteilungskurven von K, Rb, Ba, Nb, Zr und Y von Graniten von Inselbögen und aktiven Kontinenträndern (Chile), Intraplattengraniten (Oslo-Graben), synkollisionalen Graniten (Tibet) und postkollisionalen Graniten (Oman) in einem Diagramm nach PEARCE et al. (1984).
Die Werte der genannten Elemente wurden mit den entsprechenden Werten von Graniten mittelozeanischer Rücken normiert („Rock/ORG"). Intraplattengranite zeigen deutlich erhöhte Nb- und Zr-Werte.

Mexico, TT in Abb. 14) und im Rückland aktiver Kontinenträndern (Devine Canyon Tuff, Oregon/USA, TT in Abb. 14) auftreten. Sie sind auch aus den großen Calderen in der „Basin and Range" Provinz bekannt (BEST et al., 1989, von Punktlinie umschlossenes Feld in Abb. 14).

Vergleiche mit rezenten Beispielen sind immer problematisch, weil die geotektonischen Situationen auch im rezenten Bereich sehr variabel sind und unmittelbare Ähnlichkeiten zwischen paläozoischen und rezenten plattentektonischen Konstellationen sicher nicht zu erwarten sind. Wenn hier dennoch ein Vergleich diskutiert wird, so deshalb weil sowohl die geologischen Daten, die auf eine große Caldera-Bildung mit Ignimbrit-Eruptionen hindeuten, als auch die geochemischen Daten, die eine weit überwiegend kalkalkalische Zusammensetzung des Blasseneck-„Porphyroids" mit nur untergeordnet vorkommenden alkalischen Varianten belegen, diesen Vergleich nahe legen: Gedacht ist hierbei an die großen Calderen der „Basin and Range"-Provinz der westlichen USA. Diese Calderen bildeten sich im Anschluß an das Ende der Subduktion des Pazifischen Ozeanbodens unter die Amerikanische Platte im Alttertiär, als die bis dahin existierende konvergierende Plattengrenze im Bereich von Californien durch eine Transform-Störung (San Andreas-Störung) ersetzt wurde und das bis dahin anhaltende einengende tektonische Regime von Dehnungsbewegungen abgelöst wurde, was zur Ausbildung der „Basin and Range"-Provinz führte (ATWATER, 1970; SCHOLZ et al., 1971; SAWKINS, 1984, S. 85; HAMILTON 1987, BEST et al. 1989). Dieses Ereignis stellte eine Reorganisation der Plattengrenzen dar, welches auch einen Umschlag in der Förderung von älteren kalkalkalischen, subduktionsgebundenen Magmen zu bimodalen Serien mit jüngeren alkalischen Varianten mit sich brachte. Eine Reorganisation der Plattengrenzen wird von LOESCHKE (1989) auch für die Zeit des Grenzbereiches Ordovizium/Silur angenommen, weil es Hinweise auf eine ältere, frühkaledonische Orogenese im mittleren Ordovizium mit subduktions- und kollisionsgebundenem Magmatismus im mittelostalpinen Kristallin gibt (FRISCH et al., 1987) und der silurisch-devonische Vulkanismus ausschließlich auf Dehnungsbewegungen schließen läßt (LOESCHKE 1989), die bis in das Unterkarbon anhalten. An dieser Grenze im Übergang zwischen älteren Kollisionsvorgängen und jüngeren Rift-Prozessen tritt das Ereignis des Blasseneck-„Porphyroids" auf. Die in der älteren Literatur vorhandenen unterschiedlichen Meinungen über die geotektonische Bedeutung des Blasseneck-„Porphyroids" (LOESCHKE, 1977; HEINISCH, 1981) sind aus diesem Grunde auch verständlich, weil die geochemischen Zusammensetzungen von Rhyolithen und Daziten von konvergierenden Plattengrenzen und aus Dehnungsgebieten im Rückland konvergierender Plattengrenzen fast identisch sind (vgl. Abb. 14). Dies liegt daran, daß in Dehnungsgebieten im Rückland konvergierender Plattengrenzen kontinentales Krustenmaterial aufgeschmolzen werden kann, welches zuvor durch Subduktionsprozesse geschaffen wurde. Dieses neu aufgeschmolzene Krustenmaterial hat deshalb im Prinzip dieselbe Zusammensetzung wie das ältere durch Subduktionsprozesse geschaffene.

Daß im Falle des Blasseneck-„Porphyroids" eine marine Abfolge in unmittelbarer Nähe lag und im Falle der „Basin and Range"- Provinz nur gleich alte kontinentale Serien vorliegen, spielt bei diesem Vergleich keine Rolle. Das Eindringen des Meeres in die „Basin and Range"-Provinz ist lediglich von eustatischen Meeresspiegelschwankungen und weiterer isostatischer Absen-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

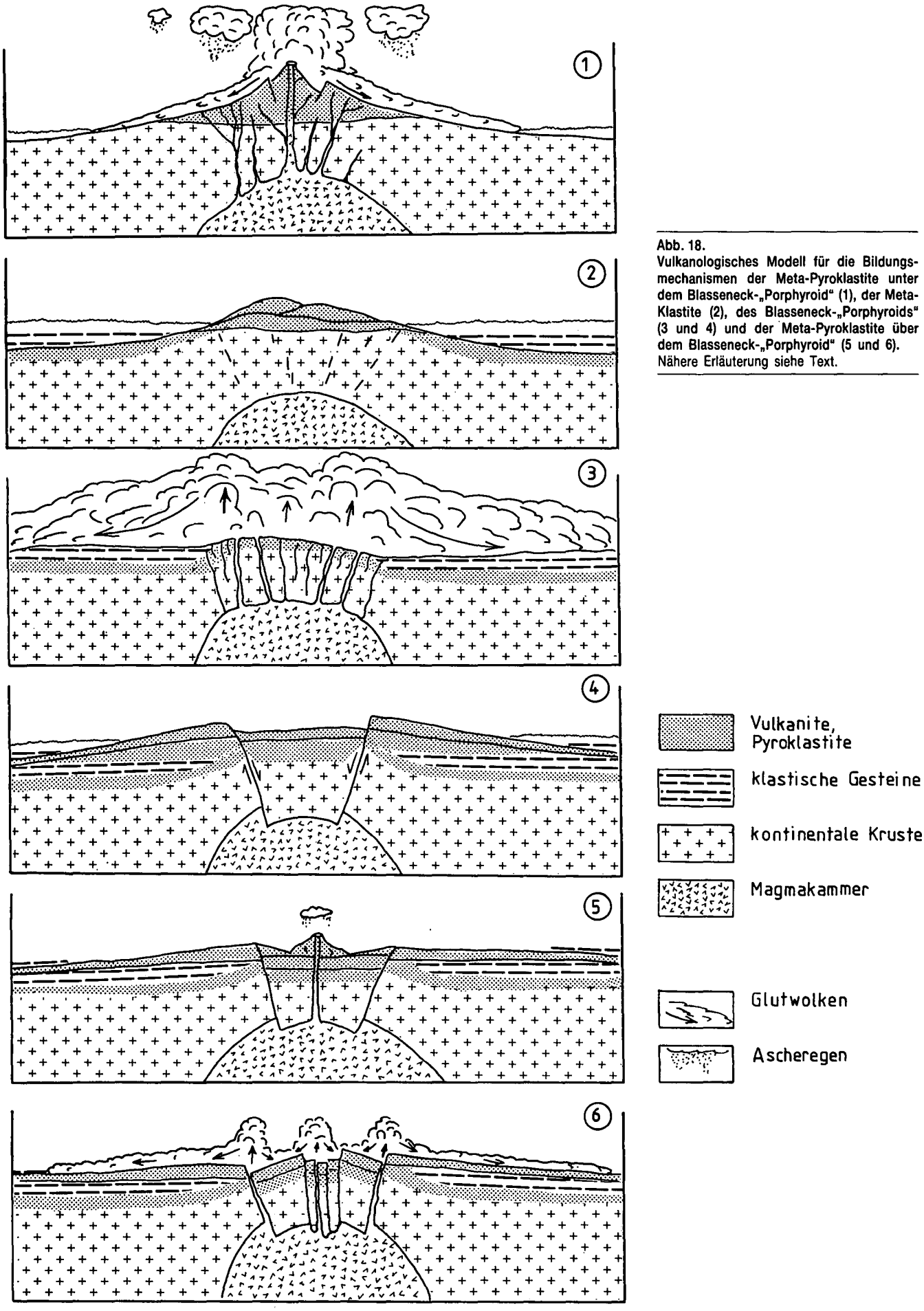

Abb. 18.
Vulkanologisches Modell für die Bildungsmechanismen der Meta-Pyroklastite unter dem Blasseneck-„Porphyroid" (1), der Meta-Klastite (2), des Blasseneck-„Porphyroids" (3 und 4) und der Meta-Pyroklastite über dem Blasseneck-„Porphyroid" (5 und 6).
Nähere Erläuterung siehe Text.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

kung abhängig, so daß sich auch dort in Zukunft marine Verhältnisse einstellen könnten. Mit diesem Vergleich ist selbstverständlich nicht gemeint, daß die geologische Situation im oberen Ordovizium der Ostalpen genauso ähnlich war wie im Tertiär im Westen der U.S.A., sondern nur daß der Blasseneck-„Porphyroid" zu einem Zeitpunkt gebildet wurde, als sich die plattentektonische Situation der Ostalpen von einem Einengungsregime in ein Dehnungsregime umstellte. Das Perm der Südalpen mit dem Auftreten des Bozener Quarzporphyrs wäre eine ähnliche Situation, in welcher die Kollisionsvorgänge der variskischen Orogenese ihren Abschluß fanden und die Öffnung der mesozoischen Tethys allmählich begann. Daß die oberordovizischen „Porphyroide" möglicherweise als „Zeitmarke für die Umstellung des Spannungsmusters" gelten können, hat auch HEINISCH (1981, S. 90) diskutiert.

Vulkanologisch kann man sich das Ereignis des Blasseneck-„Porphyroids" folgendermaßen vorstellen (Abb. 18):

Aus den Abbildungen 2 und 3 geht hervor, daß sowohl unter als auch über dem Blasseneck-„Porphyroid" Metapyroklastit-Lagen liegen. Daraus kann man schließen, daß die Metapyroklastit-Lagen unter dem Blasseneck-„Porphyroid" erste subaerische Ausbrüche signalisieren, die danach wieder aufhörten (Abb. 18-1). Eine Ruhepause in der Förderung vulkanischen Materials stellen dann die über den Metapyroklastiten liegenden Metaklastite dar, während welcher das Vulkangebäude zum Teil abgetragen wurde und die Abtragungsprodukte unter marinen Verhältnissen aufgearbeitet wurden (Abb. 18-2). Zur Zeit dieser Ruhepause steigerte sich der Innendruck der im Untergrund liegenden Magmakammer so lange, bis eine Aufwölbung des Daches und damit verbundene Spaltenbildung erfolgen konnte. Sobald die Spaltenbildung erfolgt war, stellten sich erneute außerordentlich heftige Ignimbrit-Eruptionen ein, die durch den Blasseneck-„Porphyroid" repräsentiert werden (Abb. 18-3). Die Glutwolken fanden eine sehr weite Verbreitung, weshalb der Blasseneck-„Porphyroid" auch als „Leitgestein" für das obere Ordovizium gelten kann. Ignimbrite breiten sich mit hohen Geschwindigkeiten über große Entfernungen aus und können sich dabei auch teils auf der Wasseroberfläche dahinschießend, teils submarin abgleitend weiterbewegen (FRANCIS, 1985; FRANCIS & SELF, 1985; CAS & WRIGHT, 1987, S. 283). Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß dem Blasseneck-„Porphyroid" ähnliche Ablagerungen auch in der westlichen Grauwackenzone und in den Karnischen Alpen vorkommen, zumal auch verschiedene etwa gleich alte Ignimbrit-Eruptionen in demselben geotektonischen Raum auftreten können wie das auch aus der „Basin and Range"-Provinz bekannt ist. Eine Caldera-Bildung setzte nach dem Ende der Ignimbrit-Eruptionen ein, weil das Dach über der entleerten Magmakammer einbrach (Abb. 18-4). Nachfolgende kleinere Eruptionen förderten dann die Metapyroklastit-Lagen, die in die über dem Blasseneck-„Porphyroid" liegenden klastischen Lagen eingeschaltet sind (Abb. 18-5 und 18-6).

Die im Untergrund liegende Magmakammer war zoniert, da der Blasseneck-„Porphyroid" dazitische, rhyodazitische und rhyolithische Glieder umfaßt. Ob die selten auftretenden Trachyandesite aus derselben Magmakammer stammen wie die übrigen Glieder, ist nicht mit Sicherheit zu sagen. Nach SMITH (1979) bestehen Zusammenhänge zwischen der Größe einer Caldera, dem Volumen und der chemischen Zusammensetzung der Förderprodukte. Je größer das Volumen der Förderprodukte war desto größer war auch die Caldera. Dabei kann man hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Förderprodukte eine gewisse Systematik erkennen: Ausgesprochen bimodale Serien mit etwa gleichen Anteilen an Basalt und Rhyolith werden aus kleinen Magmakammern gefördert, während einheitlich zusammengesetzte rhyolithische Förderprodukte aus sehr großen Magmakammern stammen. Die Größen der Magmakammern schwanken dabei zwischen 10 und 1000 km³ und werden umso größer je geringer der Anteil an basischen Förderprodukten ist. Da der Blasseneck-„Porphyroid" vorwiegend dazitisch bis rhyolithisch zusammengesetzt ist, läßt sich daraus schließen, daß die Magmakammer eine mittlere Größe hatte. Genauere Angaben über die Größe der Magmakammer und der Caldera könnten Berechnungen über das Volumen des Blasseneck-„Porphyroids" erbringen.

Dank

Für hilfreiche Diskussionen danken wir Herrn Prof. Dr. W. FRISCH, Prof. Dr. H. PICHLER, Herrn Dr. L. RATSCHBACHER (Tübingen) und Herrn Univ.-Doz. Dr. H.P. SCHÖNLAUB (Wien). Die chemischen Analysen wurden im geochemischen Zentrallabor der Geowissenschaftlichen Fakultät Tübingen von Frau G. BARTHOLOMÄ unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. M. SATIR (Tübingen) ausgeführt. Die Fürst Liechtenstein'sche Forstdirektion in Kalwang unterstützte uns mit Rat und Tat. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützte die Untersuchungen durch die Gewährung einer Sachbeihilfe. Für alle diese Hilfe sei vielmals gedankt.

Literatur

ATWATER, T. (1970): Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America. – Geol. Soc. Amer. Bull., **81**, 3513–3536.

BEST, M.G., CHRISTIANSEN, E.H. & BLANK, R.H. (1989): Oligocene caldera complex and calc-alkaline tuffs and lavas of the Indian Peak volcanic field, Nevada and Utah. – Geol. Soc. Amer. Bull., **101**, 1076–1090.

CAS, R.A. & WRIGHT, J.V. (1987): Volcanic successions – modern and ancient. – 528 S., London (Allen & Unwin).

COX, K.G., BELL, J.D. & PANKHURST, R.J. (1979): The interpretation of igneous rocks. – 450 S., London (Allen & Unwin).

CRECRAFT, H.R.; NASH, W.P. & EVANS, S.H. (1981): Late Cenozoic volcanism at Twin Peaks, Utah: geology and petrology. – J. Geophys. Res., **86**, 10303–10320.

DAURER, A. & SCHÖNLAUB, H.P. (1978): Anmerkungen zur Basis der Nördlichen Grauwackenzone. – Mitt. österr. geol. Ges., **69**, 77–88.

EWART, A., TAYLOR, S.R. & CAPP, A.C. (1968): Geochemistry of pantellerites of Mayor Island, New Zealand. – Contrib. Mineral. Petrol., **17**, 116–140.

EWART, A. (1979): A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary – Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic volcanic rocks. – In: BARKER, F. (Hrsg.): Trondhjemites, dacites and related rocks. – S. 13–121, Amsterdam (Elsevier).

FLAJS, G. & SCHÖNLAUB, H.P. (1976): Die biostratigraphische Gliederung des Altpaläozoikums am Polster bei Eisenerz (Nördliche Grauwackenzone, Österreich). – Verh. Geol. B.-A., **1976**, 257–303.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

FLOYD, P.A. & WINCHESTER, J.A. (1978): Identification and discrimination of altered and metamorphic volcanic rocks using immobile elements. – Chem. Geol., **21**, 291–306.

FRANCIS, P. (1985): Riesencalderen: Zeugen verheerender Vulkanausbrüche. – In: Vulkanismus. – S. 78–90, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg.

FRANCIS, P. & SELF, St. (1985): Der Ausbruch des Krakatau. – In: Vulkanismus. – S. 56–68, Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg.

FRISCH, W., NEUBAUER, F., BRÖCKER, M., BRÜCKMANN, W. & HAISS, N. (1987): Interpretation of geochemical data from the Caledonian basement within the Austroalpine basement complex. – In: FLÜGEL, H.W., SASSI, F.P. & GRECULA, P.: Pre-Variscan and Variscan events in the Alpine-Mediterranean Mountain belts. – S. 209–226, Alfa, Bratislava.

GREENE, R.C. (1973): Petrology of the welded tuff of Devine Canyon, southeastern Oregon. – U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, **797**, 1–26.

HAMILTON, W. (1987): Crustal extension in the Basin and Range Province, southwestern United States. – Geol. Soc. Spec. Publ., **28**, 155–176.

HAUSER, L. & FELSER, K.O. (1938): Die geologischen und petrographischen Verhältnisse im Gebiete der Kaintaleckschollen. – Jahrb. Geol. B.-A., **88**, 217–259.

HEINISCH, H. (1980): Der ordovizische „Porphyroid"-Vulkanismus der Ost- und Südalpen – Stratigraphie, Petrographie, Geochemie. – 253 S., Unveröff. Diss. Univ. München.

HEINISCH, H. (1981): Zum ordovizischen „Porphyroid"- Vulkanismus der Ost- und Südalpen – Stratigraphie, Petrographie, Geochemie. – Jahrb. Geol. B.-A., **124**, 1–109.

HEINISCH, H. & SCHMIDT, K. (1982): Zur Genese der Augengneise im Altkristallin der Ostalpen. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1982**, 211–239.

HOMANN, O. (1955): Der geologische Bau des Gebietes Bruck a.d. Mur – Stanz. – Mitt. Mus. Bergb. Geol. Joanneum, **14**, 3–46.

KRETZSCHMAR, Th. (1989): Zur Petrographie und Geochemie des Blasseneck-"Porphyroids" am Leobner (Steiermark, Österreich). – 91 S., Unveröff. Dipl. Arb. Univ. Tübingen.

LANGER, V. (1987): Stratigraphie, Petrographie und Geochemie der Norischen Decke nördlich von Kalwang. – 87 S., Unveröff. Dipl. Arb. Univ. Tübingen.

LEAT, P.T., JACKSON, S.E., THORPE, R.S. & STILMAN, C.J. (1986): Geochemistry of bimodal basalt – subalkaline/peralkaline rhyolite provinces within the southern British Caledonides. – J. Geol. Soc. London, **143**, 259–273.

LOESCHKE, J. (1977): Kaledonischer eugeosynklinaler Vulkanismus Norwegens und der Ostalpen im Vergleich mit rezentem Vulkanismus unterschiedlicher geotektonischer Positionen: Eine Arbeitshypothese. – Z. dt. geol. Ges., **128**, 185–207.

LOESCHKE, J. (1989): Lower Palaeozoic volcanism of the Eastern Alps and its geodynamic implications. – Geol. Rdsch., **78**, 599– 616.

MAHOOD, G.A. (1981): Chemical evolution of a Pleistocene rhyolitic center: Sierra la Primavera, Jalisco, México. – Contrib. Mineral. Petrol., **77**, 129–149.

MASON, B. & MOORE, C.B. (1982): Principles of geochemistry. – 350 S., New York (John Wiley).

METZ, K. (1967): Geologische Karte der Republik Österreich, 1 : 50.000, Oberzeiring – Kalwang. – Wien (Geol. B.-A.).

MIYASHIRO, A. (1978): Nature of alkalic volcanic rock series. – Contrib. Mineral. Petrol., **66**, 91–104.

NEUBAUER, F. (1985): Eine präoberordovizische Transgression in der Grauwackenzone (Ostalpen) und ihre Bedeutung für paläozoische Geodynamik und alpidischen Deckenbau. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1985**, 46–64.

NIEVOLL, J. (1983): Stratigraphische und strukturgeologische Untersuchungen in der Grauwackenzone bei Veitsch (Steiermark). – 150 S., Unveröff. Diss. Univ. Graz.

NORRISH, K. & CHAPPEL, B.W. (1977): X-ray fluorescence spectrometry. – In: Zussman, J. (Hrsg.): Physical methods in determinative mineralogy. – S. 201–277, London (Academic Press).

PEARCE, J.A. (1982): Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. – In: THORPE, R.S. (Hrsg.): Andesites. Orogenic andesites and related rocks. – S. 525–548, New York (John Wiley).

PEARCE, J.A. (1983): A "user's" guide to basalt discrimination diagrams. – 37 S., Unveröff. Ber., The Open University, Milton Keynes.

PEARCE, J.A., HARRIS, N.B. & TINDLE, A.G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. – J. Petrol., **25**, 956–983.

PUPIN, J.P. (1980): Zircon and granite petrology. – Contrib. Mineral. Petrol., **73**, 207–220.

RATSCHBACHER, L. (1984): Beitrag zur Gliederung der Veitscher Decke (Grauwackenzone) in ihrem Westabschnitt (Obersteiermark, Österreich). – Jahrb. Geol. B.-A., **127**, 423- 453.

SAWKINS, F.J. (1984): Metal deposits in relation to plate tectonics. – 325 S., Berlin (Springer).

SCHÄFFER, U. & TARKIAN, M. (1984): Die Genese der stratiformen Sulfidlagerstätte Kalwang (Steiermark), der Grünsteinserie und einer assoziierten silikatreichen Eisenformation. – Tschermaks. Min. Petr. Mitt., **33**, 169–196.

SCHÖNLAUB, H.P. (1982): Die Grauwackenzone in den Eisenerzer Alpen (Österreich). – Jahrb. Geol. B.-A., **124**, 361–423.

SCHOLZ, Chr., BARAZANGI, M. & SBAR, M. (1971): Late Cenozoic evolution of the Great Basin, Western United States, as ensialic interarc basin. – Geol. Soc. Amer. Bull., **82**, 2979–2990.

SHAW, D.M. (1972): The origin of the Apsley Gneiss, Ontario. – Can. J. Earth Sci., **9**, 18–34.

SMITH, R.L. (1979): Ash-flow magmatism. – Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, **180**, 5–27.

STRECK, M. (1989): Die Norische Decke; Eine geologische Aufnahme unter besonderer Berücksichtigung ihrer Vulkanite (Kalwang, Steiermark, Österreich). – 148 S., Unveröff. Dipl. Arb. Univ. Tübingen.

VOLL, G. (1976): Recrystallization of quartz, biotite and feldspars from Leventia Nappe, Swiss Alps and its geological significance. – Schweiz. Min. Petr. Mitt., **56**, 641–647.

WILSON, M. (1989): Igneous petrogenesis. – 466 S., London (Unwin Hyman).

WINKLER, H.G.F. (1979): Petrogenesis of metamorphic rocks. – 348 S., Berlin (Springer).

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 12. März 1990.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1990

Band/Volume: 133

Autor(en)/Author(s): Loeschke Jörg, Kretschmar Thomas, Langer Vera, Streck Martin

Artikel/Article: Zur Geologie der Norischen Decke nordwestlich von Kalwang (Eisenerzer Alpen, Steirische Grauwackenzone/Österreich) 345-363