

1. 58-65



Ueber magmatische Corrosion.

Von

Alois Sigmund.

(8 Textfiguren.)

In Gesteinen mit porphyrischer Structur trifft man oft gewisse porphyrisch ausgeschiedene Gemengtheile mit rundlichen Umrissen, als wenn sie einer nachträglichen oberflächlichen Einschmelzung ausgesetzt gewesen wären, oder mit Grübchen und Einbuchtungen an ihrer Oberfläche, welche den Aetzgruben, wie sie durch die Einwirkung von Säuren auf die Flächen mancher Krystalle entstehen, oder den Lösungsgruben, welche sich an künstlichen Krystallen in Folge der Einwirkung der Mutterlauge bilden, ähnlich sind, während sowohl die Mikrolithe der Grundmasse, als auch die anderen grösseren Einsprenglinge völlig unverletzte Contouren besitzen.

Diese Deformationen der Krystalloberfläche, welche Corrosionserscheinungen genannt werden, wurden bisher am Quarz, Hauyn und Nosean, Feldspath, Olivin, Granat, Biotit, Hornblende und Augit constatirt — also an einer allerdings beschränkten Anzahl von Mineralen. Aber man bemerkt sofort, dass es gerade die bedeutendsten gesteinsbildenden Minerale sind, an denen jene — man könnte sagen: pathologischen — Erscheinungen auftreten.

Aus der reichen Fülle von Beispielen, die zu Gebote stehen, will ich nur einige markante Fälle vorführen.

In den porphyrisch ausgeschiedenen Augiten des Basaltes bei Klöch in Steiermark steckt in der Mitte derselben häufig ein blassgrüner Kern, der bald eine ganz unregelmässige, wolkenähnliche Form besitzt, bald noch stellenweise die Spuren einer ehemaligen krystallographischen Begrenzung zeigt. Dieser grüne

Kern ist zunächst von einer Hülle farbloser, diese wiederum von einer Zone gelblichgrauer Augitsubstanz umgeben. Letztere zeigt an der Grenze gegen die hauptsächlich aus Augiten kleinsten Calibers bestehende Grundmasse die an basaltischen Augiten üblichen Krystallcontouren. Ich füge hinzu, dass Hülle und Kern ein verschiedenes optisches Verhalten, was Dichroismus und Auslöschungsschiefe betrifft, besitzen, demnach auch in chemischer Beziehung von einander differiren dürften. Man kann sich den eigenthümlichen Bau dieser Augite wohl nur aus der Annahme erklären, dass sich aus dem basaltischen Magma zuerst grüne Augite ausschieden, diese später jedoch oberflächlich eingeschmolzen oder aufgelöst wurden und an den Ruinen derselben sich neue, von der älteren Generation aber chemisch verschiedene Augitsubstanz ansetzte. (Vgl. Fig. 1.)

Die grossen Olivine desselben steirischen Basaltes zeigen wieder andere Corrosionsformen: die sonst scharfe, geradlinige Begrenzung der Krystalle erscheint vielfach unterbrochen; mannigfaltige, meist spechtnestartige, knopf- oder schlauchförmige Einbuchtungen der Grundmasse ragen in den Körper der Olivine hinein. (Vgl. Fig. 2.)

In die Augite des Feldspathbasaltes bei Weitendorf in Steiermark bohrten sich rübenartige Zapfen der Grundmasse ein. (Vgl. Fig. 3.)



Fig. 2.
Corrodirtes Olivin.



Fig. 1.
Augitkrystall
mit grünem
Kern.



Fig. 3.
Corrodirtes Augit.

Auch die Feldspathe der Augitandesite und mancher Basalte besitzen öfters einen randlich verstümmelten Kern, der noch Reste eines zonenförmigen Aufbaus zeigt; an diesen Kern schossen Glaspartikel und neue Feldspathsubstanz an, ohne dass letztere die Deformation auszuheilen vermochte.

Mügge beobachtete in einem ostafrikanischen Nephelinite eine Einschmelzung gesteinsbildender schwarzer Granaten derart, dass der Kern noch aus Granatsubstanz, die Hülle aber aus einem braunen Glase besteht.

Die schräg abfallenden Flächen der Augite in den stark glasigen Vesuvlaven sind nach Sinigallia dermassen von Furchen durchsetzt, dass sie ein mit dem Aussehen eines Karrenfeldes vergleichbares Relief besitzen. Es scheint hier ein corrosiver Angriff von Seite des Magma erfolgt zu sein, welcher mit den Aetzgrübchen an Calcitkrystallen vergleichbare Vertiefungen herauspräparirte.

Wenn wir nach der Ursache dieser bald als Anschmelzung, in anderen Fällen als Aetzung zu deutenden Erscheinungen fragen, so kann sie nur in der Annahme gefunden werden, dass das Magma im Verlaufe seiner Festwerdung in seinem thermischen Verhalten oder in seiner chemischen Zusammensetzung sich geändert hat.

Um eine wenigstens annähernd klare Vorstellung von diesen hypothetischen, nachträglichen Veränderungen des Magma zu gewinnen, müssen wir in der Entwicklungsgeschichte des Eruptivgesteins, in dem jene Corrosionsphänomene auftreten, einerseits die Periode vor und andererseits nach der Festwerdung jener corrodirtten Minerale in's Auge fassen.

Das bekanntlich im Schmelzflusse befindliche Gesteinsmagma, aus dem sich durch Erstarrung die Eruptivgesteine bilden, ist eine übersättigte Lösung verschiedener Silicate.

Ueber die Natur des Lösungsmittels sind die Ansichten der einzelnen Forscher getheilt. Prof. Lagorio in Warschau z. B. schliesst aus seinen Analysen der glasigen Basis vieler Eruptivgesteine, dass demselben die Zusammensetzung $R_2 O . 2 Si O_2$, worin $R = K, Na$ ist, mit grosser Wahrscheinlichkeit zukommt.

In ihr dürften die verschiedenen, später aus derselben herauskrystallisirenden Silicate als solche oder ähnliche, aber constante Verbindungen im gelösten Zustande vorhanden sein. Darauf weisen alle bisherigen experimentellen Untersuchungen

und insbesondere die der Gläser durch Benrath hin. Aber auch die Thatsache, dass aus verschiedenen sauren und basischen Magmen immer wieder dieselben wenigen Minerale herausfallen, ist geeignet, die Wahrscheinlichkeit jener Annahme zu erhöhen. Neben jenen in Lösung befindlich gedachten Silicaten können noch Oxyde, wie Eisenoxyd, Thonerde und auch freie Kieselsäure im Magma gelöst sein.

Es kann nun allerdings der relativ äusserst seltene Fall eintreten, dass das ganze Magma ohne weitere Individualisirung als eine glasige Masse erstarrt; in den meisten Fällen jedoch fallen die einzelnen, in Lösung befindlichen Verbindungen allmählich als Krystalle aus dem Magma heraus.

Es erhebt sich nun zunächst die für die Beurtheilung der Ursachen der Corrosion wichtige Frage: Welche Reihenfolge halten bei ihrer Ausscheidung aus dem Magma jene gelösten Verbindungen ein?

Lange Zeit war diesbezüglich die Ansicht verbreitet, dass die Minerale eines Gesteines aus ihren schmelzflüssigen Lösungen bei ihren respectiven Schmelzpunkten fest würden. So einfach und natürlich diese Ansicht erscheint, so ist sie doch nicht richtig.

Bunsen hat nämlich nachgewiesen, dass die Erstarrungsfolge in keiner directen Verbindung mit dem Grade der Schmelzbarkeit des zur Erstarrung gelangenden Minerals stünde. Ein Mineral kann aus einem schmelzflüssigen Silicatmagma bei den allerverschiedensten Temperaturen — natürlich niemals oberhalb seines eigenen Schmelzpunktes auskrystallisiren. Die Temperatur, bei welcher ein Körper für sich allein erstarrt, differirt immer von derjenigen, bei welcher er aus seinen Lösungen in anderen Körpern fest wird. Bei einer selbstständigen Substanz hängt der Erstarrungspunkt allein von ihrer stofflichen Natur und dem Drucke, der auf ihr lastet, ab, während derjenige eines mit anderen Stoffen zu einer Lösung verbundenen Körpers, wie dies in einem Eruptivmagma der Fall ist, ausserdem noch und zwar hauptsächlich von dem relativen Verhältniss der sich gelöst haltenden Verbindungen bedingt wird. Bunsen citirt diesfalls ein recht instructives Beispiel. Wird eine Lösung von Wasser und krystallisirtem Chlorcalcium zunächst auf den Schmelzpunkt des letzteren: $+ 26^{\circ} C$ — abgekühlt, so erstarrt dieses keineswegs; wird die Lösung bis auf 0° weiter abgekühlt, so wird

auch das Wasser nicht unter allen Umständen starr; je nach dem Mischungsverhältnis kann der Erstarrungspunkt des Wassers hier um mehr als $59^{\circ} C$ unter seinen Gefrierpunkt, der des Chlorcalcium sogar um mehr als 100° sinken. Schwefelsaures Kali, Salpeter und andere Salze können aus ihren Lösungen bei Temperaturen krystallisiren, die 600° — 800° unter ihrem Schmelzpunkte liegen. Bei dem Pattinson'schen Verfahren der Silbergewinnung wird das leichter schmelzbare Blei früher starr, als das schwerer schmelzbare silberhältige. Im Roheisen sind krystallinische Graphitblätter bekanntlich keine Seltenheit, auch sie können als Beweis dafür gelten, dass ein sehr strengflüssiger Körper in einem Magma von bedeutend niedrigerer Temperatur, als sein Schmelzpunkt beträgt, aufgelöst sein und daraus krystallisiren kann.

Aus zahlreichen Beobachtungen und Versuchen (z. B. von Lemberg, Lagorio u. a.) hat sich nun im Grossen und Ganzen die Thatsache ergeben, dass sich aus den Silicatmagmen zuerst die Oxyde, wie die Erze (z. B. Magnetit, Titaneisen, Rutil, Spinell), dann die *Mg*- und (*Fe* + *Mg*) Silicate (z. B. die rhombischen Pyroxene und der Olivin), später die (*Mg* + *Ca*)- und (*Mg* + *K*) Silicate (z. B. Augit und Amphibol, Biotit), hierauf die *Ca*-Silicate (z. B. Anorthit), die (*Ca* + *Na*) Silicate, also die Plagioklase und Hauyne, die *Na*-Silicate, wie Nephelin und Albit, schliesslich *K*-Silicate, nämlich Orthoklas, Leucit, und die freie Kieselsäure als Quarz ausscheiden.

Es sei hier ausdrücklich hervorgehoben, dass diese Reihenfolge nur im Allgemeinen gilt und dass genug Fälle aufgezählt werden könnten, wo ein Mineral, das in der obigen Reihenfolge als ein früh entstandenes angeführt wurde, gleichzeitig mit einem in jener Ausscheidungsfolge später locirten sich bildete, ja sogar manchmal später als dieses auskrystallisirte. So möge hier nur beispielsweise constatirt werden, dass sich in vielen Olivindiasen der Olivin gleichzeitig mit dem Augit, im Nephelinbasalt vom Huenkopf später als der Augit ausschied.

Wie man nun aus der obigen, im Grossen und Ganzen geltenden Ausscheidungsfolge ersieht, beginnt die Ausscheidung mit den am schwersten löslichen Stoffen, den Erzen, und mit der Ausscheidung von Verbindungen, welche relativ arm sind an Kieselsäure, dann folgen Minerale mit zunehmendem Kieselsäuregehalt und zuletzt krystallisiren die kieselsäurereichsten

Verbindungen, und eventuell der Quarz. Da nun das Magma durch die fortgesetzte Ausscheidung basischer und kieselarmer Verbindungen fortwährend saurer wird, so kann es, wenn es einen gewissen Grad von Acidität erlangt hat, nunmehr auf früher gebildete Ausscheidungen lösend oder ätzend wirken — und so wäre hiemit die erste mögliche Ursache der Corrosion gegeben.

Prof. Rosenbusch leitet jene gesteigerte Acidität, welche Corrosion bewirken soll, „zum Theil auch von dem Entweichen des Wasserdampfes unter vermindertem Drucke an der Erdoberfläche her“, doch bestreitet Lagorio diese Annahme, indem er erklärt, „es sei ganz unbegreiflich, wie das Magma überhaupt durch den Verlust mechanisch absorbirten Wasserdampfes saurer werden könne“.

Wenn nun einerseits das nach den ersten Ausscheidungen restirende Magma fortwährend an Acidität zunahm, musste es andererseits nach der Ausscheidung der zu den frühesten Producten gehörenden Mg -, ($Fe + Mg$)- und ($Mg + Ca$)-haltigen Silicate relativ alkalireicher werden; Dölter und Hussak behaupten nun, dass ein alkalireiches Magma energischer zu corrodiren im Stande wäre, als ein alkaliarmes. Die Lösungsfähigkeit des — relativ — alkalireicher gewordenen Magmarestes wäre also ein zweiter Grund mancher Corrosionserscheinungen.

Es kann aber das Magma im Laufe seiner Entwicklung durch das Emporsteigen an die Erdoberfläche in andere physikalische Verhältnisse unter einen anderen Druck gelangen. Welche Wirkung hat aber eine Veränderung des Druckes zur Folge?

Thomson und Bunsen haben nachgewiesen, dass mit erhöhtem Drucke der Schmelzpunkt vieler Körper steigt; mit der Verminderung des Druckes sinkt also der Schmelzpunkt. Weiter ist durch Sorby festgestellt, dass in diesen Fällen eine Aufhebung des Druckes wie eine Erhöhung der Temperatur wirkt. Steigt also ein Magma im Eruptionscanal auf, so wird der Druck nach Massgabe der zurückgelegten Verticaldistanz vermindert.

Mithin werden im Magma einerseits die Schmelzpunkte der bereits ausgeschiedenen Minerale herabgesetzt werden und andererseits wird eine bedeutende Erhöhung der Temperatur ein-

treten. Es wird also ein Theil der Ausscheidungen entweder ganz eingeschmolzen oder nur oberflächlich angeschmolzen werden.

Diese Hypothese, welche durch kaustischen Einfluss die Corrosionserscheinungen zu erklären versucht und besonders von Lagorio und Iddings verfochten wird, ist entschieden sehr bestechend.

Es ist ferner noch die durch Scacchi, Palmieri und Guarini beim Vesuvausbruche 1855 constatirte Thatsache in Berücksichtigung zu ziehen, dass das Magma, wenn es zu erstarren anfängt, beim Uebergang aus dem amorphen in den ganz oder theilweise krystallisirten Zustand eine ziemlich plötzlich eintretende Temperaturerhöhung erfährt; so ist es denkbar, dass auch auf diese Weise früher gebildete Minerale durch das Freiwerden von Wärme bei der Bildung jüngerer ganz oder theilweise eingeschmolzen werden können.

Aus allen diesen Erwägungen geht hervor, dass die Corrosionserscheinungen ihren Grund entweder in der chemischen Einwirkung des noch nicht erstarrten Magmarestes auf schon früher herauskrystallisirte Bestandtheile oder in später auftretenden kaustischen Vorgängen innerhalb des Magmarestes haben können. Es ist aber auch klar, dass es in vielen, ja vielleicht den meisten Fällen schwer zu entscheiden ist, welcher von diesen beiden Kategorien von Ursachen ein vorliegendes Corrosionsphänomen zu subsumiren ist.

F. Zirkel bemerkt mit Recht, dass man mit dem Ausdrucke Corrosion wohl auch oft allzu freigebig gewesen sei; es sei gewiss nicht gerechtfertigt, „in jeder formellen Irregularität, in jeder Einbuchtung der Grundmasse gleich das Werk äusserlicher mechanischer oder chemischer Verstümmelung zu erblicken und die Möglichkeit eines irregulären Wachsthums ganz ausser Auge zu lassen“. Sanidine und Plagioklase in gewissen Trachyten und Andesiten mit rundlichen oder unregelmässigen Umrissen dürfen gewiss nicht als Corrosionsproducte gedeutet werden, wenn man sieht, dass die Zonen fremder Einschlüsse vom Kerne weg bis zur Oberfläche conform mit den äusseren Umrissen verlaufen. Die eirunden Orthoklase des finnischen Rapakiwi Granites besaßen von Anfang an ihre absonderliche Gestalt, wie dies die vielen concentrischen Zonen der Einschlüsse beweisen.

Weiterhin könnten, wie K ü c h hervorhebt, die abgerundeten Quarze in manchen Porphyren möglicherweise doch auch

durch das Auseinandertreten von Krystallen nach Zerberstungsflächen, die man in den vollständigen Quarzen genug oft als der Kreis- oder Ellipsenform ähnliche Sprünge sieht, entstanden sein. Die Annahme mancher Petrographen, dass jene rundlichen Quarzstücke auf Anschmelzung seitens des noch schmelzflüssigen Magmarestes zurückzuführen seien, ist nicht stichhältig. Ein Hitzegrad, welcher eine solche Anschmelzung zu Stande brächte, würde doch eine vollständige Einschmelzung sämmtlich früher entstandener Gemengtheile herbeigeführt haben.

Schmilzt man nämlich einen gepulverten Dacit im Platintiegel über dem Gebläse, so lehrt ein Dünnschliff des Schmelzproductes, dass die eckigen Quarzsplitter nichts von ihrer Eckigkeit eingebüsst haben, dass selbst die winzigsten Quarzmikrolithe intact blieben, während alle übrigen Gemengtheile einer vollständigen Einschmelzung anheimfielen.
