

**GEOCHEMIE, HYDROTHERMALE ALTERATIONEN UND PETROLOGIE  
DER RHYOLITHE DES SAAR-NAHE-GEBIETES**

**Dissertation  
zur Erlangung des Grades  
"Doktor der Naturwissenschaft"  
am Fachbereich Geowissenschaften  
der Johannes Gutenberg-Universität  
in Mainz**

**eingereicht von**

**Muammer Şahin  
geb. in Trabzon/Türkei**

**Mainz 1989**

**Dekan : Prof. Dr. W. Jacoby**

**1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. von Platen**

**2. Berichterstatter:**

**Datum der mündlichen Prüfung:**

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von April 1987 bis Mai 1989 der Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. H. von PLATEN durchgeführt.

**ZUSAMMENFASSUNG****1.0. GEOLOGIE UND PETROGRAPHIE DER EINZELNEN RHYOLITH-VORKOMMEN**

1.1. Donnersberg .....	1
1.2. Nohfelden .....	8
1.3. Königsberg .....	11
1.4. Kreuznach .....	13
1.5. Kuhkopf (Kirchheimbolanden) .....	18
1.6. Lemberg .....	20
1.7. Aplite .....	23

**2.0. UNTERSUCHUNGSMETHODEN**

2. 1. Probennahme .....	24
2. 2. Probenaufbereitung .....	24
2. 3. Röntgenographische Phasenanalyse .....	25
2. 4. Schmelzaufschlüsse mit di-Lithiumtetraborat .....	27
2. 5. Pulvertabletten .....	27
2. 6. H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> -Bestimmung .....	28
2. 7. Glühverlust-Bestimmung .....	28
2. 8. Flußsäure/Schwefelsäure-Aufschluß (Für die Fe(II)/Fe(III)-Bestimmung) .....	29
2. 9. CO <sub>2</sub> -Bestimmung .....	30
2.10. H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> -Bestimmung .....	31
2.11. Haupt- und Spurenelementgehalte .....	31

**3.0. GRAPHISCHE DARSTELLUNGEN DER VARIATIONEN IM CHEMISMUS**

3.1. H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> -, H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> -, CO <sub>2</sub> -, FeO-, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehalte, Anzahl an Rhyolithen, analytische Messfehler, sekundäre Veränderungen .....	32
3.2. Häufigkeitsverteilungen, Mittelwerte, Standardabweichungen .....	44
3.2. 1. Donnersberg .....	45
3.2. 2. Einschränkung der Analysen für die Darstellung in Histogrammen infolge sekundärer Veränderungen .....	51
3.2. 3. Rhyolith vom Königsberg .....	52

3.2. 4. Rhyolith von Kreuznach .....	58
3.2. 5. Rhyolith von Nohfelden B .....	64
3.2. 6. Rhyolith von Nohfelden C .....	70
3.2. 7. Rhyolith von Nohfelden A .....	75
3.2. 8. Rhyolith von Nohfelden A(K) (K <sub>2</sub> O-reich) ....	80
3.2. 9. Rhyolith vom Kuhkopf (von Kirchheimbolanden) .....	84
3.2.10. Rhyolithe/Rhyodacite vom Lemberg .....	88
3.2.11. Aplite .....	94
3.2.12. Vergleich der verschiedenen rhyolitoiden Gesteine .....	97
<b>4.0. GRAPHISCHE DARSTELLUNG NORM. KORUND/HAUPTKOMPONENTEN, EINFLUSS DER K-METASOMATOSE, Na- UND Ca-MOBILISATION, ABSCHÄTZUNG DER AUSGANGSCHEMISMEN</b>	
4.1. Donnersberg .....	100
4.2. Königsberg .....	112
4.3. Kreuznach .....	115
4.4. Nohfelden B .....	119
4.5. Nohfelden C .....	122
4.6. Nohfelden A, Nohfelden A(K), Lemberg I .....	124
4.7. Kuhkopf, Lemberg II .....	128
4.8. Aplite aus Palatiniten .....	133
4.9. Die wahrscheinliche Ausgangszusammensetzung der Rhyolithe/Rhyodacite des Saar-Nahe-Gebietes ...	136
<b>5.0. DARSTELLUNG IN HARKER- UND NIGGLI-DIAGRAMMEN UND GEGEN DIFFERENTIATION-INDEX</b>	
5.1. Harker-Diagramm .....	139
5.2. Niggli-Diagramm .....	143
5.3. Differentiationsindex-Diagramme .....	148
5.4. Darstellung im Qz-Ab-Or-H <sub>2</sub> O-Schmelzkristallisationsdiagramm .....	152
<b>6.0. LITERATURVERZEICHNIS</b>	

## **ANHANG**

## ZUSAMMENFASSUNG

Während des Rotliegenden fand ein intensiver bimodaler Vulkanismus in das intramontane Becken des Saar-Nahe-Gebietes statt. Er bestand aus basischen und sauren Magmen mit basaltisch-andesitischem und rhyolithischem Chemismus, die Vulkanite oder oberflächennahe Intrusivgesteine gebildet haben.

In einer geochemischen Untersuchung auf statistischer Basis werden eigene Analysen und die von ARIKAS (1986) von Rhyolithen und Rhyodaciten des DONNERSBERGES, KÖNIGSBERGES, von KREUZNACH, von den verschiedenen Varietäten von NOHFELDEN, vom KUHKOPF und vom LEMBERG diskutiert.

In Histogrammen werden die Variationsbereiche der Hauptkomponenten und damit die Homogenität der einzelnen Vorkommen demonstriert. Die berechneten Durchschnittszusammensetzungen sind nur dann repräsentativ für die Ausgangsschmelzen, wenn keine sekundären hydrothermalen Alterationen stattgefunden haben.

In Korrelationsdiagrammen der Hauptkomponenten gegen die normativen Korundgehalte wird aufgezeigt, wie sich

- die K-Metasomatose
- auf Kosten von  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{CaO}$ -Komponenten,
- eine weiterführende  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{CaO}$ -Mobilisation und
- Assimilations-/Differentiationserscheinungen

auswirken. Durch Extrapolation auf einen normativen Korundgehalt von Null werden für jedes Vorkommen die wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen abgeleitet. Für Vorkommen, in denen Assimilations-/Differentiations-Prozesse stattgefunden haben, werden Konzentrationsbereiche angegeben. Drei Magmentypen können unterschieden werden:

- I. SiO<sub>2</sub>-reiche Rhyolithe vom Typ des Donnersberges,
- II. SiO<sub>2</sub>-ärmere Rhyolithe vom Typ Lemberg I,
- III. Rhyodacite vom Typ Lemberg II.

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO <sub>0</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
I.	75.10	0.08	13.98	0.70	0.10	1.51	3.80	4.69	0.04
II.	70.93	0.38	15.02	2.33	0.59	2.12	3.99	4.51	0.13
III.	66.96	0.60	16.03	3.68	1.50	3.16	4.00	3.87	0.20

In HARKER-, NIGGLI- und DIFFERENTIATIONSINDEX-Diagrammen werden die sekundären hydrothermalen Alterationen einerseits und die Assimilations-/Differentiations-Erscheinungen andererseits diskutiert. Die eindeutigste Unterscheidung ist aufgrund der HARKER-Diagramme möglich, die bei fehlender Assimilation/Differentiation eine vertikale Verteilung der darstellenden Punkte in Abhängigkeit von den hydrothermalen Alterationen zeigen. Für NIGGLI- und DIFFERENTIATIONSINDEX-Diagramme werden auch in diesem Fall horizontale Variationen, jedoch meistens mit "falscher" Korrelation beobachtet.

Der Einfluß der Assimilation/Differentiation wird durch die gemeinsame Darstellung der wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen anschaulich gemacht. Die SiO<sub>2</sub>-ärmeren Magmen stellen demnach Übergangsglieder zu den feldspatreichen Palatiniten dieses Gebietes dar.

Zur Abschätzung der Druck- und Temperatur-Bedingungen bei der Genese der rhyolithischen und rhyodacitischen Magmen wurden zunächst alle darstellenden Punkte für jedes Vorkommen in das Schmelzdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O eingetragen. Die Punkte streuen für jedes Vorkommen in Abhängigkeit von den hydrothermalen Alterationen stark. Eine sinnvolle Diskussion ergibt sich daher nur, wenn

von den wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen ausgegangen wird. Die Abschätzung des Druckes während der anatektischen Schmelzbildung ergibt für die niedrignschmelzenden Zusammensetzungen einen Wert von 3 kb, was einer Erdtiefe von 11 km entspricht. Die Temperatur dieser primären Magmen dürfte in Abhängigkeit von vorhandenem H<sub>2</sub>O-Gehalt überhitzt gewesen sein.

Die darstellenden Punkte der SiO<sub>2</sub>-ärmeren Rhyolithe und Rhyodacite weisen diese als Zwischenglieder zwischen den SiO<sub>2</sub>-reichen Rhyolithen und den basischen Palatiniten aus.



## 1.0. GEOLOGIE UND PETROGRAPHIE DER EINZELNEN RHYOLITH-VORKOMMEN

### 1.1. DONNERSBERG

Der Donnersberg liegt etwa 50 km südwestlich von Mainz und 20 km nordöstlich von Kaiserslautern. Er nimmt eine Fläche von etwa 20 km<sup>2</sup> ein und repräsentiert mit einer Höhe von 687 m NN die höchste Erhebung der Pfalz.

Der Donnersberg und die Umgebung wurden von mehreren Autoren geologisch aufgenommen und untersucht:

SCHMIDT & REIS (1916), REIS (1921, 1922), REHKOPF (1958), EHRENBURG (1962, 1964), SCHWAB (1958/65/67/68), LORENZ (1967/71a/71b), DREYER & HANEKE (1978, 1983), LORENZ & HANEKE (1981), HANEKE (1987).

Die Autoren befaßten sich hauptsächlich mit der tektonisch-stratigraphischen Situationen und der Petrographie der das Donnersberg-Massiv umgebenden Gesteine.

Mit den Problemen der Platznahme der Rhyolith-Intrusion haben sich erst LORENZ & HANEKE (1981) und HANEKE et al. (1983) beschäftigt.

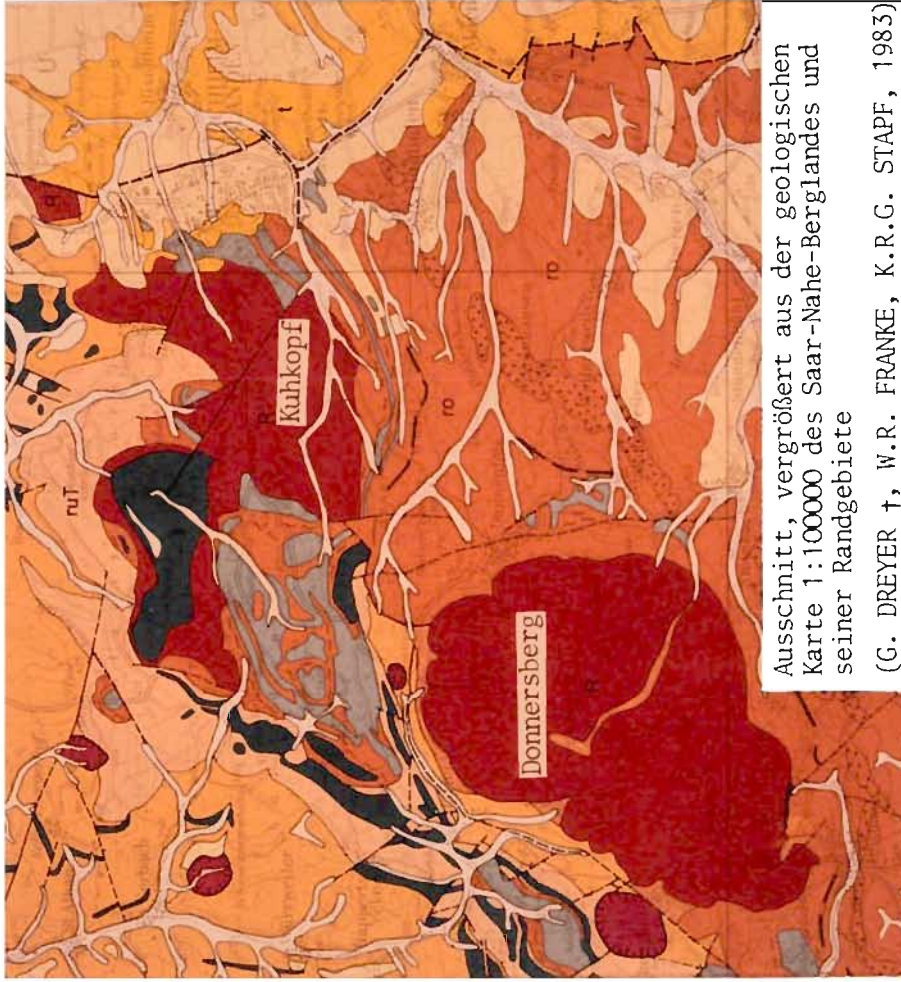
Geochemische Untersuchungen des Donnersberg-Rhyolithes wurden von THEUERJAHR (1973) und ARIKAS (1986) durchgeführt.

Aufgrund radiometrischer Untersuchungen (Rb/Sr) an Biotiten von LIPPOLT & RACZEK (1981) und neueren Untersuchungen (<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar-Technik) von LIPPOLT & HESS (1983) an Biotiten des Rhyolithes aus dem Gebiet des Königsstuhls wurde ein Alter von etwa 280 bzw. 295-300 Mio. Jahren festgestellt, was die Rhyolith-Intrusion dem Oberkarbon zuordnen würde.

Der Donnersberg liegt im spätvaristischen, intermontanen Saar-Nahe-Becken und tritt im Kontakt zu den Sedimenten des Oberrotliegenden im Süden und Osten, im Nordwesten zu Sedimenten der Oberen Kuseler und Lebacher Gruppe auf, s. Kartenausschnitt der Abb. 1 der Geologischen Karte des Saar-Nahe-Berglandes und seiner Randgebiete, 1:100000 von DREYER, FRANKE & STAPF (1983). Hieraus leitet sich die Annahme ab, daß die Magmen des Donnersberges an der Wende vom Unter- zum Oberrotliegenden intrudierten s. LORENZ u.a..

Nach den seismischen Untersuchungen (Wintershall AG/BEB, Kassel/Hannover, 1959) ist das Donnersberg-Massiv in eine oberflächennahe (ca. 800 m Tiefe) und eine tiefe (2500-3000 m Tiefe) Intrusion zu untergliedern. Dies wird auch von KONRAD & SCHWAB (1974), LORENZ & HANEKE (1981) vermutet. Sie vertreten die Meinung, daß die Intrusions-Phase im Untergrund des Donnersberg-Gebietes bereits längere Zeit vor der oberflächennahen Intrusion begann.

Nach LORENZ & NICHOLLS (1976) setzte mit Beginn des Oberrotliegenden ein intensiver, im wesentlichen bimodaler Vulkanismus ein, der durch tholeiitische Schmelzen aus dem oberen Mantel und rhyolitische Schmelzen krustaler Herkunft charakterisiert war. Die tholeiitischen Schmelzen bildeten im Saar-Nahe-Becken große Bereiche mit basaltisch-andesitischen Vulkaniten, aber auch Lagergänge in Rotliegend-Sedimenten = Palatinite. Die sauren Schmelzen erreichten auf Grund ihrer größeren Viskosität fast nie die Erdoberfläche. Sie drangen in permokarbonische Sedimente und bildeten oberflächennahe intrusive Dome (Lakkolithe).



Ausschnitt, vergrößert aus der geologischen Karte 1:100000 des Saar-Nahe-Berglandes und seiner Randgebiete  
(G. DREYER †, W.R. FRANKE, K.R.G. STAPF, 1983)

Abbildung 1.

PERMOKARBON		TERTIÄR		QUARTÄR	
<b>Sedimentgesteine</b>					
<b>Känozoikum</b>					
qh	Kiese, Sande, Silt und Tone	Holozän		Holozän	
qp	Kiese, Sande, Silt und Tone, z. T. Flusssande, z. T. ob	Pleistozän		Pleistozän	
t	Sande, Kiese, Tone, Mergel, Kalksteine (z. T. dolomifisch)				
<b>Paläozoikum</b>					
ro	Breccien, Konglomerate, Sandsteine (z. T. Arkosen), Silt- und Tonsteine, rhyolitische Tuffe, z. T. Kalksteine	Ober-Rotliegendes		Ober-Rotliegendes	
ruT	Arkosen bzw. Sandsteine (z. T. grobgeröllführend) und Siltsteine	Lebach-Gruppe		Lebach-Gruppe	
ruL	Sandsteine bzw. Arkosen (z. T. grobgeröllführend), Silt- und Tonsteine mit Karbonatlagen und -knollen, z. T. Kohleflöze	Tholey-Gruppe		Tholey-Gruppe	
ruk <sub>3</sub>	Sandsteine bzw. Arkosen, Konglomerate (feldspatführend), Silt- und Tonsteine, z. T. mit Kohleflözen	Obere Kiesel-Gruppe		Obere Kiesel-Gruppe	
ruk <sub>2</sub>	Sandsteine bzw. Arkosen, Konglomerate (feldspatführend), Silt- und Tonsteine mit Kalksagen, z. T. Kohleflöze	Mittlere Kiesel-Gruppe		Mittlere Kiesel-Gruppe	
ruk <sub>1</sub>	Konglomerate (feldspatführend), Sandsteine bzw. Arkosen, Silt- und Tonsteine, Kalksteine, z. T. Kohleflöze	Untere Kiesel-Gruppe		Untere Kiesel-Gruppe	
<b>Magmatische Gesteine</b>					
A	Saure Magmatite (Rhyolithe etc.)			Karbon, Rotliegendes	
E	Intermediäre bis basische Effusivgesteine (Andeite, Latitandseite, Laitite etc.) z. T. mit zwischengelagerten Sedimenten			Karbon, Rotliegendes	
	Intermediäre bis basische Intrusivgesteine (Kieselite, Tholeyite, Palatinite, Decfia, Diabase, „Basalte“ etc.)			Devon, Rotliegendes	
<b>Sonstige Signaturen</b>					
	Pyroklastische Breccien in Schloten				

Nach den Untersuchungen des Fließgefüges des Donnersberg-Rhyolithes von HANEKE (1987) besteht das Massiv aus mindestens 15 verschiedenen Intrusionskörpern. Er schreibt: "Diese drangen in etwa gleichzeitig auf und erfuhren nach anfänglicher Quellkuppelbildung unterschiedlich starke Querdehnungen, wobei sie sich zum Teil gegenseitig in ihrer Bewegungsrichtung beeinflussten oder aber auch durchdrangen".

Cu-Vererzungen sind in der südwestlichen Flanke der Rhyolithintrusion (nördlich von Imsbach) anzutreffen. GEIS (1955), ABU-ABED & FRIDRICH (1974) führten in diesem Gebiet lagerstättenkundliche Untersuchungen durch.

#### Gefüge

Eine Gefügeeigenschaft ist in weiten Bereichen des Rhyolith-Massivs zu erkennen, die u.a. aus dem Wildensteiner Tal von REE (1956) beschrieben und von ihm als "Lagentextur" bezeichnet wurde. Dabei wechseln Lagen mit engständiger Klüftung und Lagen mit weitständiger Klüftung ab. Die Mächtigkeit dieser Lagen schwankt zwischen weniger als 1 cm und mehr als 1 m (HANEKE, 1987).

Nach petrographischen Untersuchungen von THEUERJAHR (1973) enthält der Rhyolith 3 - 9.5 Vol.-% Einsprenglinge. Diese bestehen aus Quarz, Alkalifeldspat, Plagioklas, Biotit und opaken Anteilen. Er beschreibt bis 1 mm große Quarze, die in der Regel korrodiert sind. Die 1 - 1.2 mm großen Einsprenglinge von Alkalifeldspäten sind überwiegend idiomorph ausgebildete Sanidine.

Nach ihm treten die Plagioklase als idiomorphe bis hypidiomorphe Einsprenglinge auf, gemessenen An-Werte liegen im Mittel bei ca. 20 Mol.-%. Die Größe der Biotite variiert zwischen 0.02 - 1.4 mm, sie sind häufig chloritisiert und vererzt.

#### Grundmasse

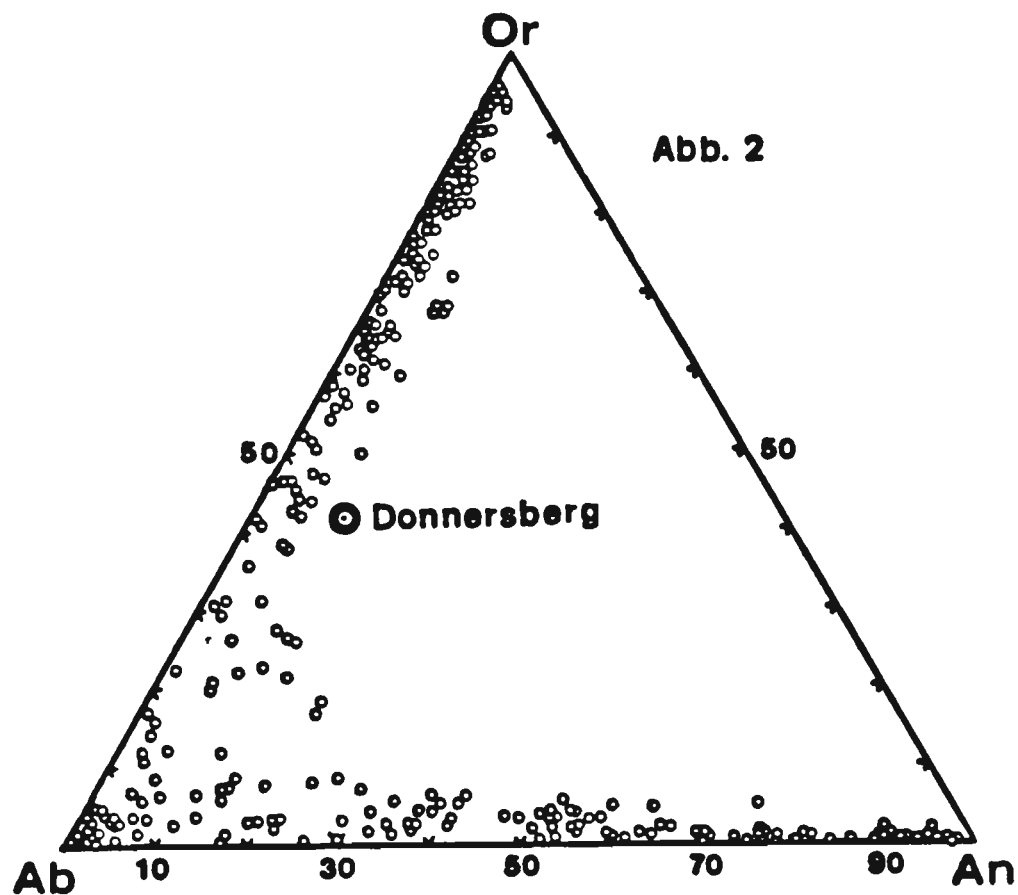
Die Grundmasse besteht aus Quarz und Alkalifeldspat und hat ein granophyrisches, pflasterartiges Gefüge (THEUERJAHN, 1973).

Als Sekundärbildungen treten in der Grundmasse Sericit, Kaolinit, Chlorit und Calcit auf (THEUERJAHN, 1973).

Die Rhyolithe des Donnersberges sind mit unterschiedlichen Farbtönen zu beobachten: grau, violett, rötlich.

Trotz unterschiedlicher Farbtöne sieht das Gestein am Donnersberg gleichförmig aus, die Eigenschaften wie Härte, dichtes Gefüge, spröder Bruch usw. bleiben gleich.

Durch röntgenographische Phasenanalyse wird der mikroskopische Befund, der wegen der geringen Korngröße in der Grundmasse unsicher bleiben muß, bestätigt. Danach treten Plagioklase nur als Einsprenglinge, nicht aber in der Grundmasse auf. Diese Beobachtung kann durch das Diagramm mit der begrenzten Mischkristallbildung für das System der Feldspäte nach DEER, HOWIE und ZUSSMAN (1963) - gültig für relativ hohe Temperaturen und niedrigen Druck - erklärt werden, s. Abb. 2.



In dieses Diagramm ist der darstellende Punkt für die primäre Zusammensetzung des Donnersberg-Rhyoliths (normatives Or:Ab:An-Verhältnis) eingetragen. Er liegt fast in dem Bereich vollständiger Mischkristallbildung bei den Alkali-Feldspäten.

Bei dem relativ niedrigen Druck der Kristallisation der Grundmasse kristallisierte daher ein homogener Alkalifeldspat aus. Im Gegensatz hierzu würde aus einer äquivalenten granitischen Schmelze - bei relativ hohem Druck - wegen der dann auftretenden Mischungslücke (s. entsprechende Diagramme z.B. in MATTHES, 1987) zwei Feldspat-Phasen auskristallisieren. Aus dem gleichen Grund haben sich - mit beginnender Kristallisation dieses rhyolithischen Magmas - in größerer Erdtiefe zwei Feldspat-Phasen gebildet.

Der röntgenographisch ermittelte Ab-Gehalt des Alkalifeldspats - aus der Lage der  $(\bar{2}01)$ -Interferenz - stimmt in guter Näherung mit dem aus dem normativen Mineralbestand ermittelten Wert überein. Im Gegensatz zu der z.T. auftretenden zweiten Alkalifeldspat-Phase, die durch K-Metasomose entstanden ist und die durch eine "extrem" K-reiche Zusammensetzung charakterisiert ist.

Die korrodierten Quarz-Einsprenglinge, die typisch für porphyrische Rhyolithe allgemein sind, können aus dem entsprechenden Schmelzdiagramm verstanden werden, s. Abb. 54 auf Seite 153. Auch hier sind die Einsprenglinge bei höherem Druck aus der Schmelze kristallisiert; neben Plagioklas und Alkalifeldspat aus einer kotektischen Zusammensetzung. Nach Intrusion und resultierender Druckentlastung gilt eine Schmelz-Kristallisationsbeziehung, deren kotektische Linie in Richtung auf den Quarz verschoben ist. Das bedeutet, daß der bereits ausgeschiedene Quarz nicht mehr mit der Schmelze im Gleichgewicht steht und deshalb aufgelöst werden sollte, falls Zeit und Temperatur als weitere Parameter dies zulassen. In der Natur kommt es dabei lediglich zu einer partiellen Korrosion.

## 1.2. NOHFELDEN

Dieses größte Rhyolithvorkommen in Südwestdeutschland ist auf einer Fläche von etwa 45 km<sup>2</sup> aufgeschlossen.

Von einigen Autoren, wie HELMERS (1930), SCHRÖDER (1951), wird der Nohfelden-Rhyolith als eine einheitliche petrographische Einheit beschrieben.

Von ZWETSCH & JUNG (1956) wurden unterschiedliche Gefügemerkmale und Fördermechanismen innerhalb des Rhyolithkomplexes beobachtet. Die Annahme von beiden Autoren ist, daß ein intrusiver Charakter nur für den Rhyolith zwischen Türkismühle und Ellweiler vorliegt. Das wurde durch detaillierte Geländeaufnahmen von DEMUTH (1973) bestätigt.

MÜLLER (1975, 1982) unterscheidet nach Geländebeobachtungen drei Rhyolith-Varietäten, was von ARIKAS (1986) im großen und ganzen übernommen wurde.

Aufgrund petrographischer und geochemischer Untersuchungen sind drei Hauptrhyolithtypen zu unterscheiden:

Rhyolith A dehnt sich südwestlich von Türkismühle und Walhausen auf einer Strecke von etwa 7 km bis Gronig aus.

Der Rhyolith B zwischen Türkismühle und Ellweiler bildet eine eigene Intrusion.

Rhyolith C nimmt eine Fläche von etwa 4 km<sup>2</sup> um den Leistberg ein.

Der Rhyolith A besitzt graue, rote und rotviolette Farben; sekundäre Bleichungen sind jedoch häufig anzutreffen. Fließtexturen des Rhyolithes sind oft von



gleichgerichteten Klüften und Farbstreifungen begleitet, die im Aufschluß oft steil stehen.

Der Rhyolith B ist feinkörnig, dicht, ohne makroskopisch erkennbares Fließgefüge und die sonst typische Parallel-Klüftung. Sekundäre Bleichungen mit helleren Gesteinsfarben sind häufig anzutreffen.

Der Rhyolith C ist überwiegend weiß, hellrot und fast immer durch extreme Fließtexturen und parallelen Klüftungen gekennzeichnet und läßt sich dadurch leicht in dünne Platten spalten (ARIKAS,1986).

Nach der ausführlichen Beschreibung der Gefüge von MÜLLER (1975) ist der Nohfeldener C-Rhyolithkomplex vom Leistberg das Produkt mehrerer Lavaströme und Auswurfsmassen.

In wechselnden Anteilen treten Einsprenglinge von Sanidin, Quarz, Plagioklas und Biotit auf. Durch sekundäre Umwandlungen sind die Feldspäte häufig kaolinitisiert, wobei sich offenbar ein "fire-clay"-Mineral gebildet hat, das röntgenographisch nur in größeren Mengen nachweisbar ist.

Die Grundmasse ist stets vollständig kristallin; von uns und anderen sind nie Glasreste beobachtet worden. In dem Mineralbestand und im Gefüge gibt es keine meßbaren Unterschiede zu den anderen Rhyolithvorkommen.

Die geologische Karte (s. Kartenausschnitt der Abb. 3) zeigt, daß dieser Rhyolith wie der Donnersberg meistens im Kontakt zu Sedimenten des Oberrotliegenden auftritt. Im SW wird der Kontakt zu Sedimenten der Tholeyer Gruppe und an einer Stelle zu denen der Lebacher Gruppe beobachtet. Auch ohne Kenntnis der näheren Zusammenhänge von Hangendem und Liegendem kann hieraus auf ein ähnliches Alter wie beim Donnersberg geschlossen werden.

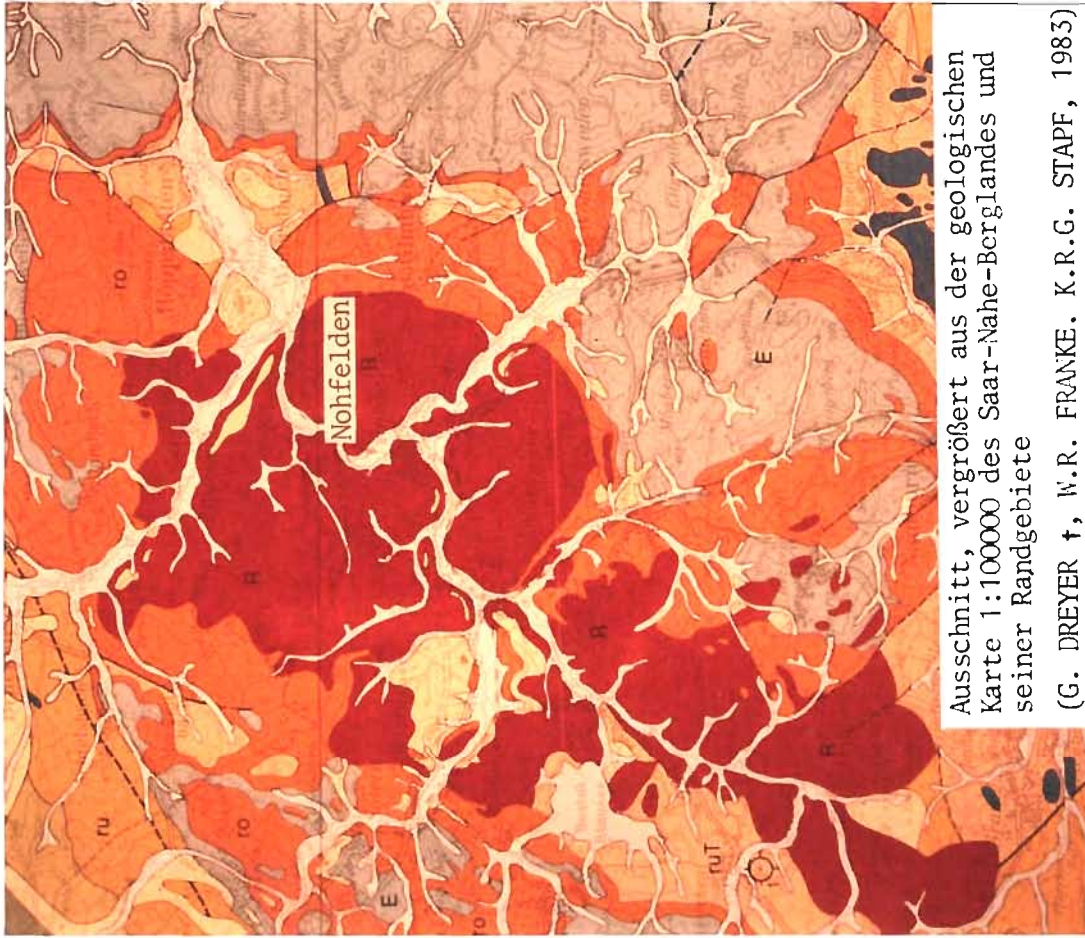
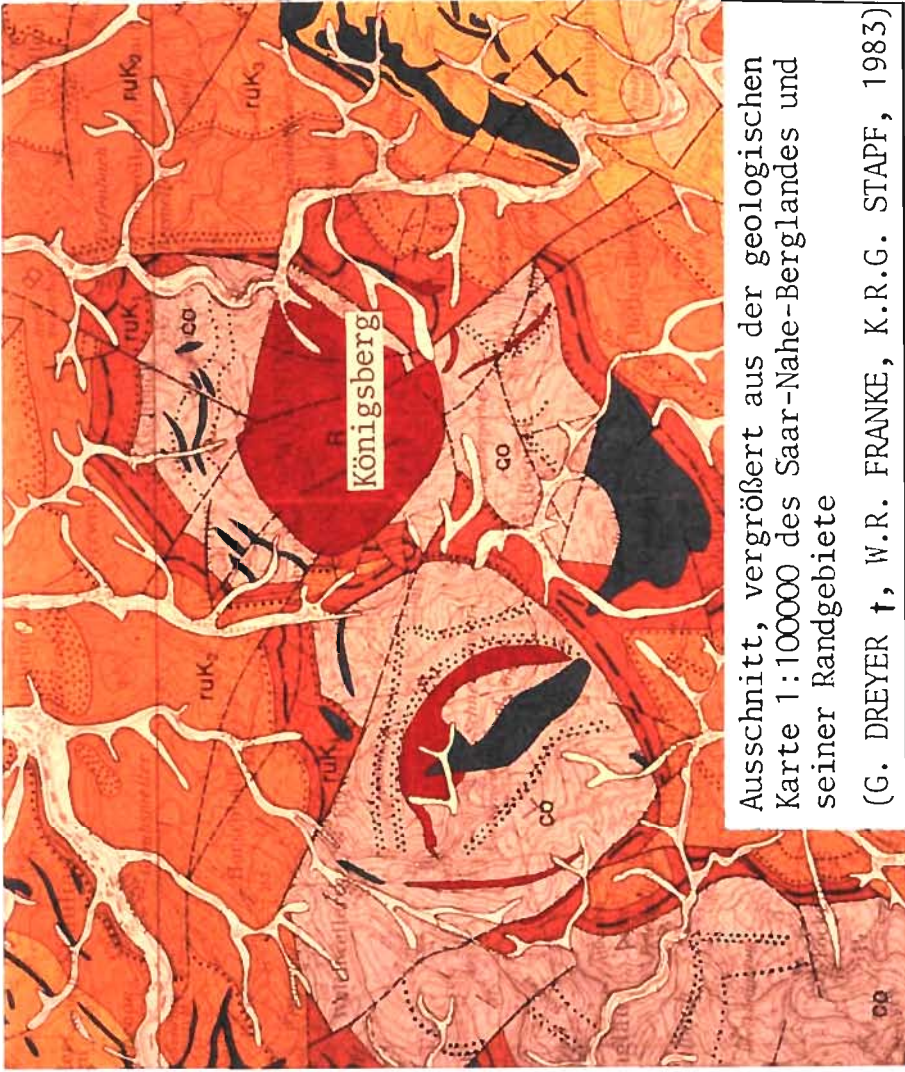


Abbildung 3.

Sedimentgesteine Känozoikum		TERTIÄR		PERMOKARBON		Devon, Karbon, Rotliegendes	
qh	Kiese, Sande, Silt und Tone	Holozän		Rotliegendes		Karbon, Rotliegendes	
qp	Kiese, Sande, Silt und Tone, z. T. Flugsande, z. T. Löss	Pleistozän		Ober-Rotliegendes		Karbon, Rotliegendes	
I	Sande, Kiese, Tone, Mergel, Kalksteine (z. T. dolomifisch)			Unter-Rotliegendes		Karbon, Rotliegendes	
Paläozoikum				Kusel-Gruppe		Devon, Karbon, Rotliegendes	
ro	Braccien, Konglomerate, Sandsteine (z. T. Arkosen), Silt- und Tonsteine, rhyolitische Tuffe, z. T. Kalksteine			Lebach-Gruppe			
ruT	Arkosen bzw. Sandsteine (z. T. grobgeröllführend) und Siltsteine			Tholey-Gruppe			
ruL	Sandsteine bzw. Arkosen (z. T. grobgeröllführend), Silt- und Tonsteine mit Karbonatlagen und -knollen, z. T. Kohleflöze						
ruk <sub>3</sub>	Sandsteine bzw. Arkosen, Konglomerate (feldspatführend), Silt- und Tonsteine, z. T. mit Kohleflözen			Obere Kusel-Gruppe			
ruk <sub>2</sub>	Sandsteine bzw. Arkosen, Konglomerate (feldspatführend), Silt- und Tonsteine mit Kalksteinlagen, z. T. Kohleflöze			Mittlere Kusel-Gruppe			
ruk <sub>1</sub>	Konglomerate (feldspatführend), Sandsteine bzw. Arkosen, Silt- und Tonsteine, Kalksteine, z. T. Kohleflöze			Untere Kusel-Gruppe			
Magmatische Gesteine							
R	Saure Magmatite (Rhyolithe etc.)						
E	Intermediäre bis basische Effusivgesteine (Andesite, Latitandeseite, Laitite etc.) z. T. mit zwischengelagerten Sedimenten						
	Intermediäre bis basische Intrusivgesteine (Kieselite, Tholeiite, Paläinitite, Decite, Diabase, Basalte etc.)						





Ausschnitt, vergrößert aus der geologischen Karte 1:100000 des Saar-Nahe-Berglandes und seiner Randgebiete  
(G. DREYER †, W.R. FRANKE, K.R.G. STAPF, 1983)

Abbildung 4.

Sedimentgesteine Känozoikum	QUARTÄR		TERTIÄR		PERMOKARBON		
	Pleistozän	Holozän	Rotliegendes		Rotliegendes		
qh	Kiese, Sande, Silt und Tone						
qp	Kiese, Sande, Silt und Tone, z. T. Flugsande, z. T. Löss						
t	Sande, Kiese, Tone, Mergel, Kalksteine (z. T. dolomiförmig)						
<b>Paläozoikum</b>							
ro	Brecien, Konglomerate, Sandsteine (z. T. Arkosen), Silt- und Tonsteine rhyolitische Turfe, z. T. Kalksteine		Ober-Rotliegendes		Rotliegendes		
ruT	Arkosen bzw. Sandsteine (z. T. grobgeröllführend) und Siltsteine		Lebach-Gruppe		Kusel-Gruppe		
ruL	Sandsteine bzw. Arkosen (z. T. grobgeröllführend), Silt- und Tonsteine mit Karbonatlagen und -knollen, z. T. Kohleflöze		Tholey-Gruppe		Obere Kusel-Gruppe		
ruK <sub>3</sub>	Sandsteine bzw. Arkosen, Konglomerate (feldspatführend), Silt- und Tonsteine, z. T. mit Kohleflözen				Mittlere Kusel-Gruppe		
ruK <sub>2</sub>	Sandsteine bzw. Arkosen, Konglomerate (feldspatführend), Silt- und Tonsteine mit Kalksteinlagen, z. T. Kohleflöze				Untere Kusel-Gruppe		
ruK <sub>1</sub>	Konglomerate (feldspatführend), Sandsteine bzw. Arkosen, Silt- und Tonsteine, Kalksteine, z. T. Kohleflöze						
<b>Magmatische Gesteine</b>							
R	Saure Magmatische (Rhyolithe etc.)				Devon, Karbon, Rotliegendes		
E	intermediäre bis basische Effusivgesteine (Andesite, Latitandeste, Laitie etc.) z. T. mit zwischengelagerten Sedimenten				Karbon, Rotliegendes		
	intermediäre bis basische Intrusivgesteine (Kieselite, Tholeyite, Palatinite, Decle, Diabase, „Basalte“ etc.)				Devon, Karbon, Rotliegendes		

#### 1.4. KREUZNACH

Mit einer Fläche von etwa 25 km<sup>2</sup> bildet der Kreuznach-Rhyolith nach dem Nohfeldener Massiv das zweitgrößte Rhyolith-Massiv im Saar-Nahe-Pfalz-Gebiet.

Stratigraphische und tektonische Untersuchungen wurden von LOHMEYER (1969) und LORENZ (1973) durchgeführt. LOHMEYER weist für das gesamte Rhyolithmassiv einen intrusiven Charakter nach, während LORENZ diesen auf den nordwestlichen Teil beschränken möchte. Der Rhyolith soll hier während der Bildung der Grenzlagergruppe intrudiert sein. In den anderen Bereichen erreichten die sauren Schmelzen bei ausreichender Magmenzufuhr die Oberfläche und bildeten dort Laven. Gleichzeitig mit der Magmenförderung fanden intensive Eruptionen mit Bildung rhyolithischer Aschen statt (HANEKE et al., 1979).

Der Kartenausschnitt dieses Gebietes, s. Abb. 5, zeigt aufgeschlossene Kontakte des Rhyolithes zu Sedimenten der mittleren Kusel- und Lebach-Gruppe und auch zum Oberrotliegenden im SW und NW dieses Vorkommens. In den anderen Bereichen wird der Rhyolith von Sedimenten des Tertiärs und Quartärs bedeckt.

Typisch für dieses Vorkommen ist das häufige Auftreten von basischeren Gesteinsfragmenten, die erst von LASPEYRES (1867/72/83) beschrieben wurden. Diese wurden auch in den Untersuchungen von LOSSEN (1891), REIS (1915/21), SCHUSTER (1914), HELLMERS (1930) und WAGNER (1926) behandelt.

Petrographische und geochemische Untersuchungen wurden von ARIKAS (1986) durchgeführt.



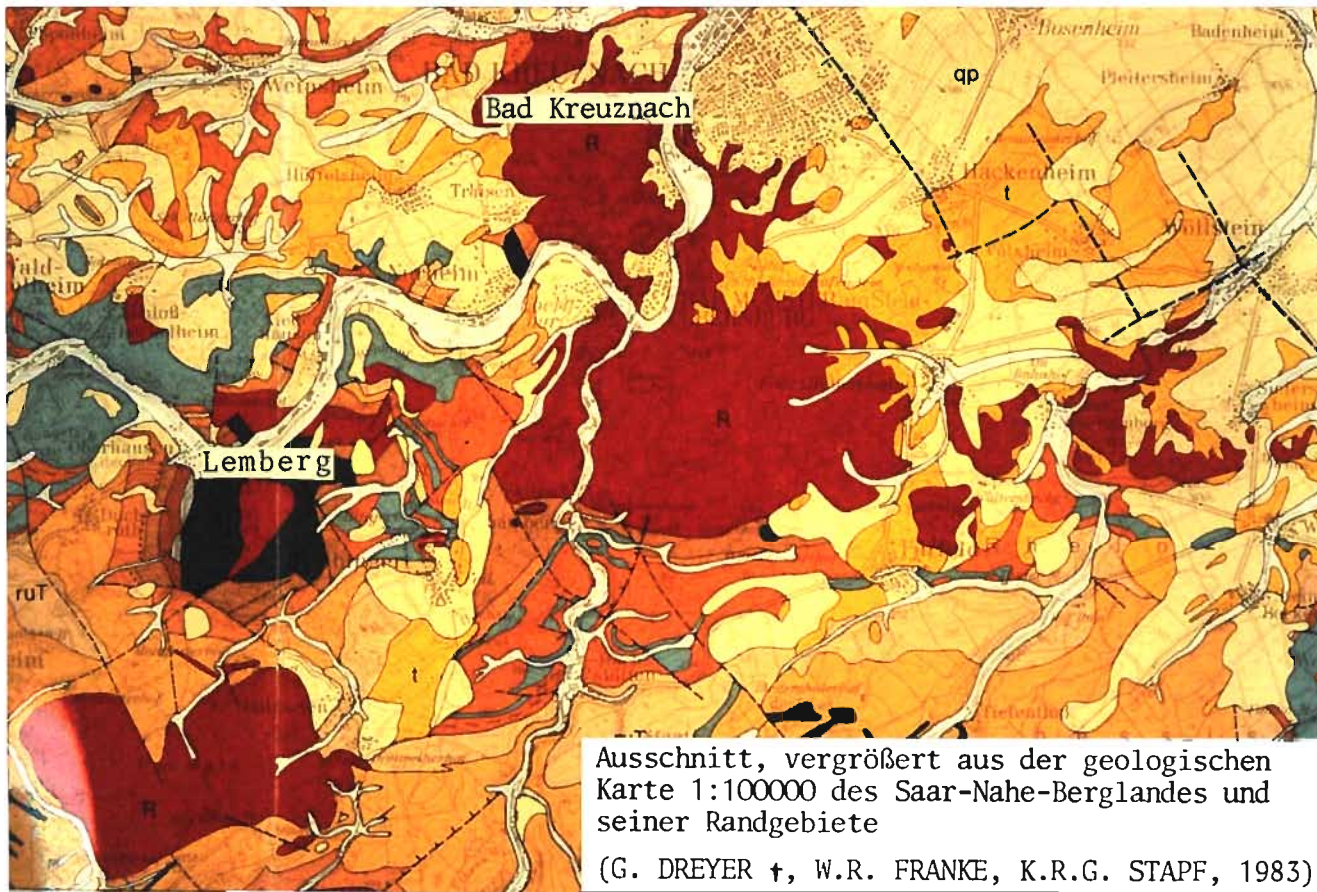
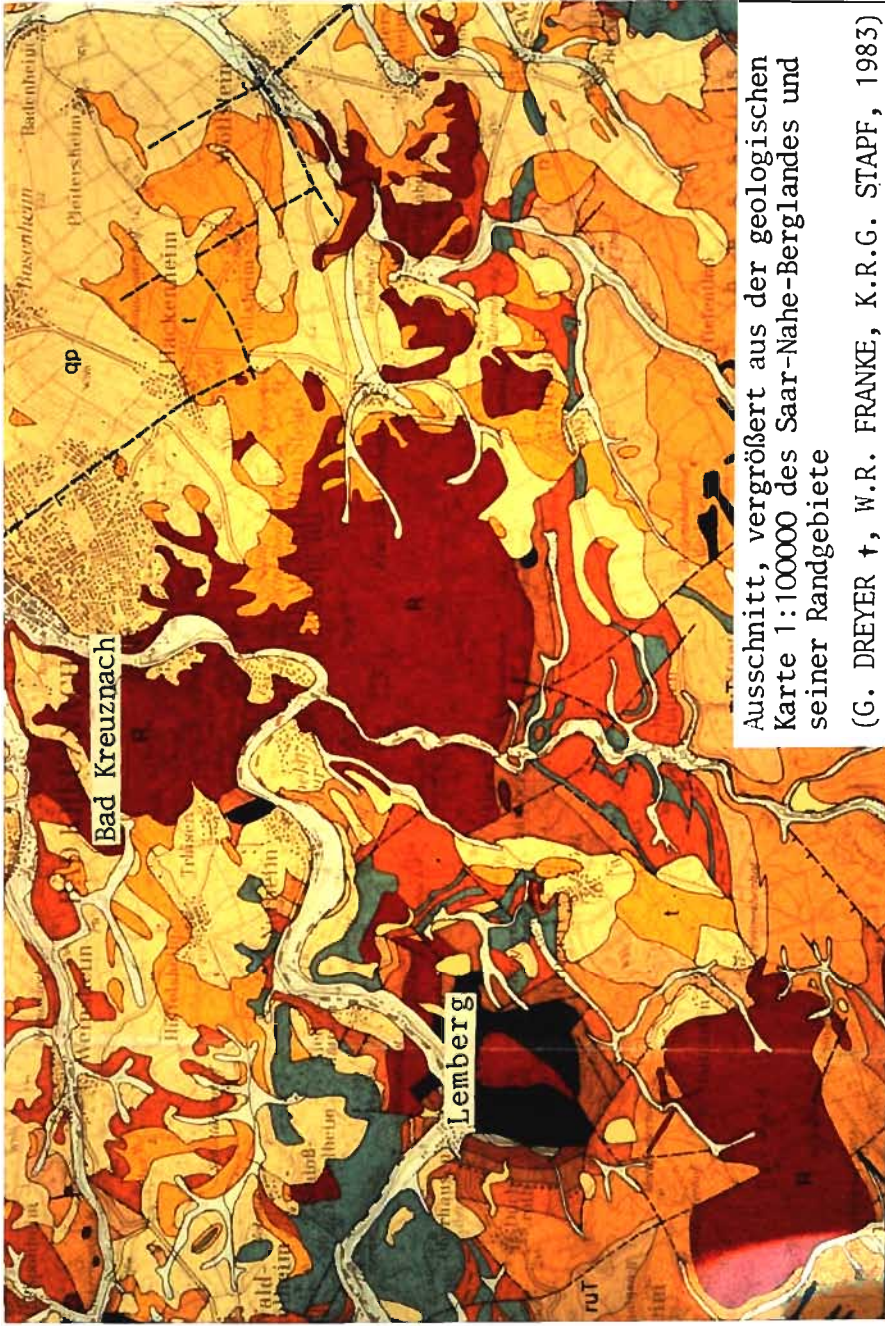


Abbildung 5.





PERMOKARBON		TERTIÄR		QUARTÄR				
Devon, Karbon, Rotliegendes	Untere Kiesel-Gruppe	Paläozoikum	T	Kiese, Sande, Tone, Mergel, Kalksteine (z. T. dolomitisch)	Pleistozän			
	Mittlere Kiesel-Gruppe							
	Oberer Kiesel-Gruppe							
Rotliegendes	Lebach-Gruppe	Känozoikum	qh	Kiese, Sande, Silte und Tone, z. T. Flugsande, z. T. Loß	Holozän			
	Tholey-Gruppe							
	Obere Tholey-Gruppe							
Magmatische Gesteine	Saure Magmatite (Rhyolithe etc.)	Rotliegendes	ro	Breccien, Konglomerate, Sandsteine (z. T. Arkosen), Silt- und Tonsteine, rhyolitische Turfe, z. T. Kalksteine	Ober-Rotliegendes			
	Intermediäre bis basische Eruvgesteine (Andesite, Latitandese, Laitite etc.) z. T. mit zwischengelagerten Sedimenten					rot	Arkosen bzw. Sandsteine (z. T. grobgeröllführend) und Siltsteine	Unter-Rotliegendes
	Intermediäre bis basische Intrusivgesteine (Kieselite, Tholeyite, Palatinit, Decle, Diabase, „Basare“ etc.)							
Sonstige Signaturen	Pyroklastische Breccien in Schloten	Rotliegendes	ruT	Sandsteine bzw. Arkosen (z. T. grobgeröllführend), Silt- und Tonsteine, lagun- und knollen-, z. T. Kohleflöze	Ober-Rotliegendes			
						ruL	Sandsteine bzw. Arkosen, Konglomerate (Feidspattführend), Silt- und Tonsteine mit Kalksteinlagen, z. T. Kohleflöze	Unter-Rotliegendes

Abbildung 5.

Gesteinsvarietäten von Andesit bis Rhyolith sind u.a. durch ihren unterschiedlichen Chemismus charakterisiert. Im Kreuznacher Massiv wurde andesitisches Material von der mengenmäßig überwiegenden rhyolitischen Schmelzen mehr oder weniger assimiliert (ARIKAS, 1986).

Der Rhyolith besitzt ein porphyrisches Gefüge mit 0.1 bis 0.3 mm Korngröße in der Grundmasse. Einsprenglinge sind Kalifeldspat, Plagioklas, Quarz und Biotit (ARIKAS, 1986). Der Anteil der Einsprenglinge liegt im Mittel bis 30 Vol-% (LOHMEYER, 1969).

Im Steinbruch von Traisen besitzen die Rhyolithe helle, rötliche und grauweiße Farbtöne. In den Bruchwänden sind als Zwischenstufen schwach graue Farbtöne (chemisch Dacite) weit verbreitet. Sie treten "flammenartig" auf und gehen allgemein diffus in die hellen Farben des Rhyoliths über.

In dem Rhyolith sind zahlreiche, einige Millimeter bis Dezimeter große, feinkörnige, dunkelgraue und graugrüne Einschlüsse zu finden. Es handelt sich um basischere Gesteinsanteile, die als Überreste assimilierter Andesite aufzufassen sind. Sie zeigen oft nach außen hin Auflösungsmerkmale bzw. fließende Übergänge (dacitische Zwischenstufen) zu den hellen Farben des relativ grobkörnigen Rhyoliths.

Die unterschiedlichen Farbtöne zeigen schlierige, gestreifte und wellige Fließbewegungen auf. Alle diese Gefügemerkmale deuten auf noch nicht vollständig homogenisierte "Mischungen" intermediärer Gesteinsfragmente in den rhyolithischen Schmelzen hin (ARIKAS, 1986).

### Einsprenglinge

Einsprenglinge sind Sanidin, Quarz, Plagioklas und Biotit.

Nach den Untersuchungen von THEUERJAHR (1973) und ARIKAS (1986) gehört Bad Kreuznach zu den einsprenglingsreicheren Vorkommen im Saar-Nahe-Gebiet (ca. 20 Vol.-%).

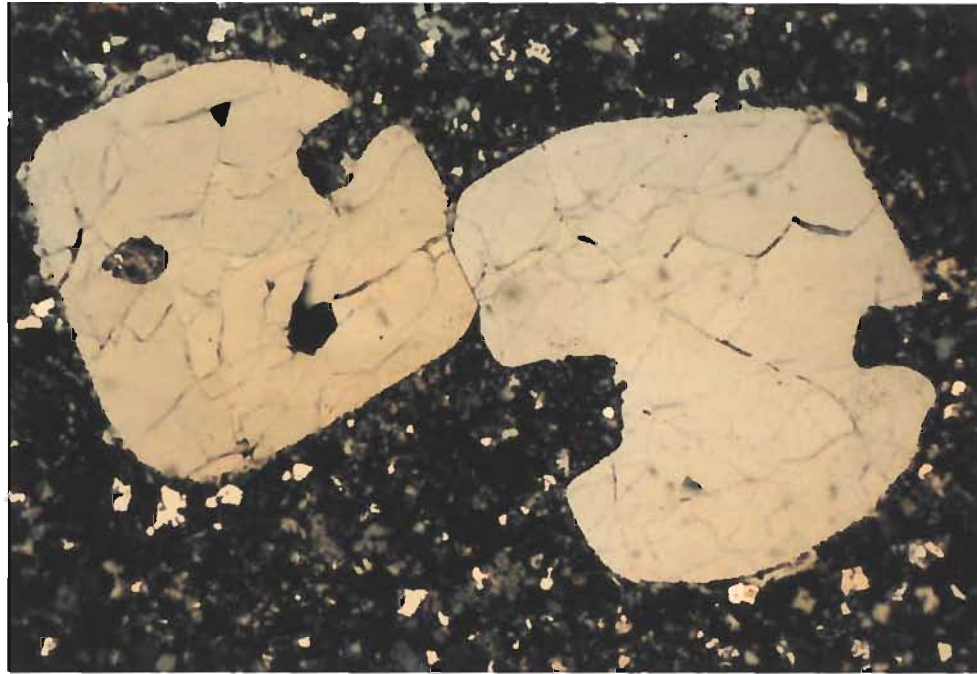
Quarz-Einsprenglinge treten überwiegend in der Form von Einzelkristallen auf. Sie sind stark korrodiert.

Die idiomorphen bis hypidiomorphen Feldspat-Einsprenglinge sind häufig anzutreffen. Zonar gebaute Plagioklase sind zu beobachten. Die Feldspat-Einsprenglinge sind mehr oder weniger umgewandelt. Bei dem Umwandlungsprodukt soll es sich um Kaolinit und/oder Sericit handeln.

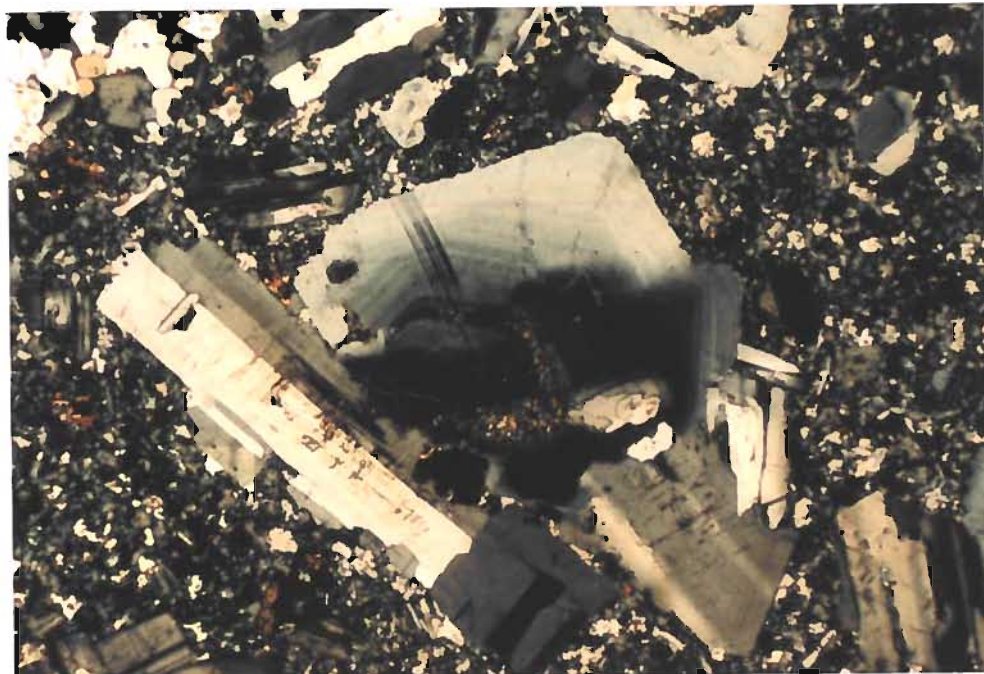
Die Biotit-Einsprenglingskristalle sind teilweise abgeknickt und randlich ausgeblättert. Sie sind häufig chloritisiert und vererzt.

In den Dünnschliffbildern der Abbildungen 6 und 7 sind vor allem die korrodierten Quarz und die idiomorphen bis hypidiomorphen Feldspäte mit ihren Umwandlungserscheinungen zu erkennen. Die Grundmasse wird bei der benutzten Vergrößerung praktisch nicht "aufgelöst", obwohl sie vollständig kristallin ist.





**Abbildung 6 (X Nicols, Bildbreite 3.35 mm).**



**Abbildung 7 (X Nicols, Bildbreite 3.35 mm).**

### 1.5. KUHKOPF (KIRCHHEIMBOLANDEN)

Das Kuhkopf-Massiv liegt NNE des Donnersberges, unmittelbar westlich von Kirchheimbolanden und nimmt eine Fläche von etwa 11 km<sup>2</sup> ein.

Das stratigraphische Intrusions-Niveau dieses Eruptivgesteinskörpern soll von NE nach SW hin ansteigen.

Aufgrund der geologischen Karte, s. Ausschnitt in Abb. 1, kann dieser Rhyolith - die chemischen Untersuchungen weisen ihn als Rhyodacit aus - mit aller Vorsicht verstanden werden als Intrusivkörper zwischen den Sedimenten der Tholey- und Lebach-Gruppe im N und den Sedimenten des Oberrotliegenden im S. Von dem Rhyodacit seinerseits wird der aufgeschlossene Teil des Palatinits zwischen dem Kleinen Krenberg und dem Hermanns-Kopf, auch Brunnenberg-Andesit genannt, umschlossen. Die Kontakterscheinungen bis hin zu Eisenerzbildungen, die im Zusammenhang damit stehen, wurden von HINZMANN (1987) beschrieben.

Eine petrographische und geochemische Untersuchung wurde von ARIKAS (1986) durchgeführt.

Der Kuhkopf-Rhyolith besitzt eine feinkristalline Grundmasse, die überwiegend aus reinem Kalifeldspat und Quarz besteht und ist durch Fe(III)-Oxide stark pigmentiert. In der Grundmasse ist das Fließgefüge oft gut erkennbar.

Bis 2.5 mm große Kalifeldspat-Einsprenglinge sind zumeist vom Serizit oder auch vom Kaolinit pseudomorphosiert.

In frischeren Proben sind zahlreiche, opalitisierte Pseudomorphosen anzutreffen, die zum großen Teil von ehemaligen Amphibolen stammen sollen (ARIKAS, 1986).

Erste Fließgefüge-Untersuchungen wurden von HANEKE (1987) durchgeführt. Einzelmessungen des planaren Gefüges an SW-Rand im Kuhkopf-Massiv zeigen, daß es dort in etwa parallel zur Grenze zwischen dem Magmatit und dem Nebengestein verläuft, hierdurch verursacht wird eine intensive Klüftung mit variablen Dimensionen im cm- bis dm-Bereich.

#### Vergleich Kuhkopfrhyodacit und Brunnenbergpalatinit

Der basische bis intermediäre Intrusivkörper (Palatinit) ist allseitig vom Kuhkopfrhyodacit umschlossen und zeigt einen unregelmäßigen Umriß (JUNG, 1967). Der direkte Kontakt ist im Eisensteiner Wald aufgeschlossen. Die Gesteine werden in der sogenannten "Randfazies" dicht, sehr feinkörnig und dünnplattig (HINZMANN, 1987).

Während der Palatinit vom Brunnenberg eine dunkel graue Eigenfarbe besitzt, sind bei dem Kuhkopfrhyodacit hellgraue und bräunliche Farbtöne zu beobachten.

Nach Untersuchungen von HINZMANN (1987) ist der Palatinit vom Brunnenberg mit steilstehenden Klüften charakterisiert, die auch horizontal verlaufen.

### 1.6.LEMBERG

Der Lemberg liegt ca. 10 km südwestlich von Bad Kreuznach und erhebt sich am S-Ufer der Nahe zwischen den Orten Oberhausen/Nahe und Feilbingert. Die Flanken steigen mit Ausnahme des SE-Hangs zunächst steil an, verflachen jedoch ca. 200 m oberhalb der Nahe zunehmend, so daß der Gipfelbereich eine weitgespannte Kuppe bildet.

Geologisch gehört das Gebiet in den Grenzbereich zwischen Pfälzer Sattel und Nahe Mulde. Der Lemberg selbst bildet den Kern einer Spezialaufwölbung, die sich im wesentlichen aus Sedimenten des Unterrotliegenden aufbaut. Am Westhang des Lembergs bis über die Nahe (Bahneinschnitt) grenzt das Eruptivgestein an Schichten des obersten Karbon (Breitenbacher Schichten) (REE, 1956). Im S und SE wird der Kontakt zu Sedimenten der Mittleren Kuselgruppe und an zwei Stellen im W zur Unteren Kuselgruppe beobachtet. Daraus kann geschlossen werden, daß dieses Rhyolithvorkommen in Sedimente des Oberkarbon und Unter-Rotliegenden intrudierte, s. Kartenausschnitt der Abb. 5. In der geologischen Karte wird deutlich zwischen zwei Eruptivgesteinskörpern unterschieden, einem sauren Magmatit im Kern und einem intermediären bis basischen Intrusivgestein in der direkten Umrandung.

Der Vulkanismus ist zeitlich und räumlich an die saalische Phase der ausklingenden varistischen Orogenese gebunden, welche in der Saar-Nahe-Senke zu einem weitgespannten Sattel- und Muldenbau der Trogfüllung führte (VINX, 1974).

Die Eruptivgesteine des Lembergs wurden von LASPEYRES (1867), LOSSEN (1883), REIS & SCHUSTER (1920), HELLMERS (1930), SCHOLZ (1933), REE (1956), VINX (1974) und URBAN (1981) untersucht.

Eine geologisch-petrographische Kartierung des Lembergs wurde von REE (1956) durchgeführt. Nach seinen Untersuchungen treten folgende Eruptivgesteine auf:

Permischer Rhyolith (Quarzporphyr),  
permischer Rhyodacit (Quarzbiotitporphyr) und  
permischer Leuko-Rhyodacit.

VINX (1974) beschreibt die Gesteine der Lemberg-intrusion als nahezu kontinuierliches Spektrum von andesitischen Gesteinen (Palatinit) über mengenmäßig dominierende Dacite bis hin zu Rhyolithen und aplitischen Restdifferentiaten.

Nach VINX sind zwei Arten von Dacit im N-Bruch zu unterscheiden, eine zirkonreiche, dunkelgraue Varietät mit feinkörniger Grundmasse und eine zirkonarme, hellgraue mit relativ grobkörniger Grundmasse.

Das Gefüge des zirkonreichen Dacits ist ausgeprägt porphyrisch. Die Einsprenglinge bestehen aus Plagioklas, Ortho- und Klinopyroxen, Biotit, Amphibol und Magnetit. Der Einsprenglingsdurchmesser beträgt zwischen 0.1 und 10.0 mm. Die Grundmasse besteht zur Hauptsache aus einem granophyrisch verwachsenen Quarz-Alkalifeldspat-Gemenge.

Das Gefüge bei den zirkonarmen Daciten ist schwach porphyrisch. Einsprenglinge sind Plagioklas, Pyroxen und Biotit. Die Grundmasse besteht im wesentlichen aus Alkalifeldspat, Quarz und Plagioklas.

Der Rhyolith im S-Bruch ist rötlichbraun bis gelbbraun. In frischem Zustand sondert er in Form metergroßer

Quader ab (VINX, 1974). Das Gefüge ist gleichkörnig bis andeutungsweise porphyrisch. Sowohl Plagioklas als auch Alkalifeldspat kommen mit Quarz in granophyrischen Verwachsungen vor.

Die von uns chemisch und röntgenographisch (Phasenanalyse) untersuchten Gesteinsvarietäten stammen aus dem M- und S-Bruch der Kirner Hartsteinwerke. Im Vergleich mit den meisten anderen Eruptivgesteinen des Saar-Nahe-Gebietes sind diese ungewöhnlich frisch, was sich in niedrigen H<sub>2</sub>O-Gehalten und fehlenden (meistens) normativen Korundgehalten widerspiegelt. Aufgrund des SiO<sub>2</sub>-Gehaltes handelt es sich bei der einen (hellen) Varietät um einen SiO<sub>2</sub>-ärmeren Rhyolith, bei der anderen (dunklen) Varietät um einen Rhyodacit. Die von VINX (1974) beobachteten Inhomogenitäten im Sinne von Übergängen wurden auch von uns beobachtet, bei den frischeren Proben allerdings in relativ kleinem Bereich, s. S. 128 ff.

Der Mineralbestand wurde mit Hilfe von Pulverdiffraktometeraufnahmen bestimmt:

Lemberg I - Rhyolith:

Quarz + Sanidin + Plagioklas + Biotit dazu  
akzessorisch (optisch bestimmt): Erz, Apatit,  
Rutil u. Chlorit u. Sericit/Kaolinit als  
Umwandlungsprodukte.

Lemberg II - Rhyodacit:

Plagioklas + Quarz + Sanidin + Biotit + Klinopyroxen dazu akzessorisch die gleichen Minerale wie bei Lemberg I.

### 1.7. APLITE

Aplite treten ausschließlich in den sogenannten Palatiniten auf. Repräsentativ und besonders gut aufgeschlossen sind die in dem Steinbruch der "Wolfsmühle".

Dieser Steinbruch befindet sich 2 km ESE von Becherbach, 8 km N von Niederkirchen im Niederkirchener Massiv.

Als Bezeichnung für das Gestein des Vorkommens wurden von früheren Autoren Olivin-Tholeytit (AMMON, 1903), tholeytischer Gabbrodiabas SCHUSTER (1906), HELLMERS (1930) benutzt. Von JUNG (1967) wurde für diese intrusiven intermediären bis basischen Gesteine der Begriff Palatinit übernommen. Erste ausführliche Untersuchungen an den Apliten erfolgten durch JUNG (1967).

In diesem Steinbruch ("Wolfsmühle") dominieren rötliche, mittelkörnige Aplite mit "granitischem" Aussehen und diffusen Übergängen in den Palatinit. An anderer Stelle wurde grau-grünliche Aplite beobachtet, die in der Übergangszone große Kristalle von Ilmenit und Hornblende(?) zeigen.

Typisch für alle Aplite ist der Mineralbestand aus Alkalifeldspat, Quarz, Plagioklas und wenig Biotit, dazu Erz und andere Akzessorien.

Von JUNG (1967) wurden die Aplite als Differentiationsprodukte (Restschmelze) der Palatinite diskutiert. Zweifel daran ergeben sich aufgrund der makroskopischen Beobachtungen, die für assimilierte Rhyolith-Fragmente mit Aufschmelzungserscheinungen in den Randpartien und Rekristallisationen im Innern der Fragmente spricht. Diese Untersuchung sollte u.a. Klarheit über ihre Genese schaffen.

## 2.0. UNTERSUCHUNGSMETHODEN

### 2.1. PROBENNAHME

In Ergänzung der umfangreichen analytischen Untersuchungen von ARIKAS (1986) an den Vorkommen Donnersberg, Königsberg, Bad-Kreuznach, Nohfelden und Kirchheimbolanden wurden eigene Untersuchungen an den Gesteinen vom

LEMBERG I und II  
KUHkopf -EISENSTEIN und an  
APLITEN DER "WOLFSMÜHLE"

durchgeführt.

Um die Homogenität und den Variationsbereich der Gesteine überprüfen zu können, wurden von jedem untersuchten Vorkommen eine größere Anzahl an Proben entnommen. Bei der Probennahme wurde berücksichtigt:

- Die makroskopisch erkennbare Homogenität.
- Keine Probennahme in tektonischen Störungszonen und Gangzonen.
- Für jede Probe eine Masse von 2-6 kg.

### 2.2. PROBENAUFBEREITUNG

Die Verunreinigungen (Staub, Bodenreste etc.) der Gesteinsstücke wurden mit einer Bürste entfernt, anschließend wurden sie mit Wasser gereinigt und bei Zimmertemperatur 2 Tage getrocknet. Danach wurden von der Probe, die für die weitere Untersuchungen ausgewählt wurden mit einer



hydraulischen Presse Teilstücke von etwa 300 g (ohne Verwitterungskruste) entnommen und im Backenbrecher zerkleinert. Die weitere Zerkleinerung (Mahlen 125 bis 63  $\mu\text{m}$   $\phi$ ) der Proben erfolgte in einer Scheibenschwingmühle mit einem Wolframcarbideinsatz.

Die homogenisierten Proben (etwa 250 g) wurden in Glasflaschen für die weitere Untersuchungen aufbewahrt.

### 2.3. RÖNTGENOGRAPHISCHE PHASENANALYSE

Die qualitativen Bestimmungen der kristallinen Phasen erfolgten mit Hilfe röntgenographischer Pulveraufnahme am automatischen Pulver-Diffraktometer (APD 15) der Firma Philips (Generatorspannung = 45 kV, Stromstärke = 25 mA, monochromatische  $\text{CuK}\alpha$ -Strahlung = 1.54178 Å).

Die gemörserten Proben wurden in Präparathaltern (Messingträger in Aluminiumhalterung) mit konstanter Präparatfläche und Tiefe der Proben-ausfräsung unter möglichst gleichen Bedingungen gefüllt. Es wurde darauf geachtet, daß bei der Herstellung der möglichst texturfreien Präparate kein Messing durch das Probenpulver verrieben wurde.

Quantitative Messungen erfolgten mit einem "line profile"-Programm zur Unterscheidung der Quarz-, Alkalifeldspat- (Nachweis von zwei Alkalifeldspat-Phasen) und Plagioklas-Interferenzen in dem  $2\theta$ -Bereich von 19.5 bis 22.5° für  $\text{CuK}\alpha$ -Strahlung.

Das Ergebnis: s. auch Tabelle 1.

Rhyolith vom Donnersberg:

In den untersuchten Proben liegen

2 Alkalifeldspat-Phasen und etwas Plagioklas vor.

Rhyodacit vom Kuhkopf:

In den untersuchten Proben liegt nur

1 K-reiche Alkalifeldspat-Phase ohne Plagioklas vor.

Rhyolith/Rhyodacit vom Lemberg:

In den untersuchten Proben liegen

1 Alkalifeldspat-Phase und Plagioklas vor.

Aplite:

In den untersuchten Proben liegen

1 extrem K-reiche Alkalifeldspat-Phase und Plagioklas vor.

Tab. 1: Ergebnis der Röntgenographischen Phasenanalyse, d-Werte in Å.

Probe	d-Wert ( $\bar{2}01$ ) K-Fdsp.	d-Wert ( $\bar{2}01$ ) AK-Fdsp.	d-Wert ( $\bar{2}01$ ) Plag.	
DO-ST1	4.21 (16% Ab)	4.18 (32% Ab)	----	Donnersberg
DO-KS1	4.21 (16% Ab)	4.19 (26% Ab)	4.04	
DO-TU2	4.21 (16% Ab)	4.18 (32% Ab)	4.03	
EA-1	4.21 (16% Ab)	----	----	Kuhkopf
EA-7	4.21 (16% Ab)	----	----	
EN-M8	4.21 (16% Ab)	----	----	
LB-O1	----	4.19 (26% Ab)	4.03	Lemberg
LB-WE1	----	4.19 (26% Ab)	4.02	
LB-WE7	----	4.19 (26% Ab)	4.03	
LB-WE2	----	4.19 (26% Ab)	4.03	
WM-M9	4.24 (2% Ab)	----	4.04	Aplite
WM-M10	4.24 (2% Ab)	----	4.03	
WM-M11	4.24 (2% Ab)	----	4.03	
WM-M12	4.24 (2% Ab)	----	4.03	
WM-M15	4.23 (8% Ab)	----	4.02	

#### 2.4. SCHMELZAUFSCHLÜSSE MIT DI-LITHIUMTETRABORAT

(Zur Bestimmung von Hauptkomponenten

mit der RFA)

0.8 g Probensubstanz und 4.8 g di-Lithiumtetraborat ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) wurden in einem Porzellantiegel eingewogen und mit einem Glasstab gut homogenisiert, anschließend quantitativ in einen Pt-Tiegel überführt. Danach wurde der Pt-Tiegel in den Ofen gegeben.

Der Schmelzvorgang erfolgte an einem Gerät SOL-X. Die Parameter des ausgewählten Programms für die Schmelzaufschlüsse:

Vorheizphase bei  $900^\circ\text{C}$  = 6 Min.

Schmelzphase bei  $1000^\circ\text{C}$  = 12 Min.

Ausgießen in Pt-Schale = 45 Sec.

Kühlung = 3 Min.

Nach der Beendigung des Schmelzvorganges wird die Tablette aus der Schale durch leichtes Aufklopfen entfernt und bis zu den Messungen in Plastikdöschen aufbewahrt.

#### 2.5. PULVERTABLETTEN

(Zur Bestimmung von Spurenelementen

mit der RFA)

Je 6 g Proben in Plastikdöschen eingewogen und in einen Mörser gegeben. Mit einem Spatel wurden mehrere kleine Vertiefungen in das Pulver gemacht u. dahinein 18 Tropfen Epoxidharz (=Scandiplex A), 12 Tropfen Härter (=Scandiplex B) gegeben. Die Mischung wurde unter leichtem Druck homogenisiert

(ca. 10 Min.), anschließend in eine Preßform gefüllt und unter einem Druck von 7 t gepreßt. Diese Pulvertabletten wurden bei 50°C in einem Ofen 1 Tag getrocknet und bis zu den Messungen in Plastikdöschen aufbewahrt.

#### 2.6. H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>-BESTIMMUNG

1 g Probensubstanz wurde bei 105 - 110°C in einem gewichtskonstant getrockneten Porzellantiegel im Trockenschrank 3 Stunden erhitzt. Der Porzellantiegel mit der getrockneten Probe wurde in einen Exsikkator gestellt und nach 30 Min. Abkühlungszeit gewogen, danach nochmals 2 Stunden im Trockenschrank erhitzt, um eine konstante Gewichtsabnahme zu erhalten.

Der H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>-Gehalt der Probe wurde in Gew.-% bestimmt:

$$\frac{\text{mg Gewichtsverlust} * 100}{\text{mg Einwaage}} = \text{H}_2\text{O}^- \text{ Gew.-%}$$

#### 2.7. GLÜHVERLUST-BESTIMMUNG

Für die Bestimmung des Glühverlustes wurde derselbe Porzellantiegel mit der vor getrockneten Probe (bei 105 - 110°C) bei 1000°C in einem Ofen 3 Stunden lang geglüht, bis das Gewicht der Probe konstant blieb. Nachdem der Porzellantiegel mit der Probe im Exsikkator abgekühlt war, wurden diese gewogen und die Berechnung des Glühverlustes in Gew.-% durchgeführt.

2.8. FLUßSÄURE/SCHWEFELSÄURE-AUFSCHLUß  
(Für die Fe(II)/Fe(III)-Bestimmung)

Fe(II)-Bestimmung erfolgte mit einer naßchemischen Methode, wobei Fe(II) mit Kaliumpermanganat nach folgender Gleichung reagiert:



100 g Probe wird in einem Pt-Tiegel eingewogen und mit einer Lösung (5ml bidest. H<sub>2</sub>O + 5ml Flußsäure + 5ml Schwefelsäure) versetzt und sofort ein Deckel aufgelegt. Der Aufschluß erfolgt auf dem Sandbad mit einer Aufschlußzeit von 15 Min. Nach der Aufschlußzeit wird die Lösung schnell und quantitativ in einen Kolben gespült, in dem sich bereits 35 - 40 ml gesättigte Borsäure und 6 ml 85 %ige Phosphorsäure befinden. Durch die Borsäure wird die Flußsäure als Tetrafluoroborat komplexiert. Phosphorsäure bildet mit dem Fe(III) einen farblosen Komplex, sodaß diese Färbung von Fe(II) bei der Indikation nicht stört [es verhindert gleichzeitig die Oxidation des Mn(II)-Ion zu Permanganat]. Dann wird mit 0.02 N Kaliumpermanganat bis zur ersten, beständigen Rosafärbung titriert.

Die FeO-Berechnung erfolgte nach der Formel:

$$\frac{\text{ml KMnO}_4 * \text{Faktor(KMnO}_4) * 1.437 * 100}{\text{mg Einwaage}} = \text{FeO Gew.-%}$$

Der Faktor der Meßlösung wurde mit einer vorgefertigten Fe(II)-Sulfat-Lösung (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) mit gleichen Zusätzen ermittelt.

Nach folgender Formel wird der Fe(III)-Gehalt ermittelt:

$$\%Fe_2O_3 \text{ (RFA)} - (\%FeO * 1.1114) = \%Fe_2O_3$$

Das geschieht in der Weise, daß der Fe(II)-Anteil mit dem Faktor 1.1114 (Umrechnungsfaktor in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) multipliziert und vom Gesamteisengehalt abgezogen wird.

### 2.9. CO<sub>2</sub>-BESTIMMUNG

Die CO<sub>2</sub>-Bestimmung wurde gravimetrisch durchgeführt. 500 mg Probensubstanz wurden in einem Reagenzglas mit 5 ml dest. H<sub>2</sub>O und 10 ml 6N HCl versetzt und erhitzt. Das freigesetzte CO<sub>2</sub> der Probe wurde durch Stickstoff in ein Absorptionsröhrchen, in dem es an Natriumhydroxid (Natronasbest) gebunden wird ( $2NaOH + CO_2 \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$ ), geleitet. Das bei dieser Reaktion freigesetzte H<sub>2</sub>O wird durch eine wasseraufnehmende Substanz (z.B. Magnesiumperchlorat) abgefangen.

Die CO<sub>2</sub>-Menge wurde aus der Differenz der Wägungen des Absorptionsröhrchen vor und nach der CO<sub>2</sub>-, H<sub>2</sub>O-Aufnahme ermittelt.

Die eventuell bei der Reaktion entstehenden gasförmigen Verbindungen (z.B. Schwefelwasserstoff) wurden durch eine Kupfersulfatlösung entfernt.

### 2.10. H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-BESTIMMUNG

Die Bestimmung des H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-Gehaltes erfolgte mit Hilfe des Glühverlustes der Proben. Dabei muß eine Korrektur vorgenommen werden:

$$GV - H_2O - CO_2 + (FeO * 1.1114 - FeO) = H_2O^+ \text{ Gew.}\%$$

### 2.11. HAUPT- UND SPURENELEMENTGEHALTE

Die Haupt- und Spurenelementgehalte der untersuchten Proben (mit Ausnahme derer vom Lemberg) wurden mit einem Röntgenfluoreszenz-Spektrometer (Philips PW 1404) unter Anleitung von Herrn Dr. Schulz-Dobrick und Programmen, wie sie im Institut für Geowissenschaften der Johannes-Gutenberg-Universität benutzt werden, durchgeführt.

Die Hauptelementgehalte der Proben vom Lemberg wurden im Zusammenarbeit mit Herrn Kost naßchemisch bestimmt.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen sind in Tabellen I - III des Anhangs aufgelistet.

### 3.0. GRAPHISCHE DARSTELLUNGEN DER VARIATIONEN IM CHEMISMUS

#### 3.1. H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>-, CO<sub>2</sub>-, FeO-, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-GEHALTE, ANZAHL AN RHYOLITHEN, ANALYTISCHE MESSFEHLER, SEKUNDÄRE VERÄNDERUNGEN

Typisch für alle untersuchten Rhyolithe ist, daß die primären Magmen und deren Kristallisationsprodukte durch sekundäre Vorgänge in ihrem Chemismus und Mineralbestand verändert wurden.

Alle Rhyolithe enthalten wechselnde H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-Gehalte, die in Kaolinit/Sericit-Anteilen gebunden sind.

In allen Rhyolithen wurde das FeO mehr oder weniger vollständig zu Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxidiert, was den Zerfall des Biotits zur Folge hatte.

Für den Vergleich der verschiedenen Analysen eines Vorkommens und für den Vergleich der Durchschnittsanalysen der verschiedenen Vorkommen wurden alle Analysen deshalb zunächst

$$\text{H}_2\text{O}^+ \text{-}, \text{H}_2\text{O}^- \text{- und CO}_2 \text{-frei mit} \\ \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 / 1.1114 = \text{FeO}_{\text{gesamt}}$$

und auf 100 Gew.% normiert umgerechnet. Dabei wurden alle Analysen der ausgewählten Vorkommen und sämtliche Rhyolith-Analysen des Saar-Nahe-Gebietes von ARIKAS (1986) berücksichtigt. Die verschiedenen Rhyolith-Komplexe des Saar-Nahe-Gebietes sind:



	<u>Abkürz.</u>	<u>Anz. der Analysen</u>
Rhyolith vom Donnersberg	DO	38
Rhyolith vom Kuhkopf (Kirchheimbolanden)	KU	49
Rhyolith vom Königsberg	KÖ	21
Rhyolith von Kreuznach	KR	76
Rhyolith von Nohfelden A	NO-A	38
Rhyolith von Nohfelden A,K-reich	NO-A(K)	9
Rhyolith von Nohfelden B	NO-B	64
Rhyolith von Nohfelden C	NO-C	31
Rhyolith vom Lemberg	LB	37
Dazu kommen		
Aplite von Palatiniten	A	25

Im Falle homogener Magmen und homogener Kristallisation ohne sekundäre Veränderungen sind die bei statistischer Betrachtung auftretenden Variationen allein auf analytische Meßfehler zurückzuführen. Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit ergaben für die einzelnen Komponenten folgende Standardabweichungen und Variationskoeffizienten am Beispiel der Analysen einer Donnersbergprobe (DO-TU2).

Tabelle 2: Standardabweichungen und Variationskoeffizienten für die Meßgenauigkeit der Hauptkomponenten in der Probe DO-TU2(RFA).

Komponenten	MW	s'	V
SiO <sub>2</sub>	74.82	± 0.2 Gew.-%	0.25 %
TiO <sub>2</sub>	0.08	± 0.004 Gew.-%	5 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.79	± 0.15 Gew.-%	1 %
FeO <sub>ges.</sub>	0.78	± 0.035 Gew.-%	5 %
MgO	0.41	± 0.020 Gew.-%	5 %
CaO	0.53	± 0.025 Gew.-%	5 %
Na <sub>2</sub> O	3.00	± 0.15 Gew.-%	4 %
K <sub>2</sub> O	5.50	± 0.20 Gew.-%	3 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	± 0.002 Gew.-%	5 %

Bei stärkeren Abweichungen in der Standardabweichung haben sekundäre Veränderungen stattgefunden. Dies können sein:

#### A. ASSIMILATION VON GESTEINSFRAGMENTEN MIT ANDESITISCHEM CHEMISMUS

Da Andesite in der Differentiationsreihe eine höhertemperierte Position einnehmen, kommt es bei der Assimilation entsprechender Gesteinsfragmente durch ein rhyolithisches Magma zu keiner Aufschmelzung, sondern nur zu Reaktionen. Daran beteiligt sind außer H<sub>2</sub>O-Anteilen K-Feldspat- und Albit-Komponenten. Die schematischen Mineralreaktionen sind:

Klinopyroxen + Orthopyroxen + Quarz-Komp. + H<sub>2</sub>O-Komp.  
—————> Hornblende (sec. Chlorit)

Orthopyroxen + K-Feldspat-Komp. + H<sub>2</sub>O-Komp.  
—————> Biotit + Quarz (sec. Chlorit)

An-reicher Plagioklas + Albit-Komp.  
—————> An-ärmer Plagioklas

Derartige Assimilationsreaktionen sind auf den Bereich der Fremdgesteinsfragmente beschränkt, sie sind makroskopisch erkennbar und werden u.a. für das Kreuzbacher Massiv von ARIKAS beschrieben. Entsprechende Analysen dieser kontaminierten Rhyolithproben sind bei ARIKAS berücksichtigt und werden auch bei unseren Diskussionen mit einbezogen.

Chemisch sind bei solchen Prozessen eine Abnahme der SiO<sub>2</sub>- und K<sub>2</sub>O-Gehalte bei gleichzeitiger Zunahme der TiO<sub>2</sub>-, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-, FeO<sub>ges.</sub>-, MgO- und CaO-Anteile zu erwarten.

Wegen des bimodalen Vulkanismus im Saar-Nahe-Gebiet ist vor allem mit "Mischgliedern" zwischen Andesiten und Rhyolithen zu rechnen. Auch andere Assimilationserscheinungen, z.B. von Sedimenten, die im Prinzip von analoger Art sind und auch zu Reaktionen führen, sind makroskopisch erkennbar. Sie bleiben bei diesen vergleichenden Betrachtungen unberücksichtigt.

## B. KRISTALLISATIONSDIFFERENTIATION

Die  $\text{SiO}_2$ -reichen Rhyolithe können als Endglieder einer Differentiationsreihe verstanden werden. Phänokristalle von Plagioklas, Alkalifeldspat, Quarz und/oder Biotit zeigen dennoch einen, wenn auch kleinen Temperaturbereich in der Kristallisation und damit die grundsätzliche Möglichkeit der gravitativen Kristallisationsdifferentiation an. Wegen der hohen Viskosität rhyolitischer Magmen und der nach dem Aufsteigen spontanen Kristallisation bzw. "glasartigen" Erstarrung mit anschließender Kristallisation, werden derartige Prozesse nach der endgültigen Platznahme der Magmen keine Rolle spielen.

In Magmenreservoirs mit beginnender Kristallisation kann bei entsprechend langer Zeit jedoch mit solchen Prozessen gerechnet werden.

Makroskopisch und mineralogisch sind solche Vorgänge in der mehr oder weniger starken Häufung von Phänokristallen zu erkennen, die nach dem Aufdringen der Magmen eine heterogene, z.B. schlierenförmige Verteilung zeigen. In diesen Bereichen sind Plagioklas, Alkalifeldspat, Quarz und/oder Biotit im Vergleich zu den homogenen Partien angereichert. Bei unterschiedlichen makroskopischen Erscheinungsformen sind hier ähnliche chemische Veränderungen wie bei der Assimilation von andesitischem Material zu erwarten, bei Berücksichtigung der Probenbeschreibung jedoch zu unterscheiden.

Für unsere Diskussion von besonderem Interesse ist die selektive An- bzw. Abreicherung einzelner Mineralarten, das gilt vor allem für den Biotit. Dieser Vorgang gibt sich chemisch durch Variationen beim  $\text{FeO}_{\text{ges.}}$  und  $\text{MgO}$  zu erkennen.

### C. K-METASOMATOSE

Charakteristisch für fast alle rhyolithische und intermediäre Eruptivgesteine des Saar-Nahe-Beckens sind starke Variationen in den  $K_2O$ -,  $Na_2O$ - und  $CaO$ -Gehalten, wobei bei Zunahme an  $K_2O$ -Anteilen die  $Na_2O$ - und  $CaO$ -Gehalte umgekehrt proportional abnehmen. Diese Beobachtungen werden auf eine K-Metasomatose zurückgeführt, die z.B. im Zusammenhang mit Vererzungen des Types "porphyry copper" von besonderer petrogenetischer Bedeutung ist. Vergleichbare Cu-Vererzungen finden sich im Zusammenhang mit dem bimodalen Vulkanismus dieses Gebietes.

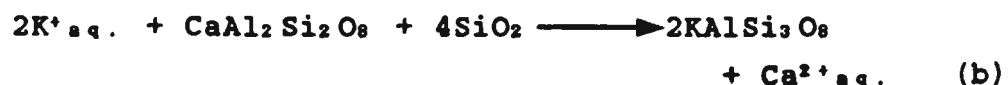
Bei der K-Metasomatose findet eine K-Anreicherung auf Kosten des feldspatgebundenen Ca und Na statt; in einer Art Austauschreaktionen werden K-Anteile zugeführt und moläquivalente Ca- und Na-Gehalte mobilisiert und abgeführt.

Die einfachste Austauschreaktion ergibt sich für die Albit-Komponente von Alkalifeldspäten oder Plagioklasen:



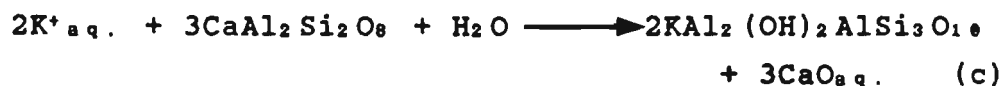
Im Falle der An-Komponente kann zwischen Reaktionen im "offenen" und "geschlossen" System unterschieden werden:

Die "allochemische" Reaktion:



Bei K- und Quarz-Zufuhr wird Kalifeldspat gebildet und Ca mobilisiert und abgeführt.

Die "isochemische" Reaktion:



Mit dieser Reaktion kann in Phänokristallen gerechnet werden, bei denen zwar  $K^+$  und  $H_2O$  zugeführt werden, während die Wegsamkeit für das  $SiO_2$  eingeschränkt ist.

Die Konsequenz dieser Sericitisierung mit fehlender "Stöchiometrie" im geforderten Ersatz von  $Ca^{2+}$  durch  $2K^+$  ist die proportionale Zunahme der normativen Korundwerte.

Dieselbe Reaktion beschreibt aber auch die oft beobachtete "Sericitisierung" von Plagioklas-Kristallen, bei denen das  $K^+$  aus dem stets vorhandenen K-Feldspatkomponenten-Anteil stammt, während allein das  $H_2O$  zugeführt und das mobilisierte  $CaO$  abgeführt werden. In Konsequenz ergibt sich auch hierbei ein Anteil an normativem Korund.

Die Alkalifeldspäte, die aus der Schmelze oder dem Glas kristallisieren, sind in Abhängigkeit von den Anteilen an Albit-Komponente Na-Sanidin oder Anorthoklas und damit die homogenen Hochtemperaturformen der Alkalifeldspatreihe. Die K-Feldspäte, die sich im Zusammenhang mit der K-Metasomatose bilden, stellen eine zweite Generation an Alkalifeldspäten dar, die K-reicher sind. Mit Hilfe der Lage der  $(\bar{2}01)$ -Interferenz sind diese zwei Generationen von Alkalifeldspäten in Pulveraufnahmen bei entsprechender Auflösung (wegen der möglichen Fast-Koinzidenz mit der  $(100)$ -Interferenz von Quarz) nachzuweisen.

In der chemischen Zusammensetzung gibt sich die K-Metasomatose durch eine Zunahme an  $K_2O$ -Gehalten bei umgekehrt proportionaler Abnahme der  $Na_2O$ - und  $CaO$ -Gehalte zu erkennen. Aufgrund der obigen Formeln (a) +

(b) sind es die Mol-Anteile, die sich hier kompensieren, was in Gew.-% ausgedrückt eine relative Zunahme an  $K_2O$  auf Kosten aller anderen Komponenten-anteile zur Folge hat. Numerisch wirkt sich das nur bei den hohen  $SiO_2$ - und  $Al_2O_3$ -Anteilen aus, bei allen anderen Komponenten kann dieser Effekt vernachlässigt werden.

Rechenbeispiele:

5 Mol-%  $K_2O$  = 4.71 Gew.-Ant.  $K_2O$  ersetzen  
2.5 Mol-%  $CaO$  = 1.42 Gew.-Ant.  $CaO$

5 Mol-%  $K_2O$  = 4.71 Gew.-Ant.  $K_2O$  ersetzen  
5 Mol-%  $Na_2O$  = 3.10 Gew.-Ant.  $Na_2O$

#### D.WEITERFÜHRENDE Ca-, Na- UND K-MOBILISATION

Für alle Analysen der Rhyolithe und intermediären Eruptivgesteine des Saar-Nahe-Gebietes ergeben die Umrechnungen in die CIPW-Norm Korundwerte, die auf

1. primäre Anteile an Mg-Fe-Al-Silikaten wie Cordierit und Almandin,
2. sekundäre Sericitisierung und/oder
3. hydrothermale Umwandlung / Verwitterung

zurückzuführen sind.

ad 1.

Ein Anteil von Almandin wurde u.a. von THEUERJAHR (1973) in einigen Rhyolith-Proben beobachtet, der Anteil war jedoch mit max. 0.5 Gew.-%, was normativen Korund-Gehalten von 0.1 - 0.3 Gew.-% entspricht, stets gering.

ad 2.

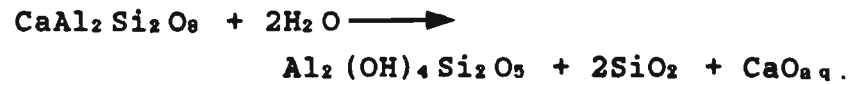
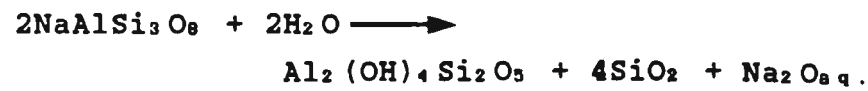
Im Zusammenhang mit der "isochemischen" Sericitisierung von Plagioklas-Phänokristallen, siehe Reaktionsgleich (c) auf Seite 38, kann sich der für normativen Korund notwendige  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Überschuß infolge CaO-Mobilisation und -Abfuhr bilden. Derartige Reaktionen unter Einbeziehung von Albit- und auch K-Feldspat-Komponenten finden bei hydrothermalen Umwandlungen in der sogenannten "phyllic zone" statt. Bei den untersuchten Rhyolithen und intermediären Eruptivgesteinen konnte jedoch Sericit weder in der optischen noch röntgenographischen Phasenanalyse nachgewiesen werden. Dennoch ist eine solche Sericitisierung der Plagioklas-Phänokristalle im Zusammenhang mit der beginnenden hydrothermalen Umwandlungen nicht auszuschließen.

ad 3.

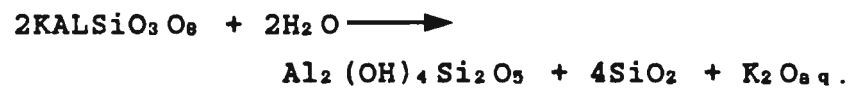
In der "argillic zone" hydrothermalen Umwandlungen findet eine weiterführende Mobilisation und Abfuhr von Ca, Na und zuletzt auch K statt, was einen relativen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Überschuß = normativen Korundgehalt zur Folge hat. Es bildet sich Kaolinit, dessen quantitativer röntgenographischer Nachweis nicht möglich ist, s.a. KÖHLER (1987); röntgenamorphe Anteile in Art von "fire-clay"-Mineral-Bildungen sind daher nicht auszuschließen. Es ist ein ähnlicher Vorgang wie bei der Kaolinitisierung der ostbayrischen Granite. Auch dort wird der direkte Übergang von Feldspat-Komponenten in Kaolinit ohne die Zwischenstufe mit Sericit beobachtet, was die "Stabilität" von K-Feldspat neben Kaolinit bedingt.



Die chemischen Reaktionen:



dazu :



Bei diesen Reaktionen bildet sich Kaolinit und Quarz,  $\text{H}_2\text{O}$  wird aufgenommen und kristallchemisch gebunden, während  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  und  $\text{K}_2\text{O}$  gelöst und abtransportiert werden. Die Veränderungen auf die chemischen Analysen zeigen folgende Rechenbeispiele:

Bei Mobilisation von 2 Gew.-%  $\text{Na}_2\text{O}$  werden  
0.55 Gew.-%  $\text{H}_2\text{O}$  als Hydroxid gebunden.

Bei Mobilisation von 2 Gew.-%  $\text{CaO}$  werden  
1.21 Gew.-%  $\text{H}_2\text{O}$  als Hydroxid gebunden.

Bei Mobilisation von 2 Gew.-%  $\text{K}_2\text{O}$  werden  
0.36 Gew.-%  $\text{H}_2\text{O}$  gebunden.

Der Einfluß auf die anderen Komponentenanteile ist dementsprechend gering und wirkt sich numerisch nur in der relativen Zunahme an  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  aus.

Die zu erwartenden Kaolinitgehalte wurden, wie bereits erwähnt, durch die Röntgen-Pulverdiffraktometrie nicht bestätigt, was entweder auf schlecht kristallisierte Anteile oder auf Mahleffekte bei der Aufbereitung zurückzuführen ist. In Korrelationsdiagrammen  $H_2O^*$ /normative Korundgehalte wird die Bindung des  $H_2O^*$  an den Kaolinit jedoch bestätigt.

#### E. MOBILISATION VON $FeO$ , $MgO$ UND $SiO_2$

Im Zusammenhang mit der Na- und Ca-Mobilisation können auch andere Komponenten -  $FeO$ ,  $MgO$  und  $SiO_2$  - mehr oder weniger stark gelöst und transportiert werden.

Das  $FeO$  wird dabei in der Regel so lange transportiert, bis es zu  $Fe_2O_3$  oxidiert wird. Dies kann innerhalb des Gesteinsverbandes - Rotfärbung der Rhyolithe - oder zur Bildung von Hämatit-Äderchen - intermediäre Eruptivgesteine - führen.

Für den Fall der Mobilisation von  $MgO$  sind keine erkennbaren "Spuren" zu erwarten, sieht man von Chloritbildungen auf Klüften ab.

Eine stärkere  $SiO_2$ -Mobilisation führt zu Kluft- und Drusenfüllungen mit Quarz, was lokal, allerdings nur bei den intermediären Eruptivgesteinen beobachtet wird. Nur für solche Bereiche muß mit starken Veränderungen in den absoluten  $SiO_2$ -Gehalten gerechnet werden.

In einer Reihe von Analysen werden "extreme"  $SiO_2$ -Gehalte beobachtet, die deutlich über den höchsten  $SiO_2$ -Werten von ca. 76 Gew.-% in Rhyolithen liegen. Diese Zunahme kann entweder als Silifizierung, zu deren Ursache und Wirkung es keine Vorstellungen gibt, oder als relative Anreicherung infolge intensiver

Mobilisation der anderen Komponenten (mit Ausnahme von  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) verstanden werden.

Zusammenfassend ergeben sich folgende chemische Veränderungen der absoluten Gehalte bei den diskutierten sekundären Umwandlungen.

Prozesse	Zunahme	Abnahme
Assimilation von Andesit	$\text{TiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{FeO}_{\text{ges.}}$ , $\text{MgO}$ , $\text{CaO}$ , $\text{H}_2\text{O}^+$	$\text{SiO}_2$ , $\text{K}_2\text{O}$
Kristallisations- differentiation ("kristalliner Rest")	$\text{TiO}_2$ , $\text{Al}_2\text{O}_3$ , $\text{FeO}_{\text{ges.}}$ , $\text{MgO}$ , $\text{CaO}$ in Phänokrist.	$\text{SiO}_2$ , $\text{K}_2\text{O}$ , $\text{H}_2\text{O}$ (Anreicherung in "Restschmelze")
K-Metasomatose ("potassic zone")	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{CaO}$ , $\text{Na}_2\text{O}$
Weiterführende Ca- und Na-Mobilisation ("phyllic zone" u. "argillic zone")	$\text{H}_2\text{O}^+$ norm. Korund	$\text{CaO}$ , $\text{Na}_2\text{O}$ , ( $\text{K}_2\text{O}$ )
Mobilisation von $\text{FeO}$ , $\text{MgO}$ u. $\text{SiO}_2$		$\text{FeO}$ , $\text{MgO}$ , $\text{SiO}_2$

### 3.2. HÄUFIGKEITSVERTEILUNGEN, MITTELWERTE, STANDARDABWEICHUNGEN

#### HÄUFIGKEITSVERTEILUNGEN

In Histogrammen wird die Häufigkeitsverteilung für die chemischen Hauptkomponenten nach der Methoden von BARTH, CORRENS & ESKOLA (1939) dargestellt. Auf der Ordinate der Histogramme ist die Häufigkeit in % der in ein bestimmtes Intervall fallenden Meßwerte - dargestellt auf der Abzisse - aufgetragen.

In ergänzenden Korrelationsdiagrammen sind die  $H_2O^+$ -Werte gegen die normativen Korundgehalte (CIPW) der Originalanalysen aufgetragen.

#### MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN

Die Mittelwerte wurden nach folgender Formel ermittelt:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

$\bar{X}$  = Mittelwert aus allen Meßwerten

n = Anzahl der Einzelbestimmungen

$X_i$  = Einzelmeßwert

Für die Standardabweichung gilt:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

### 3.2.1, DONNERSBERG

In der Abbildung 8 sind die Histogramme der Rhyolithanalysen vom Donnersberg (n= 38) - H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>- und CO<sub>2</sub>-frei mit FeO<sub>tot</sub> - und in einem Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/normativer Korund der Originalanalysen dargestellt.

SiO<sub>2</sub>       $\bar{X}$  = 75.75 Gew.-%      S = 0.31 Gew.-%

Das ausgeprägte Maximum des Histogrammes bei 75.8 Gew.-% mit den geringen Variationen zeigt an, daß hier ein weitgehend homogenes Ausgangsmagma vorgelegen haben muß. Wegen des hohen SiO<sub>2</sub>-Gehaltes kann dieser Rhyolith als Endglied der Differentiationsreihe bzw. als niedrigstemperierte Schmelze der Anatexis verstanden werden.

Bei den Durchschnittsanalysen für rhyolitische und granitische Gesteine nach NOCKOLDS (1954) werden diese SiO<sub>2</sub>-Gehalte nicht erreicht.

Die Standardabweichung mit 0.31 Gew.-% liegt etwas höher als die der analytischen Meßgenauigkeit, was im Zusammenhang mit der asymmetrischen Verteilung für relative Veränderungen durch Variationen bei anderen Komponenten spricht. Die absoluten Gehalte an SiO<sub>2</sub> bleiben, um es noch einmal zu betonen, trotz des großen Volumens dieses Vorkommens erstaunlich konstant.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>       $\bar{X}$  = 14.24 Gew.-%      S = 0.17 Gew.-%

Das noch ausgeprägtere Maximum mit der symmetrischen Verteilung im Histogramm spricht ebenfalls für ein homogenes Magma.

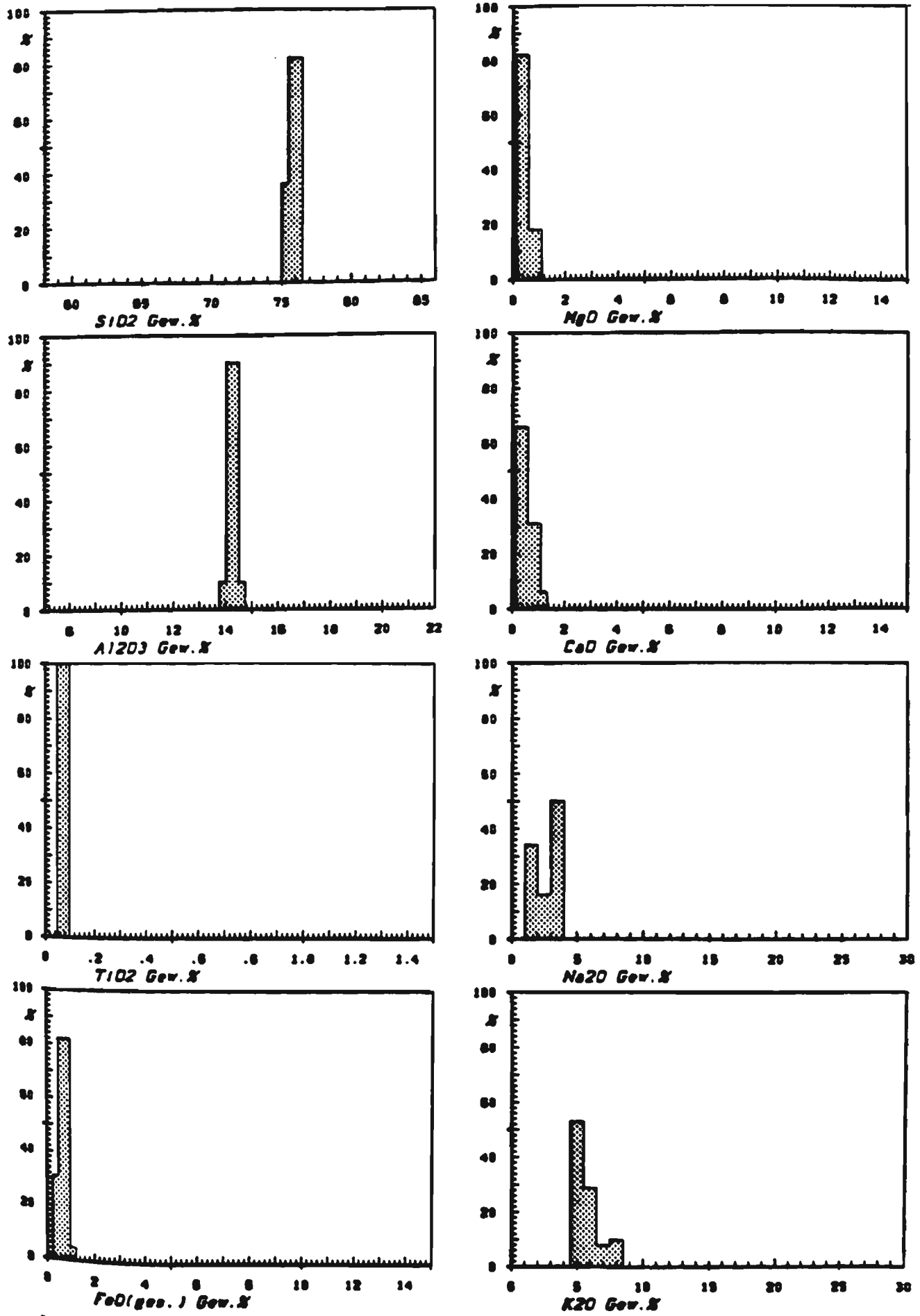


Abb. 8: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für die Analysen vom Donnersberg.

Der Mittelwert von 14.2 Gew.-% liegt an der oberen Grenze der Durchschnittsanalysen für granitische und rhyolitische Gesteine nach NOCKOLDS und entspricht einem relativ feldspatreichen Ausgangsmagma.

Die berechnete Standardabweichung mit 0.17 Gew.-% liegt im Bereich der analytischen Meßgenauigkeit, innerhalb dieses Vorkommens gibt es demnach keine Variationen des  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehaltes im Ausgangsmagma oder infolge sekundärer Vorgänge.

$\text{TiO}_2$      $\bar{X} = 0.08$  Gew.-%     $S = 0.008$  Gew.-%

Nimmt man den  $\text{TiO}_2$ -Gehalt als Maß für die Differentiation, so liegt dieser Rhyolith mit seinem Durchschnittsgehalt von 0.08 Gew.-% deutlich jenseits der Durchschnittswerte von NOCKOLDS für die verschiedenen granitischen und rhyolitischen Gesteine. In Bezug auf eine anatektische Entstehung zeigt der niedrige  $\text{TiO}_2$ -Gehalt an, daß der Anteil an mafischen Gemengteilen in der niedrigsttemperierten Schmelze offenbar "minimal" ist, obwohl bei dieser Betrachtung vor allem die FeO- und MgO-Gehalte berücksichtigt werden müssen.

Die Standardabweichung mit 0.008 Gew.-% liegt bei den geringen absoluten Gehalten innerhalb der Meßgenauigkeit, d. h. weder im Ausgangsmagma noch bei den sekundären Vorgängen ist es zu Veränderungen im absoluten  $\text{TiO}_2$ -Gehalt gekommen.

<u>FeO<sub>ges.</sub></u>	<u><math>\bar{X} = 0.72</math> Gew.-%</u>	<u>S = 0.21 Gew.-%</u>
<u>MgO</u>	<u><math>\bar{X} = 0.39</math> Gew.-%</u>	<u>S = 0.25 Gew.-%</u>

Im Vergleich mit den Durchschnittsanalysen von NOCKOLDS liegt der FeO<sub>ges.</sub>-Gehalt stets deutlich unterhalb seiner Werte, während die MgO-Gehalte unter- bzw. überschritten werden. Für die daraus resultierenden Biotitgehalte ergibt sich ein berechneter Wert von recht genau 3 Gew.-%.

In der graphischen Darstellung der Histogramme zeigen beide Komponenten ein ausgeprägtes Maximum mit einer beim FeO<sub>ges.</sub> in etwa symmetrischen und beim MgO asymmetrischen Verteilung. Im Zusammenhang mit den Standardabweichungen, die für beide oberhalb der analytischen Meßgenauigkeit liegen, resultieren Variationen, die nicht allein durch Unterschiede in den Biotitgehalten zu erklären sind. Hier deutet sich an, daß es bei den sekundären Veränderungen zu einer Zufuhr an MgO und einer Mobilisation an FeO kommen kann.

<u>CaO</u>	<u><math>\bar{X} = 0.48</math> Gew.-%</u>	<u>S = 0.33 Gew.-%</u>
<u>Na<sub>2</sub>O</u>	<u><math>\bar{X} = 2.56</math> Gew.-%</u>	<u>S = 0.99 Gew.-%</u>
<u>K<sub>2</sub>O</u>	<u><math>\bar{X} = 5.75</math> Gew.-%</u>	<u>S = 1.12 Gew.-%</u>

Die mit Abstand größten Standardabweichungen werden bei den Alkalien beobachtet, was für starke sekundäre Variationen spricht: Im Zusammenhang mit einer K-Metasomatose nehmen die K<sub>2</sub>O-Gehalte zu, während Na<sub>2</sub>O mobilisiert und abgeführt wird. Hiervon betroffen ist auch das CaO, für das ebenfalls eine Mobilisation und Abfuhr angenommen werden muß. Da dessen Gehalte gegen Null laufen (ein Rest an CaO ist im Apatit gebunden), wirkt sich dieser Effekt in der Standardabweichung nicht so gravierend aus.



In Konsequenz ergibt sich für die primäre Zusammensetzung des Donnersbergryoliths CaO- und Na<sub>2</sub>O-Gehalte (ca. 1.4 bzw. 4.0 Gew.-%) , die an der oberen Grenze, für die K<sub>2</sub>O-Anteile einen Wert, der an der unteren Grenze (ca. 4.5 Gew.-%) des entsprechenden Variationsbereiches liegt. Der Vergleich mit den Durchschnittsgehalten nach NOCKOLDS ergibt nur dann eine sinnvolle Übereinstimmung.

In den Histogrammen für CaO, Na<sub>2</sub>O und K<sub>2</sub>O ergibt die Häufigkeitsverteilung der K<sub>2</sub>O-Gehalte einerseits und Na<sub>2</sub>O- und CaO-Gehalten andererseits keine äquivalente Übereinstimmung. Zusätzlich zu dem Einfluß der K-Metasomatose muß daher mit der weiterführenden Mobilisation von Na<sub>2</sub>O und CaO gerechnet werden, was eine Zunahme an H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> und an normativen Korund zur Folge hat. Durch das entsprechende Korrelationsdiagramm wird dieser Annahme bestätigt. Dieses Diagramm zeigt außerdem, daß sich bei höheren Korundgehalten nur Kaolinit, bei niedrigen Korundgehalten daneben auch Sericit gebildet haben sollte.

Zusammenfassend ergibt sich für den Rhyolith vom Donnersberg eine konstante primäre Zusammensetzung mit vermuteten geringen Variationen im Biotitgehalt. Im Zusammenhang mit sekundären hydrothermalen Umwandlungen kommt es zu einer partiellen K-Metasomatose mit Zunahme der K<sub>2</sub>O-Gehalte auf Kosten von Na<sub>2</sub>O- und CaO-Anteilen. Eine weiterführende Mobilisation von CaO und Na<sub>2</sub>O wird beobachtet.

Für die Bestimmung der primären Ausgangszusammensetzung müssen die Analysen auf die sekundären Veränderungen korrigiert werden.

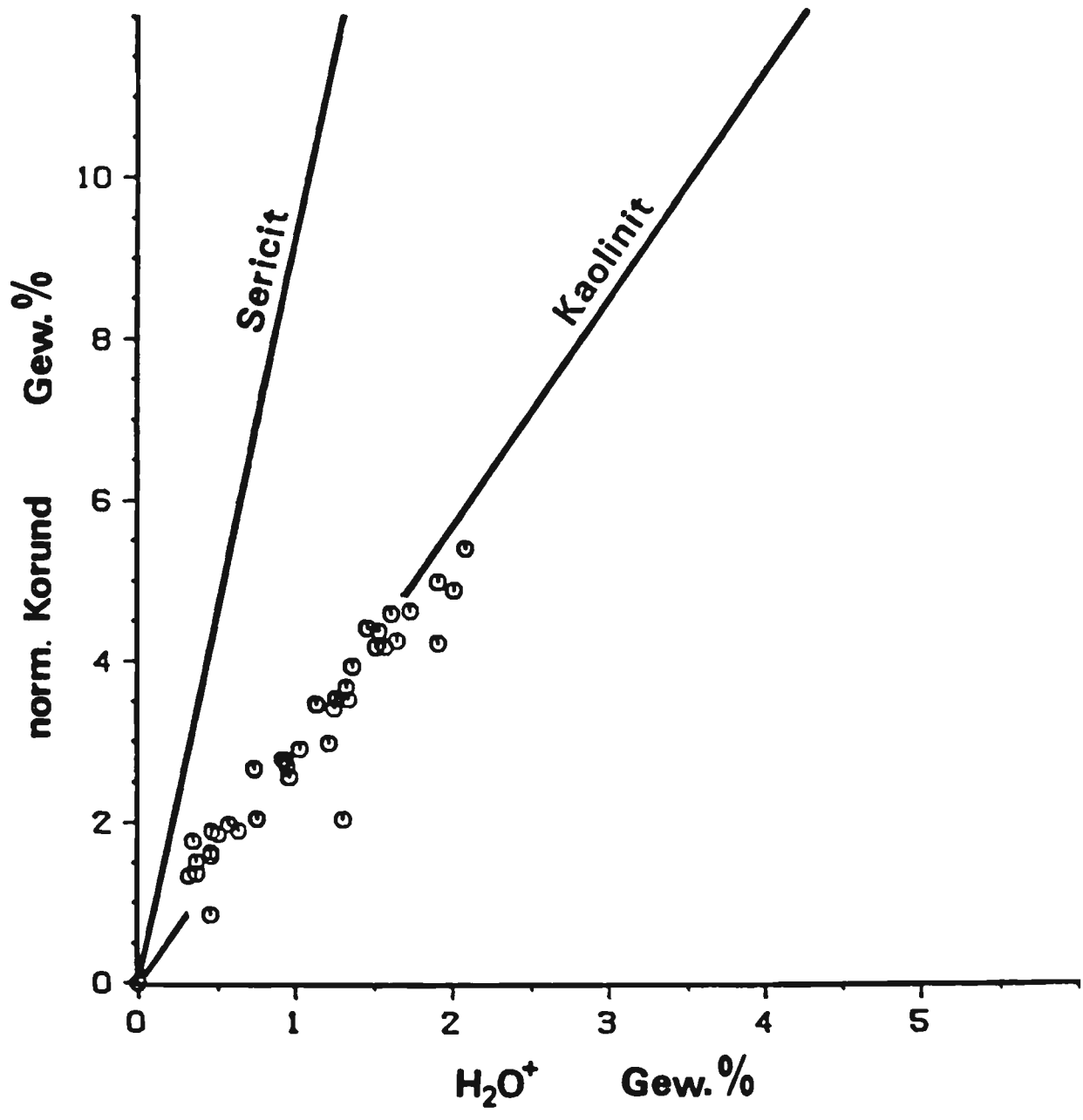


Abb. 9: Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/norm. Korund mit Kaolinit- und Sericit-Bezugsgerade für die Analysen vom Donnersberg.

### 3.2.2. EINSCHRÄNKUNG DER ANALYSEN FÜR DIE DARSTELLUNG IN HISTOGRAMMEN INFOLGE SEKUNDÄRER VERÄNDERUNGEN

Für den Rhyolith vom Donnersberg hat die Diskussion der chemischen Analysen ergeben, daß das primäre Ausgangsmagma/Ausgangsgestein nicht nur eine ungewöhnlich homogene sondern auch niedrigschmelzende Zusammensetzung gehabt haben muß. Die durch Na- und Ca-Mobilisation verursachten normativen Korundgehalte liegen in dem Bereich bis 5 Gew.-%.

In den anderen Rhyolithvorkommen sind die auftretenden sekundären magmatischen und postmagmatischen Veränderungen z.T. umfangreicher, so daß für eine überzeugende Diskussion der chemischen Analysen zusätzlich Eingrenzungen mit Hilfe folgender Kriterien gemacht werden:

- a) Im Falle der hydrothermalen Umwandlungen wird die Beschränkung auf Analysen mit einem normativen Korundgehalt von < 5 Gew.-% vorgenommen.
- b) Durch Assimilation/Differentiation werden vor allem die SiO<sub>2</sub>- und TiO<sub>2</sub>-Gehalte beeinflusst. Für unsere Problemstellung bietet sich die selektive Auswahl aufgrund der TiO<sub>2</sub>-Gehalte an.
- c) Die z.T. "extremen" SiO<sub>2</sub>-Gehalte deuten auf eine Verkieselung hin. Obwohl solche Analysen fast immer wegen des gleichfalls hohen normativen Korundgehaltes unberücksichtigt bleiben, mußte für den Rhyolith Nohfelden C die Einschränkung auf den SiO<sub>2</sub>-Bereich, wie er in unveränderten Rhyolithen beobachtet wird, durchgeführt werden.

### 3.2.3. RHYOLITH VOM KÖNIGSBERG

In den Histogrammen der Abbildung 10 ist die Häufigkeitsverteilung aller Rhyolithanalysen vom KÖNIGSBERG (n=21) und in einem Korrelationsdiagramm  $H_2O'$ /normativer Korundgehalt dargestellt.

Die Gehalte an  $TiO_2$ , MgO und CaO zeigen ausgeprägte Maxima, was in Bezug auf das  $TiO_2$  gegen den Einfluß einer Assimilation/Differentiation und beim CaO für eine "vollständige" Mobilisation spricht. Die Variationen gehen bei den anderen Komponenten über den Bereich von mehreren Gew.-% und erreichen im Falle des  $SiO_2$  und  $Al_2O_3$  z.T. "ungewöhnliche" Werte.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen bei Berücksichtigung aller Analysen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Bemerkenswert ist, daß nur die Standardabweichungen für das  $TiO_2$  und  $P_2O_5$  im Bereich der Meßgenauigkeit liegen. Stärkere Variationen werden beim  $SiO_2$ ,  $FeO_{ges.}$ , MgO,  $Na_2O$  und  $K_2O$  beobachtet, sie sind deutlich größer als die Variationen bei den Donnersberganalysen.

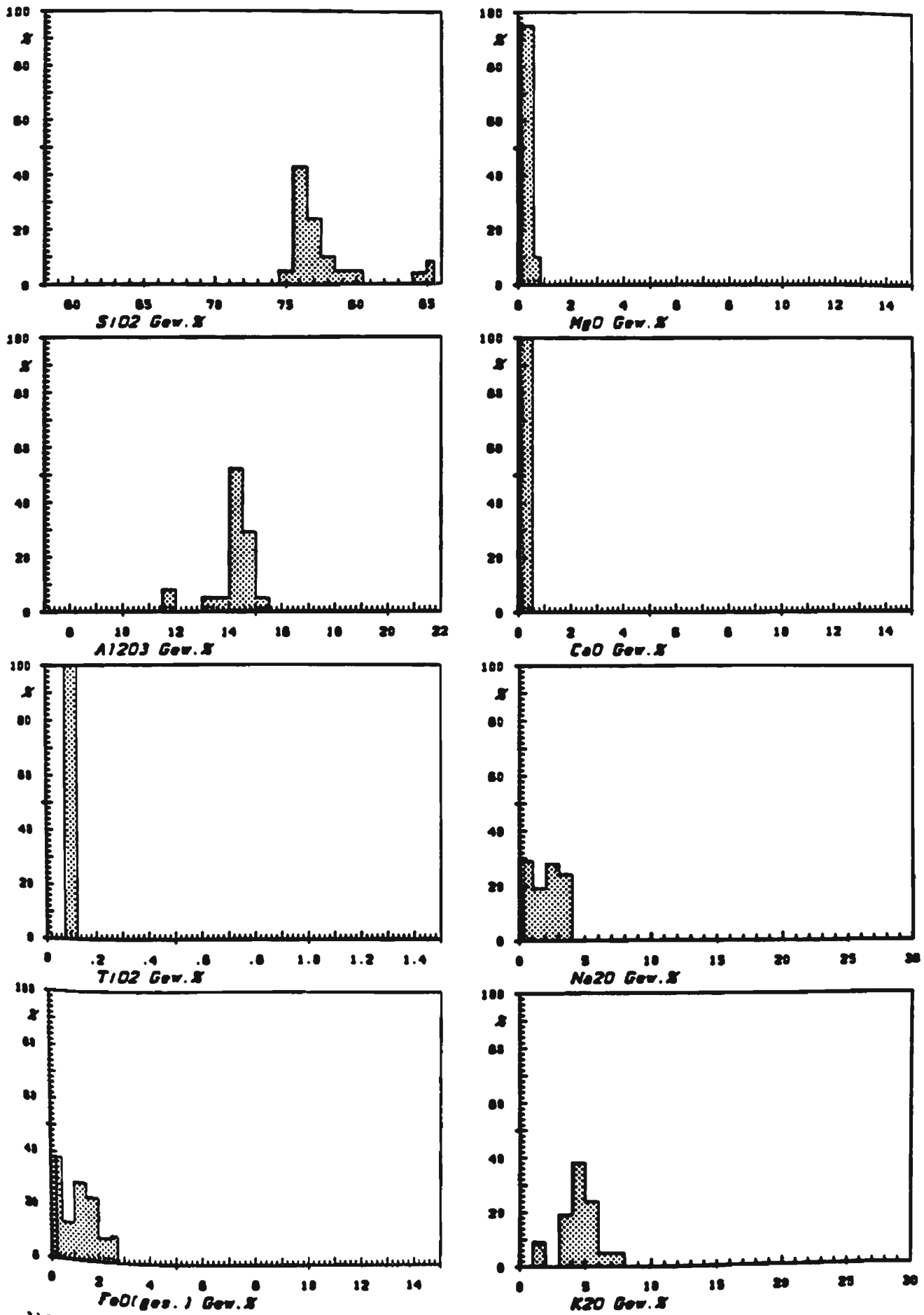


Abb. 10: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=21) des Königsbergs.

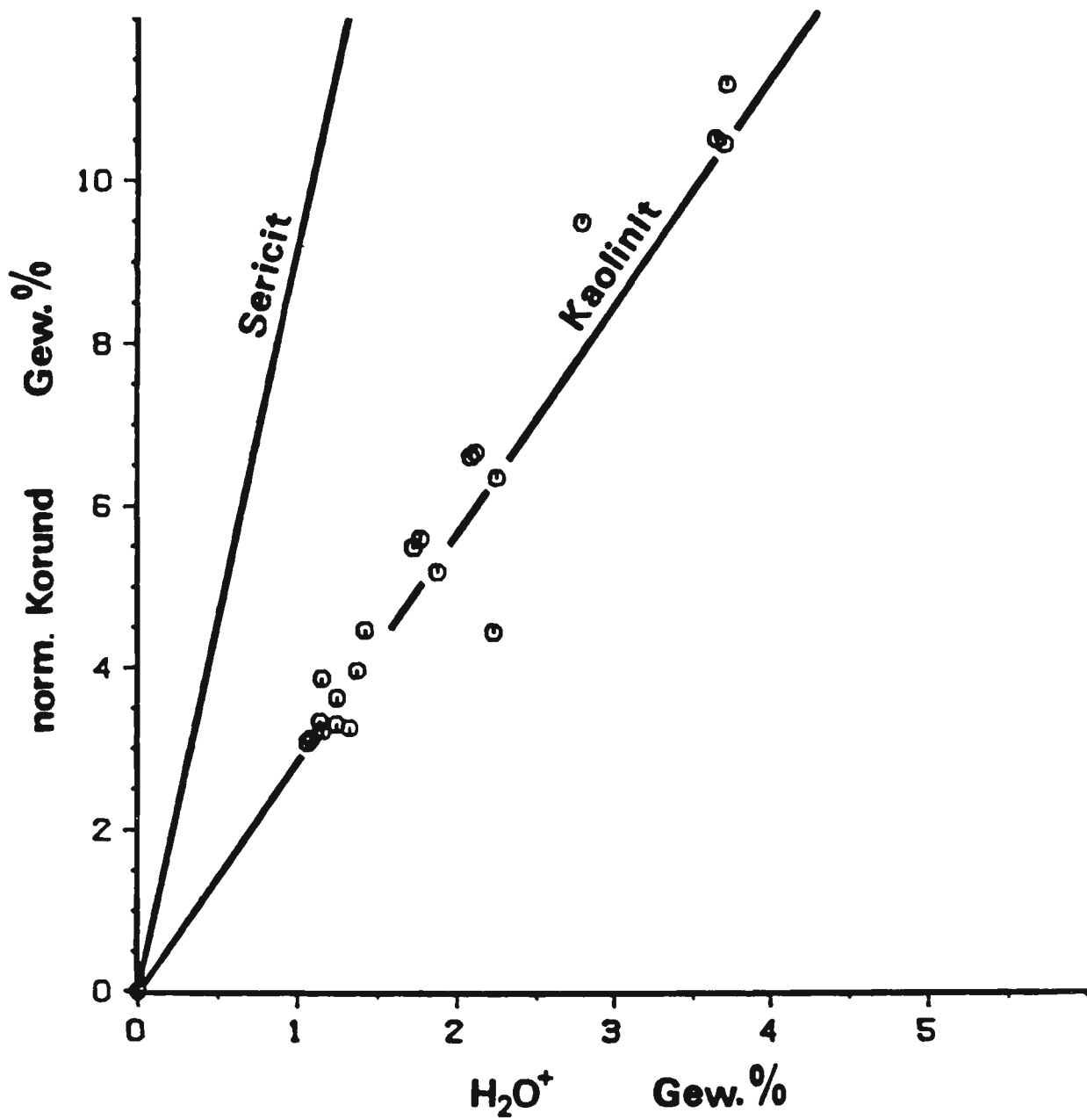


Abb. 11: Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/norm. Korund mit Kaolinit- und Sericit-Bezugsgerade für die Analysen des Königsbergs.

Tabelle 3: Durchschnittszusammensetzung mit Standardabweichungen für  
 (a) sämtliche Analysen und  
 (b) die selektiv ausgewählten Analysen des Rhyoliths vom Königsberg  
 $S'$  = analytische Standardabweichung

	(a)			(b)	
	$\bar{X}$	s	$S'$	$\bar{X}$	s
SiO <sub>2</sub>	77.48	2.74	(0.2)	76.03	0.58
TiO <sub>2</sub>	0.10	0.01	(0.004)	0.10	0.004
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.31	0.70	(0.15)	14.29	0.19
FeO <sub>ges.</sub>	1.15	0.63	(0.035)	1.35	0.58
MgO	0.23	0.15	(0.020)	0.31	0.16
CaO	0.15	0.07	(0.025)	0.19	0.08
Na <sub>2</sub> O	1.97	1.35	(0.15)	2.99	0.57
K <sub>2</sub> O	4.57	1.45	(0.20)	4.70	0.64
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.01	(0.002)	0.05	0.009

Aus dem Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/normativer Korund geht hervor, daß die hydrothermalen Umwandlungen in einigen Proben besonders stark sind, deshalb bleiben bei der selektiven Darstellung der Häufigkeitsverteilungen - Abbildung 10 - 10 Analysen mit einem normativen Korundgehalt > 5 Gew.-% unberücksichtigt.

Die resultierenden ausgeprägten Maxima bei fast allen Komponenten - Histogramm der Abb. 12 - lassen sinnvolle Mittelwertbildungen zu, die in Tabelle 3 mit den

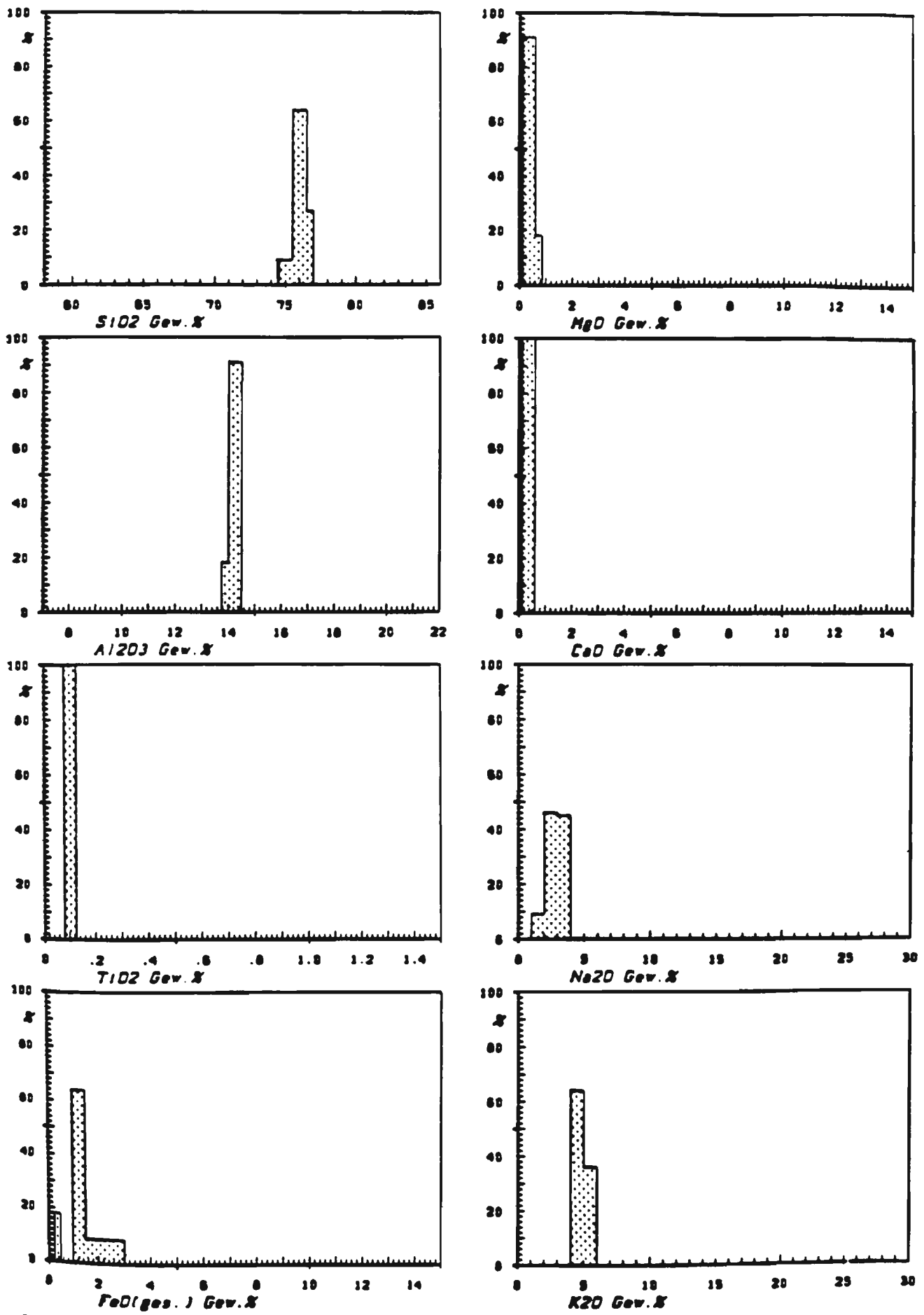


Abb. 12: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für die wegen der zu hohen normativen Korundgehalte (>5 Gew.-%) eingeschränkten Analysen (n=11).



Standardabweichungen aufgeführt sind. Das gilt vor allem für die mobilisierbaren Komponenten  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$ , für die die analytischen S fast erreicht werden.

Aufgrund der Variationen in Abb. 12 handelt es sich auch bei diesem Vorkommen um einen primär homogenen Rhyolith, der geringere Veränderungen durch hydrothermale Umwandlungen zeigt. Der Vergleich mit den Mittelwerten für den Donnersberg-Rhyolith ergibt, daß hier praktisch das gleiche Ausgangsmagma vorgelegen haben muß. Das gilt für den  $\text{SiO}_2$ -Gehalt von 76.03 Gew.-% - beim Donnersberg 75.75 Gew.-% -, für den  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt von 14.29 Gew.-% - beim Donnersberg 14.24 Gew.-% -, für den  $\text{TiO}_2$ -Gehalt von 0.10 Gew.-% - beim Donnersberg 0.08 Gew.-% - und auch in etwa für die anderen Komponenten, obwohl hier erst die jeweiligen sekundären Veränderungen berücksichtigt werden müssen.

#### 3.2.4. RHYOLITH VON KREUZNACH

Aus der petrographischen Beschreibung des Rhyolithmassivs von Kreuznach geht hervor, daß hier die Assimilation von andesitischen Gesteinsfragmenten eine bedeutende Rolle spielt. In den Histogrammen der Häufigkeitsverteilung (siehe Abb. 13) spiegeln sich die Veränderungen deutlich wider: Die höchsten  $\text{SiO}_2$ - und die niedrigsten  $\text{TiO}_2$ -Gehalte stimmen in etwa mit den entsprechenden Gehalten der Ausgangsmagmen vom Donnersberg und Königsberg überein. Mit steigender Assimilation nehmen die  $\text{SiO}_2$ -Werte ab, während die  $\text{TiO}_2$ -Anteile mit einem ähnlichen Verteilungsmuster zunehmen. Für die anderen Komponenten ist der Einfluß nicht so ausgeprägt.

Aus dem Korrelationsdiagramm  $\text{H}_2\text{O}'/\text{normativer Korund}$  geht hervor, daß aufgrund dieses Auswahlkriteriums fast alle Analysen berücksichtigt werden müssen. Auffallend an dieser Graphik ist ferner, daß die meisten darstellenden Punkte unterhalb der Kaolinit-Korrelationsgeraden liegen, was für einen beträchtlichen Anteil an sekundärem Chlorit spricht.

Der Einfluß der Assimilation läßt sich durch eine selektive Auswahl der Proben nur begrenzt einengen, da von ARIKAS vor allem kontaminierte Proben ausgewählt wurden. Die Einschränkung erfolgt hier durch Gruppenbildung (Abb. 15) mit Hilfe des  $\text{TiO}_2$ -Gehaltes ( $< 0.3$  Gew.-%). Zum Vergleich: Die  $\text{TiO}_2$ -Gehalte der Rhyolithe vom Donnersberg und Königsberg liegen zwischen  $0.08$  und  $0.10$  Gew.-%.

Die Gruppenbildung über das  $\text{TiO}_2$  ( $n=31$ ) führt auch bei den anderen Komponenten zu einer mehr oder weniger sinnvollen Begrenzung der Variationen, dennoch bleibt ein Einfluß der Assimilation erhalten.

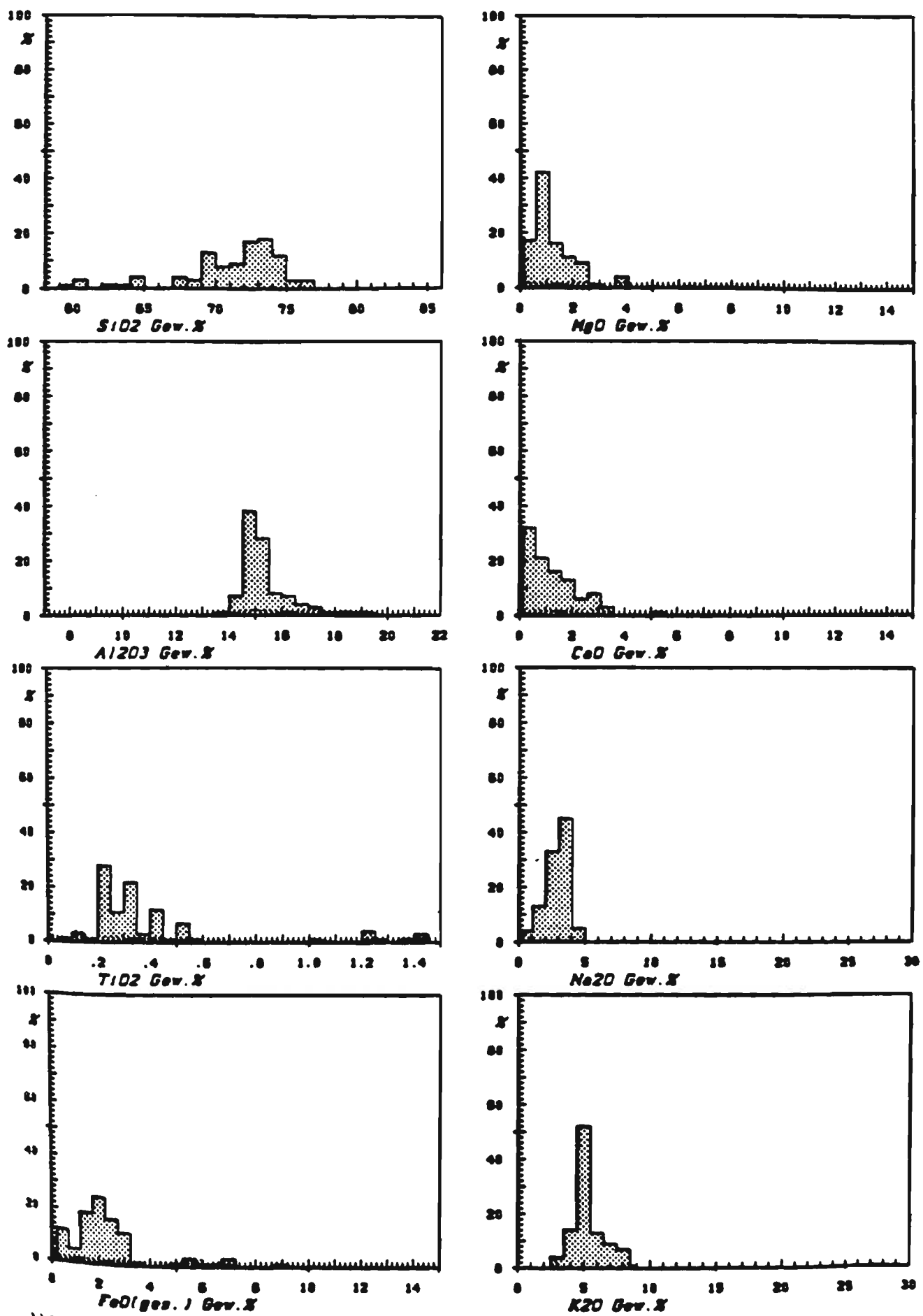


Abb. 13: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=76) des Rhyoliths von Kreuznach.

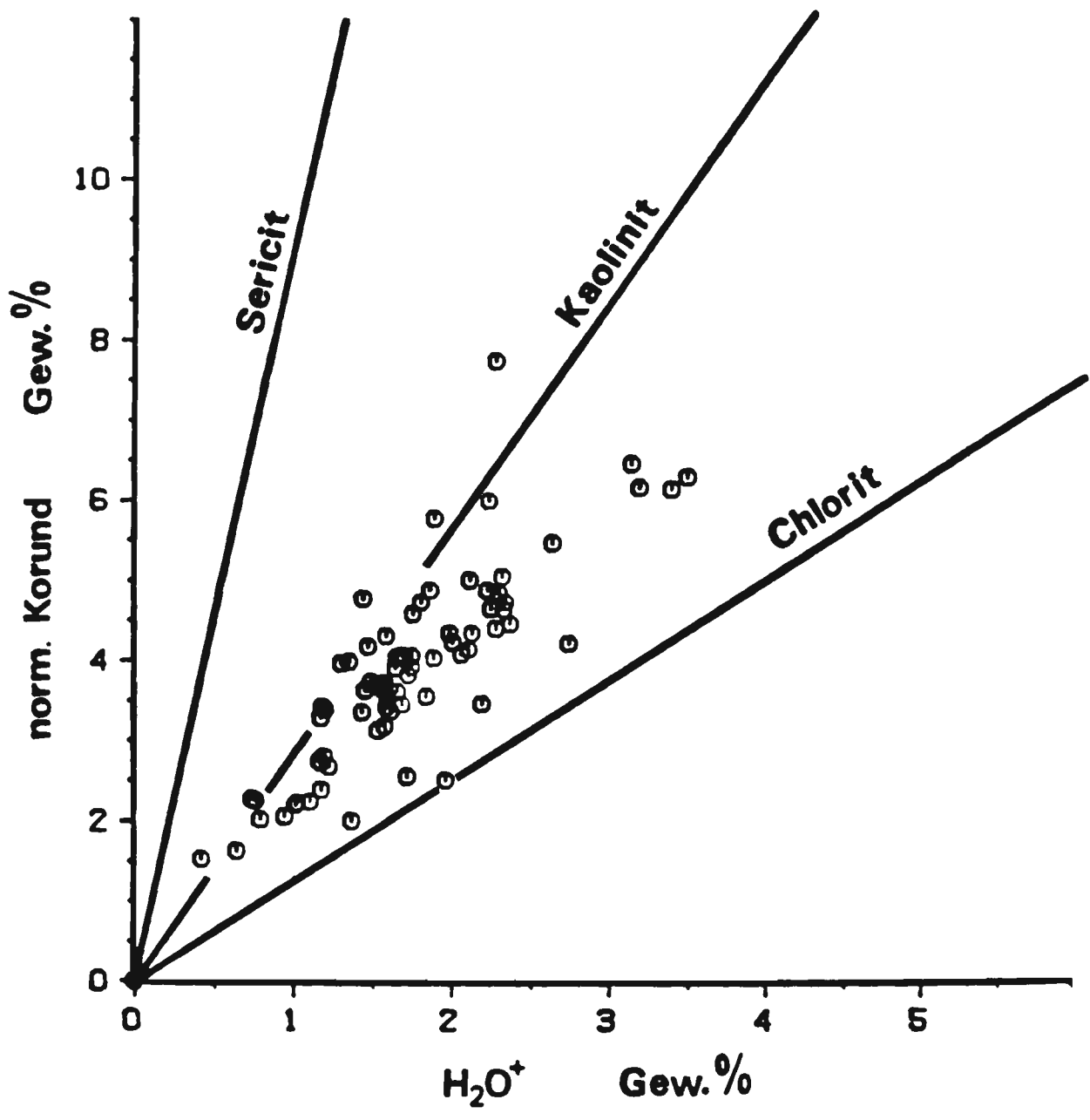


Abb. 14: Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/norm. Korund mit Kaolinit-, Sericit- und Chlorit-Bezugsgeraden für die Analysen des Rhyoliths von Kreuznach.

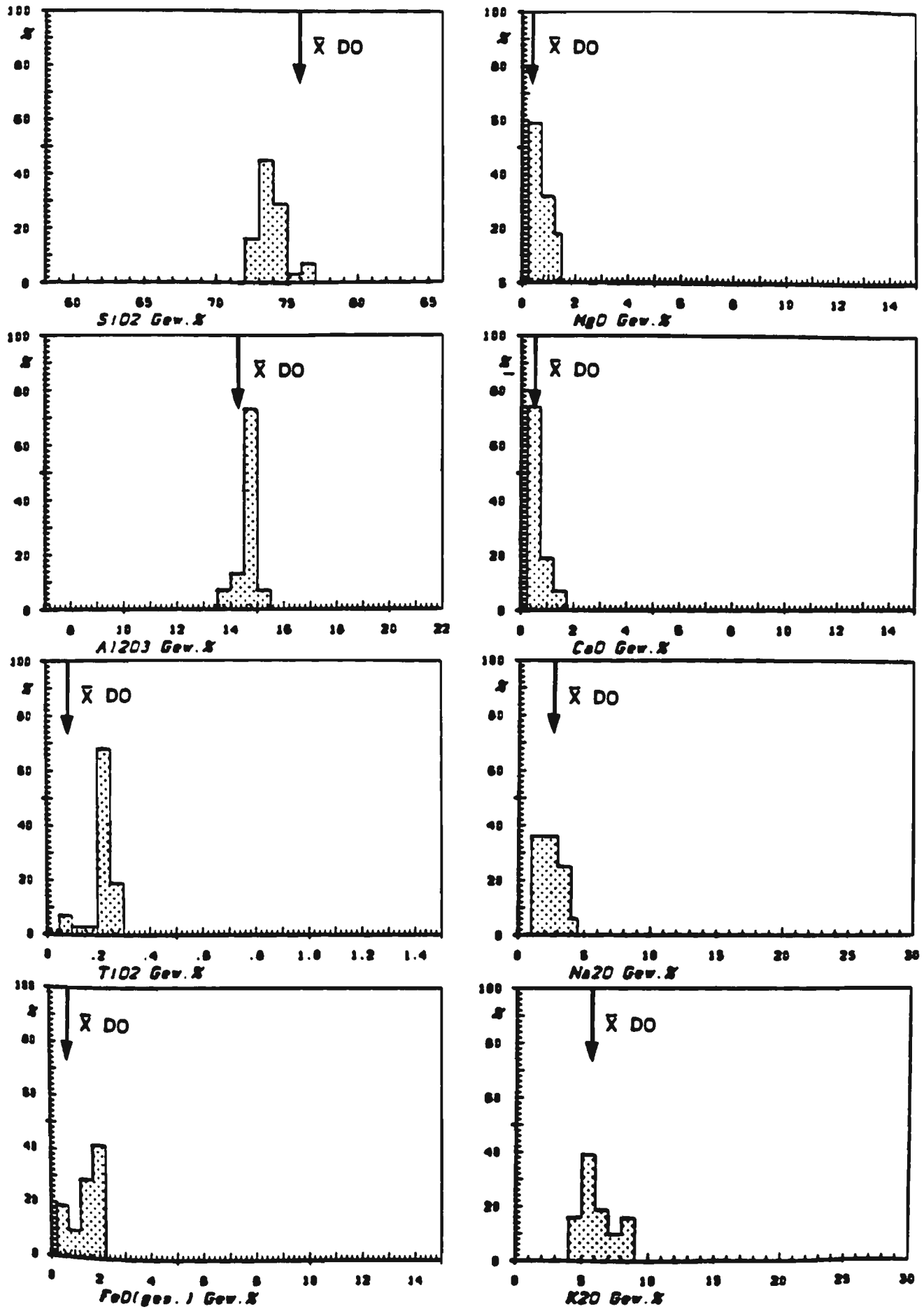


Abb. 15: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für die mittels TiO<sub>2</sub>-Gehalt (<0.3 Gew.-%) durchgeführte Gruppenbildung der eingeschränkten Analysen des Rhyoliths von Kreuznach (n=31). Zum Vergleich sind die Mittelwerte des Donnersberg-Rhyoliths skizziert.

Aus den Mittelwerten für alle Analysen und aus denen für die ausgewählten Analysen (Tab. 4) läßt sich die gleiche Tendenz von intermediärem zu rhyolithischem Chemismus erkennen. Der Chemismus der Rhyolithe vom Donnersberg und Königsberg wird jedoch nicht erreicht, obwohl die Graphiken auch hier für dasselbe Ausgangsmagma sprechen, s. Mittelwerte für die Donnersberg-Analysen in Abb. 15.

Tabelle 4: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für  
 (a) sämtliche Analysen und  
 (b) die selektiv ausgewählten Analysen  
 des Rhyoliths von Kreuznach  
 $s'$  = analytische Standardabweichung

	(a)			(b)	
	$\bar{x}$	s	$s'$	$\bar{x}$	s
SiO <sub>2</sub>	71.06	3.65	(0.2)	73.82	1.05
TiO <sub>2</sub>	0.41	0.31	(0.004)	0.22	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.39	1.09	(0.15)	14.55	0.32
FeO <sub>ges.</sub>	2.26	1.49	(0.035)	1.45	0.56
MgO	1.20	0.80	(0.020)	0.76	0.37
CaO	1.37	1.16	(0.025)	0.59	0.38
Na <sub>2</sub> O	2.92	0.95	(0.15)	2.38	0.95
K <sub>2</sub> O	5.32	1.19	(0.20)	6.15	1.30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.12	0.07	(0.002)	0.07	0.02

Die Standardabweichungen sind dementsprechend groß und erreichen ohne Ausnahme nie den Bereich der analytischen Genauigkeit.

Die weitere Diskussion der chemischen Analysen wird zeigen, ob der Assimilationseffekt und die hydrothermalen Veränderungen, die in diesem Rhyolith ebenfalls auftreten (siehe die Häufigkeitsverteilungen von  $K_2O$ ,  $Na_2O$  und  $CaO$ ), quantifiziert werden können, um eine wahrscheinliche Ausgangszusammensetzung abzuleiten.

### 3.2.5. RHYOLITH VON NOHFELDEN B

64 Analysen des Rhyoliths von Nohfelden B ergeben eine Häufigkeitsverteilung der chemischen Hauptkomponenten - siehe Abbildung 16 -, für die das dominierende Maximum beim  $\text{TiO}_2$  mit 0.10 Gew.-% charakteristisch ist. Assimilations- und Differentiationseffekte können deshalb für dieses Ausgangsmagma vernachlässigt werden. Die Variationen bei den anderen Komponenten müssen auf die hydrothermalen Veränderungen zurückgeführt werden, die bei 34 Proben zu normativen Gehalten an Korund  $> 5$  Gew.-% führen.

Die Mittelwertbildung aller Analysen läßt erkennen, daß das Ausgangsmagma einen ähnlichen Chemismus wie beim Donnersberg und Königsberg gehabt haben muß, zu erkennen an der weitgehenden Übereinstimmung in den  $\text{SiO}_2$ -,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - und  $\text{TiO}_2$ -Gehalten.

Bei der selektiven Auswahl bleiben die Analysen unberücksichtigt, die einen normativen Korundgehalt  $> 5$  Gew.-% ergeben. Damit bleiben für die Darstellung und Mittelwertbildung 30 ausgewählte, repräsentative Analysen (Abb. 18 und Tab. 5) übrig.



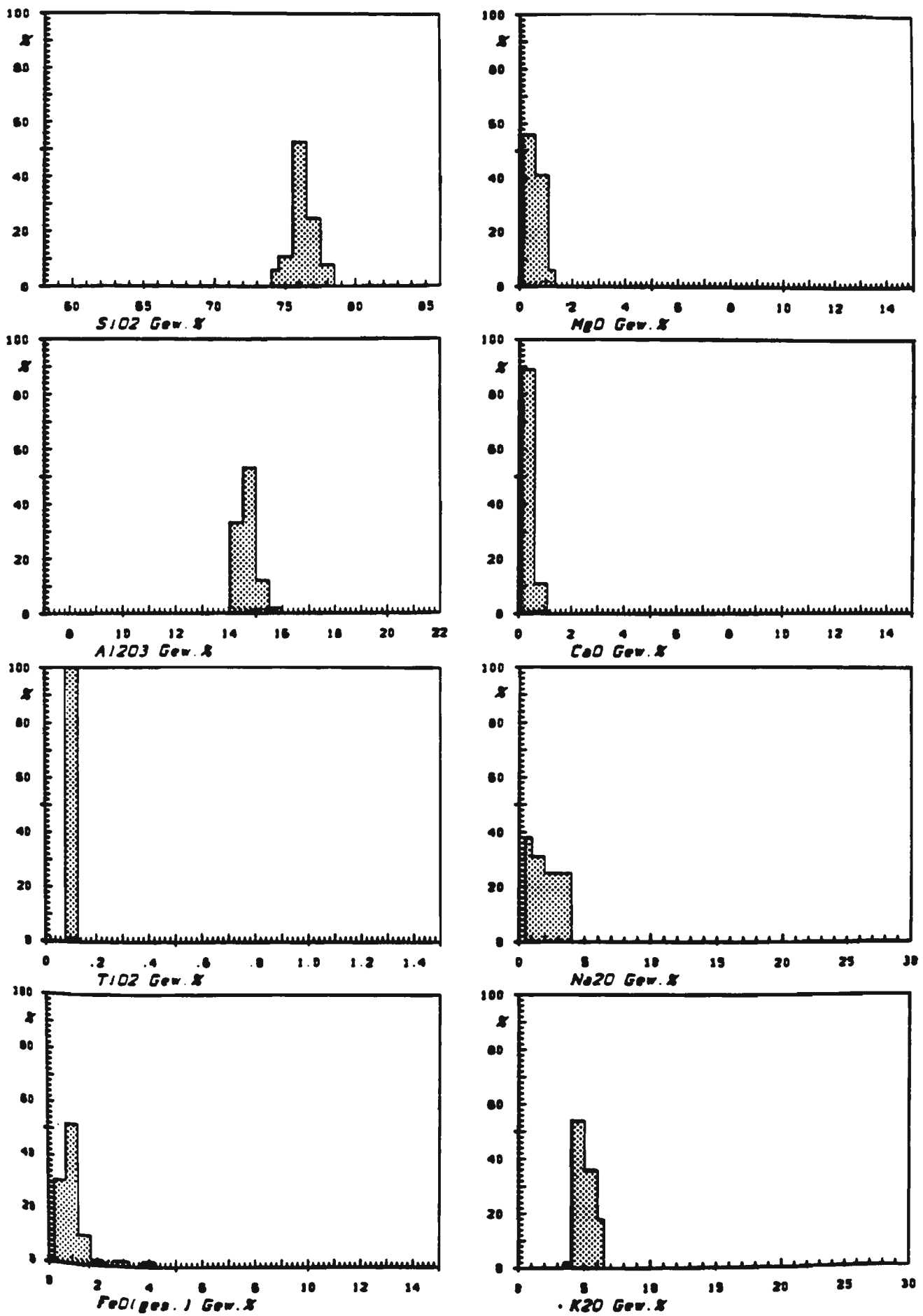


Abb. 16: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=64) des Rhyoliths von Nohfelden B.

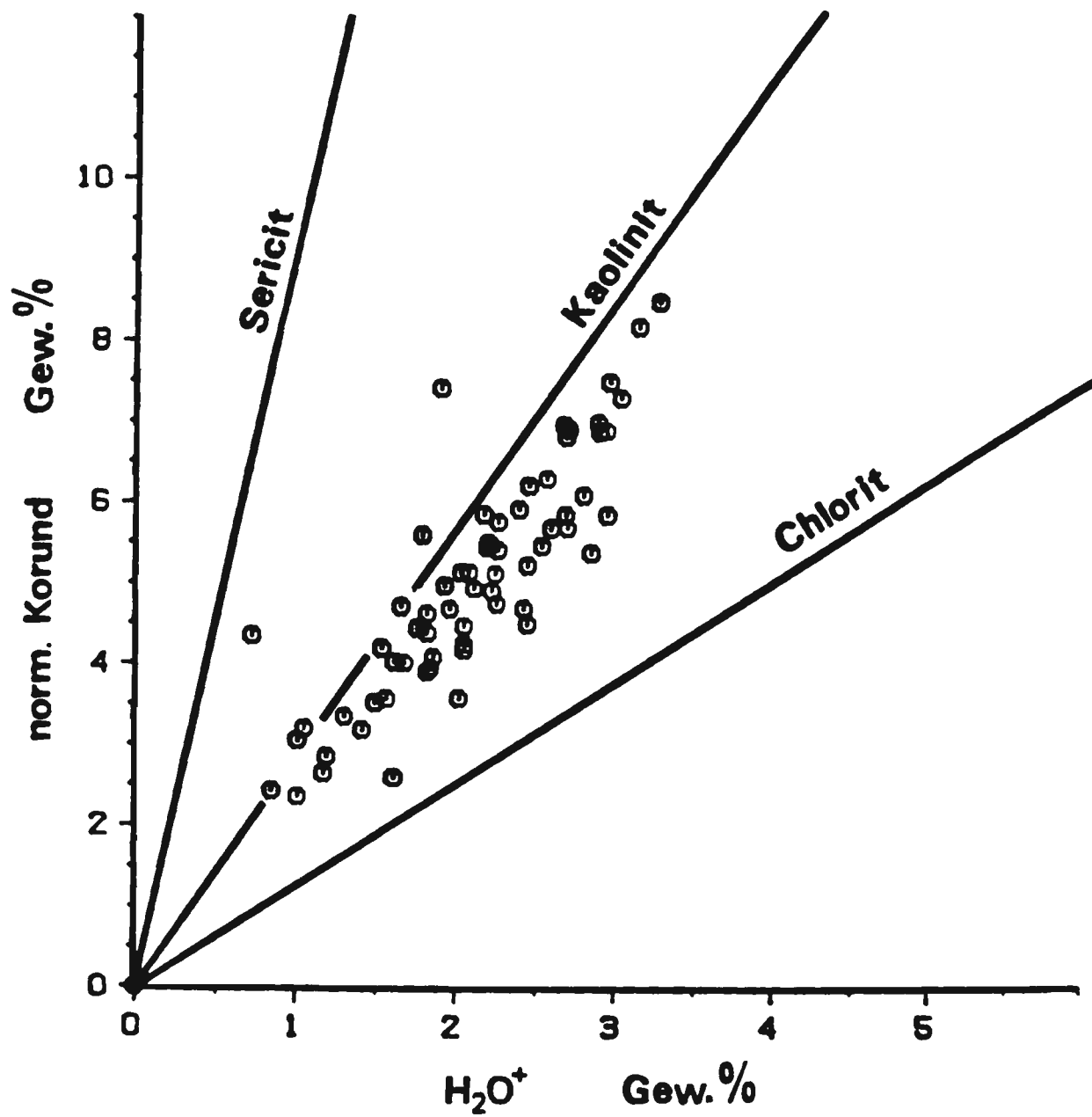


Abb. 17: Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/norm. Korund mit Kaolinit-, Sericit- und Chlorit-Bezugsgeraden für die Analysen des Rhyoliths von Nohfelden B.

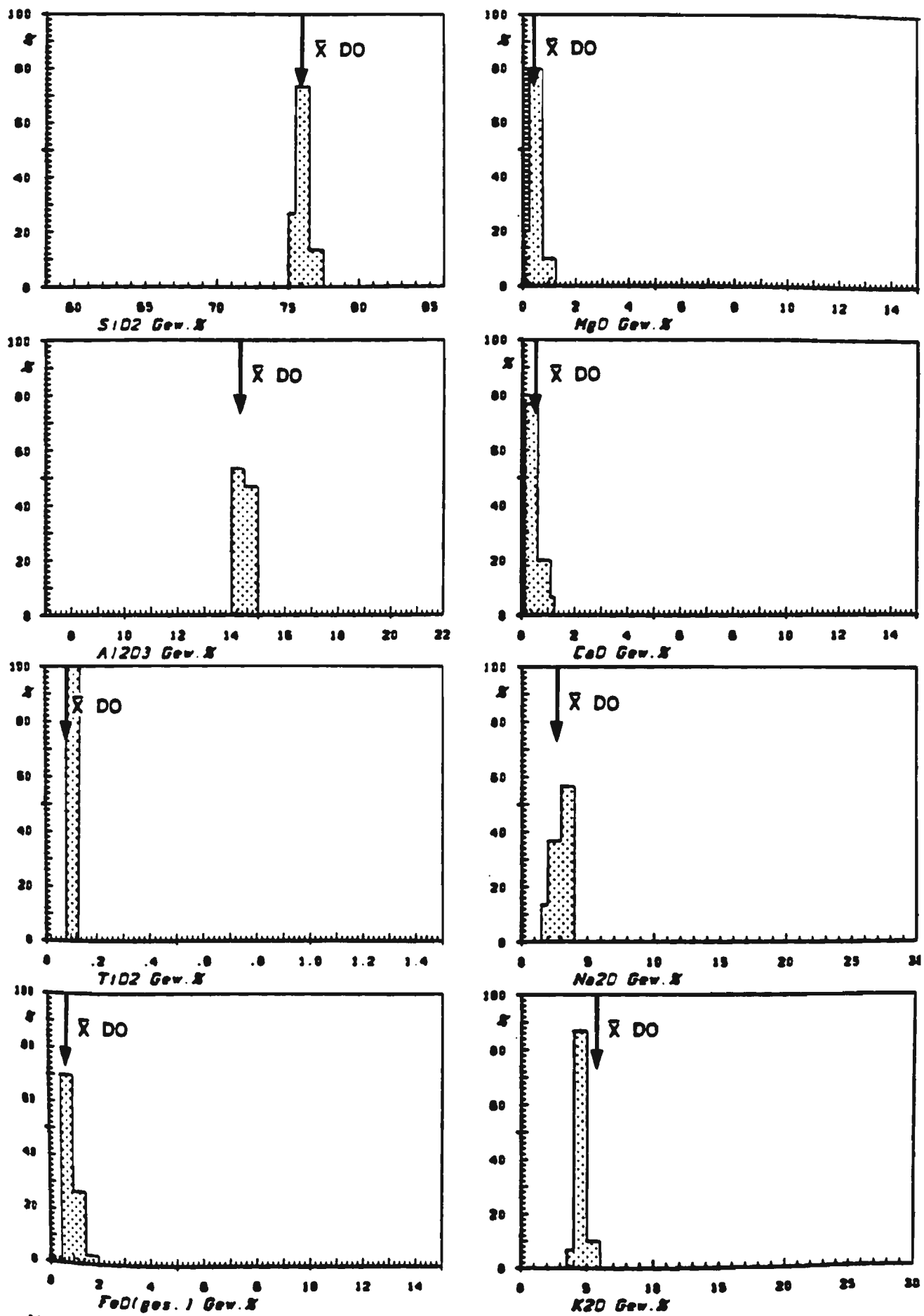


Abb. 18: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für die wegen zu hoher Korundwerte (>5 Gew.-%) eingeschränkten Analysen (n=30) für den Rhyolith von Nohfelden B. Zum Vergleich sind die Mittelwerte des Donnersberg-Rhyoliths skizziert.

Tabelle 5: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für  
 (a) sämtliche Analysen und  
 (b) die selektiv ausgewählten Analysen  
 des Rhyoliths von Nohfelden B  
 $s'$  = analytische Standardabweichung

	(a)			(b)	
	$\bar{x}$	s	$s'$	$\bar{x}$	s
SiO <sub>2</sub>	76.25	0.80	(0.2)	76.04	0.47
TiO <sub>2</sub>	0.10	0.01	(0.004)	0.10	0.007
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.62	0.30	(0.15)	14.49	0.22
FeO <sub>ges.</sub>	1.03	0.66	(0.035)	0.90	0.23
MgO	0.49	0.25	(0.020)	0.45	0.21
CaO	0.32	0.21	(0.025)	0.43	0.25
Na <sub>2</sub> O	2.12	1.03	(0.15)	3.04	0.53
K <sub>2</sub> O	5.02	0.68	(0.20)	4.52	0.46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.01	(0.002)	0.03	0.009

Hierdurch werden die Maxima bei allen Komponenten ausgeprägter. Bemerkenswert ist der fast konstante Wert für K<sub>2</sub>O mit der Standardabweichung von 0.46. Der Einfluß der K-Metasomatose kann hier fast vernachlässigt werden. Unabhängig hiervon hat eine weiterführende Mobilisation von Na<sub>2</sub>O und CaO stattgefunden.

Damit ergibt sich für den Rhyolith von Nohfelden B ein homogenes Ausgangsmagma, das dem des Donnersberges und Königsberges gleicht. Bei den postmagmatischen hydrothermalen Veränderungen dominiert die

weiterführende Mobilisation von  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$ , während der Einfluß der K-Metasomatose vernachlässigbar gering ist. An diesem Rhyolith kann daher die einseitige hydrothermale Beeinflußung exemplarisch studiert werden. Bemerkenswert ist ferner, daß bei den sekundären Veränderungen offenbar erhebliche Mengen an Chlorit gebildet worden sind, s. Abb. 17.

### 3.2.6. RHYOLITH VON NOHFELDEN C

Die Analysen des Rhyoliths von Nohfelden C (n=31) zeigen starke Variationen in den  $\text{SiO}_2$ -,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - und  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalten, siehe Abbildung 19 und Tabelle 6. Der Einfluß der K-Metasomatose ist hier besonders intensiv mit  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalten von 4 bis 12 Gew.-%. Die starke Variationen beim  $\text{SiO}_2$  müssen auf den Einfluß einer "Silifizierung" und "Desilifizierung" zurückgeführt werden, dessen Ursache und Wirkung nicht verstanden wird. Die Variationen beim  $\text{Al}_2\text{O}_3$  könnten relative Veränderungen im Zusammenhang mit der  $\text{SiO}_2$ -Mobilisation widerspiegeln. Die Assimilation scheint hier keine Rolle zu spielen, wenn man von den konstanten und niedrigen  $\text{TiO}_2$ -Gehalten ausgeht.

Aus dieser Problematik heraus wurde eine Einschränkung der Analysen auf  $\text{SiO}_2$ -Gehalte gemacht (aufgrund des normativen Korundgehaltes gibt es keine Einschränkung), wie sie in Rhyolithen sein sollten, in diesem Fall auf den Bereich zwischen 73 und 78 Gew.-%. Damit fallen auch bei der  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Darstellung die "extremen" Gehalte weg, während bei den anderen Komponenten keine grundlegenden Veränderungen zu beobachten sind. Auch an der Mittelwertbildung ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen, wie der Vergleich der jeweiligen Durchschnittsanalysen der Tabelle 6 zeigt. Die Standardabweichungen erreichen für diese Analysen die höchsten Werte.

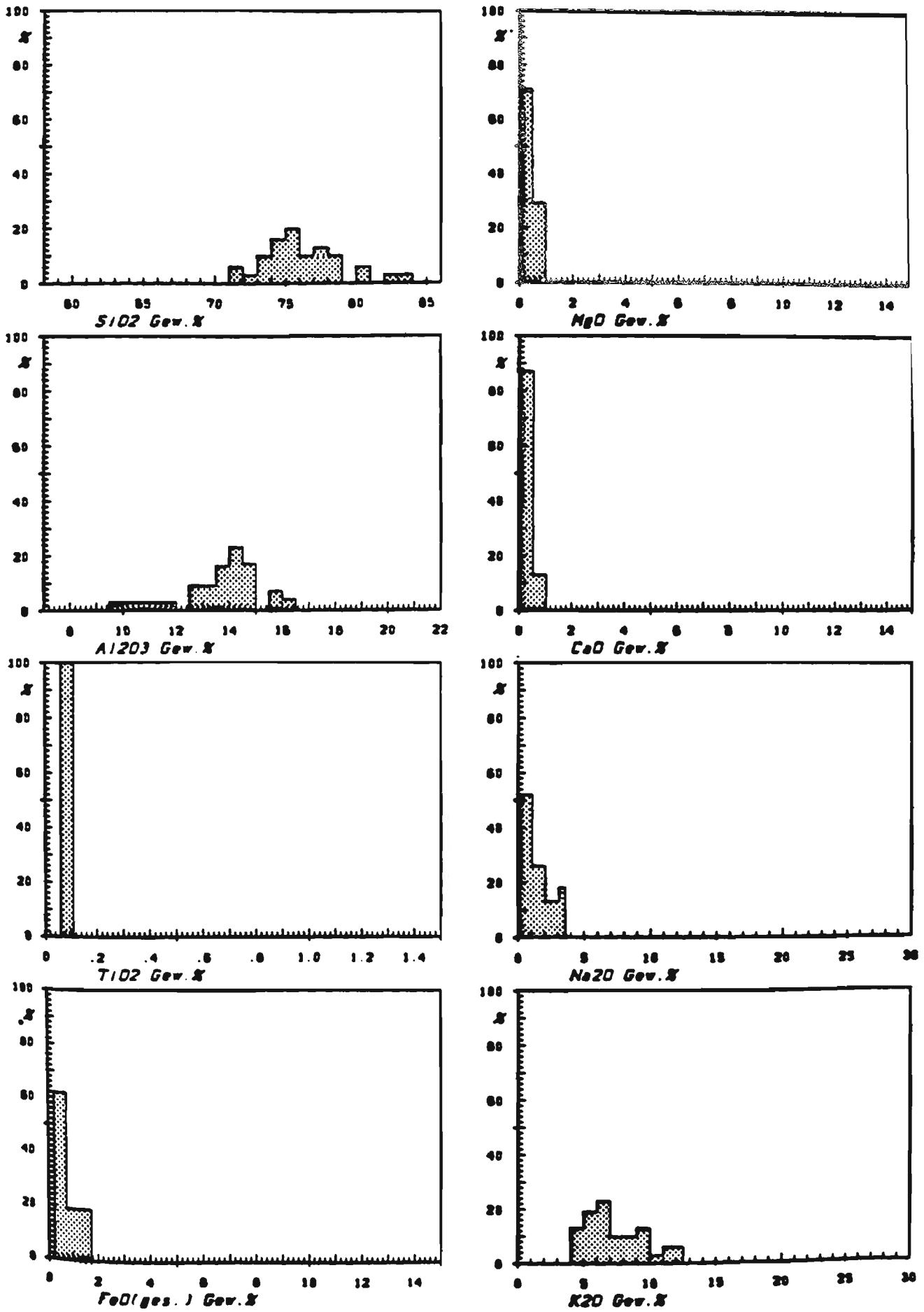


Abb. 19: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=31) des Rhyoliths von Nohfelden C.

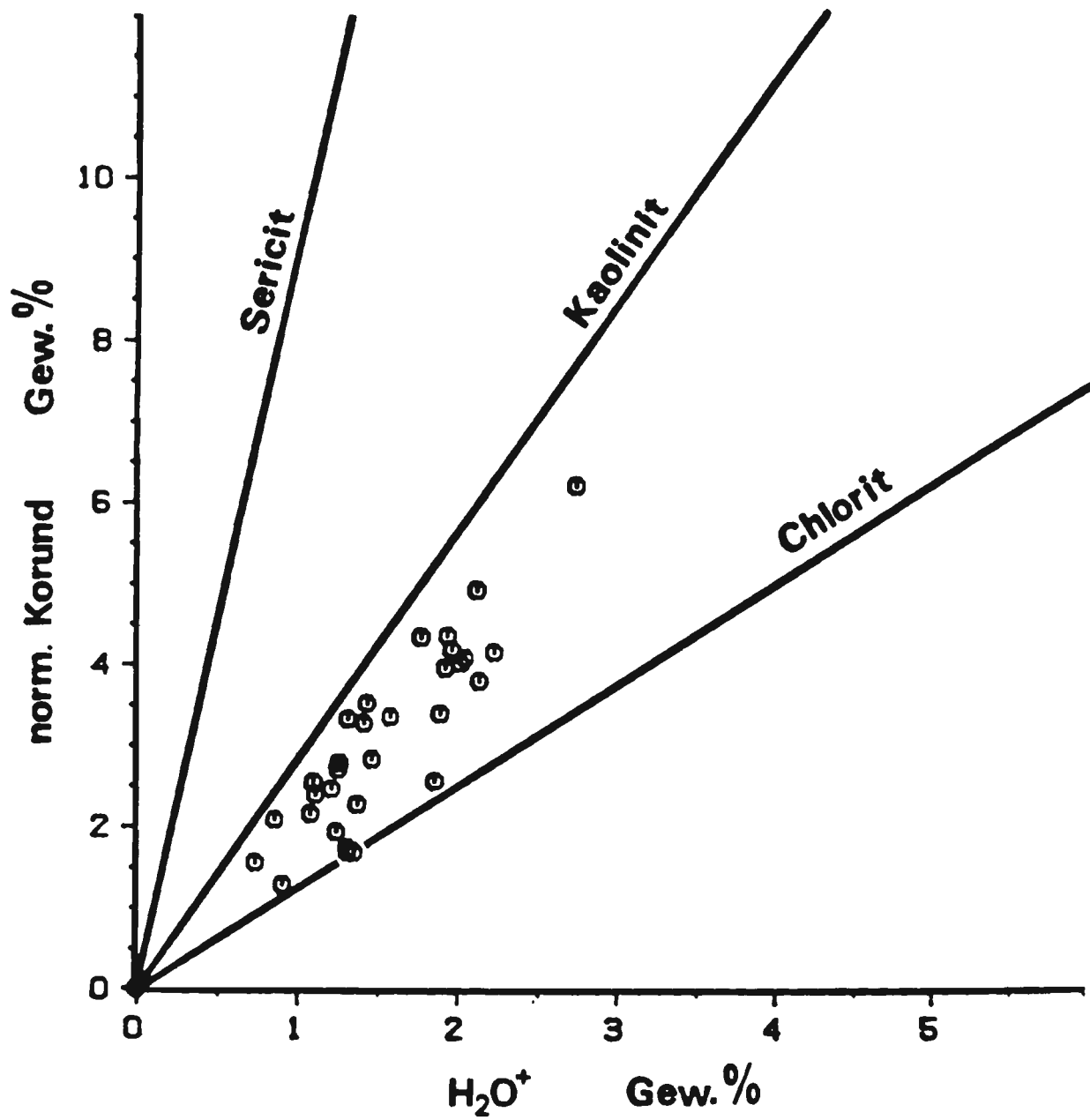


Abb. 20: Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/norm. Korund mit Kaolinit-, Sericit- und Chlorit-Bezugsgeraden für die Analysen des Rhyoliths von Nohfelden C.



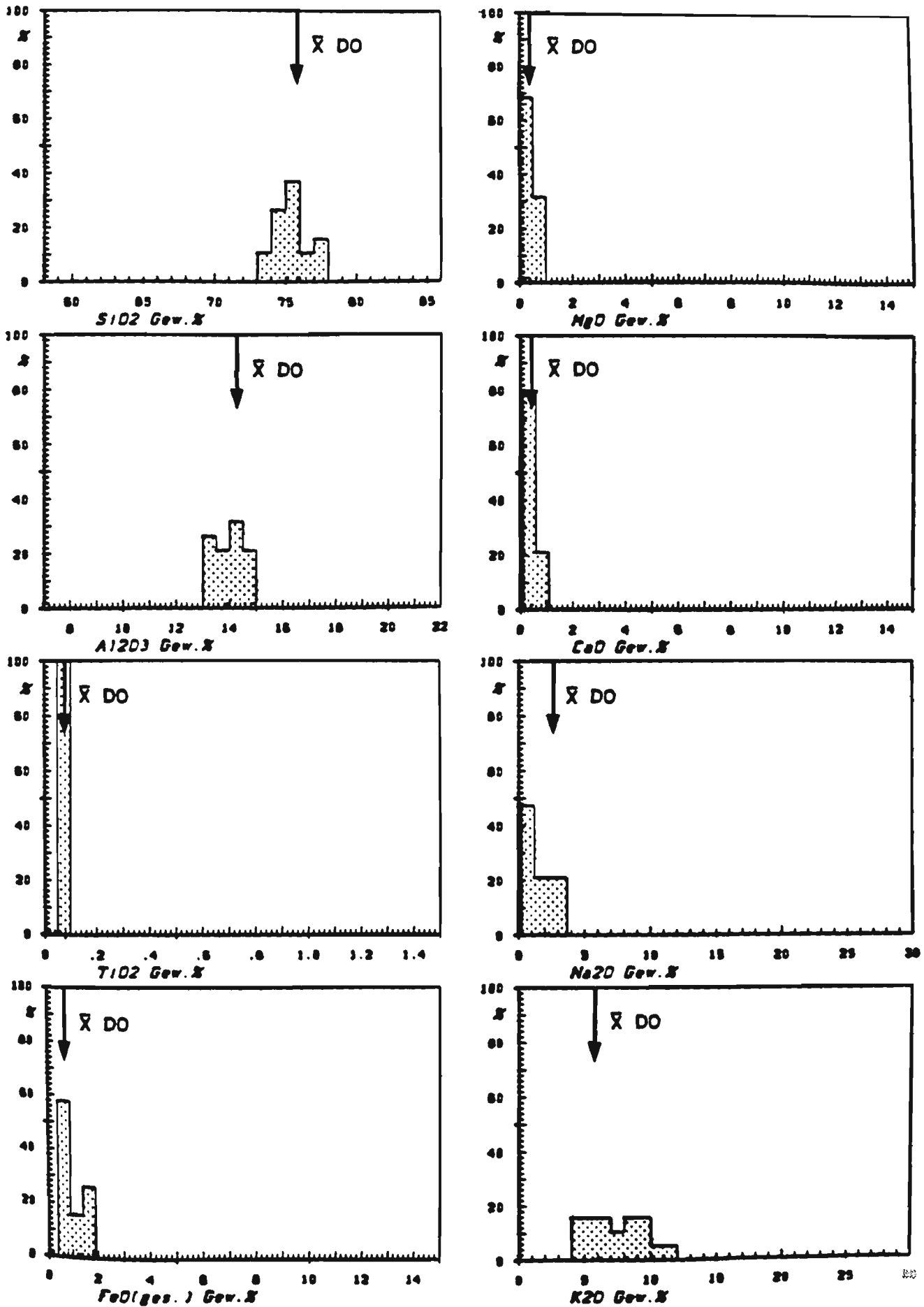


Abb. 21: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten nach der wegen zu hoher bzw. zu niedriger SiO<sub>2</sub>-Gehalte eingeschränkten Analysen (n=19) für den Rhyolith von Nohfelden C. Zum Vergleich sind die Mittelwerte des Donnersberg-Rhyoliths skizziert.

Tabelle 6: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für  
 (a) sämtliche Analysen und  
 (b) die selektiv ausgewählten Analysen des Rhyoliths von Nohfelden C  
 $S'$  = analytische Standardabweichung

	(a)			(b)	
	$\bar{X}$	s	$S'$	$\bar{X}$	s
SiO <sub>2</sub>	76.27	2.90	(0.2)	75.39	1.23
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.01	(0.004)	0.08	0.002
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.61	1.51	(0.15)	14.01	0.50
FeO <sub>ges.</sub>	0.77	0.38	(0.035)	0.88	0.41
MgO	0.34	0.30	(0.020)	0.83	0.34
CaO	0.27	0.21	(0.025)	0.58	0.24
Na <sub>2</sub> O	1.22	1.01	(0.15)	1.45	1.11
K <sub>2</sub> O	7.41	2.19	(0.20)	7.42	2.06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.01	(0.002)	0.04	0.006

Bemerkenswert ist dennoch, daß sich auch für diesen Rhyolith ein Ausgangschemismus andeutet, wie er für den Donnersberg und Königsberg gilt.

Der Einfluß der K-Metasomatose ist hier besonders groß, die Wirkung einer weiterführende Mobilisation von Na<sub>2</sub>O und CaO dagegen vergleichsweise gering. Assimilations- und Differentiationserscheinungen sind nicht zu erkennen. Bei den sekundären Mineralbildungen dominiert der Chlorit.

### 3.2.7. RHYOLITH VON NOHFELDEN A

Die Darstellungen der chemischen Analysen von diesem Rhyolithvorkommen (n=38) zeigen im Vergleich zu den bisherigen Analysen die Tendenz zu niedrigeren SiO<sub>2</sub>-Gehalten (71 - 73 Gew.-%) und höheren Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- (ca. 16 Gew.-%) und TiO<sub>2</sub>- (ca. 0.2 Gew.-%) Werten. Für diesen Rhyolith muß daher mit einem anderen Ausgangsmagma gerechnet werden.

Wegen der "überhöhten" normativen Korundwerte ergibt sich die Einschränkung auf 26 Analysen, deren Chemismus in Abbildung 24 und Tabelle 7 beschrieben wird.

Tabelle 7: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für  
 (a) sämtliche Analysen und  
 (b) die selektiv ausgewählten Analysen  
 des Rhyoliths von Nohfelden A  
 S' = analytische Standardabweichung

	(a)			(b)	
	$\bar{X}$	S	S'	$\bar{X}$	S
SiO <sub>2</sub>	72.29	1.15	(0.2)	72.13	0.84
TiO <sub>2</sub>	0.20	0.02	(0.04)	0.19	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.85	0.30	(0.15)	15.85	0.30
FeO <sub>ges.</sub>	1.99	0.89	(0.035)	1.87	0.72
MgO	0.86	0.28	(0.020)	0.83	0.20
CaO	0.54	0.41	(0.025)	0.58	0.44
Na <sub>2</sub> O	3.31	0.80	(0.15)	3.72	0.53
K <sub>2</sub> O	4.89	0.44	(0.20)	4.75	0.42
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.01	(0.002)	0.08	0.01

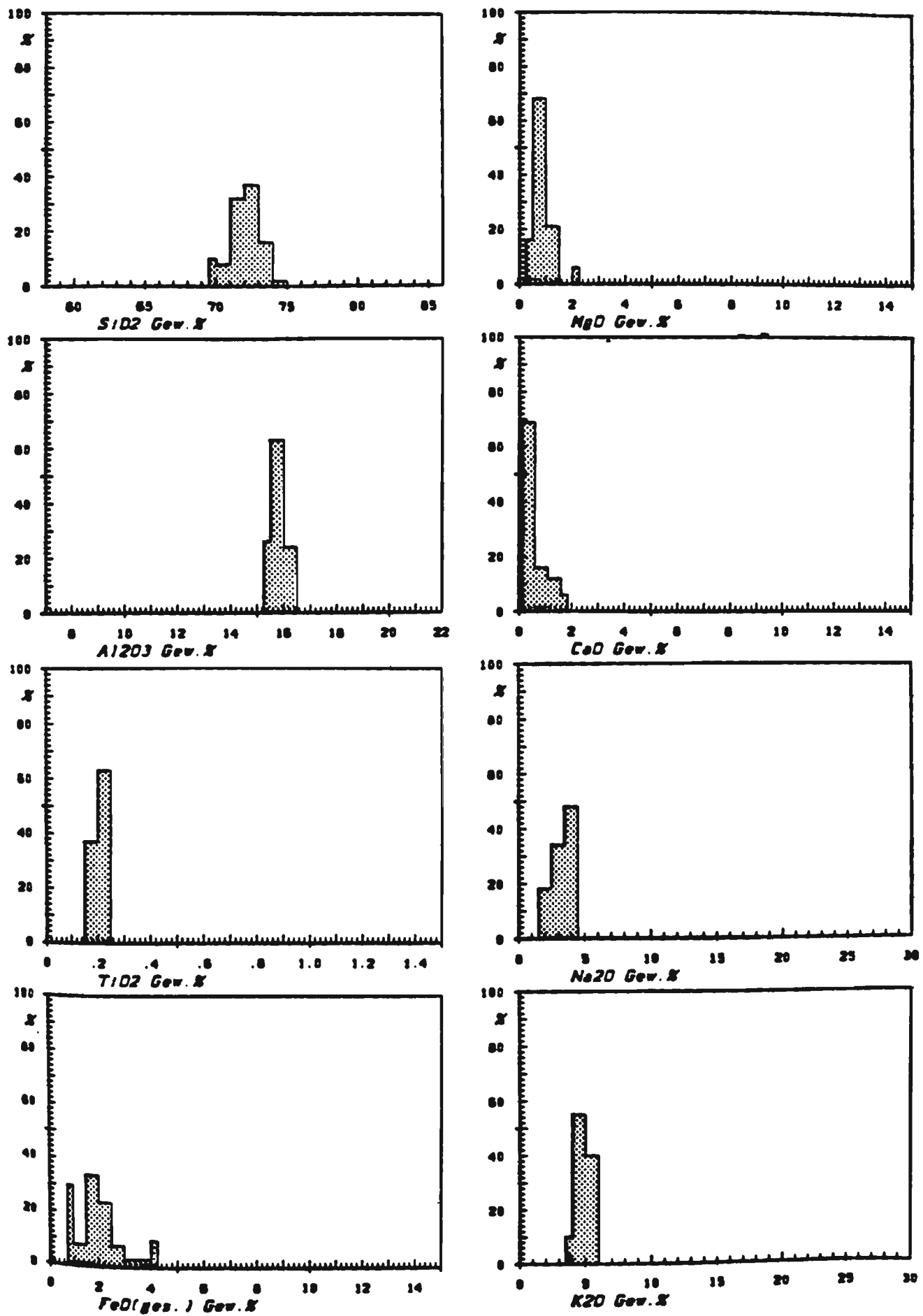


Abb. 22: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=38) des Rhyoliths von Nohfelden A.

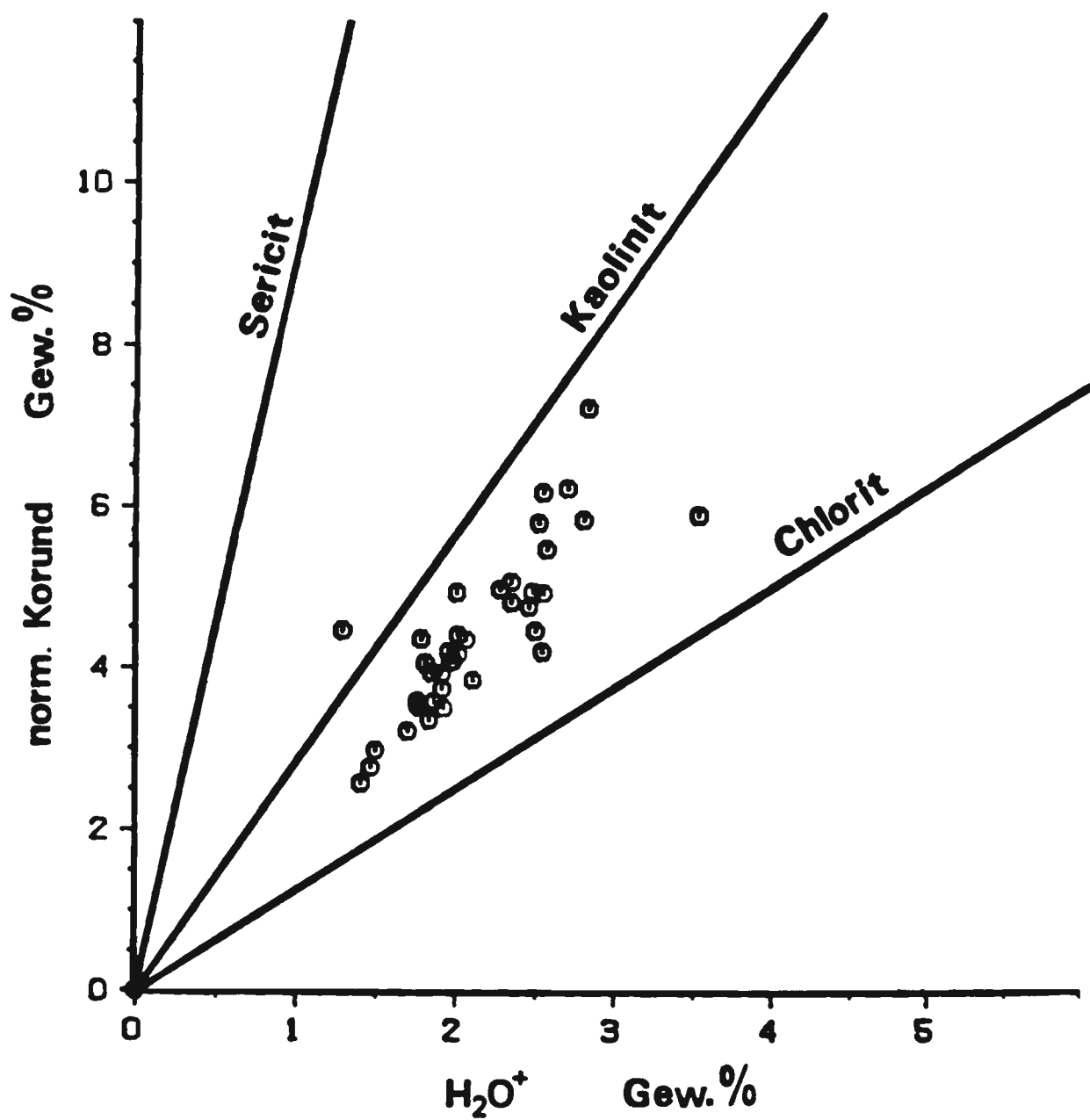


Abb. 23: Korrelationsdiagramm  $H_2O^+$ /norm. Korund mit Kaolinit-, Sericit- und Chlorit-Bezugsgeraden für die Analysen des Rhyoliths von Nohfelden A. Bei den sekundären Veränderungen müssen sich Kaolinit zusammen mit Chlorit gebildet haben.

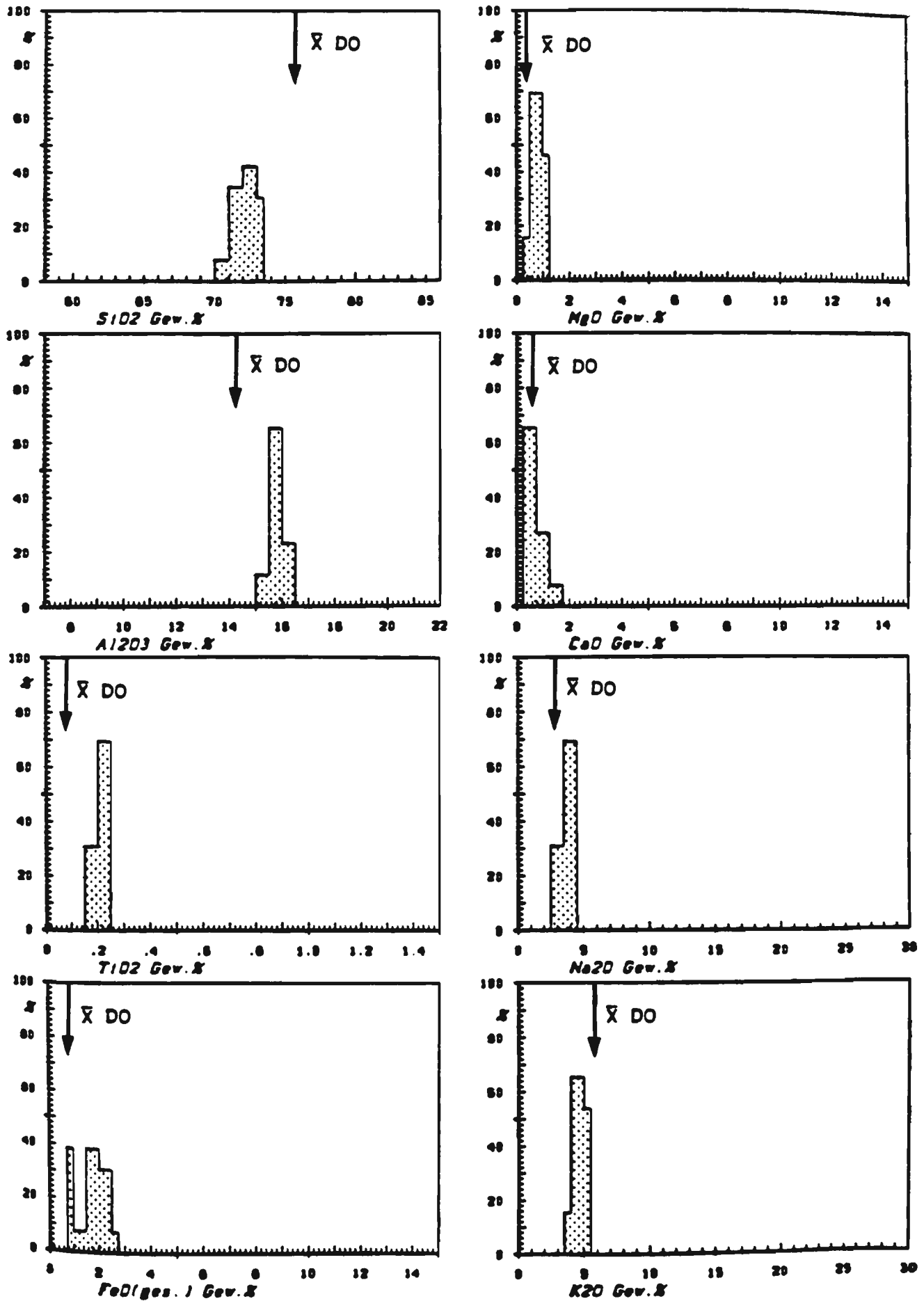


Abb. 24: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten bei den wegen zu hoher norm. Korundgehalte (>5 Gew.-%) eingeschränkten Analysen (n=26) für den Rhyolith von Nohfelden A. Zum Vergleich sind die Mittelwerte des Donnersberg-Rhyoliths skizziert.

Sieht man von den FeO-Gehalten ab, so bilden sich deutliche Maxima, auch für das K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O und CaO. Der Einfluß der hydrothermalen Veränderungen - K-Metasomatose und weiterführende Mobilisation von Na<sub>2</sub>O - scheint hier bis auf eine CaO-Mobilisation von untergeordneter Bedeutung. Damit müssen die beobachteten Variationen zumindest teilweise auf Assimilations- oder Differentiationseffekte zurückzuführen sein.

Das Ausgangsmagma dieses Rhyolithvorkommens war nicht so homogen wie die bisher besprochenen, es stellt ein Übergangsglied zu den intermediären Magmen dieses Gebietes dar und ist relativ frisch.

### 3.2.8. RHYOLITH VON NOHFELDEN A(K) - (K<sub>2</sub>O-reich)

Von ARIKAS wurden die K<sub>2</sub>O-reicheren Analysen (n=9) des Rhyoliths von Nohfelden A gesondert betrachtet. Die Darstellung der chemischen Analysen in Abbildung 25 und Tabelle 8 lassen erkennen, daß im K<sub>2</sub>O-Gehalt die einzigen Unterschiede liegen. Auch bei diesem Ausgangsgestein sind die SiO<sub>2</sub>-Gehalte niedriger und die Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- und TiO<sub>2</sub>-Gehalte höher als bei den anderen Vorkommen. Bis auf die K<sub>2</sub>O-Gehalte (Einfluß von K-Metasomatose) bilden sich deutliche Maxima, die zusammen mit den hohen norm. Korundwerten darauf hinweisen, daß ferner mit einer weiterführenden Mobilisation von CaO und Na<sub>2</sub>O gerechnet werden muß.

Wegen der geringen Probenzahl wird für diesen Rhyolith keine Häufigkeitsverteilung für eingeschränkte Analysen gegeben.



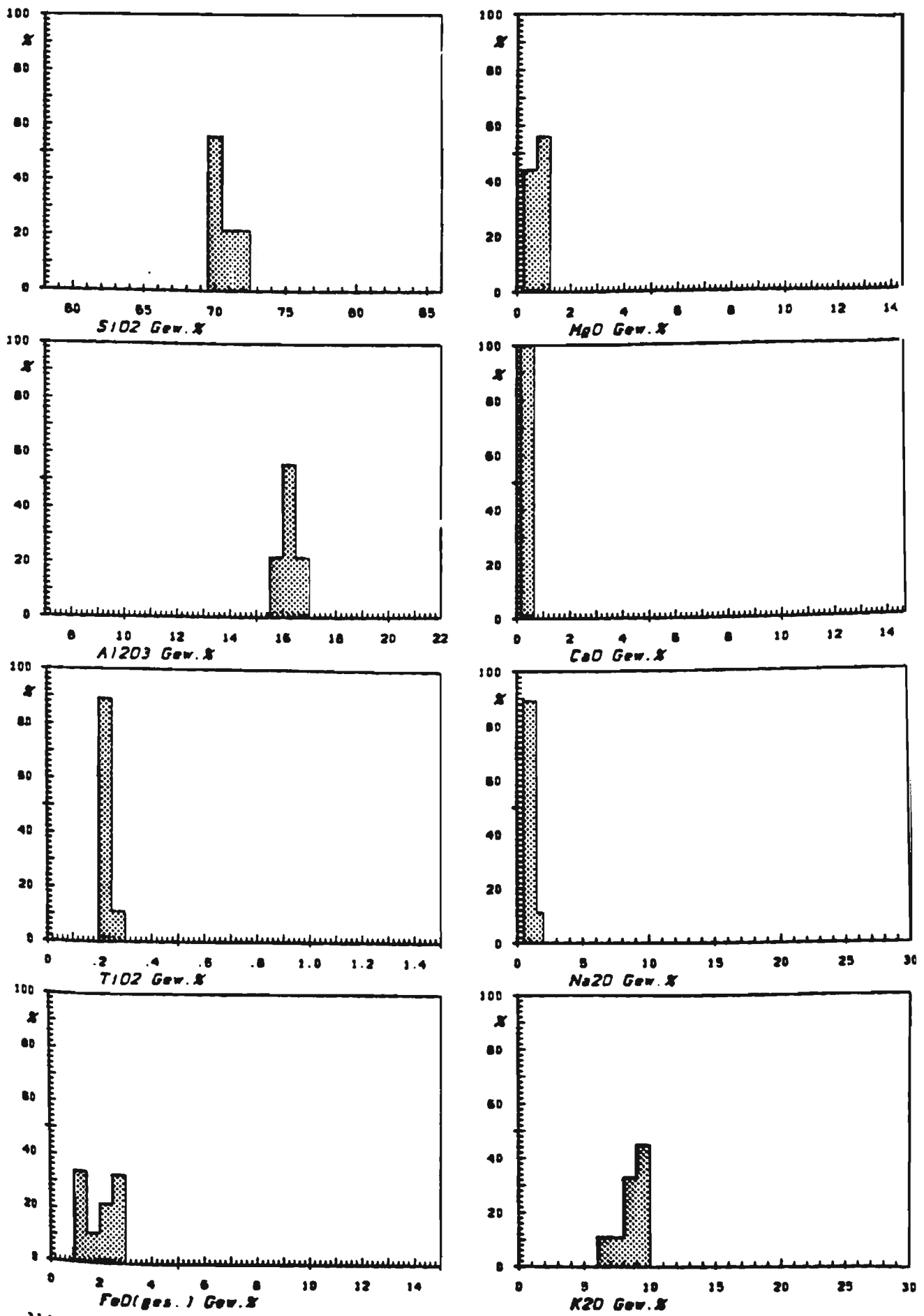


Abb. 25: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=9) des Rhyoliths von Nohfelden A(K).

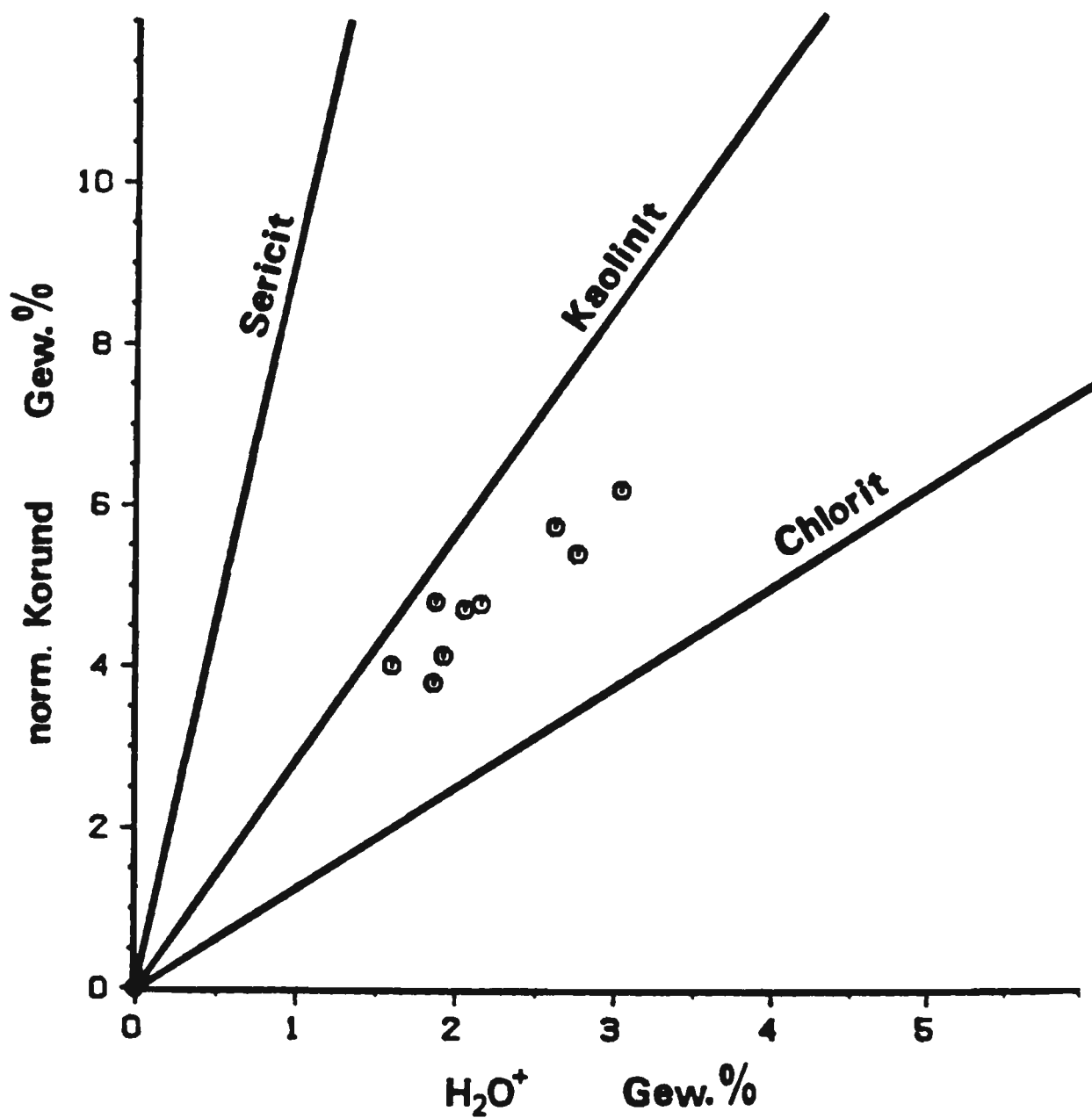


Abb. 26: Korrelationsdiagramm  $H_2O^+$ /norm. Korund mit Kaolinit-, Sericit- und Chlorit-Bezugsgeraden für die Analysen des Rhyoliths von Nohfelden A(K).  
 Bei den sekundären Veränderungen haben sich, wie bei allen Rhyolithen von Nohfelden, Kaolinit und Chlorit gebildet.

Tabelle 8: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für  
 (a) sämtliche Analysen und  
 (b) die selektiv ausgewählten Analysen des Rhyoliths von Nohfelden A(K)  
 $S'$  = analytische Standardabweichung

	(a)			(b)	
	$\bar{x}$	s	$s'$	$\bar{x}$	s
SiO <sub>2</sub>	70.78	0.84	(0.2)	70.37	0.72
TiO <sub>2</sub>	0.23	0.01	(0.004)	0.22	0.008
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.22	0.27	(0.15)	16.07	0.18
FeO <sub>ges.</sub>	2.07	0.77	(0.035)	2.33	0.68
MgO	0.77	0.27	(0.020)	0.66	0.16
CaO	0.23	0.08	(0.025)	0.22	0.08
Na <sub>2</sub> O	1.10	0.41	(0.15)	0.99	0.21
K <sub>2</sub> O	8.51	1.10	(0.20)	9.07	0.61
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.01	(0.002)	0.08	0.007

Für die weitere Diskussion der chemischen Veränderungen empfiehlt sich die gemeinsame Berücksichtigung aller Analysen von Nohfelden A.

### 3.2.9. RHYODACIT VOM KUHKOPF (VON KIRCHHEIMBOLANDEN)

Für ein drittes Ausgangsmagma bei den rhyolitoiden Gesteinen des Saar-Nahe-Gebietes sprechen die Analysen der Rhyolith-Vorkommens vom Kuhkopf: Charakteristisch ist ein  $\text{SiO}_2$ -Gehalt unter 70 Gew.-%, ein  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt größer 16 Gew.-% und ein  $\text{TiO}_2$ -Anteil von 0.12 - 0.20 Gew.-%, siehe Abbildung 27 und Tabelle 9.

Der Palatinit-Komplex vom Brunnenberg, der im zweidimensionalen Schnitt der heutigen Aufschlußbedingungen von dem Kuhkopfrhyodacit vollständig umschlossen wird, ist wahrscheinlich später aufgedrungen. Dennoch sind Kontaminationen durch den andesitischen Palatinit im Kontaktbereich zu erwarten und werden auch lokal begrenzt beobachtet, worauf vor allem Analysen mit erhöhten  $\text{TiO}_2$ -Gehalten hinweisen.

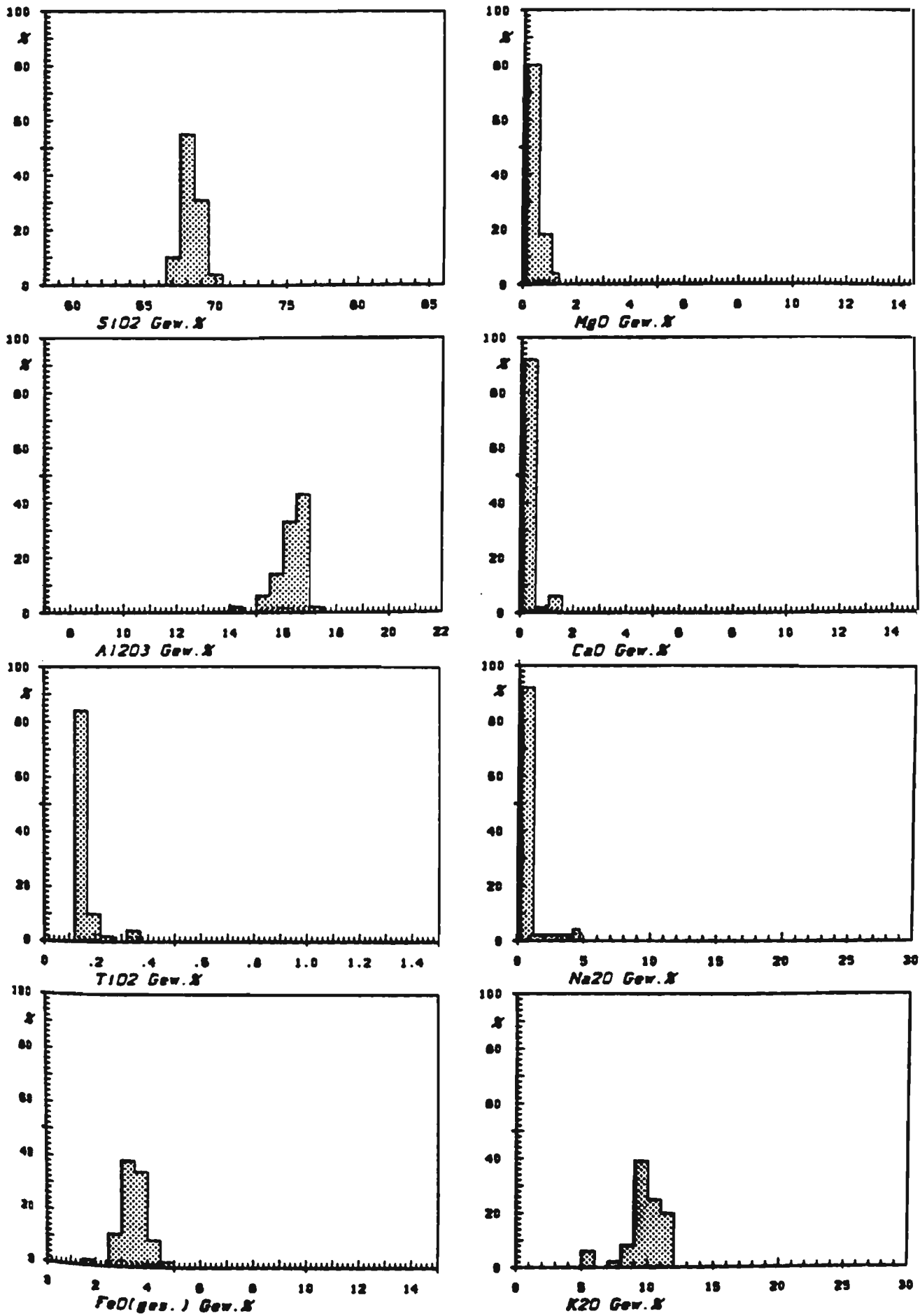


Abb. 27: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=49) des Rhyodacits vom Kuhkopf.

Tabelle 9: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für  
 (a) sämtliche Analysen  
 $S'$  = analytische Standardabweichung

	(a)		
	$\bar{X}$	s	$S'$
SiO <sub>2</sub>	68.37	0.72	(0.2)
TiO <sub>2</sub>	0.17	0.04	(0.004)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.29	0.53	(0.15)
FeO <sub>ges.</sub>	3.45	0.49	(0.035)
MgO	0.43	0.27	(0.020)
CaO	0.33	0.30	(0.025)
Na <sub>2</sub> O	1.00	0.72	(0.15)
K <sub>2</sub> O	9.85	1.50	(0.20)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.02	(0.002)

Unter Bezugnahme auf die Häufigkeitsverteilungen bei den Hauptkomponenten und das Korrelationsdiagramm mit der Darstellung von H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> gegen die norm. Korundgehalte ergibt sich, daß bei diesem Vorkommen mit Differentiations- bzw. Assimilationserscheinungen gerechnet werden muß. Der Einfluß der K-Metasomatose ist hier "extrem", worauf die sehr hohen K<sub>2</sub>O-Gehalte und die sehr niedrigen CaO- und Na<sub>2</sub>O-Werte hinweisen. Bereits jetzt kann vermutet werden, daß von der weiterführenden Mobilisation von Alkalien und Erdalkalien auch das K<sub>2</sub>O betroffen ist.

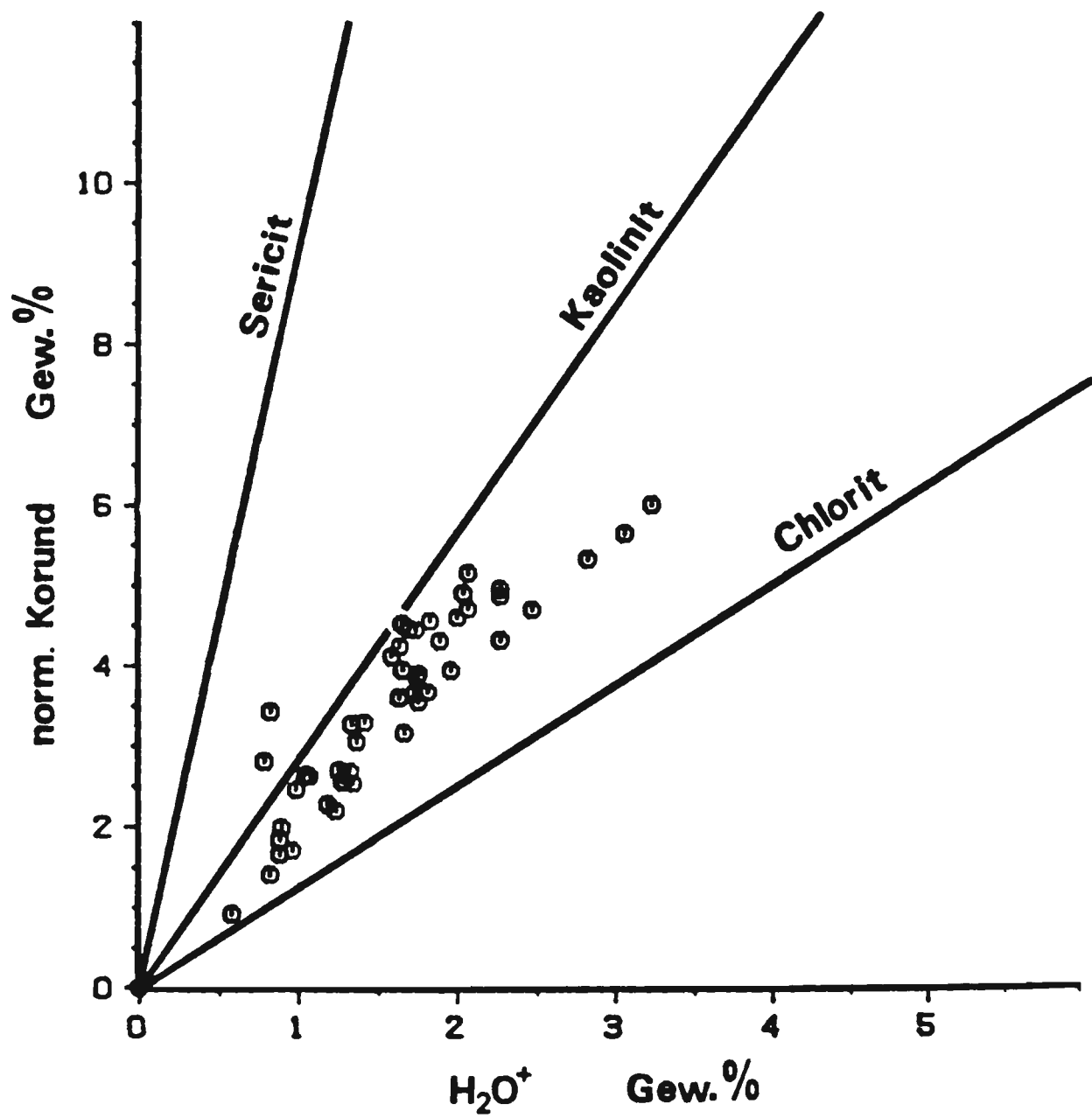


Abb. 28: Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/norm. Korund mit Kaolinit-, Sericit- und Chlorit-Bezugsgeraden für die Analysen des Rhyodacits vom Kuhkopf.

### 3.2.10. RHYOLITHE / RHYODACITE VOM LEMBERG

Bei der petrographischen Beschreibung wurde bereits darauf hingewiesen, daß bei den rhyolitoiden Gesteinen des Lembergs zwei Varietäten unterschieden werden müssen, eine helle und eine dunkle. Diese Beobachtung läßt sich in dem Histogramm der Abb. 29 nachvollziehen, wo sich aufgrund der  $\text{SiO}_2$ -,  $\text{TiO}_2$ -,  $\text{FeO}_{\text{ges.}}$ - und  $\text{CaO}$ -Gehalte zwei chemisch verschiedene Gesteinstypen unterscheiden lassen. Deshalb wurden für die helle,  $\text{SiO}_2$ -reichere (Lemberg I) und die dunklere,  $\text{SiO}_2$ -ärmere Varietät (Lemberg II) gesonderte Histogramme aufgestellt, s. Abb. 31 und 32.

Für beide Varietäten ergeben sich ausgeprägte Maxima bei den  $\text{K}_2\text{O}$ - und  $\text{Na}_2\text{O}$ -Gehalten, d.h. in beiden Varietäten können sekundäre hydrothermale Veränderungen - K-Metasomatose und weiterführende  $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ -Mobilisation - fast vernachlässigt werden. Diese Aussage wird durch die niedrigen bis fehlenden normativen Korundwerte bestätigt, s. Korrelationsdiagramm der Abb. 30.

Mit einem relativ starken Einfluß von Differentiations- bzw. Assimilationsprozessen ist in beiden Varietäten zu rechnen, was sich besonders deutlich in den Analysen mit niedrigeren  $\text{SiO}_2$ - bei gleichzeitig hohen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - und  $\text{TiO}_2$ -Gehalten zu erkennen gibt. Auf eine Beschränkung der Analysen wurde in diesem Falle verzichtet, weil sich keine sinnvolle Eingrenzung anbietet.

In der Tabelle 10 sind die Analysendurchschnittswerte der jeweiligen Varietäten mit ihren Standardabweichungen aufgeführt, dazu die Standardabweichungen für die analytische Meßgenauigkeit. Durch die Daten dieser Tabellen werden obige Aussagen bestätigt.



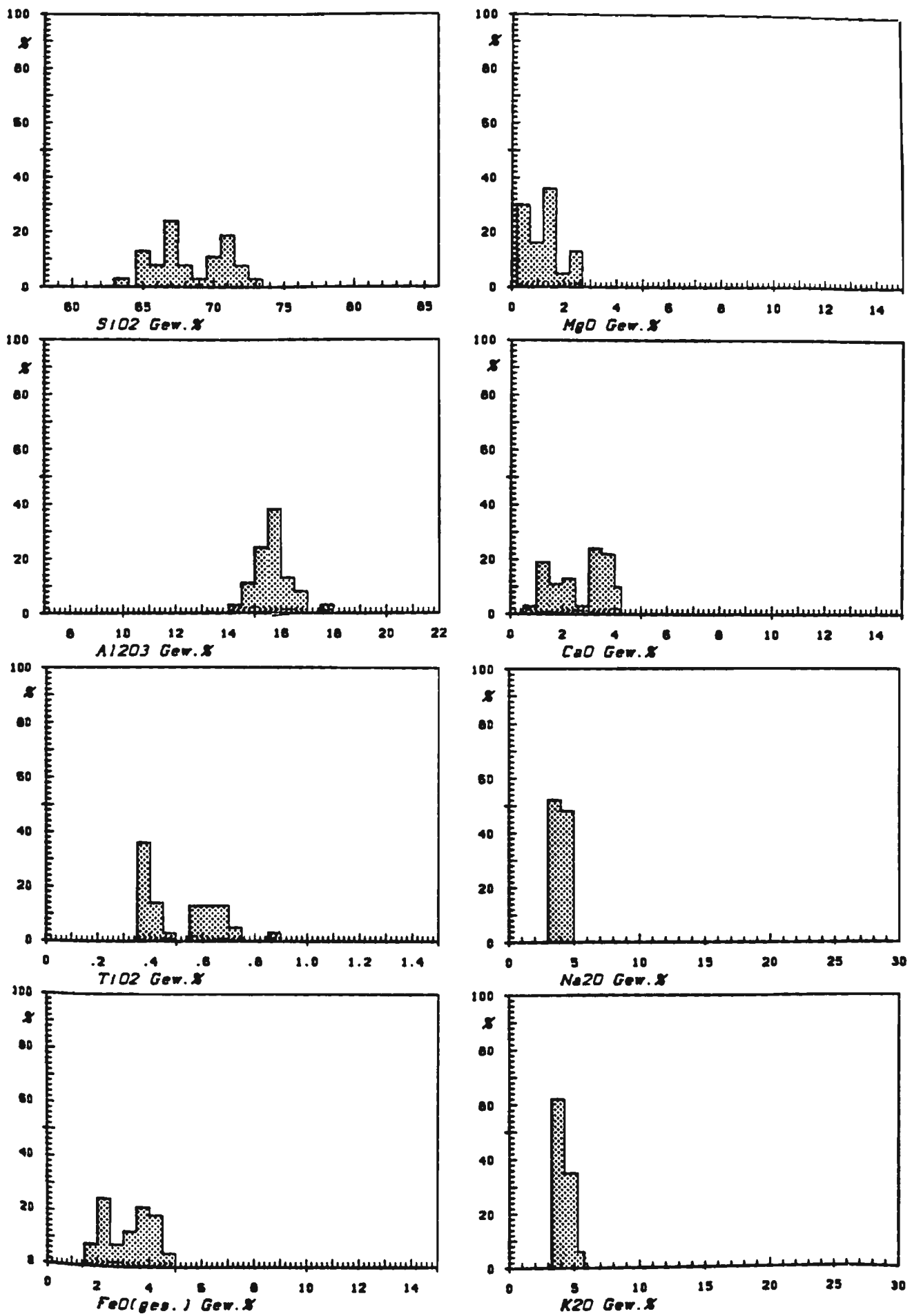


Abb. 29: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=37) des Rhyoliths/Rhyodacits vom Lemberg.

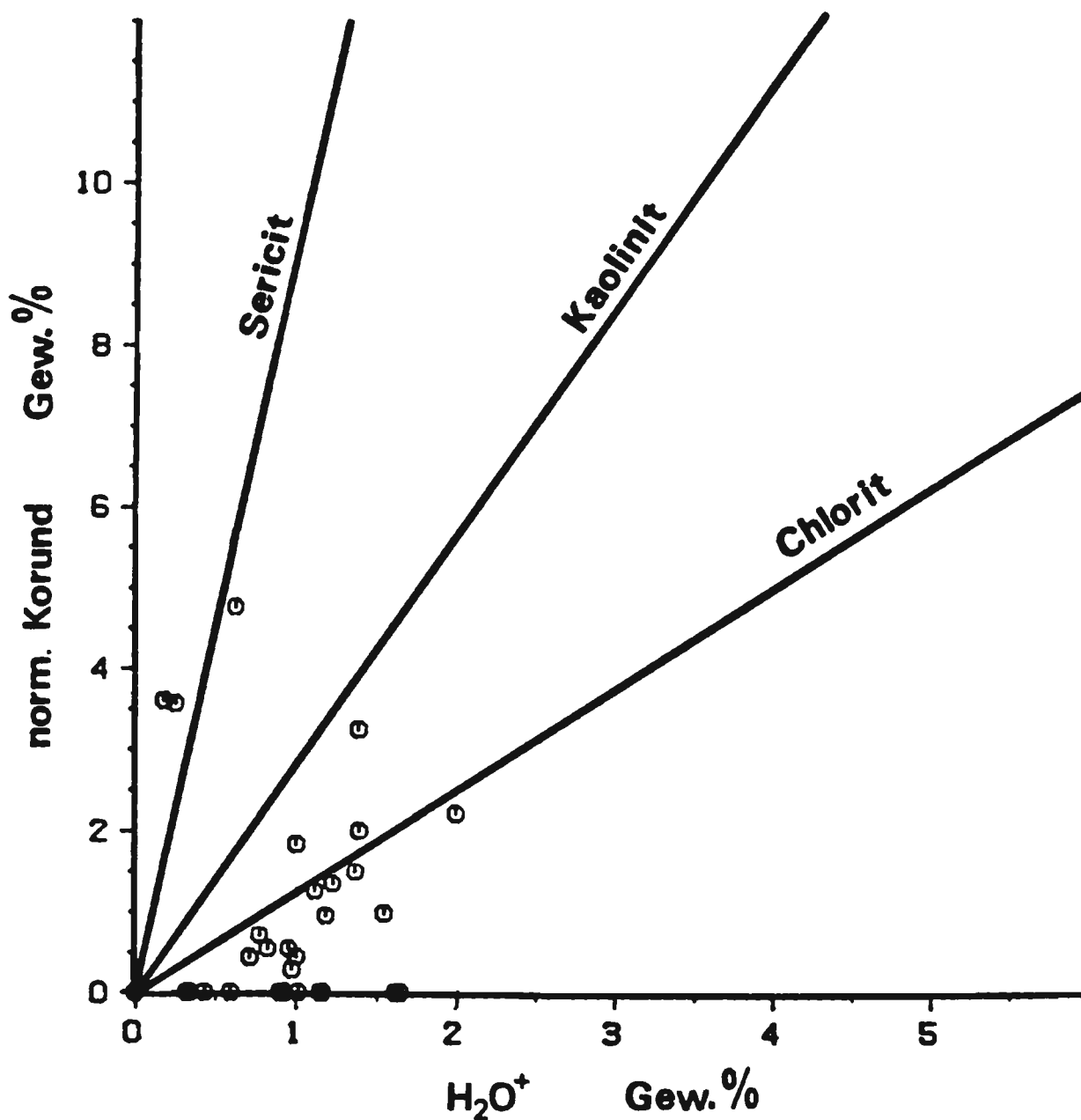


Abb. 30: Korrelationsdiagramm  $H_2O^+$ /norm. Korund mit Kaolinit-, Sericit- und Chlorit-Bezugsgeraden für die Analysen des Rhyoliths/Rhyodacits vom Lemberg. Bemerkenswert sind die niedrigen normativen Korundgehalte! In den Proben mit sekundären Veränderungen hat sich offenbar vor allem Chlorit gebildet.

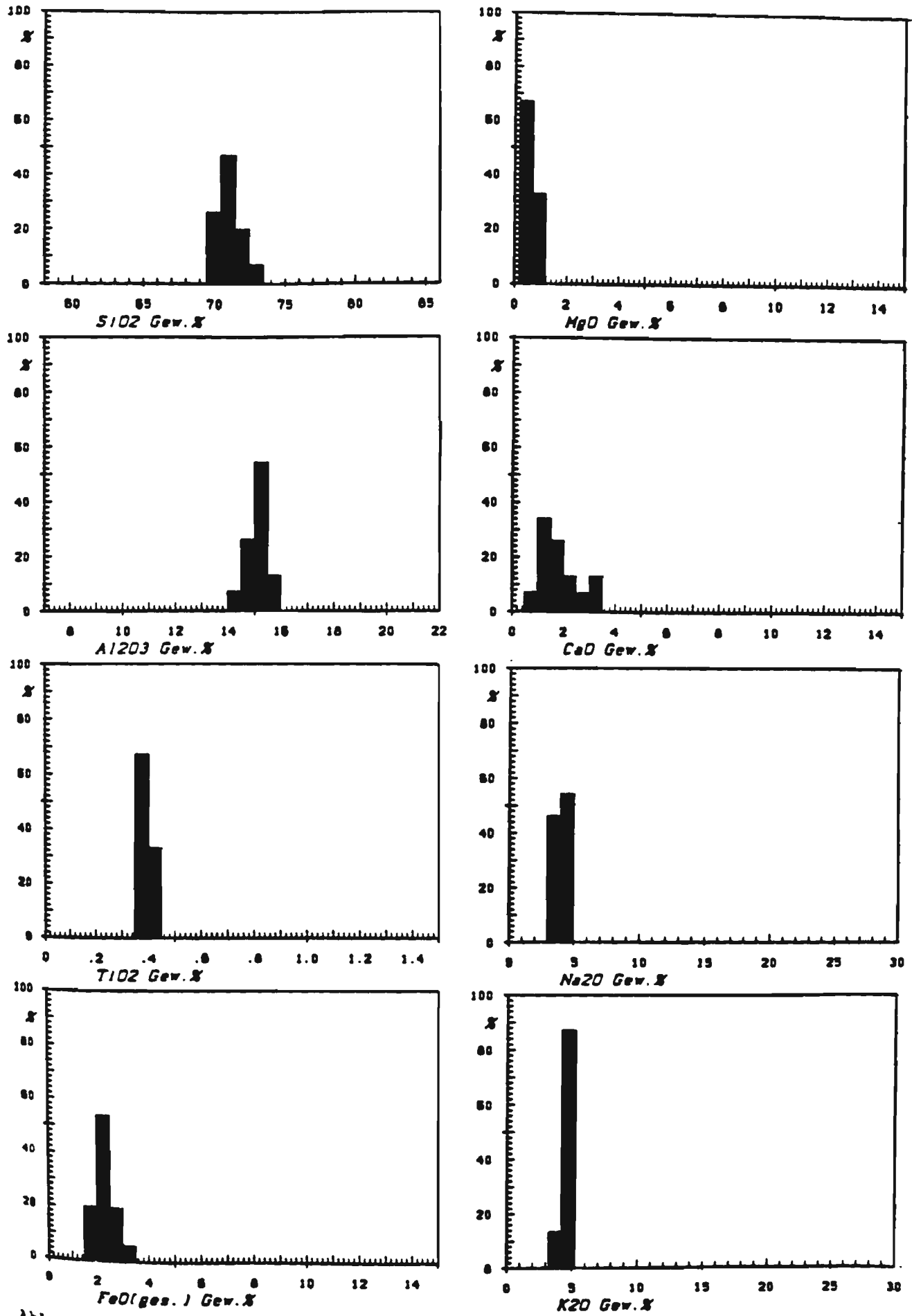


Abb. 31: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für die Analysen der SiO<sub>2</sub>-reicheren Rhyolith-Varietät vom Lemberg I.

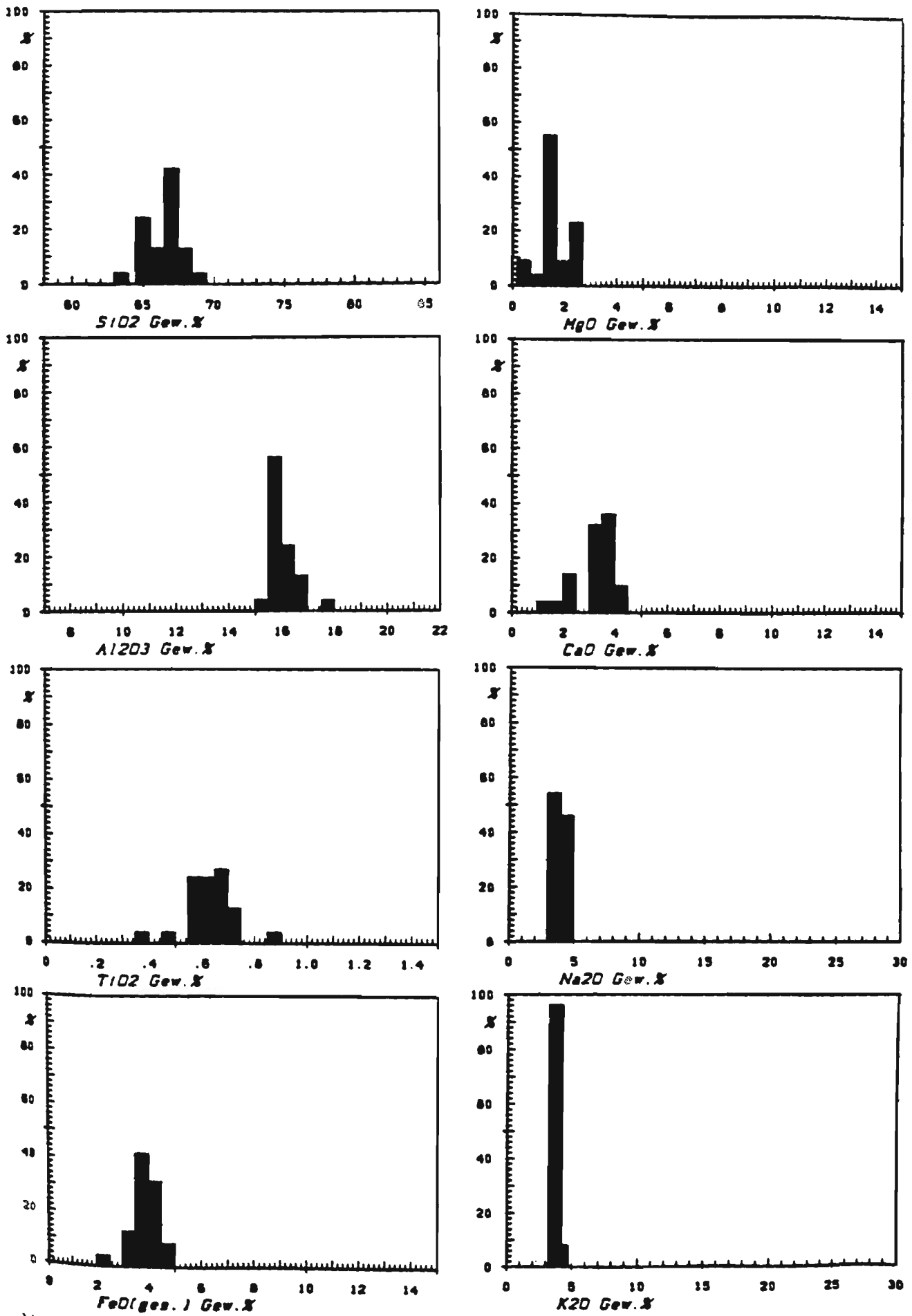


Abb. 32: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für die Analysen der SiO<sub>2</sub>-ärmeren Rhyodacit-Varietät vom Lemberg II.

Tabelle 10: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für die Analysen von  
 (a) Rhyolith vom Lemberg I  
 (b) Rhyodacit vom Lemberg II  
 $S'$  = analytische Standardabweichung

	(a)			(b)	
	$\bar{x}$	s	$S'$	$\bar{x}$	s
SiO <sub>2</sub>	71.12	0.79	(0.2)	66.46	1.37
TiO <sub>2</sub>	0.38	0.03	(0.004)	0.63	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.09	0.30	(0.15)	16.14	0.55
FeO <sub>ges.</sub>	2.35	0.40	(0.035)	3.80	0.56
MgO	0.58	0.28	(0.020)	1.64	0.58
CaO	1.83	0.79	(0.025)	3.26	0.74
Na <sub>2</sub> O	3.94	0.60	(0.15)	4.04	0.27
K <sub>2</sub> O	4.52	0.29	(0.20)	3.82	0.43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.01	(0.002)	0.20	0.04

Im Vergleich mit den Analysen der anderen Vorkommen ergibt sich für den Rhyolith Lemberg I die größte Ähnlichkeit zu dem von Nohfelden A, im Falle des wahrscheinlichen Rhyodacites vom Lemberg II mit dem des Kuhkopfes. Dabei bieten die Lemberg-Gesteine den großen Vorteil, daß hier die hydrothermalen Veränderungen fast vernachlässigt werden können.

### 3.2.11. APLITE

In dem Histogramm der Abb. 33 ist die Häufigkeitsverteilung für 25 Aplit-Analysen aus den basischen Gesteinen - vor allem aus Palatiniten - des Saar-Nahe-Gebietes graphisch dargestellt. Bei diesen Apliten handelt es sich, wie bereits erwähnt, entweder um Differentiationsprodukte aus den basischen Muttergesteinen oder um assimilierte rhyolitische Gesteinsfragmente.

Ausgeprägte Maxima sind bei keinem der Komponenten zu erwarten, da die Differentiation bzw. Assimilation in der Regel zu keinen reinen Endgliedern bzw. zur vollständigen Aufschmelzung und Vermischung führt. Das  $\text{SiO}_2$  variiert in dem Bereich von ca 68 bis zu 77 Gew.-%, diese Werte bleiben in dem Bereich der sonst beobachteten Rhyolithe/Rhyodacite. Die  $\text{SiO}_2$ -Gehalte der Palatiniten mit dem Maximum bei 53 - 55 Gew.-% werden keineswegs erreicht.

Auch bei den anderen Komponenten werden relativ große Variationsbereiche mit der Tendenz Rhyolith/ Rhyodacit beobachtet, eine Ausnahme machen die niedrigen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalte zwischen 10 und 14 Gew.-%, ungewöhnlich hohe FeO-Gehalte zwischen 5 und 7 Gew.-% und relativ niedrige CaO-Gehalte, was auch für einen Teil der  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalte gilt. Die berechneten Durchschnittswerte der Tabelle 11 ergeben eine rhyolitische Zusammensetzung, die sich von den anderer Rhyolithe u.a. auch die niedrigen  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalte - feldspatarm - unterscheidet. Die Standardabweichungen sind erwartungsgemäß groß und liegen bei allen Komponenten deutlich außerhalb des Bereiches der analytischen Genauigkeit.

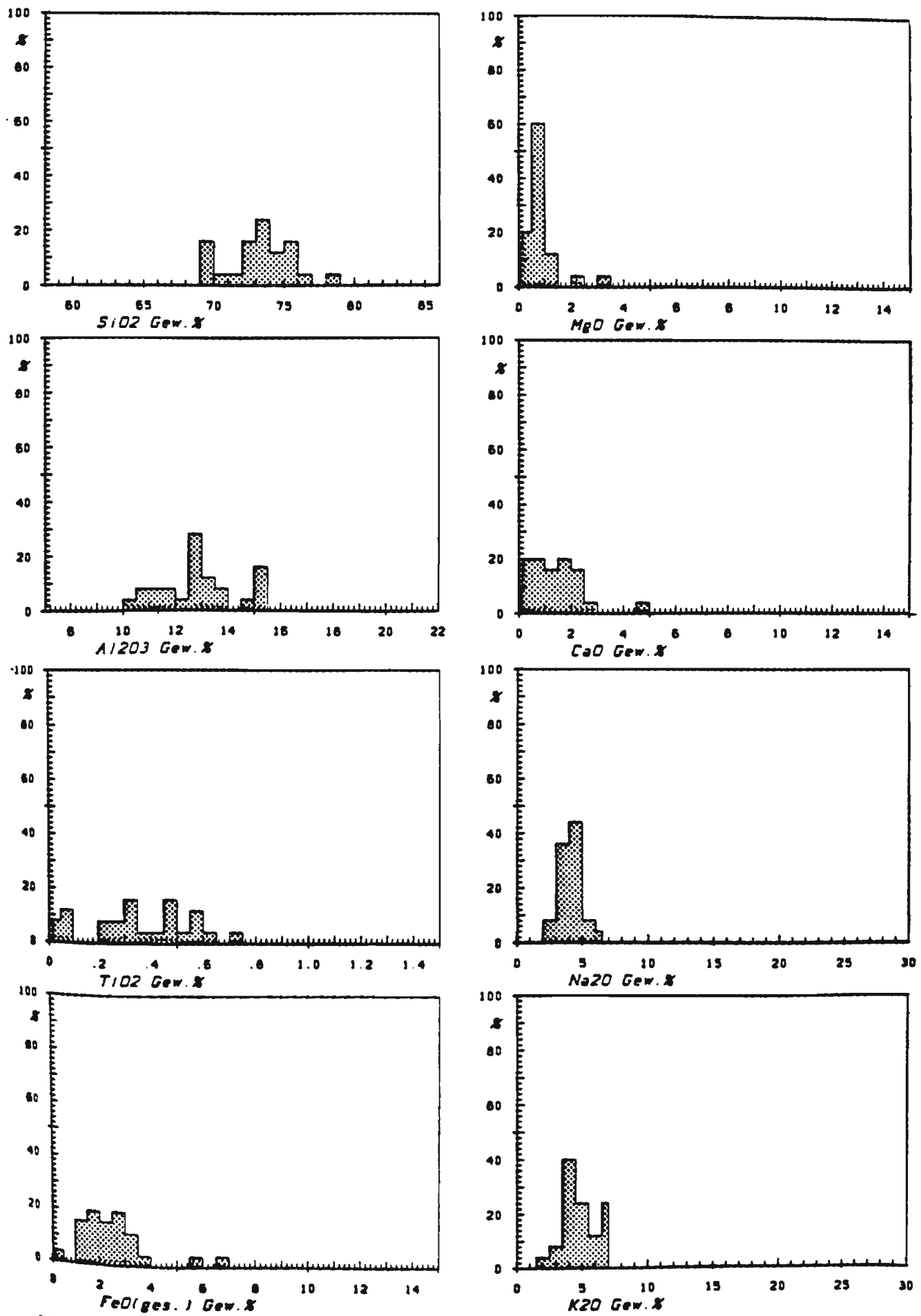


Abb. 33: Häufigkeitsverteilung in den Gehalten der Hauptkomponenten für alle Analysen (n=25) der Aplite aus Palatiniten.

Für 20 der 25 Aplit-Analysen berechnet sich ein normativer Korundgehalt von Null, hier spielen sekundäre Mobilisationen offenbar keine Rolle. Das gilt wahrscheinlich auch für den Einfluß der K-Metasomatose.

Tabelle 11: Durchschnittszusammensetzungen mit Standardabweichungen für 25 Aplit-Analysen.

	$\bar{x}$	s	s'
SiO <sub>2</sub>	73.17	2.34	(0.2)
TiO <sub>2</sub>	0.35	0.20	(0.004)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.86	1.48	(0.15)
FeO <sub>ges.</sub>	2.54	1.37	(0.035)
MgO	0.81	0.70	(0.020)
CaO	1.43	0.99	(0.025)
Na <sub>2</sub> O	4.12	0.93	(0.15)
K <sub>2</sub> O	4.62	1.19	(0.20)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.03	(0.002)



### 3.2.12. VERGLEICH DER VERSCHIEDENEN RHYOLITOIDEN GESTEINE

In tabellarischer Form werden die wichtigsten Daten, wie sie sich aufgrund der Diskussion der chemischen Analysen ergeben, gegenübergestellt. In Tabelle 12 sind die wahrscheinlichen  $\text{SiO}_2$ -,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ - und  $\text{TiO}_2$ -Gehalte der jeweiligen Ausgangsmagmen aufgeführt, wobei im Falle von Assimilations- bzw. Differentiationserscheinungen nur die  $\text{SiO}_2$ -reichen Glieder berücksichtigt wurden. Aufgrund der Variationen bei den  $\text{SiO}_2$ - und  $\text{TiO}_2$ -Gehalten werden der Einfluß von Assimilation/Differentiation abgeschätzt. Aus den Variationen der  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalte wurde auf die Veränderungen durch K-Metasomatose geschlossen. Die normativen Korundwerte schließlich zeigen den Einfluß der weiterführenden  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{CaO}$ -Mobilisation und -Abfuhr an.

Bei den rhyolitoiden Gesteinen des Saar-Nahe-Gebietes muß demnach zwischen drei Ausgangsmagmen unterschieden werden:

I. Die Rhyolithe vom DONNERSBERG, KÖNIGSBERG, KREUZNACH, von NOHFELDEN B und NOHFELDEN C sind charakterisiert durch

$\text{SiO}_2$ -Gehalte zwischen 75.0 und 77.0 Gew.-%,  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalte zwischen 13.5 und 15.0 Gew.-%,  
 $\text{TiO}_2$ -Gehalte zwischen 0.08 und 0.1 Gew.-%.

Der Einfluß der sekundären Veränderungen ist unterschiedlich.

**Tabelle 12: Wahrscheinliche SiO<sub>2</sub>-, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- und TiO<sub>2</sub>-Gehalte der Ausgangsmagmen bei den verschiedenen rhyolitoiden Gesteinen in Gew.-%, dazu Ursache und Auswirkung aus den chemischen Variationen.**

Vorkommen	SiO <sub>2</sub> -Gehalt	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -Gehalt	TiO <sub>2</sub> -Gehalt	Einfluß von Assimilation/Different.	Einfluß von K-Metasomatose	Einfluß von Na-Ca-Mobilisation	sec. Mineralbildg.
Donnersberg	75.0-76.0	14.0-14.5	0.08	-----	---++	----++	Kaol./Seric.
Königsberg	75.5-76.5	14.0-14.5	0.10	-----+	---++	+++++	Kaol.
Kreuznach	75.5-76.5	13.5-14.5	0.08	+++++	---++	---+++	Kaol./Chl.
Mohfelden B	75.5-76.5	14.0-15.0	0.10	-----	-----+	-++++	Kaol./Chl.
Mohfelden C	75.0-77.0	13.5-14.5	0.08	---++	-++++	----++	Kaol./Chl.
Mohfelden A	71.0-72.0	15.0-16.0	0.19	---++	-----+	-++++	Kaol./Chl.
Mohfelden A(K)	70.0-72.0	15.5-16.5	0.22	---++	-++++	+++++	Kaol./Chl.
Lemberg I	70.5-71.5	14.5-15.5	0.45 (?)	---++	-----	-----+	Chl.
Kuhkopf	68.0-69.0	16.0-17.0	0.17	---++	+++++	---+++	Kaol./Chl.
Lemberg II	65.0-67.5	15.5-16.5	0.7 (?)	-++++	-----	-----+	Chl.
Aplite	69.0-79.0	10.0-15.5	0.2-0.7	+++++	-----+	-----+	-

II. Die Rhyolithe von NOHFELDEN A, NOHFELDEN A(K) und LEMBERG I zeigen folgende Merkmale:

SiO<sub>2</sub>-Gehalte zwischen 70.0 u. 72.0 Gew.-%,  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalte zwischen 14.5 u. 16.5 Gew.-%,  
TiO<sub>2</sub>-Gehalte zwischen 0.19 u. 0.45(?) Gew.-%.

Das Gestein vom Lemberg I ist sehr frisch, die beiden anderen mehr oder weniger stark verändert.

III. Die SiO<sub>2</sub>-ärmsten Magmen haben die Rhyodacite vom KUHKOPE und LEMBERG II gebildet:

SiO<sub>2</sub>-Gehalte zwischen 65.0 u. 69.0 Gew.-%,  
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalte zwischen 15.5 u. 17.0 Gew.-%,  
TiO<sub>2</sub>-Gehalte zwischen 0.17 u. 0.7(?) Gew.-%.

Beim Rhyodacit des Kuhkopfes wird eine starke K-Metasomatose, beim Lemberg II ein Einfluß von Assimilation bzw. Differentiation beobachtet.

4.0. GRAPHISCHE DARSTELLUNG NORM. KORUND/HAUPTKOMPONENTEN,  
EINFLUSS DER K-METASOMATOSE UND  
DER WEITERFÜHRENDEN Na- UND Ca-MOBILISATION,  
ABSCHÄTZUNG DER AUSGANGSCHEMISMEN

4.1. DONNERSBERG

Der für die Analysen berechnete normative Korundgehalt wird allein durch die weiterführende Mobilisation von  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$  verursacht, er kann damit als Maß für die entsprechenden postmagmatischen, hydrothermalen Umwandlungen angesehen werden.

Die K-Metasomatose hat bei streng molar äquivalentem Ersatz von  $\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}$  durch  $\text{K}_2\text{O}$  keinen Einfluß auf den  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Überschuß. Aufgrund der bisherigen Diskussion ist jedoch zu erwarten, daß sich diese beiden hydrothermalen Vorgänge nicht streng getrennt voneinander rekonstruieren lassen.

In der graphischen Darstellung der Abbildung 34 sind die  $\text{SiO}_2$ -,  $\text{TiO}_2$ -,  $\text{FeO}_{\text{ges.}}$ -,  $\text{MgO}$ -,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -,  $\text{CaO}$ -,  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalte der Analysen vom Donnersberg gegen die normativen Korundgehalte aufgetragen.

Für das  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ergibt sich eine schwach positive Korrelation, die als relative Zunahme infolge einer weiterführenden Mobilisation und Abfuhr von  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$  zu verstehen ist.

Eine lineare Korrelation parallel zur Ordinate ergibt sich für das  $\text{TiO}_2$  und  $\text{FeO}_{\text{ges.}}$ . Im Falle des  $\text{TiO}_2$  sind die absoluten Gehalte so gering, daß sich relative Änderungen nicht numerisch auswirken. Die Variationen beim  $\text{FeO}_{\text{ges.}}$  werden auf geringe Veränderungen (Zu- und Abnahme) im Zusammenhang mit den hydrothermalen Umwandlungen angesehen.

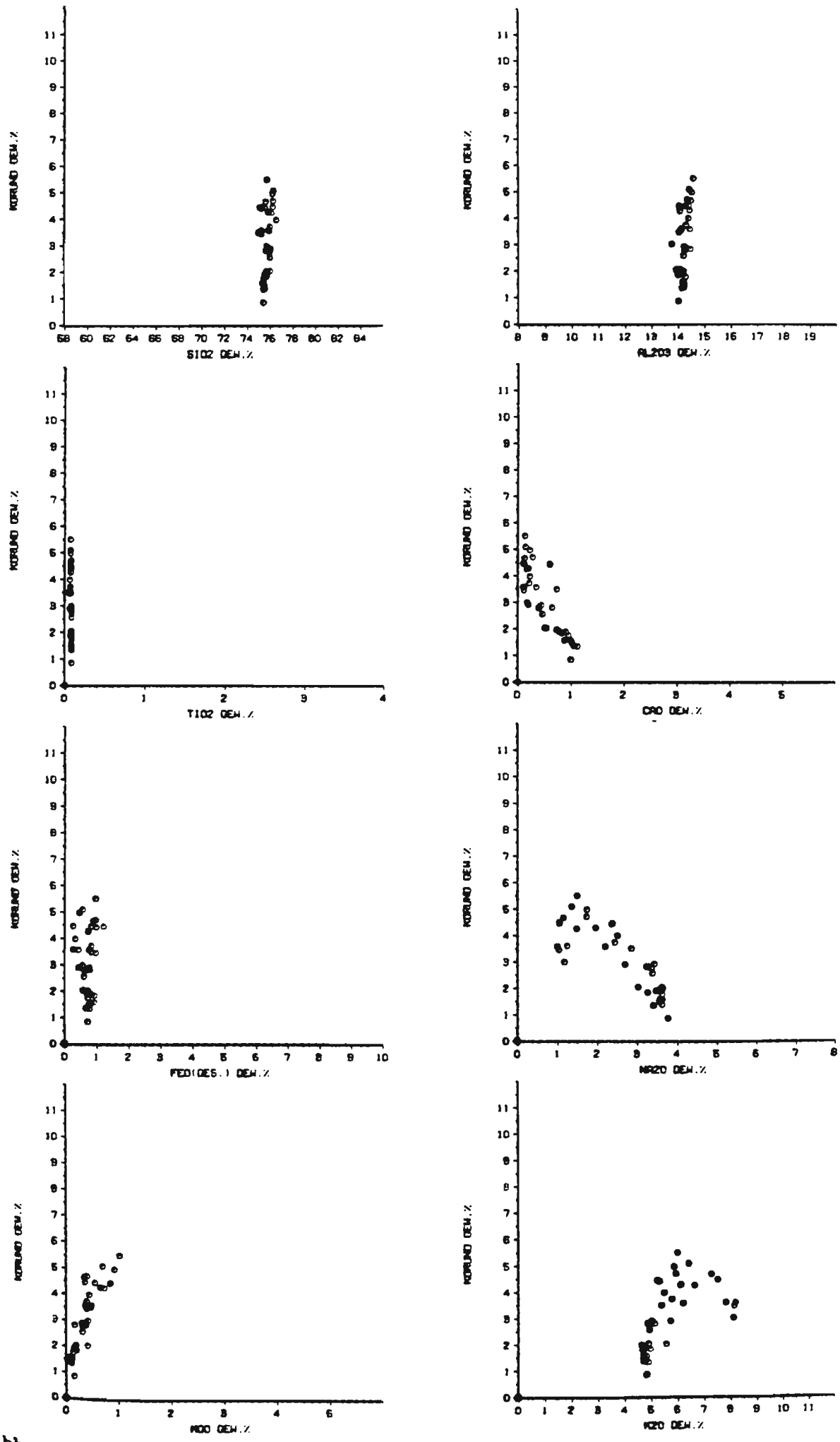


Abb. 34: Variationen der Hauptkomponentenanteile in Abhängigkeit von dem jeweiligen normativen Korundgehalt für die Donnersberg-Analysen.

Die CaO- und Na<sub>2</sub>O-Gehalte nehmen mit steigendem normativen Korundgehalt grundsätzlich ab, während die K<sub>2</sub>O- und MgO-Anteile ohne Ausnahme ansteigen. Damit wird nicht nur der Einfluß einer K-Metasomatose, sondern auch eine gleichzeitige MgO-Metasomatose bewiesen.

Die CaO-Gehalte nehmen mehr oder weniger kontinuierlich bis zu einem Wert von 0,1 Gew.-% ab. Aus der normativen Mineralzusammensetzung geht hervor, daß bei allen Proben mit einem Apatitanteil von 0.05 bis 0.1 Gew.-% gerechnet werden kann, diese entsprechen CaO-Werten von rechnerisch 0.03 bis 0.06 Gew.-% CaO. Karbonate spielen in dem Donnersberg-Rhyolith als weiterer Ca-Träger nur eine untergeordnete Rolle. Die angegebenen CO<sub>2</sub>-Werte liegen in dem Bereich bis 0.05 Gew.-%, was CaO-Gehalten von maximal 0.03 Gew.-% entspricht. Damit wird wahrscheinlich, daß die verbleibenden ca. 0.1 Gew.-% CaO bei hohen Korundgehalten im Apatit und Calcit gebunden sind, aus denen sie nicht mobilisiert wurden.

Aus der Darstellung der CaO-Gehalte - und auch aus den anderen Darstellungen - geht hervor, daß es keine Proben ohne normativen Korundgehalt gibt. Die niedrigsten Korundgehalte liegen bei den Donnersberg-Analysen um 1.3 Gew.-%. Dieser Basiswert wird auf eine Ca-Mobilisation in Zusammenhang mit der autohydrothermalen Sericitisierung der Anorthit-Komponenten (s. Reaktion (c) auf Seite 38) zurückgeführt. Rechnerisch entspricht der Korund-Basiswert von 1.3 Gew.-% max. 3.4 Gew.-% Muskovit. Siehe hierzu auch das Korrelationsdiagramm C/H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> der Abb. 36 mit Diskussion auf Seite 104.

Von THEUERJAHR (1973) und anderen wird erwähnt, daß in Rhyolithen Almandin-Granat und/oder Cordierit auftreten, durch die ebenfalls der Korund-Basiswert

erklärt werden könnte. Entsprechende Angaben zu deren Verbreitung in den untersuchten Proben fehlen jedoch.

#### BERECHNUNG DES WAHRSCHEINLICHEN AUSGANGSCHEMISMUSSES

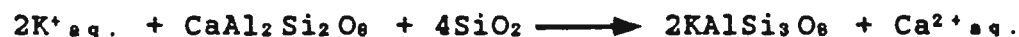
Die Diskussion der Korrelationsdiagramme norm. Korund/Hauptkomponenten hat ergeben, daß es im Zusammenhang mit sekundären postmagmatischen hydrothermalen Umwandlungen zu einer partiellen K- und Mg-Metasomatose mit Zunahme der K<sub>2</sub>O- und MgO-Gehalte auf Kosten von Na<sub>2</sub>O- und CaO-Anteilen kommt. Eine weiterführende Mobilisation von Na<sub>2</sub>O und CaO wird beobachtet.

Bei der K-Metasomatose findet eine K-Anreicherung auf Kosten des feldspatgebundenen Ca und Na statt; in Austauschreaktionen werden K-Anteile zugeführt und Ca- und Na-Gehalte mobilisiert und abgeführt.



Die einfachste Austauschreaktion ergibt sich für die Albit-Komponente von Alkalifeldspäten oder Plagioklasen. Na wird mobilisiert und abgeführt.

Im Falle der Anorthit-Komponente:



Bei K-Zufuhr und der Reaktion mit An-Komponente und Quarz wird Kalifeldspat gebildet und Ca mobilisiert und abgeführt.

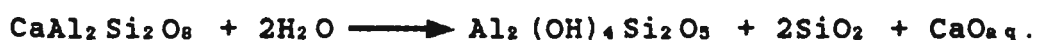
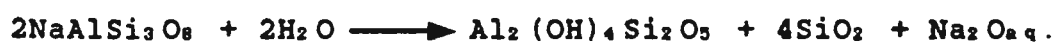
Zusammenfassend wird bei der K-Metasomatose K<sup>+</sup> zugeführt und in Feldspatanteilen gebunden, wobei gleiche Mol-Anteile an (Na<sup>+</sup> + 1/2Ca<sup>2+</sup>) mobilisiert und abgeführt werden.

In der Darstellung  $K_2O/(Na_2O + CaO)$ , der Abb. 35 beobachtet man die zu erwartende negative Korrelation zwischen  $K_2O$  und der Summe von  $Na_2O + CaO$  in Molzahlen. Bei Zunahme an  $K_2O$ -Anteilen werden diese mehr oder weniger vollständig durch Abnahme an  $(Na_2O + CaO)$  kompensiert.

Die eingezeichnete Gerade zeigt die Abhängigkeit auf, wie sie allein aufgrund der K-Metasomatose resultieren würde. Für die niedrigsten  $K_2O$ -Gehalte ergibt sich die beste Übereinstimmung, während bei Zunahme der  $K_2O$ -Gehalte ein Defizit an  $Na_2O$  und  $CaO$ , verursacht durch die weiterführende Mobilisation dieser Komponenten, beobachtet wird.

Bei der Mg-Metasomatose ist die verstärkte Chlorit-Bildung auf Kosten von Feldspat-Komponenten zu erwarten. Dies zeigt sich in der graphischen Darstellung von  $H_2O^+$ /normativer Korund mit der zusätzlichen Bezugsgeraden für Chlorit. Mit steigendem Korundgehalt ergibt sich die Tendenz zu einer Chloritbildung neben Kaolinit.

Bei den hydrothermalen Umwandlungen findet eine in Bezug auf die K-Metasomatose weiterführende Mobilisation und Abfuhr von Ca und Na statt, was allein den normativen Korundgehalt zur Folge hat.



Bei diesen Reaktionen bildet sich Kaolinit und Quarz,  $H_2O$  wird aufgenommen und kristallchemisch gebunden, während  $Na_2O$  und  $CaO$  gelöst und abtransportiert werden.

Die zu erwartenden Kaolinitgehalte konnten durch Röntgen-Pulverdiffraktometrie nicht nachgewiesen werden. In den Korrelationsdiagrammen  $H_2O^+$ /normative



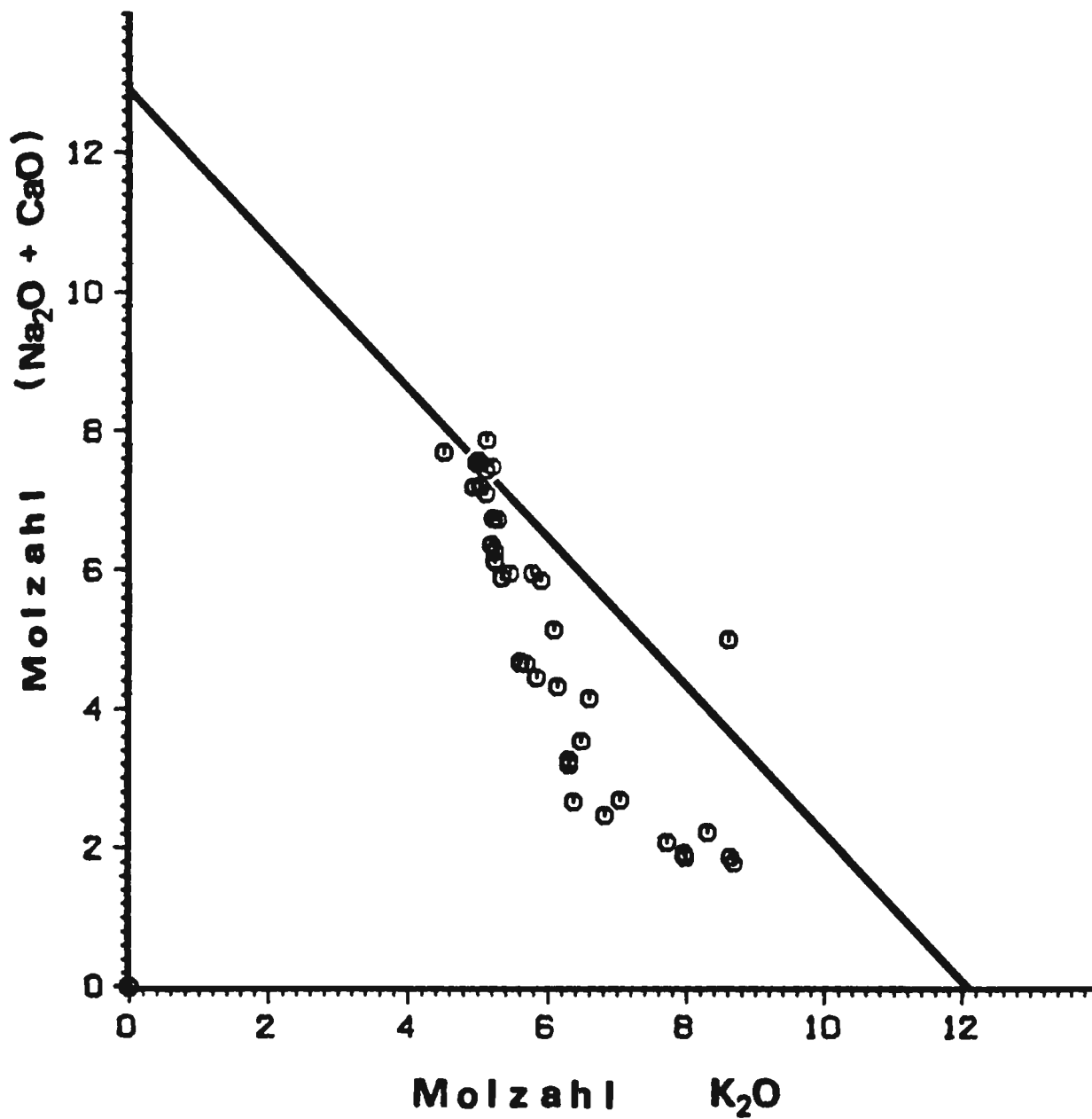


Abb. 35: Einfluß der K-Metasomatose in der Darstellung Molanteile  $K_2O$ /Molanteile  $(Na_2O + CaO)$  für die Donnersberg-Analysen.

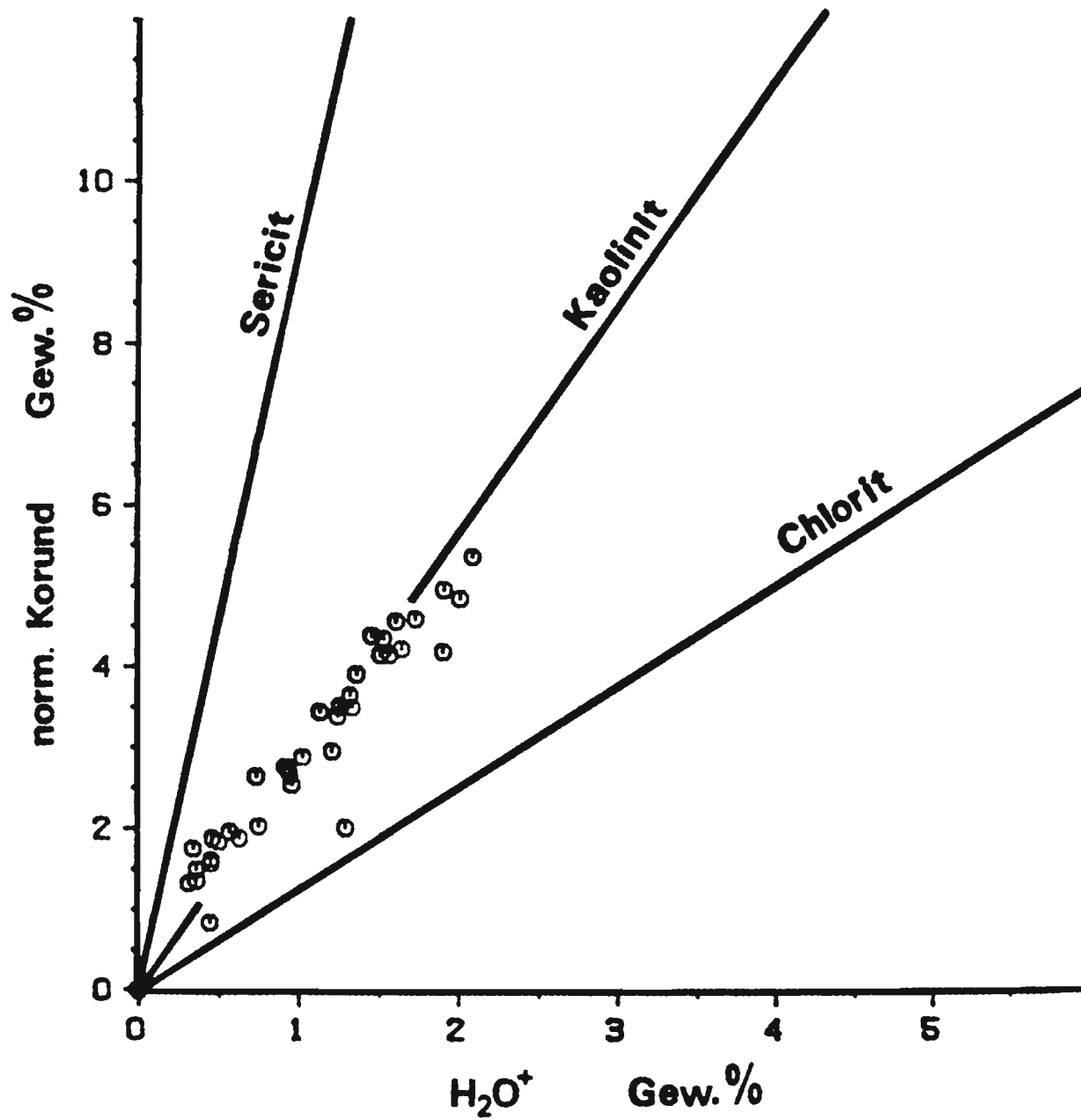


Abb. 36: Korrelationsdiagramm H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>/norm. Korund mit darstellenden Punkten für die Donnersberg-Analysen und den Bezugsgeraden für Sericit, Kaolinit und Chlorit.

Korundgehalte wird die bevorzugte Bindung des  $H_2O^*$  an den Kaolinit jedoch bestätigt.

Die  $Na_2O$ -,  $K_2O$ -Gehalte und mit Einschränkung auch die  $CaO$ - und  $MgO$ -Gehalte zeigen trotz unterschiedlicher Tendenz fächerförmige Verteilungen, die in der detaillierten Abbildung 38 skizziert sind. Die Extrapolation auf einen Korundgehalt von Null führt zu folgenden primären Gehalten:

$MgO = 0.1 \text{ Gew.-%}$   
 $Na_2O = 3.8 \text{ Gew.-%}$   
 $K_2O = 4.7 \text{ Gew.-%}$   
 $CaO = 1.51 \text{ Gew.-%}$

Diese Werte entsprechen für die  $MgO$ - und  $K_2O$ -Gehalte den niedrigsten und für das  $Na_2O$  den höchsten gemessenen Werten. Bei der  $CaO$ -Korrektur wird außerdem, wie eben erwähnt, der Korund-Basiswert berücksichtigt.

Um den Einfluß von  $K$ -Metasomatose und  $Mg$ -Zufuhr zu demonstrieren, wurden die Analysen auf den oben genannten konstanten  $K_2O$ - und  $MgO$ -Gehalt umgerechnet. Dabei wurde der  $K_2O$ -Überschuß - nach Umrechnung in Molanteile - zu Gunsten von  $Na_2O$  verrechnet; die normativen Korundwerte werden hierdurch nicht beeinflußt.

In Abbildung 39 ist die jetzt resultierende Summe aus ( $Na_2O + CaO$ ) in Gew.-% gegen die normativen Korundgehalte aufgetragen. Es ergibt sich die erwartete, negative Korrelation, die allein von der weiterführenden Mobilisation von  $Na_2O$  und  $CaO$  abhängt.

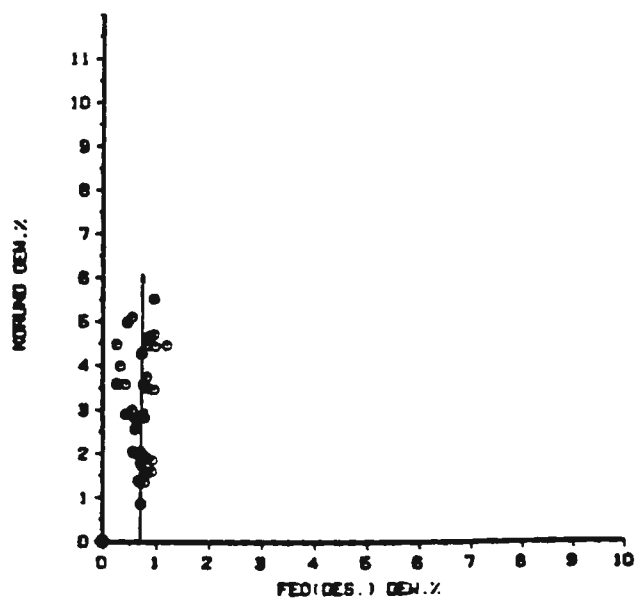
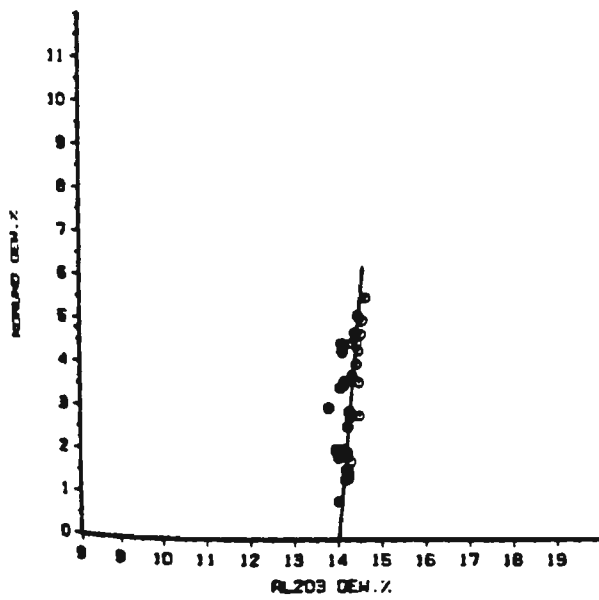
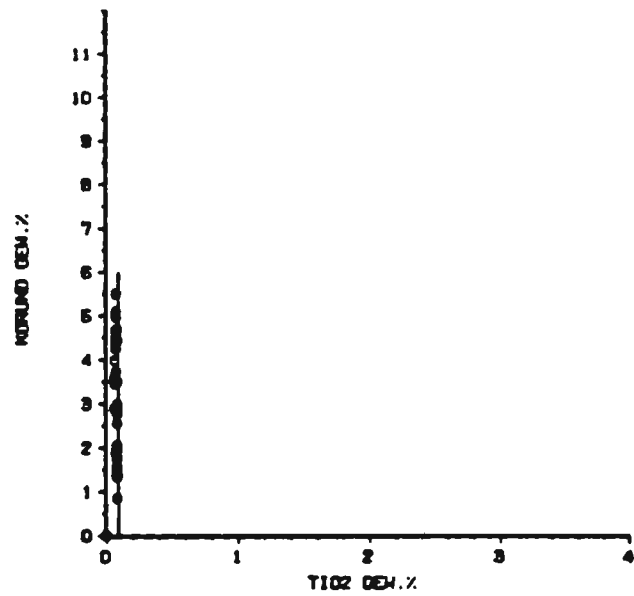
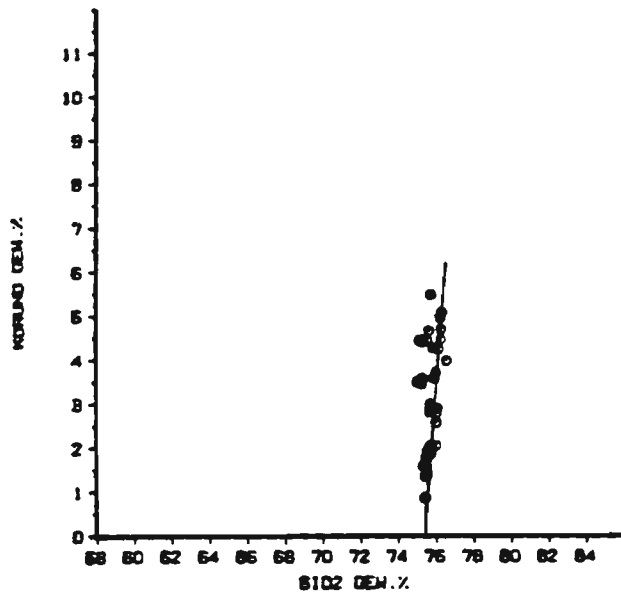


Abb. 37: Korrelationsdiagramme normativer Korund gegen die  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -,  $\text{TiO}_2$ - und  $\text{FeO}_{\text{DES.}}$ -Gehalte der Analysen vom Donnersberg zur Abschätzung der primären Zusammensetzung.

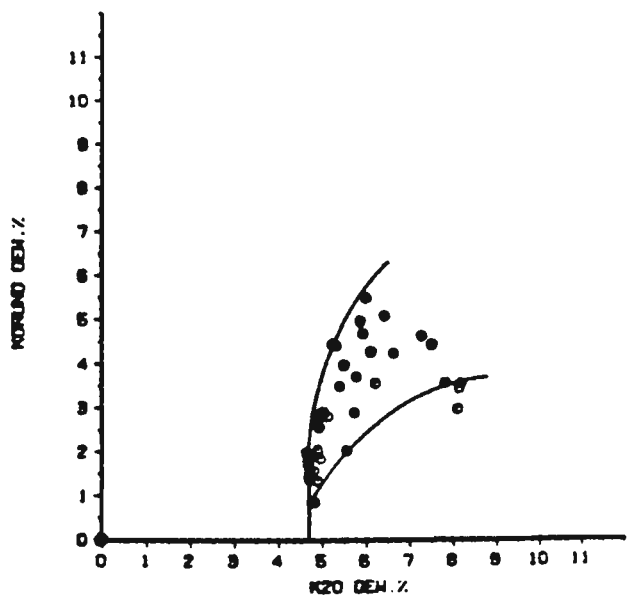
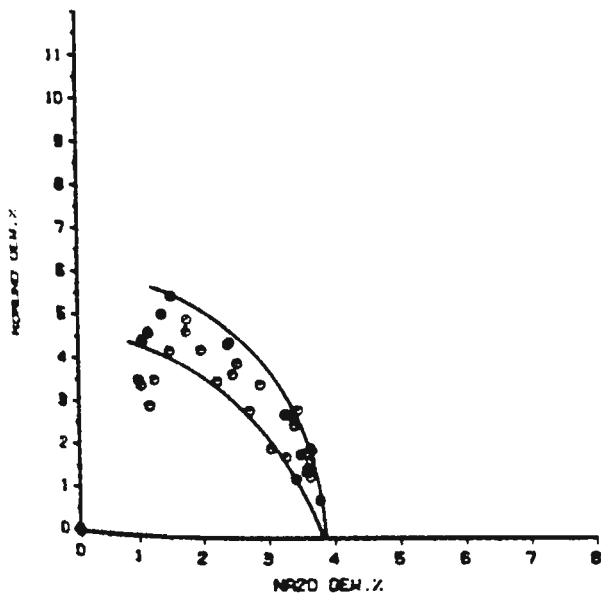
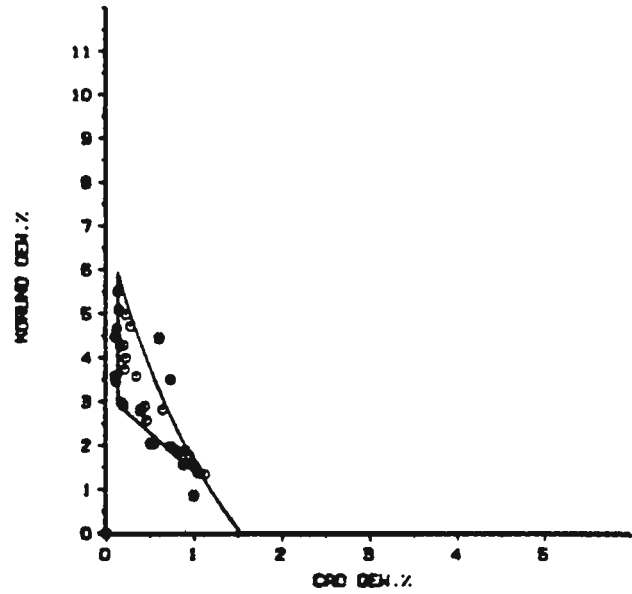
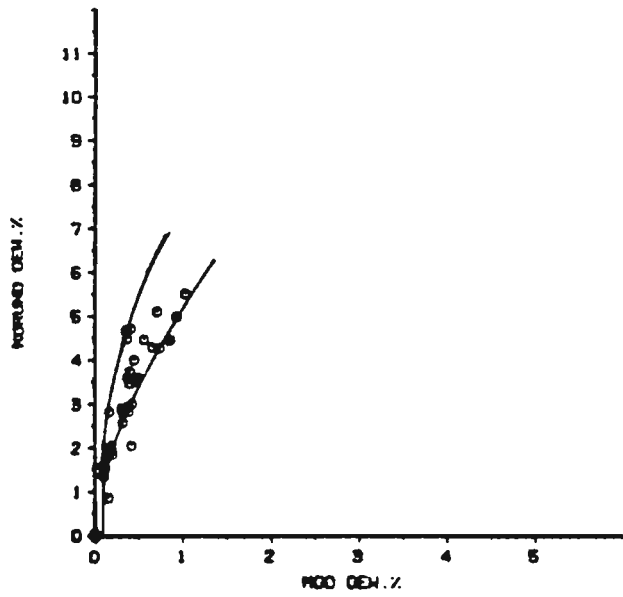


Abb. 38: Korrelationsdiagramme normativer Korund gegen die Alkali- und Erdalkali-Gehalte der Analysen vom Donnersberg zur Abschätzung der primären Zusammensetzung.

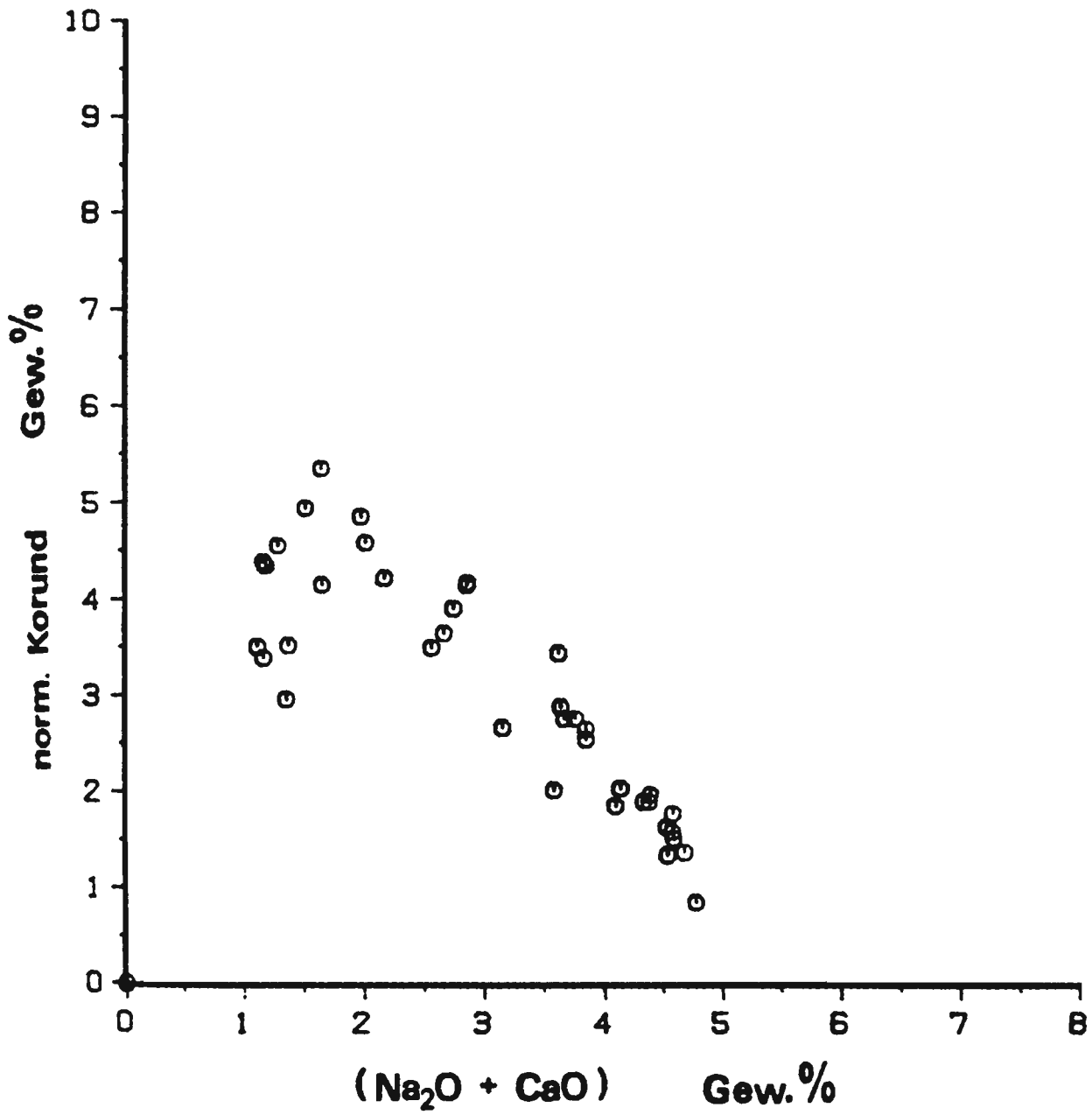


Abb. 39: Abhängigkeit des norm. Korundgehaltes von der Summe von Na<sub>2</sub>O und CaO nach der Korrekturrechnung für die Veränderungen durch K-Metasomatose.

Für die Abschätzung der primären Ausgangszusammensetzung wurden auch die SiO<sub>2</sub>-, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-, TiO<sub>2</sub>- und FeO<sub>ges.</sub>-Gehalte durch Extrapolation aus der Korrelationsdiagrammen der detaillierten Abb. 37 ermittelt. Die so erhaltenen Werte sind zusammen mit den oben abgeleiteten Gehalten für MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O und CaO in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Wahrscheinliche primäre Ausgangszusammensetzung für den Rhyolith vom Donnersberg.

Komponenten in Gew.-%		norm. Mineralbestand in Gew.-%	
SiO <sub>2</sub>	75.20	qz	31.29
TiO <sub>2</sub>	0.08	c	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.00	or	27.78
FeO <sub>ges.</sub>	0.70	ab	32.19
MgO	0.10	an	7.23
CaO	1.51	il	0.15
Na <sub>2</sub> O	3.80	ap	0.09
K <sub>2</sub> O	4.70	en	0.25
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	fs	1.16
Σ 100.13		Σ 100.14	

#### 4.2. KÖNIGSBERG

Aus den Rhyolith-Analysen vom Königsberg wird wie bei den Donnersberg-Analysen der wahrscheinliche Ausgangschemismus aus den graphischen Darstellungen der Hauptkomponenten in Abhängigkeit von den normativen Korund-Werten durch Extrapolation auf einen Korundwert von 0 ermittelt. In Abb. 40 sind die Variationsbereiche und die Extrapolation für die Analysen vom Königsberg skizziert.

Erschwerend wirkt sich hierbei aus, daß dieses Gestein stark durch die weiterführende Mobilisation von  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  und z.T. auch  $\text{K}_2\text{O}$  verändert worden ist; der Basiswert an normativem Korund liegt hier bei 3 Gew.-%. Die Extrapolation muß daher fehlerhaft sein, auch bei Berücksichtigung der Abhängigkeiten für das primär sehr ähnliche Gestein des Donnersberges.

SiO<sub>2</sub>-Gehalt: 75,2 Gew.-%  
mit einer durch die  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{CaO}$ -Abfuhr bedingten positiven Korrelation.

TiO<sub>2</sub>-Gehalt: 0,10 Gew.-%,  
was sich mit dem berechneten Mittelwert deckt.

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalt: 14,0 Gew.-%  
mit einer durch die  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{CaO}$ -Abfuhr bedingten positiven Korrelation.

FeO<sub>ges</sub>-Gehalt: 0,8 Gew.-%  
bei durch  $\text{FeO}$ -Zu- und -Abfuhr verursachten Variationen.



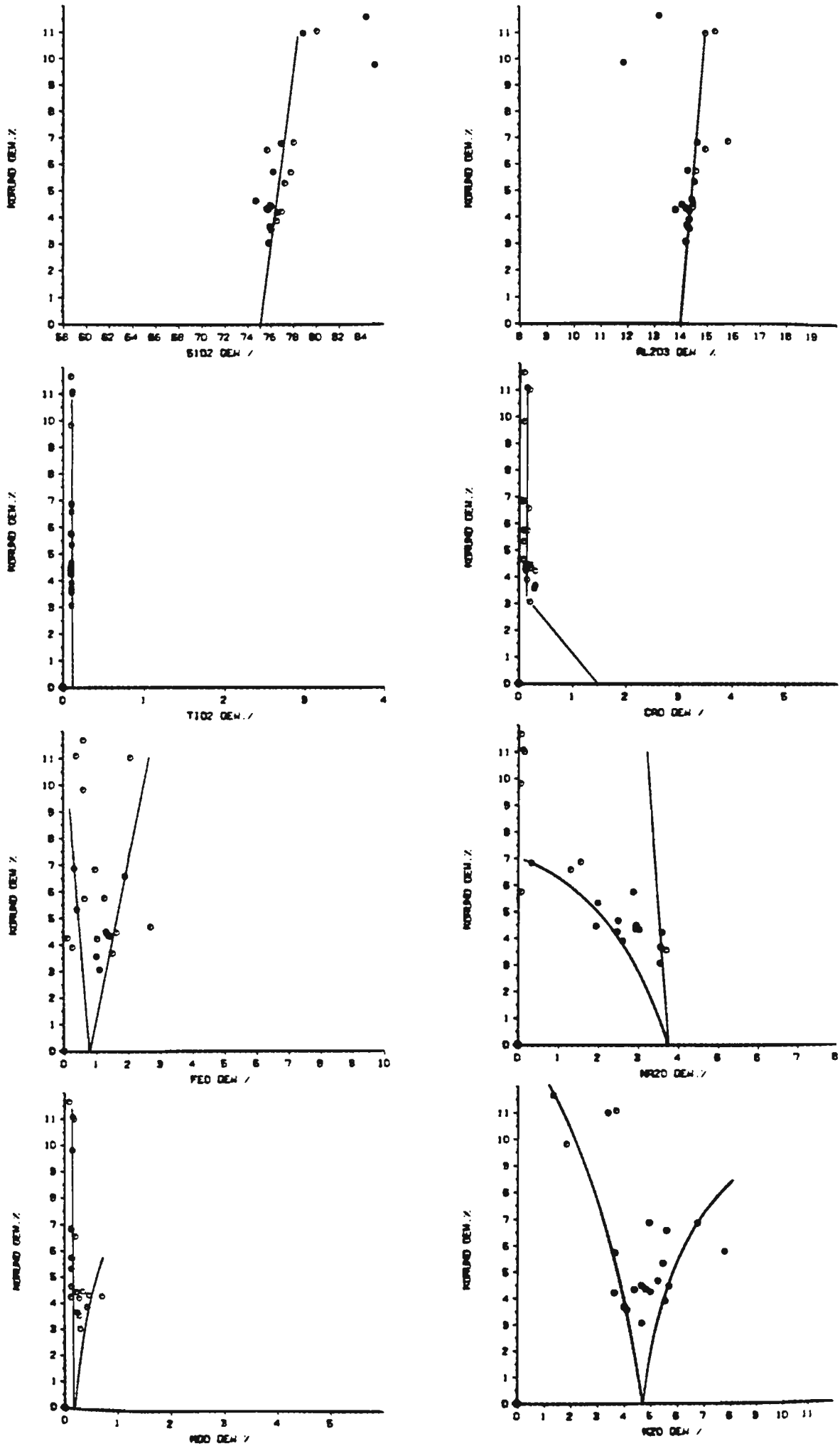


Abb. 40: Korrelationsdiagramm norm. Korund/Hauptkomponenten der Analysen vom Königsberg mit ...

- MgO-Gehalt: 0,1 Gew.-%,  
wobei nur für die Proben bis zu einem  
norm. Korundgehalt von 5 Gew.-% der  
Einfluß einer schwachen Mg-Metasomatose  
zu erkennen ist.
- CaO-Gehalt: 1,52 Gew.-%,  
der sich rein rechnerisch bei Annahme  
einer bevorzugten Mobilisation von  
CaO bis zum Basiswert von 3 Gew.-%  
norm. Korund ergibt.
- Na<sub>2</sub>O-Gehalt: 3,8 Gew.-%,  
wobei der extrapolierte Wert etwas  
höher als der höchste beobachtete  
Na<sub>2</sub>O-Gehalt gelegt wurde.
- K<sub>2</sub>O-Gehalt: 4,7 Gew.-%,  
da die beobachteten Variationen nicht  
allein auf eine K-Metasomatose, sondern  
auch auf eine K<sub>2</sub>O-Mobilisation  
zurückgeführt werden.

#### 4.3. KREUZNACH

Der starke Einfluß der

- Assimilation - negative Korrelation beim  $\text{SiO}_2$   
(und  $\text{K}_2\text{O}$ ),
  - positive Korrelation beim  $\text{TiO}_2$ ,  
 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$  und  $\text{CaO}$  und der
- K-Metasomatose - positive Korrelation beim  $\text{K}_2\text{O}$ ,  
sowie die weiterführende
- $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{CaO}$ -Mobilisation und -Abfuhr - normativen  
Korundwerte bis 7,7 Gew.-%,

die in den Proben wirksam waren, erschweren die Abschätzung des Ausgangschemismusses dieses Rhyoliths aus Abb. 41.

$\text{SiO}_2$ -Gehalt: 75,2 Gew.-%,  
was in etwa den  $\text{SiO}_2$ -reichsten, am wenigsten kontaminierten Proben entspricht.

$\text{TiO}_2$ -Gehalt: 0,08 Gew.-%,  
abgeleitet aus den  $\text{TiO}_2$ -ärmsten Bereichen.

$\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt: 14,0 Gew.-%  
bei Berücksichtigung der Al-ärmsten Proben und einer schwach positiven Korrelation.

$\text{FeO}_{\text{tot}}$ -Gehalt: 0,8 Gew.-%,  
ein wahrscheinlicher  $\text{FeO}$ -Gehalt für die am wenigsten veränderten Rhyolith-Proben, jedoch mit Zu- und Abnahme.

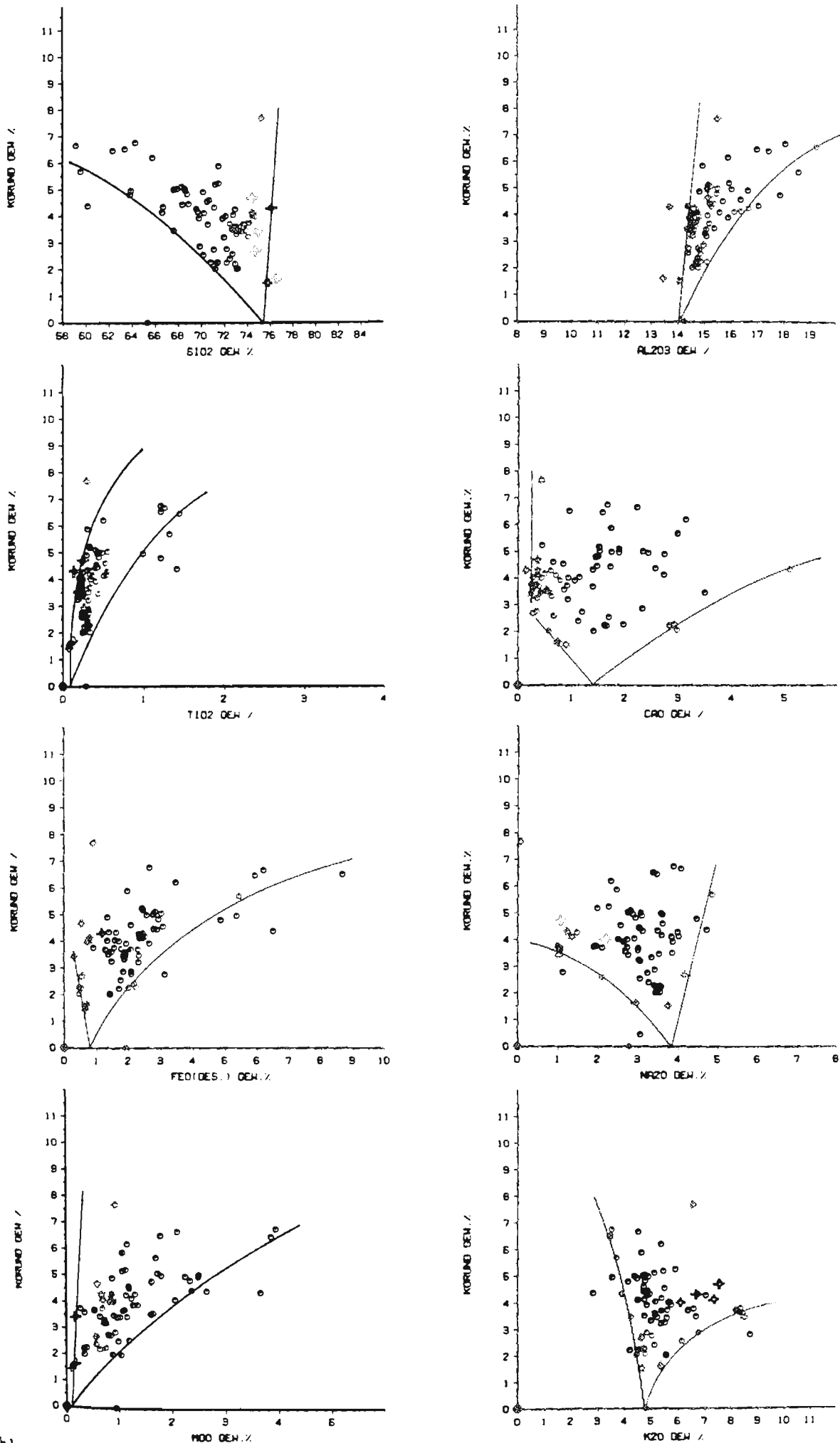


Abb. 41: Korrelationsdiagramm norm. Korund/Hauptkomponenten der Analysen vom Kreuznacher Rhyolith mit Abschätzung der primären Zusammensetzung. Durch farbige Markierung wird die Zusammensetzung der 9 SiO<sub>2</sub>-reichsten Analysen verdeutlicht.

MgO-Gehalt: 0,1 Gew.-%,  
was den niedrigsten MgO-Gehalten entspricht.

CaO-Gehalt: 1,46 Gew.-%,  
ein Wert, der sich im wesentlichen aufgrund des normativen Korund-Basiswertes ergibt.

Na<sub>2</sub>O-Gehalt: 3,8 Gew.-%,  
bei Berücksichtigung einer positiven Korrelation durch Assimilation und einer stark negativen Korrelation durch K-Metasomatose und Mobilisation von Na<sub>2</sub>O.

K<sub>2</sub>O-Gehalt: 4,8 Gew.-%,  
bei Berücksichtigung einer negativen Korrelation durch Assimilation und einer stark positiven Korrelation durch K-Metasomatose.

Die hier durchgeführten Extrapolationen sind nur zu rechtfertigen, wenn die SiO<sub>2</sub>-reichsten Proben wirklich eine Zusammensetzung haben, die nach Berücksichtigung der K-Metasomatose und weiterführender Na- und Ca-Mobilisation eine primäre Zusammensetzung wie bei den Donnersberg-Analysen ergibt. In Tabelle 14 ist diese Zusammensetzung für die 9 SiO<sub>2</sub>-reichsten Proben mit einem normativen Korundgehalt kleiner 5 Gew.-% berechnet.

In Abb. 41 sind die entsprechenden darstellenden Punkte farbig markiert. Es zeigt sich, daß mit den SiO<sub>2</sub>-Gehalten die niedrigsten TiO<sub>2</sub>-, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-, FeO<sub>9,88</sub>- und MgO-Gehalte korrelieren. Für die CaO-, Na<sub>2</sub>O- und K<sub>2</sub>O-Gehalte ergibt sich der entsprechende Fächer.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Ausgangsmagma für das Rhyolith-Vorkommen von Kreuznach eine sehr ähnliche Zusammensetzung gehabt hat wie das des Donnersberges. Assimilation und postmagmatische Alterationen haben die untersuchten Proben sehr stark verändert.

Tab. 14: Durchschnittszusammensetzung aus den 9 SiO<sub>2</sub>-reichsten Analysen des Rhyoliths von Kreuznach und Vergleich mit der wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzung.

	Mittelwert	primäre Ausgangszusammensetzung
Si <sub>2</sub> O	75.22	74.98
TiO <sub>2</sub>	0.20	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.54	13.96
FeO <sub>ges.</sub>	0.69	0.80
MgO	0.53	0.10
CaO	0.43	1.46
Na <sub>2</sub> O	1.97	3.79
K <sub>2</sub> O	6.37	4.79
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.05

#### 4.4. NOHFELDEN B

Für diesen Rhyolith gilt, daß keine Assimilationserscheinungen zu berücksichtigen sind. Der Einfluß der K-Metasomatose ist relativ gering mit maximalen  $K_2O$ -Gehalten bis 6,5 Gew.-%; die Wirkung der  $Na_2O$ - und  $CaO$ -Mobilisation dagegen ist beträchtlich, da die normativen Korundgehalte bis 9 Gew.-% steigen. Dadurch wird die Extrapolation auf einen normativen Korundwert von 0 der Abbildung 42 erleichtert.

$SiO_2$ -Gehalt: 75,2 Gew.-%  
bei einer schwach positiven Korrelation der darstellenden Punkte infolge der Mobilisation von  $Na_2O$  und  $CaO$ .

$TiO_2$ -Gehalt: 0,10 Gew.-%  
mit nur geringen Variationen.

$Al_2O_3$ -Gehalt: 14,0 Gew.-%  
mit einer analogen positiven Korrelation wie beim  $SiO_2$ .

$FeO_{tot}$ -Gehalt: 0,7 Gew.-%  
mit stärkerer Zu- und Abnahme bei höheren Korundwerten.

$MgO$ -Gehalt: 0,1 Gew.-%  
mit Zunahme der  $MgO$ -Gehalte mit steigenden Korundwerten infolge  $Mg$ -Metasomatose.

$CaO$ -Gehalt: 1,43 Gew.-%  
bei Berücksichtigung des Korund-Basiswertes zu Gunsten von  $CaO$ .

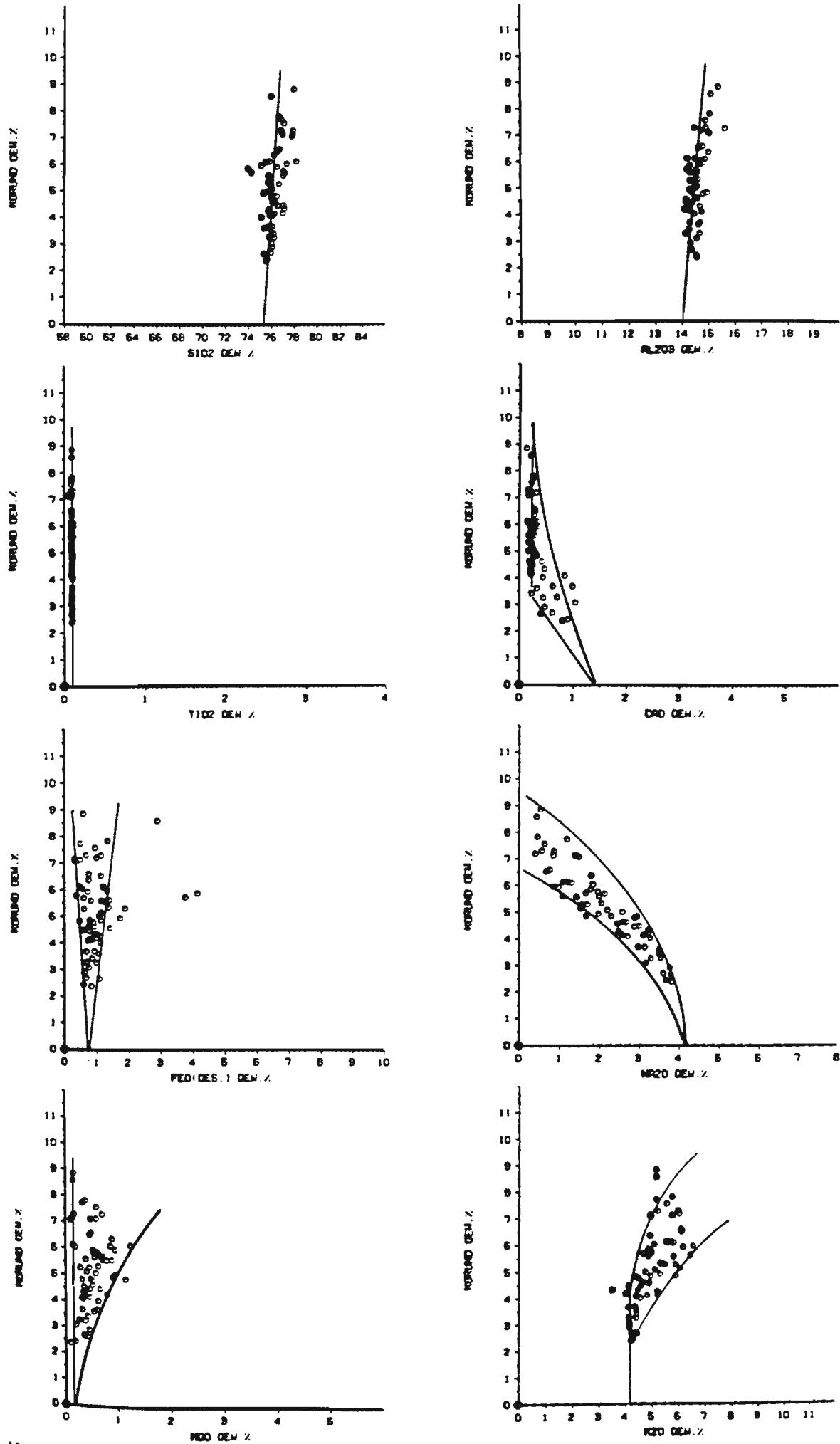


Abb. 42: Korrelationsdiagramm norm. Korund/Hauptkomponenten der Analysen von Nohfelden B mit Abschätzung der Zusammensetzung.



Na<sub>2</sub>O-Gehalt: 4,2 Gew.-%,  
etwas höher als die höchsten Na<sub>2</sub>O-  
Gehalte in "frischen" Proben.

K<sub>2</sub>O-Gehalte: 4,2 Gew.-%,  
was den niedrigsten K<sub>2</sub>O-Gehalten in  
den wahrscheinlich am wenigsten  
veränderten Proben entspricht  
(eine Ausnahme).

Im Vergleich mit der analogen Donnersberg-Analyse  
ergeben sich charakteristische Unterschiede, die  
außerhalb der "Meßgenauigkeit" liegen: Die Na<sub>2</sub>O-Gehalte  
liegen höher und die K<sub>2</sub>O-Gehalte niedriger, was von  
petrogenetischer Bedeutung sein könnte.

#### 4.5. NOHFELDEN C

Aufgrund der niedrigen und konstanten  $\text{TiO}_2$ -Gehalte, siehe Abb. 43, kann bei diesem Rhyolith der Einfluß der Assimilation von andesitischem Material vernachlässigt werden. Die starken Variationen beim  $\text{SiO}_2$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , die stets gegenläufig sind, können daher nur durch eine Silifizierung und Desilifizierung erklärt werden. Bei einer Zunahme an  $\text{SiO}_2$  bis 84 Gew.-% wird eine Abnahme im  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt bis unter 10 Gew.-% beobachtet und umgekehrt; bei einer Abnahme im  $\text{SiO}_2$ -Gehalt auf 71 Gew.-% wird die relative Zunahme an  $\text{Al}_2\text{O}_3$  auf 16 Gew.-% festgestellt. Diese Effekte sind für die Rhyolithe des Saar-Nahe-Gebietes einmalig und erschweren die Extrapolationen auf den normalen Korundwert von 0 zur Berechnung der wahrscheinlichen Ausgangszusammensetzung beträchtlich.

Die  $\text{CaO}$ -,  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalte werden durch die K-Metasomatose, die hier besonders ausgeprägt ist, und durch eine weiterführende Mobilisation von  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$  so stark beeinflusst, daß die durchgeführte Extrapolation willkürlich bleibt.

In Abb. 43 erfolgt die Extrapolation auf die Werte des Donnersberges, die auch im Falle der Alkalien einigermaßen überzeugt, ohne Anspruch auf Richtigkeit.

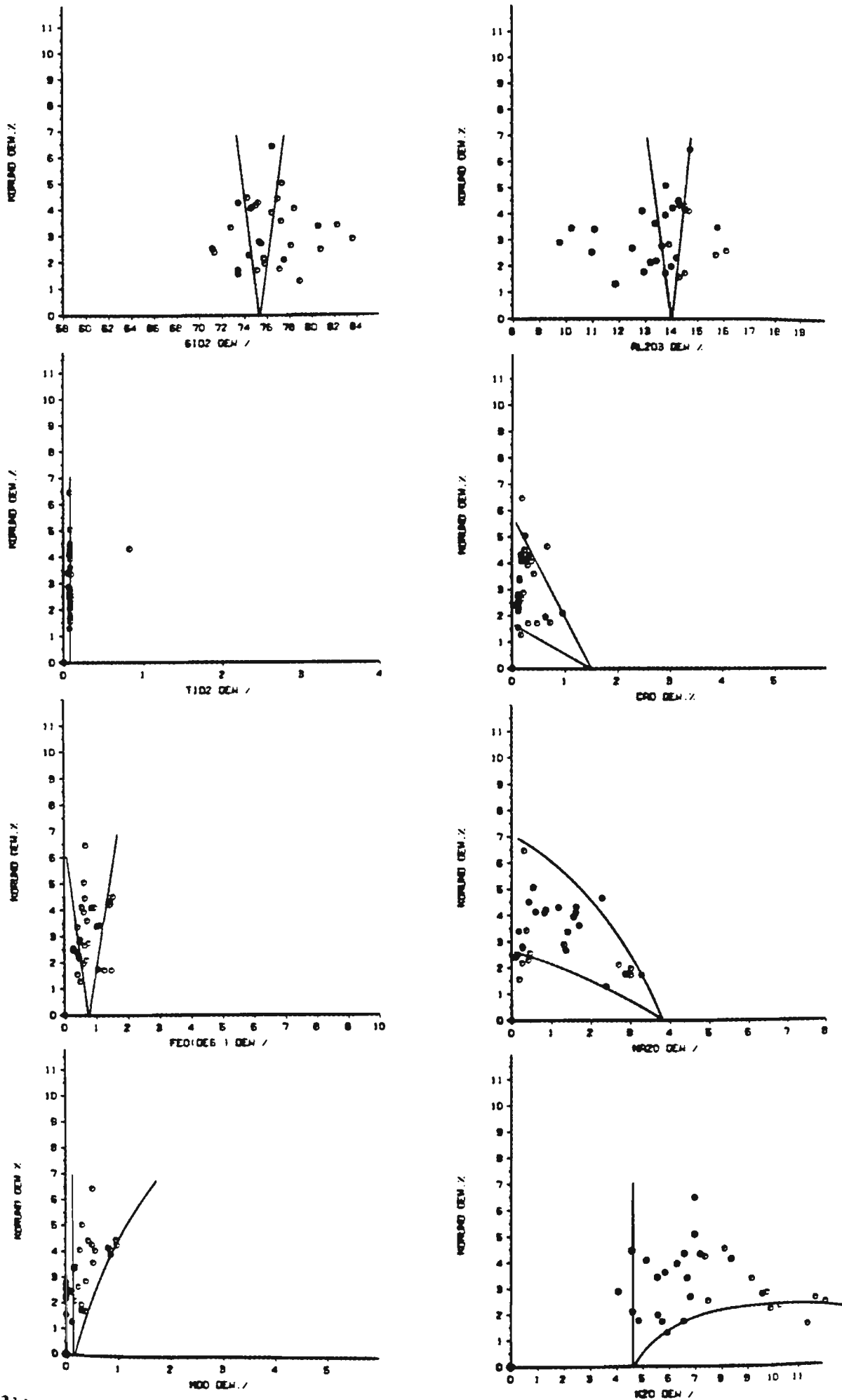


Abb. 43: Korrelationsdiagramm norm. Korund/Hauptkomponenten der Analysen von Nohfelden C mit Abweichung der Zusammensetzung

#### 4.6. NOHFELDEN A, NOHFELDEN A(K), LEMBERG I

Wegen des ähnlichen  $\text{SiO}_2$ -Gehaltes werden die Rhyolithanalysen der drei genannten Vorkommen in der Darstellung der Hauptkomponenten gegen den normativen Korundgehalt in Abb. 44 gemeinsam behandelt.

In dem Rhyolith von NOHFELDEN A dominiert der Einfluß von Assimilation bzw. Differentiation und der weiterführenden  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{CaO}$ -Mobilisation.

In dem Rhyolith von NOHFELDEN A(K) wird zusätzlich der starke Einfluß von K-Metasomatose beobachtet.

In dem Rhyolith vom LEMBERG dagegen ist fast nur mit dem Einfluß einer Differentiation bzw. Assimilation zu rechnen.

Die Abschätzung der primären Zusammensetzung durch die jeweilige Extrapolation auf einen Korundgehalt von 0 kann daher in diesen räumlich getrennten Vorkommen mit unterschiedlicher sekundärer Veränderung in der Regel nur einen Konzentrationsbereich ergeben.

Beim  $\text{SiO}_2$  liegt dieser Bereich zwischen 70,5 und 71,5 Gew.-%. Die darstellenden Punkte der Analysen von Lemberg I streuen um diesen Bereich, während die Proben von Nohfelden A eine Tendenz zu zunehmenden Werten und die von Nohfelden A(K) die Tendenz zu abnehmenden Werten zeigen.

Im Falle des primären  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehaltes ergibt sich ein Bereich von 14,8 - 15,2 Gew.-%. Mit steigendem normativen Korundgehalt nehmen praktisch alle Werte zu. Der niedrigste beobachtete  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalt für die Proben von Lemberg I liegt bei 14,4 Gew.-%, er bildet die Ausnahme.

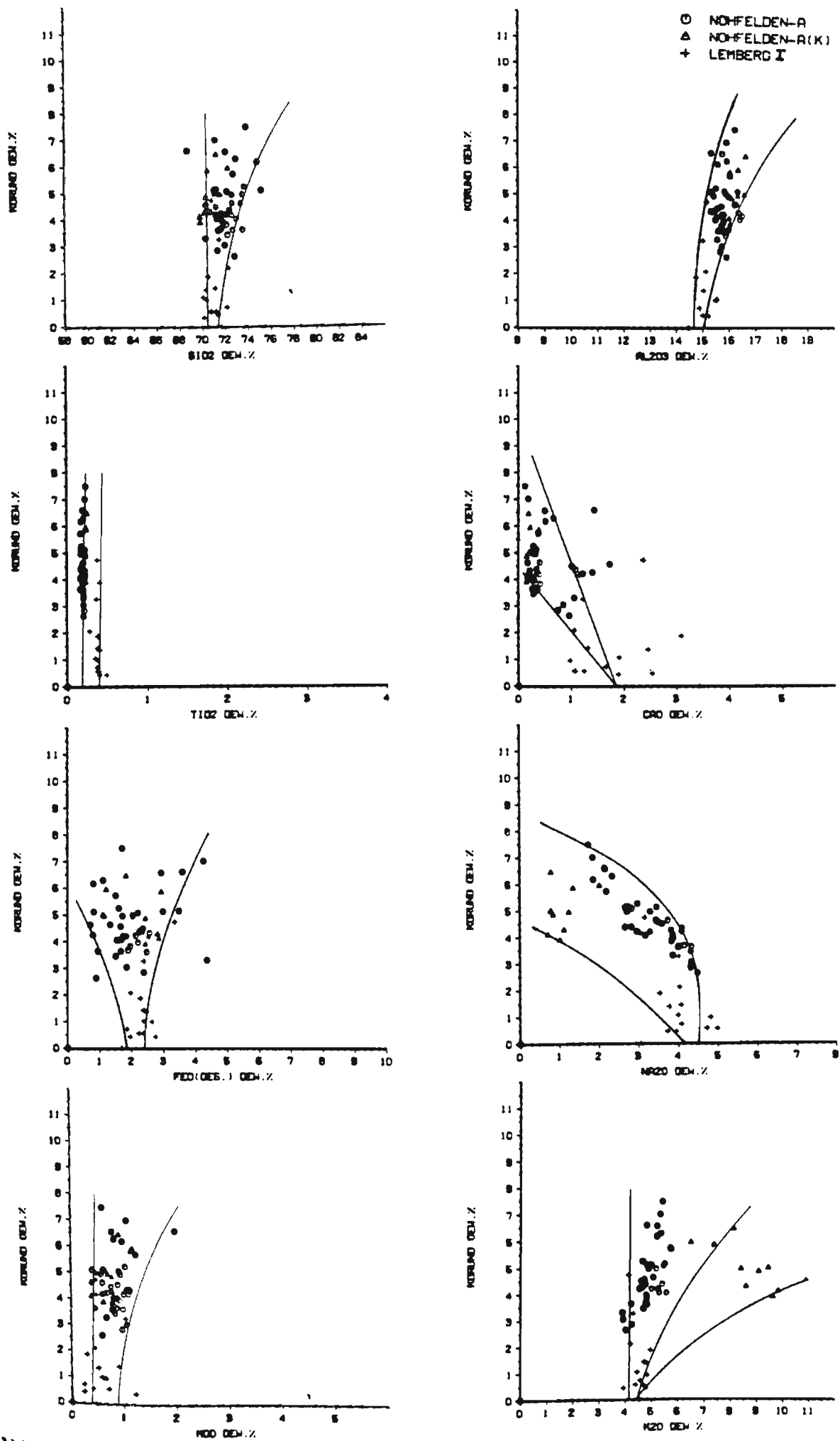


Abb. 44: Korrelationsdiagramm norm. Korund/Hauptkomponenten der Analysen von Nohfelden A, Nohfelden A(K) und Lemberg I mit Extrapolation auf eine wahrscheinliche primäre Ausgangszusammensetzung.

Die Darstellung der TiO<sub>2</sub>-Gehalte ergibt für die Proben vom Lemberg I einen konstanten Wert um 0,4 Gew.-%, bei den beiden anderen Vorkommen liegt dieser mit 0,2 Gew.-% deutlich niedriger. Ein überraschendes Ergebnis, da die sekundären Veränderungen bei den jeweiligen Vorkommen offenbar keinen Einfluß auf den TiO<sub>2</sub>-Gehalt haben.

Der FeO-Gehalt variiert beträchtlich, was für eine sekundäre Mobilisation mit Ab- und Zufuhr von FeO spricht. Die Analysen vom Lemberg I zeigen dabei die geringsten Variationen, bis auf zwei Analysen liegen sie im Bereich von 1,8 - 2,4 Gew.-%.

Für das MgO ergibt sich ein extrapoliertes Bereich von 0,4 - 0,8 Gew.-%. Die meisten MgO-Gehalte zeigen die Tendenz zu höheren Werten, was durch Assimilation bzw. Differentiation und auch durch Mg-Metasomatose verstanden werden kann. Bemerkenswert bleibt jedoch, daß kaum Werte über 1 Gew.-% beobachtet werden.

Die Abschätzung des primären CaO-Gehaltes gestaltet sich schwierig, weil die Proben vom Lemberg I über einen weiten Bereich variieren. Die dort beobachtete Differentiation bzw. Assimilation wirkt sich offenbar vor allem in den CaO-Gehalten aus. Dies gilt in etwa auch für die Proben von Nohfelden A. Die mehr oder weniger willkürliche Abschätzung des "primären" CaO-Gehaltes ergibt graphisch 2,0 Gew.-%. Aufgrund der ermittelten primären Durchschnittsanalyse muß dieser Wert numerisch über den normativen Korundgehalt kontrolliert werden. Die entsprechende Berechnung ergibt den Bereich von 1.79 bis 1.80 Gew.-% CaO.

Ähnliche Probleme sind bei der Verteilung der Na<sub>2</sub>O-Gehalte zu beobachten: Relativ hohe Werte bei Proben, die durch Differentiation bzw. Assimilation verändert wurden (Lemberg I und Nohfelden A) und besonders

niedrige Werte in dem Rhyolith von Nohfelden A(K) mit seinem starken Einfluß der K-Metasomatose. Der geschätzte Bereich von 4,1 - 4,9 Gew.-% liegt höher als bei den Donnersberg-Analysen.

Im Falle des  $K_2O$  liegen die meisten Analysen in dem Bereich zwischen 4 - 5 Gew.-%. Eine Ausnahme machen nur die Proben, die durch K-Metasomatose verändert sind - Nohfelden A(K). Die graphische Abschätzung des primären  $K_2O$ -Gehaltes ergibt einen Wert von 4,2 - 4,7 Gew.-%.

Zusammenfassend ergibt sich, daß die Abschätzung eines einheitlichen primären Ausgangschemismus bei diesen drei Vorkommen fehlerhaft sein muß, dennoch sollten die graphisch ermittelten Konzentrationen Vergleiche mit den anderen Analysen erlauben.

#### 4.7. KUHKOPF, LEMBERG II

Von allen untersuchten Rhyolith/Rhyodacitvorkommen zeigen die vom Kuhkopf und vom Lemberg II die niedrigsten SiO<sub>2</sub>-Gehalte mit den Grenzwerten von 70 Gew.-% auf der einen Seite und 65 Gew.-% auf der anderen Seite. Deshalb sollen diese Analysen ebenfalls gemeinsam in ihrer Abhängigkeit von den normativen Korundgehalten in Abb. 45 diskutiert werden.

Die Interpretation der Häufigkeitsverteilungen der einzelnen Komponenten bei diesen beiden Vorkommen läßt vermuten, daß sekundär

bei den Rhyodaciten vom KUHKOPF  
die K-Metasomatose und

bei den Rhyodaciten vom LEMBERG II Assimilations-  
bzw. Differentiationserscheinungen dominieren.

Die normativen Korundgehalte zeigen an, daß die weiterführende Na-K-Mobilisation - d.h. hydrothermale Veränderungen - bei den meisten Proben vom Lemberg II gleich Null sind, während alle Kuhkopfproben mehr oder weniger stark verändert sind.

Diese Beobachtung deckt sich mit dem petrographischen Befund, wonach es im Bereich des Kuhkopfes sehr schwer ist, einigermaßen frische Proben zu gewinnen (die Kaolinitisierung ist ausgeprägt), während fast alle anstehenden Gesteine im Bereich des Lembergs vom makroskopischen, mikroskopischen und röntgenographischen Befund her einen frischen Eindruck machen.

Die Abschätzung des wahrscheinlich primären Chemismus dieser Vorkommen beruht daher hauptsächlich auf den Lemberg-Proben, die Verteilung der darstellenden Punkte für die Kuhkopfproben dagegen



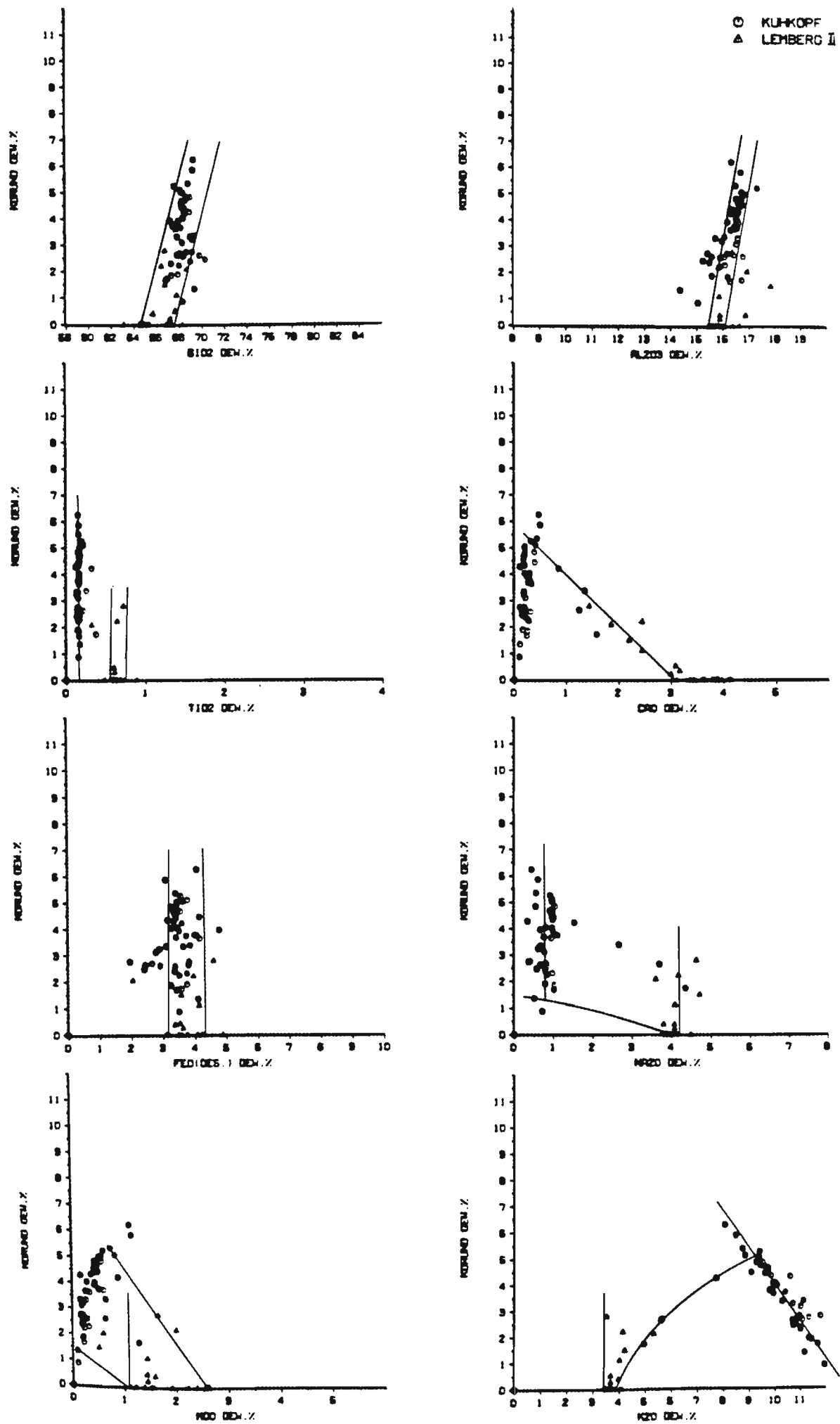


Abb. 45: Korrelationsdiagramm norm. Korund/Hauptkomponenten  
 Analysen vom Lemberg II und Kuhkopf  
 eine wahrscheinlich

erlaubt vor allem eine Diskussion des Einflusses der K-Metasomatose und der weiterführenden Alkali-Mobilisationen.

Für den SiO<sub>2</sub>-Gehalt ergibt sich ein Bereich von 64.5 bis 67.5 Gew.-%. Die darstellenden Punkte der Kuhkopfproben und der normativ Korund-haltigen Proben vom Lemberg zeigen zunehmende Tendenz in Abhängigkeit vom Korundgehalt.

Für das Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> gilt ein Bereich zwischen 15.5 und 16.0 Gew.-% und positiver Korrelation der meisten Analysen. Von den Ausnahmen sind vor allem die beiden Lemberg-Analysen erwähnenswert, die deutlich höhere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalte (norm. Korund = 0) haben, bei denen der Einfluß von Differentiation/Assimilation demnach stärker sein muß.

Die TiO<sub>2</sub>-Gehalte sind eindeutig und dennoch schwer zu interpretieren:

Für fast alle Kuhkopf-Analysen wurden Gehalte zwischen 0.1 und 0.2 Gew.-% und für die des Lembergs solche zwischen 0.6 und 0.7 Gew.-% ermittelt. Eine Übereinstimmung ist hier nicht gegeben, der Einfluß der Differentiation bzw. Assimilation ist bei den Proben vom Lemberg offensichtlich, die K-Metasomatose hat dagegen keinen Einfluß auf die TiO<sub>2</sub>-Gehalte. Im Gegenteil: Aufgrund dieser Diskussion muß für den Kuhkopf ein primär homogeneres Magma als für den Lemberg angenommen werden.

Eine ähnliche Aussage läßt sich für die FeO-Gehalte treffen, die - mit Ausnahme - in dem Bereich zwischen 3.2 und 4.3 Gew.-% liegen. Für die Kuhkopfanalysen ist Anzahl an Ausnahmen mit FeO-Mobilisation deutlich größer.

Die MgO-Gehalte zeigen bei den Analysen des Lemberg II einen Variationsbereich zwischen 1.1 und 2.6 Gew.-%, was eindeutig auf den Einfluß einer Differentiation bzw. Assimilation zurückzuführen ist. Die MgO-Gehalte bei den Kuhkopfanalysen liegen deutlich niedriger mit dem extrapolierten Wert von 0.2 Gew.-%.

Die primären CaO-Gehalte liegen in dem Bereich von 3.0 bis 4.2 Gew.-%, bei den Kuhkopfproben hat eine extreme Ca-Mobilisation infolge K-Metasomatose stattgefunden, wobei es Übergangsglieder vom Lemberg- und Kuhkopf-Proben gibt. Parallel zu dieser graphischen Ableitung müssen über den normativen Korundgehalt unter Berücksichtigung wahrscheinlicher  $\text{Na}_2\text{O}$ - und  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalte diese Abschätzung kontrolliert werden.

Die Abschätzung der primären  $\text{Na}_2\text{O}$ -Gehalte gestaltet sich bei den Lemberg-Analysen einfach, denn fast alle Werte liegen in dem Bereich von 4.0 bis 4.2 Gew.-%. Wegen der starken Veränderungen durch K-Metasomatose in dem Kuhkopfkomples sind seine  $\text{Na}_2\text{O}$ -Gehalte mit wenigen Ausnahmen sehr niedrig. Die Extrapolation dieser darstellenden Punkte würde zu offensichtlich falschen primären Gehalten führen, wobei, wie gleich demonstriert wird, die K-Metasomatose vor allem hierfür verantwortlich ist.

Der primären  $\text{K}_2\text{O}$ -Gehalte dürften für beide Vorkommen zwischen 3.5 und 3.9 Gew.-% liegen, was durch die frischen Lemberg-Proben nachgewiesen wird. Die darstellenden Punkte der Kuhkopf-Analysen dagegen zeigen eine negative Korrelation, wie sie bisher nicht beobachtet wurde. Danach fand zunächst eine K-Metasomatose statt, die zu einem nahezu vollständigen Austausch von  $\text{Na}_2\text{O}$  und CaO in den Feldspäten geführt hat. Von der dann einsetzenden weiterführenden Alkali-Mobilisation (Zunahme an normativem Korund) ist praktisch nur das  $\text{K}_2\text{O}$  betroffen, während die Reste an

Na<sub>2</sub>O und CaO nahezu konstant bleiben. Aufgrund dieser Ergebnisse ist in dem Bereich des Kuhkopfes also nicht nur mit einer extremen K-Metasomatose zu rechnen, sondern auch mit einer anschließenden K-Mobilisation.

Die relative Zunahme der SiO<sub>2</sub>- und Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Gehalte mit steigenden Korundwerten ist deshalb wohl als relative Zunahme bei Abnahme anderer Hauptkomponenten (K<sub>2</sub>O) zu verstehen. Ein Einfluß auf die TiO<sub>2</sub>-Werte ist wegen der geringen absoluten Gehalte nicht zu erwarten. Parallel zur K-Mobilisation findet offenbar eine partielle FeO-Mobilisation statt, was nicht unwahrscheinlich ist. Die einzige Ausnahme in diesem Entwicklungsschema machen die niedrigen MgO-Gehalte des Kuhkopfes. Es muß deshalb angenommen werden, daß auch bei diesen Gesteinen die MgO-Gehalte in der primären Zusammensetzung in dem Bereich von 1.1 bis 2.6 Gew.-% gelegen haben (s. entsprechende Graphik), im Zusammenhang mit der K-Metasomatose fand dann gleichzeitig eine nahezu vollständige MgO-Mobilisation statt, die im Laufe der anschließenden K-Mobilisation z.T. durch MgO-Zufuhr kompensiert wurde.

#### 4.8. APLITE AUS PALATINITEN

Nach wie vor ist ungeklärt, ob es sich bei den sogenannten Apliten um Differentiations- oder Assimilationsprodukte handelt. Deshalb sollen auch die Aplit-Analysen in der Darstellung der einzelnen Hauptkomponenten gegen den normativen Korundgehalt in Abb. 46 diskutiert werden. Bemerkenswert ist dabei zunächst, daß von 25 untersuchten Apliten nur 5 Analysen einen normativen Korundgehalt ergeben, die andern Proben scheinen demnach besonders frisch.

Die  $\text{SiO}_2$ -Gehalte variieren in dem Bereich zwischen 69 und 76 Gew.-% (mit einer Ausnahme = 79 Gew.-%), was recht genau dem Bereich entspricht, wie er in den Rhyolithen beobachtet wurde, deren Werte in der Abb. 46 skizziert sind. Danach sind die Rhyodacite deutlich  $\text{SiO}_2$ -ärmer.

Die  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Gehalte sind bei den frischen Proben fast ausnahmslos niedriger, sie liegen in dem Bereich von 10.5 bis 13.8 Gew.-%. Lediglich 4 Proben, davon 3 mit deutlichen Korundgehalten, liegen um oder über 15 Gew.-%. Nur für diese Proben kann angenommen werden, daß es sich um assimilierte Rhyolithe/Rhyodacite handelt. Diese Schlußfolgerung scheint eindeutig, auch wenn es sich bei den skizzierten Vergleichswerten bzw. -bereichen nur um Mittelwerte handelt.

Die  $\text{TiO}_2$ -Werte liegen ausnahmslos in dem Bereich von Rhyolithen und Rhyodaciten, und dies, obwohl in manchen Apliten große Ilmenitkristalle beobachtet werden, der beobachtete Bereich: 0.1 - 0.6 Gew.-%.

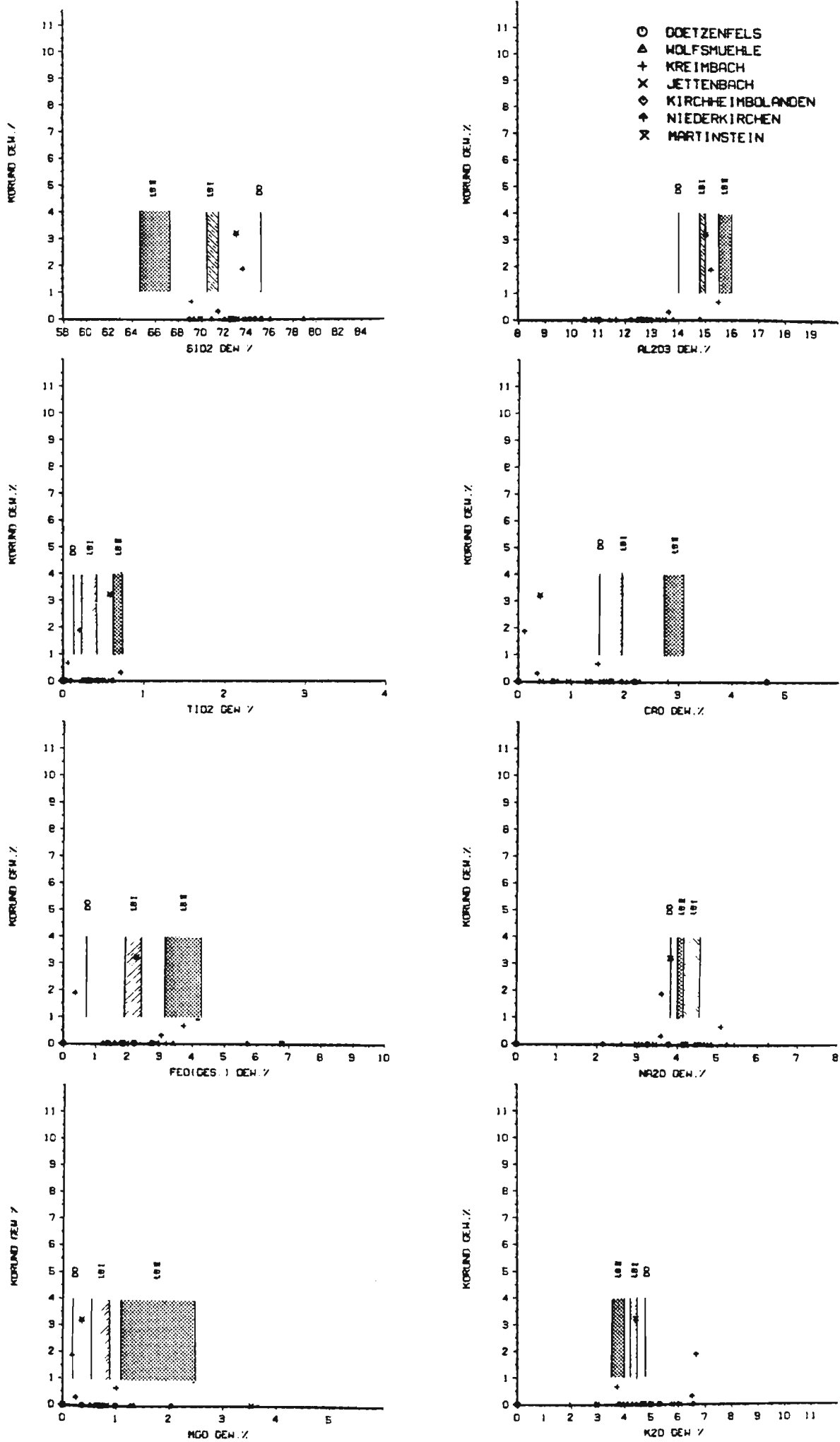


Abb. 46: Korrelationsdiagramm norm. Korund/Hauptkomponenten der Aplit-Analysen. Zum Vergleich sind die Konzentrationsbereiche für die SiO<sub>2</sub>-reicheren (DO) und SiO<sub>2</sub>-ärmeren (LB I) Rhyolithe angegeben.

Beim FeO - 1.2-3.5 Gew.-% - fehlen die kleineren Gehalte, größere sind relativ selten. Die Aplite sind demnach einerseits FeO-reicher als die SiO<sub>2</sub>-reichen Rhyolithe vom Typ Donnersberg, andererseits meistens FeO-ärmer als die Rhyodacite.

Für die MgO-Gehalte - 0.3-1.3 Gew.-% - gilt praktisch die gleiche Aussage mit einer Häufung der darstellenden Punkte in dem Bereich der SiO<sub>2</sub>-ärmeren Rhyolithe.

Bei den CaO-Gehalten ist die deutliche Abnahme mit steigendem normativen Korundgehalten zu beobachten, wie sie auch für entsprechende Rhyolithe und Rhyodacite gilt. Von besonderem Interesse sind jedoch die CaO-Gehalte der korundfreien Proben, die mit wenigen Ausnahmen zwischen 0.5 und 2.3 Gew.-% und damit in dem Bereich der Rhyolithe liegen.

Die Na<sub>2</sub>O-Gehalte liegen, sieht man von wenigen Ausnahmen ab, in dem Bereich zwischen 3 und 5 Gew.-% mit variabler Häufigkeitsverteilung. Der Vergleich mit den Rhyolithen und Rhyodaciten ergibt einen ähnlichen Bereich.

Die meisten K<sub>2</sub>O-Gehalte liegen in dem Bereich zwischen 4 und 5 Gew.-%, in dem auch die meisten primären K<sub>2</sub>O-Gehalte der Rhyolithe/Rhyodacite vermutet werden. Der Einfluß einer K-Metasomatose macht sich etwas bemerkbar, z.T. sogar bei normativen Korundgehalten von 0 %.

Die Aplite können zusammenfassend charakterisiert werden als Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-arme und Na<sub>2</sub>O-reiche Differentiationsprodukte aplitischer Zusammensetzung. Nach der Platznahme der Palatinite bei relativ geringer Tiefe und entsprechend niedrigem Druck liefern diese Palatinite feldspatarme (s. Schmelzdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O) Restschmelzen.

**4.9. DIE WAHRSCHEINLICHE AUSGANGSZUSAMMENSETZUNG**  
**DER RHYOLITHE / RHYODACITE**  
**DES SAAR-NAHE-GEBIETES**

In Tabelle 15 sind die durch Extrapolation ermittelten wahrscheinlichen Ausgangszusammensetzungen für die verschiedenen Rhyolithe und Rhyodacite zusammen mit den Variationsbereichen für die Aplite aufgeführt. Für den direkten Vergleich wurden die Analysen auf 100 Gew.-% normiert, Teil II. Mit Hilfe dieser Werte wurde dann der normative Mineralbestand (CIPW) berechnet, s. Teil III der Tabelle 15.

Anschließend wurden auch für die wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen, wie sie in Tab. 15 aufgelistet sind, HARKER-Diagramme entwickelt, s. Abb. 47. Mit wenigen Ausnahmen ergibt sich für alle dargestellten Komponenten eine sehr gute bis gute Korrelation, die im Falle des  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $FeO_{\dots}$ ,  $MgO$  und  $TiO_2$  die zu erwartende negative Korrelation zeigen. Lediglich beim  $K_2O$  wird die ebenfalls zu erwartende positive Korrelation beobachtet.

Die verschiedenen Ausgangszusammensetzungen stellen damit überzeugend Übergangsglieder zwischen den Rhyolithen vom Typ des Donnersberges und assimilierten  $Al_2O_3$ -reichen Palatiniten dieses Gebietes dar. Magma-Mixing-Prozesse sind bei ihrer Genese nicht auszuschließen.

Die in Abb. 47 außerdem dargestellten Aplit-Analysen streuen stark lassen einen Differentiations-/Assimilationstrend nicht erkennen.



Tabelle 15: Die Wahrscheinliche Ausgangszusammensetzung für die verschiedenen Rhyolithe und Rhyodacite, zusammen mit den Variationsbereich für die Aplite.

I. Die durch Extrapolation ermittelten Analysen.

	DO	KO	KR	NO-B	NO-C	NO-A, NO-A(K) LB I		KU, LB II		APLITE	
SiO <sub>2</sub>	75.20	75.20	75.20	75.20	75.20	71.50	70.50	67.50	64.50	69.00	76.00
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.10	0.08	0.10	0.08	0.20	0.40	0.20	0.70	0.60	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.70	15.00	15.50	16.00	13.80	10.50
FeO <sub>ges.</sub>	0.70	0.80	0.80	0.70	0.70	1.80	2.40	3.20	4.30	3.50	1.20
MgO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40	0.80	1.10	2.60	1.30	0.30
CaO	1.51	1.52	1.46	1.43	1.51	1.79	1.80	2.76	3.09	2.30	0.50
Na <sub>2</sub> O	3.80	3.80	3.80	4.20	3.80	4.20	4.50	4.00	4.20	5.00	3.00
K <sub>2</sub> O	4.70	4.70	4.80	4.20	4.70	4.40	4.20	3.90	3.50	4.00	5.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.10	0.10	0.14	0.14	0.04	0.04
Summe	100.13	100.27	100.29	99.96	100.13	99.09	99.70	98.30	99.03	99.54	96.64

II. Die auf 100 Gew.-% normierten Analysen.

SiO <sub>2</sub>	75.10	74.99	74.97	75.23	75.10	72.16	70.71	68.66	65.13
TiO <sub>2</sub>	0.08	0.10	0.08	0.10	0.08	0.20	0.40	0.20	0.71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.98	13.96	13.96	14.01	13.98	14.83	15.05	15.77	16.16
FeO <sub>ges.</sub>	0.70	0.80	0.80	0.70	0.70	1.82	2.41	3.26	4.34
MgO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.40	0.80	1.12	2.63
CaO	1.51	1.52	1.46	1.43	1.51	1.81	1.81	2.81	3.12
Na <sub>2</sub> O	3.80	3.79	3.79	4.20	3.80	4.24	4.51	4.07	4.24
K <sub>2</sub> O	4.69	4.69	4.79	4.20	4.69	4.44	4.21	3.97	3.53
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.05	0.05	0.03	0.04	0.10	0.10	0.14	0.14
Summe	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

III. Der normative Mineralbestand.

qz	31.26	31.13	30.86	31.05	31.26	24.93	21.82	19.93	13.61
c	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
or	27.74	27.70	28.28	24.83	27.74	26.24	24.90	23.45	20.89
ab	32.14	32.10	32.09	35.59	32.14	35.90	38.23	34.47	35.92
an	7.22	7.21	6.91	6.90	7.22	8.30	8.30	12.99	14.55
ap	0.09	0.12	0.12	0.07	0.09	0.23	0.23	0.33	0.33
il	0.15	0.19	0.15	0.19	0.15	0.38	0.76	0.39	1.34
en	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	1.01	2.00	2.79	6.54
fs	1.15	1.30	1.34	1.12	1.15	3.01	3.76	5.65	6.82
Summe	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

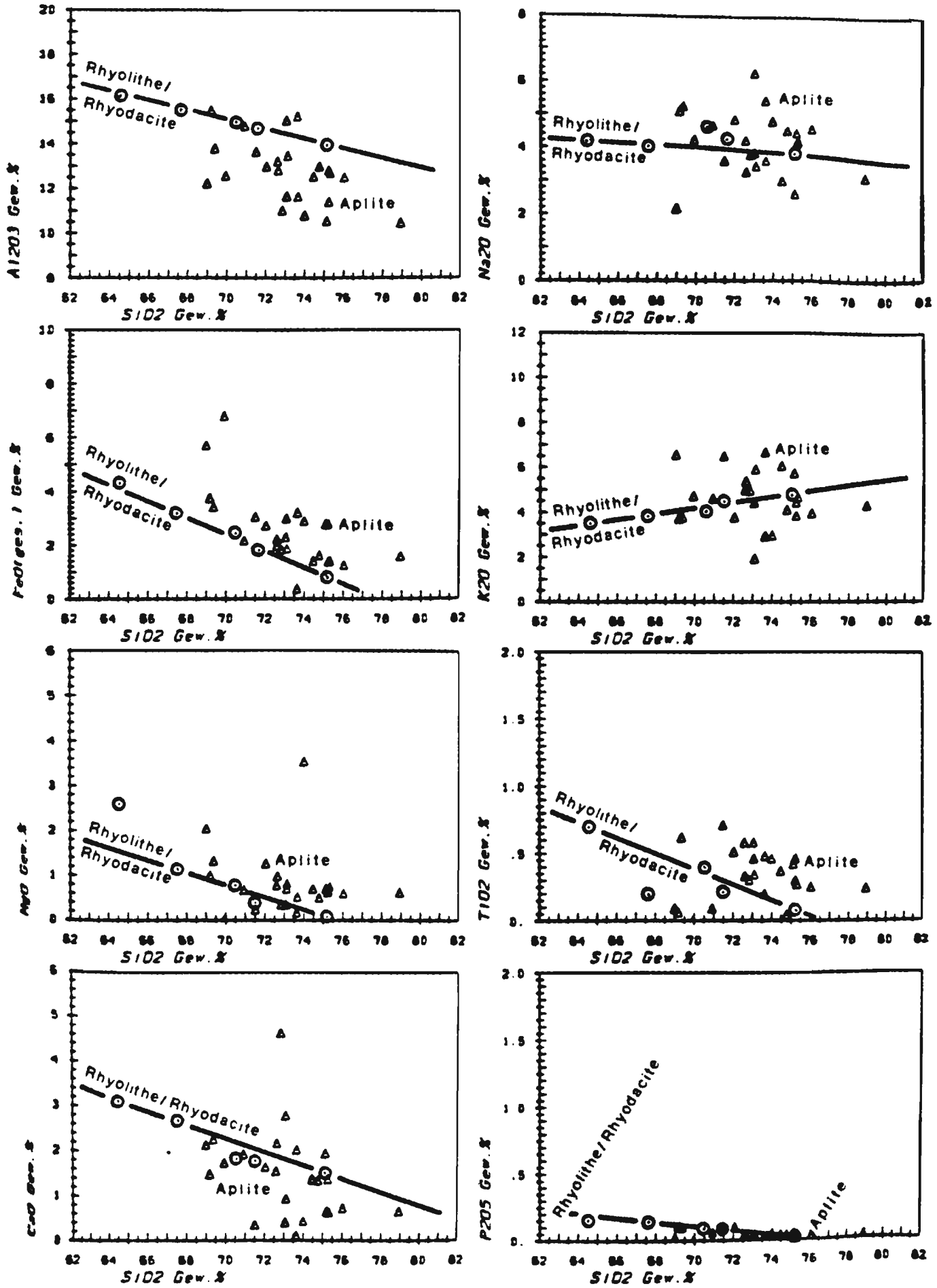


Abb. 47: Korrelationsdiagramm SiO<sub>2</sub>/Hauptkomponenten = HARKER-Diagramm für die wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen von Rhyolithen und Rhyodaciten des Saar-Nahe-Gebietes.

## 5.0. DARSTELLUNGEN IN HARKER- UND NIGGLI-DIAGRAMMEN UND GEGEN DIFFERENTIATION-INDEX

Der Einfluß der hydrothermalen Veränderungen und der durchgeführten Korrekturen soll im folgenden anhand der häufig benutzten Differentiationsdiagramme demonstriert werden.

### 5.1. HARKER-DIAGRAMME

In den HARKER-Diagrammen werden die Hauptkomponenten gegen die  $\text{SiO}_2$ -Gehalte in Gew.-% aufgetragen.

In Abbildung 48 sind für den Donnersberg-Rhyolith einerseits alle Analysen ( $n=38$ ) ( $\text{H}_2\text{O}^+$ -,  $\text{H}_2\text{O}^-$ -,  $\text{CO}_2$ -frei mit  $\text{FeO}_{\text{e.s.}}$ ) und andererseits die darstellenden Punkte für die wahrscheinliche primäre Ausgangszusammensetzung (farbig) eingetragen.

Die darstellenden Punkte der Ausgangsanalysen zeigen beim  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sehr geringe Variationen, die innerhalb der "Meßgenauigkeit" liegen. Beim  $\text{FeO}_{\text{e.s.}}$ ,  $\text{MgO}$  und  $\text{CaO}$  sind die Variationen relativ gering und liegen in dem Bereich bis 1 Gew.-%, während die stärksten Variationen beim  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{K}_2\text{O}$  über den Bereich von über 3 Gew.-% gehen. Typisch und bemerkenswert ist, daß die Variationen stets fast parallel zu der Ordinate, also vertikal verlaufen.

Die darstellende Punkte für die wahrscheinliche Ausgangszusammensetzung liegen beim  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{FeO}$  in dem Bereich der größten Häufigkeit, beim  $\text{Na}_2\text{O}$  an der oberen Grenze und beim  $\text{CaO}$  sogar oberhalb des darstellenden Bereiches. Beim  $\text{MgO}$  und  $\text{K}_2\text{O}$  schließlich liegen diese Punkte an der unteren Grenze der darstellenden Punkte.

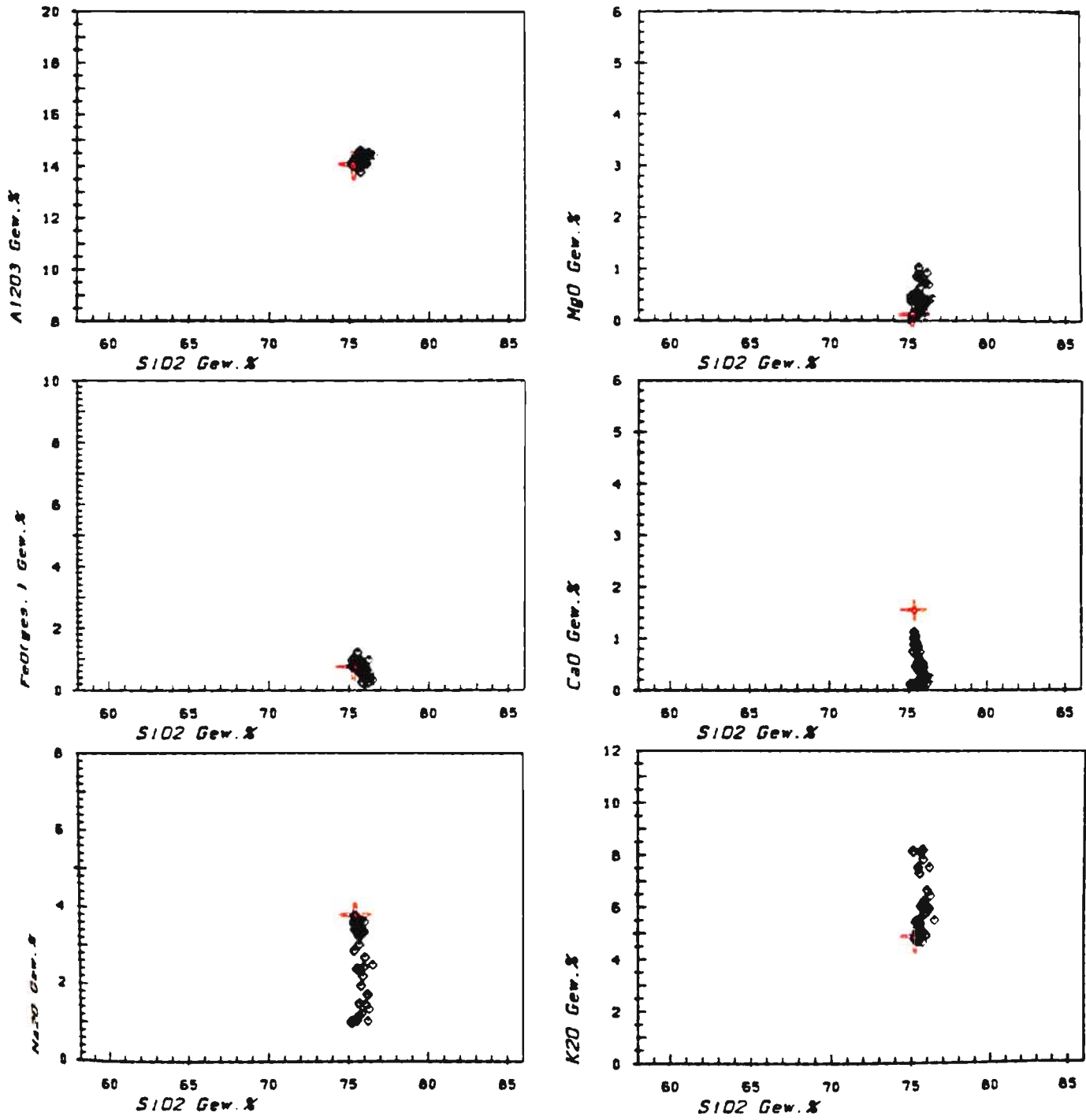


Abb. 48: Korrelationsdiagramm SiO<sub>2</sub>/Hauptkomponenten = HARKER-Diagramm für die Analysen vom Donnersberg.

Der  $\text{SiO}_2$ -Gehalt wird bei dieser Darstellung nach HARKER als Maß für die Differentiation / Assimilation angenommen, sie spielt bei den DO-Analysen keine Rolle, denn horizontale Variationen werden nicht beobachtet. Die vertikalen Variationen sind auf sekundäre Vorgänge zurückzuführen, hier sind es K-Metasomatose und die weiterführende Mobilisation von  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$ . Die darstellenden Punkte für die wahrscheinliche primäre Ausgangszusammensetzung zeigt die jeweilige Richtung an, in der die Analysenwerte extrapoliert werden müssen. Die Abschätzung der primären Zusammensetzung auf diese Weise ist zwar auch überzeugend, jedoch weniger genau.

Von allem untersuchten Rhyolith/Rhyodacit-Vorkommen zeigen die von Kreuznach die stärksten Variationen durch Assimilation, s. S. 58 ff. In den HARKER-Darstellungen müßte sich dieser Effekt demonstrieren lassen.

In Abb. 49 sind die darstellenden Punkte aller Analysen ( $n = 76$ ) für den Rhyolith von Kreuznach in die jeweiligen HARKER-Diagramme eingetragen und der Differentiation/Assimilation-Trend skizziert. Die zu erwartende negative Korrelation wird beim  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}_{\text{tot}}$ ,  $\text{MgO}$  und  $\text{CaO}$  beobachtet. Beim  $\text{Na}_2\text{O}$  scheint sich ebenfalls eine negative Korrelation anzudeuten, während diese beim  $\text{K}_2\text{O}$  eindeutig positiv verläuft. Durch den Einfluß der K-Metasomatose, vor allem bei den  $\text{SiO}_2$ -reichen Gesteinen, und die weiterführende Mobilisation von  $\text{Na}_2\text{O}$  und  $\text{CaO}$  - bei praktisch allen Analysen - wird die genauere Festlegung bei dem Differentiations/Assimilations-Trend erschwert.

Die Abschätzung der primären Ausgangszusammensetzung erfolgte aufgrund der Proben mit höchstem  $\text{SiO}_2$ -Gehalt. Der darstellende Punkt bildet daher das eine Endglied des skizzierten Trends.

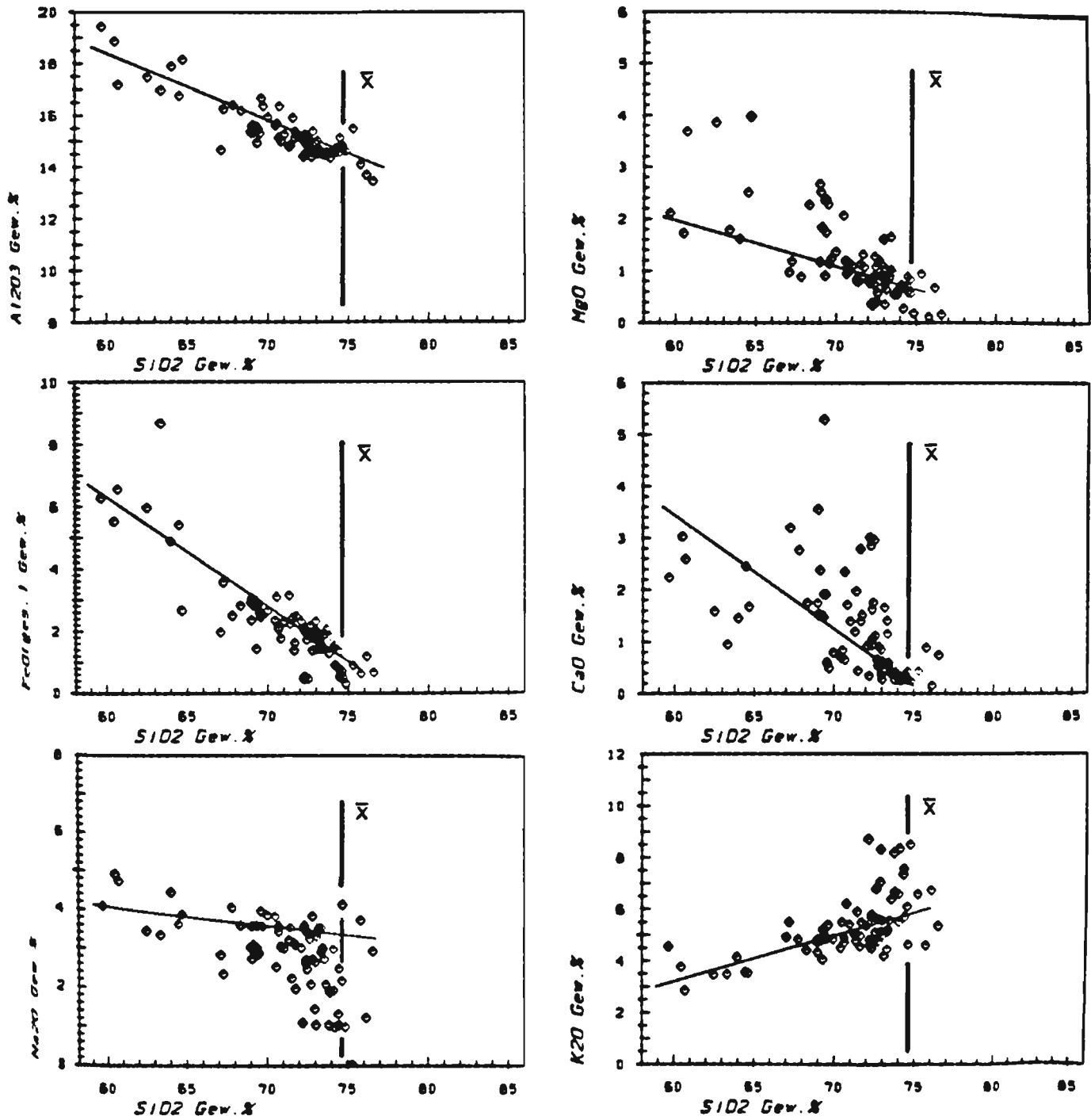


Abb. 49: Korrelationsdiagramm SiO<sub>2</sub>/Hauptkomponenten = HARKER-Diagramm für die Analysen des Rhyoliths von Bad Kreuznach.

## 5.2. NIGGLI-DIAGRAMME

In der Darstellung der NIGGLI-Werte werden die Veränderungen der Mol-%-Anteile - molekulare Äquivalentzahlen - benutzt :

$$\begin{aligned} \text{al} &= \text{Mol-\% Al}_2\text{O}_3 \\ \text{fm} &= \text{Mol-\% (FeO}_{\text{ges.}} + \text{MnO} + \text{MgO}) \\ \text{c} &= \text{Mol-\% CaO} \\ \text{alk} &= \text{Mol-\% (Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \end{aligned}$$

Dazu kommen

$$\text{si} = \text{Mol-\% SiO}_2, \text{ bezogen auf die Summe der molekularen Basiszahlen von } \text{al} + \text{fm} + \text{c} + \text{alk}$$

$$\text{ti} = \text{Mol-\% TiO}_2, \text{ bezogen auf die Summe der molekularen Basiszahlen von } \text{al} + \text{fm} + \text{c} + \text{alk}$$

Häufig benutzt werden ferner

$$\begin{aligned} k &= \frac{\text{molekulare Basiszahl K}_2\text{O}}{\text{molekulare Basiszahlen von K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}} \\ \text{mg} &= \frac{\text{molekulare Basiszahl von MgO}}{\text{molekulare Basiszahlen von MgO} + \text{FeO}_{\text{ges.}} + \text{MnO}} \end{aligned}$$

Die Berechnungsgrundlagen werden u. a. von MÜLLER & BRAUN (1977) beschrieben.

In Abbildung 50 sind die NIGGLI-Werte von al, fm, c, alk, ti, k und mg der Donnersberganalysen (H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>- und CO<sub>2</sub>-frei) und deren primäre Analyse gegen die si-Werte aufgetragen.

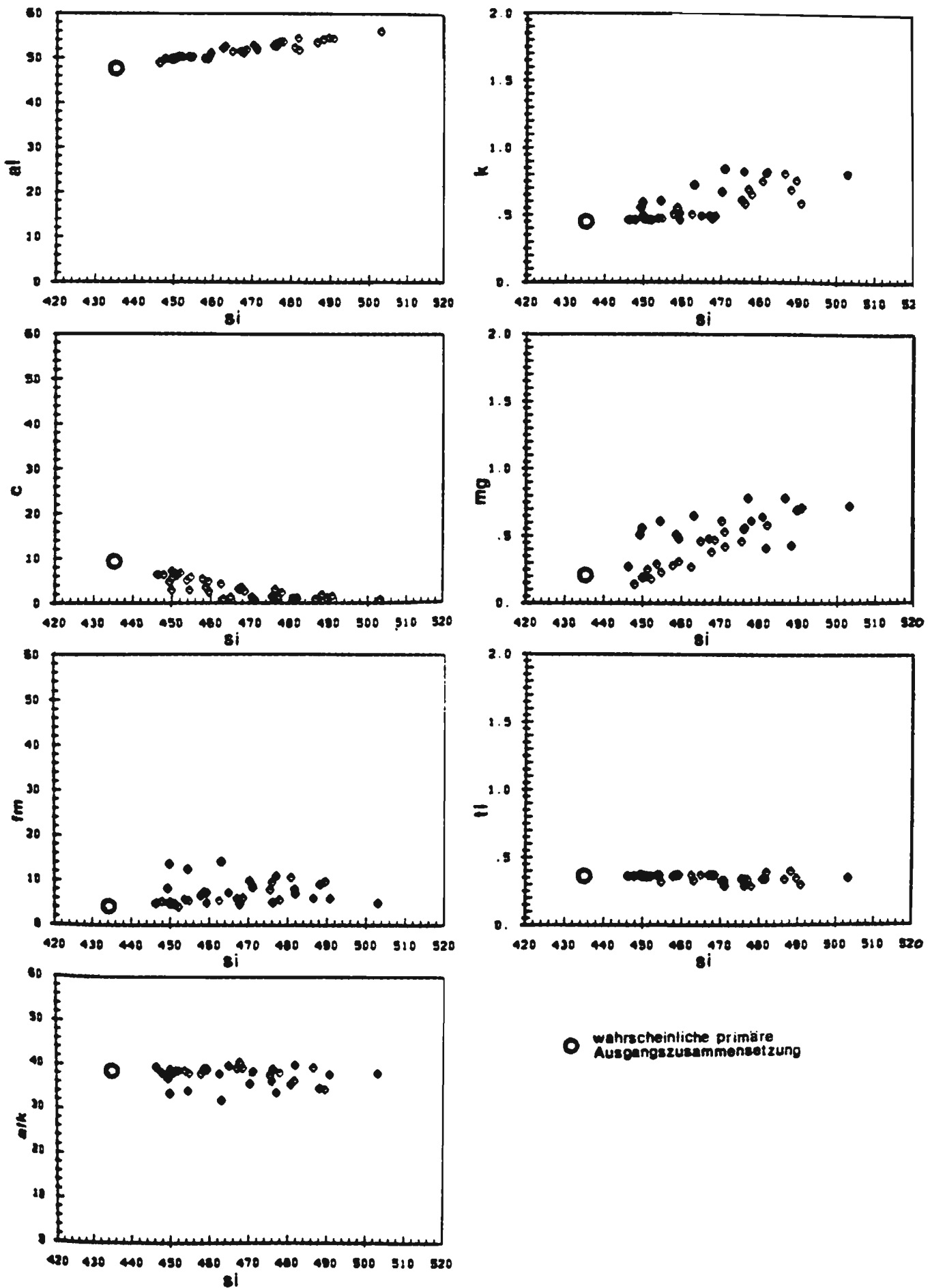


Abb. 50: Korrelationsdiagramm der NIGGLI-Werte für die Analysen vom Donnersberg.



Die si-Werte variieren über den Bereich von 450 bis 510. Die primäre Analyse ergibt einen kleinen si-Wert bei 435, was darauf zurückzuführen ist, daß die normativen Korundwerte durch Erhöhung von alk und c kompensiert werden müssen.

Die zu beobachtende Abhängigkeit der einzelnen Komponenten ist beim al in etwa linear, während bei den anderen Komponenten die Werte stärker streuen. Die Tendenz mit steigenden si-Werten ist beim al, fm und mg positiv, beim c negativ und beim alk neutral. Nur für das c gilt die zu erwartende Korrelation im Falle einer Differentiation/Assimilation.

Der Einfluß der K-Metasomatose bleibt in dieser Darstellung - si-Werte - weitgehend unberücksichtigt, da es durch diese nur zu einer Verschiebung innerhalb der Mol-Anteile von alk kommt. Der Effekt der weiterführenden Mobilisation von Na<sub>2</sub>O und CaO führt zu einer Abnahme in der Summe der molekularen Basiszahlen von (al, fm, c und alk), was zu einer relativen Zunahme der al-, fm- und auch si-Werte führt. Die beobachtete Mg-Zufuhr ergibt ebenfalls höhere fm-Werte.

Die Darstellung der k-Werte zeigt eine positive Korrelation, was durch die K-Metasomatose auf Kosten von Na<sub>2</sub>O zustande kommt.

Die ti-Werte schließlich zeigen eine recht einheitliche lineare und horizontale Korrelation.

Zusammenfassend ergibt sich für die Donnersberg-Analysen, trotz fehlender Differentiation/Assimilation, in der NIGGLI-Darstellung ein, wenn auch kleiner horizontaler Variationsbereich. Die beobachteten Korrelationen sind nur bei den c-Werten - wie zu erwarten - negativ.

Wie sich der Einfluß von Differentiation bzw. Assimilation auf die NIGGLI-Werte auswirkt, kann aufgrund der Darstellung der wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen in Abb. 51 demonstriert werden. Hier ergibt sich eine sehr gute bis gute lineare Abhängigkeit mit den zu erwartenden Korrelationen, wie sie bei Assimilation/Magma-Mixing-Prozesse zwischen Rhyolithen vom Typ des Donnersberges und Feldspat-reichen Palatiniten, auftreten.

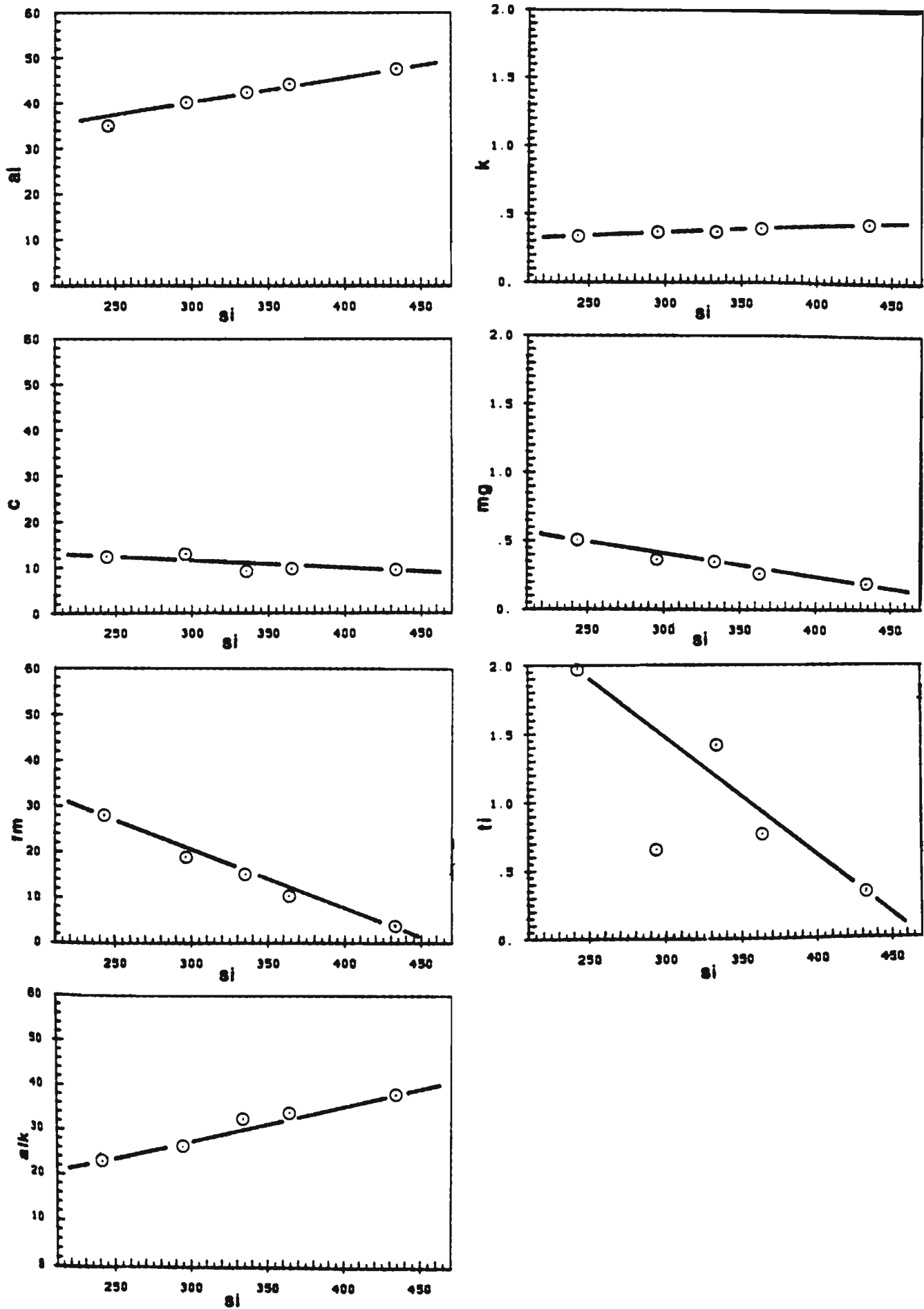


Abb. 51: Korrelationsdiagramm der NIGGLI-Werte für die wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen von Rhyolithen und Rhyodaciten des Saar-Nahe-Gebietes.

### 5.3. DIFFERENTIATIONSINDEX-DIAGRAMME

Der DIFFERENTIATION-INDEX (DI) ist definiert als Summe der normativen Gehalte von qz + ab + or (+ ne + lc). Mit fortschreitender Differentiation steigt dieser Wert bei sauren Eruptiva aufgrund der Zunahme an freiem SiO<sub>2</sub> = qz und Kali-Feldspat-Komponente = or an, während der Anteil an Albit-Komponente = ab in etwa konstant bleibt.

Die hydrothermalen Veränderungen haben einen Einfluß auf die normativen Berechnungen:

Durch die K-Metasomatose wird der Gehalt an or-Komponente auf Kosten der ab- und an-Komponente erhöht. Wegen der geringen Gehalte an an-Komponente ist der Einfluß (Zunahme) auf den Differentiationsindex gering.

Die weiterführende Mobilisation von Na und Ca (und Sericitisierung) erfolgt auf Kosten der ab- und an-Komponenten, dafür werden ein normativer c = Korundanteil und weitere qz-Anteile berechnet. Es resultieren geringere Werte für den Differentiationsindex.

Die MgO-Zufuhr hat erhöhte norm. opx-Anteile zur Folge, was zu einer leichten Abnahme der qz-Gehalte und damit des DI führt.

In Abbildung 52 sind die Donnersberganalysen zusammen mit der wahrscheinlichen Ausgangszusammensetzung gegen den Differentiationsindex aufgetragen. Es ergibt sich ein relativ kleiner horizontaler Variationsbereich ohne zufriedenstellende lineare Korrelation. Die ab- und or-Gehalte streuen wegen der sekundären Veränderungen stark bis "chaotisch".

Mit dieser Darstellung kann zwar der Einfluß einer Differentiation/Assimilation nicht ausgeschlossen

werden, auf jeden Fall dominieren die sekundären Veränderungen.

Wie sich die Assimilation/Magma-Mixing-Prozesse von feldspatreichen Palatiniten in Rhyolithen vom Typ des Donnersberg auswirken, wird in Abb. 53, in der die wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen eingetragen sind, demonstriert. Hier ergibt sich eine lineare Korrelation mit den zu erwartenden positiven und negativen Steigungen.

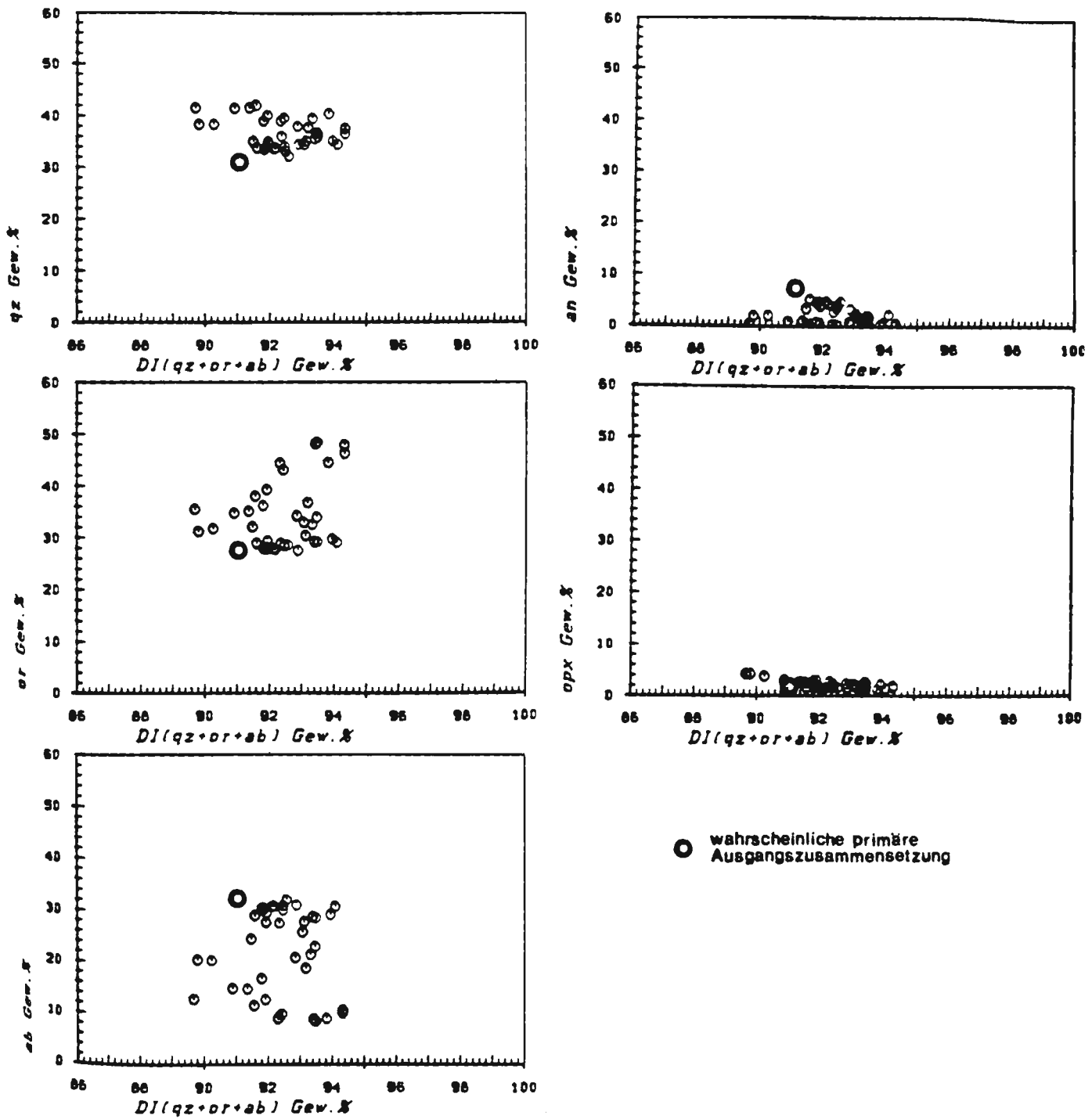


Abb. 52: Korrelationsdiagramm der normativen Gehalte von qz, ab, or, an und opx gegen den Differentiationsindex für die Analysen vom Donnersberg.

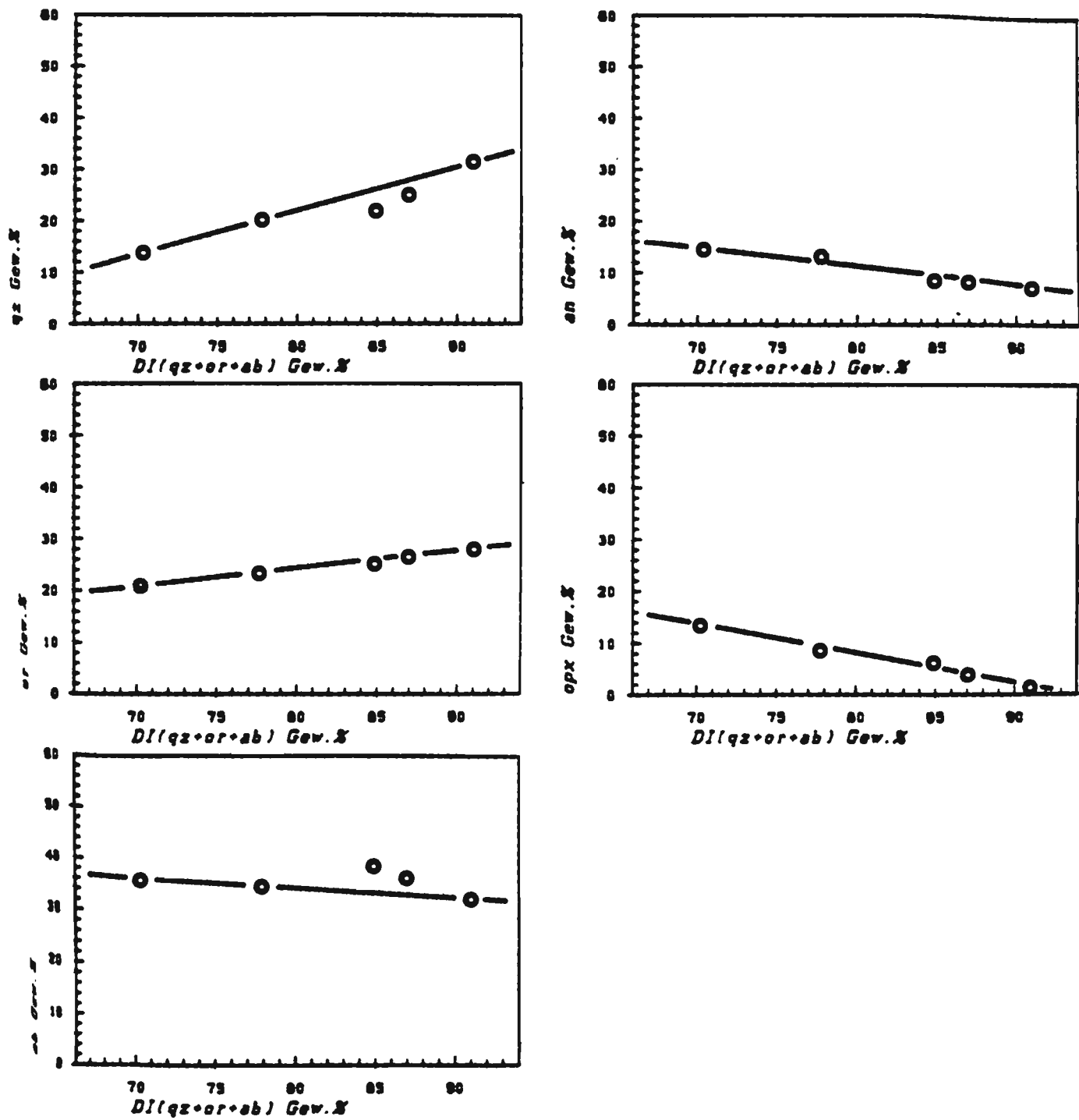


Abb. 53: Korrelationsdiagramm der normativen Gehalte von qz, ab, or, an und opx gegen den Differentiationsindex für die wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen der Rhyolithe und Rhyodacite des Saar-Nahe-Gebietes.

#### 5.4. DARSTELLUNG IM

##### Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O-SCHMELZKRISTALLISATIONSDIAGRAMM

In den Donnersberganalysen (H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>-, H<sub>2</sub>O<sup>-</sup>- und CO<sub>2</sub>-frei) liegen die Summen an normativem qz + ab + or stets >90 Gew.%. Sieht man von den nicht berücksichtigten und auch nicht bekannten primären H<sub>2</sub>O-Gehalten des Ausgangsmagmas ab, so stellen diese vereinfachte Schmelzen aus dem System Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O dar. Die von TUTTLE & BOWEN (1958) u. LUTH, JAHNS & TUTTLE (1964) gewonnenen experimentellen Ergebnisse zum Schmelz-Kristallisationsverhalten in diesem System - bei H<sub>2</sub>O-Überschuß - sollten daher auch auf die untersuchten Rhyolithe anwendbar sein.

In Abbildung 54 sind die Analysen in dem System Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O zusammen mit Vergleichsanalysen von NOCKOLDS und den kotektischen Kurven für 0.5 bis 5 kb nach TUTTLE & BOWEN (1958) und LUTH, JAHNS & TUTTLE (1964) dargestellt.

Der darstellende Punkt für die wahrscheinliche primäre Zusammensetzung fällt in den Bereich der stärksten Häufung, er konnte daher graphisch nicht gesondert berücksichtigt werden.

Durch den Einfluß der K-Metasomatose auf Kosten von ab (und an) und der weiterführenden Mobilisation von Na<sub>2</sub>O (und CaO), verschieben sich die darstellenden Punkte in Richtung auf die Or-Qz-Seite. Sie stellen demnach keine Schmelz-Zusammensetzungen dar, die mit Hilfe dieses Diagrammes diskutiert werden können.

Wie sich diese Effekte bei den verschiedenen Rhyolith- und Rhyodacit-Vorkommen auswirken, zeigen die folgenden Abb. 55 bis 59. Die Tendenz ist bei allen gleich, denn die darstellenden Punkte streuen von den ternären



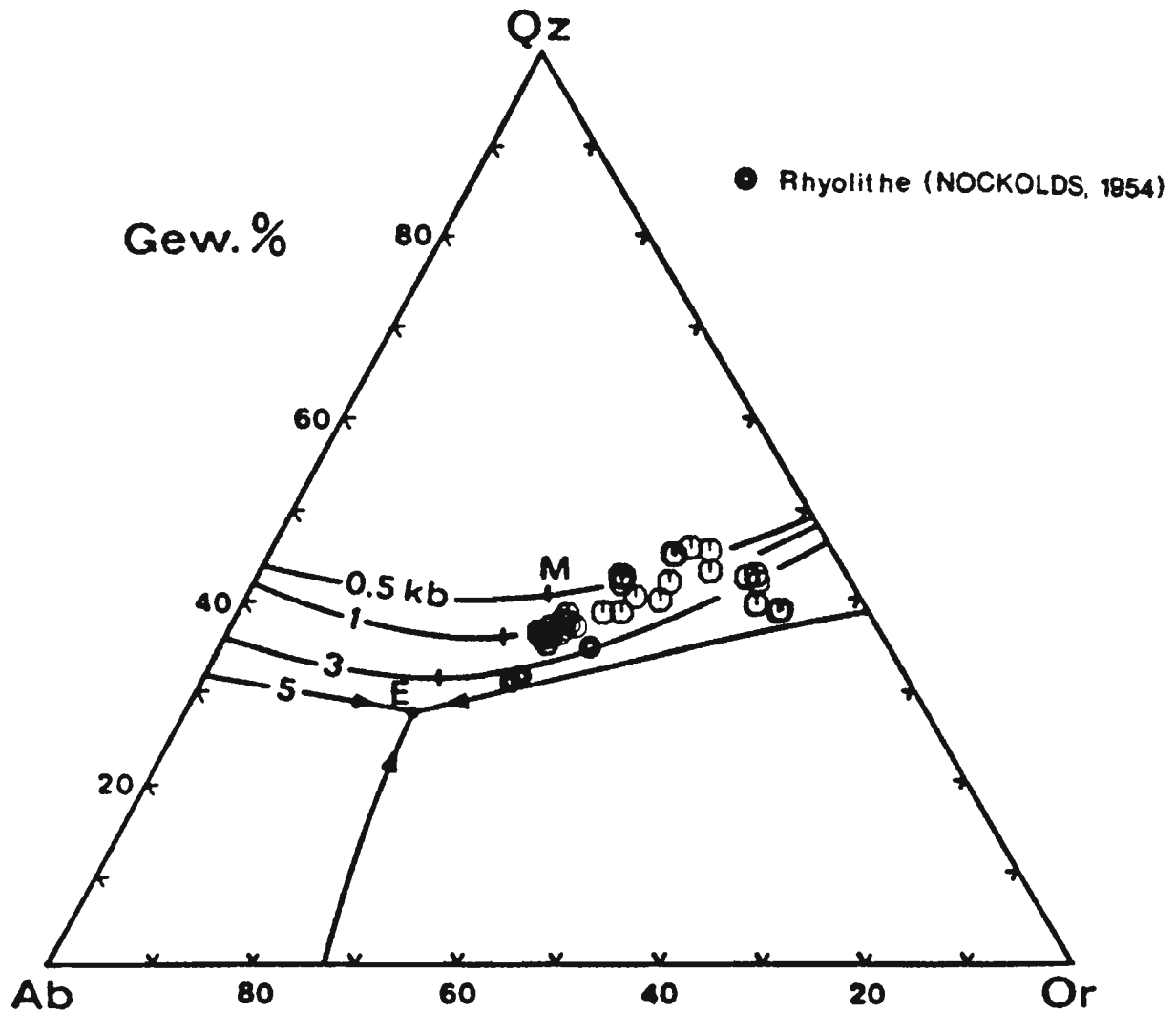


Abb. 54: Schmelz-Kristallisationsdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O für unterschiedliche Drücke mit den darstellenden Punkten für die Donnersberg-Analysen.

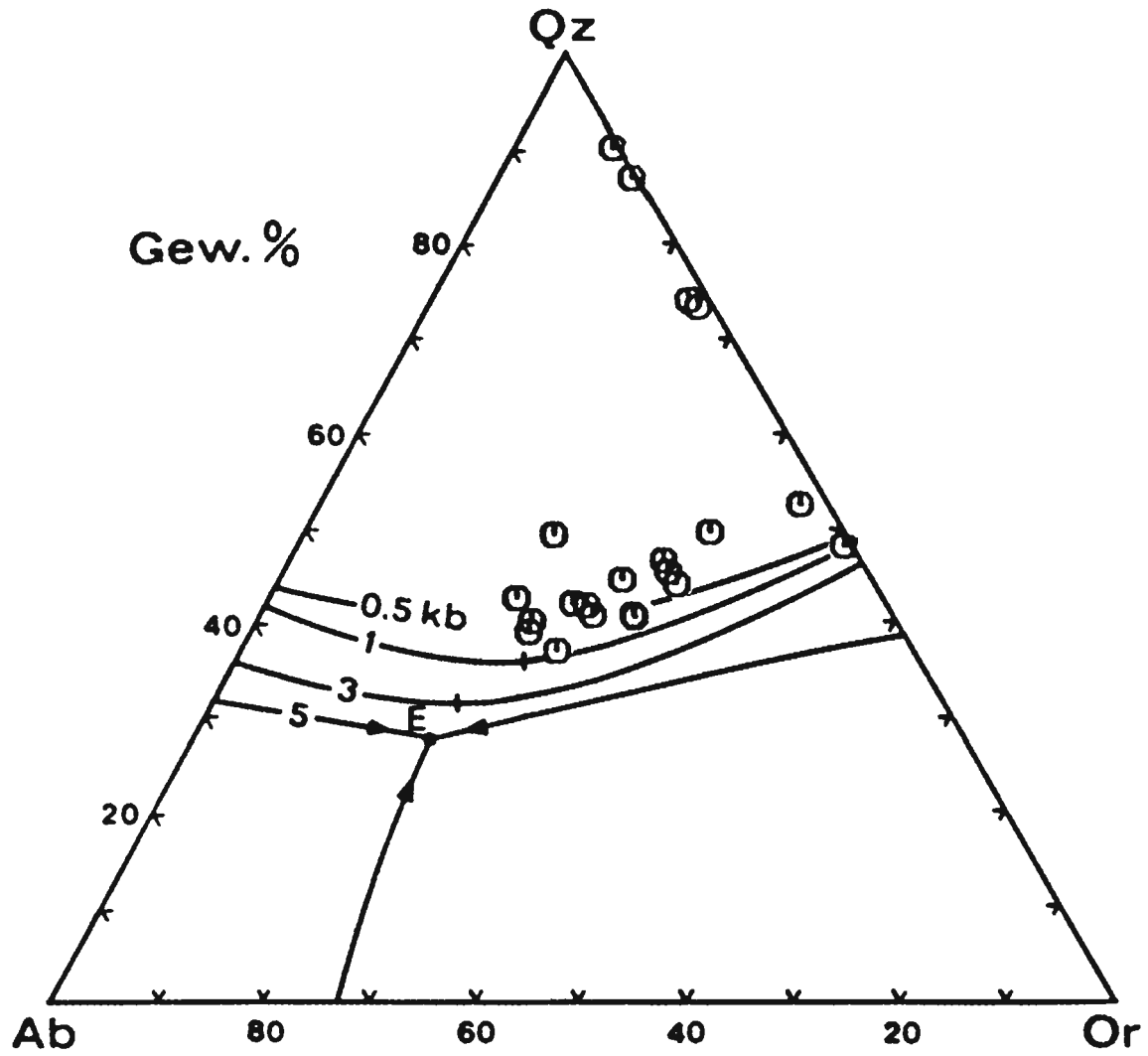


Abb. 55: Schmelz-Kristallisationsdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O für unterschiedliche Drücke mit den darstellenden Punkten für die Analysen vom Königsberg.

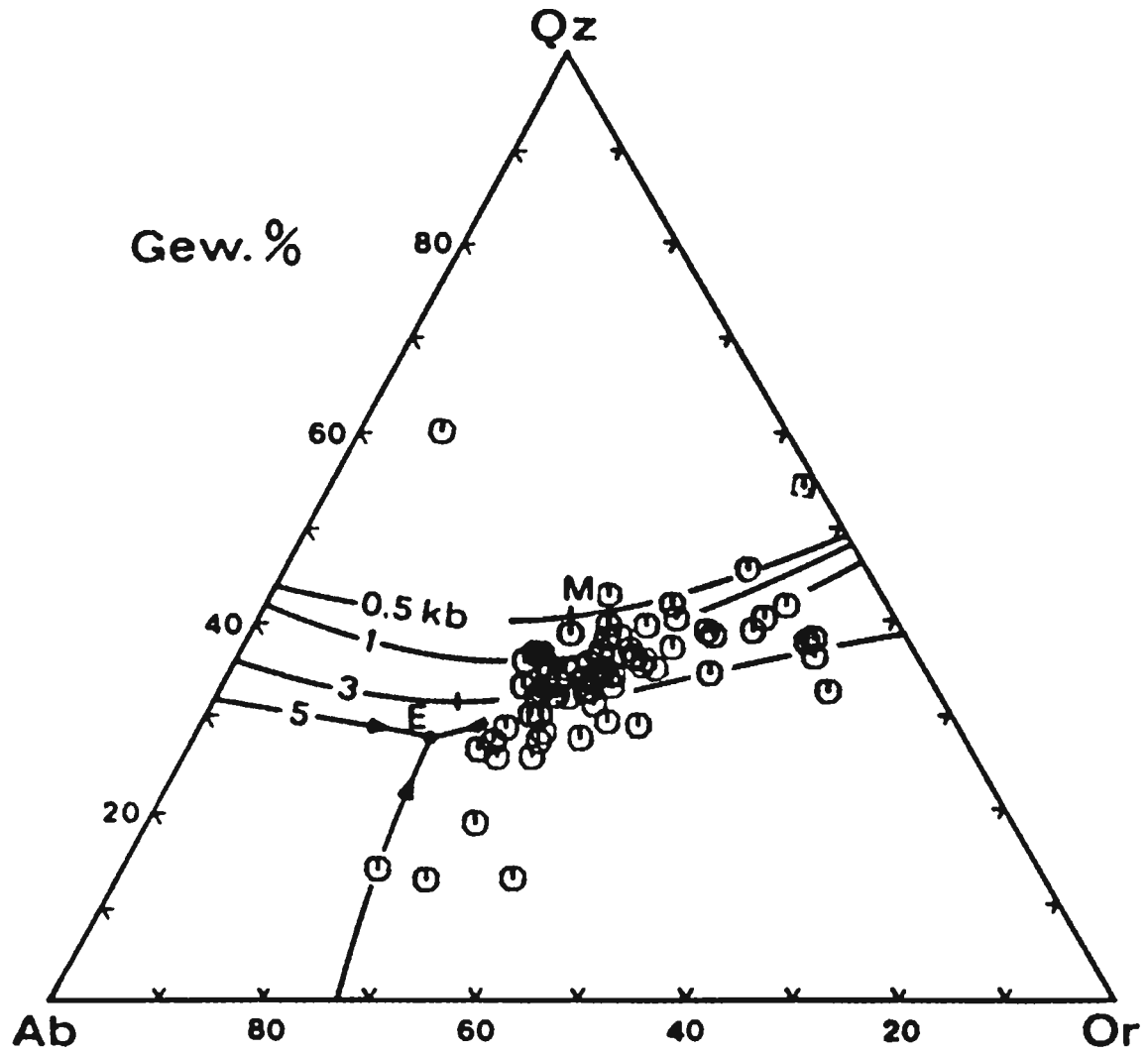


Abb. 56: Schmelz-Kristallisationsdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O für unterschiedliche Drücke mit den darstellenden Punkten für den Rhyolith von Kreuznach.

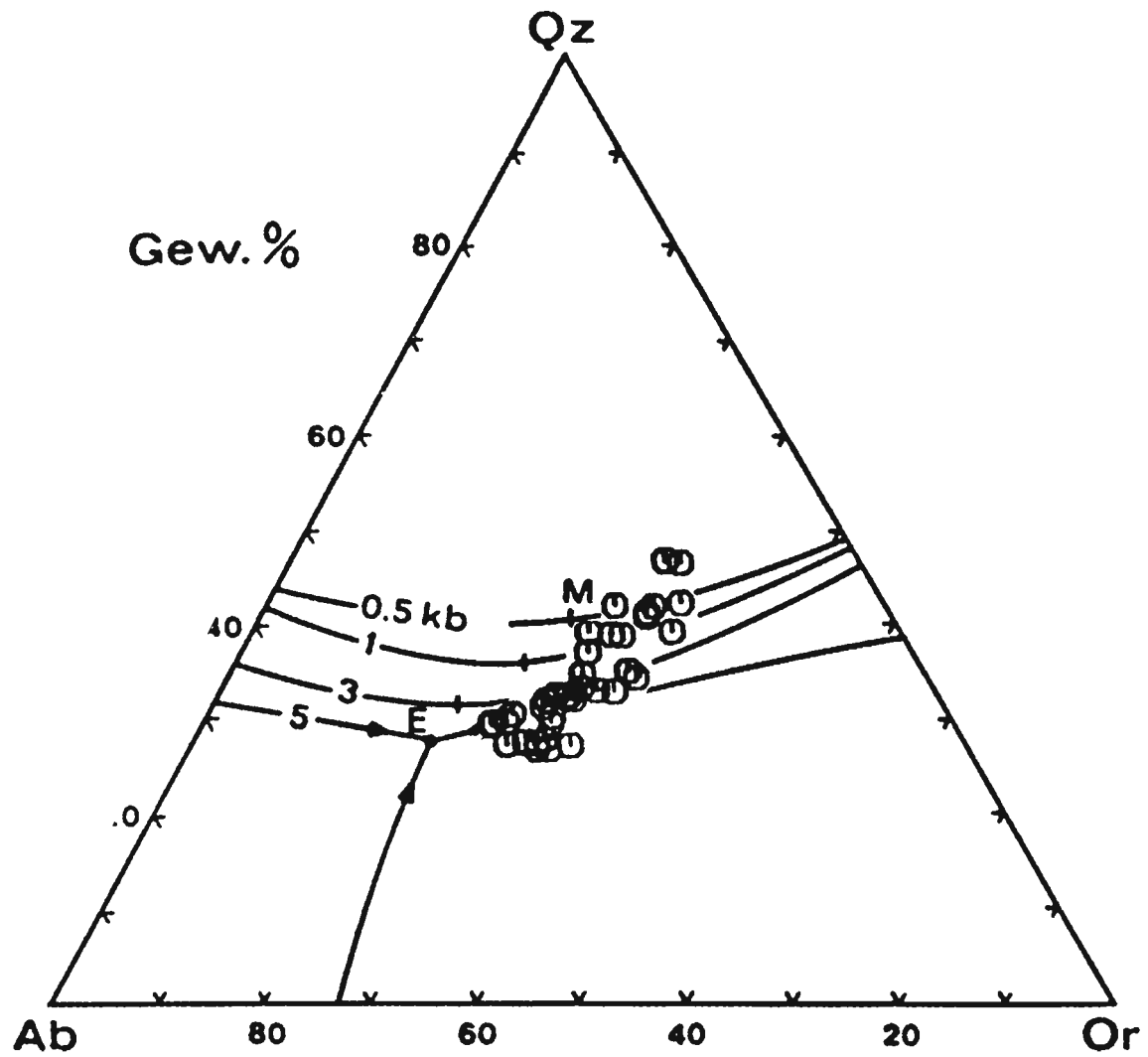


Abb. 57: Schmelz-Kristallisationsdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O für unterschiedliche Drücke mit den darstellenden Punkten für den Rhyolith von Nohfelden A.

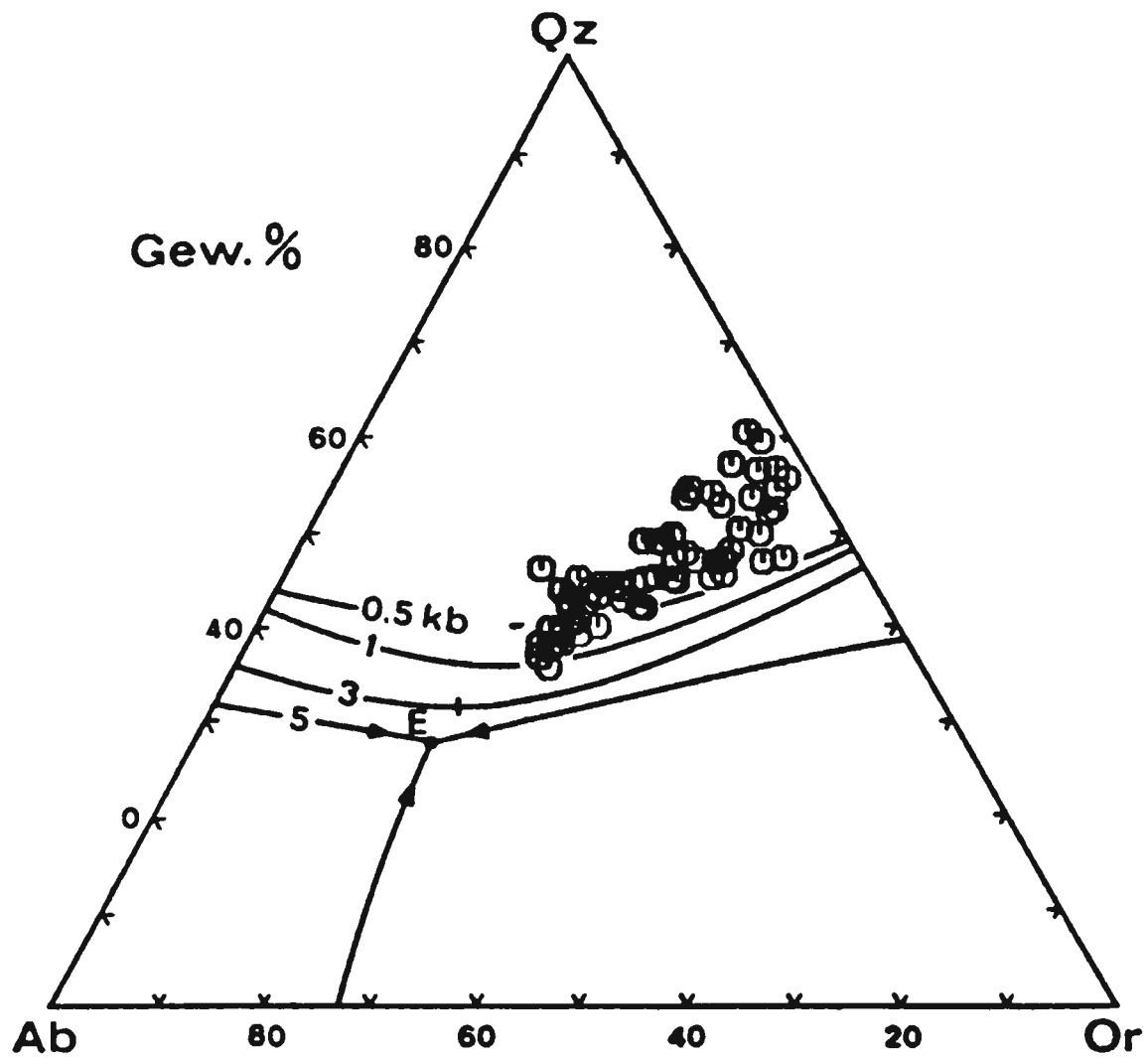


Abb. 58: Schmelz-Kristallisationsdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O für unterschiedliche Drücke mit den darstellenden Punkten für den Rhyolith von Nohfelden B.

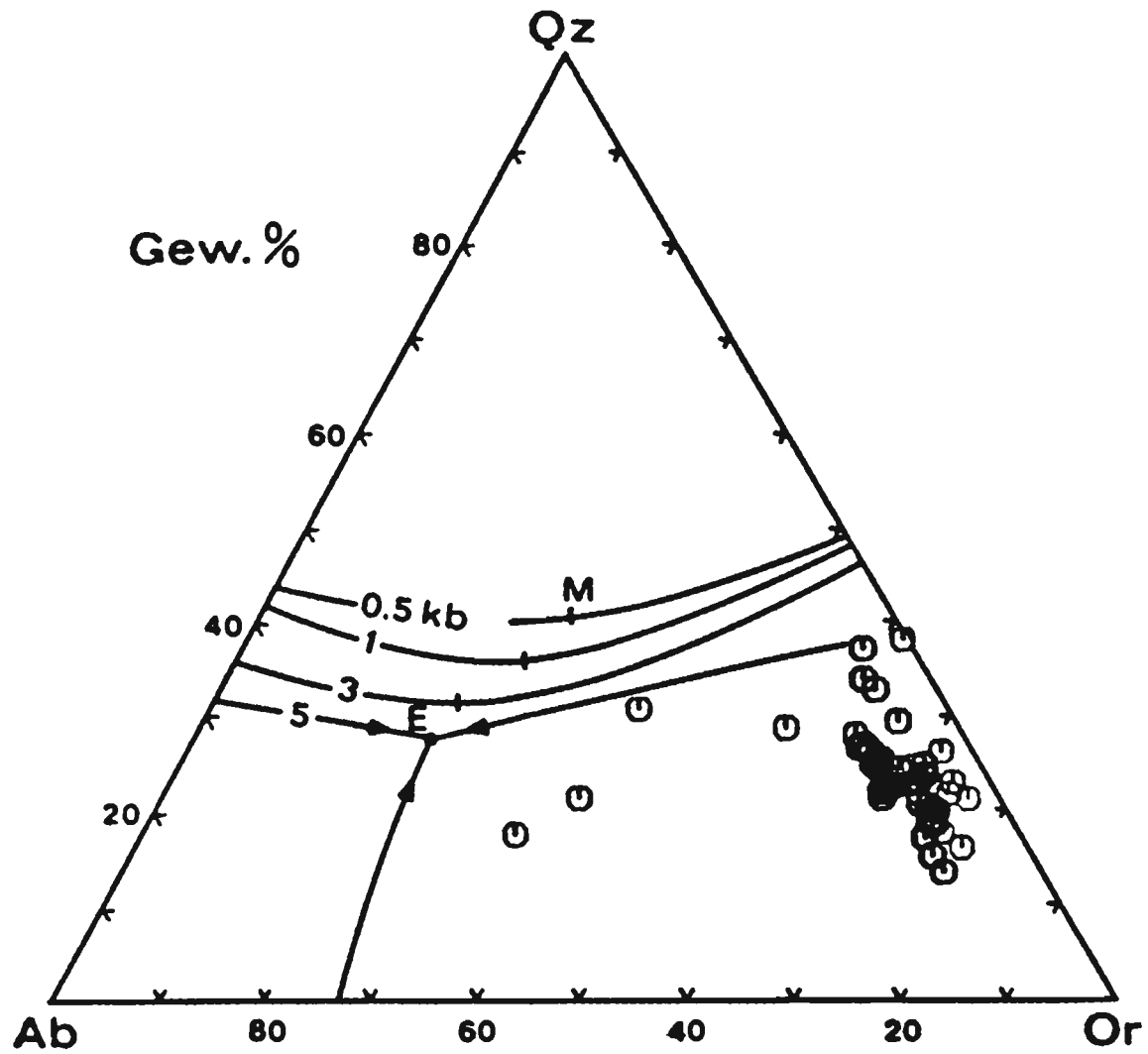


Abb. 59: Schmelz-Kristallisationsdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O für unterschiedliche Drücke mit den darstellenden Punkten für den Rhyodacit vom Kuhkopf.

Minima weg in Richtung auf die Or-Qz-Seite. Bei unterschiedlicher Beeinflußung durch K-Metasomatose (Kuhkopf-Rhyodacit), der weiterführenden Mobilisation von  $\text{Na}_2\text{O}$  (und  $\text{CaO}$ ) und durch Assimilation (Kreuznach) ergeben sich unterschiedliche Variationsbereiche. Allen gemeinsam ist, daß sich keine sinnvolle Zuordnung zu dem entsprechenden Schmelzdiagramm ergibt.

Die Diskussion der Druck- und Temperatur-Bedingungen, wie sie bei der Entstehung dieser rhyolitischen und rhyodacitischen Schmelzen geherrscht haben, erlaubt erst die Darstellung der wahrscheinlichen primären Zusammensetzungen. In Abb. 60 sind die darstellenden Punkte für alle Ausgangszusammensetzungen (s. Tabb. 15) eingetragen. Die darstellenden Punkte der  $\text{SiO}_2$ -reicheren Rhyolithe fallen mit Ausnahme des Rhyoliths von Nohfelden B zusammen, letzterer ergibt eine etwas Ab-reichere und dafür Or-ärmere Zusammensetzung.

Alle diese Punkte liegen in der direkten Nachbarschaft des ternären Minimums für 3 kb. Für die niedrigschmelzende Zusammensetzung spricht ferner, daß bei beginnender Kristallisation der leukokraten Gemengteile Phänokristalle von Plagioklas, Alkalifeldspat und Quarz (korrodiert wegen der Druckentlastung bei Intrusion), beobachtet werden. Dieses Ergebnis zeigt die niedrigsschmelzende Zusammensetzung an, was genetisch entweder durch Differentiation - das Endglied - oder durch Anatexis - beginnende Schmelzbildung - verstanden werden kann.

Die rhyolitischen Magmen sind demnach in einer Tiefe von 11 km entstanden, was deutlich innerhalb der Erdkruste liegt. Da diese Magmen intrusiv fähig waren, müßten sie überhitzt gewesen sein, was nur im Zusammenhang mit einem  $\text{H}_2\text{O}$ -Unterschuß zu verstehen ist. Im Hinblick auf die anatektische Genese kann dieser

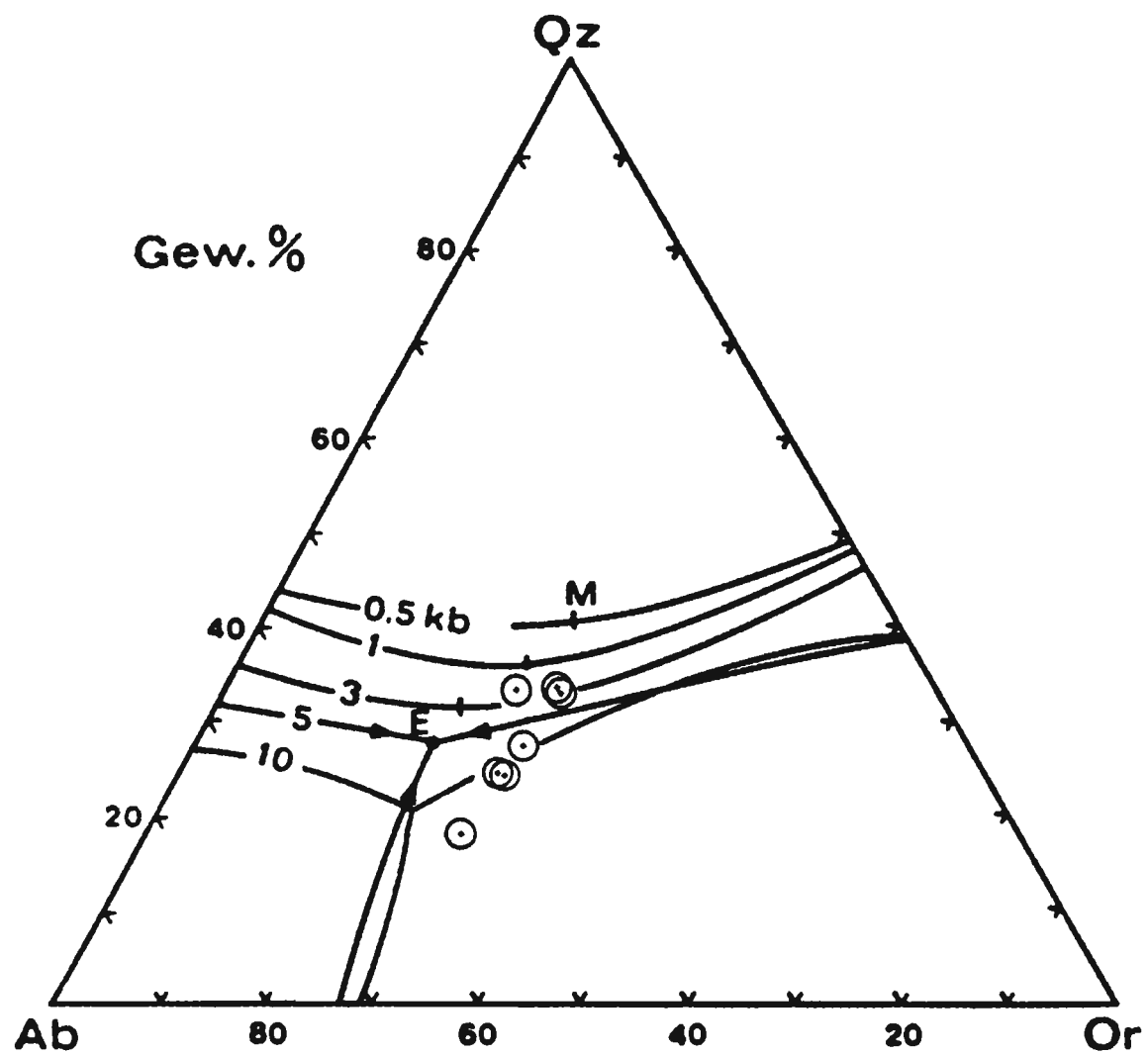


Abb. 60: Schmelz-Kristallisationsdiagramm Qz-Ab-Or-H<sub>2</sub>O für unterschiedliche Drücke mit den darstellenden Punkten für die wahrscheinlichen primären Ausgangszusammensetzungen der Rhyolithe/Rhyodacite des Saar-Nahe-Gebietes.



Zusammenhang schematisch folgendermaßen beschrieben werden: In einem System mit relativ wenig H<sub>2</sub>O setzt die Schmelzbildung bei gleichen Temperaturen ein, wie bei H<sub>2</sub>O-Überschuß. Wegen des geringen H<sub>2</sub>O-Gehaltes bildet sich aber nur eine entsprechend geringe Schmelzmenge. Erst bei steigender Temperatur werden weitere Komponentenanteile aufgeschmolzen, ohne daß sich - bei entsprechendem Angebot - die Zusammensetzung ändert. Die niedrigschmelzende Zusammensetzung kann also überhitzt werden.

Die darstellenden Punkte für die SiO<sub>2</sub>-ärmeren Rhyolithe und Rhyodacite vom Lemberg, Nohfelden A, Nohfelden A(K) und den Kuhkopf besaßen bei ihrer Kristallisation keine niedrigschmelzende Zusammensetzung, sie stellen vielmehr Übergangsglieder zu den feldspatreichen Palatiniten des Saar-Nahe-Gebietes dar. Assimilation- oder Magma-Mixing-Prozesse sind für ihre Entstehung verantwortlich. Aufgrund dieser Ergebnisse bestand der bimodale Vulkanismus nur aus einem Typ von rhyolitischen Magma, daß durch Palatinit-Anteile kontaminiert werden konnte. Die Untersuchungen der Palatinite hat ergeben, daß auch bei diesen von einem Stamm-Magma ausgegangen werden kann, daß jedoch durch Differentiation verändert werden konnte (ROJAS, 1989).

## 6.0. LITERATURVERZEICHNIS

- ABU-ABED, I. : Geochemische Dispersionshöfe im Bereich  
& FRIDRICH, G. der kupferführenden Porphyre von Imsbach/  
Rheinlandpfalz. Erzmetall 27(1974) 434-438.
- ARIKAS, K. : Geochemie und Petrologie der permischen  
Rhyolithe in Südwestdeutschland (Saar-  
Nahe-Pfalz-Gebiet, Odenwald, Schwarzwald)  
und in den Vogesen.  
Pollichia 8(1986), Bad Dürkheim.
- BARTH, T. : Die Entstehung der Gesteine.  
CORRENS, C.W. Springer Verlag, Berlin (1939).  
& ESKOLA, P.
- DEER, W. : Rock-forming minerals.  
HOWIE, R.A. Longman Group, London (1963).  
& ZUSSMAN, J.
- DEMUTH, H. : Zur Geologie des Rotliegenden an der SE-  
Flanke des Nohfeldener Rhyolithmassivs.  
Diplomarbeit, Saarbrücken, 1973.
- DREYER, G. : Geologische Kartierung der Königsberg-  
Kuppel bei Wolfstein/Pfalz.  
Diplomarbeit, Mainz, 1970.
- DREYER, G. : Die Geologie des Königsberges. In:Stadt  
Wolfstein (Hrsg.): Wolfstein, kleine  
Stadt im Königsland, Teil II(1975) 134-167.
- DREYER, G. : Geochemische und geologisch-lagerstätten-  
& HANEKE, J. kundliche Untersuchungen im Bereich der  
Kupfererzvorkommen von Imsbach am  
Donnersberg (Rheinland-Pfalz).  
Mainzer geowiss. Mitt. 6(1978) 55-86, Mainz.
- DREYER, G. : Geologische Karte des Saar-Nahe-Berglandes  
FRANKE, W.R. und seiner Randgebiete 1:100000, Mainz, 1983.  
& STAPF, K.R.G.
- EHRENBERG, K.H. : Zur geologie der Umgebung von Kirchheim-  
bolanden. Diplomarbeit, Mainz, 1962.
- EHRENBERG, K.H. : Petrographische Untersuchungen an den  
Magmatiten des "Grenzlagers" und des  
"Hochsteiner Lagers" in der Umgebung des  
Donnersberges. Dissertation, Mainz, 1964
- GEIS, H.-P. : Die Kupfererzlagerstätten von Imsbach.  
Erzmetall 8(1955) 267-275, Stuttgart.

- HANEKE, J. : Zur stratigraphischen Stellung der Rhyolithischen Tuffe im Oberrotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes und der Urangehalt des Kohlen-Tuff-Horizontes an der Kornkiste bei Schallodenbach/Pfalz. Z. dt. geol. Ges. 130(1979) 535-560, Hannover.
- HANEKE, J. : Der Donnersberg. Zur Genese und stratigraphisch-tektonischen Stellung eines permokarbonen Rhyolith-Domes im Saar-Nahe-Becken (SW-Deutschland). Pollichia 10(1987), Bad Dürkheim.
- HELMERS, J.H. : Die Eruptivgesteine im Rotliegenden des Saar-Nahe-Gebietes. Jb. preuß. geol. Landesanst. 50(1930) 751-795.
- HINZMANN, S. : Petrographie, Geochemie und Gefüge des Kuhkopfpalatinits. Diplomarbeit, Mainz, 1987.
- JUNG, D. : Die Mineralassoziationen der Palatinite und ihre Aplite. Annales Univ. Saraviensis 5(1967) 1-130.
- KONRAD, H.J. : Ursache und zeitliche Einstufungen lokaler Diskordanzen im Bereich des Pfälzer Sattels. Abh. Hess. L.-Amt Bodenforsch. 56(1974) 181-192, Wiesbaden.
- KÖHLER, B. : Petrographische und geochemische Untersuchungen an intermediären Lagergängen in der Umgebung des Donnersberges. Diplomarbeit, Mainz, 1987.
- LASPEYRES, H. : Kreuznach und Dürkheim a.d. Haardt. Z. deutsch. geol. Ges. 19(1867) 803-922.
- LASPEYRES, H. : Die Kristallinen Gesteine des Saar-Nahe-Gebietes und die Arbeit von Streng über dieselbe. N. Jb. Miner. (1872) 619-628.
- LASPEYRES, H. : Beitrag zur Kenntnis der Eruptivgesteine im Steinkohlengebirge und Rotliegenden zwischen der Saar und dem Rhein. Verhand. d. naturhist. Vereins d. preuß. Rheinlande u. Westfalens 40(1883) 375-390.
- LIPPOLT, H.J. : Rb-Sr-Altersbestimmungen an permischen Quarzporphyren des Schwarzwaldes u. die Altersrelation spätrogenen Plutonismus - subsequenter Vulkanismus. Fortschritt. Mineral. 59(1981) Beih. I 115-116.
- LIPPOLT, H.J. : Isotopic evidence for the stratigraphic position of the Saar-Nahe Rotliegend volcanism. I.  $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$  and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  investigations. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. H. 12(1983) 713-730.
- LOHMEYER, U : Tektonische und petrographische Untersuchungen am Rhyolith (Quarzporphyr)-Massiv von Bad Kreuznach. Dissertation, Mainz, 1969.

- LORENZ, V. : Zur Genese neuentdeckter Vulkanschote in der Umgebung des Donnersberges/Pfalz. Geol. Rundschau 57(1967) 189-198.
- LORENZ, V. : Vulkanische Calderen und Schlote am Donnersberg/Pfalz. Oberrh. Geol. Abh. 20(1971a) 21-41, Karlsruhe.
- LORENZ, V. : Zur Stratigraphie und Tektonik des Oberrotliegenden in der Umgebung von Schweisweiler und Winnweiler/Pfalz. Abh. Hess. L -Amt Bodenforsch 60(1971b) 263-275, Wiesbaden.
- LORENZ, V. & HANEKE, J. : Zur Geologie des Donnersberges. In: Gemeinde Dannenfels (Hrsg.): Dannenfels Chronik eines Dorfes(1981) 136-155.
- LORENZ, V. : Zur Altersfrage des Kreuznacher Rhyoliths unter besonderer Berücksichtigung der Stratigraphie und Überschiebungstektonik in seiner südlichen Umrandung (S-N-Gebiet, SW-Deutschland). N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 142(1973) 139-164.
- LORENZ, V. & NICHOLLS, J.A. : The Permocarboneous Basin and Range Province of Europe. An application of Plate tektonics. In: FALKE, H.(ed): The Continental Permian in Central, West and South Eutope. - NATO Advanced Study Institutes Series, C-Mathematical and Physical Sciences 22(1976) 313-342, Dordrecht.
- LOSSEN, K.A. : Sogenannter Orthoklasporphyr von Juhe auf der Spitze des Lemberges an der Nahe. Z. dtsh. geol. Ges. 35(1883) 211-213.
- LOSSEN, K.A. : Über Quarzporphyr-Gänge an der Unter-Nahe welche die Intrusivlager des Palatinit oder Tholeyit, d.h. des diabasischen oder doleritischen Melaphyrs durchsetzen und über das räumliche Verhalten der Eruptivgesteine des S-N-Gebietes zum Schichtenaufbau. Z. dtsh. geol. Ges. 43(1891) 535-545.
- LUTH, W.C., JAHNS, R.H. & TUTTLE, O.F. : The granite system at pressures of 4 to 10 kilobars. J. Geophys. Res. 69(1964) 759-773.
- MATTHES, S. : Mineralogie. Eine Einführung in d. Mineralogie Petrologie und Lagerstättenkunde. Springer-Verlag Berlin (1987).
- MÜLLER, G. : Ein Lavastrom am Leistberg. Bergbau PSL, Mineralogie 8(1975) 67-82, Scheidt(Saarland).
- MÜLLER, G. : Saarland.- Tagungsheft zur VFMG-Sommertagung 1982 in Oberthal (N-Saarland). 176., hersg. von: VFMG in Heidelberg e.V.

- MÖLLER, G. : Methoden zur Berechnung von Gesteinsnormen.  
& BRAUN, E. Clausthaler tekt. Heft 15(1977), Clausthal.
- NOCKOLDS, S.P. : Average chemical compotion of some igneousrocks.  
Bull. Geol. Soc. Am. 66(1954) 1007-10032.
- REIS, O.M. : Über die gesetzmäßige Verteilung der Eruptiv-  
gesteine im Inneren des Pfälzer Sattels und über  
Kennzeichen für die Reihenfolge der Durchbrüche.  
Geogn. Jh. 28(1915) 179-194.
- REIS, O.M. : Erläuterungen zu dem Blatte Donnersberg  
der Geognostischen Karte von Bayern  
1:100000 320(1921), München.
- REIS, O.M. : Geologische Übersichtskärtchen 1:25000 des  
Gebietes um und westlich von Kirchheimbolanden.  
Geogn. Jh. 34(1922), München.
- REIS, O.M. : Die Umgebung des Lembergs und Bauwalds  
& SCHUSTER, M. zwischen Münster a. Stein, Altenbamberg u.  
Odernheim. Geognost. Jh.31(1920) 299-348.
- REHKOPF, H.G. : Das Rotliegende im Raum Schallodenbach-  
Höringen-Winnweiler a.d. Südostflanke des  
Pfälzer Sattels. Diplomarbeit, Mainz, 1958.
- REE, C. : Die Eruptivgesteine des Lembergs (Nahe) u. ihre  
Lagerungsverhältnisse. Dissertation, Mainz, 1956.
- ROJAS, F.N. : Geochemisch-petrologische Untersuchungen an  
subvulkanischen Eruptivgesteinen (Palatiniten)  
des Saar-Nahe-Gebietes.  
Diplomarbeit, Mainz, 1989.
- SCHMIDT, M. : Zur Kenntnis des Donnersberggebietes.  
& REIS, O.M. Geogn. Jh. 28(1916) 63-90, München.
- SCHOLZ, H. : Zur inneren Tektonik einiger Industriekörper  
aus dem Saar-Nahe-Gebiet. Zbl. Min. Geol.  
Pal. Abt. B 11(1933) 605-616, Stuttgart.
- SCHRÖDER, E : Vulkanismus und Rotliegendgliederung im  
Saar-Nahe-Bergland.  
Z. dtsh. geol. Ges. 103(1951) 253-263.
- SCHUSTER, M. : Neue Beiträge und Kenntnis der permischen  
Eruptivgesteine aus der bayerischen Rheinpfalz.  
III. Die Eruptivgesteine im Gebiet des Blattes  
Donnersberg. Geognost. Jh. 26(1914) 235-265.
- SCHWAB, K. : Zur Geologie der Umgebung des Donnersberges.  
Diplomarbeit, Mainz, 1958.
- SCHWAB, K. : Petrographische Untersuchungen an basischen  
Magmatiten in der Umgebung des Donnersberges/  
pfalz. N. Jb. Miner. Abh. 102(1965) 258-290.

- SCHWAB, K. : Zur Geologie der Umgebung des Donnersberges. Mitt. Pollichia III. Reihe 14(1967) 13-55, Bad Dürkheim.
- SCHWAB, K. : Die Verbreitung der effusiven Vulkanite auf der SE-Flanke des Pfälzer Sattels und ihre Stellung im Profil des Oberrotliegenden. Mz, Naturwiss. Arch. 7(1968) 105-119, Mainz.
- THEUERJAHR, A.-K. : Geochemisch-petrologische Untersuchungen an jungpaläozoischen Rhyolithen des Saar-Nahe-Gebietes. Dissertation, Mainz, 1973.
- TUTTLE, O.F. & BOWEN, N.L. : Origin of granite in the light of experimental studies in the system  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 - \text{KAlSi}_3\text{O}_8 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ . Geol.Soc.Am.Mem. 74(1958).
- WAGNER, W. : Erläuterungen zur geologischen Karte des Grossherzogthums Hessen, 1:25000, Blatt Wöllstein-Kreuznach, 1926, Darmstadt.
- WINTERSHALL AG/  
BRIGITTA ELLWERATH  
Betr. G.m.b.H. : Interne Berichte über seismische Untersuchungen im Saar-Nahe-Gebiet, 1959.
- URBAN, U. : Aplite im Saar-Nahe-Gebiet -Ein Beitrag zu ihrer Petrologie und Geochemie-. Diplomarbeit, Mainz, 1981.
- VINX, R. : Die Gesteine der Lembergintrusion/Nahebergland -Ein Beitrag zum Verständnis des permischen Vulkanismus des Saar-Nahe-Beckens (SW-Deutschland). Dissertation, Hamburg, 1974.
- ZWETSCH, A. & JUNG, D. : Untersuchungen an Birkenfelder Feldspat. Tonindustrie-Zeitung u. Keram. Rundschau 80, H. 5/6, 65-69 u. H. 7/8(1956) 104-112.

**A N H A N G**

Tabelle I: Haupt- und Spurenelementgehalte in Gew.-% bzw. ppm der Eruptivgesteine vom Kuhkopf (EN, EA, EK) und Donnersberg (DO).

	EN-U1	EN-U2	EN-U3	EN-U4	EN-M5	EN-M6	EN-M7	EN-M8
SiO <sub>2</sub>	65.92	66.56	66.05	66.65	66.15	67.02	65.77	66.88
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.16	0.15	0.16	0.14	0.15	0.14	0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.79	16.11	15.91	16.15	15.84	15.60	15.50	15.63
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.33	3.36	3.21	3.65	3.59	3.62	4.20	3.76
FeO	0.26	0.31	0.05	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07
MnO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02
MgO	0.72	0.25	1.10	0.28	0.42	0.25	1.05	0.23
CaO	0.42	0.26	0.48	0.29	0.36	0.30	0.45	0.28
Na <sub>2</sub> O	0.55	0.75	0.59	0.80	0.54	0.82	0.43	0.83
K <sub>2</sub> O	8.33	10.14	8.05	9.73	9.07	10.48	7.61	10.83
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.06	0.07	0.10	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.80	1.62	3.03	1.94	2.45	1.33	3.20	1.22
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1.74	0.80	1.57	0.67	1.43	1.33	1.63	0.68
CO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Summe	100.09	100.41	100.31	100.49	100.15	100.54	100.15	100.65
Ba	735	748	705	754	667	756	634	747
Nb	14	12	13	12	15	13	15	14
Zr	234	233	239	236	236	232	234	231
Y	34	68	42	27	27	29	24	27
Sr	145	211	124	225	112	179	98	179
Rb	226	238	233	237	224	247	227	246
Zn	33	19	54	22	29	22	36	20
Cu	6	5	7	5	6	6	15	6
Ni	14	8	37	9	10	8	15	9
Co	18	45	19	23	41	33	14	36
Cr	12	8	10	9	13	10	8	9
V	16	21	11	21	14	18	12	16



Tabelle I: Haupt- und Spurenelementgehalte in Gew.-% bzw. ppm der Eruptivgesteine vom Kuhkopf (EN, EA, EK) und Donnersberg (DO).

	EN-09	EN-010	EN-011	EN-012	EN-013	EA-1	EA-2	EA-3
SiO <sub>2</sub>	65.88	67.87	66.04	64.96	67.30	66.32	66.80	65.83
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.13	0.16	0.15	0.14	0.16	0.17	0.15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.87	15.69	15.81	15.65	15.13	16.16	15.97	16.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.40	3.06	4.39	5.07	4.08	3.64	3.99	4.16
FeO	0.08	0.08	0.05	0.06	0.07	0.12	0.13	0.14
MnO	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
MgO	0.33	0.22	0.49	0.42	0.21	0.22	0.32	0.52
CaO	0.32	0.18	0.38	0.28	0.20	0.24	0.26	0.29
Na <sub>2</sub> O	0.92	0.61	0.94	0.66	0.41	1.01	0.97	1.02
K <sub>2</sub> O	9.65	10.49	8.76	9.72	10.75	11.61	10.92	9.58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.09	0.07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.74	1.65	2.25	1.73	1.24	0.87	1.17	1.80
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.79	0.62	1.00	1.53	1.01	0.22	0.25	0.42
CO <sub>2</sub>	0.02	0.00	0.02	0.06	0.04	0.00	0.00	0.02
Summe	100.25	100.69	100.38	100.38	100.67	100.66	101.06	100.06
Ba	769	656	794	602	421	872	974	914
Nb	12	12	13	13	15	14	14	13
Zr	234	218	233	234	229	241	240	242
Y	30	29	48	37	23	43	56	33
Sr	212	158	211	128	94	194	197	202
Rb	249	240	261	256	186	238	235	245
Zn	26	18	26	23	18	17	22	34
Cu	7	5	7	6	4	3	3	6
Ni	9	8	12	11	7	8	8	12
Co	20	34	23	25	43	50	33	23
Cr	8	7	10	11	15	12	8	11
V	19	16	18	22	15	15	17	19

Tabelle I: Haupt- und Spurenelementgehalte in Gew.-% bzw. ppm der Eruptivgesteine vom Kuhkopf (EN, EA, EK) und Donnersberg (DO).

	EA-4	EA-5	EA-6	EA-7	EA-8	EA-9	EA-10	EK-1
SiO <sub>2</sub>	65.76	65.73	67.36	66.72	67.41	66.81	67.16	66.60
TiO <sub>2</sub>	0.15	0.17	0.14	0.16	0.15	0.15	0.15	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.01	16.14	15.83	16.05	16.25	16.31	16.25	16.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.25	3.87	3.03	3.44	2.79	3.12	2.78	3.51
FeO	0.13	0.15	0.14	0.12	0.12	0.24	0.23	0.13
MnO	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
MgO	0.50	0.59	0.30	0.20	0.18	0.16	0.18	0.47
CaO	0.28	0.30	0.22	0.25	0.21	0.18	0.21	0.19
Na <sub>2</sub> O	1.05	1.09	0.74	1.02	0.81	0.71	0.77	0.95
K <sub>2</sub> O	9.52	9.61	10.91	11.35	11.21	10.94	10.82	9.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.79	1.71	1.27	0.87	1.03	1.32	1.35	1.98
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.48	0.50	0.49	0.19	0.29	0.38	0.55	0.68
CO <sub>2</sub>	0.00	0.02	0.00	0.02	0.04	0.06	0.00	0.00
Summe	100.02	99.98	100.51	100.48	100.57	100.46	100.53	100.11
Ba	914	987	682	819	703	645	681	878
Nb	13	13	14	13	14	14	14	12
Zr	243	246	234	237	241	246	248	238
Y	32	29	45	27	29	30	30	27
Sr	202	204	157	189	152	168	168	235
Rb	246	242	227	231	230	222	227	249
Zn	33	40	17	17	13	13	14	38
Cu	6	4	3	3	3	3	3	8
Ni	14	15	9	8	7	7	9	7
Co	22	19	29	37	30	37	37	32
Cr	8	7	13	11	14	13	12	16
V	18	18	18	15	15	15	16	24

Tabelle I: Haupt- und Spurenelementgehalte in Gew.-% bzw. ppm der Eruptivgesteine vom Kuhkopf (EN, EA, EK) und Donnersberg (DO).

	EK-2	EK-3	EK-4	EK-5	EK-6	EK-7	EK-8	EK-9
SiO <sub>2</sub>	66.27	66.94	65.97	66.55	66.86	66.75	66.88	66.70
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.16	0.17	0.16	0.17	0.15	0.17	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.36	16.22	16.21	16.20	16.15	16.15	16.35	16.37
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.40	3.15	3.66	3.23	3.30	3.39	3.45	3.35
FeO	0.28	0.24	0.22	0.24	0.24	0.27	0.23	0.26
MnO	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
MgO	0.51	0.36	0.55	0.55	0.43	0.47	0.42	0.43
CaO	0.19	0.20	0.20	0.20	0.20	0.19	0.18	0.18
Na <sub>2</sub> O	0.96	0.97	0.94	1.02	0.96	0.99	0.98	0.96
K <sub>2</sub> O	9.05	9.57	9.01	8.95	9.68	9.34	9.49	9.49
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.08	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	2.25	1.62	2.02	2.05	1.64	1.87	1.72	1.64
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.55	0.41	1.00	0.86	0.76	0.54	0.57	0.61
CO <sub>2</sub>	0.00	0.06	0.04	0.00	0.00	0.02	0.08	0.06
Summe	100.08	100.00	100.11	100.12	100.50	100.23	100.62	100.32
Ba	869	894	877	883	861	850	858	872
Nb	11	12	12	11	12	12	11	12
Zr	238	237	239	241	241	232	238	242
Y	26	24	101	28	51	28	28	32
Sr	260	225	261	265	248	225	226	232
Rb	250	254	249	250	249	248	245	246
Zn	30	19	34	28	27	28	25	25
Cu	10	9	12	11	9	10	8	7
Ni	9	6	11	6	6	6	6	5
Co	23	30	25	26	22	22	22	22
Cr	17	22	8	8	7	8	7	7
V	17	20	16	12	19	20	19	21

Tabelle I: Haupt- und Spurenelementgehalte in Gew.-%  
bzw. in ppm der Eruptivgesteine vom  
Kuhkopf (EN, EA, EK) und Donnersberg (DO).

	EK-10	DO-SF1	DO-TU2	DO-KS1
SiO <sub>2</sub>	66.57	74.96	74.82	75.17
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.07	0.08	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.19	13.65	13.79	13.98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.57	0.47	0.62	0.58
FeO	0.24	0.18	0.21	0.27
MnO	0.02	0.01	0.02	0.04
MgO	0.48	0.42	0.41	0.15
CaO	0.18	0.17	0.53	1.00
Na <sub>2</sub> O	0.90	1.16	3.00	3.76
K <sub>2</sub> O	9.38	8.02	5.50	4.80
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.03	0.03	0.03
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.81	1.21	1.29	0.44
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.65	0.32	0.32	0.15
CO <sub>2</sub>	0.07	0.06	0.00	0.00
Summe	100.31	100.73	100.62	100.45
Ba	817	119	162	149
Nb	12	19	22	19
Zr	239	10	37	40
Y	54	7	11	9
Sr	240	86	96	118
Rb	245	293	275	258
Zn	34	9	19	13
Cu	8	1	1	2
Ni	6	0	0	0
Co	21	91	68	109
Cr	5	11	10	9
V	16	13	5	3

Tabelle II: Hauptelementgehalte in Gew.-% der Eruptivgesteine vom Lemberg (LB).

	LB-T	LB-SW	LB-WE1	LB-WE2	LB-WE3	LB-WE4	LB-WE5	LB-WE6
SiO <sub>2</sub>	66.45	64.05	66.83	70.82	70.20	66.30	61.57	63.64
TiO <sub>2</sub>	0.58	0.62	0.47	0.36	0.39	0.60	0.86	0.71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.48	15.27	15.15	14.61	14.98	15.83	16.21	15.98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.83	1.61	1.44	1.69	1.81	1.78	2.16	2.20
FeO	2.09	2.36	1.82	0.29	0.30	2.10	2.81	2.22
MnO	0.09	0.08	0.07	0.02	0.02	0.08	0.11	0.09
MgO	1.22	1.93	1.10	0.24	0.24	1.20	1.86	1.52
CaO	3.75	2.35	3.03	1.63	1.87	3.56	4.04	3.70
Na <sub>2</sub> O	3.87	4.02	3.90	4.00	3.87	3.83	4.37	4.05
K <sub>2</sub> O	3.72	4.00	4.03	4.47	4.71	3.81	3.43	3.58
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.23	0.18	0.16	0.13	0.19	0.29	0.06
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.43	1.98	1.15	0.77	0.71	0.34	1.64	1.61
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.18	0.58	0.84	0.46	0.47	0.16	0.46	0.42
CO <sub>2</sub>	0.04	0.69	0.02	0.04	0.00	0.04	0.04	0.06
Summe	100.14	99.77	100.03	99.56	99.70	99.82	99.85	99.84

	LB-WE7	LB-W1	LB-E2	LB-O1	LB-O2	LB-O3	LB-O4	LB-O5
SiO <sub>2</sub>	66.50	67.20	68.31	64.16	64.15	68.21	69.08	69.09
TiO <sub>2</sub>	0.63	0.59	0.37	0.67	0.68	0.39	0.38	0.37
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.50	15.75	14.31	15.59	15.60	14.60	14.55	14.47
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.48	1.43	1.03	1.77	1.58	2.11	2.44	2.43
FeO	2.20	2.18	1.27	2.40	2.72	0.49	0.12	0.13
MnO	0.09	0.08	0.06	0.09	0.08	0.04	0.05	0.08
MgO	1.49	1.38	0.29	2.18	2.35	0.50	0.70	0.87
CaO	3.59	3.42	2.99	4.01	3.90	2.39	1.22	1.28
Na <sub>2</sub> O	3.78	3.95	3.43	3.77	3.84	3.67	4.62	3.96
K <sub>2</sub> O	3.42	3.69	4.80	3.41	3.53	4.68	4.57	4.57
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.21	0.12	0.21	0.22	0.12	0.14	0.12
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.59	0.32	1.02	0.92	0.90	1.22	0.95	1.54
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.25	0.13	0.76	0.74	0.65	0.93	1.24	1.42
CO <sub>2</sub>	0.00	0.00	1.52	0.16	0.00	0.82	0.18	0.00
Summe	99.72	100.33	100.28	100.08	100.20	100.17	100.24	100.33

Tabelle II: Hauptelementgehalte in Gew.-% der  
Eruptivgesteine vom Lemberg (LB).

	Q240	Q241	Q242
SiO <sub>2</sub>	64.19	69.73	66.70
TiO <sub>2</sub>	0.69	0.37	0.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.74	14.81	15.61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.62	2.13	1.79
FeO	1.16	0.27	2.11
MnO	0.08	0.04	0.08
MgO	1.59	0.41	1.38
CaO	1.38	1.05	3.35
Na <sub>2</sub> O	4.45	4.89	3.96
K <sub>2</sub> O	3.39	4.31	4.00
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.23	0.15	0.19
GV	3.16	1.91	0.09
Total	99.68	100.07	99.86

Tabelle III: Haupt- und Spurenelementgehalte in Gew.-% bzw. ppm von Palatiniten und Apliten aus dem Palatinit-Steinbruch der "Wolfsmühle" (WM) und Rauschermühle (RM).

	WM-M9	WM-M10	WM-M11	WM-M12	WM-M13	WM-M14	WM-M15	WM1
SiO <sub>2</sub>	73.91	70.42	74.65	73.72	60.17	64.74	66.97	54.42
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.50	0.25	0.26	1.46	1.04	0.60	0.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.60	12.70	12.28	12.43	14.73	12.98	13.32	16.71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.84	1.36	0.54	0.78	4.02	2.69	1.88	3.04
FeO	0.60	1.43	0.73	0.67	2.75	2.20	1.60	4.02
MnO	0.03	0.06	0.03	0.04	0.11	0.09	0.07	0.12
MgO	0.61	1.24	0.59	0.72	2.17	1.90	1.28	6.09
CaO	0.65	1.61	0.72	0.62	3.19	2.51	2.19	7.61
Na <sub>2</sub> O	4.37	4.74	4.50	4.09	4.46	3.94	5.06	3.14
K <sub>2</sub> O	4.36	3.69	3.89	4.56	3.37	4.32	3.64	1.69
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.04	0.10	0.03	0.04	0.46	0.37	0.10	0.18
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.54	0.77	0.66	0.74	1.14	1.14	0.90	1.23
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	1.00	1.07	1.01	1.35	1.10	1.77	1.11	0.75
CO <sub>2</sub>	0.23	0.30	0.23	0.10	0.32	0.40	0.92	0.14
Summe	100.07	99.99	100.11	100.12	99.45	100.09	99.64	100.22
Ba	318	303	282	339	605	502	385	491
Nb	16	16	16	16	10	16	17	4
Zr	586	442	593	558	290	391	437	141
Y	35	47	37	37	49	52	46	26
Sr	61	81	57	65	406	190	117	412
Rb	171	142	148	180	157	191	147	67
Zn	17	38	17	16	83	62	46	68
Cu	9	12	7	6	47	35	13	44
Ni	4	7	3	3	13	12	4	95
Co	31	32	32	43	35	47	30	68
Cr	4	10	5	5	10	8	3	239
V	10	46	11	13	154	153	36	158

Tabelle III: Haupt- und Spurenelementgehalte in Gew.-% bzw. ppm von Palatiniten und Apliten aus dem Palatinit-Steinbruch der "Wolfsmühle" (WM) und Rauschermühle (RM).

	WM2	WM7	RM1	RM3	RM4	RM6	RM7
SiO <sub>2</sub>	54.80	63.19	53.69	54.38	54.32	53.61	54.15
TiO <sub>2</sub>	0.86	0.55	0.86	0.76	0.77	0.84	0.81
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.37	12.95	19.97	20.62	20.05	19.66	19.96
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.87	1.31	2.91	2.44	2.64	3.03	2.83
FeO	3.43	1.65	2.41	2.78	2.79	2.76	2.78
MnO	0.12	0.22	0.11	0.09	0.10	0.10	0.10
MgO	5.64	0.86	3.58	3.83	3.93	4.53	4.13
CaO	8.43	7.85	7.97	8.94	8.59	7.99	8.76
Na <sub>2</sub> O	3.21	7.35	4.65	3.82	4.01	3.79	3.88
K <sub>2</sub> O	1.63	2.19	1.56	1.23	1.26	1.64	1.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.15	0.15
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.43	1.30	1.76	1.40	1.56	1.70	1.54
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.67	0.23	0.71	0.49	0.54	0.72	0.50
CO <sub>2</sub>	0.08	0.31	0.15	0.06	0.08	0.02	0.02
Summe	100.71	100.12	100.49	100.99	100.78	100.54	100.82
Ba	692	157	322	300	294	333	280
Nb	3	15	0	1	0	1	1
Zr	119	427	112	104	114	108	107
Y	24	42	22	20	21	21	20
Sr	438	74	502	474	479	485	473
Rb	62	77	64	46	49	64	45
Zn	64	33	52	53	56	55	56
Cu	37	16	34	32	32	31	35
Ni	70	15	37	38	39	49	40
Co	53	17	47	64	39	44	39
Cr	186	15	190	169	170	157	176
V	165	51	130	121	126	125	131



Tabelle IV: Literaturanalysen von Apliten aus dem Saar-Nahe-Gebiet in Gew.-% nach REIS & AMMON (1910), JUNG (1967), EMMERMANN & BOR (1974) und URBAN (1981).

	REIS & AMMON JB	JUNG WM10510	KB10725	KB10601	NK20230	NK20236
SiO <sub>2</sub>	73.00	74.44	67.98	67.49	71.22	73.58
TiO <sub>2</sub>	0.58	0.04	0.06	0.09	0.71	0.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.02	12.93	15.23	11.96	13.58	15.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.52	0.53	1.87	5.07	2.36	0.41
FeO	0.91	1.13	1.99	1.02	0.90	0.00
MnO	0.00	0.04	0.09	0.04	0.29	
MgO	0.35	0.51	0.98	2.00	0.24	0.17
CaO	0.40	1.34	1.46	2.10	0.35	0.11
Na <sub>2</sub> O	3.82	4.50	5.00	2.10	3.58	3.61
K <sub>2</sub> O	4.42	4.09	3.66	6.42	6.48	6.66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.04	0.11	0.02	0.10	0.00
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>		0.41	0.68	0.71		
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>		0.25	0.77	0.74		
CO <sub>2</sub>	0.00	0.12	0.53	1.09		
GV	0.62				0.82	0.22
Summe	100.64	100.37	100.41	100.85	100.63	100.17

H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>frei, FeO<sub>ges.</sub>

SiO <sub>2</sub>	73.09	74.79	69.19	69.01	71.52	73.65
TiO <sub>2</sub>	0.58	0.04	0.06	0.09	0.71	0.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.04	12.99	15.50	12.23	13.64	15.22
FeO <sub>ges.</sub>	2.28	1.61	3.74	5.71	3.04	0.37
MnO	0.00	0.04	0.09	0.04	0.29	
MgO	0.35	0.51	1.00	2.04	0.24	0.17
CaO	0.40	1.35	1.49	2.15	0.35	0.11
Na <sub>2</sub> O	3.83	4.52	5.09	2.15	3.60	3.61
K <sub>2</sub> O	4.43	4.11	3.73	6.56	6.51	6.67
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.04	0.11	0.02	0.10	0.00
Summe	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabelle IV: Literaturanalysen von Apliten aus dem Saar-Nahe-Gebiet in Gew.-% nach REIS & AMMON (1910), JUNG (1967), EMMERMANN & BOR (1974) und URBAN (1984).

	JUNG			EMMERMANN & BOR	URBAN		
	NK20235	NK10541	MS20225	JB	GF1a	GF2a	WM6a
SiO <sub>2</sub>	73.00	69.68	69.11	72.02	70.16	70.23	77.43
TiO <sub>2</sub>	0.58	0.09	0.00	0.45	0.32	0.29	0.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.02	14.54	12.41	10.52	12.39	10.62	10.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.51	0.75	7.46	1.34	1.17	1.95	1.73
FeO	0.91	1.45		1.60	1.08	0.00	0.00
MnO	0.00	0.03	0.00	0.04	0.12	0.22	0.03
MgO	0.35	0.67	0.00	3.43	0.95	0.35	0.61
CaO	0.40	1.90	1.72	0.42	2.11	4.48	0.65
Na <sub>2</sub> O	3.85	4.59	4.18	4.67	3.16	3.65	3.07
K <sub>2</sub> O	4.42	4.54	4.66	2.89	5.20	4.79	4.21
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.06	0.00	0.05	0.03	0.00	0.02
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.62	0.81	0.37	0.59			
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>		0.23					
H <sub>2</sub> O <sub>ges.</sub>					1.10	0.65	1.10
CO <sub>2</sub>		1.17		2.00	1.94	2.08	0.38
S					0.00	0.35	0.14
Summe	100.66	100.51	99.91	100.02	99.73	99.66	99.87

H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-frei, FeO<sub>ges.</sub>

SiO <sub>2</sub>	73.08	70.96	69.96	74.02	72.67	72.86	78.96
TiO <sub>2</sub>	0.58	0.09	0.00	0.46	0.33	0.30	0.24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.04	14.80	12.56	10.81	12.83	11.02	10.46
FeO <sub>ges.</sub>	2.27	2.16	6.79	2.88	2.21	1.82	1.59
MnO	0.00	0.03	0.00	0.04	0.12	0.23	0.03
MgO	0.35	0.68	0.00	3.53	0.98	0.36	0.62
CaO	0.40	1.93	1.74	0.43	2.18	4.65	0.66
Na <sub>2</sub> O	3.85	4.67	4.23	4.80	3.27	3.79	3.13
K <sub>2</sub> O	4.42	4.62	4.72	2.97	5.38	4.97	4.29
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.00	0.06	0.00	0.46	0.03	0.00	0.02
Summe	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Tabelle IV: Literaturanalysen von Apliten aus dem Saar-Nahe-Gebiet in Gew.-% nach REIS & AMMON (1910), JUNG (1967), EMMERMANN & BOR (1974) und URBAN (1984).

	URBAN KB7a	KB10a	KB11a	KB14a	JB16a	JB17a	JB18a
SiO <sub>2</sub>	71.60	71.03	73.44	72.80	72.81	70.45	71.40
TiO <sub>2</sub>	0.47	0.45	0.45	0.41	0.36	0.56	0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.32	11.34	11.13	10.21	12.26	12.84	13.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.45	2.73	2.19	2.83	1.52	1.64	2.02
FeO		0.43	0.72	0.14	0.00	0.43	0.00
MnO	0.05	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02
MgO	0.51	0.68	0.65	0.68	0.68	0.76	0.80
CaO	1.97	2.72	1.35	1.89	1.35	1.51	0.92
Na <sub>2</sub> O	5.28	6.09	4.02	2.53	2.93	4.08	3.36
K <sub>2</sub> O	2.86	1.88	3.76	5.57	5.93	4.85	5.78
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.01	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>							
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>							
H <sub>2</sub> O <sub>ges.</sub>	1.47	0.88	0.80	1.43	0.91	1.47	1.52
CO <sub>2</sub>	0.65	1.45	1.17	1.30	0.68	1.11	0.28
S			0.01		0.00	0.01	0.00
Summe	99.65	99.75	99.77	99.88	99.49	99.77	99.62

H<sub>2</sub>O- und CO<sub>2</sub>-frei, FeO<sub>ges.</sub>

SiO <sub>2</sub>	73.69	73.12	75.27	75.17	74.48	72.62	73.15
TiO <sub>2</sub>	0.48	0.46	0.46	0.42	0.37	0.58	0.34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.65	11.67	11.41	10.54	12.54	13.23	13.47
FeO <sub>ges.</sub>	3.19	2.97	2.76	2.77	1.40	1.96	1.86
MnO	0.05	0.06	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02
MgO	0.52	0.70	0.67	0.70	0.70	0.78	0.82
CaO	2.03	2.80	1.38	1.95	1.38	1.56	0.94
Na <sub>2</sub> O	5.43	6.27	4.12	2.61	3.00	4.21	3.44
K <sub>2</sub> O	2.94	1.94	3.85	5.75	6.07	5.00	5.92
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02	0.01	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
Summe	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00