

Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse
vom 10. Mai 1951

Sonderabdruck aus dem Anzeiger der math.-naturw. Klasse der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1951, Nr. 8

(Seite 205 bis 215)

Das wirkl. Mitglied Machatschki übersendet eine kurze Mitteilung, und zwar:

„Eine neue Methode der Berechnung und graphischen Darstellung von Gesteinsanalysen auf kristalchemischer Grundlage.“ Von Alexander Köhler und Franz Raaz.

Die bisher üblichen Berechnungsweisen von Gesteinsanalysen zur graphischen Darstellung im Konzentrationstetraeder nach P. Niggli, sowie auch die früheren Darstellungsarten nach A. Osann oder F. Becke im gleichseitigen, bzw. gleichschenkeligen Dreieck haben trotz mancherlei Vorzügen — besonders den der universellen Anwendbarkeit des Niggli'schen Verfahrens — doch nicht in jeder Hinsicht voll befriedigt. Das betrifft die graphische Sonderung der petrogenetisch verschiedenen Gesteinstypen, die nicht immer mit jener Deutlichkeit zum Ausdruck kommt, die vom petrologischen Standpunkt aus erwünscht wäre. Es müßte einerseits eine schärfere Absonderung der Orthogesteine von den Paragesteinen und den hybriden Zwischentypen im Projektionsbilde erreicht werden, anderseits die Herausarbeitung der Verhältnisse im Falle von Alkalizufuhr, also bei den sogenannten Granitisationserscheinungen gelingen. Auch die Trennung von pazifischer und atlantischer Reihe könnte schärfer sein. Dies soll durch den hier vorgelegten Versuch angestrebt werden, auf kristalchemischer Grundlage ein neues Berechnungsverfahren zu bieten.

Der eine Grundgedanke, der den hier vorgeschlagenen neuen Weg zur Berechnung und Darstellung von Gesteinsanalysen beherrscht, besteht darin, daß nicht — wie dies bei Osann und

Niggli der Fall ist — die Molekularquotienten der Oxyde für die Stoffgruppendarstellung verwendet werden, sondern — entsprechend den jetzt geltenden kristallchemischen Vorstellungen von der gegenseitigen Substitution von Atomen (bzw. Ionen) im Kristallgitter — die Metallatomzahlen die Grundlage zu bilden haben¹. Dementsprechend sind dann die Molekularzahlen bei Oxyden, wie Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , K_2O . . . , mit 2 zu multiplizieren, während sie bei SiO_2 , CaO , MgO , FeO , TiO_2 . . . in ihren ursprünglichen Relationen erhalten bleiben.

Der zweite Grundgedanke betrifft die prinzipiell andersartige Zusammenfassung der Atomzahlen zu Stoffgruppen. Ausgehend von den Vorstellungen der Silikatstrukturchemie kommt dem (Si, Al)-Tetraederbau der Silikatminerale die primäre Bedeutung zu. Damit aber wird die Rolle, die das Si und Al bei der Berechnung zu spielen hat, eine grundsätzlich andere sein als bisher.

Was das Silizium betrifft, muß unterschieden werden, in welchem Ausmaß es im elektronegativ aufgeladenen Tetraederverbände zur Abbindung von Kationen in den Silikatmineralien verbraucht ist, oder inwieweit es zur Bildung freien Quarzes noch zur Verfügung steht. Nennen wir die Gesamtzahl der Si-Atome, die die Analysenberechnung liefert, si , dann wird die Anzahl der in den Silikaten gebundenen Si-Atome mit si' zu bezeichnen sein. Dabei ist als Norm angenommen, daß die Atome der Alkalimetalle (K, Na, Rb und Cs) — entsprechend der Orthoklas- und Albit-Zusammensetzung — je drei Si-Atome binden, die in den Feldspaten vorhandenen Ca-Atome (ebenso das Ba und Sr) — entsprechend der Anorthitformel — je zwei Si-Atome verlangen, und schließlich die femischen Kationen Mg, Fe^{+2} , Fe^{+3} , Cr, Mn, Zr, Ti einschließlich eventuell vorhandener, nicht im Feldspat gebundener Ca-Atome durchschnittlich nur je ein Si benötigen:

$$si' = 3 \text{ alk} + 2 \text{ Feldsp.-Ca} + (\text{fm} + \text{Rest-Ca})$$

Ist die errechnete Anzahl der gesamten Si-Atome si größer als si' , dann ergibt sich eine positive Quarzzahl: $si - si' = +qz$. Ist hingegen die Differenz ($si - si'$) ein negativer Wert, so bedeutet

¹ Metallatomzahlen verwendet übrigens (in Anlehnung an H. Rosenbusch) auch F. Becke in seinem Si—U—L-Dreieck und im modifizierten Osannschen Dreieck $A_2 C_2 F_2$. (Denkschriften d. Akad. Wiss. Wien, 75. Bd., 1913), ohne die Vorstellungswelt der kristallchemischen Konfigurationen damals ahnen zu können.

dies, daß niedriger silifizierte Verbindungen vorliegen, als es obige Berechnungsnorm angibt; demnach zeigt eine negative Quarzzahl —qz in ihrer absoluten Größe an, in welchem Maße die vorliegenden Verbindungen gegenüber der Norm der durchschnittlichen Silifizierung zurückbleiben. Mithin wird letztere Bindungs-, „Norm“ als dem Durchschnittswerte des Silikat-aufbaues entsprechend für die anzustrebende Charakterisierung des Gesteins außer Betracht bleiben können, hingegen der sich ergebende Überschuß, bzw. Mangel an Si-Atomen — durch +qz oder —qz zum Ausdruck gebracht — von integrierendem Interesse werden.

Diese „Quarzzahlen“ werden den einen Eckpunkt in unserem Konzentrationsdreieck besetzen (bzw. im Doppeldreieck die korrespondierenden positiven und negativen Eckpunkte zugewiesen erhalten).

Das Silizium — soweit es den Si-Tetraederverband der Silikate ausmacht — wird bei unserer Berechnungsart in der graphischen Darstellung nicht zum Ausdruck kommen. Das Analoge gilt für die das Si ersetzenden Al-Atome.

Die Doppelrolle, die das Al beim Aufbau der Silikate spielt, muß im Sinne unserer kristallchemischen Betrachtungsart herausgearbeitet werden. In der Gerüststruktur von (SiO_4) -Tetraedern bei den Feldspaten wäre ein Einbau von Kationen (K, Na, Ca) gar nicht denkbar, würde nicht die Substitution von Si^{+4} durch Al^{+3} im Tetraedergerüst die entsprechenden negativen Valenzen freimachen. Diese zum Tetraederbau der Gerüststruktur der Feldspate gehörenden Al-Atome — wie überhaupt alle im Tetraederverband der verschiedenartigen Silikattypen auftretenden Al-Atome — sind als eine für den Silikatbau selbstverständliche, weil konstitutionelle Grundlage in der graphischen Darstellung für die Eckpunkt-komponenten genau so außer Betracht zu lassen wie die in Silikaten gebundenen Si-Atome bezüglich des qz-Punktes.

Als zweiter Eckpunkt im Konzentrationsdreieck figuriert alsdann der Feldspatpunkt F, gegeben durch die an Tonerde gebundenen Atome der Alkalien und des Calciums.

Der dritte Eckpunkt — fm bezeichnet — wird die femischen Kationen Mg, Fe^{+2} , Fe^{+3} , Cr, Mn, Zr, ferner Ti sowie das Rest-Ca, mineralmäßig also die dunklen Gemengteile, repräsentieren.

Zur graphischen Darstellung wird nun ein Doppeldreieck benutzt, gebildet aus zwei gleichseitigen Dreiecken, die — an der

vertikal gestellten Grundlinie zusammenhängend — somit einen Rhombus ergeben (s. Abb. 1). Der linke Eckpunkt repräsentiert die $+qz$ -Zahl, der rechte Eckpunkt die $-qz$ -Zahl. Theoretisch sollte jedes Teildreieck ein gleichseitiges sein, wie das beim Osannschen Dreieck der Fall ist. Aus Zweckmäßigkeitsgründen jedoch — um eine bequeme Eintragung unter Benützung gewöhnlichen Millimeterpapiers zu ermöglichen — wird, wie bei F. Becke im modifizierten Osannschen Dreieck mit den Eckpunktgrößen a_0 , c_0 , f_0 . (Denkschr. d. Akad. Wiss. Wien, 75. Bd., 1913, p. 213), ein leichtverzerrtes, gleichschenkeliges Dreieck verwendet, dessen horizontal liegende Höhe mit der vertikal gestellten Grundlinie gleich lang (z. B. 10 cm) ist. Dadurch sind die Dreieckschenkel gegenüber dem idealen Fall eines gleichseitigen Dreiecks um zirka 12% gestreckt. In unserem Rhombus ist die horizontale Diagonale, gebildet aus den Höhen der beiden Dreiecke, die Abszisse für unsere Eintragungen, die vertikale Diagonale die Ordinate. Auf der Abszisse werden die Werte $+qz$ vom Schnittpunkt der Diagonalen (dem Nullpunkt) nach links aufgetragen, wobei die 10 cm als 100 Einheiten gelten; die $-qz$ -Werte werden analog vom Nullpunkt aus nach rechts hin aufgetragen.

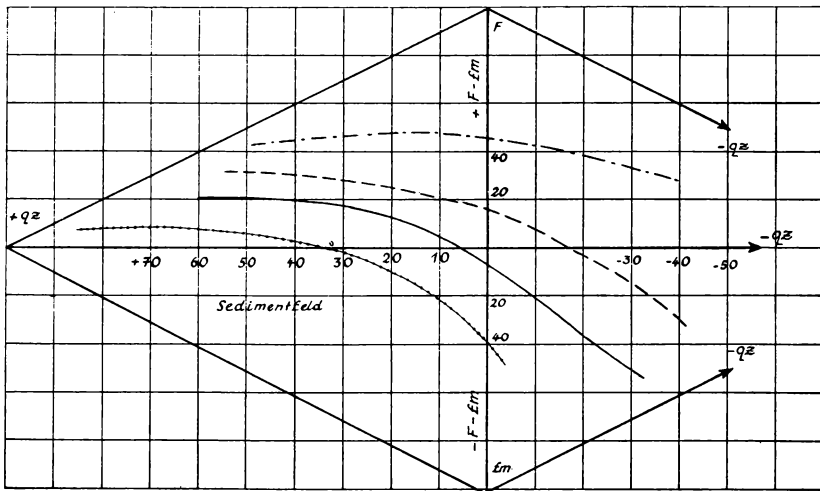


Abb. 1

Nach dem Prinzip der graphischen Darstellung von drei Komponenten im (gleichseitigen) Dreieck muß die Summe der

Eckpunktgrößen eine Konstante sein; sie sei bei uns 100. Also $qz + F + fm = 100$; dabei wird natürlich die Quarzzahl — gleichgültig ob positiv oder negativ — als Absolutwert genommen. Da von den drei Eckpunktgrößen bereits zwei zur Festlegung des darstellenden Punktes genügen, kann die Eintragung auch nach dem Vorgang wie bei rechtwinkligen Koordinaten erfolgen. Die Abszisse, und zwar die Höhe des Einzeldreiecks, ist in 10 Teile unterteilt, die Gesamtordinate (vertikal stehende Grundlinie des Dreiecks) ebenfalls in 10 Teile; somit der positive und negative Ast der Ordinate nur in je 5 solche Teile, die aber als 10 Einheiten — also doppelt gerechnet werden.

Man kann zu jeder Abszisse (Größenwert qz) die zugehörige Ordinate und damit den darstellenden Punkt im Konzentrationsdreieck finden, indem man den Differenzbetrag der andern beiden, auf der Ordinate liegenden Eckpunktgrößen bildet — der obere Eckpunkt sei F , der untere fm — also $(F - fm)$ berechnet und diesen Wert, je nachdem ob er positiv oder negativ ist, vom Nullpunkt aus nach oben oder unten aufträgt. Diese Methode führt zum selben Ziel einer einwandfreien Eintragung der Analysenpunkte, wie der Vorgang der Zählung als Abstand von der jedem Eckpunkt gegenüberliegenden Grundlinie.

Diese Art der Eintragung des Analysenpunktes im Konzentrationsdreieck durch Auftragung eines Abszissen- und eines Ordinatenwertes ist aber nur dann unverfälscht richtig, wenn das benützte Dreieck tatsächlich ein gleichseitiges war.

Um jedoch den Einteilungsmaßstab auf der Abszisse und auf der Ordinate gleich zu gestalten (cm -, bzw. mm -Einteilung) — statt im Verhältnis von Höhenlänge zur Grundlinie eines gleichseitigen Dreiecks —, sind wir (nach F. Becke) zum nur wenig verzerrten gleichschenkeligen Dreieck übergegangen, das wir in Form eines Doppeldreiecks (Rhombus) benützen. Dadurch ist eine bequeme Eintragung auf der Abszisse und Ordinate auf Millimeterpapier ermöglicht. Freilich stellt sich jetzt eine entsprechende Verzerrung ein. Doch ist die Abweichung relativ unbedeutend und kann daher in Kauf genommen werden, wird doch dafür der Vorteil einer besonders einfachen Eintragung gewonnen.

Wie wir im Prinzip die Metallatomzahlen zu drei Stoffgruppen zusammenfassen, ist schon oben auseinandergesetzt worden. Jetzt wäre nur noch erforderlich, auf gewisse, meist untergeordnet auftretende Bestandteile hinzuweisen und deren Behandlung beim Rechnungsvorgang zu erläutern.

Ist Schwefel in der Analyse vorhanden, so wird dieser als Magnetkies FeS verrechnet, d. h. also: die (mit den S-Atomen gleiche) Anzahl von Fe⁺²-Atomen wird für die Silifizierung unberücksichtigt gelassen; jedoch werden die nämlichen Fe-Atome der Eckpunktgröße fm zugeschlagen.

Vorhandensein von Phosphor wird als Apatit berücksichtigt. Entsprechend seiner Formel Ca₅(F, OH, Cl)/(PO₄)₃ werden an Ca-Atomen fünf Drittel der vorhandenen P-Atome benötigt. Diese Anzahl muß also von den durch die Analyse nachgewiesenen Ca-Atomen in Abzug gebracht werden, da sie ja nicht in die Silikate eingeht. Der Apatit selbst wird jedoch außer Betracht gelassen, also auch die in Abzug gebrachten Ca-Atome.

Im Falle von CO₂-Gehalt: Ist Kohlensäure in größerer Menge vorhanden, handelt es sich also um ein ausgesprochen Carbonat-führendes Gestein, dann muß das dem CO₂-Gehalt entsprechende Ca als femisches Kation gerechnet werden; selbstverständlich darf dieser Ca-Anteil nicht (mit den übrigen femischen Kationen) silifiziert werden. Ist hingegen CO₂ nur in geringfügiger Menge in der Analyse aufscheinend, kann also angenommen werden, daß das Carbonat durch Zersetzung des Plagioklases entstanden ist, dann ist es wohl richtig, den CO₂-Gehalt einfach zu vernachlässigen. Ein in der Analyse aufscheinender H₂O-Gehalt wird nicht berücksichtigt.

Vorhandenes Barium, das (wie das Feldspat-Ca) mit 2 Si zu silifizieren war, wird der Eckpunktgröße F zugewiesen.

Lithium wird zu den femischen Kationen gestellt und mit ihnen silifiziert, da es hauptsächlich in die Glimmer eingeht und nicht mit den Alkalien in die Feldspate.

Die Rolle, die das Titan spielt, ist eine ungleichartige. Es könnte Rutil TiO₂, Ilmenit FeTiO₃ oder aber Titanit CaTi[O/SiO₄] gebildet worden sein. In letzterem Falle figuriert das Ti als femisches Kation II. Art, genau so wie beim möglichen Eintritt in die Hornblenden und Pyroxene. Jedenfalls ist in allen diesen Fällen der Vorgang berechtigt, das Ti zur Gänze als femisches Kation zu behandeln.

Freilich sollte, falls das Gestein wirklich Titanit führt, auch das entsprechende Ca vom übrigen abgezweigt und zu den femischen Kationen geschlagen werden, wohin es sonst nur als Rest-Ca im Falle von Tonerdemangel gelangen würde. Zu weitgehende Differenzierung erscheint jedoch unzumutbar, zumal aus der vorliegenden Analyse allein kaum ein zuverlässiger Schluß auf die speziellere Mineralverteilung im Gestein gezogen

werden kann. So muß also angestrebt werden, eine allgemein gültige Berechnungsnorm zu entwickeln, die durchgehends anwendbar erscheint und Gleichmäßigkeit für die graphische Darstellung verbürgt.

Für die Durchführung der Berechnung der Analysenörter sind mehrere Fälle zu unterscheiden:

$$\text{I. } (\text{alk} + 2c) > \text{al} \geq \text{alk}$$

$$\text{II. } (\text{alk} + 2c) > \text{al} < \text{alk}$$

$$\text{III. } (\text{alk} + 2c) \cong \text{al}$$

Fall I. $\text{alk} \leq \text{al} < (\text{alk} + 2c)$. Al ist zwar kleiner als $(\text{alk} + 2c)$, aber es ist doch noch ausreichend, um die gesamten Alkalien zu binden. Es werden also zunächst alle Alkali-Atome gebunden, eventueller Al-Rest dann zur Bindung von Ca-Atomen verwendet; das übrigbleibende Ca geht als „Rest-Calcium“ ganz normal in fm ein und wird auch mit den femischen Kationen im Verhältnis 1 : 1 silifiziert. Dies entspricht also dem Normalfall.

Fall II. Al ist nicht nur kleiner als die Summe $(\text{alk} + 2c)$, sondern auch schon kleiner als die Alkalien allein; wir haben also Alkaliüberschuß:

$$\text{alk} > \text{al} < (\text{alk} + 2c).$$

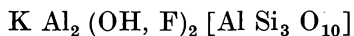
Somit geht hier einmal das gesamte Ca zu den femischen Bestandteilen. Der durch Al nicht mehr gebundene Teil der Alkalien wird in die Alkali-Pyroxene und Alkali-Hornblenden eingehen. Dieser Alkaliüberschuß ist daher bei der Silifizierung zu den femischen Kationen zu stellen und im Verhältnis 1 : 1 zu silifizieren. Für die Eckpunktgrößenbestimmung gehören jedoch diese überschüssigen Alkali-Atome nicht zum fm-Punkt. Denn die gebildeten Mineralkomponenten, z. B. Aegirin $\text{Na Fe}^{+3} [\text{Si}_2\text{O}_6]$, müssen nun quasi als „Feldspatvertreter“ aufgefaßt werden; d. h. aber: die darin enthaltenen Alkali-Atome sind ebenso zum F-Punkt zu schlagen wie die an Al gebundenen. Mithin zählt die Gesamtanzahl der Alkali-Atome für den F-Punkt. Das nämliche gilt auch für jene Fe^{+3} -Atome, die entsprechend der Aegirinformel in den Alkali-Pyroxenen gebunden sind und — dementsprechend von der Anzahl der femischen Kationen in Abzug gebracht — dem F-Punkt zugewiesen werden müssen (ziffermäßig die Zahl des Alkaliüberschusses). Bei den Alkali-Hornblenden liegen die Verhältnisse bezüglich der darin enthaltenen Fe-Atome zwar nicht so klar wie beim Aegirin, doch soll der Einheitlichkeit wegen dasselbe Berechnungsprinzip bezüglich

Zuweisung von Fe-Atomen zum F-Eckpunkt auch dort eingehalten werden.

Fall III. $al \geq (alk + 2c)$.

Ist Tonerdeüberschuß vorhanden, so wird es unberechtigt sein, das gesamte Kalium ausschließlich als Orthoklas mit je 1 Al zu binden, vielmehr müßte hier auch die Bildung der tonerdereicheren Mineralkomponente Muskovit in Betracht gezogen werden. Der nach obiger Gleichung sich ergebende Überschuß an Al-Atomen möge mit X bezeichnet werden. Diese Anzahl Al-Atome sollen zur Muskovitbildung verbraucht werden.

Im Muskovit mit der Strukturformel



ist ein Drittel der vorhandenen Al-Atome im Siliziumtetraederverband als Substituent für Si als Kation I. Art eingebaut, zwei Drittel der Al-Atome aber figurieren als Kationen II. Art. Diese — zusammen mit den K-Atomen — bilden demnach die Gesamtheit der Kationen II. Art im Glimmer ($\frac{2}{3} X$ Al-Atome + $\frac{1}{3} X$ K-Atome), ziffernmäßig im Ganzen X-Atome, die für den fm-Punkt zählen. Man könnte zwar versucht sein, die Muskovit-Mineralkomponente als hellen Gesteinsgemengteil dem F-Punkt zuzuweisen. Das würde sich jedoch für die Differenzierung der Analysenörter nicht als zweckmäßig erweisen. Es wird daher der Muskovit dem femischen Eckpunkt zugewiesen.

Das kann auch noch durch folgende Überlegung motiviert werden: Zwar sind wir von dem Sachverhalt ausgegangen, daß Al-Überschuß die Bildung von Muskovit nahelegt. Zweifellos ist aber ein Teil der K-Atome auch zur Bildung von Biotit verbraucht worden, der allerdings außer dem Al in den Tetraederschichten kein Aluminium als Kation II. Art aufnimmt. Biotit als dunkler Gemengteil — (Mg, Fe)-Glimmer — gehört logischerweise zum fm-Punkt des Konzentrationsdreiecks. Da wir keine Möglichkeit haben, die Menge an Biotit bei der Analyseberechnung als Mineralkomponente getrennt zu erfassen, erscheint es naheliegend und zulässig, die Glimmer mit ihrem Kaliumverbrauche summarisch zu behandeln und dem fm-Punkt zuzuweisen. D. h. also: Wir berechnen den Al-Verbrauch auf Grund der Muskovitzusammensetzung, sind uns aber dabei bewußt, daß außer hellem auch dunkler Glimmer gebildet worden sein wird.

Wir sprachen oben von einem Überschuß X an Al-Atomen. Durch den Umstand, daß für die Muskovitbildung Kaliumatome

im Ausmaß von $X/3$ beansprucht werden und die damit dem F-Punkt entzogen sind, ist der Überschuß des Al über die im Feldspat gebundenen Alkalien und das Anorthit-Calcium in Wirklichkeit um $X/3$ größer als ursprünglich angenommen wurde. Dieser Teil des Al-Überschusses soll als Sillimanit Al [Al Si O₅] verrechnet werden. Demzufolge beanspruchen die in diesem Silikate insgesamt auftretenden Al-Atome die halbe Anzahl an Si-Atomen. Damit erhöht sich der Wert si' der silikatmäßig gebundenen Si-Atome um $X/6$, bzw. die vorher errechnete qz-Zahl ist um $X/6$ zu vermindern. Gleichzeitig ist die fm-Größe um weitere $X/6$ zu vermehren, da noch die im Sillimanit gebundenen Al-Atome II. Art (die Hälfte von $X/3$) hinzuzurechnen sind.

Im ganzen stellt sich also der Rechnungsvorgang im Falle III folgendermaßen dar: Zuerst Berechnung von si' , bzw. der qz-Zahl. Zum fm-Punkt kommen dann nachträglich die im Muskovit als Kationen II. Art vorhandenen X-Atome (wie oben gezeigt wurde), vermehrt um die $X/6$ Al-Atome II. Art vom Sillimanit. Um den Wert $X/6$ ist die vorher berechnete +qz-Zahl zu verkleinern. Der F-Punkt war um die in den Muskovit eingehenden $X/3$ K-Atome zu vermindern. Bei der am Anfang vorzunehmenden Silifizierung werden die gesamten Alkali-Atome von vornherein im Verhältnis 1 : 3 silifiziert, ohne vorher die $X/3$ K-Atome des Muskovits in Abzug zu bringen; denn sie müßten sonst bei den Glimmern im gleichen Verhältnis silifiziert werden. Die Al-Atome II. Art benötigen ja darüber hinaus keine Si-Atome.

Damit wäre alles gesagt, was zur Eintragung des Analysenpunktes in unserem Hauptdreieck (Doppeldreieck) zu bemerken war.

Zur weiteren Verdeutlichung der Mengenverhältnisse hat sich noch ein zusätzliches Differentiationsdiagramm als zweckmäßig erwiesen, in welchem als Abszisse — ganz analog der horizontalen Rhombusdiagonale unseres Doppeldreiecks — die qz-Werte aufscheinen; die F- und fm-Werte jedoch gesondert als Ordinate aufgetragen werden, so daß beim Vergleich einer Gesteinsserie die Analysenörter in zwei getrennten Kurvenzügen in Erscheinung treten.

Wie schon bei den Dreiecksdarstellungen von F. Becke ist es auch bei unserem Projektionsverfahren vorteilhaft, gelegentlich das eine oder andere Hilfsdreieck zur Ergänzung heranzuziehen.

Das wäre einerseits das Dreieck zur Darstellung des normativen Feldspatgehaltes an Orthoklas (or), Albit (ab) und

Anorthit (an), welche Eckpunktgrößen nach den gleichen Prinzipien auf Grund der Atomzahlen an K, Na und Ca zu ermitteln sind (an als Abszisse, [ab-or] als Ordinate). Etwa vorhandenes Ba ist dabei dem or-Punkte zuzuweisen. In unserem Berechnungsfalle II, wo wegen des alk-Überschusses kein Anorthit gebildet werden kann, tritt an Stelle des an-Eckpunktes der Punkt für Aegirin (äg).

Ein zweites Hilfsdreieck könnte die femischen Kationen spezialisieren. Magnesium besetzt den einen Eckpunkt, das gesamte Eisen einschließlich Mangan den zweiten, und das Rest-Calcium den dritten.

Um nun ein Beispiel einer graphischen Darstellung zu bringen, sei auf die vereinfachte Abbildung der Projektionspunkte von Ergußgesteinen hingewiesen. Hier ist die Reihe Liparit-Andesit-Basalt bis Pikrit der pazifischen Reihe (ausgezogene Linie) dargestellt, strichliert ist die Reihe Quarztrachyt — Trachyt — Trachyandesit-Trachydolerit bis Alkalibasalt und (strichpunktirt) die Reihe von Pantellerit — Alkalitrachyt bis Phonolith. Wie ersichtlich, weichen infolge unserer Berechnungsart die einzelnen Provinzen sehr stark voneinander ab, was bei der Nigglishen und Niggli-Beckeschen Projektion weit weniger hervortritt.

An genetisch gut bekannten Gesteinen der Südböhmischen Masse wurde die empfindliche Einwirkung unserer Berechnungsweise auf das graphische Bild bei einer Assimilation tonerde-reicherer Einschlüsse in Graniten und Gneisen einerseits und bei zweifellos alkalisierten (granitisierten) Gesteinen andererseits erprobt. Dabei zeigt es sich, daß schon bei relativ geringer Aufnahme von Paragneisen die Granite, Gföhlergneise und Granulite ihren Tonerdeüberschuß erhöhen, der nach der oben geschilderten Verrechnung als Muskovit und Sillimanit ein starkes Herabrücken gegen das Sedimentfeld (punktirte Grenzlinie) im linken unteren Teil des Rhombus aufweisen, wobei z. B. Hornfelsgranulite überhaupt tief im Sedimentfeld liegen. Solche hybride saure Gesteine liegen somit stets unterhalb der pazifischen Tiefengesteine (die sich kaum wesentlich von obiger Darstellung der Ergußgesteine trennt). Noch deutlicher kommt dies zum Vorschein, wenn man, wie oben geschildert, die Werte von F und fm als Ordinaten auf qz als Abszisse aufträgt. Dann sinken die F-Werte, die fm-Werte steigen, die Projektionspunkte liegen innerhalb der Kurven F und fm bis zum Schnittpunkt beider; jenseits davon ist das Umgekehrte der Fall. Deutlich unterscheiden sich

somit hybride Gföhlergneise und Granulite und selbstverständlich die Paragneise von den reinen Orthotypen.

Wir kennen ferner aus unserem Gebiete Diorite und Amphibolite, die zum Teil durch Alkalizufuhr biotitisiert wurden und die dann das Höherrücken gegen den F-Pol im Gegensatz zu unbeeinflußt gebliebenen Amphiboliten sofort anzeigen. Weitgehend alkalisierte Amphibolite und basische Diorite werden überhaupt in titanitführende Mischgesteine von syenitischem bis monzonitischem Chemismus umgewandelt und ihre Projektionspunkte fallen auch dorthin. Bei der Darstellung im Differenziationsdiagramm sind dann die Abweichungen von F und fm von den Normalkurven genau umgekehrt wie oben.

Diese kurzen Andeutungen mögen genügen, um zu zeigen, wie hier Folgeerscheinungen der Assimilation und der Granitisation auch zahlenmäßig und graphisch darstellbar sind und Feldbeobachtungen stützen oder verneinen können. Das Motiv zur Arbeit war für uns ja, in erster Linie dem Petrographen in solchen Fragen bei seiner Deutung ein weiteres Hilfsmittel an die Hand zu geben.