

Man wird also zu beachten haben, dass bei Magmen von derartiger Zusammensetzung bei unter 1 fallendem Kieselsäurequotienten sich ein kalkreicher Plagioklas vor dem Augit abscheiden muss und bei über 1 steigendem die Thonerde grossentheils in das Augitmolekül übertritt, und so eine Uebersättigung des Magmas mit Augit herbeigeführt wird. Das erstere möchte somit leicht Veranlassung zur ophitischen Structur werden. Man wird auch auf diese Dinge bei der Erklärung von Saigerungserscheinungen und, mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Mischung entsprechender Magmen, bei der Schlierenbildung Bedacht zu nehmen haben.

---

### Krystallisationsgeschwindigkeit und Krystallisationsvermögen geschmolzener Mineralien.

Von C. Doelter.

Mit 1 Textfigur.

Graz, Mineralogisches Institut.

In Heft 18 p. 545 dies. Centralbl. 1902 machte ich auf einen etwaigen Einfluss der Krystallisationsgeschwindigkeit auf die Ausscheidungsfolge aufmerksam. Auch MEYERHOFFER bemerkt, dass neben der chemischen Zusammensetzung noch die Erstarrungsgeschwindigkeit von Einfluss sei. Von grosser Wichtigkeit für minerogenetische Vorgänge, sowie für die Petrogenesis sind die Arbeiten TAMMANN's über Krystallisationsgeschwindigkeit und Krystallisationsvermögen<sup>1</sup>.

Das spontane Krystallisationsvermögen ist nach TAMMANN die Anzahl  $n$  der in der Volumeinheit während der Zeiteinheit sich bildenden Krystallkerne<sup>2</sup>. Nach TAMMANN besitzt das spontane Krystallisationsvermögen ein Temperaturmaximum, wie er dies bei Betol nachwies. Nach meinen Versuchen scheint dies bei Mineral-schmelzen, obgleich genaue Messungen nicht möglich sind, ebenfalls wahrscheinlich. Einige Grade unter dem Schmelzpunkt ist es gering und wächst rasch mit der Unterkühlung.

Die Zahl der Kerne ist in einem bestimmten Volum bei verschiedenen Mineralien sehr verschieden, und das ist eben die Verschiedenheit des Krystallisationsvermögens; bei manchen Mineralien wie bei Augit, ist dieses so gross, dass man Glas nur schwer erhält. Je nach der Schnelligkeit der Dauer der Abkühlung erhält man radiale kugelförmige Gebilde, oder Skelette, Mikrolithe, oder gut ausgebildete Krystalle, dies dürfte übrigens vielleicht auch von der Natur der Mineralien selbst abhängen, denn bei Augit erhält man nur sehr selten die beiden erstgenannten Bildungen.

---

<sup>1</sup> Zeitschrift f. physik. Chemie Bd. 24, 25, 26. Pg. Ann. d. Physik. N. F. Bd. LXII, LXVI, LXXVIII.

<sup>2</sup> TAMMANN, Pogg. Ann. N. Folge LXVII, p. 288.

Das spontane Krystallisationsvermögen ist bei manchen Mineralien sehr gering, sie können daher aus Schmelzen nicht krystallisieren, z. B. bei Orthoklas, man könnte sich allerdings fragen, ob bei diesen und ähnlichen die Schmelze wirklich dem Orthoklas entspricht. Wir wissen, dass bei einer gewissen Anzahl von Körpern mit dem Schmelzen eine Umwandlung eintritt, bei manchen schon weit früher. Granat-Idokras-Schmelzen sind von diesen Mineralien gänzlich verschieden<sup>1</sup>, ebenso Glimmer-Hornblende.

Diese Mineralien besitzen eine Existenz-Temperaturgrenze.

Die Krystallisationsgeschwindigkeit ist die lineare Geschwindigkeit in mm pro Minute<sup>2</sup>. Bei Mineralien muss aber betont werden, dass in der Krystallisationsgeschwindigkeit nach verschiedenen Richtungen grosse Unterschiede bestehen und dass verschiedene Mineralien sich auch darin vielfach unterscheiden, dass nach verschiedenen Richtungen die Krystallisationsgeschwindigkeit verschieden ist. Bei Mineralien aus Schmelzen scheint nach meinen Erfahrungen der Unterschied ein sehr bedeutender zu sein, darauf beruht die Leisten- und Mikrolithenbildung. Diese Eigenschaft ist aber bei verschiedenen Mineralien sehr verschieden. Bei Magnetit und Leucit ist sie in verschiedenen Richtungen ziemlich gleich, ob das bei allen regulären Krystallen der Fall ist, kann ich nicht angeben.

Bei geschmolzenen Mineralien lässt sich die Geschwindigkeit pro Minute nicht vergleichen, da sie ja gegenüber organischen Substanzen, wie sie TAMMANN erprobte, minimal ist, ich habe bei meinen Versuchen durch 1 Stunde 40 Min., also 100 Minuten, abgekühlt, daher zum Vergleich mit den von letzterem Forscher erhaltenen Zahlen meine Werthe durch 100 zu dividieren wären. (Es wurden auch Versuche mit 50 Minuten Abkühlungsdauer angestellt, diese Zahlen wurden mit 2 multiplicirt.) Bei anderen Versuchen von längerer Dauer wurde die Zeit ausdrücklich angegeben.

Die Krystallisationsgeschwindigkeit hängt nun von der Unterkühlung ab, nach TAMMANN nimmt sie bei Unterkühlung von ca. 15° einen maximalen Werth an, während sie nach KÜSTER u. a. proportional wächst. Die Annahme TAMMANN's, dass ein Maximum existirt, scheint durch die Erfahrungen, welche ich bei vielen Schmelzen machte, bestätigt, denn um grosse Krystalle zu erhalten, muss man bei einer bestimmten Temperatur unter dem Schmelzpunkte bleiben, während weiter unter diesem nur kleine Krystalle

<sup>1</sup> Wie ich früher gezeigt habe, setzt sich Granat in Anorthit und Olivin um:  $\text{Ca}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12} = \text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8 + \text{Ca}_2 \text{SiO}_4$ . Berechnet man die Molekularvolumina, so erhält man die Zahlen 129 resp. 101+51; bei der Umsetzung wird also ein Mineral von höherem Molekularvolumen entstehen, der hohen Temperatur entsprechend, bei welcher Granat nicht mehr existenzfähig ist. Wahrscheinlich würde man, wenn unter Druck und niedrigerer Temperatur die entgegengesetzte Reaktion möglich wäre, dann das umgekehrte beobachten; eine Contraction wie bei der Zoisitbildung (BECKE).

<sup>2</sup> TAMMANN, Z. f. physik. Chemie.

erhalten werden, nach meinen approximativen Messungen bei Augit, Plagioklas, Nephelin liegt aber diese Temperatur mehr als 20—25° unter dem Schmelzpunkt, eher näher bei dem Erstarrungspunkte, hier ist also der Theil, in welchem die grössere Krystallisationsgeschwindigkeit liegt zwischen A und C.

Versuche über die Krystallisationsgeschwindigkeit und die Zahl der Kerne, wie sie TAMMANN bei leicht schmelzbaren organischen Schmelzen anstellte, lassen sich bei Mineralien in der Weise nicht anstellen, schon wegen der praktischen Schwierigkeiten. Ich habe jedoch bei einer Anzahl von aus Schmelzen dargestellten Mineralien die ungefähr in derselben Zeit erhaltenen Krystalle zählen und auch die Längen vergleichen können, so dass ein Schluss auf die relative Krystallisationsgeschwindigkeit und Krystallisationsvermögen möglich ist.

Aus meinen Versuchen schliesse ich, dass die Zahl der Kerne innerhalb des Temperaturintervalles, in welchem Krystallisation stattfindet, sehr stark wechselt, und zwar dass sie Anfangs langsam dann sehr rasch wächst, um dann wieder Anfangs langsam, dann rasch zu fallen. Verschiedene Stellen einer Schmelze, welche Temperaturunterschiede von höchstens 40° unter einander zeigten, zeigten sehr grosse Unterschiede, dabei ergiebt die Kurve für die Zahl der Krystallisationskerne ein Maximum. Zu betonen ist auch, dass die Mineralien nicht ganz rein sind, da sie ja Einschlüsse enthalten und dass dies auf die Krystallisationsgeschwindigkeit einwirken wird. Dies könnte bei den natürlichen Vorgängen vielleicht stärkeren Einfluss haben.

Sehr interessant sind auch die Bemerkungen TAMMANN'S über die Veränderung der Krystallisationsgeschwindigkeit bei verschiedenem Druck; weil sie für die Frage, ob ein körniges granitisches Gestein sich verhältnissmässig rasch bildet oder nicht, von Wichtigkeit ist. Eine sehr häufige Ansicht ist die, dass der Druck einen hervorragenden Antheil bei Herstellung körniger Struktur hat; die Experimente OETLING'S, die einzigen mir bekannten, würden allerdings das Gegentheil beweisen, da er bei Druck nur Gläser erhielt, diese Versuche sind jedoch aus dem Grunde zum Theil anfechtbar, weil die Abkühlung der Schmelzen eine schnelle war, daher Unterkühlung nicht eintrat, immerhin zeigen doch die Versuche, dass auch unter Druck Gläser bei rascher Abkühlung entstehen können, und dass die Abkühlung eine wichtige Rolle spielt. Bei rascher Abkühlung ist Unterkühlung nicht möglich, und gerade aus diesen Versuchen geht hervor, dass die Unterkühlung mit der Krystallisationsgeschwindigkeit und mit dem Krystallisationsvermögen zusammenhängt. Der Druck kann daher die Unterkühlung nicht ersetzen und die langsame Abkühlung ist für jene Strukturen sehr wichtig, dagegen wird porphyrtartige Struktur bei Anfangs rascherer und späterer langsamer Abkühlung ermöglicht.

Viele Versuche bei Druck liegen nun nicht vor, aber sowohl aus OETLING's wie aus TAMMANN's Versuchen geht hervor, dass der Druck nicht unmittelbar von grossem Einflusse ist, aber eine indirekte Einwirkung durch Zurückhalten des Wassers und der Mineralisatoren unter Druck ist wahrscheinlich. In der That weist TAMMANN<sup>1</sup> bei organischen Verbindungen nach, dass die Kernzahl gegen Zusätze sehr empfindlich ist, und zwar auch gegen solche, welche einen chemischen Einfluss nicht ausüben können, wie Quarz und Feldspath bei organischen Verbindungen. Aus einer grossen Zahl von Synthesen schliesse ich, dass der Einfluss von Chloriden, Fluoriden, Wolframsäure und anderer sogenannter Mineralisatoren sich auch in Vergrösserung des Krystallisationsvermögens und der Geschwindigkeit äussert. Zu erfahren bleibt, ob sich dies auf Reaktions- oder Krystallisationsgeschwindigkeit bezieht.

Wenn eine Schmelze mit schon bestehenden festen Krystallen erstarrt (Impfung), so bilden sich parallel angeordnete Nadeln (was allerdings von dem Temperaturgebiet abhängig ist) und es entsteht Fluidalstruktur; zu bemerken ist, dass bei den Versuchen der Einfluss eines solchen Impfkristalls räumlich sehr beschränkt ist und sich nur auf ein kleines umliegendes Gebiet erstreckt.

Die Neigung zur Glasbildung kann sowohl durch geringe Krystallisationsgeschwindigkeit entstehen oder bei grösserer Geschwindigkeit, wenn das Krystallisationsvermögen gering ist. Bei sauren Schmelzen scheinen nun beide gering zu sein, wir wissen, dass Orthoklas und Quarz aus Schmelzen auch bei Gegenwart von Mineralisatoren nur in kleinen Krystallen sich bilden. Gemenge dieser Mineralien sind daher, wie wir bei Lipariten sehen, nur selten krystallinisch, sondern hauptsächlich glasig, auch die Felsitgrundmasse ist schlecht krystallisirt, eine Ausnahme davon macht der Granit; hier hat vielleicht der Druck Einfluss neben den Mineralisatoren, jedenfalls aber die Dauer der Abkühlung.

Die von TAMMANN gefundene Erscheinung, dass die Krystallisationsgeschwindigkeit von dem Gefässe abhängt, bestätigt eine längst bekannte Thatsache bei mineralogisch-synthetischen Versuchen, nämlich dass, je grösser das Gefäss, je grösser die Krystalle ausfallen.

Bei genügend rascher Abkühlung können die meisten Stoffe als Gläser erstarren, ob dies für alle gilt, wie TAMMANN meint, kann ich nicht sagen; Augitglas ohne Mikrolithen ist jedenfalls schwer zu erhalten, denn auch bei der raschesten Abkühlung waren einige solche vorhanden. Bei Gegenwart von Fluoriden, Chloriden etc. bildeten sich bei meinen Versuchen auch stets einzelne Krystalle.

Polymorphe Modifikationen, wie sie TAMMANN gleichzeitig beim Krystallisiren beobachtet, scheinen bei Mineralien wohl selten zu entstehen, da eben die Existenztemperaturgrenzen hier eine Rolle

<sup>1</sup> Zeitschr. f. physik. Chemie. XXIV. 478.

spielen, die bei dimorphen Stoffen sehr verschieden sind, eine Ausnahme würde nur bei Hornblende und Augit bestehen, die ja in Gesteinen neben einander und sogar verwachsen vorkommen, dieser Fall wäre also dem angeführten analog.

#### Versuche an gesteinsbildenden Mineralien.

Genauere Versuche wie bei organischen leicht schmelzbaren Substanzen sind bei Mineralschmelzen nicht durchführbar, ich habe nun die Resultate früherer zahlreicher Krystallisationsversuche revidirt und ausserdem noch eine Anzahl neuer ausgeführt, bei welchen die Schmelzen unter gleichen Bedingungen abgekühlt wurden. Angewandt wurden kleine Platincylinder von  $7\frac{1}{2}$  mm Durchmesser und 2 cm Inhalt. Schwierigkeiten macht die Messung der Temperatur und der Unterkühlung speciell, so dass wir hier nur approximative Resultate vor uns haben. Die Messungen mit dem Rhodium-Platin-Element lassen allerdings Bestimmung von  $10^{\circ}$  zu, aber die ganze Operation ist doch keine genaue. Es wurde aber ein gleichmässiger Vorgang eingehalten, zuerst erfolgte eine Unterkühlung von ca.  $30-45^{\circ}$  und nach 50' eine weitere bis zur völligen Erstarrung. Bei einzelnen Versuchen, die lange dauerten, war die letztere Periode diejenige, auf welche sich die längere Dauer bezieht.

Die Versuche, welche an gesteinsbildenden Mineralien ausgeführt wurden, haben praktischen Werth, namentlich im Hinblick auf die Ausscheidungsfolge der Mineralien<sup>1</sup>, wie ich schon früher ausgeführt habe, und auch für die Beurtheilung der Struktur der Mineralien.

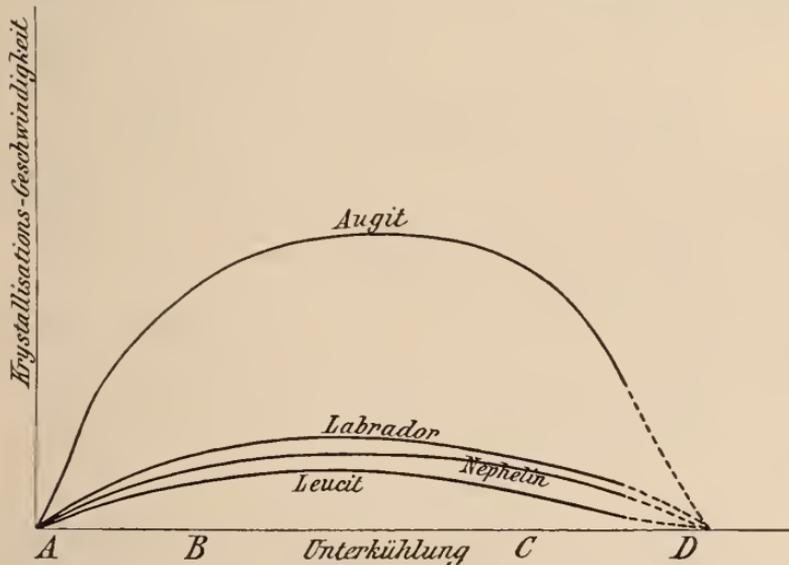
Vergleicht man die Zeit, welche nöthig ist um ein geschmolzenes Mineral in krystallinischen Zustand zu überführen, so findet man grosse Differenzen, bei Augit und Nephelin ist sie gegenüber Labrador bedeutend geringer.

Die Gestaltung der Curven ist natürlich nur eine approximative, wie ja auch die Zahlen für Kernzahl und die Maxima der Krystallisationsgeschwindigkeit mehr auf Schätzungen beruhen, da ja die Temperaturen nicht so genau bestimmt werden können, als es zur genauen Fixirung der Curven nothwendig wäre. Genauere Daten könnten erst erhalten werden, wenn es gelänge, das Wachsthum etwa in kleinen Gefässen aus geschmolzenem Quarz unter dem Mikroskop direkt zu beobachten. Was nun die Gestaltung der Curven anbelangt, so ist das Gebiet bis B das der Bildung grösserer Krystalle, oft Nadeln und Leisten, wie bei Labrador, später bei C haben wir das Gebiet dicker Säulen und Körner (Nephelin und Augit).

Dass auch dort, wo grosse Augitkrystalle sich bilden, kein Glas vorkommt, erklärt sich dadurch, dass während dieses Temperaturintervalles (welcher wohl dem Abschnitt AB der Unterkühlung

<sup>1</sup> DOELTER: Ueber einige petrogenetische Fragen. Centralblatt 1902. — Vergl. auch MEYERHÖFFER, Zeitschr. f. Krystallographie 1902.

entsprechen dürfte, vergleiche die Figur) Anfangs noch Flüssigkeit zwischen den rasch wachsenden Krystallen sich befindet, und dass im weiteren Verlauf bei wachsender Unterkühlung hier bei steigendem Krystallisationsvermögen bei C kleinere Krystalle zwischen den grossen entstehen. In dem Gebiete grossen Krystallisationsvermögens ist die Dicke der Krystalle wohl grösser, schliesslich bilden sich rundliche Körner. Bei einem Versuche mit Augit vom Mte. Rossi, der 10 Minuten dauerte, ergab sich eine relativ viel grössere Krystallisationsgeschwindigkeit als bei den 100 Minuten dauernden Versuchen, es waren Krystalle von 8—12 Th. zu beobachten, was für 100 Minuten bis zu 120 Th. ergeben würde, dies zeigt, dass bei längerer Dauer eine Abnahme der Krystallisationsgeschwindigkeit eintritt. Es wären daher Versuche von 10 Minuten Dauer anzu-



stellen, aber bei dieser Versuchsdauer waren die erhaltenen Krystalle (mit Ausnahme von Augit) so klein, dass die Messungen unsicher sind.

#### Augit.

Er ist unter den gesteinsbildenden erprobten Mineralien dasjenige, welches die grösste Krystallisationsgeschwindigkeit und das grösste Krystallisationsvermögen besitzt, daher auch sehr schwer in glasigem Zustande zu erhalten ist, ferner wechseln beide mit der Temperatur stark, so dass man je nach den Temperaturgebieten bald grosse Krystalle, bald kleine Körner erhält, aber fast niemals Glas, sofern Unterkühlung überhaupt stattfindet. Was die Geschwindigkeit in den zwei am meisten verschiedenen Richtungen anbelangt, so ist sie bei den grossen Krystallen sehr verschieden und schwankt zwischen 1 : 8 und 1 : 3; bei den dicken Säulen und

Körnern, welche sich dort bilden, wo das Krystallisationsvermögen maximal ist, sind die Dimensionsunterschiede sehr geringe.

**Augit vom Mte. Rossi.** 1. Bei mehreren Versuchen wurden Schmelzen erhalten, welche im Innern feinkörnig, am Rande grössere Krystalle zeigten. Glas ist nicht vorhanden. Versuchsdauer 100'.

Aeusserer Theil: Länge der Krystalle 40—90 Theilstriche<sup>1</sup>. Durchschnitt 56 Th. Dicke 8—15 Th. Kernzahl 24—28.

Innerer feinkörniger Theil: Durchmesser der Säulen und Körner 4—10 Th. Durchschnitt  $6\frac{1}{2}$  Th., einzelne grosse Krystalle haben bis zu 12 Th. Länge und 7 Th. Dicke. Glas fehlt. Kernzahl 220—240.

2. Versuchsdauer 10'. Länge der einzelnen Krystalle 6, 7, 8, 10, 12 Th. Durchschnitt 8 Th.

**Augit von Arendal.** Dauer 100 Minuten.

Länge: 1, 2, 3, 5, 6, 8, 12 Th. Durchschnitt 6.

Dicke:  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4,  $4\frac{1}{2}$ , 5, 6 Th. Durchschnitt  $2\frac{1}{2}$ .

Kernzahl 200—240. Kein Glas.

**Augit von Nordmarken.** Körnig, kein Glas. Versuchsdauer 200 Minuten.

Länge: 12, 15, 20, 21, 25, 30, 40, 45 Th. Durchschnitt 27.

Dicke: 2, 2, 3, 3,  $3\frac{1}{2}$ , 4, 5, 6 Th.

Kernzahl 28—30.

**Spodumen von Stirling.** Dauer 100 Minuten. Theilweise glasig.

Länge: 12, 15, 20, 21, 25 Th. Durchschnitt 17.

Dicke: 2, 4, 10, 10, 15 Th.

Kernzahl 15—20.

### Labrador.

Geringer ist das Krystallisationsvermögen des Labradors und des Anorthits, es giebt Temperaturintervalle, bei welchem es fast 0 ist, und man erhält daher dann Glas. Die Krystallisationsgeschwindigkeit ist oft eine sehr bedeutende und sie wechselt stark mit der Temperatur, aber sie erreicht niemals die des Augites. (Nur in Hohlräumen ist die Geschwindigkeit sehr gross.) Der Unterschied in verschiedenen Richtungen ist grösser als bei Augit, er verhält sich zwischen 1:8 bis 1:20. Körner bilden sich daher auch selten. Fluoride und Chloride scheinen keinen grossen Einfluss auf die Geschwindigkeit zu haben, eher Wolframsäure. Zu bemerken wäre noch, dass Beimengungen, wie die anderer Mineralien, jedenfalls von grossem Einflusse sind und dass die Geschwindigkeit wechseln kann.

**Labrador von Kiew.** Dauer 100 Minuten.

Länge: 10, 10, 12, 15, 15, 17, 20, 20, 25, 30 Th. Durchschnitt 16.

<sup>1</sup> Ein Theilstrich = 0.01 mm. Die Kernzahl wurde im Schiff gemessen, in einem Quadranten des Gesichtsfeldes dessen Flächenraum 3.5 □ mm betrug.

Dicke:  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1, 1,  $1\frac{1}{2}$ , 2, 2,  $2\frac{1}{4}$  Th.

Zahl der Kerne 150—170. Ziemlich viel Glas.

Weitere Versuche von 200 Minuten Dauer gaben entsprechende Zahlen; es war Glas, wenn auch in geringeren Mengen, vorhanden.

Bei Orthoklas, welcher aus Schmelzfluss direkt nicht krystallisiert, wird dies jedoch erreicht durch Zusatz von Wolframsäure. Es entsteht nun die Frage wie diese wirkt, es kann dies durch Erniedrigung des Schmelzpunktes sein, wodurch der Ausscheidungspunkt herabgesetzt wird und die Existenzgrenze des Orthoklases nicht überschritten zu werden braucht, andererseits kann der Zusatz von Wolframsäure das spontane Krystallisationsvermögen und die Krystallisationsgeschwindigkeit, die sonst gleich 0 sind, vergrößern. Letzteres scheint jedenfalls auch der Fall zu sein, um so mehr, als in Schmelzen von der Zusammensetzung von Gesteinen, wie die Versuche von SCHMUTZ, K. BAUER zeigen, Orthoklas sich wirklich ausscheidet.

Bei mehreren Umschmelzungsversuchen des Orthoklases wurde nur Glas erhalten, daher Krystallisationsgeschwindigkeit und Krystallisationsvermögen gleich 0. Bei Zusätzen von 5 bis 10 % Wolframsäurem Kali wurden Krystalle beobachtet, deren Länge  $\frac{1}{4}$ —1 Th. waren, bei einer Dicke von ca.  $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{5}$ , ihre Zahl war immer gering.

Bei Nephelin ist die Krystallisationsgeschwindigkeit kleiner wie bei Plagioklas, doch sind für beide die Maxima nicht sehr verschieden; auch hier ist der Unterschied der Schnelligkeit in verschiedenen Richtungen manchmal sehr gross, daher sich auch dünne Nadeln nach der Hauptaxe bilden. In Gesteinen ist dies aber bekanntlich nicht der Fall, man erhält aber ein Anwachsen in den Richtungen senkrecht zur Hauptaxe erst bei sehr langer Dauer der Abkühlung, es scheint also hier die Geschwindigkeit in verschiedenen Temperaturgebieten sehr verschieden, und daher die Dicke der Krystalle in diesen stark zu wechseln.

Das Krystallisationsvermögen ist jedenfalls in einem bestimmten Temperaturgebiete sehr gross, in welchem die Krystallisationsgeschwindigkeit nach der Hauptaxe geringer ist, und die Säulen dick werden, dieses Gebiet liegt in der Nähe des Erstarrungspunktes. Der geschmolzene Nephelin kann daher leicht bei längerem Verharren in diesem Gebiet ganz krystallinisch erhalten werden ohne Glasrest, dort wo sich jedoch lange dünne Nadeln bilden, ergibt sich auch Glas.

1. Elaeolith von Norwegen. Versuchsdauer 100 Minuten. Beimengung von Orthoklas ist zu constatiren. Halbglasiges Produkt, lange Nadeln.

Länge: 12, 20, 25, 30, 40, 45 Th.

Dicke:  $\frac{1}{4}$  Th.

Kernzahl 40.

2. Nephelin vom Vesuv. Versuchsdauer 200 Minuten. Resultat fast ganz krystallinisch, dicke Krystalle.

Länge: 10, 20, 30, 35, 40, 45 Th. Durchschnitt 15.

Dicke: 5—30 Th.

Kernzahl 50.

3. Aus  $\text{Na}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$ -Schmelze. Ganz krystallinisch, dicke Krystalle.

Länge: 12, 20, 25, 30, 35 Th. Durchschnitt 25.

Dicke: 4—16 Th.

Kernzahl 65.

4. Kalknatron-Nephelin. Ganz krystallinisch, dicke Krystalle. Durchschnitt der Länge 18 Th, Dicke 10 Th. Kernzahl 90.

Bei Leucit ist die maximale Krystallisationsgeschwindigkeit wahrscheinlich geringer als bei Nephelin, wenn auch nicht bedeutend. Das Krystallisationsvermögen aber jedenfalls geringer man kann daher schwer Leucit ohne Glas erhalten. Die Krystallisationsgeschwindigkeit ist so ziemlich nach allen Richtungen gleich, in jenem Temperaturgebiet, in welchem sie maximal ist, beobachtet man aber eine kleine Vergrößerung in der Richtung der Hauptaxe.

Das Krystallisationsvermögen scheint bei Leucit durch bestimmte Beimengungen sich zu steigern, z. B. durch Wolframsaures Kali, aber auch durch Beimengung von anderen Silikaten, Orthoklas, Nephelin etc.; darüber müssten noch besondere Studien angestellt werden.

Bei Olivin scheinen Krystallisationsgeschwindigkeit und Krystallisationsvermögen je nach dem Eisen- und Mangangehalt sehr verschieden zu sein. Der gewöhnliche Olivin, welcher bezüglich der Krystallisationsgeschwindigkeit in verschiedenen Richtungen nicht sehr verschieden ist, hat jedenfalls geringere Krystallisationsgeschwindigkeit als Plagioklas und auch die Zahl der Kerne ist geringer. Olivin von Kapfenstein zeigt Längen von 10—15 Th., Dicke 4—9 Th., Zahl der Kerne 40. Glasbildung. Die Versuchsdauer war 100 Minuten.

Fayalit bei derselben Versuchsdauer ergab sehr lange, ungemein dünne Nadeln. Länge 40—65 Th. bei 3—4 Th. Dicke. Kernzahl 15—18. Glasbildung reichlich. (Für Tephroit siehe bei Granat).

Magnetit hat geringere Krystallisationsgeschwindigkeit, aber ein ziemlich bedeutendes Krystallisationsvermögen, indessen hängt dies wohl auch von den Beimengungen stark ab; aus geschmolzenem Magnetit erhält man keine rein krystalline Schmelze, aber viele kleine Krystalle. In Borax oder Glas ergeben sich zahlreiche Krystalle von 1—6 Th. Durchmesser.

Bei Magnetit ist aber zu berücksichtigen, dass sich dasselbe in Gesteinen durch chemische Umsetzung bildet, es kommt dabei die Reaktionsgeschwindigkeit in Betracht.

Bei Granat kann man nur Versuche mit Schmelzmitteln anstellen, da er bekanntlich aus seiner eigenen Schmelze nicht krystallisiert. Die aus Chloriden entstehenden Krystalle haben jedenfalls

nur geringe Krystallisationsgeschwindigkeit, da der gleichzeitig entstehende Olivin resp. Tephroit ca. 10–15 mal so lange Krystalle aufweist. Längen der Mangan-Granatkrystalle<sup>1</sup>:  $1\frac{1}{2}$ –3 Th., Zahl 120; der gleichzeitig entstehenden Tephroitkrystalle; 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60, 80; Dicke derselben: 4, 10, 12, 10, 15, 20, 20, 30. Kernzahl 7–10.

Meionit, Sarkolith haben keine sehr grosse Krystallisationsgeschwindigkeit, die erhaltenen Krystalle sind zumeist dick säulenförmig, die Werthe sind ungefähr die gleichen wie bei Nephelin, doch war auch Glas vorhanden.

Länge: 7–30 Th.

Dicke: 3–15 Th.

Kernzahl 40–60.

Glimmer: Eine aus Hornblende durch Zusammenschmelzen mit Fluoriden (nach früher beschriebener Methode<sup>2</sup>) erhaltene Schmelze zeigte für Biotit folgende Zahlen:

Länge: 20, 25, 30, 40, 45, 60 Th.

Dicke: 2, 3, 4, 5, 5,  $5\frac{1}{2}$  Th.

Kernzahl 16–18.

Bisher haben wir nur die Krystallisationsgeschwindigkeit und die Kernzahl bei Schmelzen ohne oder mit gewissen Beimengungen, welche bei den Versuchen genannt wurden, erwähnt, in einem Gestein dürften aber die Zahlen sich ändern, daher sehen wir oft Augitmikrolithe neben langen Plagioklasleisten, also das umgekehrte Verhältniss, darüber müssten besondere Versuche angestellt werden.

Vergleichen wir die Zahl der Punkte, von denen Krystallisation der unterkühlten Flüssigkeit beginnt, so ist sie auch bei demjenigen der untersuchten Körper, welcher am meisten Tendenz zur Krystallbildung zeigt, dem Augite, verhältnissmässig gering gewesen.

Vergleichen wir die maximale Krystallisationsgeschwindigkeit der unter gleichen Verhältnissen erprobten Mineralien, so erhalten wir folgende, natürlich approximative Zahlen, wenn wir für das Mineral, bei welchem sie am grössten ist, für Augit, die Zahl 20 nehmen.

Augit	20	Leucit	3–4
Labrador	6–7	Magnetit	1–2
Olivin	3	Sarkolith	2–3
Nephelin	5		

In Gesteinen können sich diese Zahlen in Folge der Beimengungen stark ändern. Aus Obigem geht auch hervor, dass die Unterschiede bei verschiedenen Substanzen keine so grossen sind, wie bei organischen. Bei kürzerer Versuchsdauer wächst der Unterschied zwischen Augit und den übrigen Substanzen noch mehr.

<sup>1</sup> Nach der zuerst von GORGEU C. R. 1885 angewandten Methode hergestellt. Vergl. C. DOELTER, Chemische Mineralogie, p. 161.

<sup>2</sup> Tscherm. Min. Mittheil. 1887.

### Petrogenetische Folgerungen.

Die Krystallisationsgeschwindigkeit der Mineralien in Schmelzen ist von der Temperatur abhängig, sie kann die Ausscheidungsfolge beeinflussen. Die Struktur ist vom Krystallisationsvermögen und der Krystallisationsgeschwindigkeit abhängig, bei basischen Gesteinen sind diese grösser, als bei sauren, daher bei letzteren leichter Glasbildung stattfindet. Bereits existirende Mineralien wirken als Impfmittel, sie haben die Tendenz, die Unterkühlung zu vermindern und wird durch sie eher eine halbglasige Grundmasse mit kleinen säulenförmigen Krystallen befördert, doch ist in zäheren Schmelzen ihr Wirkungskreis nur ein beschränkter.

Die Mineralisatoren wirken wie Beimengungen, welche die Krystallisation fördern, es entsteht weniger Glas. Krystalle, bei denen die Krystallisationsgeschwindigkeit in verschiedenen Richtungen sehr verschieden ist, werden auch bei Krystallisation in einer einzigen Periode Anlass zu porphyrtiger Struktur geben.

Der direkte Einfluss des Druckes ist wahrscheinlich kein sehr bedeutender.

Wichtig ist auch die Thatsache, dass in kleinen Gefässen das Krystallisationsvermögen geringer ist, daher auch kleine Gänge feinkörniger und glasreicher sind, aber doch einzelne grosse Krystalle enthalten können, weil nahe unter dem Schmelzpunkt letztere sich bilden; polymorphe Modificationen scheiden sich gleichzeitig namentlich dort ab, wo Flüssigkeiten stark unterkühlt sind, das ist also namentlich bei syenitischen, dioritischen Magmen der Fall, welche Hornblende neben Augit zeigen, bei diesen dürfte die Abkühlungszeit eine sehr lang anhaltende gewesen sein.

Die Ausscheidungsfolge ist aber auch theilweise abhängig von der eigentlichen Reactionsgeschwindigkeit, denn in der Silicatschmelze haben wir uns nicht ein Gemenge von Mineralien vorzustellen, es gehen Umsetzungen vor sich, die von vielen Factoren abhängig sind, daher erhalten wir bei Umschmelzung von Gesteinen häufig andere Mineralien als die ursprünglichen; die Reactionsgeschwindigkeit ist aber chemische Kraft durch chemischen Widerstand, letzterer hängt von der Fluidität ab, welche wieder von der Temperatur abhängig ist (bei Tiefengesteinen vom Wasser und den Mineralisatoren). Der Einfluss des Wassers bei Tiefengesteinen dürfte auch ein den Dissociationsgrad vermehrender sein, ein Theil der Salze zerfällt in Ionen.

Aus einer und derselben Mischung können sich verschiedene Mineralien bilden, z. B. Olivin oder Augit, Nephelin oder Albit, abgesehen von den dimorphen Körpern. Bei Gegenwart von Fluoriden, Chloriden, findet ein Wechsel zwischen Biotit, Augit, Olivin etc. statt<sup>1</sup>. Es entspricht daher die interessante theoretische Darstellung der Ausscheidungsfolge, welche MEYERHOFFER neulich gab, nicht

<sup>1</sup> Vergl. C. DOELTER: Synthetische Studien. N. Jahrb. f. Min. 1897.

immer ganz den Thatsachen, man kann ein Gestein nicht als Gemenge von Mineralien auffassen, da chemische Reactionen stattfinden, auch doppelte Umsetzungen.

Sehr interessant für die Ausscheidungsfolge sind die labilen Gleichgewichte, auf welche MEYERHOFFER aufmerksam macht. Seine theoretischen Betrachtungen<sup>1</sup> passen sehr gut auf eine Reihe von mir früher experimentell erhaltener Resultate, z. B. das abwechselnd frühere Auftreten von Leucit und Olivin<sup>2</sup>; einen ähnlichen Fall wird Herr PETRASCH bezüglich Leucit und Plagioklas beschreiben.

Endlich hätten wir noch den Zusammenhang des Molekularvolumens der Verbindungen auf die Ausscheidungsfolge zu eruiren, wie dies bereits LÖWINSON-LESSING versucht hat. Freilich können Schlüsse mit Sicherheit nur dann gezogen werden, wenn man von einer Gleichung ausgeht, wie dies BECKE<sup>3</sup> gethan hat, welcher bewies, dass bei der Bildung von Mineralien der krystallinen Schiefer aus solchen von Eruptivgesteinen Volumvermindung eintritt. Leider kennen wir die Molekulargewichte nicht in ihrer wirklichen Grösse, und man kann daher nur Silikate, welche die gleiche Anzahl von Sauerstoffatomen besitzen, vergleichen, oder dort Vergleiche anstellen, wo eine Reactionsformel vorliegt.

Hierbei ergibt sich in einzelnen Fällen, dass die bei höherer Temperatur gebildeten Mineralien grösseres Molekularvolumen besitzen, z. B. Tridymit ein höheres wie Quarz. Leucit, ein bei hoher Temperatur entstehendes Mineral, hat ein grosses Molekularvolumen, der bei hoher Temperatur sich bildende Augit dürfte wohl ein höheres Molekularvolumen besitzen als die Hornblende.

Die Vergleiche sind aber in Folge Unkenntniss der Molekulargewichte nur in wenigen Fällen durchführbar.

---

<sup>1</sup> Zeitschrift f. Krystallographie, ibidem 595.

<sup>2</sup> Tscherm. Min. Mitth. XXI, 1902.

<sup>3</sup> Jahrbuch 1896, II, 182.

empirischen Formel aufzählt; die zweite giebt die chemischen Reactionen, und die dritte die Mineralien geordnet nach ihren physikalischen Eigenschaften und zwar 1. nach dem mittleren Lichtbrechungsvermögen, 2. nach der Stärke der Doppelbrechung, 3. nach dem Werthe von 2E, und 4. nach dem specifischen Gewichte.

Dem gediegenen Inhalt entspricht die schöne Ausstattung des Werkes, das jedenfalls dem englisch sprechenden Studierenden warm empfohlen werden kann.

**K. Busz.**

---

### Druckfehler-Berichtigungen.

In der auf Seite 636—643 veröffentlichten Arbeit von J. A. IPPEN sind eine Reihe von Druckfehlern stehen geblieben die wir wie folgt zu berichtigen bitten:

- S. 636 Abs. 1 Zeile 4 hinter »bezeichnet wird« ein Komma zu setzen.
- S. 638 in der Analyse des Kersantit von Hovland die letzte Zahl 0.69? zu ändern in 0.069.
- S. 640 Absatz 3 v. u. Zeile 7—8 statt parcellenartig lies porcellanartig.
- S. 642 Absatz 2 v. u. Zeile 2 lies Gangaugitporphyren LEMBERG's.
- S. 643 in der Anmerkung zur Analyse No. 1 lies Kvellekirche statt Kvelekirche.

Ferner zu berichtigen:

pag. 450 u. 451 lies überall  $\infty P \infty$  statt  $\infty P \infty$

pag. 614 Z. 3 v. u. statt Schiiff lies Schliiff.

pag. 619 Z. 16 v. o. statt Volumvermindung lies Volumverminderung.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: [1903](#)

Autor(en)/Author(s): Doelter Cornelius

Artikel/Article: [Krystallisationsgeschwindigkeit und Krystallisationsvermögen geschmolzener Mineralien. 608-619](#)