Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 12 (1932)

Heft: 2

Artikel: Untersuchungen der Plagioklase einiger tertiärer Ergussgesteine Siebenbürgens (Rumänien) mittelst der Universaldrehtischmethode

Autor: Paliuc, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-13335

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Untersuchungen der Plagioklase einiger tertiärer Ergussgesteine Siebenbürgens (Rumänien) mittelst der Universaldrehtischmethode

von *G. Paliuc,* Basel-Bukarest.

Die Dazite und Andesite, deren Plagioklase in dieser Arbeit behandelt werden, stammen aus den tertiären Ergussgesteinen Siebenbürgens (Rumänien), welche am Innenrand der Ostkarpathen beträchtliche Massen bilden (Gebiet von Baia Mare, von Rodna, Călimani-Harghita-Kette) und auch im Siebenbürgischen Erzgebirge in etwas geringerer Verbreitung auftreten. Die wichtigsten Eruptionen fanden im Neogen (Lit. 1, S. 491 u. Lit. 8) statt. Ihr Material ist sehr variabel: es treten hauptsächlich Andesite und Dazite, wie auch Rhyolithe und Basalte, seltener Trachyte auf.

Die 15 untersuchten Dünnschliffe, Andesite und Dazite, stammen teils aus der Gegend von Baia Mare (Ilba, Baia Sprie, Capnic), teils aus dem Siebenbürgischen Erzgebirge und seiner Umgebung (Abrud, Săcărâmb, Deva).

MIKROSKOPISCHE BESCHREIBUNG DER GESTEINE

Die Gesteine besitzen ausgeprägt porphyrische Strukturen. Die Grundmasse ist im allgemeinen holokristallin; nur in zwei Schliffen führt sie reichlich Glas. Sie bildet weniger als 50 % der Gesteinsmasse und besteht aus Plagioklas (vorwiegend), Erz, Karbonat, seltener Apatit und Klinozoisit. Bisweilen ist eine ganz schwache Fluidalstruktur angedeutet.

Einsprenglinge: Plagioklas, Hornblende, Hypersthen, Augit, Biotit, Erz, und in den Daziten auch Quarz.

Der Plagioklas überwiegt sowohl an Zahl als an Grösse der Individuen. Er ist leistenförmig oder tafelig ausgebildet und kann im Durchmesser bis 2,5 mm erreichen. Von den grösseren Kristallen bis zu den Mikrolithen bestehen alle Übergänge. Der An-Gehalt schwankt zwischen 40 und 95 % (genauere Angaben siehe Tab. 3). Ein grosser Teil der Plagioklase besitzt ausgeprägten Zonarbau.

Meist sind die Feldspäte klar und zeigen ein glasiges Aussehen; in anderen Fällen beobachtet man viele Einschlüsse verschiedener

Art, die den Feldspat teilweise oder gänzlich erfüllen. Nach ihrer Natur unterscheiden wir:

a) Einschlüsse von Plagioklas. Bisweilen besitzen sie kristallographische Umrisse. Häufig können Spaltflächen oder Zwillingsebenen eingemessen und folglich ihre Zusammensetzung bestimmt werden. In vielen Fällen ist ihr An-Gehalt von dem des Wirts verschieden: so z. B. besitzen in einigen Daziten die Einschlüsse 55 % An, der Wirtkristall jedoch nur 40 % An. In diesen Fällen besitzen die kleineren Plagioklaskörner der Grundmasse (unter 0,3 mm) ebenfalls einen höheren An-Gehalt als die grösseren Plagioklaseinsprenglinge. Es wurde festgestellt, dass die Plagioklaseinschlüsse im Wirt beliebig orientiert sind.

b) Einschlüsse von Apatit, Klinozoisit, staubähnlichen Erzpartikeln, Karbonat und Chlorit kommen sehr oft vor. Nicht selten beobachtet man farblose oder schwach gelbliche runde Tropfen von glasiger Substanz.

Die Feldspat-, Apatit- und Klinozoisit-Einschlüsse sind im einschliessenden Kristall regellos verstreut. Die Glaseinschlüsse aber finden sich im allgemeinen in bestimmten Teilen des Wirtkristalls angehäuft und rufen dort eine Trübung des Feldspats hervor; das Aussehen solcher Teile ähnelt dem der Grundmasse. In den meisten Fällen ist die Feldspatsubstanz in den einschlussreichen Teilen selbst nicht homogen; zwischen gekreuzten Nikols beobachtet man leicht, dass sie sich aus manchmal scharf begrenzten saureren und basischeren Teilchen zusammensetzt.

Die nur in einigen Schliffen vorkommende braune Hornblende bildet längliche Prismen mit unregelmässiger Endbegrenzung oder isometrische Körner mit kristallographischen Umrissen. Sie erreichen bis 2 mm Grösse. Zwillinge nach (100) sind nicht selten. Im frischen Zustand besitzt die Hornblende kräftigen Pleochroismus von $n_\alpha =$ gelbbraun und $n_\gamma =$ dunkelbraun. Häufig ist sie jedoch teilweise oder gänzlich in Karbonat, Chlorit und Erz umgewandelt. Manchmal besitzen die Hornblendekristalle eine dunkle, hauptsächlich aus Erzpartikelchen bestehende Randzone (Opazitrand), während das Innere noch aus Hornblende oder aus Karbonat besteht. Diese Umwandlungen sind z .T. einer magmatischen Resorption (Opazitrand), z. T. postmagmatischen Wirkungen (Chloritisierung und Karbonatisierung) zuzuschreiben. Ganz ähnliche Umwandlungserscheinungen hat Prof. S. ATHANASIU aus den Andesiten der nordmoldauischen Karpathen beschrieben. (Lit. 1, S. 476—478.)

Die Pyroxene kommen beinahe in allen Schliffen vor, aber meist in verschiedenen Mengen. Es sind sowohl rhombische wie monokline Glieder vertreten; sie treten oft nebeneinander im gleichen Gestein auf, aber nur selten in gleichen Mengen. In manchen Schliffen erreichen die Pyroxene die Grösse der Plagioklaskristalle. In einigen Fällen bilden sie glomerogranulare Anhäufungen.

Der rhombische Pyroxen bildet meist prismatisch gestreckte Kristalle mit gerader Auslöschung. Er besitzt einen schwachen Pleochroismus von hellgrünlich nach rötlich. Der grosse negative Axenwinkel weist auf Hypersthen. Manchmal ist er von Augit umwachsen.

Der monokline Pyroxen erscheint meist in isometrischen, bisweilen korrodierten Körnern; langprismatische Ausbildung ist selten. Verzwillingung nach (100) ist sporadisch vorhanden. Der Pleochroismus ist sehr schwach und schwankt von schwach grünlich zu grünlichbraun. Der grosse Auslöschungswinkel (40—45°), der mittelgrosse bis grosse positive Axenwinkel, Farbe und Pleochroismus zeigen, dass es sich um gewöhnlichen Augit handelt.

Der Biotit findet sich nur in wenigen Schliffen. In der Regel bildet er bis 1,8 mm grosse Blättchen. In frischem Zustand besitzt er starken Pleochroismus von n_α = hell gelbgrün und n_γ = tiefbraun. Meist ist er jedoch ausgebleicht und in Chlorit umgewandelt. In andern Fällen wird der Biotit von einer dichten, staubartigen Erzmasse ersetzt. Diese Umwandlung beginnt am Rande und schreitet gegen das Innere vor; zuweilen sind nur spärliche Reste von Biotitsubstanz übrig geblieben.

Quarz ist verhältnismässig selten. In den Daziten bildet er rundliche, magmatisch korrodierte Körner von bis 2 mm Durchmesser. Ausserdem tritt er bisweilen in schmalen Gängchen auf, die aber sicher jüngere Bildungen sind.

Erz ist ziemlich reichlich vorhanden, sowohl in der Grundmasse als auch in grösseren Einsprenglingen (bis 1 mm Durchmesser). Die grösseren Erzkörner sind gewöhnlich unregelmässig umgrenzt; bisweilen besitzen sie auch kristallographische Umrisse.

In Tabelle 1 sind die Mengenverhältnisse der Gesteinskomponenten in den verschiedenen Gesteinen angegeben; auf Grund derselben wurden die Gesteine in verschiedene Gruppen eingeteilt.

Die prozentuale Schätzung der Gemengteile geschah nach der Methode von Holmes (Lit. 4, S. 324, 325).

Die Struktur der Gesteine und die Ausbildung der verschiedenen Gesteinskomponenten bleibt in den verschiedenen Gesteinsgruppen

dieselbe. Verschieden sind einzig die Mengenverhältnisse und der An-Gehalt der nicht-zonaren Plagioklase (siehe Tabelle 3).

Tabelle 1. Prozentuale mineralogische Zusammensetzung der untersuchten Gesteine.

	Dazite								Amphibolandesite						Biotit-andesit	
Schliff No.	2211		2211a		2213		48		264		3206		367		332	
	Einspr.	Mikrol.	Einspr	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.
Plagioklas	35	35	30	35	30	30	30	45	30	45	35		35	30	30	43
Quarz	3		6		3		2									
Total leukokrate G'teile	73		71		63		77		75		35		65		73	
Hornblende	7		10		18		10		10		20		20		2	
Biotit	6		6		4		1		3						8	
Hypersthen	1		1		1										2	
Augit	2		2						2				1			
Total melanokrate G'teile	16		19		23		11		15		20		21		12	
Karbonat, Erz, Apatit, Klinozoisit	11		10		14		12		10		4		14		13	
Glasbasis											41					
Bemerkung															Quarz in Gang 2%	

	Pyroxenandesite													
Schliff Nr.	3535		27		2218		317		3536		7		327	
	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.	Einspr.	Mikrol.
Plagioklas	40		40	30	65	5	40	20	40	35	40	35	23	25
Total	40		70		70		60		75		75		48	
Hypersthen	12		15		20		15		5		5		13	
Augit	3		5		5		5		10		10		5	
Total	15		20		25		20		15		15		18	
Karbonat, Erz, Apatit, Klinozoisit	2		10		5		20		10		10		27	
Glasbasis	43													
Bemerkung													Quarz i. Gang 5% Hornblende 2%	

DIE BESTIMMUNG DER PLAGIOKLASE

Hauptzweck der vorliegenden Arbeit war eine genaue Untersuchung der Plagioklase. Es sollte vor allem über ihre chemische

Zusammensetzung und über das Auftreten der verschiedenen Zwillingsgesetze Aufschluss erhalten werden.

Die Untersuchung erfolgte nach der Drehtischmethode, da diese die sicherste ist und gleichzeitig die einzige, die einen tieferen Einblick in das Kristallgebäude gewährt. Der Gang der Methode ist der in Lit. 5 beschriebene. Es wurden zunächst die optischen und morphologischen Bezugsrichtungen eingemessen und in eine stereographische Projektion eingetragen. Die darauf folgenden sehr einfachen Konstruktionen und die Interpretationen auf den Stereogrammen von Lit. 5 gestatten sowohl die Bestimmung des An-Gehalts als auch die Feststellung der Zwillingsgesetze.

Sämtliche Plagioklase, sowohl die grösseren Kristalle als auch die kleineren, 0,10—0,30 mm grossen Körner, wurden nach dieser Methode bestimmt. Um uns eine möglichst gute Rechenschaft über die Eigenschaften der Plagioklase und die Variation ihrer Zusammensetzung geben zu können, wurden möglichst viele Bestimmungen im gleichen Dünnschliff vorgenommen.

Angewandte Apparatur: Polarisationsmikroskop KM mit aufsetzbarem Drehtisch der Firma Leitz. Einen wertvollen Dienst leisteten die neuen, mit Irisblende versehenen Objektive No. 2, 3, 4 der Firma Leitz; mit ihrer Hilfe konnten auch kleine Körner und schmale Zonen eingemessen werden.

ZWILLINGSGESETZE

Die untersuchten Plagioklase besitzen eine reiche und variierte Verzwilligung. Über die Verbreitung der verschiedenen sicher festgestellten Zwillingsgesetze gibt Tabelle 2 genauere Auskunft.

Das Albitgesetz besitzt in allen Gesteinen die grösste Verbreitung. Die nach diesem Gesetz verzwillingten Individuen haben unterschiedliche Breite und sind nicht selten isometrisch ausgebildet. Polysynthetische Zwillinge sind selten.

Das Periklingesetz ist ziemlich in allen Gesteinen verbreitet. Da es bei intermediären Plagioklasen vom Aklingesetz praktisch nicht unterschieden werden kann, wurden alle solchen Zwillinge als Periklin bezeichnet. Gewöhnlich treten die nach diesem Gesetz verzwillingten Individuen als schmale Lamellen in grösseren Individuen auf. Doch kommen auch Fälle vor, wo die Periklinindividuen gut ausgebildet sind.

Das Karlsbadergesetz ist weniger verbreitet, doch kommt es in allen Gesteinen vor.

Tabelle 2. Häufigkeit der Zwillingsgesetze in den untersuchten Gesteinen.

No. des Dünnschliffes	Normalen-Gesetze				Kanten-Gesetze				Kanten-normalen-Gesetze		An-Gehalt %	Gestein	Herkunft
	Albit	Manebach	Baveno rechts	Baveno links	Karlsbad	Aklin	Periklin	Ala	Albit-Ala	Albit-Karlsbad			
2211	14		1		6	2	8			2	40—65	Dazite	Săcărâmb
2211a	14	1			3		9			1	40—65		„
2213	16		1	1	1		13			1	40—65		„
48	10		1		2		5				45—60		„
264	26		1	1	8		20			1	40—65	Amphibol-andesite	Săcărâmb
367	12	2			3		4				65—75		„
3206	9				2		6			1	45—60		Abrud
332	13	9			12		4			2	70—90	Biotitandesit	Capnic
327	9	3			3	1	2				65—85	Pyroxenandesite	Capnic
27	11	3					6				55—75		Ilba
3535	16	1			4					3	55—85		„
2218	19	1			4	2	9			2	70—85		Baia Sprie
317	14	2			6		1			1	60—75		„
3536	14				1		10				45—60		Deva
7	17	1			5		9			3	50—65		?
Total	214	23	4	2	60	5	106			17			
%	243 = 56 %				171 = 40 %				17 = 4 %				

Die relative Häufigkeit der drei Gesetze beträgt ungefähr: Albit: Periklin: Karlsbad = 3:2:1.

Das Manebachgesetz, mit Hilfe von Tafel 4 (Lit. 5) bestimmt, wurde 23 mal gefunden. Dieses Gesetz wurde in den basischeren Plagioklasen häufiger gefunden als in den saureren. Im Schliff No. 332, der die basischsten Plagioklase (70—90 % An) enthält, tritt dieses Gesetz 9 mal auf.

Als Aklin-Zwillinge wurden nur solche Fälle betrachtet, die bei basischeren Plagioklasen (von 65 % An aufwärts) auftreten und nach den Stereogrammen in Lit. 5 als solche bestimmt werden konnten. Da es sich stets um einfache Zwillinge handelt, wurden sie nicht nach dem Komplexgesetz interpretiert.

Als Komplex Albit-Karlsbad wurden nur Fälle bezeichnet, bei denen die beiden in Komplexstellung befindlichen Individuen in direktem Kontakt stehen. Diese Fälle, bei denen sich mit unseren derzeitigen optischen Hilfsmitteln keine zwischengeschaltete dritte Lamelle beobachten lässt, sind tatsächlich recht selten. Bisweilen

existieren Zwischenlamellen, die die beiden in Komplexstellung befindlichen Individuen nur teilweise trennen. Ein solcher Fall ist in Fig. 2 dargestellt: A : B = Karlsbad, B : C = Albit; in der unteren Hälfte kommt A in direkten Kontakt mit C und bildet somit einen Komplexzwilling.

Das Baveno-Gesetz ist äusserst selten. Wir fanden es nur 6 mal, bei sauren Plagioklasen.

Die häufigsten Spaltflächen sind (010) und (001). Spaltbarkeit nach (110) wurde nur in vier Fällen beobachtet.

NICHT-ZWILLINGSMÄSSIGE ASSOZIATIONEN VON PLAGIOKLAS-INDIVIDUEN

Häufig beobachtet man Gruppen von in verschiedener Weise angeordneten und verwachsenen Individuen, die auf den ersten Anblick verzwillingt erscheinen. Eine genauere Untersuchung zeigt jedoch folgendes:

a) In vielen Fällen sind die Berührungsflächen der beiden verwachsenen Individuen kristallographisch ungleichwertig; so beobachtet man z. B., dass (010) des einen Individuums sich mit (001) des anderen Individuums berührt. Dieser Fall wurde von A. Streckeisen (Lit. 9) und St. Ghika (Lit. 3) von den Feldspäten des Banats beschrieben. A. Streckeisen bezeichnet ihn als „Banater Verwachsung".

b) Selbst wenn die beiden Individuen sich mit der gleichen kristallographischen Fläche berühren, so ergibt die Interpretation der Werte nach Tafeln 3 und 4 (Lit. 5) oder der Versuch der Konstruktion einer Zwillingsachse, dass keine Verwachsung gemäss einem Zwillingsgesetz vorhanden ist, da das eine Individuum gegen das andere um einen beliebigen Winkel gedreht erscheint.

Unter dem Mikroskop können zwei Fälle von Verwachsungen unterschieden werden:

a) In manchen Fällen sind die miteinander verwachsenen Individuen leistenförmig und ihre Berührungsflächen mehr oder weniger parallel. Die Berührungsflächen sind unregelmässig ausgebildet und besitzen Erhebungen und Vertiefungen, die wechselseitig ineinander greifen.

b) In anderen Fällen sind die miteinander verwachsenen Individuen radial-strahlig angeordnet.

Radialverwachsungen beobachtet man nur in einigen Pyroxenandesiten von Baia Sprie und Capnic. Ihr An-Gehalt schwankt zwischen 60 und 85 %.

Parallele Verwachsungen trifft man in allen Schliffen.

Diese Verwachsungen verdienten ein eingehenderes Studium, um sich Rechenschaft zu geben, welche Ursachen ihr Zustandekommen bedingen, und ob sich in ihnen gewisse Gesetzmässigkeiten geltend machen.

Wahrscheinlich erleiden die einmal gebildeten Kristalle durch Bewegungen im Magma kleine Verschiebungen, wodurch sie sich andern Kristallen nähern, sich mit ihnen berühren und mit ihnen verwachsen, sei es nach gleichen, sei es nach verschiedenen Flächen. Oft beobachtet man, dass zwischen sich so berührenden Kristallen kleine, wohl ausgebildete Körner von andern Mineralien (Pyroxen, Erz) sich vorfinden. Ähnliche Verwachsungen können auch entstehen durch einfaches Wachstum von Kristallen, die sich in geringer Entfernung voneinander befinden; in dem Masse, wie die Kristalle wachsen, nähern sie sich, können sich berühren und vollständig verwachsen.

DER ANORTHITGEHALT DER PLAGIOKLASE

In den meisten Schliffen treten nebeneinander zonare und nichtzonare Plagioklase auf, die getrennt besprochen werden sollen.

Da in den weitaus meisten Fällen die Bezugsrichtung (010) zur Bestimmung des An-Gehaltes diente, so werden wir uns bei der Besprechung der Zusammensetzung der Plagioklase zunächst nur auf die Migrationskurve von (010) (Lit. 5, Tafel 2) beziehen.

A. Nicht-zonare Feldspäte. Bei den Plagioklasen der Dazite ist der An-Gehalt der grösseren Kristalle verschieden von dem der kleineren unter 0,30 mm (vergl. hiezu Fig. 1 a u. Tab. 3). So variieren die grösseren Kristalle von 40—55 % An, die kleineren jedoch von 40 bis 65 % An. Gleichzeitig bemerkt man, dass bei den grösseren Kristallen die Pole von (010) weniger stark gestreut sind und ein verhältnismässig enges Band längs der Migrationskurve von (010) auf deren rechten Seite bilden. (Punkte in Fig. 1 a.) Die Pole von (010) der kleinen Kristalle sind stärker gestreut und fallen teilweise sehr nahe an die Migrationskurve. (Punkte mit Kreischen in Fig. 1 a.) Diese grössere Streuung entspricht den tatsächlichen Verhältnissen und rührt nicht etwa von unsicheren Bestimmungen her.

Bei den Andesiten beobachtet man keinen Unterschied in der Zusammensetzung kleiner und grosser Körner (vergl. Fig. 1 b und 1 c); die Pole sind deshalb nicht unterschieden worden. Der An-Gehalt schwankt zwischen 40 und 90 %.

Tabelle 3. Schwankungen des An-Gehaltes der Plagioklase in den einzelnen untersuchten Schliffen.

	Schliff No.	% An		Gesteinsbenennung	Herkunft
		Kristalle über 0,30 mm	Kristalle unter 0,30 mm		
Dazite	2211	40—53	50—65	Labrador-Andesin-Dazit	Săcărâmb
	2211a	40—50	50—65	„ „ „	„
	2213	40—55	40—65	„ „ „	„
	48	45—60		„ „ „	„
Amphibol-Andesite	264	40—65		Labrador-Andesin-Amphibol-Andesit	Săcărâmb
	367	65—75		Labrador-Amphibol-Andesit	„
	3206	45—60		Labrador-Andesin-Amphibol-Andesit	Abrud
Biotit-Andesit	332	70—90		Bytownit-Labrador-Biotit-Andesit	Capnic
Pyroxenandesite	327	65—85		Bytownit-Labrador-Pyroxen-Andesit	Capnic
	27	55—75		Labrador-Pyroxen-Andesit	Ilba
	3535	55—85		Labrador-Bytownit-Pyroxen-Andesit	„
	2218	70—85		Bytownit-Labrador-Pyroxen-Andesit	Baia Sprie
	317	60—85		„ „ „ „	„
	3536	45—60		Labrador-Andesin-Pyroxen-Andesit	Deva
	7	50—65		Labrador-Pyroxen-Andesit	?

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass die Schwankung des An-Gehaltes in ein und demselben Schliff nicht sehr bedeutend ist. Die Gesteine aus der Gegend von Săcărâmb, Abrud, Deva besitzen vorwiegend intermediäre Feldspäte (40—65 % An), die sich auf Dazite, Amphibol-Andesite und zwei Pyroxen-Andesite verteilen. Die Gesteine aus der Gegend von Baia Sprie, Capnic und Ilba führen basischere Plagioklase (55—90 % An); es handelt sich um Pyroxen-Andesite und einen Biotitandesit.

B. Zonare Feldspäte. Verhältnismässig viele Feldspäte der untersuchten Gesteine besitzen einen ausgeprägten Zonarbau.

Anzahl und Breite der Zonen sind oft von der Schliffrichtung, also einem Zufallsfaktor, abhängig. Umso wichtiger ist die Art und Weise, wie die Zusammensetzung des Feldspats im Zonarbau variiert. Zu diesem Zwecke wurde in Diagrammen der An-Gehalt in % als Ordinate, die Breite der Zonen (vom Kern zur Hülle) als Abszisse aufgetragen (siehe Figuren 3 und 4).

Die durch horizontale Geraden dargestellten Zonen besitzen nicht immer einen absolut konstanten An-Gehalt. Es handelt sich um geringe Oszillationen, die mit starken Objektiven wohl beobachtet, aber nicht eingemessen werden können. Ähnlich gilt für die durch

schräge Geraden dargestellten Zonen, dass ihr An-Gehalt nicht immer in stetiger Weise wächst bzw. abnimmt. Eine solche Zone besteht aus sehr feinen Schalen verschiedener Zusammensetzung, wobei der Übergang von einer zur andern Schale diskontinuierlich erfolgt. Da diese Schalen sehr schmal sind und der Unterschied ihrer Zusammensetzung recht gering ist, können sie nicht einzeln eingemessen werden. Die Geraden, durch die solche Zonen in den Diagrammen dargestellt werden, zeigen somit nur den allgemeinen Verlauf der Zusammensetzung.

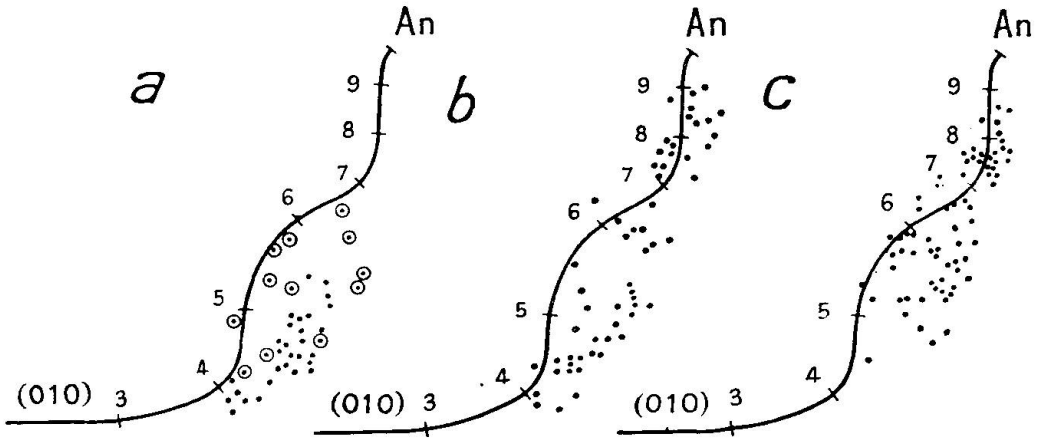

Fig. 1. a)—c) Lage der Pole von (010) zur Migrationskurve von (010) nach Reinhard (Lit. 5, Tafel 2).
a) bei Daziten (die eingekreisten Pole stammen von kleinen Kristallen),
b) bei Amphibol- und Biotit-Andesiten,
c) bei Pyroxen-Andesiten.

Zur Konstruktion dieser Diagramme wurden nur solche Werte verwandt, die experimentell durch Bestimmung des An-Gehaltes einer jeden Zone erhalten wurden. Die Bestimmungen erfolgten in gleicher Weise wie bei den nicht-zonaren Feldspäten. Bei schmalen Zonen wurden die neuen Leitz-Objektive 2 und 3 mit Irisblende verwandt.

Zonare Feldspäte finden sich in allen Schliffen; doch eignen sich nicht alle zu genauen Messungen. In den Diagrammen wurden nur solche Fälle dargestellt, bei denen die Bestimmungen unter günstigen Bedingungen vorgenommen werden konnten.

Ein Blick auf die Diagramme (Fig. 4) zeigt, dass der Verlauf der Zusammensetzung in zonaren Feldspäten recht unregelmässig ist. Nur in wenigen Fällen nimmt der An-Gehalt vom Kern zur Hülle regelmässig ab. Der Übergang von einer Zone zur andern ist unstetig, und basische Rekurrenzen wechseln meistens mehr-

mals mit saurer werdenden Zonen. Der Unterschied in der Zusammensetzung zweier benachbarter Zonen beträgt häufig bis über 25 % An.

Nicht selten zeigen die Plagioklaskörner magmatische Korrosion. Zu beachten ist, dass die Korrosionsflächen sich im Innern der Kristallkörner befinden. Die Korrosion erfolgte also während der Bildung der Kristalle, nicht erst nach deren Abschluss.

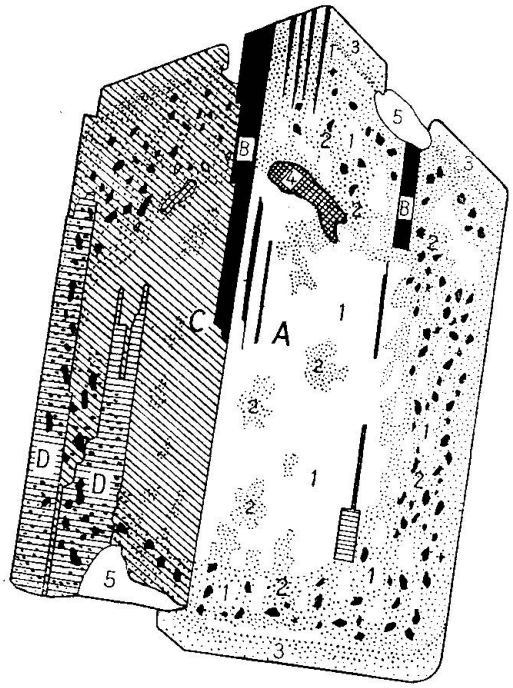

Fig. 2. A. B. C. D. Verzwillingte Individuen (Albit, Karlsbad).

1. Kernpartie des Individuums A (40 % An) mit unregelmässigen basischeren Partien 2 (60 % An).
2. Basischere Mittelzone (60 % An) mit saureren Partien 1 (40 % An).
3. Aussenzone, klar, An-Gehalt gegen aussen abnehmend von 60 bis 40 % An.
4. Einschlüsse von Karbonat; schwarze unregelmässige Punkte = Einschlüsse von glasiger Substanz.
5. Einschlüsse von Plagioklas.

Fig. 2 zeigt ein Plagioklaskorn aus einem Dazit, bei dem die magmatische Korrosion gut sichtbar ist. Im Individuum A erkennt man drei gut unterschiedene Zonen: Im Kern (1) herrscht Plagioklas von 40 % An vor; doch finden sich darin auch basischere Partien 2 (60 % An) mit sehr unregelmässigen Umrissen. Gegen aussen folgt eine verhältnismässig breite Mittelzone 2 mit vorherrschend basischerem Plagioklas (60 % An); dieselbe enthält auch kleine Partien von saurerem Plagioklas 1 (40 % An). Die Grenze

zwischen Kern und Mittelzone ist sehr unregelmässig; auf ihr finden sich auch verhältnismässig grosse Einschlüsse von Karbonat (4). Die Mittelzone ist voll von kleinen Glaseinschlüssen; in anderen Fällen führt sie reichlichere Einschlüsse von Erz, Chlorit und wohl auch Sericit. Nach aussen folgt eine sehr schmale, klare Randzone (3), deren An-Gehalt von 60 bis 40 % abnimmt.

Es scheint, dass ein in einer früheren Phase gebildetes Plagioklaskorn von einem basischer gewordenen Magma angegriffen und teilweise aufgelöst wird. Die äussere Partie (2) wird fast vollständig resorbiert, und es bleiben hier nur spärliche Reste vom alten Mineralkorn übrig. Der Kern (1) wird jedoch nur wenig angegriffen. Gleichzeitig scheidet sich um das resorbierte Mineralkorn eine neue Hülle ab, deren Zusammensetzung gegen aussen von 60 % zu 40 % An abnimmt.

Bezeichnend ist die Tatsache, dass bei korrodierten Plagioklasen sehr verschiedener Zusammensetzung die Pole der kristallographischen Bezugsrichtungen fast immer sehr nahe an oder sogar auf die Migrationskurven fallen, während sie bei nicht korrodierten Körnern ein verhältnismässig grosses Streuungsfeld bilden. Dies scheint kein Zufall zu sein. Dasselbe haben wir auch bei einigen korrodierten Plagioklasen aus Andesiten von Borneo bemerkt.

Es ist verständlich, dass ein Mineralkorn, das aus abwechselnden Partien verschiedener Feldspatsubstanz besteht, in der postmagmatischen Periode viel leichter angegriffen und umgewandelt wird. In diesen Teilen beobachtet man infolgedessen gewöhnlich auch die meisten Einschlüsse von Erz, Karbonat, Chlorit und Sericit (?).

In Fig. 3 ist aus jeder der drei Gesteinsgruppen je ein Beispiel eines typischen zonaren Plagioklaskorns dargestellt. Die daneben befindliche Kurve zeigt die Schwankungen des An-Gehaltes der verschiedenen Zonen. Der Plagioklaskristall aus dem Dazit (Fig. 3 a) enthält 10 Zonen. Bei den innern Zonen 1—6 ist der An-Gehalt innerhalb einer einzelnen Zone konstant. In den Zonen 7—10 nimmt der Anorthitgehalt in jeder Zone gegen aussen ab. Die Säume dieser Zonen sind korrodiert. Das Plagioklaskorn aus dem Amphibolandesit (Fig. 3 b) besteht aus 7 Zonen. Der Anorthitgehalt jeder einzelnen Zone 1—5 ist konstant. Der Aussenrand der fünften Zone ist korrodiert. Die 6. Zone ist voll von Einschlüssen. Die letzte Zone ist klar; ihr Anorthitgehalt nimmt gegen aussen ab. Die Anorthitschwankungen bei dem Plagioklaskorn aus dem

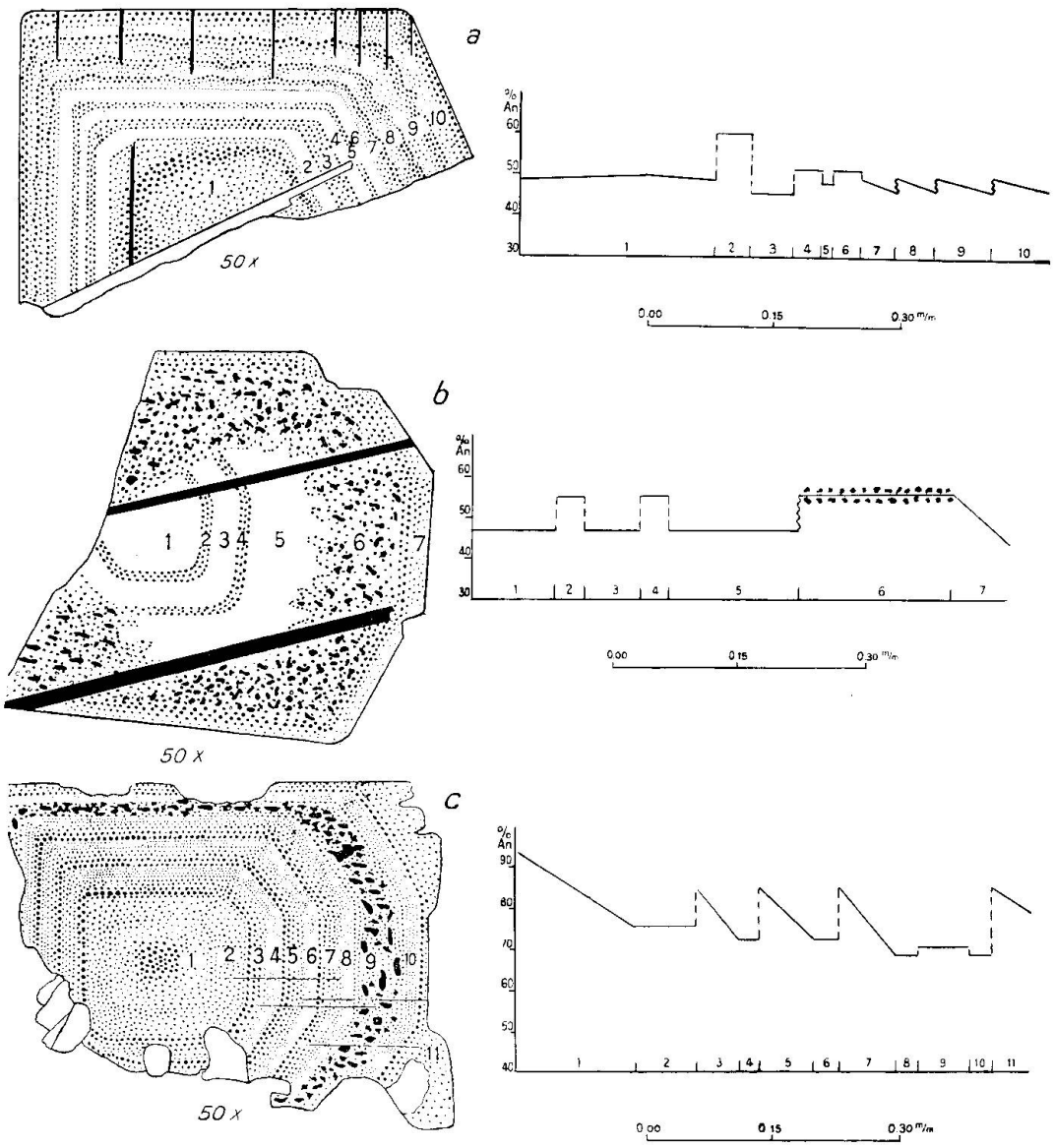

Fig. 3. Typische Beispiele zonarer Plagioklaskristalle; die Kurven stellen die Anorthitgehaltschwankungen der verschiedenen Zonen dar. (Ordinate = An-Gehalt; Abszisse = Breite der Zone).

a) Im Dazit, mit einer Albitlamelle (weiss) und mehreren Periklinlamellen (schwarz).

b) Im Amphibolandesit, mit 2 Periklinlamellen (schwarz).

c) Im Pyroxenandesit, mit Spaltrissen (001).

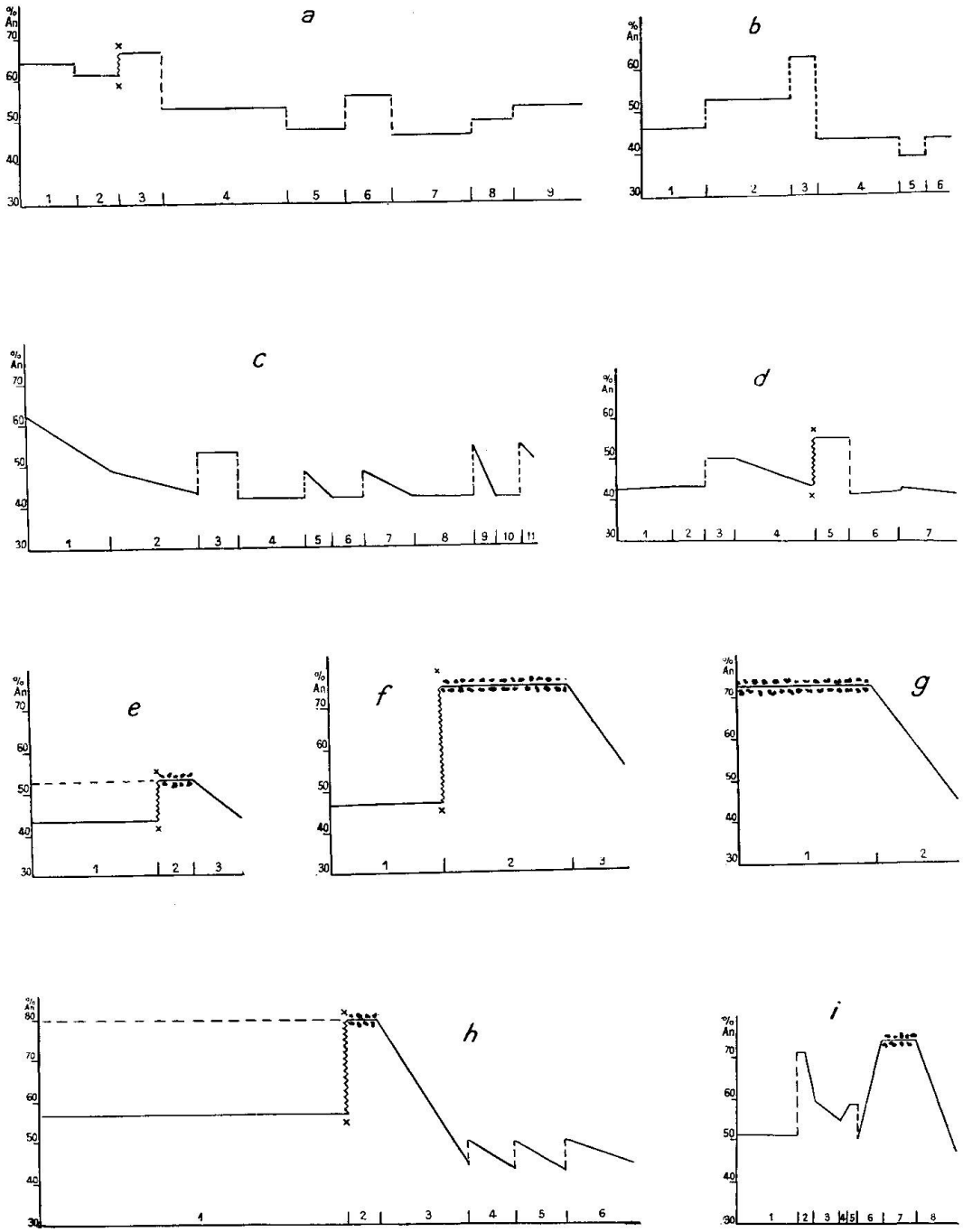

Fig. 4. Graphische Darstellung der Anorthitgehaltschwankungen in den zonaren Plagioklasen.

a, b, c, d = Dazite;
e, f, g, h, i, k = Amphibolandesite;
l, m, n, o, p, q, r = Pyroxenandesite;

Ordinate = Anorthitgehalt;
Abszisse = Breite der Zonen.
(Vergrösserung 100-fach)

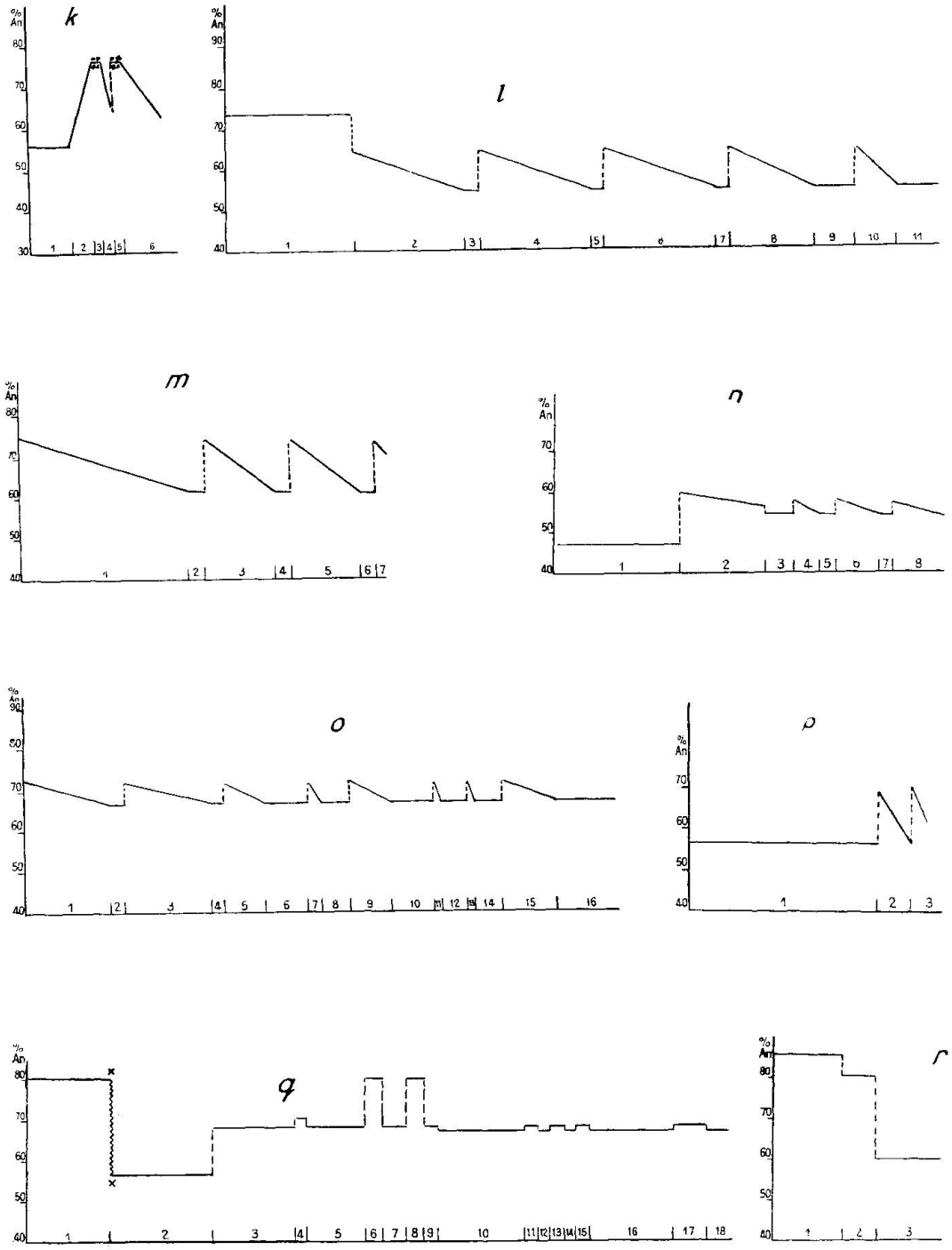

Fig. 4. Graphische Darstellung der Anorthitgehaltschwankungen in den zonaren Plagioklasen.

Gebrochene Linienstücke zwischen zwei Kreuzchen bedeutet Korrosion; unregelmässige Punkte längs den Kurvenstrichen = Zonen mit Einschlüssen; ausgezogene und gestrichelte parallele Linien = Zonen mit zwei Arten von Plagioklassubstanz (ausgezogene Linie = vorherrschende Plagioklassubstanz; gestrichelte Linie = Plagioklassubstanz in Minderheit).

Pyroxenandesit (Fig. 3 c) sind regelmässiger. Charkteristisch sind hier die Wiederholungen der gegen aussen saurer werdenden Zonen mit basischen Rekurrenzen (wie im Endteil des Plagioklases aus dem Dazit (Fig. 3 a), aber ohne bemerkbare Korrosion).

Um über den Verlauf der Zonenfolge in den drei verschiedenen Gesteinsgruppen Einsicht zu erhalten, wurde in Fig. 4 eine grössere Anzahl von Zonendiagrammen dargestellt.

Bei den Daziten (Fig. 4: a, b, c, d) lässt sich für den Verlauf der Zusammensetzung zonarer Feldspäte keinerlei Regel geben. Meist besteht ein regelloser Wechsel von Zonen konstanter Zusammensetzung mit Zonen variabler Zusammensetzung.

Die Feldspäte der Amphibolandesite (Fig. 4: e, f, g, h, i, k) bestehen gewöhnlich aus zwei gut unterschiedenen Teilen, die besonders dann gut hervortreten, wenn das Feldspatkorn vom Dünnschliff im Zentrum getroffen wurde. Auf einen unregelmässig korrodierten saureren Kern folgt eine einschlussreiche basischere Mittelzone, die nach aussen von einem klaren Saum mit nach aussen abnehmendem An-Gehalt umgeben wird.

Bei den zonaren Feldspäten der Pyroxenandesite (Fig. 4: l, m, n, o, p, q, r) scheint der Wechsel der Zusammensetzung etwas regelmässiger zu sein. Die gegen aussen stetig saurer werdenden einzelnen Zonen werden jeweils durch basische Rekurrenzen scharf unterbrochen. Eine Besonderheit weisen die Plagioklase von Schliff No. 27 auf (Fig. 4: q, r). Die Zusammensetzung innerhalb jeder einzelnen Zone bleibt konstant.

Zusammenfassend lassen sich die Feldspäte der untersuchten Gesteine durch folgende Eigenschaften charakterisieren:

1. Diskontinuität im Bildungsprozess.
2. Verhältnismässig grosse Differenzen in der Zusammensetzung der benachbarten Zonen (bisweilen bis über 25 % An).
3. Grosse Variabilität in der Reihenfolge der Zonen.

Alle diese Züge kennzeichnen die Plagioklase der untersuchten Gesteine im Gegensatz zu Tiefengesteinsfeldspäten. Zieht man die Bildungsbedingungen der Ergussgesteine in Betracht, in denen aus mannigfaltigen Gründen Verschiebungen in der Ausscheidung der verschiedenen Komponenten stattfinden können, so wird der unregelmässige Verlauf der Zusammensetzung leicht verständlich.

DIE LAGE DER POLE DER VERSCHIEDENEN MORPHOLOGISCHEN BEZUGSRICHTUNGEN IM VERGLEICH ZU DEN ENTSPRECHENDEN MIGRATIONSKURVEN

Zur Erörterung dieser Frage werden wir nur sichere Werte verwenden, bei denen die Genauigkeit der Messungen nichts zu wünschen lässt. Wir verwenden daher getrennt die eingemessenen Pole von nicht-zonaren Plagioklasen und die der zonaren Plagioklase, da bei den letzteren die Bestimmungen naturgemäss nicht so genau ausfallen können wie bei homogenen Körnern.

Ausgeschlossen wurden von dieser Erörterung alle Pole, die nur durch Konstruktion der Zwillings-Achse erhalten wurden. Diese Konstruktion dient hauptsächlich als Kontrolle nach vorgängiger Bestimmung und Interpretation auf den Tafeln 2—4 (Lit. 5). Interpretationen, die nur auf der Konstruktion der Zwillingsachsen basieren, sind mit Fehlern behaftet und wurden deshalb ausser Betracht gelassen.

Eine erste Frage ist: Besteht irgend ein Unterschied in der Lage von Spaltflächen und von Verwachsungsebenen? Eine verhältnismässig grosse Zahl von Bestimmungen hat in Bezug auf die Lage ihrer Pole keinerlei Unterschied zwischen den beiden Arten von Bezugsrichtungen ergeben. Wenn beide Bezugsrichtungen vorhanden sind, so überlagern sich ihre Pole. Aus diesem Grund wurden in den Stereogrammen (Fig. 1 u. 5) die Pole von Spaltflächen und von Verwachsungsebenen nicht unterschieden. Es wurden möglichst viele Bestimmungen im gleichen Schliff ausgeführt, um zu sehen, ob sich aus einem reichen statistischen Material nicht einige allgemeine Schlüsse ableiten lassen.

Die in den Stereogrammen (Fig. 1 u. 5) eingezeichneten Pole stellen in den weitaus meisten Fällen gut ausgebildete morphologische Bezugsrichtungen in grossen, leicht messbaren Körnern dar. Nur drei Fälle, in denen die Messungen schwer von statten gingen und die Resultate zweifelhaft waren, wurden ausgeschlossen.

Eine grosse Zahl von Messungen wurden nach einer längeren Zeit wiederholt; die Ergebnisse waren dieselben. Um zu sehen, ob die Messungen der Pollagen nicht von der Person des Beobachters und von der entsprechenden Apparatur abhängig sind, wurden einige Kontrollbestimmungen ausgeführt. Dasselbe Mineralkorn wurde von zwei Personen, zuerst an zwei verschiedenen Instrumentarien, dann von beiden am ersten und sodann von beiden am zweiten Instrumentarium eingemessen. Im ersten Fall ergab sich eine sehr kleine Abweichung in der Lage der Pole, indem der Neigungswinkel h für

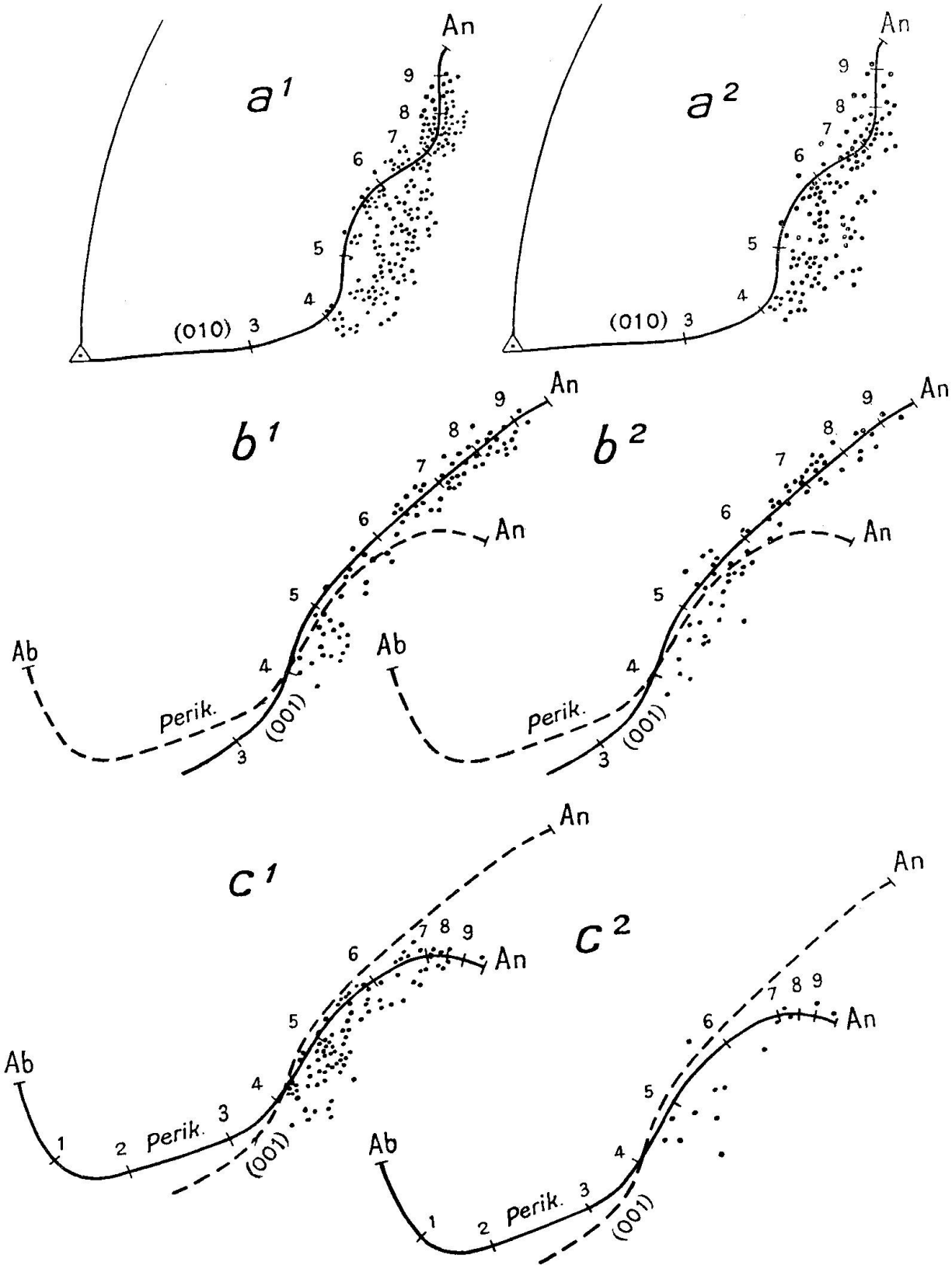

Fig. 5. Lage der Pole der morphologischen Bezugsflächen nach (010), (001) und Periklinzwillingsebene.
a^1, b^1, c^1 = nicht-zonare Plagioklase; a^2, b^2, c^2 = zonare Plagioklase.

die beiden Instrumentarien eine kleine Differenz (im Mittel 1 bis $1\frac{1}{2}$ °) ergab. Die von den beiden Beobachtern durch Messungen am gleichen Instrumentarium erhaltenen Pole überlagerten sich vollständig.

Wie aus den Projektionen (Fig. 1 u. 5) ersichtlich ist, besetzen die Pole der morphologischen Bezugsrichtungen ein Streufeld, das sich den Migrationskurven entlang erstreckt. Im vorliegenden Fall liegt dasselbe zwischen 40 % An und 95 % An, entsprechend der chemischen Zusammensetzung der Plagioklase. Die Migrationskurven von REINHARD (Lit. 5, Tafel 2) bilden in ihrem mittleren Teil die linke Begrenzung dieses Streufeldes.

In Fig. 5 a^1 sind 200 Pole von (010) projiziert. Das Streufeld ist bei intermediären Plagioklasen (von 45 bis 65 % An) ziemlich breit. Bei 70 % An verengert es sich stark. Diese Einengung des Streufeldes bei 70 % An dürfte kein Zufall sein, sondern einen charakteristischen Zug für Plagioklase von 70 % An darstellen.

Die Projektionen der Flächenpole (001) (Fig. 5 b^1) und der Periklinzwillingsebene (Fig. 5 c^1) geben wir getrennt, um die Art und Weise der Streuung klarer überblicken zu können. In Fig. 5 b^1 sind 80 Pole von (001), in Fig. 5 c^1 95 Pole der Periklinebene eingetragen. In beiden Fällen ist das Streufeld enger als bei (010), und auch hier scheint die Streuung bei den intermediären Feldspäten etwas grösser zu sein. Die Migrationskurve für Periklin (Lit. 5, Tafel 2) kann als linke Begrenzung für das gesamte Streufeld angesehen werden, da links von der Migrationskurve nur wenige Pole liegen.

In den obigen Stereogrammen (Fig. 5 a^1, b^1, c^1) wurden Pole von nicht-zonaren Plagioklasen aus allen untersuchten Schliffen eingetragen. Die entsprechenden Gesteine entstammen verschiedenen, z. T. recht weit voneinander entfernten Gegenden. Zweifellos waren auch die Verfestigungsbedingungen der entsprechenden Magmen und damit die Bildungsbedingungen der Feldspäte teilweise voneinander verschieden.

Trägt man aber in ein Stereogramm nur Pole von Feldspäten aus demselben Dünnschliff ein, also von Mineralkörnern, die sich unter fast identischen Bedingungen gebildet haben, so ergibt sich folgendes:

a) Das Streufeld der Pole ist im allgemeinen kleiner.

b) Sehr häufig ordnen sich die Pole zu einem verhältnismässig engen Band, das der Migrationskurve parallel läuft.

Das Streufeld der Projektionspole von zonaren Kristallen (Fig. 5 a^2, b^2, c^2) überlagert sich dem Streufeld der Pole von nichtzonaren Feldspäten. Die Streuung der Pole ist in diesem Falle etwas grösser. Die Einengung des (010)-Feldes bei 70 % An findet man auch bei den zonaren Feldspäten.

Ein Vergleich mit den BEREK'schen Migrationskurven (Lit. 2, Tafel 3) zeigt, dass der Verlauf derselben ungefähr mit der Mittelkurve des Streufeldes übereinstimmt. Für die Kurve (010) ist dies für den basischeren Teil des Kurvenastes (von 50 % An aufwärts) der Fall, für den saureren Kurvenast ist die Übereinstimmung geringer und auch für (001) und Periklin fallen die BEREK'schen Kurven nicht mehr mit der Mittelkurve zusammen.

Aus den Stereogrammen (Fig. 1 u. 5) hat man ersehen, dass nicht alle Flächenpole auf die entsprechenden Migrationskurven fallen, sondern ein verschieden weites Streufeld besetzen. Es erhebt sich nun die Frage nach der Ursache dieser Streuung.

Wie oben erwähnt, wurden zur Konstruktion der Flächenpole nur gut bestimmbare Werte verwendet, die als zuverlässig gelten können, da bei ihnen die Messfehler höchstens sehr gering sind. Die Streuung der Pole kann deshalb nicht auf Messfehler zurückgeführt werden. Das ergibt sich auch aus folgenden Feststellungen: Das Streufeld der Pole (010) zeigt eine merkliche Verbreiterung für intermediäre Plagioklase (40—60 % An). Wäre die Streuung Messungsungenauigkeiten zuzuschreiben, so sollte die Breite des Feldes im ganzen Verlauf dieselbe sein.

Da folglich Messfehler auf die Lage des Poles nur einen sehr geringen Einfluss haben, dürfen wir annehmen, dass ein unter günstigen Bedingungen und mit gut justierten Apparaturen bestimmter Pol wirklich einem Plagioklas mit bestimmten Eigenschaften und mit einer bestimmten chemischen Zusammensetzung entspricht.

Bei dieser Gelegenheit seien einige Bemerkungen über die Messtechnik eingeschaltet. Die Genauigkeit der Messungen hängt sehr stark von der Genauigkeit der Justierung und Einstellung der Apparatur ab. Die Justierung des Mikroskops (Prüfung der Linsen, Glashalbkugeln, Glasplatte, Nikolkreuzung) geschieht ein für allemal vor Beginn der Messungen. Doch müssen andere Operationen vor jeder Bestimmung ausgeführt werden, so Zentrieren des Objektivs und des Drehtisches, Höheneinstellung des Dünnschliffs, Anpassung der Lichtintensität. Es ist unbedingt nötig, auf diese Operationen besondere Sorgfalt zu verwenden. Die Apparatur ist ziemlich heikel. Leicht kann es geschehen, dass Teile derselben während den Messungen sich aus ihrer Anfangsstellung verschieben, was zu ungenauen Resultaten der Messungen führen kann. Daher ist sowohl zu Beginn wie auch während den Messungen eine genaue Kontrolle

der Fixstellungen der Apparatur notwendig. Nur in solcher Weise ausgeführte Messungen können als zuverlässig gelten. Werden diese Vorschriften eingehalten, so ist der Einfluss der Messfehler sehr gering und kann vernachlässigt werden.

Da die Lage der Indikatrix im Kristallgebäude von der chemischen Zusammensetzung abhängig ist, so darf letztere als Hauptursache für die Streuung angesehen werden.

Bei unseren Erörterungen haben wir angenommen, dass die Plagioklase ein binäres System (Ab-An) bilden, was tatsächlich nicht der Fall ist. Die Anwesenheit des Kalifeldspatmoleküls in den Plagioklasen steht ausser Zweifel. Da keine chemischen Analysen ausgeführt wurden, kann über den Einfluss des Kaligehaltes auf die Lage der Indikatrix nichts ausgesagt werden. Auch ist nicht ausgeschlossen, dass das Feldspatsystem noch komplexer ist. „Inwieweit wir mit einer vierten Komponente (Nephelin-Molekül) zu rechnen haben, ist noch eine offene Frage". (Lit. 5, S. 104). Ob und inwieweit noch andere Ursachen die Lage der Indikatrix im Kristallgebäude beeinflussen, ist noch zu wenig bekannt.

Andere morphologische Bezugsrichtungen als (010), (001) und die Periklinebene treten zu selten auf, als dass die Lage ihrer Pole zu den entsprechenden Migrationskurven hier diskutiert werden könnte.

Ich hatte das Glück, die vorliegende Arbeit unter Leitung von Herrn Prof. Dr. M. Reinhard ausführen zu dürfen. Für die mir in seinem Institut erwiesene Gastfreundschaft und für das Interesse, das er meiner Arbeit stets entgegenbrachte, möchte ich ihm meinen herzlichsten Dank aussprechen.

Herr Prof. Dr. A. Streckeisen in Bukarest hatte die Freundlichkeit, mir das Untersuchungsmaterial zur Verfügung zu stellen. Auch ihm spreche ich dafür und für vielfache, anderweitig gespendete Hilfe meinen herzlichsten Dank aus.

Meinem Kollegen E. Wenk, der gleichzeitig eine ähnliche Arbeit über die Feldspäte einiger tertiärer Ergussgesteine Siebenbürgens ausführte und mit dem ich über viele hier besprochene Fragen diskutiert habe, möchte ich für die dadurch erhaltene Anregung danken.

Basel, Min.-Petr. Inst. der Universität, 20. Juli 1932.

Eingegangen: 20. Juli 1932.

LITERATUR

1. ATHANASIU, S., Geologische Beobachtungen in den Nordmoldauischen Ostkarpathen. Wien 1899.
2. BEREK, M., Mikroskopische Mineralbestimmung mit Hilfe der Universaldrehtischmethoden. Berlin 1924.
3. GHIKA-BUDESTI, ST., Les plagioclases des Banatites étudiés par la méthode Fédoroff. Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitteil. **XI**, 1. 1931.
4. HOLMES, A., Petrographic methods and calculations. London 1921.
5. REINHARD, M., Universaldrehtischmethoden. Einführung in die kristall-optischen Grundbegriffe und die Plagioklasbestimmung. Basel 1931.
6. RITTMANN, A., Die Zonenmethode. Ein Beitrag zur Methodik der Plagioklasbestimmung mit Hilfe des Theodolithtisches. Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitteil. **IX**, 1. 1929.
7. SCHUMANN, H., Lagebestimmung der Optik eines norwegischen Labradors mittels der Drehtischmethode von Fedorow. Schweiz. Min. u. Petrogr. Mitteil. **XI**, 2. 1931.
8. STRECKEISEN, A., Über das Nephelinsyenitmassiv von Ditro (Rumänien), Neues Jahrbuch f. Mineralogie, etc., Beilage-Band **64**, Abt. A. 1931.
9. — Junge Eruptivgesteine im östlichen Banat. Bul. Soc. Rom. de Geol. Vol. **I**, Buc. 1932.