

EINIGE BEMERKUNGEN ZUR GEOCHEMIE DER MAGMATITE DES SAAR-NAHE-PFALZ-GEBIETES

VON

Dieter JUNG und Roland VINX
Hamburg

Nicolas THÉOBALD zur Vollendung des 70. Lebensjahres

Résumé : Description de la distribution des principaux éléments chimiques dans 165 analyses des roches volcaniques permienes de la région Saar-Nahe-Pfalz. La série est calcoalcaline avec des teneurs en potassium légèrement augmentés. Dans la série existent deux tendances de différenciation dont l'une mène à une forte augmentation du potassium tandis que l'autre favorise le sodium. Une analyse de la variation du rapport K_2O/SiO_2 à travers la région d'étude montre une augmentation de ce rapport du nord-ouest vers le sud-est.

A. Einleitung

Das Land zwischen der mittleren Saar und dem Rhein war an der Wende vom Autunien zum Saxonien Schauplatz eines kurzen aber heftigen Vulkanismus. Nach LEUTWEIN (1972) liegt die Grenze Autunien/Saxonien im kontinentalen Perm unseres Gebietes bei 240 ± 5 ma. Die vulkanische Tätigkeit beginnt im oberen Teil der Tholeyer Gruppe (= Oberstes Autunien), erreicht ihr Maximum in der Grenzlagergruppe (= Unteres Saxonien) und erlischt im unteren Teil der Waderner Gruppe (= Mittl. Saxonien) (FALKE, 1954).

Die geologische Grossstruktur, in der sich der Vulkanismus ansiedelte, ist der Saar-Saale-Trog. Unser Gebiet ist sein südwestlichster Teil; es liegt zwischen dem Rheinischen Schiefergebirge im NW und dem Vogesenkristallin im SE.

Im NW-Teil des Vulkangebietes, in der Nahe- und in der Prims-Mulde, sowie an seinem südöstlichen Rand gegen die Triasüberdeckung treten Lavadecken (bis zu 800 m im « Grenzlager » bei Idar-Oberstein) und Tuffe auf. Im Zentralteil, dem Pfälzer Sattel

und seinen beiden Flanken, sowie an einer Aufsattelung zwischen der Nahe- und der Primsmulde stecken dagegen eine Unzahl von Intrusionen (Gänge, Lagergänge, Stöcke), deren Intrusionsteufe höchstens um 1 000 m betragen hat. Die meisten von ihnen erstarrten unter einem dünneren Dach.

In der stratigraphischen Abfolge haben die Extrusiva ihren Platz über den Schichten der Tholeyer Gruppe, die jüngsten Glieder sind der Waderner Gruppe eingeschaltet. Die Intrusiva besetzen, mit örtlich wechselnder Häufigkeit, die gesamte Schichtfolge vom Oberen Karbon bis zum Top der Grenzlagergruppe.

Im heutigen Erosionsniveau stehen rund 605 km² Magmatite an. Die einzelnen Gesteinsgruppen haben daran etwa folgende Anteile:

Rhyolite	102	km ²
Dacite	16,5	km ²
Andesite	308	km ²
Basalte	153	km ²
Kuselite	25	km ²
Andere	1	km ²

In diesen Angaben nicht enthalten ist der Anteil der bis heute nur sehr unvollkommen bekannten, weil nur in Relikten erhaltenen Pyroklastite. Es mehren sich in den letzten Jahren Beobachtungen, dass ursprünglich der Anteil der Lockerprodukte höher war, als bisher vermutet wurde (ATZBACH u. SCHWAB, 1971; LORENZ, 1971). Angaben zum Explosivitätsindex sind aber z. Zt. noch nicht möglich.

B. Nomenklatur der Vulkanite

Vom Anfang der geologischen Bearbeitung am Ende des vorigen Jahrhunderts an verhinderte die politische Teilung des Gebietes in einen preussischen, einen bayrischen und einen hessischen Anteil die Entwicklung einer einheitlichen Nomenklatur, die sich an den gleichen Kriterien für die Namengebung orientiert (s. dazu TRÖGER, 1954). Dem permischen Alter der Vulkanite entsprechend, leiten sich die meisten der von den früheren Bearbeitern gewählten Gesteinsbezeichnungen von der damals in Deutschland gebräuchlichen Nomenklatur für Paläovulkanite ab. Erst in jüngster Zeit kommen die neovulkanischen Namen konsequent in Gebrauch.

Neben den international üblichen Bezeichnungen, wie Andesit und Basalt bzw. Porphyrit und Melaphyr, gibt es noch einige Gesteinsnamen, die an Typusvorkommen des Saar-Nahe-Pfalz-Gebietes definiert wurden. Es sind dies Tholeyit, Palatinit, Navit, Kuselit, Weiselbergit und Rhenopalit. Davon ist der Navit ein Effusivgestein, die übrigen sind subvulkanische Intrusivgesteine. In einem an chemischen Kriterien orientierten System können sie, mit Ausnahme vielleicht des Kuselits (s. weiter unten), auch in Gruppen mit überregional gültigen Namen eingeordnet werden. Dann entsprechen sich :

Rhenopalit	= Aplit
Weiselbergit	= Dacit (bis Rhyodacit)
Tholeyit	= (Latit-) Andesit
Palatinit	= Andesit
Navit	= Al-reicher Basalt

C. Beziehungen zwischen den Hauptelementen

Die Beziehungen zwischen den Hauptelementen der Saar-Nahe-Pfalz-Vulkanite werden in folgenden anhand von 6 Diagrammen erläutert. Zu ihrer Konstruktion wurden von den zur Verfügung

stehenden rd. 280 Vollanalysen 165 verwendet. Ausgeschlossen wurden alle Analysen, bei denen die Summe $H_2O + CO_2$, eventuell auch SO_3 , grösser als 3 % ist. Damit wurde der grösste Teil aller pneumatolytisch-hydrothermal veränderten Gesteine einschliesslich aller Kuselite eliminiert. Von den verbleibenden Gesteinen haben 140 Summen von $H_2O + CO_2$ kleiner als 2 %. Die Analysen wurden nicht wasserfrei gerechnet, da Stichproben zeigten, dass das allgemeine Verteilungsbild in den Diagrammen dadurch nicht wesentlich verändert wird.

Die Rhyolithe wurden alle als « Intrusivgesteine » dargestellt, obwohl feststeht, dass ein Teil davon ausgeflossen ist. Für die meisten Rhyolithanalysen konnte aber nicht entschieden werden, ob es sich jeweils um eine intrusive oder effusive Form handelt. Daher wurde bei ihnen auf die Unterscheidung intrusiv-effusiv verzichtet.

Allen Diagrammen ist gemeinsam, dass es keinen Unterschied zwischen den Verteilungsbildern der Intrusivgesteine und denen der Effusivgesteine gibt.

1) K_2O/SiO_2

Das Verhältnis von Kalium zu Kieselsäure hat sich in vielen känozoischen Vulkangebieten als signifikantes Beschreibungsmerkmal bewährt (s. z. B. DICKINSON, 1968; TAYLOR, 1969; NINKOVICH u. HAYS, 1972). Die Unterteilung in Abb. 1 folgt einem Vorschlag von TAYLOR (1969).

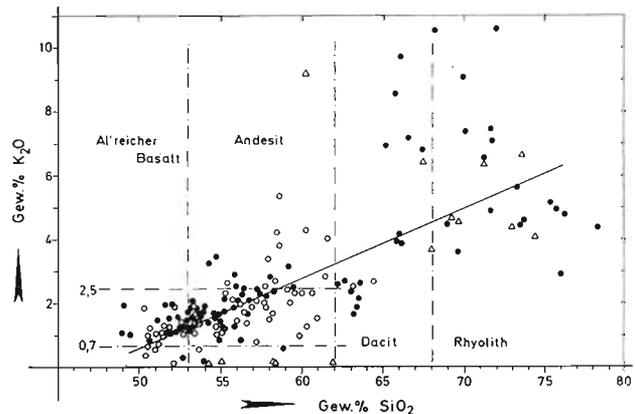


ABB. 1 : K_2O/SiO_2

Punkte = Intrusivgesteine ; Kreise = Effusivgesteine ;
Dreiecke = Aplite.

Dargestellt sind nur Analysen mit $H_2O + CO_2 < 3\%$.
Die Feldereinteilung bei $SiO_2 = 53\%$, 62% und 68%
sowie bei $K_2O = 0,7\%$ und $2,5\%$ nach TAYLOR (1969).

Der SiO_2 -Variationsbereich von 49-79 Gew % ist, wenn auch mit variabler Dichte, vollständig besetzt. Eine Häufung gibt es zwischen $\text{SiO}_2 = 51$ und 55 % im Grenzbereich Al-reicher Basalt/ SiO_2 -armer Andesit (= SiO_2 kleiner als 56 %). K'arme Andesite (= K_2O kleiner als 0,7 %) gibt es fast keine, dagegen erscheinen aber bei allen SiO_2 -Werten der Andesite Vertreter mit K_2O grösser als 2,5 % (= K-reiche Andesite). Im ganzen SiO_2 -Variationsbereich liegen die mittleren K_2O -Gehalte über den von TAYLOR (1969) mitgeteilten Durchschnittswerten für zirkumpazifische Vulkanite.

$\text{SiO}_2 \backslash \text{K}_2\text{O}$	51,7	54,9	59,5	65,1	73,3
Zirkumpazifisch	0,4	1,1	1,6	2,5	3,39
Saar-Nahe-Pfalz	~1,0	~1,5	~2,6	~3,5	~6,0

Bei den Daciten und Rhyolithen variieren die K_2O -Gehalte mit einem Faktor 3,5.

Die fünf fast K-freien Aplite werden weiter unten besprochen.

2) $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$

Diese Beziehung wird häufig zur Beschreibung des Sippen- oder Seriencharakters einer magmatischen Region benutzt. Von den zahlreichen Vorschlägen zur Trennung der Kalk-Alkali-Serie von der Alkali-Serie werden in Abb. 2 die von RITTMANN (1960), KUNO (1966) und IRVINE u. BARAGAR (1971) übernommen. Nach dem Vorschlag von KUNO kommen viele Analysen unseres Gebietes in das Feld der Alkaligesteine zu liegen. Mit Ausnahme von einigen Apliten gibt es aber im Saar-Nahe-Pfalz-Gebiet keine Gesteine, bei denen in der CIPW-Norm Nephelin erscheint. Auch die Mineralbestände geben keinen Hinweis auf einen Alkali-Charakter (z. B. keine Titanaugite u.ä.).

Die Linien nach RITTMANN und IRVINE u. BARAGAR liegen bei höheren Alk/ SiO_2 -Verhältnissen. Der Serienindex $\sigma = 4$ nach RITTMANN deckt sich fast genau mit dem Vorschlag von IRVINE u. BARAGAR. Im RITTMANN'schen System ist $\sigma = 4$ die Grenze zwischen der pazifischen (= kalkalkalischen, $\sigma < 4$) und der atlantischen bzw. mediterranen (= alka-

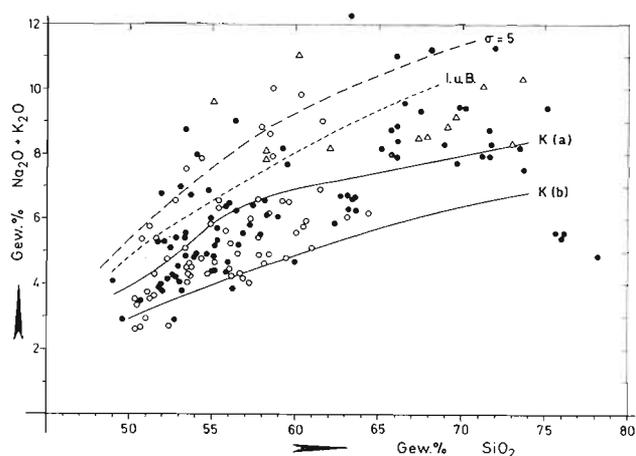


ABB. 2 : $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})/\text{SiO}_2$

Gleiche Zeichen wie in Abb. 1; K(a) = Grenze zwischen «alkali-series» und «high-alumina basalt series»; K(b) = Grenze zwischen «high-alumina basalt series» und «tholeiitic series», beide nach KUNO (1966); I. u. B. = Grenzlinie zwischen «alkaline suites» und «calc-alkaline suites» n. IRVINE u. BARAGAR (1971); sie entspricht $\sigma = 4$ von RITTMANN (1960).

$\sigma = 5$ ist der RITTMANN'sche Serienindex 5; er ist die oberste Grenze einer Übergangszone zwischen kalkalkalischen und alkalischen Serien.

lischen, $\sigma > 4$) Serie, während $\sigma = 5$ die oberste Grenze einer Übergangszone zwischen beiden Serien darstellt.

Nach dieser Definition hat die Hauptmasse der Analysen unseres Gebietes einen deutlichen Kalk-Alkali-Charakter. Daneben gibt es aber im intermediären SiO_2 -Bereich eine Anzahl von Analysen, die — ohne im petrographischen Sinne Alkaligesteine zu sein — eine merkliche Erhöhung ihrer Alkaligehalte zeigen.

3) A F M

In diesem Dreieck (Abb. 3) werden die Beziehungen zwischen Alkalien, Gesamteisen und Magnesium dargestellt. Die gestrichelte Kurve trennt nach einem Vorschlag von IRVINE u. BARAGAR (1971) tholeiitische Serien, die in ihren basischen Anteilen starke Fe-Anreicherungen aufweisen (z. B. Hawaii, Skaergaard) von kalkalkalischen Serien, die diese Anreicherung, zumindest in ihren intermediären und sauren Gliedern, nicht zeigen.

Wenn auch in unserem Gebiet die Typuslokalität des «Tholeyits» liegt, so ist die Vulkanitserie dennoch keine «tholeiitische». Von einer merk-

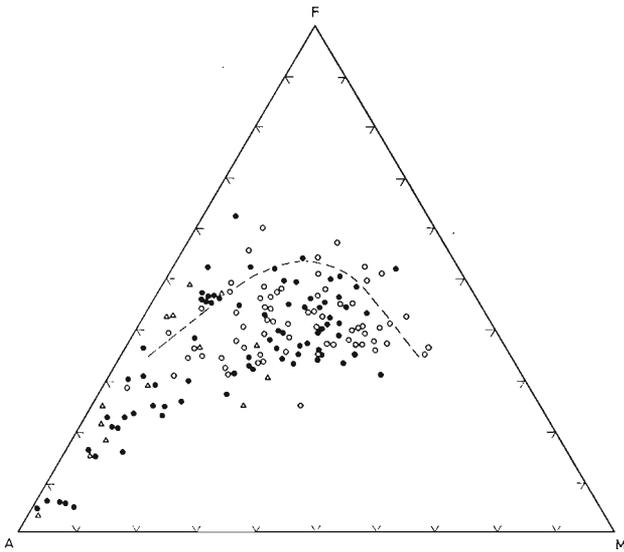


ABB. 3 : A F M

Gleiche Zeichen wie Abb. 1 ; gestrichelte Kurve = Trennlinie zwischen « thoeitic suites » und « calc-alkaline suites » n. IRVINE u. BARAGAR (1971).

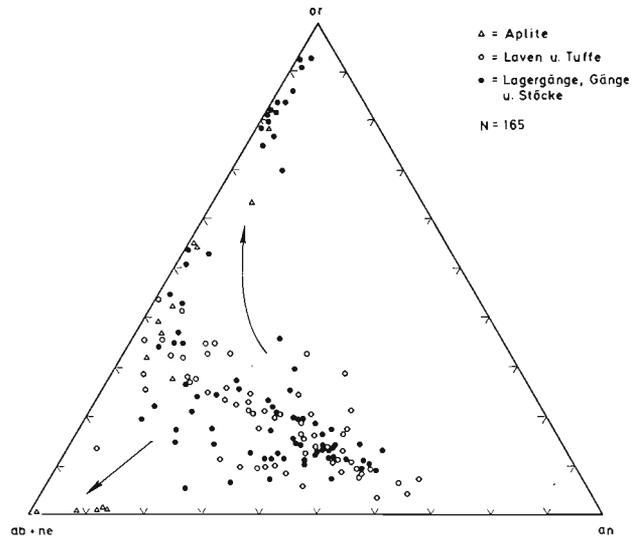


ABB. 4 : or — (ab + ne) — an

Gleiche Zeichen wie Abb. 1 ; zur Darstellung kommen die normativen Gehalte an Orthoklas, Albit+Nephelin und Anorthit (CIPW-Norm) in Gew %.

lichen Fe-Anreicherung kann keine Rede sein. Die Gesamtserie zeigt eher, trotz der grossen Streuung im mittl. Teil, einen schwach abnehmenden Fe- und stark abnehmenden Mg-Gehalt. Allenfalls bleibt das Eisen, bei abnehmendem Mg, annähernd konstant. Eine ähnliche Tendenz wurde schon früher für einen einzelnen Gesteinskörper (Schaumberg ; JUNG, 1968) nachgewiesen.

4) or — (ab + ne) — an

Gegenüber der häufigen Darstellung von K_2O-Na_2O-CaO wird diese Form bevorzugt. Zur Projektion kommen in Abb. 4 die normativen Gehalte von Orthoklas, Albit+Nephelin und Anorthit. Das Verhältnis der Alkalien zueinander bleibt in dieser Darstellung unverändert, während vom Ca nur der Teil in das Diagramm eingeht, der « feldspatisierbar » ist.

Auffällig ist in diesem Diagramm die Tendenz zur Aufspaltung der Differentiationsrichtung. In der einen Richtung führt eine Entwicklungslinie aus dem Mittelteil des Feldes zu Gesteinen, in deren Norm fast nur Orthoklas auftritt. Ob die Lücke zwischen 55 und 70 % Orthoklasanteil am normativen Feldspat real ist, oder ob dort nur Beobachtungen fehlen, ist ungewiss. In der anderen Richtung finden wir Gesteine mit überwiegendem Albitanteil. Ihre ex-

tremen Vertreter sind Aplite, die normativ Nephelin und modal Ägirinaugit führen.

Beide Differentiationsrichtungen sind, jeweils für sich, in einzelnen Gesteinskörpern vorhanden. In Abb 5 vertritt der « Tholey-Trend » die Tendenz zur Orthoklas-Anreicherung. Die dargestellten Proben stammen alle aus dem Lagergang des Schaumberges bei Tholey (der Typlokalität des Tholeyits), der infolge einer gravitativen Kristallisationsdifferentiation mineralogisch und chemisch stark heterogen zusammengesetzt ist (JUNG, 1958). In der Abb. nicht vorhanden ist der darstellende Punkt für einen Plagioplit aus dem Schaumberg der mit 78 % Ortho-

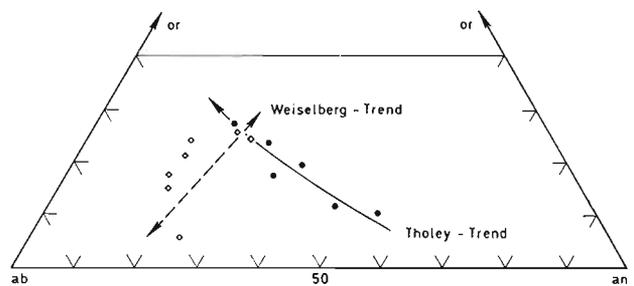


ABB. 5 : or — ab — an für zwei ausgewählte Gesteinskörper Punkte = Lagergang des Schaumberg bei Tholey ; Vierecke = Stock des Weiselberg bei Oberkirchen.

klasanteil die Kaliumanreicherung in diesem Trend krönt.

Die Tendenz zur Albit-Anreicherung ist im « Weiselberg-Trend » sichtbar. Alle Proben stammen vom Weiselberg bei Oberkirchen, einer stockförmigen Intrusion mit steilen Kontakten zum Nebengestein. Die Entwicklung des Orthoklas/Albit-Verhältnisses zugunsten des Albits ist nicht zu übersehen.

D. Kuselite

Die Kuselite, benannt nach der Kreisstadt Kusel in der westlichen Pfalz, sind die merkwürdigsten Gesteine des Saar-Nahe-Pfalz-Gebietes. In die obige Betrachtung sind sie nicht mit eingegangen, weil ihre mineralogische Zusammensetzung und die Verteilung der chemischen Elemente innerhalb der einzelnen Gesteinskörper nach der Ortsstellung tiefgreifende Veränderungen erlitten haben, die sie aus der Reihe

der normal differenzierten Gesteine herausheben (LEPPLA 1882, SCHUSTER u. SCHWAGER 1910, KOCH 1938, TRÖGER 1954, VETTER u. JUNG 1971).

In allen Fällen sind die Kuselite Intrusivgesteine. Effusiväquivalente fehlen völlig. Immer ist der primäre Mineralbestand « basischer Plagioklas + Pyroxen » ersetzt durch die Paragenese « saurer Plagioklas + Chlorit + Karbonat ». In den Kuseliten s. str. ist diese Umwandlung vollständig abgelaufen, das Karbonat, und mit ihm Calcium, ist häufig in die Nähe der Salbänder abgewandert. In anderen Intrusivgesteinen (Tholeyiten, Palatiniten) treten kuselitähnliche Umwandlungserscheinungen mit geringer Intensität und unregelmässiger Verteilung ebenfalls auf.

Chemisch sind die Kuselite charakterisiert durch ihren hohen Gehalt an H₂O und CO₂ : zusammen können bis zu 9 Gew % auftreten, jedes für sich kann 5 % erreichen. Ältere Einzelanalysen weisen

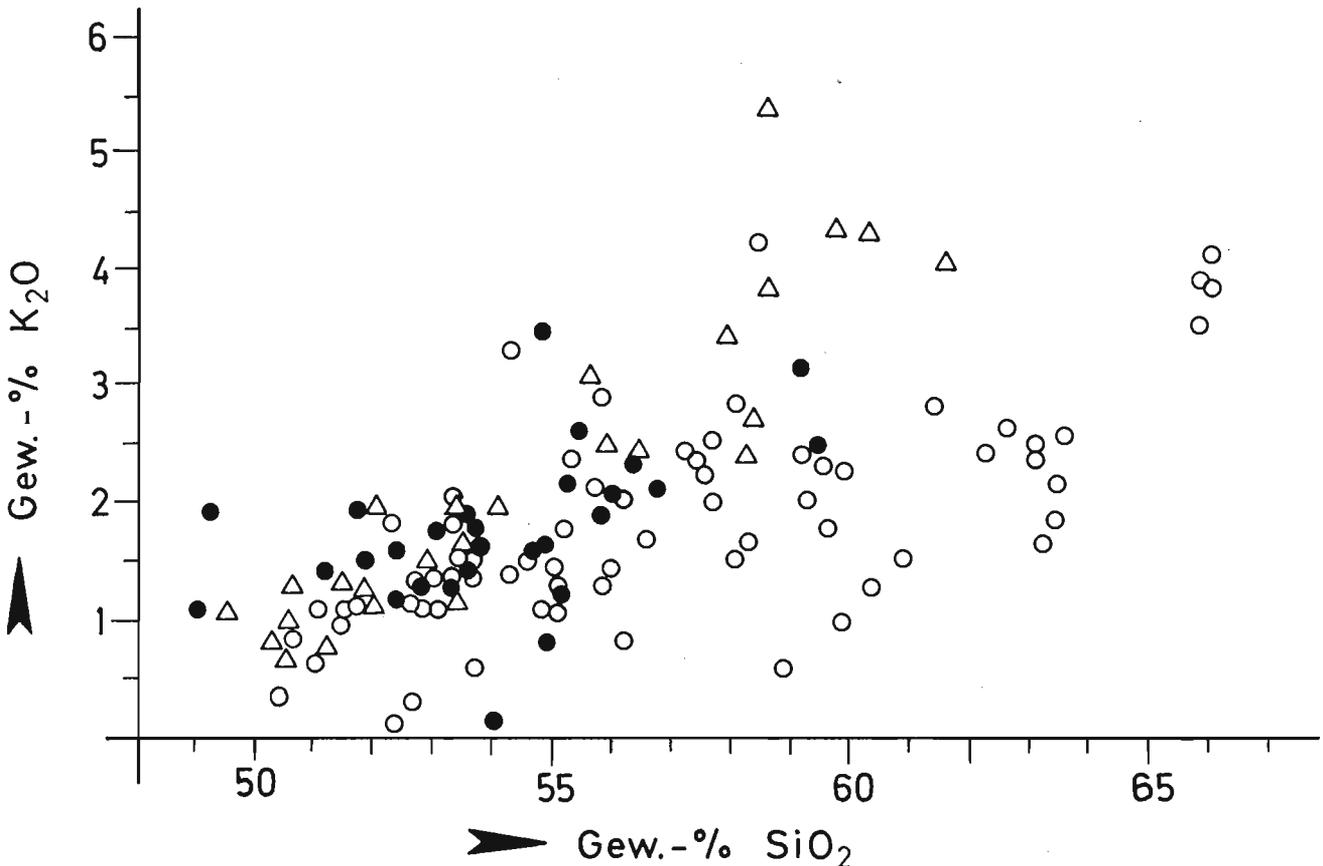


ABB. 6 : Regionale Variation von K₂O/SiO₂
 Kreise = Prims- und Nahemulde.

Punkte = Pfälzer Hauptsattel und seine NW-Flanke.
 Dreiecke = SE-Flanke des Pfälzer Sattels.

erhöhte MgO- und Alkaligehalte gegen herabgesetzte CaO-Werte auf. Neue Analysenserien (VETTER, unveröffentlicht) zeigen aber, dass in der Gesamtstoffbilanz der einzelnen Intrusivkörper das Ca in einer mit anderen Gesteinen vergleichbaren Konzentration vorliegt. Allerdings liegt es in karbonatischer statt in silikatischer Bindung vor, und es ist auch nicht gleichmässig im Gestein verteilt, sondern in Hohlräumen an den Saibändern angereichert.

E. Schlussbemerkung

Für das Verständnis von Genese und Entwicklung kalkalkalischer Vulkanitserien bietet das Konzept der Plattentektonik anregende Möglichkeiten. So ist z. B. bekannt, dass das K_2O/SiO_2 -Verhältnis abhängig ist von der Position der fördernden Vulkane zu einem Plattenrand oder genauer gesagt von der jeweiligen Tiefenlage der zugeordneten Benioffzone (DICKINSON u. HATHERTON 1967). Diese Beziehung gilt sicher nicht nur für den im gut untersuchten zirkumpazifischen Raum gegebenen Fall von Plattengrenzen der Art Ozean-Inselbogen bzw. Ozean-

Kontinent. Sie sollte auch in Kalkalkali-Serien zu finden sein, die an interkontinentale Plattengrenzen gebunden sind.

Im Hinblick darauf wurde eine räumliche Analyse der K_2O/SiO_2 -Verhältnisse quer zum SW-NE-Generalstreichen der geologischen Grossstruktur vorgenommen. Es wurden unterschieden: a) das Gebiet der Prims- und Nahemulde im NW, b) das Scheitelgebiet des Pfälzer Hauptsattels mit seiner NW-Flanke und c) die SE-Flanke des Pfälzer Hauptsattels.

Als Resultat, dem allein die bis jetzt veröffentlichten Analysen zugrunde liegen, scheint sich im SiO_2 -Bereich zwischen 49 und 66 % eine Zunahme des K_2O/SiO_2 -Verhältnisses von NW nach SE (!) abzuzeichnen (Abb. 6; Analysen mit $SiO_2 > 66$ % mussten wegen ungenügender räumlicher Streuung unberücksichtigt bleiben). Sollte sich dieses überraschende Ergebnis anhand gezielt genomener Analysenprofile bestätigen lassen, so bedeutet es, dass der ehemalige Plattenrand, dem der Vulkanismus des Saar-Nahe-Pfalz-Gebietes seinen Ursprung verdankt, im NW zu suchen ist.

LITERATUR

- ATZBACH O., SCHWAB K. (1971). — Erläuterungen zur Geologischen Karte von Rheinland-Pfalz. 1 : 25 000, Blatt Nr. 6410 Kusel, Mainz, 96 S.
- DICKINSON W.R., HATHERTON Tr. (1967). — Andesitic Volcanism and Seismicity around the Pacific. *Science*, 157, 801-803.
- DICKINSON W.R. (1968). — Circum-pacific Andesite Types. *Journal of Geophysical Research*, 73, No 6, 2261-2269.
- FALKE H. (1954). — Erläuterungen zum stratigraphischen Profil des saarpfälzischen Rotliegenden. Tagungsheft 32. Jahrestagung Deutsche Mineralogische Gesellschaft, Mainz, 17-19.
- IRVINE I.N., BARAGAR W.R.A. (1971). — A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8, Nr. 5, 523-548.
- JUNG D. (1958). — Untersuchungen am Tholeyt von Tholey/Saar. *Beiträge zur Mineralogie u. Petrographie*, 6, 147-181.
- KOCH I. (1938). — Die Kuselite des Saar-Nahe-Gebietes. *Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie, Paläontologie, Abhandlungen, Abteilung A, Beilageband*, 73, 419-494.
- KUNO H. (1966). — Lateral variation of basalt magma type across continental margins and island arcs. *Bulletin volcanologique*, 29, 195-222.
- LEPPLA A. (1882). — Der Remigiusberg bei Cusel. *Neues Jahrbuch f. Mineralogie, Geologie, Paläontologie, II*, 101-138.
- LEUTWEIN F. (1972). — Etude géochronologique de l'évolution du Permien continental en France. *Mém. BRGM, Fr. Nr. 77*, 973-977.
- LORENZ V. (1971). — Collapse structures in the permian of the Saar-Nahe area, Southwest Germany. *Geologische Rundschau*, 60, (3), 924-948.
- NINKOVICH D., HAYS J.D. (1972). — Mediterranean Island Arcs and Origin of High Potash Volcanoes. *Earth and Planetary Science Letters*, 16, 331-345.
- RIITMANN A. (1960). — *Vulkane und ihre Tätigkeit*. 2. Auflage, Verlag F. Enke, Stuttgart, 336 S.
- SCHUSTER M., SCHWAGER A. (1910). — Neue Beiträge zur Kenntnis der permischen Eruptivgesteine aus der bayrischen Rheinpfalz. I. Die Kuselite. *Geognostische Jahreshefte*, 23, 43-59.
- TAYLOR S.R. (1969). — Trace element chemistry of andesites and associated calc-alkaline rocks. *Proceedings of the Andesite Conference, Department of Geology and Mineral Industries, Bull. 65*, 43-63, Oregon (USA).
- TRÖGER W.E. (1954). — Die Magmatite des Saar-Nahe-Gebietes. Tagungsheft 32. Jahrestagung der DMG, Mainz, 21-29.
- VETTER U., JUNG D. (1971). — Kuselite. *in*: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Rheinland-Pfalz, 1 : 25.000, Blatt Nr. 6410 Kusel, 42-46.