

## ABHANDLUNGEN.

### DATEN ZUR KENNTNIS DER ZONAREN PLAGIOKLASE I.

Über die Zonarstruktur und die Kristallform.

— Mit Fig. 1–2. —

Von E. LENGYEL.\*

Seit mehreren Jahren verfolge ich mit Aufmerksamkeit die Verhältnisse der zonaren Feldspate der Andesite im Szentendre-Visegrader Gebirge. Ich suche einesteils jene Gesetzmässigkeiten zu erforschen, welche zwischen der äusseren Gestalt der zonaren Plagioklase und der allgemeinen Charakteristik der Gesteinstypen vorhanden sind, andererseits aber auch jene individuellen Eigentümlichkeiten, welche mit ihrem ausgesprochen zonaren Aufbau im Zusammenhange stehen.

Die Plagioklase der Andesite im Donau-Winkelgebirge formieren im allgemeinen taflige Kristalle nach M (010) und sind in der Richtung der Kristallaxe „a“ gestreckt. Ihrer Morphologie nach besitzen sie einen tafligen Typus mit positivem Wachstumscharakter. Die Hauptwachstumsform ist in den meisten Fällen die Längsfläche, mit welcher parallel meist eine vorzügliche Spaltungsfähigkeit erscheint. Die Feldspate der basischeren Gesteine sind gewöhnlich nach der „a“, die einiger saureren Biotitamphibolandesite hingegen sind nach der „c“ Kristallaxe gestreckte Prismen von Orthoklastypus. In basischeren Pyroxenandesiten ist meist keine Prismenzone stärker entwickelt, die Kristalle sind abgerundet und in den Querschnitten isometrisch. Vorherrschende Flächen sind die (010) und (001) Endflächen, dann kommen in der Reihenfolge die Prismenflächen (110) resp. Domen (101). Untergeordnet erscheinen (201) und (111), sowie selten in gut erkennbarer Grösse auch noch die Formen (021) und (120).

Diese kurze Charakterisierung der Morphologie bezieht sich auf die äusserste Grenzoberfläche der zonaren Plagioklase. Sehr interessante Ergebnisse erhalten wir aber, wenn wir in aufeinander gelagerten Zonen die Wachstumsverhältnisse der Kristallflächen, also die Formveränderungen der in Zonen wachsenden Kristalle beobachten.

\* Vorgetragen in der Fachsitzung der Ung. Geol. Gesellschaft am 3. März 1926.

Bei Kristallen homogener Stoffarten werden die wachsenden Kristalle laut der Bekräftigung durch Experimente, im späteren Stadium von denselben Flächen begrenzt, wie im Augenblicke der Formbeobachtungsmöglichkeit. Wenn keine störenden Momente auftreten, wachsen die Kristallflächen in mit sich selbst paralleler Richtung, der Kristall in der Zeiteinheit ringsherum in gleicher Dicke. Bei zonaren Plagioklasen aber kann man infolge der fraktionierten Kristallisation das Gegenteil dieses Prozesses beobachten. Beim Wachsen in den Zonen verändert sich der Formcharakter der Kristalle, als ob jede verschiedene Feldspatmischung von Ab—An Zusammensetzung ihre individuell charakteristische Kristallform — obgleich diese von geringer Trachtvariation ist — zu verwirklichen trachten würde. Meine näheren Untersuchungen zeigen, dass es kristallographische Richtungen gibt, in welchen — in gewisser Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzungsveränderung — die Wachstumsgeschwindigkeit, von den anderen abweichend, kleiner oder grösser ist, womit wieder die Grössen der Flächen in verkehrtem Verhältnisse stehen. Wenn wir unter Wachstum die Schnelligkeit der Stoffablagerung in der Richtung der Flächennormalen verstehen, so beweisen die Untersuchungen der zonaren Plagioklase, dass *die in den Kristallflächen in vektorieller Richtung stattfindende Verschiebungsschnelligkeit verschieden, in symmetrischen Richtungen aber natürlich gleichwertig ist.*

Die Zonarstruktur ist meist an den Längsflächenpaaren und den damit parallelen Schnitten am ausgeprägtesten, weil auf diesen Flächen die Beobachtung durch die häufig erscheinenden Albit- und Karlsbader Zwillingstreifen nicht gestört wird. Auf diesen Flächen kann man am schönsten die in den verschiedenen Zonenbreiten angegebene verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit wahrnehmen, deswegen ich bei meinen Untersuchungen diese Schnitte immer mit besonderer Aufmerksamkeit verfolgte.

In überwiegender Mehrzahl fand ich an mehreren hundert Schnitten, dass im Falle von nach aussen saurer werdenden isomorpher Zonarität der innerste, basischere Kern formreicher ist, während die äusseren Hüllen stufenweise einfacher erscheinen. Diese Beobachtung steht auch mit den Ergebnisse der kristallographischen Untersuchungen im Einklang, laut denen jene Plagioklase, die basischer sind als der Labrador, verhältnismässig formreichere Kristallkombinationen von vielerlei Flächenindices sind. Die Plagioklasglieder von saurer Zusammensetzung hingegen haben einen viel einfacheren Aufbau, indem sie zuweilen wahrhaft prototypisch (albittypus) sind.

Am ausgeprägtesten, am schärfsten ist die Zonarstruktur in den vorherrschenden  $\parallel (010)$  Schnitten. Der innere, vorausgesetzt aus

gleichmässigen Feldspatstoff bestehende Kern, welcher oft scharf konturiert ist, ist eine gedrungene, isometrische, reichflächigere Form. Die darauf folgenden Hüllen werden in der Richtung von (001) immer schmaler, in der Richtung der Prismen- und Domaflächen (110, 101, 201) aber stufenweise immer breiter. Als Folge dieses Prozesses wird der zonar wachsende Kristall in der Richtung der „a“ Kristallachse gestreckter und in der „c“ Richtung immer gedrückter. *Die Grössen der Prismen- und Domaflächen wird also infolge der rapiden Vergrösserung ihrer relativen Zentraldistanz, der Grösse der vorherrschend werdenden Basisfläche gegenüber stufenweise untergeordneter.* Die zonarstruirten Plagioklase sind also im Endresultat senkrecht auf die Wachstumsrichtung geringerer Schnelligkeit aufgebaute Kristalle, also *von Flächen geringerer Zentraldistanz begrenzt.* Die stufenweise Vereinfachung der Kristallform nach aussen steht nicht nur mit chemischen und strukturellen Faktoren, sondern auch mit von diesen abhängenden physikalischen Gründen in engem Zusammenhange. Unter diesen verweise ich hauptsächlich *auf die Anpassung der mit der Temperaturveränderung verbundenen Oberflächenspannung, welche Erscheinungen im Coordinations-Zusammenhange* — laut den neuesten physiko-chemischen Untersuchungen — auf die Ausbildung des Kristallgestalt einen entscheidenden Einfluss besitzen. Das Streben nach Formeinfachheit sehen wir auffallenden Exemplaren verwirklicht. In vielen Fällen wächst in der Richtung der Domenflächen die relative Zentraldistanz so rapid, dass die Grösse der Flächen fortwährend diminuierend, aus der Formbildung entfallen.

Auch das Gegenteil dieser Erscheinung kann man im Falle nach aussen basisch werdender recurrent-zonarer Struktur beobachten. *In beiden Fällen ist die Geschwindigkeit des Zonenwachstums in verschiedenen Richtungen abweichend und die aufeinander folgenden Hüllen verändern wesentlich den Formcharakter der Kristalle.*

Eine allgemein gültige Regel kann man in dieser Beziehung — bloss auf Grund von Untersuchungen der Feldspate in den Andesiten — nicht aufstellen. Behufs Feststellung endgültiger Gesetzmässigkeiten ist die Beobachtung der Plagioklase verschiedener Gesteine und besonders auch einschlägige physiko-chemische Experimente notwendig. So viel scheint wahrscheinlich, dass die vorherrschende oder untergeordnete Rolle der Flächen, die während des zonaren Wachstums durch Flächenselektion zu stande kommen, mit einer ganzen Gruppe von Ursachen in Verbindung steht. Sie hängt von der chemischen Zusammensetzung des Magmas — als einer molekular dispersen Phase — ab und von den Temperaturschwankungen und dem Druck, welche Faktoren auf die Molekularkräfte und die Entwicklung der Oberflächenspannungs-

zustände einen ausschlaggebenden Einfluss ausüben. Wenn laut der morphotropischen Untersuchungen kaum eine Abweichung im Molekularvolumen der einzelnen Feldspatmischungsglieder nachzuweisen ist und wenn laut Röntgen'schen Untersuchungen auch in der Struktur des Kristallgitters keine wesentliche Änderung auftritt — da ja dem Wesen nach von einer isomorphen Vertretung die Rede ist —, dann *müssen in den verschiedenen kristallographischen Richtungen tiefgreifende, von der chemischen Zusammensetzung und der Temperatur abhängende Unterschiede der Kräftewirkungen unter den Molekulan angenommen werden.* Diese Anziehungsdifferenz ergibt, dass die Stoffablagerung in verschiedenen Richtungen schneller oder langsamer und das Wachstum der Flächen rapider oder langsamer vor sich geht, was auch durch die Erfahrung bestätigt wird. Die Kristalle, aber auch die von ebenen Flächen begrenzten Zonen können wir als äussere Projektionsbilder der molekularen Anziehungsdifferenzen betrachten.

Wir gelangen in den Besitz ausserordentlich interessanter Daten, wenn wir das Tempo und die Richtungen des zonaren Wachstums mit den Grössenverhältnissen der Kristallflächen vergleichen.

Wenn wir das Centrum der Kristalle — den die Schnittpunkte der Flächennormalen resp. Flächendiagonalen leichter geben — mit den auf einander folgenden Ecken gleicher Natur der die isomorphen Glieder vertretenden Zonen verbinden, so erhalten wir gerade Linien, Wachstumsrichtungslinien oder nach der Gross'schen Nomenklatur Gratbahnen.

Solange die Geschwindigkeit des Wachstums nach allen Richtungen hin gleich bleibt, sind die Gratbahnen divergente Gerade, deren Winkelgrösse während der Zeitdauer des zonaren Wachstums beständig bleibt, also:

$$\alpha = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \dots \alpha_n$$

In diesen Fällen nehmen die auf einander folgenden Hüllen in der Zeilenheit des Wachstums relativ in jeder Richtung gleichmässig zu.

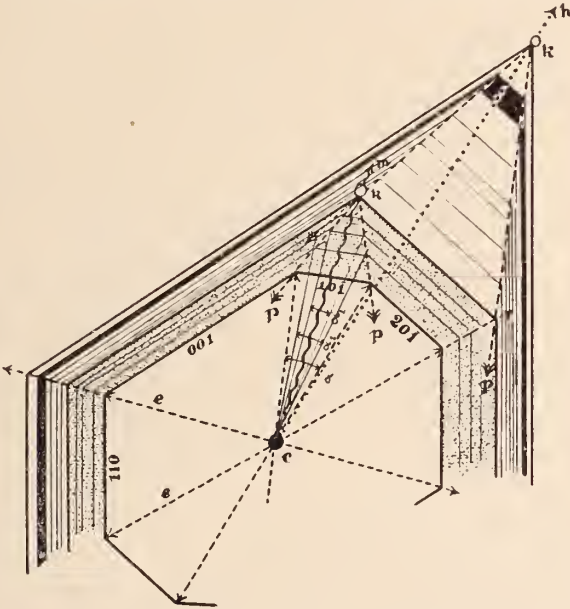
Wenn aber — wie wir es im Falle der nach auswärts sauer werdenden isomorph-zonaren Plagioklase wahrnehmen, — das Tempo des Wachstums nach verschiedenen Richtungen gleichmässig stärker oder schwächer wird, wenn also Unterschiede im Wachstum auftreten, dann wird der Winkelwert der nachbarliche Gratlinien in der Richtung des Wachstumsmaximums stufenweise immer kleiner. Die Gratbahnen nähern sich einander, ihre Winkelgrössen sind also in der Zeiteinheit:

$$\alpha > \alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \dots \alpha_n$$

so, dass in einem gewissen Zeitpunkte die zwei Gratbahnen sich vereinigen und eine sekundäre Gratbahn bilden können. (S. Figur 1.) Mit

ihr treten gleichzeitig speziferische Gratbahnen auf, welche gegen die an der Stelle der Kristallfläche erscheinende Ecke konvergieren und nicht mehr durch das Zentrum des Kristalls gehen.

In der Nachbarschaft der Wachstumsmaxima — auf ihre Richtung vertikal oder bloss wenig schief — treten gleichzeitig Wachstumsminima von entgegengesetzter Stärke auf und als Ergebnis der beiden Vorgänge — tritt mit entgegengesetztem Index eine Flächenselektion ein. *Bei isomorph-zonaren Feldspaten, die nach aussen saurer werden, ist das Streben nach Formeneinfachheit eine allgemeine Erscheinung.*



Figur 1. Nach aussen saurer werdender, isomorph-zonaler Plagioklas. In der Nachbarschaft der Zuwachsmaximуме treten Wachstumsminimуме auf, demzufolge entsteht eine Flächenselektion. Die Kristallform wird einfacher.  $c$  = Kristallzentrum, zentraler Focus;  $e$  = primäre,  $m$  = sekundäre,  $h$  = tertiäre Gratbahnen;  $k$  = peripheraler Focus der Kristallisation (neue, sekundäre Kristallecken);  $p$  = peripherische Gratbahnen;  $\alpha > \alpha_1 > \alpha_2 \dots > \alpha_n$  = abnehmende Winkelwerte der Gratbahnen.

Das Gegenteil dieser Erscheinung können wir in Fällen der nach aussen basischer werdenden rekurrent-zonaren Plagioklasse wahrnehmen. Hier ist die innere Form gewöhnlich einfacher, manchmal ein Rhombus oder ein Rhomboid, bei denen die Wachstumsrichtungen auseinander gehende Gerade sind. Wenn in einer Richtung ein Wachstumsminimum auftritt, teilt sich die primäre Gratbahn im Augenblicke der Geschwindigkeitsabnahme des Wachstums in zwei divergente Zweige. Als Folge von in nachbarlicher Richtung auftretenden Wachstumsmaximas treten an den Stellen der Ecken stufenweise wachsende Kristallflächen auf,

deren Normale von der primären Gratbahn in dem Falle gebildet wird, wenn rechts und links der maximale Wert des Wachstums symmetrisch übereinstimmt. Im entgegengesetzten Falle entstehen Kristalle, die sich zur primären Gratbahn schief neigen.

Wenn wir in auf einander folgenden Zeiteinheiten aus dem Mittelpunkt des Kristalls die Gratbahnen ziehen, erfahren wir, dass ihre Winkelgrösse sich so verändert (S. Figur 2.) :

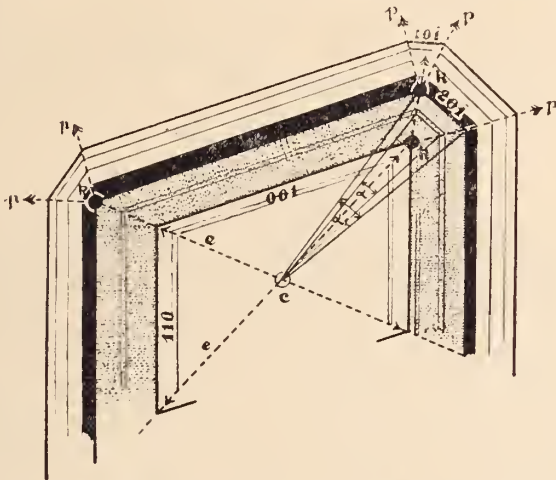
$$\alpha < \alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3 < . . . . \alpha_n$$

Der Verlauf ist also eben das Gegenteil des Vorigen. Als ein derartiges Ergebnis erscheinen *an der Stelle der Kristallecken Flächen und der ursprünglich einfachere Kristall wird formreicher.*

Wenn wir die zwei bestehenden Figuren näher betrachten, scheint es, als ob im Falle nach auswärts einfacher werdender Kristalle *gewisse peripherische Kristallisationsfokusse verschwänden und die formbildende Kraft des Zentralfokus immer stärker würde. Bei nach aussen komplizierter werdenden Kristallformen verliert der zentrale Kristallfokus seinen leitenden Charakter, sekundäre, tertiäre peripherische Fokusse setzen ein und übernehmen von der abschwächenden Kraft des zentralen Fokus die formgestaltende Rolle. In beiden Fällen ist eine Formveränderung die Folge.* Für die überwiegende Mehrheit der isomorph-zonaren Plagioklase ist *die Flächenvereinfachung charakteristisch.* Der Vorgang schreitet inn einem um so schnelleren Tempo vorwärts, je ausgeprägter die Wachstumsminima und Maxima sind, die nebeneinander auftreten. Die Flächenreduktion, richtiger das Ergebnis der Flächenselektion ist meinen Untersuchungen zufolge eine derartige endgültige Kristallform, die bei ungestörten chemischen und physikalischen Verhältnissen ringsherum mit gleichmässiger Schnelligkeit wächst. Diese Form steht der „primitiven“ Kristallform der Plagioklase nahe. Aber der ungestörte und zu Ende gehende Verlauf der Flächenselektion an nach aussen saurer werdenden Feldspate wird an natürlichen Plagioklasen selten wahrgenommen. Die ausgestörte Bedingung des Verlaufs wird gewöhnlich durch die früher eintretende gänzliche Erstarrung des Gesteinmagmas verhindert.

So kompliziert auch die Erklärung des Verlaufs erscheint so steht die Tatsache des Prozesses der Flächenselektion innerhalb gegebener chemischer Bedingungen mit physikalischen Faktoren in unfraglichem Zusammenhang. Beim Lösen dieser Probleme wird man gewahr, dass ausser den mit Temperatur- und Druckveränderung verbundenen Konzentrationsänderungen auch *strukturmolekulare Ursachen* in den Vordergrund treten, mit welchen sich die Morphologie der Kristalle in

engem Zusammenhange befindet. Beim Wachsen der Kristalle ist schon in der zwischen den Molekülen befindlichen Anziehung die versteckte Tendenz vorhanden, nach welchen Richtungen und in welchem geschwindigkeits-Tempo die Zunahme des Kristalles erfolgen solle. Weil aber für eine jede Hülle eine verschiedene chemische Zusammensetzung und eine verschiedene Erstarrungstemperatur charakteristisch ist, — obzwar ihre Schwankung in vielen Fällen eine sehr geringe ist — müssen wir annehmen, dass hauptsächlich diese zwei Faktoren die Anziehungskräfte zwischen den Molekülen beeinflussen, dass also ihre molekular gebundenen Phasen sich den schwankenden chemischen und physikalischen Verhältnissen mit sich stufenweise verändernder



Figur 2. Nach aussen basischer werdender, recurrent-zonaler Plagioklas. Die primäre Gratbahn zerteilt sich im Moment der Wachstumsverminderung auf zwei divergierende Zweige und auf dem Platz der Kristallecke tritt Flächeninterkalation auf. Die Kristallform wird nach aussen flächenreicher.  $c$  = schwächer werdender, zentraler Kristallisations-Focus;  $k$  = neuer, peripherischer Focus;  $e$  = primäre,  $p$  = peripheriale Gratbahnen;  $\alpha < \alpha_2 \dots < \alpha_n$  = zunehmende Winkelwerte der Gratbahnen.

*Oberflächenspannung, richtiger mit kristallstrukturell möglicher Variabilität ihrer Gestalt anpassen.*

In den Richtungen schnelleren Wachstums müssen wir eine kräftigere Molekülanziehung voraussetzen, wobei die Schwerpunktdistanz der bildenden Stoffteilchen (Moleküle oder Radikale) kleiner ist. Wenn aber umgekehrt mehrere Verbindungsrichtungen mit kleinerer Schwerpunktdistanz in eine Fläche fallen, dann äussert sich längs der Fläche eine stärkere Kohäsion; die Fläche erscheint als ausgebildotere Begrenzungsfläche (010, 001) und die Kristalle werden von tafligem Habitus. Da auf diesen Flächen in senkrechten Richtungen die Kohäsion geringer, ferner die Schwerpunktdistanz der elementaren Stoff-

teilchen grösser ist und die Moleküle von einander leichter trennbar werden, *erscheinen die ausgebildeten Grenzflächen als vorzügliche Spaltungsrichtungen.*

Die Plagioklase sind ausgezeichnete Verkörperungen jener Annahme, dass mit besser ausprägen kristallographischen Richtungen engere Strukturrichtungen zusammenfallen.

\*

Aus dem mineralogisch-geologischen Institut der Francisci-Josephi Universität in Szeged, im Februar 1926.

## DIE ABSONDERUNG DER EFFUSIVEN GESTEINE AM TOKAJER-BERGE UND DEREN MORPHOLOGISCHE BEDEUTUNG.

Von J. SIMKÓ.\*

— Mit 3 Tafeln am Ende des Bandes. —

*Absonderung der Gesteine und Morphologie.* SCHNEIDER und STÜBEL erklären die vulkanischen Oberflächenformen aus der Beschaffenheit der Lava. Wenn wir innerhalb der grossen vulkanischen Formen die Entstehung der *Kleinformen* erklären wollen, dann müssen wir hauptsächlich auf die *Absonderung* (entokinetische Litoklasen) der Laven Bedacht nehmen. Die *Batroklasen* und *Diaklasen* der Gesteine müssen ebenfalls berücksichtigt werden, denn *die Verwitterung, die Denudation und die lineare Erosion als die Oberflächenformen gestaltende Vorgänge sind mit der Lavenabsonderung im engen Zusammenhange.*

*Die Gesteine des Tokajer-Berges* sind effusive Vulkangesteine. Diese Gesteine sind durch die Infiltration des basischen pyroxenandesitischen Magmas mit einem saueren Magma entstanden. Deshalb sind die Gesteine der N- und NW-Teile des Berges rhyolithischer Natur. Diese Mischgesteine sind *ein abnormales Produkt*, daher auch die Absonderungen *sehr abnormal*. Da in der Lagerung der *Massengesteine* des Berges keine Regelmässigkeit vorherrscht, habe ich von der, in drei Richtungen auszuführenden Bestimmung der scheinbar vereinzelt dastehenden Lavaschichten abgesehen und statt dessen nur die Richtung und die Fallenwinkel der Lavaabsonderungen bestimmt.

*Absonderungssysteme der Gesteine.* Für den Forscher interessante Steinbrüche und Auflüsse sind meistens nahe am Fusse des Berges in die Abhänge eingehaut. Alle stehen offen bis zur Oberfläche. Sie bilden

\* Vorgetragen in der Fachsitzung der Ung. Geol. Ges. am 7. April 1926.