Die Dichte des flüssigen und des festen Magmas.

Von

C. Doelter in Graz.

Durch die interessanten Ausführungen Dr. Stübel's[1] ist die Frage, ob das vulcanische Magma beim Erstarren sich ausdehne oder zusammenziehe, neuerdings angeregt worden.

Die Theorie dieses Autors erklärt die vulcanischen Erscheinungen auf befriedigendere und einfachere Weise als die bisherigen, sie hat auch vielfach Anklang gefunden, wie die Besprechungen Grasser's und Dannenberg's[2] u. A. zeigen.

Die Grundlage der neuen Vulcantheorie Stübel's ist jedoch die Annahme, dass das vulcanische Magma beim Erstarren oder wenigstens zu einem bestimmten Zeitpunkte während der Erstarrung sich ausdehne. Diese Ansicht steht theilweise wenigstens mit den bisherigen Erfahrungen im Widerspruche und müsste wohl vor Allem experimentell bewiesen werden. Der Umstand, dass solche Experimente überaus schwierig sind, berechtigt jedoch keineswegs dazu, diese zu verwerfen, denn nur das Experiment kann die Grundlage zu solchen theoretischen Erörterungen bilden, da die directe Beobachtung der natürlichen Vorgänge ausgeschlossen ist.

Die Abneigung einiger Geologen gegen das Experiment scheint heute nur noch wenig gerechtfertigt, um so weniger erklärlich ist es beispielsweise, wenn Stübel, der doch selbst Experimente mit Hochofenproducten anführt, sagt: „Keineswegs sind wir berechtigt anzunehmen, dass Schmelzversuche,

---

[1] Die Vulcane von Ecuador. Berlin 1897.

[2] Naturwissenschaftl. Rundschau. 1900.

die wir an dem Material längst erstarrter Eruptivgesteine, an Basalten, Trachyten im Kleinen ausführen, uns einen unbedingt richtigen Aufschluss über ihren früheren Schmelzpunkt und über das Verhalten während ihres erstmaligen Erkaltungsprocesses verschaffen müssten. Die neue künstliche Schmelzung solcher Gesteinsproben, bei welchen die Gase nicht mehr ins Spiel kommen, die ihnen früher innewohnten und damals abgegeben wurden, kann unter sehr veränderten Erscheinungen vor sich gehen."

An anderer Stelle sagt jedoch Stübel, die Hochofenproducte besprechend: „Der Werth solcher an künstlichen Schmelzmassen ausgeführten Beobachtungen darf für die richtige Erkenntniss des Wissens der vulcanischen Erscheinungen nicht unterschätzt werden."

Wenn auch zwischen dem Magma und den im Laboratorium benützten Gesteinsschmelzen ein gewisser Unterschied sicher existirt[1], so kommen doch solche den natürlichen Magmen sehr nahe, und ihr Verhalten wird bis zu einer gewissen Grenze dem des vulcanischen Magmas sehr ähnlich sein. Gerade aber bei basaltischen Magmen dürfte der Unterschied am geringsten sein, wie die Synthesen zeigen.

Noch weniger gerechtfertigt erscheint mir der Einwurf, dass Experimente im Kleinen nicht maassgebend seien, denn es ist doch klar, dass, abgesehen von einigen zumeist vermeidbaren Störungen der Laboratoriumsversuche, das Verhalten im Kleinen wie im Grossen mehr oder weniger übereinstimmen muss.

Gerade neuere Theorien, welche auf Hypothesen beruhen, die durch Beobachtung allein nicht überzeugend sind, bedürfen der experimentellen Bestätigung.

Literatur.

Über das Verhalten der flüssigen und festen Schmelzmassen existirt eine ziemlich beträchtliche Literatur, die sich

[1] Was aber die Gase anbelangt, so glaube ich, dass gerade diese bei Lavaströmen jedenfalls eher ein Schwimmen der erkalteten Kruste beschleunigen, als umgekehrt; dasselbe gilt für die Beobachtung an Schlacken im Kladnoer Werke, welche Stübel (p. 372) anführt. Auf den Unterschied zwischen den trockenen Schmelzen und den Laven habe ich bereits 1896 hingewiesen, derselbe dürfte sich aber mehr auf die mineralogische Zusammensetzung beziehen. (Dies. Jahrb. 1896. I.)

theils auf Beobachtungen an Lavaströmen, theils auf Versuche beziehen. Die Literatur wurde namentlich von Nies[1] ausführlich erörtet, und verweise ich auf dessen Arbeit. Während ein grosser Theil der Fachgenossen eine Contraction beim Erstarren namentlich wegen der geringeren Dichte der glasigen Erstarrungsmassen für erwiesen hält, ist doch ein anderer Theil namentlich auf Grund älterer Schwimmversuche der Ansicht, dass im Gegentheil eine Ausdehnung stattfinde.

Es erschien mir von Wichtigkeit, die Frage durch Schwimmversuche neuerdings zu prüfen und durch Indicatoren eine wenn auch nur approximative Bestimmung der Dichte der Flüssigkeit zu versuchen. Um die Frage mit mehr Genauigkeit entscheiden zu können, habe ich die Construction eines besonderen Schwimmkörpers aus Platin versucht und hoffe ich, nach Fertigstellung desselben weitere Untersuchungen über das specifische Gewicht anstellen zu können.

Beobachtungen an Lavaströmen.

Sehr wichtig sind die Beobachtungen an Laven, wie Nies mit Recht hervorhebt. In der Nies'schen Arbeit sind aber viele Beobachtungen missdeutet worden, insbesondere die bezüglich des Kilaueas; wenn hier erkaltete Lava auf flüssiger schwimmt, so darf nicht vergessen werden, dass erstere meist porös ist. Gerade Brigham spricht von Sinken der festen Lava in der flüssigen. Friesach, welchen Stübel für seine Ansicht citirt, spricht doch auch von Untersinken der festen Rinde in der flüssigen Lava. Aus allen den Beobachtungen lässt sich kein sicherer Schluss ziehen auf ein Schwimmen oder Sinken der festen Lava, es dürfte dies von der Porosität letzterer abhängen, abgesehen von anderen Fehlerquellen, welche ich unten bespreche.

Auch meine später besprochenen Versuche zeigen, dass Schwimmversuche mit demselben Material meist zu keinem entscheidenden Resultate bezüglich des Schwimmens führen.

Von grossem Interesse sind ferner die Experimente in Lavaströmen, doch müssen dieselben mit den nöthigen

---

[1] Über das Verhalten der Silicate beim Übergange aus dem gluthflüssigen in den festen Aggregatzustand. Stuttgart 1889.

Vorsichtsmaassregeln ausgeführt werden, sonst dürften sie zu falschen Schlüssen führen. Dass dies beispielsweise bei dem Versuche Palmieri's der Fall war, hat schon Zirkel[1] nachgewiesen. Ich möchte noch hinzufügen, dass schon der Umstand, dass Palmieri eine Lavakugel vom specifischen Gewicht 2,60—2,7 angewendet hat, beweist, dass eine poröse Lava bei dem Versuche gebraucht wurde, denn das specifische Gewicht nicht poröser Lava beträgt 2,75—2,85. Da, wie unten ausführlich berichtet werden wird, das specifische Gewicht der flüssigen Lava nur 2,6—2,68 beträgt, so konnte eine poröse Lava wohl schwimmen, besonders wenn man berücksichtigt, dass die zahlreichen Nebenumstände bei derartigen Versuchen das Schwimmen begünstigen (vergl. Fehlerquellen bei den Schwimmversuchen). Johnston-Lavis hat bereits durch ein neues Experiment die Ansicht Palmieri's widerlegt[2].

Laboratoriumsexperimente.

Ich möchte diese in zwei Classen eintheilen, in solche, welche sich auf specifische Gewichtsbestimmungen des natürlichen Gesteines und seiner erstarrten Schmelze beziehen, und auf Tauchversuche. Erstere geben das übereinstimmende Resultat, dass das erstarrte Material leichter war als die zu den Versuchen angewandten Mineralien und Gesteine. Die Unterschiede sind möglicherweise, wie ich glaube, oft zu gross ausgefallen, die Schmelze ist sehr oft mit Gasporen erfüllt, wodurch ohne besondere Vorsichtsmaassregeln der Werth des specifischen Gewichtes zu nieder gefunden wird, aber auch unter Anwendung aller Vorsichtsmaassregeln gelingt es nicht, ein vollkommen gasfreies Bruchstück zur Bestimmung der Dichte zu erhalten, selbst wenn man nur grobes Pulver anwendet, daher alle diese Bestimmungen eher etwas zu klein sind.

Wenig Bestimmungen sind bisher an geschmolzenem Material gemacht worden, welches nicht rasch, sondern langsam gekühlt war und daher krystallinisch erstarrte.

---

[1] Lehrbuch der Petrographie. **1.** 682.

[2] Quart. Journ. geolog. soc. 1882. **38.**

G. Bischof (dies. Jahrb. 1845. 17) hat bei Basalt bereits nachgewiesen, dass das specifische Gewicht des glasigen Basaltes geringer ist als das des steinig erstarrten.

Bei diesen vergleichenden Bestimmungen der Dichte des Naturproductes und der Schmelzen wird vielfach unterlassen, auf den Glühverlust Rücksicht zu nehmen, daher auch die Unterschiede verschoben werden. Glüht man das Gestein vorher, so entfällt dieser Fehler. Wenn ausserdem wie in Obsidianen z. B. flüchtige Bestandtheile vorhanden sind, so kann das geschmolzene Gestein sogar ein höheres specifisches Gewicht haben als das ursprüngliche[1]. Glüht man Obsidian zur Rothgluth und bestimmt dann das specifische Gewicht, so wird sich dieses von dem der Schmelze nicht merklich unterscheiden.

Messung der Contraction.

Directe Versuche zur Bestimmung der Contraction wurden an Gesteinen, an Glas oder Schlacken von verschiedenen Beobachtern ausgeführt, insbesondere von G. Bischof (dies. Jahrb. 1845. 17), D. Forbes, Mallet, Siemens, in neuerer Zeit von Barus (siehe unten). Für das Eisen existiren vielfache Versuche (ich verweise diesbezüglich auf die Literatur bei Nies).

Mallet[2] fand beim Erstarren für Hochofenschlacken und für Spiegelglas eine Contraction, saure Silicate ziehen sich weniger zusammen als basische (p. 99). Seine Resultate zeigen, dass die Contraction nicht so gross ist, wie Bischof annahm, und dass die Unterschiede zwischen dem specifischen Gewicht sehr heisser, erstarrter oder auch kalter Schlacke einerseits, und derselben im schmelzflüssigen Zustande andererseits geringer als der zwischen Eis und Wasser ist.

Sehr eingehend hat die Frage Nies behandelt. Leider basiren seine Schlüsse fast durchgehends auf falsch gedeuteten Beobachtungen oder unrichtigen Experimenten; denn dass die Experimente von Winkelmann und Nies mit verschiedenen Metallen zum Theil falsch waren, haben spätere Experi-

---

[1] Zirkel, Petrographie. 1. 680.

[2] Über vulcanische Kraft. Übersetzt von Lasaulx. Bonn.

mentatoren gezeigt. Mit Schlacken oder natürlichen Massen hat Nies keine Experimente durchgeführt[1].

Hervorzuheben ist übrigens, dass Nies, obgleich er eine Volumvermehrung beim Übergange aus dem flüssigen in festen Zustand als erwiesen annimmt, sich doch dagegen sträubt, daraus Schlüsse bezüglich der Lavaeruptionen zu ziehen, im Gegensatze zu Hornstein[2], welcher der Ausdehnung erstarrender Silicate eine sehr grosse Bedeutung bei der Zutageförderung der Laven zuschreibt.

Neuere Bestimmungen der Contraction zumeist an Metallen sind von J. Wrightson[3], von demselben und W. Chandler Roberts[4] für das Eisen angestellt worden, ferner von Vicentini und Omodei[5], von M. Töpler[6] u. A.

Dieselben ergaben, dass die untersuchten Elemente mit Ausnahme des Wismutes und des Eisens sich beim Erstarren zusammenziehen. Bei Metallen erhielten Chandler Roberts und J. Wrightson folgende Daten (l. c.):

	Spec. Gewicht im festen Zustande	Spec. Gewicht im flüssigen Zustande
Wismuth	9,82	10,005
Kupfer	8,8	8,217
Blei	11,4	10,37
Zinn	7,5	7,025
Zink	7,2	6,48
Silber	10,57	9,51
Eisen	6,95	6,88

Dagegen erhielt Wrightson für Eisen:

Specifisches Gewicht des flüssigen Metalls	6,88
„ „ „ plastischen „	6,5
„ „ „ kalten „	6,95

---

[1] Eilh. Wiedemann, Ann. Phys. u. Chem. N. F. **20**. 1883; M. Töpler, Inaug.-Diss. 1894; siehe auch in letzterer Arbeit die Zusammenstellung der Contraction bei verschiedenen Metallen.

[2] Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 1883. p. 35.

[3] Journ. of the Iron Steel Instit. 1872.

[4] Wiedemann, Beibl. f. Phys. u. Chem. 1881. **5**. 188 u. 817.

[5] Pfaundler's Lehrb. d. Phys. **2**.

[6] Töpler, Bestimmung der Volumänderung beim Schmelzen für eine Anzahl von Elementen. Inaug.-Diss. 1894.

Eine directe Beobachtung über die Contraction des Magmas beim Übergang vom festen in flüssigen Zustand wurde von Barus[1] ausgeführt.

Es ist zu bedauern, dass dieser Autor, welchem ein sehr complicirter und wie es scheint auch genauer Apparat zur Verfügung stand, nur eine einzige Beobachtung ausführte, denn es wäre ja immerhin möglich, dass verschiedene Schmelzen hierin Verschiedenheiten zeigten.

Das mit einem Diabas unternommene Experiment zeigt wohl sehr deutlich, dass beim Übergange vom festen in den flüssigen Zustand das Volumen sich vergrössert.

Das specifische Gewicht des angewandten Diabases betrug 3,0178, das erhaltene schwarze Glas zeigt das specifische Gewicht von 2,717. Durch directe Messung ergab sich, dass das feste Gestein bis zum Schmelzpunkt sich fast gleichmässig ausdehnt, bei der Verflüssigung bei 1093° findet eine starke Volumvermehrung statt; diese Volumzunahme hält bei Erhöhung der Temperatur auf 1421° an.

Barus machte auch gleichzeitig Schwimmversuche mit kaltem Gestein in der flüssigen Masse; das feste kalte Gestein schwimmt auf der geschmolzenen Masse, weil sich unter dem kalten Gesteinsstück eine hohle feste Schale bildet, welche es trägt.

Es ist dieser directe Versuch von Barus meiner Ansicht nach wohl entscheidend, trotzdem wird von Anhängern der Theorie, dass Gesteine beim Erstarren sich ausdehnen, immer wieder die Wichtigkeit desselben ignorirt. Stübel erwähnt ihn gar nicht, Dannenberg[2] sagt: „andere in der Natur bedeutungsvolle Verhältnisse entziehen sich noch mehr der Nachahmung im Laboratorium“.

Schwimmversuche.

Neben der Bestimmung der specifischen Gewichte sind Schwimmversuche von grösster Wichtigkeit[3]. Solche sind für Laven mehrfach am Vesuv unternommen worden, und zwar,

[1] Bull. U. S. geol. Surv. No. 103. 1893; Philos. Magazine. 1893. p. 35.

[2] Naturw. Rundschau l. c. p. 14.

[3] Über Schwimmversuche beim Eisen und anderen Metallen siehe die öfters erwähnte Abhandlung von Nies und die Arbeit von Wrightson.

wie wir gesehen haben, mit entgegengesetztem Resultate. Schwimmversuche an Gesteinen im Laboratorium sind nur selten ausgeführt worden.

Dass das Experiment Palmieri's durchaus anfechtbar ist, wurde bereits erwähnt. Ebenso sind die meisten Experimente von Nies und Winkelmann, mit Ausnahme vielleicht der Eisen und Wismuth betreffenden, von späteren Experimentatoren[1] als unrichtig nachgewiesen worden. Die Wahrscheinlichkeit für das Schwimmen des festen Körpers auf dem flüssigen besteht ausser für Wismuth wohl nur für das Eisen, obgleich bei letzterem Widersprüche vorliegen.

Fehlerquellen bei den Schwimmversuchen.

Dass bei den allerdings nicht zahlreichen Experimenten oft widersprechende Resultate erhalten wurden, rührt von den das Endergebniss beeinflussenden Störungen her, diese zeigen sich eigentlich noch mehr bei den Experimenten an Lavaströmen und im Grossen, als bei solchen im Kleinen. Die wichtigsten Fehlerquellen sind bei den Eintauchversuchen folgende: Verschiedenheit der Temperatur des eingetauchten Materiales und der Flüssigkeit bewirkt, wenn die Schmelzpunkte der beiden Körper gleich oder wenn der eingetauchte Körper einen niederen Schmelzpunkt hat, infolge Erkaltung der Flüssigkeit Bildung einer festen Unterlage, oft auch Bildung einer porösen Kruste, welche, abgesehen von der Luftschichte zwischen Flüssigkeit und dem eingetauchten Körper, ein Untersinken hindert.

Weitere Fehlerquellen sind in der Gasentwickelung in der Flüssigkeit zu suchen, welche den eingetauchten Körper nach oben treiben. Ferner können Strömungen in der Flüssigkeit dann selbstverständlich poröse Beschaffenheit der zum Versuche angewandten festen Körper Fehler erzeugen.

Diese Fehlerquellen sind nun bei Versuchen im Kleinen viel weniger maassgebend, als bei solchen im Grossen, wie aus Folgendem hervorgeht:

1. Es ist viel schwieriger, bei Versuchen an einem Lavastrom oder in grossen Schmelzöfen grosse Blöcke auf die

[1] Eilh. Wiedemann, Ann. Phys. u. Chem. N. F. 20. 1883; Töpler l. c.

Temperatur (die zumeist noch nicht gemessen wurde) der Flüssigkeit zu bringen, während dies bei kleinen Bruchstücken sehr leicht ist. Wenn, wie das bei manchen Versuchen geschehen ist, kalte Bruchstücke in die flüssige Masse geworfen werden, so wird der feste Körper sich mit einer Luftschicht umgeben, welche das Sinken verhindert, ferner wird die Flüssigkeit um den kalten Körper selbst erkalten, fest werden und denselben am Untersinken hindern.

2. Es ist sehr schwer, grössere Blöcke ohne Hohlräume zu finden, während dies bei kleineren Bruchstücken viel leichter ist.

3. Bei Versuchen im Grossen oder an Lavaströmen ist der Einfluss der Gase ein weit stärkerer, derselbe verhindert, da der Gasstrom von unten nach oben geht, das Untersinken.

Schwierigkeiten der Versuche.

Die vielfachen Fehlerquellen und insbesondere die Beschaffenheit des anzuwendenden Materials bereiten den Tauchversuchen grosse Schwierigkeiten. Tauchversuche mit demselben Material, also das Eintauchen fester Massen in denselben flüssigen Körper, werden in den meisten Fällen misslingen, weil es nicht möglich ist, die festen Körper vor dem Versuche auf dieselbe Temperatur zu bringen, da sie sonst schmelzen würden, daher, wie schon Barus bemerkt, trotz des höheren specifischen Gewichtes der schwerere Körper schwimmen kann. Daher auch die widersprechenden Resultate.

Eine weitere Schwierigkeit liegt in dem Grade der Flüssigkeit der geschmolzenen Masse. Erst weit über dem Schmelzpunkte wird ein Silicat den Grad von Flüssigkeit erhalten, welcher ein Sinken eines schwereren Körpers gestattet, bei manchen Gesteinen ist überhaupt dieser Grad der Flüssigkeit nicht erreichbar gewesen, wenigstens in den von mir angewandten Öfen. Bei weit höherer Temperatur würde dies vielleicht erreichbar sein, dann würden aber die meisten Mineralien, welche zum Eintauchen verwendet wurden, rasch schmelzen und der Versuch resultatlos bleiben. Die zum Schwimmen verwendeten Mineralien müssen von höherem Schmelzpunkte sein als die flüssige Masse und wenn möglich auch bei der Versuchstemperatur nicht

schmelzen. Grössere Stücke werden allerdings nicht so rasch schmelzen, aber immerhin kann der Versuch durch das Weichwerden der eingetauchten Stücke zum mindesten am Rande zweifelhaft werden. Durch die von mir projectirte Construction eines Schwimmers aus Platin mit entsprechender Graduirung würde allerdings diese zweite Schwierigkeit entfallen. Immerhin werden die Versuche auf basische Gesteine beschränkt bleiben müssen, da schon Phonolith selbst bei hoher Temperatur nicht den nöthigen Grad von Flüssigkeit annimmt, um Schwimmversuche anstellen zu können.

Bestimmung der Dichte der Flüssigkeit.

Das specifische Gewicht der Flüssigkeit wurde bei meinen Versuchen durch Indicatoren bestimmt, welche jedoch so gewählt wurden, dass ihr Schmelzpunkt bedeutend höher als der des geschmolzenen Silicates und wenn möglich, höher liegt als die Temperatur der Schmelze, letzteres war jedoch nicht immer erreichbar, da Anorthit und Labrador zumeist in eine Schmelze von höherer Temperatur als 1120—1130° getaucht werden müssten, da jedoch die Temperatur des Flüssigwerdens für die Mineralien noch um circa 30—40° höher liegt, so war ein Übelstand damit zumeist nicht verbunden. Sehr geeignet waren zu den Versuchen Quarz, Orthoklas, Olivin, Diopsid, Disthen, Topas, Titanit.

Es wurden stets kleine Bruchstücke dieser Mineralien angewendet, da, wie ich früher bemerkte, grosse zu häufig Poren, Risse etc. zeigen, welche Fehler in der Bestimmung erzeugen. Einige Sorgfalt ist auch auf die Form der Bruchstücke zu beobachten. Flache Stücke schwimmen oft, wenn runde bereits sinken, bei Anwendung ersterer könnte man daher zu falschen Schlüssen kommen.

Das specifische Gewicht der glasig erstarrten Masse wurde so bestimmt, dass aus der Flüssigkeit mit einem Platinlöffel eine kleine Menge geschöpft wurde und diese nach Erstarrung untersucht wurde.

Die Dichte der krystallinischen Schmelze wurde an Material ermittelt, welches durch lange Zeit 24—48 Stunden etwas unter dem Erstarrungspunkt erhalten wurde, und dann noch langsam gekühlt. Die Untersuchung der so erstarrten

Schmelze zeigte, dass zumeist eine krystalline Masse vorlag, Glasbasis war allerdings stets noch vorhanden, vielleicht etwas mehr als in dem ursprünglichen Gesteine.

Die specifischen Gewichte der erstarrten Schmelzen wurden vermittelst der schweren Flüssigkeiten ausgeführt (mit wenigen Ausnahmen), sie konnten selbstverständlich genauer bestimmt werden als die der Flüssigkeit; die erhaltenen Minimal- und Maximalzahlen beziehen sich nicht, wie bei den Flüssigkeiten, auf die Genauigkeit der Bestimmung, vielmehr rühren diese Differenzen davon her, dass nicht alle Theile der Schmelze gleiches specifisches Gewicht haben. Die Ursachen dieser Unterschiede liegen theilweise darin, dass manche Theile vielleicht porös sind, vielleicht finden auch Absonderungen schwerer Theile in der Schmelze statt; da die Differenzen sehr geringe sind, lässt sich die Ursache nicht gut ermitteln.

Beim Vergleiche der Dichten der Gesteine und ihrer Schmelzen ist bisher der Glühverlust nicht berücksichtigt worden, ich habe es hier nothwendig erachtet, auch die specifischen Gewichte der auf Rothgluth erwärmenden Gesteine ebenfalls mit denen der Schmelzen zu vergleichen.

Schwimmversuche mit Mineralien.

1. Melanit von Frascati. Dieses Mineral schmilzt sehr leicht bei circa 900—920° und wird bei 940—950° ganz flüssig. Die bei dem Versuche angewandte Temperatur betrug 1050—1100° circa. Die Schmelze war vollkommen flüssig, so dass die Versuche gut gelangen. Es ergab sich folgendes:

Spodumen schwimmt.

Olivin gab kein entscheidendes Resultat.

Titanit sank langsam unter.

Topas gab kein entscheidendes Resultat, da das flache Spaltungsstück zuerst oben schwamm, beim Hinunterstossen aber unten blieb.

Disthen fällt.

Spinell „

Pyrop „

Melanit „

Die Dichte würde demnach zwischen Topas und Disthen liegen, also 3,55—3,60 betragen.

Das specifische Gewicht des rasch erstarrten Melanites ist 3,50—3,60, des langsam erstarrten 3,65—3,70, das des ursprünglichen Minerals 3,75.

2. Augit von Arendal. Das specifische Gewicht des Minerals beträgt 3,29—3,30; der Schmelzpunkt, auch die Umwandlungstemperatur beträgt 1080—1090° (ungefähr der Schmelzpunkt des Kupfers), flüssig ist das Mineral bei 1120° circa. Die Temperatur der Schmelze während des Versuches betrug circa 1150—1160° und war die Schmelze vollkommen flüssig. Das Resultat war folgendes:

Wollastonit schwimmt.
Tremolit fällt langsam.
Strahlstein fällt.
Spodumen „
Fester Augit fällt langsam.

Nach dem Erstarren wurde die Masse durchgeschnitten und es fand sich der Spodumen am Grunde des Tiegels, der Tremolit ganz in der Nähe der Oberfläche. Das specifische Gewicht der Flüssigkeit liegt daher zwischen Wollastonit und Strahlstein, also nach den für die angewandten Stücke bestimmten Dichten 2,89 und 3,04 und dürfte nach dem Verhalten des Tremolites mit dem des letzteren übereinstimmen, oder etwas höher liegen, also circa 2,92.

Die rasch erkaltete Schmelze hat ein specifisches Gewicht von 2,92—2,95. Die langsam gekühlte krystallinische Schmelze hat dagegen das specifische Gewicht von 3,20—3,25.

3. Spodumen von Norwich. Der Versuch misslang, da die Masse, vielleicht weil zu viel Substanz genommen worden war, nicht dünnflüssig wurde. Das specifische Gewicht der rasch gekühlten Schmelze beträgt 2,4, das der langsam krystallinisch erstarrten 2,89, des Minerals 3,01. Ich bemerke, dass die Schmelzen porös waren und die Bestimmung bei diesen nicht genau war.

Versuche mit Gesteinen.

Nur wenige Gesteine erreichten den nöthigen Grad von Flüssigkeit, um Schwimmversuche zu gestatten.

Versuch mit Limburgit von Sasbach. Das specifische Gewicht des Gesteines ist 2,82—2,83, das des geglühten

2,85—2,88. Die Schmelze war bei der Versuchstemperatur von 1080—1120° vollkommen flüssig.

Ich beobachtete:

Anorthit sinkt rasch.
Speckstein „
Labrador „ rasch.
Mikroklin „ langsam.
Quarz „
Glas schwimmt.

Da das specifische Gewicht dieses letzteren circa 2,55 betrug, liegt das des flüssigen Limburgites zwischen 2,55 und 2,68 (Mikroklin).

Das specifische Gewicht des rasch erstarrten Limburgites beträgt nun genau so viel, indem es wieder zwischen beiden liegt; das specifische Gewicht des langsam abgekühlten, krystallinisch erstarrten Limburgites, welcher aus Augit, Olivin, Magnetit, etwas Plagioklas und Glasbasis besteht, beträgt dagegen 2,75—2,78.

Versuch mit Vesuv-Lava vom Jahre 1858. Diese wird bei circa 1080° dünnflüssig[1]; die Temperatur betrug bei dem Schwimmversuche circa 1150° und war das Gestein vollkommen verflüssigt.

Anorthit fällt.
Labrador „
Orthoklas schwimmt.
Feste Bruchstücke des Gesteines fallen kaum.

Das specifische Gewicht beträgt demnach 2,68—2,74. Ein Schnitt durch die erstarrte Masse bestätigte, dass die beiden Mineralien Anorthit und Labrador gefallen waren. Das rasch erkaltete, vollkommen glasig erstarrte Gestein zeigt das specifische Gewicht 2,69—2,75; bei sehr langsamer Abkühlung mehrerer Schmelzen, welche Augit, Magnetit, Olivin, Leucit, Plagioklase und Glasbasis zeigten, wurden bei einem Versuche das specifische Gewicht von 2,775, bei einem zweiten 2,81 gefunden. Die natürliche Lava selbst zeigt das specifische Gewicht von 2,83—2,85, das geglühte Gestein zeigt hierin nur geringe Abweichungen, 2,84—2,87.

---

[1] C. Doelter, Tschermak's mineral. Mitth. 1901. p. 232.

Versuch mit Aetna-Lava von Tre Castagne. Specifisches Gewicht 2,83. Das Gestein wird wieder bei circa 990° und bei 1030° dünnflüssig. Versuchstemperatur circa 1150°. Das Gestein entwickelt viel Gas und bläht sich anfangs stark auf.

Ich beobachtete folgendes:

Feste Bruchstücke des Gesteines sinken theilweise ganz, theilweise nur wenig unter.

Anorthit sinkt.

Labrador sinkt langsam.

Orthoklas schwimmt.

Mikroklin „

Das specifische Gewicht liegt zwischen 2,58—2,74, vielaber eher zwischen 2,58 und 2,686.

Bei rascher Erstarrung zeigte die Lava ein specifisches Gewicht von 2,71, bei langsamer 2,81.

Bei einer Wiederholung des Versuches ergab sich folgendes:

Quarz schwimmt.

Labrador fällt langsam.

Anorthit „

Nach dem Erstarren zeigt sich Anorthit am Boden des Tiegels, während Labrador nicht ganz gesunken war, das specifische Gewicht dürfte also zwischen Labrador und Anorthit, aber eher in der Nähe des letzteren liegen, demnach 2,68—2,75.

Das specifische Gewicht der glasig erstarrten Schmelze beträgt 2,71—2,75, das der krystallinisch erstarrten 2,81—2,83. Das Gestein selbst hat ein specifisches Gewicht von 2,83, nach dem Glühen von 2,84.

Nephelinit von Waldra. Das specifische Gewicht beträgt 2,735—2,745, beim Glühen blieb er fast unverändert, 2,75. Die Versuchstemperatur betrug 1150°. Das Gestein bläht sich stark auf und infolge der heftigen Strömung nach oben ist der Versuch nicht entscheidend. Quarz und Orthoklas schwimmen. Bei Anorthit ist der Versuch nicht entscheidend, derselbe sank theilweise. Wollastonit fällt. Das specifische Gewicht dürfte schätzungsweise dem des Anorthit gleichkommen, also 2,70—2,75.

Das specifische Gewicht des rasch erstarrten Gesteines

betrug 2,686, das des langsam erstarrten, welches jedoch ausser Augit, Magnetit, Nephelin auch viel Glasbasis zeigt, 2,72—2,75.

Versuch mit Leucitit vom Capo di Bove. Specifisches Gewicht 2,83. Versuchstemperatur 1150—1200°. Trotz dieser hohen Temperatur hatte das Gestein nicht ganz den Grad von Dünnflüssigkeit wie bei den ersten Versuchen.

Feste Gesteinsbruchstücke sinken, wenn auch langsam, unter.

Labrador sinkt ebenfalls erst nach einiger Zeit.

Orthoklas „ nicht.

Die Flüssigkeit ist also leichter wie 2,68, schwerer wie 2,60.

Die rasch gekühlte Schmelze hat die Dichte von 2,68—2,72, die langsam krystallinisch erstarrte, welche Leucit, Augit, Magnetit und Glasbasis zeigt, das specifische Gewicht von 2,750—2,787.

Ich will noch einige negative Versuche erwähnen. Mit Phonolith vom Brüxer Schlossberg konnte ich eine dünne, zu Schwimmversuchen geeignete Flüssigkeit nicht erhalten; derselbe war zu zähe. Das Gestein vermindert nach dem Schmelzen sein specifisches Gewicht von 2,52 auf 2,40.

Obsidian von Lipari konnte nicht auf den nöthigen Grad von Flüssigkeit gelenkt werden. Specifisches Gewicht des festen Gesteines 2,395—2,401, des vorher geglühten 2,410—2,415, der künstlichen, rasch erstarrten Schmelze 2,405—2,415.

Zusammenstellung der Resultate.

Mineral resp. Gestein	Natur-product	geglüht	flüssig	rasch erstarrt, glasig	langsam krystallin. erstarrt
Melanit . . .	3,75	—	3,55—3,6	3,55—3,60	3,65—3,7
Augit	3,29—3,3	—	2,92	2,92—2,95	3,2—3,25
Limburgit . .	2,83	2,85—2,88	2,55—2,568	2,55—2,568	2,75—2,78
Aetna-Lava .	2,83	2,84	2,586—2,74	2,71—2,75	2,81—2,83
Vesuv-Lava .	2,83—2,85	2,84—2,87	2,68—2,74	2,69—2,75	2,775—2,81
Nephelinit . .	2,735—2,745	2,75	2,70—2,75	2,686	2,72—2,75
Leucitit . . .	2,83	—	2,60—2,68	2,68—2,72	2,75—2,787

Resultate.

Aus den Versuchen geht hervor:

1. Das specifische Gewicht der flüssigen Schmelzen ist stets geringer als das der betreffenden festen Gesteine; wenn auch die Genauigkeit der Messung des ersteren keine sehr grosse ist, so zeigen doch, trotzdem die Fehlerquellen zumeist eine Erhöhung der betreffenden Grösse verursachen, alle Versuche übereinstimmend ein niederes specifisches Gewicht. Die Differenz ist oft eine bedeutende und beträgt zumeist 0,2—0,3. Nur bei Nephelinit, bei welchem die Bestimmung eine weniger genaue war, sind die Differenzen kleiner, bei diesem Gestein waren überhaupt die Unterschiede geringfügig.

Schwimmversuche mit demselben Material führen nicht gut zu exacten Resultaten. Taucht man z. B. in Basalt (der bei 1000° zäh und bei 1100° ganz flüssig wird) ein Stück festes Gestein, so wird dasselbe am Rande anschmelzen und schon aus diesem Grunde leichter sein als das feste kalte Gestein, ausserdem bildet sich bei Anwendung von kalten Stücken unter diesen eine kalte hohle Schale, welche es schwimmen lässt (vergl. oben). Da ausserdem die Dauer des Versuches nur eine kurze sein kann, so lässt sich dieser auch nicht gut zur Entscheidung heranziehen. Bei den Versuchen zeigte sich übrigens, wenn die Fehler möglichst vermieden wurden, doch zumeist ein Eintauchen, stösst man das feste Stück hinab, so kommt es nicht wieder zum Vorschein.

2. Das specifische Gewicht der rasch und daher glasig erstarrten Schmelze ist stets geringer als das des Gesteines, was bereits hinlänglich nachgewiesen war.

3. Das specifische Gewicht der langsam durch längere Zeit gekühlten Schmelze differirt nur wenig von dem des Naturproductes; je weniger vollkommen krystallinisch die Schmelze erstarrt, desto geringer ist das specifische Gewicht. Die oft vorhandenen geringen Differenzen zwischen den beiden Dichten rühren davon her, dass es nicht möglich ist, eine vollkommen krystalline Masse zu erhalten, sondern zumeist noch etwas Glasbasis vorhanden ist.

Zwischen dem specifischen Gewichte der glasig erstarrten und dem der krystallinisch erstarrten Schmelze bestehen daher

nahezu dieselben Differenzen wie zwischen dem Naturproducte und dem flüssigen Gesteine.

4. Zwischen dem specifischen Gewichte der flüssigen Schmelze und dem der festen, glasig erstarrten besteht nur ein sehr geringer Unterschied. Ob das wohl der weniger genauen Methode der Bestimmung der Dichte der Flüssigkeit zuzuschreiben ist, oder ob bei genauerer Bestimmung derselben der Unterschied sich vergrössern dürfte, kann nicht mit Bestimmtheit entschieden werden. Da jedoch die Fehlerquellen, welche nicht ganz zu vermeiden sind, den Einfluss haben, das specifische Gewicht der Flüssigkeit zu erhöhen, könnte auch Letzteres denkbar sein. Ich hoffe vermittelst des in Ausführung begriffenen genaueren Apparates dies später entscheiden zu können.

Da eine solche glasig erstarrte Schmelze im Grunde als feste Lösung (im Sinne van t'Hoff's) zu betrachten ist, so ist immerhin die Wahrscheinlichkeit, dass der Unterschied zwischen den Dichten der flüssigen und festen Lösungen ein geringer ist, vorhanden.

Die Resultate meiner Versuche wären demnach keine günstigen für die Theorie Stübel's, da sie dasselbe, was ein Theil der früheren Experimentatoren erhalten hatte, nämlich ein Zusammenziehen der Lava beim Erstarren ergeben. Indessen könnte es, falls das Erstarren unter hohem Drucke vor sich ginge, möglicherweise doch denkbar sein, dass sich hiebei die Verhältnisse änderten. Sehr erwünscht wären genaue, mit Berücksichtigung aller Fehlerquellen durchzuführende Versuche am Vesuv oder noch besser am Kilauea, aber nur solche, und nicht approximative Bestimmungen können zum Ziele führen.

Graz, 15. Juli 1901.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1901

Band/Volume: 1901_2

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

Artikel/Article: Die Dichte des flüssigen und des festen Magmas. 141-157