

| | | | |
|----------------------------------|----------|----------|-----------|
| Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark | Band 117 | S. 39–48 | Graz 1987 |
|----------------------------------|----------|----------|-----------|

Aus dem Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Karl-Franzens-Universität Graz

„Fremdgesteinseinschlüsse“ im „metablastischen“ Amphibolitzug der Gleinalpe, Steiermark

Von Thilo TEICH

Mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle (im Text)

Eingelangt am 18. September 1986

Zusammenfassung: In der Steiermark, im Kristallin der Gleinalpe, südöstlich von Knittelfeld im Rachaugraben, befindet sich ein gut aufgeschlossenes „metablastisches“ Amphibolitvorkommen, welches drei verschieden zusammengesetzte Amphiboliteinschlüsse enthält. Anhand von chemischen Analysen wird gezeigt, daß es sich bei diesen Amphiboliteinschlüssen wahrscheinlich um ehemalige Alkali-Olivinbasalte, Olivin-Tholeiitbasalte und Quarz-Tholeiitbasalte handelt, die in Form von kleinen, dezimetergroßen Linsen den „metablastischen“ Amphibolitzug, der als metamorpher kalkalkalischer basischer Andesit mit hohem Kaliumgehalt aufgefaßt werden kann, durchsetzen. Unter dem Gesichtspunkt, daß die untersuchten Gesteine vulkanischen Ursprunges sind, wird die Genese des Andesites anhand der darin auftretenden Basalte diskutiert.

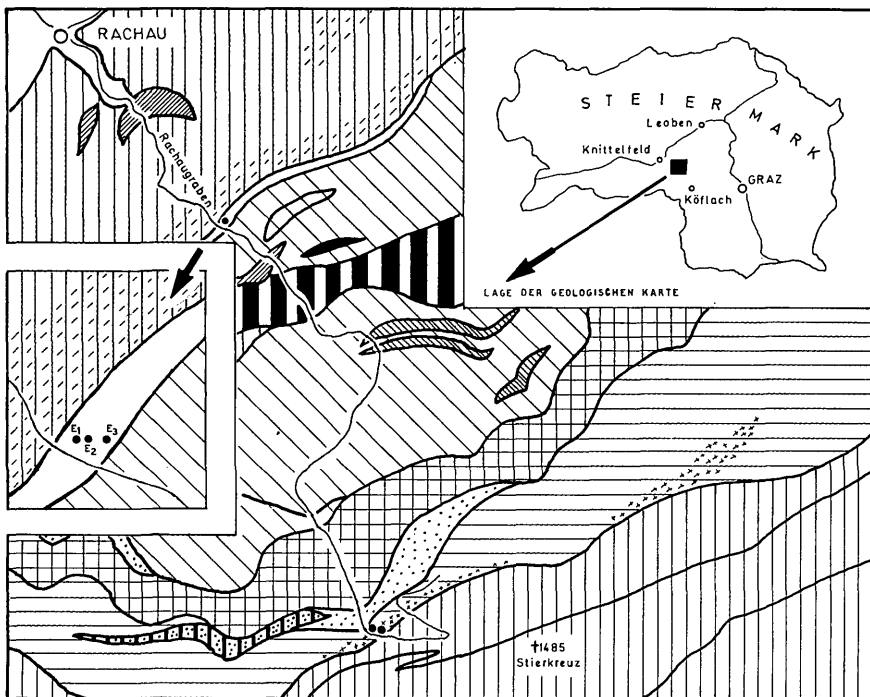
Einleitung

Im Rahmen einer Neuaufnahme des Stub- und Gleinalpengebietes (Blatt 162 Köflach, BECKER 1979) wird von SCHUMACHER 1972 der Begriff des „metablastischen“ Amphibolites eingeführt. Beim „metablastischen“ Amphibolit (vgl. dazu BECKER 1973, 1980, BECKER & SCHUMACHER 1972, SCHUMACHER 1974) handelt es sich um ein durch Hornblende und Biotit dunkelgrün gefärbtes, durch Plagioklas und Quarz grauweiß gesprenkeltes grobkörniges Gestein von dioritischem-granodioritischem Habitus. Über Geologie und Petrographie des „metablastischen“ Amphibolites geben die Arbeiten der oben angeführten Autoren Auskunft. In Anlehnung an die Untersuchungen von OKRUSCH 1963 an dioritartigen Gesteinen im südlichen Vorpessart deutet SCHUMACHER 1972, 1974 diesen Diorit-Granodiorit-Gesteinstyp als in situ Anatexit und nimmt als Ausgangsmaterial eine Wechsellagerung von metamorphen Sedimenten und Tuffen an. Die anatektische Beeinflussung des Ausgangsmaterials führt dabei zur partiellen Aufschmelzung der hellen Bestandteile, wodurch die Neubildung, sprich Metablastese der Plagioklase, bewirkt wird und zur Gesteinsbezeichnung „metablastisch“ führt. Die im Ausgangsmaterial enthaltenen metamorphen Tuffe, das heißt Amphibolite, können, wenn sie von der Plagioklasmetablastese nicht erfaßt werden, in Form von unregelmäßig begrenzten Lagen den „metablastischen“ Amphibolit durchziehen. Diesen sogenannten „unverdauten“ Amphibolitlagen bzw. „Fremdgesteinseinschlüssen“ im „metablastischen“ Amphibolitzug ist die vorliegende Untersuchung gewidmet.

AUSSCHNITT AUS DER GEOLOGISCHEN KARTE DER REPUBLIK ÖSTERREICH

nach L. P. BECKER 1979

162 KÖFLACH



LEGENDE ZUM KRISTALLIN DER GLEINALPE

| ● Entnahmepunkte der Gesteine | | GNEISKOMPLEX | VULKANOGENER KOMPLEX |
|-------------------------------|---|--------------|----------------------|
| | Glimmerschieferkomplex | | |
| | Granat-Muskovitschiefer | | |
| | Gemeiner Amphibolit, granatführender Amphibolit | | |
| | Feingebänder Amphibolit | QUARTÄR | |
| | Serpentin | | |
| | Augengneis | | |

Abb. 1: Lage der Gesteinsfundpunkte.

Der „metablastische“ Amphibolit durchzieht das Kristallin der Gleinalpe in Form eines schmalen langgestreckten Bandes. Ein gut aufgeschlossenes und von TEICH 1985, 1986a, 1987b chemisch untersuchtes „metablastisches“ Amphibolitvorkommen (vgl. Abb. 1) liegt südöstlich von Knittelfeld im Rachaugraben. Der „metablastische“ Amphibolitzug ist hier in einer Breite von etwa 30 Meter aufgeschlossen und wird aus drei verschiedenen Gesteinstypen (vgl. TEICH 1987b, mehr oder weniger richtungslos grobkörniger „metablastischer“ Amphibolit-Typ A, schwach gebänderter und leicht verfal-

teter „metablastischer“ Amphibolit-Typ B und stark gebänderter und intensiv klein verfalteter „metablastischer“ Amphibolit-Typ C) aufgebaut, die im Handstück auf Grund ihres unterschiedlichen Gefüges deutlich voneinander zu trennen sind. Dieser Umstand ist bereits SCHUMACHER 1972 aufgefallen, der darin eine unterschiedliche anatektische Beeinflussung des Ausgangsmaterials sieht. Das heißt Plagioklasmetablastese und Homogenisierung des Gesteins im Kernbereich, während im Randbereich das Ausgangsgefüge noch weitgehend erhalten geblieben ist. Diesen Vorstellungen gegenüber steht die Beobachtung, daß zwischen den einzelnen „metablastischen“ Amphibolit-Typen ein chemischer Unterschied nicht feststellbar ist. Auf Grund der einheitlich andesitisch bzw. dioritischen Zusammensetzung des „metablastischen“ Amphibolitzuges in Verbindung mit plattentektonischen Überlegungen wurde daher der „metablastische“ Amphibolit als

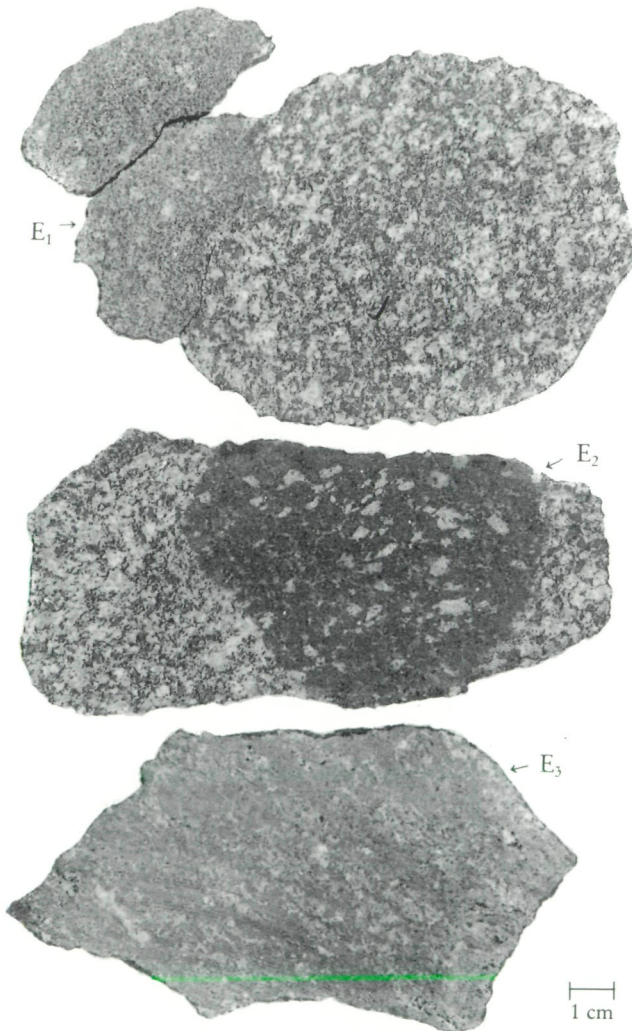


Abb. 2: Aus Handstücken herausgeschnittene Gesteinsplatten zeigen die „Fremdgesteinsinschlüsse“ E₁, E₂ und E₃ im „metablastischen“ Amphibolit der Gleinalpe, Rachaugraben.

metamorpher kalkalkalischer Andesit mit hohem Kaliumgehalt gedeutet. Durch die Metamorphose wird der Plagioklaseinsprenglinge führende Andesit unterschiedlich verformt, wodurch die einzelnen „metablastischen“ Amphibolit-Typen entstehen. Für diese Interpretation spricht auch die Tatsache, daß eine andesitische bzw. dioritische Zusammensetzung bei weitaus höheren Temperaturen und entsprechenden Drucken, die beträchtlich über der Anatexiskurve von Graniten liegt, aufgeschmolzen wird. Sollte daher der „metablastische“ Amphibolit tatsächlich anatektisch an Ort und Stelle gebildet worden sein, so müßten nämlich die angrenzenden granodioritisch und tonalitisch zusammengesetzten Gesteine (TEICH 1987a) bei diesen Druck- und Temperaturbedingungen völlig aufgeschmolzen worden sein und heute in Form von homogen zusammengesetzten Plutoniten vorliegen, was aber nicht zutrifft.

Die untersuchten Gesteine

Wie schon eingangs angeführt, wird der „metablastische“ Amphibolitzug von unregelmäßig begrenzten dezimetergroßen Amphibolitlagen durchzogen. Im Rachauer Vorkommen (vgl. Abb. 1) konnten nun drei verschiedene „Fremdgesteinseinschlüsse“ festgestellt werden, über deren Aussehen im Handstück die Abb. 2 informiert. Die Einschlüsse 1 und 2 sind dabei, wie aus der Abb. 2 hervorgeht, an den grobkörnigen „metablastischen“ Amphibolit-Typ A gebunden. Der Einschluß 3 steht über der Straße im Gerinne in Form einer kleinen Felsnase an und kann auf Grund der ungünstigen Aufschlußverhältnisse nicht eindeutig zur Umgebung orientiert werden. Unter dem Mikroskop besteht der Einschluß 1 aus Plagioklas (Oligoklas), grüner Hornblende, Biotit, Chlorit, Epidot, Klinozoisit und Hämatit, wobei Quarz fehlt. Einschluß 2 zeigt Plagioklas (Oligoklas – Andesin), grüne Hornblende, Epidot, Klinozoisit und wenig Quarz. Einschluß 3 ist zusammengesetzt aus Plagioklas (Oligoklas), grüner Hornblende, Biotit, Epidot, Klinozoisit, Granat, Kalzit, Rutil, Titanit, Erz und reichlich Quarz.

Generell ist festzustellen, daß der Quarz ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal darstellt.

Die chemischen Analysen der „Fremdgesteinseinschlüsse“ des „metablastischen“ Amphibolitzuges sind in Tab. 1 ausgewiesen und belegen grundsätzlich eine gabbroide bzw. basaltische chemische Zusammensetzung.

Setzt man voraus, daß es sich beim „metablastischen“ Amphibolit um einen ehemaligen Andesit handelt, so kann man die Einschlüsse als Überreste jenes basaltischen Stammagmas auffassen, woraus der Andesit durch Differentiation hervorgegangen ist. Unter diesem Gesichtspunkt kann das Basalttetraeder (Abb. 4) von YODER & TILLEY 1962 zur Klassifikation der Einschlüsse herangezogen werden. Wie dazu die in Tab. 1 angeführten Normzusammensetzungen zeigen, kann man den Einschluß 1 als ehemaligen Alkali-Olivinbasalt mit normativem Nephelin und Olivin, den Einschluß 2 als ehemaligen Olivin-Tholeiitbasalt mit normativem Hypersthen und Olivin und den Einschluß 3 als ehemaligen Quarz-Tholeiitbasalt mit normativem Quarz identifizieren. Entsprechend der oben angeführten Argumentation kann man die siliziumgesättigten bzw. -übersättigten tholeiitischen Einschlüsse 2 und 3 als frühe Andesitdifferentiate bei entsprechend höheren Drucken deuten, nicht aber den siliziumuntersättigten alkali-basaltischen Einschluß 1, der durch eine Temperaturbarriere bei niederen Drucken (vgl. z. B. YODER & TILLEY 1962 oder RINGWOOD 1975) von den Tholeiiten getrennt ist. Unter dem Blickwinkel, daß es sich bei den Einschlüssen um Umgebungsgesteine handelt, sind daher die Untersuchungen auf die Amphibolite der näheren Umgebung ausgedehnt worden. Es wird daher in weiterer Folge über den gemeinen Amphibolit und granatführenden

Tab. 1: Chemische Zusammensetzungen und C.I.P.W.-Normen der untersuchten Gesteine.
Analytiker: T. TEICH.

| | „Fremdgesteinseinschlüsse“ E ₁ , E ₂ und E ₃ im „metablastischen“ Amphibolit-zug der Gleinalpe, Rachaugraben | | | Gemeiner Amphibolit Gleinalpe, westlich Stierkreuz | Granatführender Amphibolit, Gleinalpe, westlich Stierkreuz | |
|--------------------------------|---|----------------|----------------|--|--|------|
| | E ₁ | E ₂ | E ₃ | a | b | |
| SiO ₂ | 47,68 | 47,88 | 51,18 | 47,79 | 49,18 | |
| TiO ₂ | 1,36 | 1,00 | 2,06 | 1,15 | 2,99 | |
| Al ₂ O ₃ | 19,22 | 12,76 | 12,79 | 16,10 | 12,78 | |
| Fe ₂ O ₃ | 4,24 | 5,10 | 3,63 | 3,02 | 6,45 | |
| FeO | 5,43 | 7,58 | 9,20 | 7,59 | 10,02 | |
| MnO | 0,15 | 0,29 | 0,20 | 0,16 | 0,23 | |
| MgO | 5,21 | 9,82 | 5,87 | 8,79 | 4,57 | |
| CaO | 7,45 | 10,05 | 8,79 | 9,92 | 8,92 | |
| Na ₂ O | 3,71 | 2,07 | 2,81 | 3,20 | 2,64 | |
| K ₂ O | 2,75 | 0,91 | 0,55 | 0,72 | 0,38 | |
| P ₂ O ₅ | 0,70 | 0,72 | 0,35 | 0,15 | 0,42 | |
| H ₂ O ⁺ | 1,89 | 2,55 | 2,52 | 1,96 | 1,54 | |
| H ₂ O ⁻ | 0,47 | 0,16 | 0,07 | 0,16 | 0,17 | |
| Σ Gew.-% | 100,26 | 100,89 | 100,02 | 100,71 | 100,29 | |
| Qu | - | - | 5,68 | - | 7,98 | |
| Or | 16,26 | 5,40 | 3,23 | 4,24 | 2,23 | |
| Ab | 25,22 | 17,52 | 23,76 | 25,06 | 22,34 | |
| An | 27,66 | 22,81 | 20,68 | 27,45 | 21,90 | |
| Ne | 3,55 | - | - | 1,09 | - | |
| Di { | Wo | 1,98 | 9,32 | 8,60 | 8,66 | 3,38 |
| | En | 1,35 | 6,35 | 4,75 | 5,57 | 4,50 |
| | Fs | 0,48 | 2,23 | 3,54 | 2,51 | 3,38 |
| Hy { | En | - | 15,77 | 9,87 | - | 6,88 |
| | Fs | - | 5,55 | 7,33 | - | 5,18 |
| Ol { | Fo | 8,15 | 1,63 | - | 11,43 | - |
| | Fa | 3,11 | 0,64 | - | 5,66 | - |
| Mt | 6,15 | 7,39 | 5,26 | 4,38 | 9,35 | |
| Il | 2,58 | 1,90 | 3,91 | 2,18 | 5,68 | |
| Ap | 1,61 | 1,67 | 0,82 | 0,36 | 0,98 | |

Amphibolit der Gleinalpe kurz berichtet werden. Die Entnahmepunkte der Gesteine sind aus Abb. 1 ersichtlich. Über das Aussehen der Gesteine im Handstück gibt die Abb. 3 Auskunft. Da beide Gesteine und deren Mineralbestände in den eingangs zitierten Arbeiten von BECKER & SCHUMACHER bereits ausführlich beschrieben worden sind, genügt an dieser Stelle eine Kurzfassung. Im Dünnschliff besteht der gemeine Amphibolit aus Plagioklas (Oligoklas - Andesin), grüner Hornblende, Biotit, Chlorit, Epidot, Klinozoisit, Rutil, Titanit, Erz und wenig Quarz bzw. der granatführende Amphibolit enthält Plagioklas (Oligoklas), grüne Hornblende, Granat, Epidot, Klinozoisit, Erz und reichlich Quarz. Anhand der chemischen Analysen und der daraus berechneten normativen Mineralbestände (vgl. Tab. 1) handelt es sich beim gemeinen Amphibolit um einen ehemaligen Olivin-Tholeiitbasalt mit normativem Hypersthen und Olivin, bzw. der



Abb. 3: Aus Handstücken herausgeschnittene Gesteinsplatten zeigen:
a Gemeiner Amphibolit der Gleinalpe, westlich Stierkreuz
b Granatführender Amphibolit der Gleinalpe, westlich Stierkreuz.

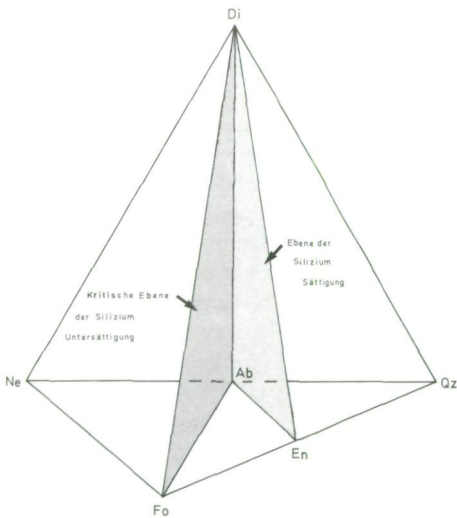


Abb. 4: Vereinfachtes, eisenfreies System („Basalttetraeder“): Diopsid (Di) – Forsterit (Fo) – Nephelin (Ne) – Albit (Ab) – Quarz (Qz) – Enstatit (En) nach YODER & TILLEY 1962.

granatführende Amphibolit kann als ehemaliger Quarz-Tholeiitbasalt mit normativem Quarz identifiziert werden.

Kurz zusammengefaßt kann festgestellt werden, daß der gemeine Amphibolit mit dem Einschluß 2 des „metablastischen“ Amphibolites und der granatführende Amphibolit mit dem Einschluß 3 des „metablastischen“ Amphibolitzuges in Verbindung gebracht werden kann, wobei nach dem derzeitigen Untersuchungsstand ein mit dem Einschluß 1 des „metablastischen“ Amphibolites vergleichbares Gestein in diesem Gebiet nicht nachweisbar ist. Sehr deutlich kommt dies zum Ausdruck, wenn man die chemischen Werte der untersuchten Gesteine in das Diagramm (Abb. 5) für Vulkanite nach PECCERILLO & TAYLOR 1976 einträgt. Hervorzuheben dabei ist, daß der granatführende Amphibolit und der Einschluß 3 des „metablastischen“ Amphibolites als metamorphe kalkalkalische low-K-Tholeiite deutbar sind, die mit anderen Gesteinen der Gleinalpe (vgl. TEICH 1986b und 1987a) eventuell in Verbindung gebracht werden können.

Zusammenfassung

Für die Deutung des „metablastischen“ Amphibolitzuges und der darin ohne sichtbare Kontaktwirkung enthaltenen Amphiboliteinschlüsse liegt nun die Überlegung zugrunde, daß aus einem basaltischen Stammagma durch fraktionierte Kristallisation ein Andesitmagma entsteht, wobei das Andesitmagma bereits verfestigte Anteile des Stammagmas mit sich führt, die auf Grund des Fraktionierungsprozesses von der Andesitschmelze nicht mehr eingeschmolzen werden können.

Wie aus der vorliegenden Untersuchung hervorgeht, kann man die Gesteinseinschlüsse des metamorphen kalkalkalischen, basischen Andesitmagmas, der sich durch seinen hohen Kaliumgehalt auszeichnet, als metamorphe Alkali-Olivinbasalte, Olivin-Tholeiitbasalte und Quarz-Tholeiitbasalte auffassen. Für die Herkunft der Magmen (RINGWOOD 1975) bedeutet dies, daß die Basalte aus verschiedenen Tiefen des oberen Erdmantels stammen. Die drei verschieden zusammengesetzten Basaltmagmen können auf Grund der Temperaturbarrieren (YODER & TILLEY 1962) bei niederen Drucken durch fraktionierte Kristallisation nicht voneinander abgeleitet werden, bzw. sie sind selbst die Ausgangszusammensetzungen für die Entstehung der kalkalkalischen und alkalischen Restschmelzen. Andererseits werden die Temperaturbarrieren bei höheren Drucken (RINGWOOD 1975) verschoben, so daß die Olivin-Tholeiitbasalt- und Quarz-Tholeiitbasalt-Einschlüsse als Überreste eines aufsteigenden kalkalkalischen Stammagmas aufgefaßt werden können. Schwierig zu deuten dabei ist der Alkali-Olivinbasalt-Einschluß, da ein siliziumuntersättigtes Alkali-Olivinbasaltmagma, wie die experimentellen Untersuchungen (RINGWOOD 1975) zeigen, bei fraktionierter Kristallisation die bekannten tephritischen-basanitischen, nephelinitischen und phonolithischen Restschmelzen liefert. Ebenso ist aber auch aus der Naturbeobachtung bekannt, daß zum Beispiel die Hawaii-Schildvulkane (MACDONALD & KATSURA 1964) hintereinander Quarz-Tholeiitbasalte, Olivin-Tholeiitbasalte und Alkali-Olivinbasalte fördern. Oder als weiteres Beispiel kann der Vulkanismus der Inselbögen angeführt werden, wo mit zunehmender Krustenverdickung unterhalb der Inselbögen (MIYASHIRO 1974, KUNO 1960) die tholeiitischen und kalkalkalischen Gesteinsabfolgen in zunehmendem Ausmaß von alkalischen Vulkanitabfolgen begleitet werden. Dies bedeutet, daß das Hauptproblem für die Genese der verschiedenen Basalte, insbesondere aber für deren Differentiationsprodukte, darin besteht, daß die Herkunft bzw. die Zufuhr der großen dazu notwendigen Alkalimengen (vgl. dazu z. B.: MIYASHIRO 1974 oder RITTMANN 1981) nach wie vor umstritten ist.

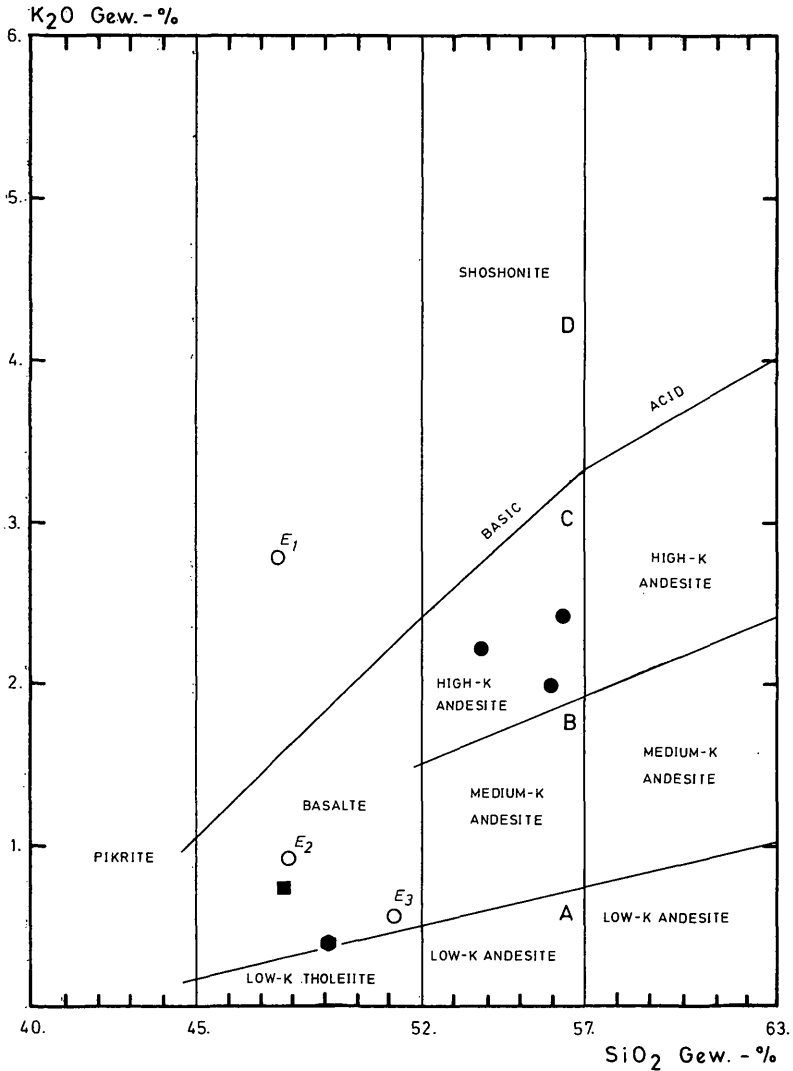


Abb. 5: Diagramm $SiO_2 - K_2O$ in Gewichtsprozenten für Vulkanite nach PECCERILLO & TAYLOR 1976.

Nomenklatorisch bedeutet: A low-K-kalkalkalische (Inselbogentholeiitische), B medium-K-kalkalkalische, C high-K-kalkalkalische, D shoshonitische Reihe. Ferner wird zwischen basischen (basic) Andesiten und sauren (acid) Andesiten unterschieden. Auf chemischer Grundlage mit entsprechenden Signaturen versehen eingetragen sind:

„Fremdgesteinseinschlüsse“ E_1 , E_2 und E_3 im „metablastischen“ Amphibolit der Gleinalpe, Rachaugraben – grau ausgefüllte Kreise;

3 „metablastische“ Amphibolit-Typen der Gleinalpe (TEICH 1985, 1986a und 1987b) – schwarz ausgefüllte Kreise;

Gemeiner Amphibolit der Gleinalpe, westlich Stierkreuz – schwarz ausgefülltes Quadrat; granatführender Amphibolit der Gleinalpe, westlich Stierkreuz – schwarz ausgefülltes Sechseck.

Für die vorliegende Untersuchung in Verbindung mit Abb. 5 könnte man sich jedenfalls vorstellen, daß die Kaliumzufuhr über den Alkali-Olivinbasalt erfolgt ist. Der Alkali-Olivinbasalt ist also für den hohen Kaliumgehalt des Andesites verantwortlich. Dabei ist der Mechanismus eines solchen Geschehens unbekannt und widerspricht auch den experimentellen Erfahrungen. Andererseits kann es sich beim kaliumreichen Einschluß 1 des „metablastischen“ Amphibolites keineswegs um einen Sonderfall handeln, da ein chemisch untersuchter „basischer Fisch“ bzw. Diorit im Tonalit von Eisenkappel in Kärnten die chemische Zusammensetzung eines siliziumgesättigten Gabbros ($\text{SiO}_2 = 47,47$ Gew.-%) mit normativem Hypersthen und Olivin aufweist, wobei besonders der hohe Kaliumgehalt, gegeben mit $\text{K}_2\text{O} = 3,23$ Gew.-%, hervorsticht. Abschließend kann man für den „metablastischen“ Amphibolit auch noch folgende Deutungsmöglichkeit in Erwägung ziehen, daß eine aus den verschiedenen Basalten zusammengesetzte „verdickte ozeanische Kruste“, etwa vom „Typus Hawaii“, in einer Subduktionszone verengt und anatektisch aufgeschmolzen wird, wodurch ein bewegliches kaliumbetontes dioritisches bzw. andesitisches Magma entsteht.

Dank

Zur Ausführung dieser Arbeit standen mir die Mittel und Einrichtungen des Institutes für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Karl-Franzens-Universität Graz, Vorstand Univ.-Prof. Dr. E. M. WALITZI, zu Verfügung.

Literatur

- BECKER, L. P. (1973): Beiträge zur Gesteinskunde des Stub-/Gleinalpenzuges, Steiermark I. – Min. Mitt. Joanneum, 1: 51–81, Graz 1973.
- BECKER, L. P. (1979): Geologische Karte der Republik Österreich, 1: 50.000, Blatt 162, Köflach (mit Erläuterungen). – Geol. B.-A., Wien 1979.
- BECKER, L. P. (1980): Erläuterungen zur Geologischen Karte, Blatt 162, Köflach. – Geol. B.-A., 57 S., Wien 1980.
- BECKER, L. P. & SCHUMACHER, R. (1972): Metamorphose und Tektonik in dem Gebiet zwischen Stub- und Gleinalpe, Steiermark. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 65: 1–31, Wien 1973.
- KUNO, H. (1960): High-alumina Basalt. – J. Petrol., 1: 121–145, Oxford 1960.
- MACDONALD, G. A. & KATSURA, T. (1964): Chemical Composition of Hawaiian Lavas. – J. Petrol., 5: 82–133, Oxford 1964.
- MIYASHIRO, A. (1974): Volcanic Rock Series in Island Arcs and Active Continental Margins. – Amer. J. Sc., 274: 321–355, New Haven/Connecticut 1974.
- OKRUSCH, M. (1963): Bestandsaufnahme und Deutung dioritartiger Gesteine im südlichen Vorpessart. – Geol. Bavarica, 51, 107 S., München 1963.
- PECCERILLO, A. & TAYLOR, S. R. (1976): Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. – Contrib. Mineral. Petrol., 58: 63–81. Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York 1976.
- RINGWOOD, A. E. (1975): Composition and Petrology of the Earth's Mantle. – Mac Graw-Hill, New York 1975.
- RITTMANN, A. (1981): Vulkane und ihre Tätigkeit. – 3. Aufl., 399 S., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1981.
- SCHUMACHER, R. (1972): Die Geologie des Südwest-Randes des Gleinalm-Massivs. – Diss. Univ. Graz, 181 S., Graz 1972.
- SCHUMACHER, R. (1974): Beiträge zur Gesteinskunde des Stub-/Gleinalpenzuges, Steiermark II. – Min. Mitt. Joanneum, 41, 12–36, Graz 1974.

- TEICH, T. (1985): Genetische Überlegungen zum metablastischen Amphibolit der Gleinalpe und Dioritporphyrit der Hochalpe in der Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **115**: 37–45, Graz 1985.
- TEICH, T. (1986a): Chemische Untersuchungen an Amphiboliten der Glein- und Stubalpe, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **116**: 63–70, Graz 1986.
- TEICH, T. (1986b): „Gesteinsassoziationen“ im Stub- und Gleinalpengebiet. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **116**: 71–77, Graz 1986.
- TEICH, T. (1987a): Chemische Untersuchungen am gebänderten Plagioklasgneis und Bänderamphibolit (feingebändert) der Gleinalpe, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **117**: 49–55, Graz 1987.
- TEICH, T. (1987b): Die „metablastischen“ Amphibolit-Typen im Rachaugraben der Gleinalpe, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, **117**: 35–38, Graz 1987.
- YODER, H. S. & TILLEY, C. E. (1962): Origin of Basalt Magmas: An Experimental Study of Natural and Synthetic Rock Systems. – J. Petrol., **3**: 342–532, Oxford 1962.

Anschrift des Verfassers: Dr. Thilo TEICH, Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Karl-Franzens-Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Österreich.