BEITRAG

ZUR

FYSIK DER ERUPTIONEN

UND DER

ERUPTIV-GESTEINE.

VON

Dr. ED. REYER

DOCENT AN DER UNIVERSITÄT IN WIEN.

PREIS: 6 fl.

DER REINERTRAG DIESER AUFLAGE SOLL UNBEMITTELTEN STUDIERENDEN ZUKOMMEN.

WIEN, 1877.

ALFRED HÖLDER,

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER

ROTHENTHURMSTRASSE 15.

BEITRAG

ZUR

FYSIK DER ERUPTIONEN

UND DER

ERUPTIV-GESTEINE.

VON

DR. ED. REYER

DOCENT AN DER UNIVERSITÄT IN WIEN.

PREIS: 6 fl.

DER REINERTRAG DIESER AUFLAGE SOLL UNBEMITTELTEN STUDIERENDEN ZUKOMMEN.

WIEN, 1877.

ALFRED HÖLDER,

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTS-BUCHHÄNDLER

ROTHENTHURMSTRASSE 15.

VORWORT.

Als ich im Jare 1872 in Heidelberg neben Fysik und Chemie auch Geologie betrieb, fiel mir zufällig Gay-Lussac's Nachweis in die Hände, dass Sauerstoff von flüssigem Silber absorbirt wird. Da blitzte in mir der Gedanke auf: „Auch im Magma sind Gase absorbirt; daraus erklären sich die Ausbruch-Erscheinungen". Lebhafte Freude bewegte mich. Mein Leben hatte, wie mit einem Zauberschlage, Inhalt gewonnen. Ganz wendete ich mich nun der Geologie zu, um diese und andere Fragen durchzufüren. Da lernte ich denn, dass meine Idee längst gedacht war, und mein hoher Mut sank.

Doch ich arbeitete wieder weiter und statt der verlorenen Freude über den glücklichen Gedanken erwarb ich ruhige Befriedigung in stetiger Arbeit. Vor zwei Jaren waren die Grundzüge dieser Abhandlung entworfen. Die folgende Zeit verwendete ich, um mein Wissen auszuweiten und mein Auge an einen ruhigen Blick zu gewönen. — Ich sammelte Material in der reichen Bibliotek des k. k. Mineralien-Cabinetes in Wien, deren Genuss ich Herrn Director Tschermak verdanke, ferner in den trefflichen Büchereien

der technischen Hochschulen von Wien und Graz; auch erwarb ich mir im Laboratorium und in Hüttenwerken neue Anschauungen.[1]) Und wärend ich so sammelte und lernte, gärten und reiften die Teile dieser meiner zweiten Arbeit. Ich prüfte und änderte, und vereinte sie zu stetigen Entwicklungs-Reihen, deren sprachliche Erscheinung durch meinen lieben und vererten Vater einer schliesslichen Kritik unterzogen wurde. Auf seine Veranlassung wurden langwierige Perioden durch bündige Fügung, anderseits überflüssige Entlenungen aus fremden Sprachen („Barbarismen" würden die Romanen sagen) durch deutsche Bildungen ersetzt.[2])

Hatte meine erste geologische Arbeit sich auf den Bau der Vulkane bezogen, so soll in der gegenwärtigen Unter-

---

[1]) Viel Dank schulde ich diessbezüglich Herrn Hof-Juwelier Köchert in Wien, den Herren Professoren Wastler und Hlavatschek und den Herren Directoren Bleichsteiner und Ludwig in Graz, durch deren gütige Vermittlung ich die verschiedenen Erscheinungen beim Metallgusse kennen lernte.

[2]) Für die rasche und tadellose Ausfürung des Druckes und der Tafeln spreche ich Herrn Holzhausen in Wien und der Firma Schneider und Presuhn in Graz den verbindlichsten Dank aus. Auch Koch's Anstalt für Fototypie verdient Dank und Empfelung. Die Preise für eine Auflage von 500 sind: Druckbogen à 37 fl. 50 kr., 8 Tafeln, Summa 300 fl.; Fototypie pro Tafel 35 fl.

In der nächsten Publication hoffe ich ebenso volle Anerkennung meinem vererten Verleger aussprechen zu können. — Ich glaube meinem Leser durch diese Anmerkung einen Dienst zu erweisen und richte an jeden publicirenden Fachgenossen die Bitte, seinen Arbeiten ebenfalls Notizen über die empfelenswerten Firmen beizufügen. Der wissenschaftliche Autor ist ja bekanntlich meist passiv in des Wortes weitester Bedeutung. Das muss anders werden, und ich denke, das von mir angedeutete vorgehen wird, wenn allgemein angenommen, zu wesentlicher Besserung unserer Stellung füren.

suchung gehandelt werden von jenen Bewegungs-Vorgängen, welche das Leben und Wesen der Vulkane ausmachen, und von dem durch äussere und innere Bedingungen bestimmten Habitus der Ausbruchmassen. Wie Fysiologie zur Anatomie, so soll sich die zweite geofysische zur ersten geotektonischen Untersuchung verhalten.

Soweit es mir möglich, gebe ich die geschichtliche Entwicklung der einschlägigen Erkenntnisse. Ein solcher Hinblick auf die Wege und Irrwege der Forschung scheint mir nicht bloss anziehend, sondern auch für eine nachhaltige Erkenntniss belangreich. Wärend es wenig anregend und nur das Gedächtniss beschwerend ist, wenn uns ein Wust von Tatsachen, in eine deductive Schablone eingezwängt, übermittelt wird, gewinnt das Tatsachenbild sogleich Leben, wenn wir auf inductivem Wege uns der Warheit nähern. Fremd und wesenlos bleiben uns die Erkenntnisse, welche als von fremder Hand gepflückte Früchte in unsern Schooss fallen. Unser volles, freies Eigentum wird hingegen jede Warheit, deren Entwicklungsgang wir verfolgten, welcher wir Schritt für Schritt uns näherten, die wir mit Mühe errangen. —

Diese Ueberlegung bestimmte die Gestalt der gegenwärtigen Arbeit. —

Meine Freunde haben mich getadelt und gesagt: Sieh auf Deine Altersgenossen! Sie liefern järlich eine schöne Arbeit, sie gelangen zu Amt und Würden und geniessen zugleich auch das Leben. Und Du? Du verlierst Dich in tausend Dinge und kommst nicht zu Ende, noch Freude. Nach vier Jaren hast Du — die Arbeit über die Euganeen zu Stande gebracht!

Ich antworte: Allzu mächtig regt sich in vielen das Verlangen, das kurze, arme Leben zu allseitiger Geltung zu bringen. So wird viel unfertiges zu Tag gebracht. — Ich aber will nicht viel, sondern kurz und gut arbeiten. Ich will nicht tatenhastig, sondern tatentüchtig sein. Die guten Arbeiten aller Zeiten — mögen sie kleines oder grosses gefördert haben — zeichnen sich nicht durch Bogenzal, sondern durch ruhige, klare Reife aus. Solches strebe ich an. Bis ich das Ziel erreicht, will ich Tadel und Mitleid tragen.

Wien, 18. Juni 1877.

INHALT.

I. Gedankenreihe über Fysik der Eruptionen.

II. Gedankenreihe über Fysik der Eruptionen.

---

[1]) Ueber die Bedeutung des Druckes s. II. 22 und III. 3.

I

Figur I.

Silberkuchen mit Sprätzlingen.

Der Kuchen (Gyps-Abguss) hat etwa 20 Centim. Durchmesser.

An drei Stellen wurde die Erstarrungsdecke durch die entweichenden Spratz-Gase offen gehalten. Dort sitzen die Sprätzlinge auf. In deren Umgebung ist die Oberfläche des Silbers etwas eingesunken (s. p. 7).

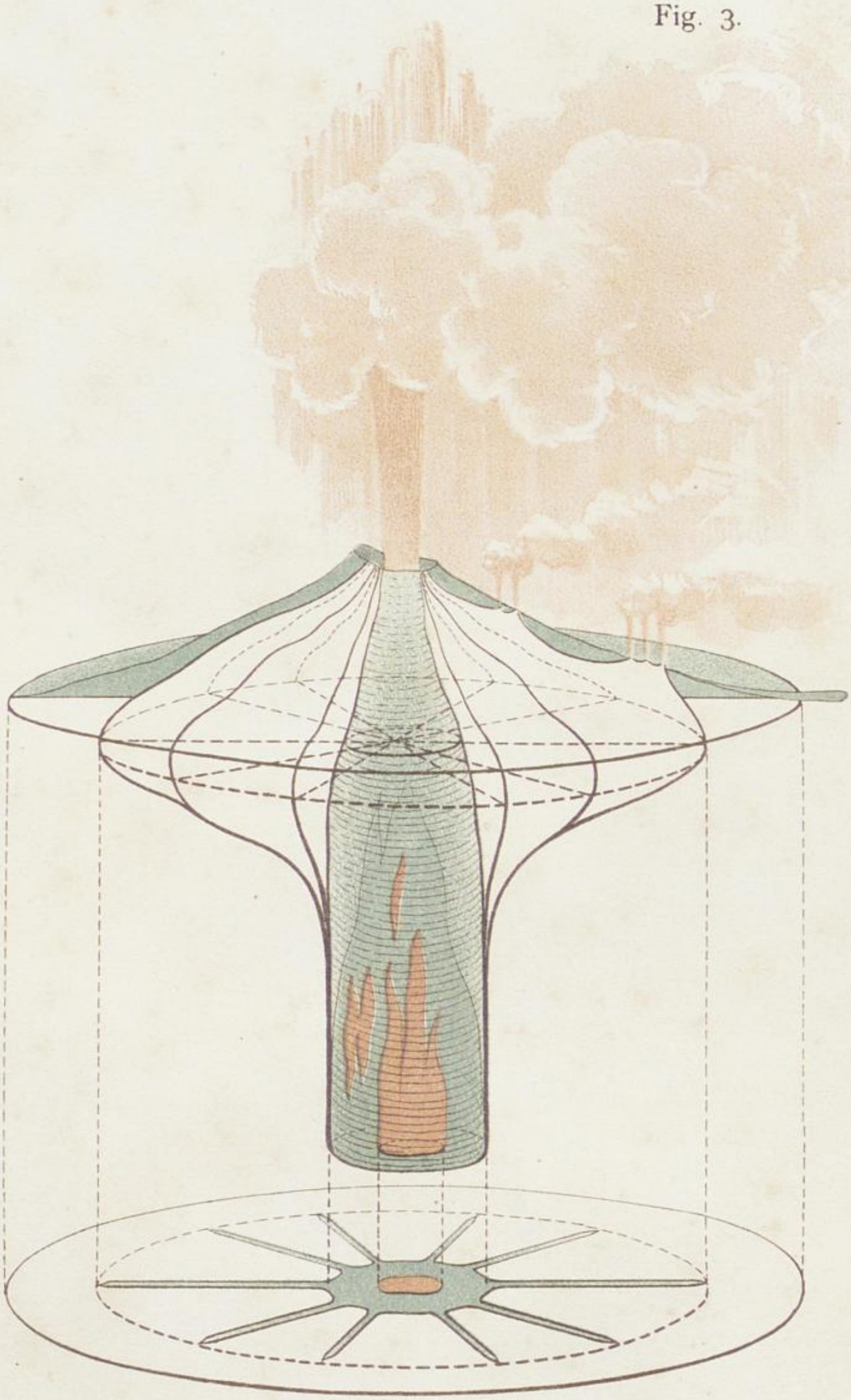
Figur II.

Das Nachsacken der Güsse.

Nachdem die Gussform mit flüssigem Metalle vollgegossen ist, sieht man an der Eingussstelle die Oberfläche des Metalles sich trichterförmig einsenken. Fig. II stellt die nachgesackte Oberfläche zweier Eisen-Gusszapfen dar. Das kleinere Stück nach der Natur, das grössere nach Gyps-Abguss (s. p. 12).

Fig. II a. Nachgesackte Oberfläche eines Gussstal-Klotzes. Am rechten Aussenrande der Fig. sieht man zwei scharfe Kanten emporragen. Es sind die Ränder der Gussstal-Masse. Von diesen Punkten an senkt sich die Oberfläche des Gussstales (wie in Fig. II) schalenförmig gegen die Axe des Gussstückes. Diese nachgesackte Stalfläche ist bedeckt von einer fasrig erstarrten Kalksilicat-Decke, deren Ränder ringsum abgebrochen sind. In dieser eingesenkten Schlackendecke, welche der nachgesackten Metall-Oberfläche sich anschmiegt, wurde durch die entweichenden Gase etwas unterhalb des Centrums ein Hügel aufgetrieben. An dieser Stelle schaut aus der durchbrochenen Silicat-Decke ein Spitzchen der Gussstal-Masse hervor. Die Erscheinung erinnert an die Verhältnisse der Mondkrater (s. p. 69).

Fig. 3.



Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

Figur III.

Anordnung und Habitus der Eruptions-Massen eines Vulkanes.

Die Axe des Bildes wird eingenommen vom Hauptgang eines Vulkanes. Dieser Stock zerteilt sich nahe der Erdoberfläche in Radial-Gänge, deren Umrisse schwarz eingezeichnet sind, deren Erstreckungs-Bezirk durch einen punktirten Kreis und deren radiale Anordnung durch Einzeichnung der Radial-Linien hervorgehoben ist.

Dieses Gang-Gerippe steckt im Aschenkegel, dessen hinter der Bildfläche liegende Hälfte dargestellt wurde.

Der Hauptgang ist transparent gedacht. Durch die Tiefe der Farbe ist die Dichte des emporquellenden Materiales angezeigt. — Wir sehen, dass nahe der Axe und in der Tiefe die dichtesten (vollkrystallinisch erstarrenden) Massen stecken. In der Höhe und in den periferischen Teilen ist das Magma aufgelockert; dort erstarrt es durchglast und gedunsen. An der Oberfläche des Kraters und der Radial-Spalte zerstäuben die stark durchtränkten Schlieren zu Detritus; die minder impregnirten aber fliessen als Strom aus. Die blauen Partien des Hauptganges stellen basisches Magma vor. In der Tiefe stecken rote Schlieren — eben dringt kieselsäure-reiches Magma empor. Vielleicht wird hiedurch der Abschluss des Ausbruches bedingt (p. 105).

Im unteren Teile des Bildes sieht man die Projection zweier Schnitte, deren einer durch den Hauptgang, deren anderer durch das Gebiet der Radialgänge gelegt ist (s. p. 23, 134, 136).

GEDANKENREIHE I.

1. Aequivalente und nicht äquivalente Molekular-Association.

Treten uns einerseits die Elemente in Erde, Wasser und Organismen im Zustande der Verbindung nach bestimmten Gewicht-Verhältnissen entgegen, so beobachten wir andererseits ebenso häufig eine nicht äquivalente, gegenseitige Durchdringung verschiedener Molekülmassen. Die Durchmischung ist in letzterem Falle oft eine so gleichmässige, der Verband der verschiedenen Moleküle ein so inniger, dass eine auf diese Verhältnisse gegründete Unterscheidung zwischen Verbindung und Durchdringung nicht möglich ist. Wenn wir sehen, dass Holz und faserige Silicate mechanisch gebundenes Wasser bei 150, ja bei 300 Grad noch nicht vollständig abgeben, [1]) und dass Farbstofflösungen von manchen organischen Substanzen ausgefällt werden, [2]) so denken wir unwillkürlich an einen chemischen Verband, weil solche Gewalt der Fesselung sonst nur an chemischen Verbindungen zu beobachten ist. Dazu kommt, dass in vielen Fällen der Durchdringung die Sondereigenschaften der einander durchdringenden Körper zum Teile oder ganz verlöscht werden,[3]) und dass ser häufig Verbindung nach Aequivalenten neben

---

[1]) Frankenheim: Ann. Fys. 1860 Bd. 111 p. 50.

[2]) Proust cit. bei Chevreul: Comptes rend. 1866 II. p. 61. Chevreul schreibt diesen Vorgang einer „capillaren Affinität" zu.

[3]) Vgl. Frankenheim: Cohäsion 1835 p. 12.

nicht äquivalenter Durchmischung bestehen kann, one dass es gelänge, beide Arten der Elementar-Association zu scheiden. [1]) Solchen Complicationen begegnen wir in dem bezeichneten Gebiete der Durchdringung, welches drei Gruppen von Erscheinungen umfasst:

1. Die Verteilung der Moleküle fester Körper in einem flüssigen (Lösung); 2. die Verteilung eines Gases in einem festen oder flüssigen Körper (Absorption); 3. die gegenseitige Durchdringung zweier Flüssigkeiten oder Gase (Diffusion). Der erste Teil dieser Arbeit bezieht sich auf Erscheinungen der Absorption.

Ich schicke eine Bemerkung in Bezug auf die übliche Benennung des Herganges voran. Der Sprachgebrauch bezeichnet den Körper, welcher bei der gegenseitigen Durchdringung scheinbar in Ruhe bleibt, als den absorbirenden, daher activen; das eindringende Gas als absorbirt, mithin als passiv. Eine solche Ausdrucksweise ist gewiss unrichtig. Keiner von beiden Körpern ist für sich activ, bezüglich passiv, wie der sprachliche Ausdruck andeutet. Beide bewegen sich. Nur die Wege, welche beide Massen gegen einander zurücklegen, sind verschieden. Aenliche sprachliche Missgriffe sind gar nicht selten. Man sagt: die Erde wird von der Sonne angezogen, wärend doch die Gravitation gegenseitig ist. Wir sagen auch: die Erde bewegt sich um die Sonne. Sobald wir aber diese Erscheinung erläutern, müssen wir das Gesagte stillschweigend widerrufen. Wir müssen ausfüren, dass nicht die Erde um das Centrum

---

[1]) So gelingt es uns z. B. in vielen Fällen der Lösung nicht, über das Verhältniss von äquivalenter und nicht äquivalenter Association in solchen Körpern klar zu werden. Nur so viel können wir aus den Sprüngen der Löslichkeits- und Siedepunkt-Curven entnemen, dass oft geringe Aenderungen der äusseren Verhältnisse genügen, um neue Gleichgewichts-Lagen herbeizufüren.

der Sonne, sondern Sonne und Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt sich bewegen. In gleicher Weise fasst man bei Betrachtung der gegenseitigen sogenannten „Störungen“, welche unter den Planeten herrschen, nur einen Körper als beeinflusst, als gestört auf, wärend doch auch in diesem Falle die Gravitation und Ablenkung gegenseitig sind u. s. f.

Es kommt mir nicht in den Sinn, in diesen Fällen eine neue Ausdrucksweise zu verlangen. Wol aber scheint es mir wünschenswert, den Leser im einzelnen Falle auf die Unzukömmlichkeit der historischen Sprechweise aufmerksam zu machen. Manches Missverständniss mag so vermieden werden.

2. Alte Beobachtungen über Absorption.

Die Erscheinungen, welche unter den Ausdruck „Absorption“ einbegriffen werden, haben schon vor geraumer Zeit die Forscher beschäftigt. Man fand, dass Kole viele Gase verschlucke, und man beobachtete, dass Luft im Wasser enthalten sei. Dass sich letztere in diesem Falle in einem ser verdichteten Zustande befinde, schloss man aus der Beobachtung, dass lufthältiges Wasser nicht nachweislich specifisch leichter sei, als luftfreies. Man bestätigte endlich, dass die im Wasser absorbirte Luft „besser“ ist, als die gemeine, atmosfärische.

Diese Beobachtungen, sollte man meinen, hätten leicht zu einer sicheren Begründung der Absorptions-Lere füren können. Aber, wie so oft, trat auch hier ein Stillstand ein, sobald in einem benachbarten Gebiete ein entscheidender Fortschritt gemacht wurde. Damals bestand die Chemie noch nicht. Noch wusste man nicht, dass die Körper sich unter einander nach bestimmten Gewicht-Verhältnissen verbinden können. Nun wurde constatirt, dass nicht bloss im

Wasser, sondern auch in den Metallkalken (Oxyden) verdichtete und ser reine Lebensluft enthalten sei. Man fand, dass der Sauerstoff der Metallkalke noch ungleich reiner ist, als der im Wasser verdichtete. Man wies endlich nach, dass der Sauerstoff in den Oxyden in gesetzmässiger Menge sich vorfindet. Es ist begreiflich, dass seit jener Zeit die Meisten sich dem neuen, nachweislich von Gesetzen beherrschten Wissenschafts-Gebiete zuwandten und die Absorption aus den Augen verloren. Aber doch fanden sich immer einzelne, welche auf die Absorptions-Erscheinungen zurückkamen. Man schuf Namen und betonte, dass die Absorption, im Gegensatze zur Verbindung, nicht nach unabänderlichen Gewichts-Verhältnissen statthabe. Pristley, Marozzo und Saussure wiederholten und erweiterten die Erfarungen Scheele's und Fontana's über die Absorption in Kole. Colonel Aubert zeigte, dass die Wärmeentwicklung, welche man bei diesem Vorgange beobachtet, bis zur Entzündung der Kole gesteigert werden kann, wenn letztere frischgeglüht, gemalen und dann in grossen Massen zusammengehäuft wird.[1] Man erkannte auch die nahe Beziehung zwischen Absorption und chemischer Verbindung, indem man beobachtete, dass Wasserstoff, auf Platinschwamm treffend, sich genügend erhitzt, um mit dem Sauerstoffe der Luft in Verbindung treten zu können.[2]

Wärend in diesem Falle die Anziehung zwischen Platin und Wasserstoff die Verbindung des Wasserstoffes mit einem dritten Körper vermittelt, verbinden sich in anderen Fällen beide einander durchdringende Körper wechselseitig.

---

1) Aubert: Ann. chim. phys. 1830 p. 73.

2) Davy, Erman, Döbereiner cit. bei Frankenheim: Cohäsion p. 193 f. In gleicher Weise wird Schwefel-Wasserstoff, wenn er in geglühter Kole oder heisser Lava mit Sauerstoff zusammentrifft, zu Schwefelsäure (Piria: Liebig u. Kopp's Ann. d. Chem. Bd. 39), und Ammoniak wird in feuchter Erde zu Salpetersäure. Knop: Agricultur-Chem. 1868 II. p. 73.

So treten Schwefel-Wasserstoff und Sauerstoff, wenn sie in Kalkstein zusammentreffen, mit einander und mit dem Kalke zu Gyps zusammen; [1]) und Stickstoff verbindet sich unter gleichen Verhältnissen mit Sauerstoff und Kalk zu salpetersaurem Kalke. [2]) Poröse Kole oxydirt sich an der Luft, [3]) Holz vermodert u. s. f. Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, wie häufig die Absorption in festen Körpern, [4]) wie gewaltig die gegenseitige Anziehung ist und wie bedeutungsvoll die Absorption für die Umänderung der Stoffe werden kann. Manchmal ist die Bindung eine so mächtige, die gefesselte Menge von Gasen so gross, dass man in der Tat an ein Flüssigwerden, ja an eine Erstarrung des absorbirten Gases denken muss. [5])

3. Bedeutung der Absorption für die Erde.

Weniger auffällig und intensiv sind die Absorptions-Vorgänge, welche auf der Oberfläche der Erde fortwärend sich abspielen. Die grosse Verbreitung und die ununterbrochene Wirksamkeit dieser Processe aber füren bekanntlich zu den grossartigsten Resultaten. Umfassende Oxydations-Processe, Zersetzung von Silicaten und Bildung von

---

[1]) Bischof: Chem. Geologie 1863—66 I. p. 847.

[2]) Becquerel: Comptes rend. 1867 I. p. 920.

[3]) Karsten: Ann. Fys. Bd. 109 p. 346. Saussure fand, dass die Absorption meist schon nach kurzer Zeit ein Maximum erreicht. Als Ausname hebt er das Verhältniss zwischen Kole und Sauerstoff hervor. In diesem Falle gelangte der Absorptions-Process selbst nach Jaren nicht zu vollständigem Abschlusse (Gilb. Ann. Bd. 47 p. 113 f.) Es bildet sich hiebei wol fortwärend Kolensäure, durch Oxydation der Kole, und da der Absorptions-Coëfficient der Kole für Kolensäure bedeutend ist, kann die Verminderung des Gasvolumes lange anhalten.

[4]) Vgl. Frankenheim: Cohäsion p. 192.

[5]) Frankenheim: Cohäsion p. 154, Ann. Fys. Bd. 73 p. 519.

Carbonaten werden fort und fort durch die im Wasser absorbirten Atmosfärilien vermittelt. An- und eindringend, überall gegenwärtig, ändern diese beweglichen Molekül-Massen stetig wirkend das molekulare Gleichgewicht in den festen Gebilden unserer Erdoberfläche. Wie die chemische Wanderung der Atmosfärilien Mitbedingung des Lebens in den organischen Teilen der Oberfläche der Erde ist, so werden diese Gase, in Wasser absorbirt, Vermittler der Bewegung und Umänderung in den starren, unorganischen Körpern.

Aber nicht diese oft besprochenen und wol bekannten Absorptions-Erscheinungen habe ich hier zu betrachten. Ich möchte vielmêr die Aufmerksamkeit des Lesers speciell auf die Bedeutung lenken, welche die Absorption für die Eruptions-Erscheinungen, sowie für die Textur der Eruptiv-Gesteine hat.

4. Absorption von Gasen in glühenden Flüssigkeiten. Das Spratzen des Silbers und der Bleiglätte.

Leibniz ist meines Wissens der erste, welcher an glühenden und erstarrenden Metallen gemachte Beobachtungen zur Erklärung kosmogenetischer Verhältnisse heranzog. Er meinte, wie in den erstarrenden Gussmetallen, so dürften auch in den Weltkörpern in Folge des Erstarrens Blasen entstehen. Auch spricht er — offenbar im Gedanken an das Spratzen der Metalle — die Ansicht aus, kleinere kosmische Massen könnten aus den glutflüssigen Sonnen ausgeschleudert worden sein. [1]) Diese trefflichen Analogien blieben unbeachtet

---

[1]) Leibniz: Protogaea (Acta erud. 1693) und Protogaea ed. Scheid 1749 §. 3 u. 4. Die auf Analogie gestützte Anname der Blasenbildung im Körper der erstarrenden Weltmassen wird von Leibniz und vielen Gelerten der folgenden Zeit verwertet, um die Gegenwart von Fossilien

und unverwertet. Die folgende Zeit beschäftigte sich zwar mit den Bewegungs-Erscheinungen in erstarrenden Metallen. Den Resultaten dieser Untersuchungen wurde aber keine geologische und kosmogenetische Bedeutung beigelegt.

Homberg bespricht die Bewegungen, welche im erstarrenden Silber auftreten und glaubt, dieselben der Contraction des erstarrenden Metalles zuschreiben zu müssen. — Morel weist nach, dass diese Vorgänge nicht bloss bei reinem, sondern auch bei bleihältigem Silber zu beobachten sind. [1]) Lucas findet die Erklärung dieses Vorganges. Er stellt fest, dass flüssiges Silber im Contacte mit der Luft aus derselben Sauerstoff aufnimmt und diesen wärend des Erstarrens ausscheidet. [2])

Wir lassen geschmolzenes, schlackenreines Silber langsam abkülen. Die Ränder des Kuchens werden matt, indem dort die Erstarrung zuerst eintritt. Nun ist fast die ganze Oberfläche erstarrt. Da faren an einer oder mereren Stellen Bläschen auf und es beginnt dort ein zartes Spritzen und Sprudeln, [3]) indem die entweichenden Gase fort und fort flüssiges unerstarrendes Silber mit sich heraufbringen. [4]) Wärend dieser Process noch anhält, ist die ganze Silber-

---

auf hohen Bergen zu erklären. Es wird allgemein angenommen, die Sintflut habe die Gipfel der Berge bedeckt. Später aber sei in Folge von Einstürzen unterirdischer Hölungen das Meer bedeutend gesunken.

[1]) Morel: Hist. et mém. acad. Paris 1727. Die deutschen Schmelzmeister betrachten das Sprossen (Spratzen) des Silbers als Zeichen, dass abgetriebenes Silber einen genügenden Grad von Feinheit erlangt hat. Ziegler's Anm. zu Lewis: Zusammenhang der Künste übs. Ziegler 1764—1766 Bd. I. p. 425.

[2]) Lucas cit. bei Gay-Lussac: Ann. chim. phys. 1830 Bd. 45 p. 221.

[3]) Das Spratzen (Sprossen) rocher, végéter, scricchiare dell' argento.

[4]) Hat man zu wenig oder unreines Silber angewendet, so bleibt das Spratzen oft aus. Dann genügt es, etwas Wasser auf die Oberfläche des erstarrenden Kuchens zu schütten oder mit einem Stabe anzuklopfen, um das Spratzen in Gang zu bringen.

fläche zugefroren und die ausgespratzten Silbertröpfchen häufen sich über der Spratzöffnung zu einem Walle, welcher je nach der Menge des Silbers zu einem Kegelchen (man sehe die Fig. I) oder zu vielgestaltigen Rörchen anwächst. Der Hüttenmann bezeichnet diese Anhäufungen als Sprätzlinge.[1]) Da das Erstarren allmälig vor sich geht, wird der Process begreiflicher Weise desto länger wären, je grösser die Masse des verwendeten Metalles war.

Nach beendigtem Spratzen hinterbleiben in dem Kuchen Hölungen, welchen auf dessen Oberfläche Senkungsfelder und Spratzkegel entsprechen. Aus der Dauer des Spratzens und aus der Menge des ausgespratzten Silbers könnte man leicht vorschnell auf eine übergrosse Menge gefesselten Gases schliessen. Wer aber die gewaltige Spannung des stark erhitzten Gases und sein Streben, einen bedeutenden Raum einzunemen, berücksichtigt, wird es begreiflich finden, wenn das ausgeschiedene Gas auf normale Lufttemperatur reducirt, kein so riesiges Volum einnimmt, als man erwarten möchte. Gay-Lussac wiederholte und erweiterte Lucas' Versuche und fand, dass die Menge des absorbirten Sauerstoffes ser steigt, wenn man dieses Gas unvermischt mit anderen über geschmolzenes Silber leitet. Am reichlichsten und ser stürmisch entwickelte sich der Sauerstoff aus einer Silbermasse, welche unter einer Salpeterdecke geschmolzen und dann unter die Luftpumpe gebracht wurde. In diesem Falle schied das Silber sein zweiundzwanzigfaches Volumen absorbirten Sauerstoffes aus.[2])

Dass diese Erscheinungen von beiden Forschern als Absorption gedeutet wurden, befremdet vielleicht auf den

---

[1]) saillie.

[2]) Fournet betont die Aenlichkeit dieser Processe mit vulkanischen Ausbrüchen. Erhebung, Spaltenbildung und Ergiessung treten in beiden Fällen ein. Bul. soc. géol. 1834 p. 200.

ersten Blick. Es scheint unglaublich, dass eine glühende Flüssigkeit sich den Atmosfärilien gegenüber ebenso verhalten solle, wie das Wasser, von dem wir ja wissen, dass eine Temperatur von 100 Grad genügt, um die aufgenommenen Gase zum grossen Teile auszujagen. Bei genauerer Ueberlegung aber findet man die Analogie ganz vollständig und durchaus nicht befremdend. Beide Flüssigkeiten scheiden im Erstarrungs-Momente die gefesselten Gase aus; beide besitzen für verschiedene Gase ein verschiedenes Fesselungs-Vermögen. Versetzt man eine mit Kolensäure gesättigte Wassermasse mit etwas Zucker- oder Salzlösung, so tritt eine Gasausscheidung ein;[1]) ebenso, wenn man dem mit Sauerstoff gesättigten Silber ein anderes Metall (etwa Kupfer oder Gold) zusetzt. In allen diesen Punkten also bewärt sich Analogie. Darin aber scheint ein Unterschied zu liegen, dass geschmolzenes Silber eine viel höhere Temperatur besitzt, als flüssiges Wasser. Das ist jedoch ein Unterschied, welcher nur für unsere Nerven, nicht aber für die Absorption bedeutungsvoll ist. Nicht die absolute Temperatur, sondern nur die Temperatur, soferne sie einen bestimmten Aggregat-Zustand in einem Körper bedingt, ist für das vorliegende Fänomen entscheidend. Für die Absorption ist Silber von 1200 Grad und Wasser von 10 Grad dasselbe, nämlich ein etwas über den Schmelzpunkt erhitzter Körper. So bleibt denn nur noch der Unterschied, dass gefrorenes Wasser die ausgeschiedenen Gase umschliesst, wärend erstarrtes Silber dieselben ausspratzt, was leicht erklärlich ist, wenn man die bedeutende Tension der vom Silber ausgeschiedenen Gase berücksichtigt.

---

[1]) Humboldt: Ann. chim. phys. 1819 p. 300 weist nach, dass der Gasgehalt des Süsswassers durch Beimengung von Salz ser vermindert wird, und dass der geringere Gasgehalt der Meere eben durch deren Salzgehalt bedingt sei.

Chronologisch schliesst sich an die angefürten Beobachtungen zunächst die Untersuchung Fournet's über das Spratzen des Bleioxydes. Diese Substanz, welche beim Abtreiben des Silbers gewonnen wird, zeigt wärend des Erstarrens eine lebhafte Bewegung. Der Kuchen platzt an vielen Stellen und aus den Rissen quellen nicht selten flüssige Partien hervor.[1]) Fournet meint, bei der höheren Temperatur habe sich eine höhere Oxydations-Stufe gebildet, welche sich bei eintretender Abkülung zersetze. Leblanc hingegen fasst die Erscheinung wol richtig als Absorptions-Fänomen auf. Wir verdanken îm auch Analysen der ausgeschiedenen Gase. Er findet in denselben 82 bis 90 Procent Sauerstoff, wärend die Spratzgase des Silbers immer davon über 90 Procent enthalten.

5. Bronce, Blei. Das Nachsacken.

Diese Untersuchungen haben uns schon so weit mit der Absorption von Gasen in glühenden Flüssigkeiten vertraut gemacht, dass wir an die Möglichkeit denken, vielen oder wol gar allen glühenden Flüssigkeiten käme die Fähigkeit zu, Gase in sich zu fesseln. Wir halten Umschau unter diesen Körpern.

Bei dem Gusse grosser Messing- oder Bronce-Stücke schiessen bekanntlich aus den Luftlöchern der Formen lange blaue Flammen, welche von verbrennendem Kolenoxyd herrüren. Dieses Gas muss im Glutflusse enthalten gewesen sein. Es sind Gase der Feuerung, welche wärend des Schmelzens von dem Metalle absorbirt wurden.

Kupfer spratzt nach Wagner[2]) mitunter. Nach Canaval's persönlicher Mitteilung kann das Spratzen bei diesem

---

[1]) Vgl. Leblanc: Comptes rend. 1845 II. p. 294.

[2]) Wagner: Technologie 1858 I. p. 78.

Metalle eingeleitet werden, wenn man auf die erstarrende Fläche etwas Wasser aufschüttet. Kupfer, über das man wärend des Schmelzens Wasserstoff, Kolenoxyd oder Kolen-Wasserstoff geleitet, „sprüht“, bevor es in den starren Zustand übergeht. Dann bläht es sich (es „steigt“) und wärend ein grosser Teil der Oberfläche erstarrt, tritt an den noch offenen Stellen energisches Spratzen ein. [1])

Auch Wismut spratzt. Wenigstens scheint mir dies aus Reaumur's Beschreibung zu entnemen. [2]) — Dieselbe Erscheinung tritt nach Morel nicht selten beim Blei ein. Doch bilden sich im letzteren Falle nur flache Buckel auf der erstarrenden Oberfläche. Wenn man Bleikugeln giesst, beobachtet man ein anderes Fänomen, welches für unsere Ausfürung wichtig ist. Es zeigt sich nämlich mit eintretender Erstarrung eine trichterförmige Einsenkung des Ansatzes, eine Erscheinung, welche auch bei den anderen Gussmetallen zu beobachten ist und als Nachsacken bezeichnet wird (s. Figur II in I. 29). Kneift man diesen Zapfen so tief ab, dass auch die obersten Teile der Kugel blossgelegt werden, so trifft man auf eine kleine Hölung. [3]) Sie ist offenbar verursacht durch ausgeschiedenes Gas. Derselbe Vorgang, welcher unter Umständen das Spratzen bewirkt, hat in diesem Falle die Bildung eines Bläschens veranlasst. Zum Spratzen kam es nicht, weil die Tension der ausgeschiedenen Gase nicht genügte, um die Masse zu durchbrechen. Wärend der Abkülung verloren die im Bläschen enthaltenen Gase an Spannung und der Luftdruck presste das noch nicht ganz erstarrte Metall in die Hölung hinab, daher das trichterförmige Einsinken.

---

[1]) Caron: Comptes rend. 1866 II. p. 1129.

[2]) Reaumur: Hist. et mém. acad. Paris 1826 p. 284.

[3]) Leblanc: Bul. soc. géol. 1841 Bd. 12 p. 140. Angelot glaubt, eine stärkere Zusammenziehung des Centrums dürfte Ursache dieser Hölungen sein. Bul. soc. géol. 1842 p. 248.

Dieser Fall eröffnet das Verständniss für eine Reihe einschlägiger Erfarungen. Reaumur teilt mit, dass nicht bloss Blei- und Gold-, sondern auch (in minderem Grade) Zinn-, Kupfer- und Silber-Güsse die beschriebene Erscheinung zeigen.[1]) Er liess bei seinen Versuchen die Oberfläche des in die Form gegossenen Metalles mit einer Platte eben streichen und beobachtete dann, wärend das Metall erstarrte, regelmässig ein Sinken der Oberfläche.[2]) Hieraus schliesst er, dass diese Metalle sich beim Erstarren zusammenziehen, und findet sich in diesem Schlusse bestärkt durch die Beobachtung, dass Stücke dieser Metalle, in den Guss geworfen, untersinken.[3])

6. Volum-Zuname beim Erstarren der Metalle. Das Dunsen.

Als Gegensatz zum Verhalten dieser Metalle schwimmt nach der Beobachtung desselben Autors starres Gusseisen auf flüssigem. Wenn man derlei Stücke untertaucht, schnellen sie wieder empor, wie Eis im Wasser. Hieraus schliesst er, dass geschmolzenes Eisen wärend des Erstarrens sich bedeutend ausdene.[4]) Dieser Erscheinung, fügt er scharfsinnig hinzu, verdankt das Eisen seine vorzügliche Tauglichkeit zum Gusse, indem das Metall durch seine Ausdenung

---

[1]) Reaumur: Hist. et mém. acad. Paris 1726, p. 277, 278.

[2]) Dies trichterförmige Einsinken zeigt sich sowol an der Oberfläche, als auch nicht selten an den seitlichen Flächen der Güsse. Die Metallurgen bezeichnen das erstere mit dem treffenden Ausdrucke „Nachsacken", das letztere als „Saugen".

[3]) Reaumur: Hist. et mém. acad. Paris 1726 p. 276. Der Autor vergleicht das erstarrende Eisen mit dem gefrierenden Wasser.

[4]) Auch Forbes (Geol. mag. 1866 p. 95) spricht sich über diese Erscheinung in diesem Sinne aus.

scharf in jede Vertiefung der Form hineingepresst wird (daselbst p. 276).

Zu etwas abweichenden Resultaten gelangt Lewis bei Betrachtung derselben Frage. Allerdings beobachtet er, dass Stücke von Gusseisen auf dem flüssigen Metalle schwimmen. Er sagt aber nur, dass der Eisenguss nicht viel kleiner ausfalle, als die angewendete Form, und betont, dass die Gussflächen des Eisens ebenso einsinken, wie die anderer Metalle, was man bei jedem grossen Gussstücke deutlich sähe. [1]) Diese Beobachtungen scheinen Lewis nun einerseits für, andererseits gegen die Ausdenung dieses Metalles zu sprechen. — Duvernoy endlich hat viele einschlägige Erfarungen veröffentlicht, [2]) welche jedoch ebenso, wie Reaumur's und Lewis' Untersuchungen nicht zu vollständiger Klärung gefürt haben. Er findet, dass geschmolzenes Zink, Zinn und andere Metalle (p. 788), ferner Schwefel (p. 793) und viele Salze (p. 794—795), in Glasrören langsam abgekült, das Gefäss zersprengen, was bei raschem Erstarren dieser Metalle nicht eintritt. Da im ersten Falle die Krystallisation viel vollständiger ist, schliesst er, dass die Körper bei dem Uebergange in den festen Zustand infolge der krystallinischen Lagerung anschwellen. Ich glaube jedoch, dass diese Versuche sich in anderer Weise deuten lassen. Bei raschem Erstarren rücken, sobald eine hinreichende Temperatur-Erniedrigung eingetreten ist, da und dort die Molekül-Gruppen in die starre Lagerung und der Process dauert an, bei fortwärender Abgabe von Wärme, bis alles erstarrt ist. Wurde aber die Abkülung verzögert, so stellt sich fast ausnamslos Ueberschmelzung ein, d. h. die Flüssigkeit kann als solche weit über die normale Erstarrungs-Temperatur abgekült werden. Endlich kommt der Moment, da sich die

---

[1]) Lewis: Zus. d. Künste I. p. 430—435.

[2]) Duvernoy: Ib. Geol. 1852 p. 781 f.

Moleküle nicht mer halten können. Sie haben Zeit gehabt, sich möglichst harmonisch zu ordnen und rücken nun rasch in die starre, möglichst vollkrystallinische Lagerung. Im ersten Falle war ein grosser Wärme-Ueberschuss der schnell durchgreifenden Erstarrung hinderlich; die Krystallisation musste ruckweise vorgehen. Im zweiten Falle hingegen war die überschüssige Wärme schon so weit abgefürt, dass die ganze Masse ungehindert krystallinisch erstarren konnte. Im ersten Falle wurde das Uebermass von innerer Bewegung durch lange Zeit schubweise abgegeben, weil die Krystallisation lange andauerte. Im letzteren Falle aber wurde eine allerdings im Ganzen geringere Wärmemenge wärend des Processes der starren Anlagerung veräussert; da aber diese Abgabe auf ser kurze Zeit beschränkt blieb, übte sie eine viel augenfälligere Wirkung auf die Umgebung. Ein in die überschmolzene Substanz gestelltes Termometer gibt uns durch rasches Steigen hierüber Aufschluss. Dieser raschen Abgabe des Wärme-Ueberschusses nun, und nicht einer entfernenden Wirkung der Krystallisation schreibe ich in den meisten der angefürten Fälle das Springen der Röre zu.[1])

Abgesehen aber von diesem Verhältnisse wurde in Reaumur's, Lewis' und Duvernoy's Experimenten die Volum-Aenderung auch bedingt durch Eintreten der starren (amorfen, bez. krystallinischen) Lagerung und durch Schwellung in Folge der Ausscheidung von Gasen in dem erstarrenden Körper, welch' letzteren Vorgang man als „Dunsen" bezeichnen kann.

Die ersten Momente fallen unter den engeren Begriff der Ausdenung, beziehungsweise Zusammenziehung im Sinne

---

[1]) Die Häufigkeit der Ueberschmelzung wird, wie mir scheint, in vielen Fällen übersehen, daher so oft langsame und schöne Krystallisation als Folge langsamer Abkülung betrachtet wird, wärend doch eine schnelle und zugleich wolgeordnete krystallinische Lagerung ganz wol mit langsamer Abkülung vereinbar ist.

des Fysikers, welcher unter diesen Ausdrücken nur die molekulare Entfernung, beziehungsweise Annäherung begreift. Das letzte Moment aber kann man wol nur unter den weiteren Begriff „Volum-Vermerung“ einbeziehen. Denn hier hat man es nicht mit einer im Wesen des Körpers liegenden Ausdenung zu tun, sondern nur mit einer Schwellung, verursacht durch Volum-Vermerung eines zwischengemengten fremden Körpers, des ausgeschiedenen Gases. Bei dem zu Bimsstein aufgedunsenen Obsidian ist das Wesen der Schwellung längst erkannt und nie verwechselt worden mit der in molekularen Bewegungen begründeten Ausdenung. Eine gleich scharfe Trennung zwischen Ausdenung und Aufdunsung der Metalle ist gewiss notwendig. Sie fürt zu richtigerem Verständnisse der volumetrischen Vorgänge in den erstarrenden Metallen. Im Erstarrungs-Momente werden Gase ausgeschieden. Die Masse schwillt. Bei fortschreitender Abkülung sinkt das gedunsene Metall örtlich zusammen, weil dort, wo die grössten Gasmengen ausgeschieden wurden, die abnemende Tension der Gase das Einpressen der Erstarrungsdecke durch den Luftdruck gestattet. Aber nur teilweise wird dadurch die Intumescenz aufgehoben. Der Luftdruck genügt durchaus nicht, um das halbstarre Metall auch in die kleinen Bläschen, welche die ganze Masse durchsetzen, zurückzupressen. Ein grosser Teil der Schwellung bleibt also erhalten. — Dass diese Ausfürung richtig ist und dass die Absorption der Gase bei vielen Metallen in der Tat eine hochwichtige Rolle spielt, [1]) kann man

---

[1]) Da dieses wichtige Moment bisher nicht berücksichtigt wurde, müssen die Urteile über Ausdenung der Körper beim Erstarren einer neuerlichen Prüfung unterzogen werden. Leicht kann die Tatsache, dass das spezifische Gewicht der langsam abgekülten (Zink-, Antimon- und Wismut-) Güsse geringer ist, als jenes der schnell gekülten (Duvernoy: Jb. Geol. 1852 p. 786—788), als Beweis für die Ausdenung beim Krystalli-

ersehen aus dem Vergleiche der spezifischen Gewichte der Guss- und Schmiede-Metalle, beziehungsweise der Dräte.

Gold gegossen hat das Volumgewicht	19·32
Gold gepresst	19·33
Silber geschmolzen hat das spezifische Gewicht . .	10·51
Silber geprägt	10·55
Zinnguss	7·3
Zinn gehämmert hat bis zu	7·47
Zinkguss	6·8
Zink gepresst oder gehämmert	7·2
Gusseisen	7·2
Schmiedeisen	7·7

Diese Differenzen sind leicht zu deuten. Im erstarrenden Gusse schieden sich die absorbirten Gase unter Blasenbildung aus, und diese Blasen vermindern das spezifische Gewicht des Körpers. Hämmert man nun das blasige, d. i. gedunsene Metall, walzt es, oder zieht dasselbe zu Drat, so werden die Blasen zum grossen Teile aus- und zusammengepresst, und das nun sich ergebende spezifische Gewicht verhält sich zu dem der Gussmetalle, wie etwa das des Obsidian zu demjenigen des Bimssteines. [1])

---

siren betrachtet werden. Ein solcher Schluss ist aber unberechtigt, solange nicht der Betrag der Schwellung in jedem Falle bestimmt wurde.

[1]) Mallet, welcher neuerlich über das Schwimmen von festem Metall auf flüssigem Versuche angestellt, bemerkt, dass das Schwimmen augenscheinlich um so leichter erfolgte, je grösser die eingetauchte Fläche des festen Metalles war. (Proc. roy. soc. Bd. 22 p. 153 f.). Die Erklärung dieser Erscheinung scheint mir aus dem Vorstehenden unschwer sich zu ergeben: die in den Poren des starren Metalles enthaltenen Gase denen sich aus, wärend das Stück an der Unterfläche schmilzt. Somit schwimmt die Metallscholle gleichsam mit einem Schwimmgürtel auf der Flüssigkeit. Je grösser aber die eingetauchte Fläche, desto grösser und ausgiebiger wirkt begreiflicher Weise dieser Bläschen-Support.

7. Gase und flüssiges Eisen. Wasserdampf und Schwefel.

In neuerer Zeit wurde die Gasentwicklung in flüssigem Eisen, bez. Stal eingehend geprüft. Die Resultate sind für uns wertvoll, die Deutung der Erscheinungen aber nicht ganz einfach. Bekannt ist die wichtige Rolle der chemischen Beimengungen in diesem Metalle. Eine Hauptaufgabe der metallurgischen Processe ist die Zufur oder Abfur dieser bald schädlichen, bald wertvollen Stoffe. Vor Allem ist es die Kolung und Entkolung, auf welche das Augenmerk gerichtet wird. Im ersten Falle bettet man bei hoher Temperatur das Eisen in Kole, um die Stälung zu bewirken. [1]) Im andren Falle setzt man das glühende, bezüglich flüssige Eisen dem oxydirenden Einflusse der Atmosfäre aus. Beim Puddeln oder Frischen des Eisens erhalten wir von den Vorgängen nur Kenntniss, indem wir die Consistenz des Productes prüfen. Bei der Entkolung des flüssigen kolenreichen Eisens hingegen werden wir durch die bekannte Siedbewegung auf den Process aufmerksam. Deville bestimmte das entweichende Gas als Kolenoxyd, und Caron stellt die Frage, welchen Ursprung diese Gasentwicklung haben möge? Wurden die Gase aus der Feuerung absorbirt oder entstammten sie einem chemischen Processe? Caron stimmt für das Letztere. [2]) Das entweichende Gas entsteht nach seiner Ansicht durch Oxydation des im Eisen enthaltenen Kolenstoffes. [3]) Glüht man, um die Richtigkeit dieser Anschauung

[1]) Cailletet untersuchte die bei diesem Processe entweichenden Gase: Comptes rend. 1865 I. p. 345.

[2]) Caron: Comptes rend. 1866 I. p. 296 u. 297.

[3]) Planté schmolz starke Eisendräte mittels des elektrischen Stromes und beobachtete, dass die schmelzenden Teile lebhaft wallten. Die erkalteten Kügelchen wiesen eine runzlige, warzige Oberfläche auf und waren innen hol. Comptes rend. 1876 I. p. 818. Es ist wol kein Zweifel, dass diess Wallen grossenteils durch Oxydation der Kole im Eisen bedingt wurde.

zu prüfen, Eisen in einem Strome von Sauerstoff, hält man also die allenfalls absorbirbaren Gase der Feuerung ab, so findet die Ausscheidung von Kolenoxyd geradeso statt, wie im offenen Ofenfeuer; ja auch one Sauerstoff-Zufur entwickelt sich das Gas, indem die im Eisen enthaltenen Oxyde iren Sauerstoff teilweise an die Kole des Eisens abgeben.[1])

Ausser dieser anhaltenden Gasentwicklung tritt aber auch beim Erstarren des geschmolzenen Metalles, wie Resal, Troost und Hautefeulle beobachten, Ausscheidung brennbaren Gases auf.[2]) Dieser Umstand und die Tatsache, dass diese Gase auch reichlich ausgeschieden werden, sobald man den Druck, welcher über dem schmelzenden Metalle lastet, vermindert, verweisen darauf, dass wir es in diesem Falle in der Tat mit absorbirten Spratzgasen zu tun haben.[3]) Troost, welcher dieses Tema behandelt, findet, dass flüssiges Eisen nicht bloss gegen Kolenoxyd, sondern auch gegen Wasserstoff und Kolensäure ein nicht unbedeutendes Absorptions-Vermögen ausübt, und das absorbirte Gas bei Druck-Verminderung, sowie wärend des Erstarrens wieder ausscheidet.[4]) Dabei ist zu beachten, dass der Absorptions-Coëfficient des flüssigen Eisens durch Beimengung fremder Stoffe (Kole, Silicium) ser vermindert wird (daselbst p. 565), geradeso, wie auch das Absorptions-Vermögen des Silbers

---

[1]) Caron: Comptes rend. 1866 I. p. 298, 1870 I. p. 451, und Troost: Comptes rend. 1873 I. p. 483. Beachtenswert ist Caron's Beobachtung, dass unter übrigens gleichen Verhältnissen der gemeine Schmelztiegel blasigen, Kalk- oder Thilorier's Magnesia-Tiegel hingegen blasenfreien Guss liefern. Comptes rend. 1866 I. p. 298.

[2]) Resal cit. bei H. Deville: Comptes rend. 1864 I. p. 329. Nach Troost und Hautefeulle entwickelt sich aus erstarrendem Spiegeleisen Wasserstoff, welcher verbrennend die Metallfläche als zart bläulicher Schein überspielt. Comptes rend. 1875 I. p. 910.

[3]) Ledebur: Berg- u. Hütt. Z. 1873 Bd. 32 p. 365 f.

[4]) Troost: Comptes rend. 1873 I. p. 561.

durch Beimengung von Gold oder Kupfer herabgedrückt erscheint.

Aus diesen und andren bereits angefürten Tatsachen geht hervor, dass verschiedene Metalle gegen verschiedene Gase ein spezifisches Absorptions-Vermögen besitzen. Unter den Atmosfärilien wird mit Vorliebe Sauerstoff aufgenommen, eine Erkenntniss, zu welcher wir auch gelangen können, wenn wir die Uebungen der Metallgiesser mit Aufmerksamkeit verfolgen. Diese schmelzen nämlich die Metalle unter Luftabschluss, weil die Erfarung vorliegt, dass ein Metall, wenn es nicht durch eine Schlacken- oder Kolendecke geschützt war, porös und daher untauglich erstarrt. Die Rolle, welche die Bedeckung spielt, ist leicht zu erraten. Die Schlacke hält die Atmosfärilien ab. Nur Gase der Feuerung können durch die Tiegelwandung auf dem Wege der Diffusion zu dem Metalle gelangen. Aenlich wirkt auch die Kolendecke. Sauerstoff und Kolensäure können nicht zu der Schmelze gelangen, one zu Kolenoxyd zu werden. Dem Metalle steht also in diesem Falle nur Kolenoxyd, sowie Stickstoff zur Verfügung. Da nun der Guss, zu welchem nur Kolenoxyd und Stickstoff Zutritt hatten, dichter erstarrt, als jener, zu welchem auch Sauerstoff und Kolensäure gelangen konnten, liegt der Schluss nahe, dass der Absorptions-Coëfficient der Gussmetalle für letztere Gase im Allgemeinen bedeutender sein müsse, als für erstere. —

Wir schliessen diese Mitteilungen über Absorption von Gasen in heissen Flüssigkeiten ab, indem wir auf die interessanten Erfarungen verweisen, welche v. Hochstetter an geschmolzenem Schwefel machte. Wir entnemen v. Hochstetter's Vortrage Folgendes:

Um den bei der Soda-Fabrication in den Rückständen verbleibenden Schwefel wieder zu gewinnen, erhitzt man die mit Gyps stark verunreinigte Masse in einem Dampf-Schmelz-Apparat auf 128 Grad C. (unter einem Dampfdrucke von

zwei bis drei Atmosfären). Der durch diese Metode gereinigte Schwefel wird von Zeit zu Zeit in Tröge abgelassen. Rasch bildet sich über der Schwefelschmelze eine Erstarrungskruste, welche jedoch an mereren Stellen durch lebhaftes örtliches Wallen des Schwefels offen gehalten wird. Zufolge der fortschreitenden Abkülung verengern sich die Lücken; im selben Masse aber, wie die freieren Stellen zuwachsen, nimmt die Heftigkeit des Wallens zu, bis endlich Fänomene eintreten, welche lebhaft an die vulkanischen Ausbrüche erinnern.

Der Autor entnimmt aus diesem Verhalten, dass der Schwefel im Schmelz-Apparate eine gewisse Menge von Wasser in sich aufgenommen habe und diesen Körper später wieder faren lasse im selben Masse, als die Erstarrung vorschreitet. Hieraus erklärt sich das Emporwallen, in dessen Folge allmälig kleine Kegel mit verschwommener Ueberguss-Schichtung entstehen.[1]) Process und resultirende Form stimmen so wol mit den vulkanischen Vorgängen und Gestaltungen, dass man notwendig dahin gefürt wird, die fysikalischen Verhältnisse des Schwefels (Impregnation unter hohem Drucke) auch dem Magma zuzuschreiben. Doch hievon später. Hier genüge folgender zusammenfassender Rückblick:

Viele Substanzen haben die Fähigkeit, im flüssigen Zustande Gase zu absorbiren. Dieses Vermögen hängt von der chemischen Natur der auf einander einwirkenden Körper ab. Die absorbirten Gase werden wärend des Erstarrens ausgeschieden und machen die Schmelze blasig. Nur wenige Körper aber absorbiren bei dem geringen Drucke von einer Atmosfäre so viel Gase, dass deren Tension genügt, um die Erscheinung des Spratzens zu bewirken.

---

[1]) Hochstetter: Sitzber. Akad. Wien 1870 II. p. 77. Treffend vergleicht v. Hochstetter diese Spratzformen mit den Uebergusskegeln, welche in trachytischen Gebieten bisweilen beobachtet werden (Bory St. Vincent's Mamellon von Bourbon u. s. f.).

8. Vorgänge bei vulkanischen Ausbrüchen.

Und nun fragen wir: Sollten die Metalle die einzigen glühenden Flüssigkeiten sein, welche Gase absorbiren? Ist nicht auch das Erdmagma hiezu befähigt und welche Erscheinungen sprechen hiefür?

Erbebend klaffen die Massen der letzten Eruption auf, welche erstarrt in Krater und Hauptspalte steckten. Dampfwolken stossen empor; die aufdringende Lava wird zu dunkel glühenden Detritusgarben zerstäubt; schussweise faren diese in den verfinsterten Himmel.[1]) Radiales Zerklaffen des Bodens rings um die Ausbruchstelle,[2]) sowie Ausweitung der Spalte zu einem runden Kanale wird durch diese explosiven Processe bewirkt.[3]) Die flüssige Lava steigt höher und strömt endlich aus dem Krater oder schiesst aus einem radialen Klaffe des Aschenkegels hervor. Länger oder kürzer, oft intermittirend, wärt die Detritus- und Dampf-Förderung aus dem Krater, bez. der radialen Spalte. Der glühende Lavastrom breitet sich schubweise über die Kratergehänge aus; schwere, durchglühte Wolken entbundener Dämpfe ruhen auf diesem Glutstrome. Ueber der Hauptspalte ragt der mächtige Aschenkegel; kleinere Kegelchen sitzen reihenweise

---

[1]) Ich verweise auf v. Buch's lebendige und anschauliche Beschreibung: Geognost. Beob. 1802 II. p. 107.

[2]) Wie solches an tiefliegenden, nicht zum Durchbruche gelangenden Pulverminen zu beobachten ist. Vogelsang: Eifel 1864 p. 60.

[3]) Strantz (Bericht der Versammlung deutscher Naturforscher in Prag 1837) weist auf die Analogie mit Pulverminen. In beiden Fällen wird das zerstäubte Material zu einem flachen, kreisförmigen Wall rings um die Auswurfstelle aufgehäuft. Scrope: Volcanos 1862 p. 54 fürt in gleicher Weise aus, dass das explosive Aufkochen notwendig rundliche Form des Kraters zur Folge haben müsse. Ueber Explosionskrater s. das. p. 194 u. 203.

auf der Radialspalte. Da und dort bauen und kitten sich Spratzkegelchen auf der Fläche des erstarrenden Stromes. In bestimmter Reihenfolge entweichen Dämpfe aus allen Klaffen und Kegeln, welche der eben beschriebenen Eruption ir Dasein verdanken, Dämpfe, deren Menge mit fortschreitender Erstarrung des Magma einige Zeit hindurch wächst. Das geförderte Magma aber ist von Blasen, von Gas- und Flüssigkeits-Einschlüssen durchsetzt. — Derart sind die Erscheinungen, welche zur Anname drängen, im Erdmagma seien Gase absorbirt.

In der nun folgenden Skizze werden wir sehen, wie diese Fänomene im Laufe der Zeiten gedeutet, wie oft grosse Fortschritte durch neue Zweifel gehemmt wurden, wie oft der Process der Forschung scheinbar ins Stocken kam und wie doch schliesslich die richtige Erkenntniss mit siegreicher Gewalt hindurch bricht.

9. Alte Ansichten über die Ursachen der vulkanischen Erscheinungen.

Anaxagoras denkt bei Betrachtung der Eruptionen an das natürliche Bestreben des Feuers, aufzusteigen, und an treibende Winde.[1]) Anaximander erklärt, das Feuer bringe Dämpfe hervor, welche das im Wege stehende auseinander treiben. Sei jedoch die Gewalt derselben nicht genügend, um die Erde aufzureissen, so brächten sie nur Erdbeben hervor.[2]) Aristoteles endlich spricht von der kämpfenden Luft.[3]) In so früher Zeit wird mithin schon die treibende Gewalt der Gase richtig erkannt. Bei dieser Erkenntniss aber blieb es unglaublich lang, one dass ein wesentlicher

---

[1]) Diogenes Laërt. übs. Borhek 1807 I. p. 103.

[2]) Seneca: Naturbetrachtungen cap. 10 u. 11.

[3]) Daselbst cap. 13.

Fortschritt zu verzeichnen wäre. Wenn wir absähen von Leibniz glücklichem, jedoch erfolglosem Vergleiche zwischen Mondkratern und Sprätzlingen der Metalle, könnten wir füglich gleich auf Dolomieu und Spallanzani übergehen. Ich vermeide aber diesen Sprung, weil er eben nicht der natürlichen Entwicklung entspricht, und füre mit wenig Worten auch die epoche-machenden Irrtümer vor.

Nachdem Descartes die Entzündung brennbarer Gase und die durch Reibung einstürzender Gesteinmassen entstehende Wärme als Ursache der Eruption hingestellt hatte,[1]) tauchten viele Ansichten und Hypotesen auf, welche in gleicher Weise beabsichtigten, womöglich mit einem Schlage und von Grund aus das ganze Rätsel der Vulkanologie zu lösen. Zu wiederholten Malen schien durch einen glücklichen Griff alles gelöst, bis neue Zweifel und Forschungen das Trugbild zerstörten.

Wärend die einen daran dachten, dass die Luft in das Erdinnere dringe und dort Verbrennung veranlasse, zweifelten andere an dieser Möglichkeit und wiesen auf jene geheimnissvollen Mischungen hin, welche one Luftzutritt verbrennen.[2])

Näher aber, als diese Vermutungen, schien Lemery's Versuch der Warheit zu liegen. Dieser Forscher mischte einen Teig aus Schwefel, Eisenfeile und Wasser. Nach einiger Zeit stieg Schwefelgeruch auf. Die Masse erhitzte sich, schwoll und wurde schwarz. Die erhärtete Oberfläche platzte an mereren Stellen. Die heissen Schwefeldämpfe,

---

[1]) Descartes (1644) ed. Cousin 1824. III. p. 411.

[2]) Gassendi cit. in C. Fischer: Geschichte der Fysik, 1801 II. p. 7. Vielbesprochen war damals eine Mischung von Salpeter, Schwefel und Aetzkalk, welche unter Wasser brennt, indem der Kalk sich genügend erhitzt, um die Verbrennung des Schwefels auf Kosten des Salpeters einzuleiten.

welche aus den Rissen drangen, entzündeten sich beim Austritt an die Luft.[1]) Die Aenlichkeit des blasigen Productes mit der Lava, die Gas-Emanationen, die Risse und Flammen, welche so ser an die analogen Ausbruch-Fänomene erinnerten, gaben dem Versuche ein gewaltiges Gewicht. Lange Zeit befriedigte er die Forscher.

Als aber jene Erkenntnissreihen gefunden wurden, welche die Grundlage der Chemie bildeten, regten sich, wie überall, so auch in unserer Frage Zweifel, und neue Ansichten kamen zur Geltung. Man erfur, dass die Metall-Verkalkung nichts anderes sei, als eine mit Wärme-Entwicklung verbundene Aufname von Sauerstoff in einem äusserst dichten Zustande. Hierauf gestützt stellte man die Hypotese auf, die Eruptions-Erscheinungen seien Folge localer Oxydation eines metallischen Kernes der Erde.[2])

---

[1]) Lemery: Hist. et mém. acad. Paris 1700.

[2]) Zuletzt noch einmal im Jare 1828 (Proc. royal. soc. 1828) tauchte diese Hypotese auf: Davy entdeckte die Alkali-Metalle und fand, wie leicht diese Körper den Sauerstoff an sich reissen, selbst mit Zerlegung des Wassers. Nach seiner Ansicht bestände der Erdkern aus solchen leicht oxydirbaren Metallen. Sauerstoff und Wasser drängen auf Spalten in die Tiefe und verursachten Oxydationen. Der bei diesem Process frei werdende Wasserstoff entweiche als Flamme aus dem Krater. Dagegen spricht die alte Beobachtung v. Buch's (Beob. 1802 II. p. 150), dass wärend des Ausbruches nur ausnamsweise wirkliche Flammen zu beobachten sind. v. Buch hält dafür, dass nicht brennender Wasserstoff, sondern das in den Laven immer enthaltene Wasser die Ausbruch-Erscheinungen bedinge. Sartorius v. Waltershausen (Gesteine v. Island u. Sicilien 1853 p. 154) betont die Stabilität der Feuersäule, welche demnach nicht als Flamme, sondern nur als Glutwiderschein zu betrachten ist. Davy's Hypotese, welche dieser Forscher übrigens selbst aufgab, kann demnach kein Gewicht beigelegt werden. Bunsen betont, dass die beobachtete Kolensäure-Förderung der Vulkane den einfachsten Gegenbeweis abgiebt, indem unter der Voraussetzung besagten Oxydations-Processes die etwa vorhandene Kolensäure zu Kolenoxyd reducirt werden müsste (cit. bei Tschermak: Sitzber. Akad. Wien 1877 p. 9).

So hat man sich zu allen Zeiten bemüht, ganz dunkle Gebiete durch einen künen Gedanken gleich bis auf den Grund zu erleuchten, statt emsig zu beobachten, zu kritisiren und zu ordnen. Es ist eben eine harte Sache für den Forscher, zu dem Entschlusse zu gelangen: Ich will die Bäume pflanzen; andere erst werden die Früchte geniessen.

10. Dolomieu.

Es fanden sich aber solche Männer. Sie sind es, denen man Einschränkung des Fragestoffes, tüchtige Beobachtungen und einige wolbegründete Erkenntnisse verdankt. Dolomieu und Spallanzani sind es, welche so abgrenzend und zugleich fördernd arbeiteten. Sie fragen nicht, wie ire Vorgänger, nach den letzten Ursachen, sondern nur nach den Vorgängen einer Eruption, und kommen bei iren Betrachtungen auf Anschauungen, deren Bedeutung heute besser, als damals, gewürdigt werden kann.

Dolomieu geht von der gewichtigen Beobachtung aus, dass die Glut der Vulkane sich wesentlich unterscheidet von jener, welche wir in den Oefen erzeugen können.[1]) Auffallend ist îm auch die Beweglichkeit, welche die natürliche Lava vor unseren Glasflüssen voraushat. Zur Erklärung dieser sonderbaren Eigenschaften nimmt er an, das Magma befinde sich in einem Zustande von Dilatation (Lösung), welcher das Gleiten der Teile gestatte, vielleicht mit Hilfe eines Flussmittels (daselbst p. 10). Dieses Flussmittel, welches die Beweglichkeit der Lava erklären sollte, sucht nun Dolomieu auch zu verwerten, um andere Eigenschaften des Magma klar zu legen. Es soll verdampfbar sein; seine Dämpfe sollen eine grosse Ausdenbarkeit besitzen (p. 13). Es ist

---

[1]) Dolomieu: Iles Ponces 1788 p. 8.

îm Ursache des Aufsteigens des Magma bis zum Gipfel der Vulkane (p. 296). Durch seine mächtig denende Gewalt wird das Magma wärend des Ausbruches zu Detritus zerstäubt. Aus solchem Detritus baut sich der Kegel (p. 299, 322).

Welches ist nun dieses bewegende, expansible Flussmittel? Man weiss, dass Dolomieu dem Schwefel jene Eigenschaften zumutete. Weniger aber dürfte bekannt sein, wie Dolomieu zu dieser Anschauung gelangte. Diess zu kennen scheint mir jedoch notwendig, wenn man den ausgezeichneten Mann richtig würdigen will. — Serao hatte beobachtet, dass Lava manchmal wärend der Erstarrung wieder aufglüht, und darauf hingewiesen, dass das Magma wol in sich selbst eine Wärmequelle beherbergen müsse. [1]) Dolomieu schien es nun, es könne das Flussmittel, welches schon zwei merkwürdige Eigenschaften des Magma erkläre, leicht auch diese Schwierigkeit heben. Er kannte die Tatsache, dass glühendes Eisen, mit Schwefel überschüttet, aufbrennt und sich verflüssigt. [2]) Was war nun natürlicher, als die Uebertragung dieser Erfarung auf die vorliegende Frage? Eisenteile waren in der Lava nachgewiesen; Schwefel und Schwefeldämpfe desgleichen (p. 33). Alle Schwierigkeiten schienen gelöst. Der Schwefel ist Wärmequelle und Bewegungsmittel zugleich!

Das war Dolomieu's Ansicht. Wol erkannte der treffliche Forscher, dass Schwefel nicht das einzige Liquidum ist, welches mit und aus dem Magma entweicht. Er bestimmte die Säuren des Schwefels und des Steinsalzes, Schwefel-Wasserstoff, ein anderes entzündliches Gas (Kolen-Wasserstoff) und Kolensäure in den Exhalationen (daselbst p. 359). Doch schenkte er diesen Körpern wenig Aufmerksamkeit,

---

[1]) Serao: Incendio del Vesuvio nel anno 1737. Ausgabe von 1778 p. 118 f.

[2]) Dolomieu: Îles Ponces, p. 157.

weil îm keiner derselben die Bewegungs- und termischen Erscheinungen des Magma zugleich erklärte. Wol erkannte er die hohe Bedeutung der expansiblen Liquida mit genialem Blicke, doch ging er an der Warheit vorüber, weil er sich nicht damit begnügte, zwei Fragen zu beantworten, sondern von seinem hypotetischen Fluidum die Lösung von drei Rätseln forderte.

II. Spallanzani, Menard, Scrope.

Von änlichen Betrachtungen ging Spallanzani aus, Dolomieu's berümter Zeitgenosse. Er betrachtete den Vorgang der Eruption, das Aufkochen der Lava, die Detritusschüsse und das Aufschütten von Kegeln. Diese Erscheinungen zwangen în zu der Anname, in der Lava seien Gase enthalten. Er denkt daran, dass die Atmosfärilien sich den Laven einverleiben und indem sie wärend der Eruption entweichen, jene Dunsungen, Auswürfe und Detonationen verursachen. [1])

Ein küner Speculant würde diese Idee glänzend ausgebeutet haben. Spallanzani aber war nicht bloss gedankenreich, sondern auch gewissenhaft. Er prüfte den Gedanken und zerstörte în durch Einwände. Er konnte sich das Eindringen der Luft in die widerständige Masse der Lava nicht vorstellen. Und angenommen, die Luft könne eindringen — wie kann sie nachträglich (wärend der Eruption) wieder ausgeschieden werden und nun eine so riesige Gewalt entwickeln? Sie kann in dem hocherhitzten Magma ja doch nur in ser verdünntem Zustande enthalten sein. Spallanzani kannte nicht die Absorption und den Einfluss des Druckes auf dieselbe. So musste seine glückliche Idee den kritischen

---

[1]) Spallanzani: Viaggi 1792 Cap. 21 p. 243.

Bedenken erliegen. Mit der Anname, dass die Gase, welche in der Lava enthalten sind, nicht aus der Atmosfäre aufgenommen sein können, verlässt er seine ursprüngliche Vermutung und stellt die Frage, ob es Dämpfe des Magma selbst sein können, welche die betrachteten Eruptions-Erscheinungen bewirken (p. 296).

Um Antwort zu gewinnen, hält er eine Glasmasse in geschlossenem Gefässe durch längere Zeit im Flusse. Sie wirft träge Blasen. Ueber Quecksilber aufgefangen, schrumpfen die entwichenen Gase auf ein ser geringes Volum zusammen. Die Ursache dieses Blasenwerfens können demnach, so meint der Experimentator, nicht permanente Gase, sondern wol nur Dämpfe der Glasmasse selbst sein (p. 299). Dieser vermeintlichen Verdampfung des Magma schreibt er das Kochen der Lava und das Aufsteigen derselben im Krater zu (p. 313). Dass aus dem Magma auch Dämpfe desselben (insbesondere Chlor-Verbindungen) entweichen, ist gewiss. Spallanzani's Versuch aber beweist diess nicht. Die Gase, welche er in der Vorlage auffing, waren allerdings permanente. In der flüssigen Glasmasse hatten dieselben natürlich ein ungleich grösseres Volumen als in der külen Vorlage.

Im Verfolge wendet sich Spallanzani von dem Gedanken ab, Gase seien im Magma enthalten, und prüft die Möglichkeit der Infiltration von Wasser in die Tiefe, und dessen zerstäubende Gewalt, worüber in dieser Arbeit I. 16 berichtet wird.

Diese Fundamental-Anschauungen treffen wir bei späteren Autoren wieder und im allgemeinen erfreuen sich derzeit diese Reproductoren einer grösseren Berümtheit, als die ersten Gedanken-Schöpfer. So steht es z. B. mit Menard de la Groye. — Viele Forscher hegten die Meinung, Wasser dringe in die Tiefe und bewirke Oxydation der metallischen Materie des Erdkernes. Diese sei Ursache der Ausbrüche. Menard modificirt nun und verquickt diese Anschauung mit

jenen Dolomieu's und Spallanzani's, doch denkt er nicht an Oxydation auf Kosten des Wassers, sondern an Hydrat-Bildung. Krystallwasser ist nach seiner Meinung im Magma enthalten und letzteres werde hiedurch in gleicher Weise verflüssigt, wie Eisen durch Schwefel. Verdampfe diess Flussmittel, so erstarre der Lavaschlamm zu Stein.[1]) Wie ungelöschten Kalk denkt er sich das Magma. Durch Zutritt des Wassers zu dieser Materie entstünde Hitze und Ausbruch. Die abfliessende Lava wäre demnach als gelöschte, todte Materie zu betrachten.[2]) Diess der wesentliche Inhalt von Menard's weitschweifigen Abhandlungen.

Auch Playfair nimmt an, es sei wol möglich, dass in grosser Tiefe, trotz der bedeutenden Hitze, Wasser im Magma zurückgehalten werde.[3]) Deluc drückt sich in demselben Sinne, jedoch etwas allgemeiner aus. Er ist der Ansicht, dass die Lava im Zustande des vulkanischen Glutflusses alle jene Materien enthalte, welche Gärung und Entwicklung expansibler Liquida verursachen. Mit Spallanzani denkt er sich die Lava als Schlamm. In einer Mischung von Wasser, Salz, Salmiak, Eisen, Kieselsäure und Alaunerde seien Augit, Amfibol, Feldspat, octaëdrisches Eisen und andere Mineralien suspendirt.[4])

Die Anschauungen Dolomieu's und Spallanzani's gewannen mer und mer Geltung. Aber erst Scrope formulirte klar die Ansichten seiner Zeit, sowie seine eigenen Beobachtungen und Reflexionen. Er bezeichnet die Lava als Teig, gemischt aus Krystallen und einem Liquidum. Letzteres (Wasser) sei zwischen den Krystallen mechanisch gebunden. Durch örtliche Temperatur-Zuname, bez. Druck-Verminderung

---

[1]) Menard: J. phys. etc. 1815 Bd. 80 p. 446 u. 447.
[2]) Menard: J. phys, etc. 1815 Bd. 81 p. 45 u. 164.
[3]) Playfair: Works I. p. 38.
[4]) Deluc: J. phys. etc. 1816 Bd. 82 p. 468.

werde ein Teil des Wassers in Dampf überfürt. Die Masse intumescire und, wenn sie zur Oberfläche der Erde gelangt, zerstäube sie.[1]) Unter Umständen könne die Lava auch sich verhalten wie eine aufkochende Flüssigkeit, welche durch fortwärendes Entweichen von Gasen aufwallt (p. 18). Er denkt, die Gleichgewicht-Schwankungen zwischen Expansion und Druck müssten Intermittenz der Ausbruch-Erscheinungen von längerer oder kürzerer Dauer hervorbringen (p. 57). Die bekannten Vorgänge am Stromboli, welche schon Spallanzani betrachtete, sind nach îm wol vereinbar mit dieser Anname. Das Sieden des Wassers hängt eben ab vom Luftdrucke; daher der Zusammenhang zwischen Ausbruch des Vulkanes und Luftdruck (p. 58).

Krug von Nidda bezeichnet später im Anschlusse an diese Auffassung die tätigen Vulkane als intermittirende, dampfgetriebene Feuerfluss-Quellen.[2]) Er denkt bei dieser trefflichen Charakteristik offenbar an das Fänomen des Geysir. Fournet verweist auf die Aenlichkeit zwischen dem Spratzen des Silbers und den vulkanischen Ausbrüchen.[3]) Angelot endlich spricht es geradezu aus, Gase seien im Magma gelöst enthalten. Er verweist auf die bekannten Tatsachen, dass verschiedene Körper (von gasförmiger, flüssiger oder auch fester Aggregation) im Wasser auflösbar sind. Er weist nach, dass diese Eigenschaft nicht dem Wasser allein, sondern im allgemeinen den Flüssigkeiten, insbesondere flüssigen Metallen (Quecksilber z. B.) zukommt. Die Wärme, welche die Löslichkeit der festen Körper vermert, vermindert jene der gasförmigen. Der Druck hingegen vermert die Löslichkeit der Gase in Flüssigkeiten (daher Gas-

---

[1]) Scrope: Volcanos 1825 p. 26.

[2]) Nidda: Archiv. Geogn. Berg. 1834. Uebereinstimmend Prevost: Bul. soc. géol. 1840 p. 198.

[3]) Fournet: Bul. soc. géol. 1834 p. 200.

Entweichen infolge von Druck-Verminderung). [1]) Hierauf gestützt behauptet er, auch das Magma müsse in den Tiefen dem hohen Drucke entsprechend reichlich Gase fesseln. Die Gas-Exhalationen und die Emanationen aus den erstarrenden Lavaströmen fürt er als kräftige Stützen seiner Anname auf (daselbst p. 181, 183).

12. Neuere Fortschritte.

Spallanzani war unter diesen Forschern der einzige, welcher die Frage nach dem Verhältnisse zwischen Lava und eingeschlossenen Gasen durch Versuche gefördert hat. Erst Ch. Deville verdanken wir wieder experimentelle Belege für unser Tema. Als letzterer eine geschmolzene Glasmasse sich abkülen liess, beobachtete er, wie die teigige Masse durch Abscheidung von Gasen aufgedunsen wurde. Die Blasen stiegen langsam auf und platzten. Das entweichende Gas war brennbar. Der Autor vermutet, das Glas habe die Fähigkeit, Feuerungsgase zu lösen, und verweist auf die analoge Erscheinung beim Silber. [2]) Sein berümter Bruder H. Deville erinnert daran, dass nicht allein Silber, sondern auch Bleioxyd und Gussstal Blasen werfen, bez. spratzen. Solche Tatsachen machen nach seiner Ansicht vertraut mit dem Gedanken, dass auch das Magma Gase absorbiren könne. [3]) Ch. Deville, welcher diese Ueberzeugung teilt, bezeichnet die in der Lava enthaltenen Gase als die letzten Reste der im ehemaligen Glutball aus der Atmosfäre aufgenommenen Gase. [4]) — Costa, von denselben Gedanken geleitet, verweist auf die Tatsache, dass die Entwicklung der Exhalationen

---

[1]) Angelot: Bul. soc. géol. 1841 p. 179, 180.
[2]) Ch. Deville: Comptes rend. 1863 II. p. 967.
[3]) H. Deville: Comptes rend. 1864 Bd. 58 p. 329.
[4]) Ch. Deville: daselbst p. 333.

und Sublimationen mit abnemender Temperatur bei fortschreitender Erstarrung der Lava zunimmt. Er vergleicht diesen Vorgang treffend mit dem Spratzen des Silbers.[1]) Seither wurde die Ansicht, Gase seien im Erdinnern absorbirt, merfach ausgesprochen von Scheerer,[2]) Delesse,[3]) Roth,[4]) Omboni, Rosenbusch und anderen Forschern.

Die neuere Zeit aber stützt sich bei iren Erörterungen über diese Frage nicht allein auf die alten Argumente (Vorgang der Eruption), sondern auch auf zwei Tatsachen-Reihen, welche ehedem wenig berücksichtigt, heute jedoch ser erweitert und geläutert sind. Ich meine die Eigenschaften des erstarrenden und erstarrten Magma.

13. Porosität der Lava und Flüssigkeits-Einschlüsse.

Schon Mackensie fällt es auf, dass die Oberfläche der Laven poröser als deren Inneres erstarre,[5]) und Scrope gibt die Erklärung: Im Innern eines Stromes (sowie in der Tiefe eines Ganges) herrscht grösserer Druck, folglich können die elastischen Fluida sich wenig oder gar nicht ausdenen. Es entfällt mithin auch der Grund der Porosität.

Die meisten bezüglichen Betrachtungen wurden über den Bimsstein angestellt. Nachdem schon Mackensie die nahe Beziehung desselben zum Obsidian hervorgehoben, und in als dessen Schlacke bezeichnet hatte, weist Humboldt nach, dass sich Obsidian beim Glühen zu Bimsstein aufbläht.[6]) Abich beobachtet, dass hiebei Wasser, Chlor und Alkalien

---

1) Costa cit. in Roth: Vesuv 1857 p. 300.
2) Scheerer: Bul. soc. géol. II. Ser. Bd. 4 p. 475.
3) Delesse: Bul. soc. géol. II. Ser. Bd. 15 p. 740 f.
4) Roth: Beiträge z. Petrogr. — Abh. Akad. Berlin 1869 p. 73.
5) Mackensie: Travels in the island of Iceland 1811.
6) Humboldt: Reisen in die Aequinoct. I. p. 243.

(Chloride der Alkalien) entweichen. Erhitzt man das aufgeblähte Product stärker, so sintert es endlich zu compactem Glase zusammen.[1]) Seither wurde wol einstimmig die Porosität der Eruptiv-Gesteine dem Entweichen flüchtiger Stoffe zugeschrieben.[2])

Welche Gase und wie grosse Mengen derselben im Magma enthalten seien, erfaren wir nicht aus diesen Betrachtungen. Erst die Mikroskopie hat uns diese Fragen beantwortet, indem sie Kunde gab von den Flüssigkeits-Einschlüssen in Krystallen. Nachdem Davy Wassertropfen im Quarz beobachtet,[3]) findet Brewster, dass manche Einschlüsse ein geringeres Lichtbrechungs-Vermögen und spezifisches Gewicht, als Wasser, andererseits aber einen auffallend grossen Ausdenungs-Coëfficienten aufweisen;[4]) Simmler verweist darauf, dass nach diesen Angaben die Flüssigkeit liquide Kolensäure sein müsse.[5]) Sorby's optische und Vogelsang's[6]) spectral-analytische Untersuchungen gaben den vollen Beweis. — Seitdem wurden unsere Kenntnisse wesentlich bereichert. Wir wissen durch Sorby's, Zirkel's und anderer Forscher Untersuchungen, dass Wasser, Salzlösungen und Kolensäure als Einschlüsse in vielen Gesteinen zum Teile ser massenhaft vorkommen.[7]) Vogelsang findet, dass Granit und Syenit sogar 0·1 bis 1·8 Procent Wasser-Einschlüsse enthalten.[8]) — Aus diesen Erscheinungen geht hervor, dass im

---

[1]) Abich: Vulk. Erscheinungen 1841 p. 66.

[2]) Vgl. Löwe: Ann. Fys. Bd. 38 p. 161 und Bischof: Wärmelere 1837.

[3]) Davy: Phil. trans. London 1822 Bd. II. p. 367 f.

[4]) Brewster: Phil. trans. Edinb. 1824 Bd. 10 p. 1 f. u. Ann. Fys. 1826 Bd. 7.

[5]) Simmler: Ann. Fys. 1858 Bd. 105 p. 462 f.

[6]) Vogelsang: Ann. Fys. 1869 Bd. 137 p. 58.

[7]) Sorby: Q. j. geol. soc. 1858 p. 468. Zirkel: Mikr. Unters. d. Gesteine 1872 p. 39—49.

[8]) Vogelsang: Ann. Fys. 1871 Bd. 143 p. 616.

Magma reichlich Liquida enthalten sind, dass aber der Druck in der Tiefe oft genügt, die Expansion derselben zu besiegen. [1])

14. Ausscheidungs-Folge der Gase.

Dass diess Enthaltensein füglich als Absorption bezeichnet werden muss, geht am klarsten hervor aus der Beobachtung der Emanationen, welche nach beendigtem Ausbruche sich einstellen, [2]) und welche in der Existenz gasgeschwängerter Quellen lange noch sich kundgeben, nachdem die vulkanische Tätigkeit erloschen. Schon Monticelli weist nach, dass wärend der Ausbrüche des Vesuv bedeutende Mengen von Wasserdampf und Chlor-Wasserstoff, nie aber Kolensäure entweichen. [3]) Das Auftreten von schwefeliger Säure, sowie die Efflorescenz von Salzen sind nach dieses Forschers Angaben an die beginnende Abkülung der Ausbruchmassen gebunden (daselbst p. 48 u. 31). Ch. Deville, Leblanc und Fouqué haben diese merkwürdigen Verhältnisse eingehend untersucht. Sie fanden, dass wärend der Ausbrüche des Vesuv 1855—1856 aus dem erstarrenden Lavastrome zuerst Dämpfe von Salzsäure, Chloriden und schwefeliger Säure, dann Wasserdampf, bei fortschreitender Abkülung aber Kolensäure und verbrennliche Gase entwichen. [4]) Eine

---

[1]) Berzelius spricht diesen Gedanken schon im Jare 1824 aus. Berz. Jarber. 1824 p. 211.

[2]) Scacchi (Vultur 1855 p. 147) schreibt die späteren starken Gas-Emanationen dem Freiwerden von Wärme in Folge der Krystallisation zu.

[3]) Monticelli e Covelli: Fenomeni del Vesuvio 1823 p. 147 und 15. Vgl. auch Roth: Vesuv p. 420 f. u. lb. Geol. 1869.

[4]) Ch. Deville u. Leblanc: Ann. chim et phys. 1858 Bd. 52 p. 19 f. Deville (welcher die zu analysirenden Gase in luftleeren Rören auffing, p 11) betont auch, dass meist in der Nähe des Centrums lebhafte saure Fumarolen auftreten, wärend entfernt davon die Bestandteile der

abweichende Reihenfolge stellt Silvestri fest für den Ausbruch des Etna im Jare 1865. Die ersten Exhalationen gaben Alkalien, Säuren und Wasserdampf; später wurden Salmiak, Salzsäure und Wasserdampf ausgeschieden; zum Schlusse endlich Kolen-Wasserstoff, Wasserdampf, etwas Chlor-Wasserstoff und Schwefel-Wasserstoff. [1])

Es ist wol kein Zweifel, dass die quantitativen und qualitativen Verhältnisse der Gase in verschiedenen Schlieren des Magma ser verschieden sind; dass also auch die Ausscheidungen bei verschiedenen Ausbrüchen in Bezug auf Menge, Art und Zeit wandelbar sein können. Das trifft denn auch in den zwei angefürten Fällen zu. Eines aber ist beiden gemein: Die Liquida, mit welchen das Magma impregnirt war, wurden nicht unterschiedlos aus der Haft entlassen, sondern es wurde eine bestimmte, von der Natur der Körper abhängige Reihenfolge eingehalten. Hieraus ist zu schliessen, dass das Magma und die Gase sich nicht gegenseitig indifferent verhalten, sondern dass zwischen beiden eine spezifische Anziehung herrschte; mit anderen Worten: die Gase sind im Magma absorbirt.

15. Infiltration nach Spalten.

Nachdem wir gesehen, dass Liquida im Magma enthalten sind, fragt es sich, wie dieselben in die Tiefe gelangen? Zunächst stellen wir diese Frage nur bezüglich des Wassers,

---

atmosfärischen Luft, Schwefel-Wasserstoff, Kolensäure und Kolen-Wasserstoff, exhalirt werden (p. 63). Es scheint klar, dass die ersteren Fumarolen Folge des Erstarrens der jüngsten Eruptionsmassen in Radialgängen sind, wärend die periferischen Fumarolen meist Exhalationen der älteren Tiefgangmassen ir Dasein verdanken dürften.

[1]) Silvestri: Atti acad. Catania 1867 p. 224, 235.

welchem wol mit Recht unter allen Liquiden des Magma die grösste Bedeutung zugeschrieben wird.

Wir zerlegen diese Frage in zwei Teile. Erstens: Kann das Wasser von Spalten der Erd-Oberfläche aus gegen die Tiefe sickern? Zweitens: Ist eine solche Wanderung desselben auch möglich durch die Poren der Gesteine? —

Merere Fälle sind bekannt, in denen Wasser in grösserer Menge aus dem Krater kam (nicht zu verwechseln mit den Schlammströmen, welche durch das Niederstürzen der ausgestossenen Dampf- und Detritus-Massen entstehen).[1]) Die Verwerfungen, das Aufklaffen und Schliessen von Spalten wärend der Eruption erklären die Möglichkeit solcher Förderungen. Die Organismen aber, welche sich in solchen Wassermassen finden,[2]) sprechen nicht dafür, dass sie in diesen Fällen einen weiten Weg in die Tiefe zurückgelegt haben. Hierauf aber bezieht sich doch unsere Frage.

Bessere Beweise für das Vordringen des Wassers in nennenswerte Tiefen sind wol heisse Quellen und Geysire, welche continuirlich oder intermittirend erhitztes Wasser fördern. Dieses Wasser ist gewiss wenigstens bis zu Regionen gelangt, in denen eine Temperatur von 100 Grad herrscht. Ob und wie weit es auch über diese Grenze infiltriren könne, interessirt uns hier zu wissen.

Gay-Lussac, welcher wie Spallanzani das Eindringen der Luft bezweifelt, weil Gase nicht da eindringen könnten, wo elastische Körper mit so grosser Heftigkeit entweichen, glaubt an die Möglichkeit der Einsickerung von Wasser. Doch denkt er nicht an eine mechanische Einverleibung dieses Körpers, sondern an eine Fesselung desselben infolge chemischer Verwandtschaft. Er nimmt einen Erdkern an, der aus anhydren Chloriden bestehen soll. Diese zögen das

---

1) Galiani cit. in Roth: Vesuv p. 429.

2) Vgl. Roth: Vesuv p. 14.

Wasser in die Tiefe. Die Eruptions-Erscheinungen seien Folge der Hydrat-Bildung. [1])

Wichtiger als diese Hypotesen sind für unsere Frage Guibourt's Reflexionen. Anknüpfend an Girardin [2]) spricht er die Vermutung aus, dass die elastische Kraft des gegen die Tiefe dringenden Wassers nicht genüge, um das Gewicht der Wassersäule zu heben. [3]) Sei diess aber der Fall, so könne dem Infiltriren des Wassers nichts im Wege stehen. Cagniard wies nach, dass Flüssigkeiten (in Glasrören eingeschlossen) auch bei einer iren Siedepunkt weit übersteigenden Temperatur noch als solche bestehen können. Durch diese Erfarung angeregt, spricht Bischof die Ansicht aus, die Tension des Wassers möge in grossen Tiefen des Erdkörpers durch den Druck der Wassersäule überwunden werden. [4]) Angelot fürt den Gedanken weiter aus. Er bezieht sich auf Biot, welcher aus Dulong und Gay-Lussac's Untersuchungen über die Tension des Wasserdampfes eine Formel ableitet, nach welcher die Tension mit der Temperatur zunemend einem Maximum von 1200 Atmosfären zustrebt, one dasselbe je zu erreichen (Acad. Paris 1841). Nun frägt sich Angelot, welche Wärme, welcher Druck und welche Tension in einer Erdentiefe von 50 Kilometer herrscht und erhält folgendes Resultat: Temperatur etwa 1500 Grad; Tension nicht bestimmt, jedenfalls aber weniger als das Maximum von 1200 Atmosfären; Druck (10 M. Wassersäule = 1 Atm.) jedenfalls genügend, um selbst das Maximum der Tension zu besiegen. Für die Tiefe von 10 Kilom. erhält Angelot

---

[1]) Gay-Lussac: Ann. chim. et phys. Bd. 22 p. 415 f.

[2]) Girardin: Consid. sur les volcans 1831.

[3]) Guibourt: Ann. chim. phys. 1831 Bd. 47 p. 41.

[4]) Bischof: Edinb. phil. j. 1839 Bd. 26. Ich habe dieses Journal nicht zur Hand bekommen. Dieser Forscher vermutet, auch Kolensäure könne in der Tiefe als Flüssigkeit bestehen. Chem. Geologie I. Aufl. 1848 bis 1855 Bd. II. p. 332.

300 Grad und 1000 Atm. Druck, eine Grösse, welche jedenfalls die daselbst herrschende Tension weitaus übertrifft.[1]) Hieraus folgt, dass in geringer, wie grosser Tiefe Liquida bestehen können, one zu verdampfen.

Allerdings muss es eine Zeit gegeben haben, da die Erdkruste noch zu hoch erhitzt war, um das Niedersickern des Wassers zu gestatten. Heute aber muss das Wasser, um mit dem heissen Erdinnern in Contact zu kommen, schon so tief sinken, dass ein Wiederverdampfen unmöglich ist. Nur wo das Magma bis nahe an die Oberfläche empordringt, da kann es sich ereignen, dass das infiltrirende Wasser als Dampfwolke zurückgestossen wird (Dampfschüsse der Vulkane).[2]) Zur Unterstützung seiner Ansicht bezieht er sich auf die von Robert nachgewiesene Tatsache, dass in der Tiefe des Geysir das Wasser weit über 100 Grad warm ist.[3]) Kein Zweifel, dass es in der Tiefe glühen kann, one zu verdampfen.

Diess Angelot's Ausfürung. Seine Anschauungen wurden leider mit so zweifelhaftem Lobe und so unzweideutiger Antipatie aufgenommen, dass der hochbegabte Mann, an der Richtigkeit seiner Ideen zweifelnd, die vorgebrachte Hypotese fallen liess und entmutigt verstummte.

Seine Reflexionen stellen sich derzeit als richtig heraus. Damals aber konnte man inen unmöglich grosses Gewicht beilegen, weil die Prämissen der Hypotese unsicher waren

---

[1]) Angelot: Bul. soc. géol. 1842 p. 188, 189. Humboldt äussert denselben Gedanken: Kosmos 1845 I. p. 254 u. 256.

[2]) Angelot: Bul. soc. géol. 1843 p. 43 u. 48. Angelot meint ferner, das Magma sei im allgemeinen durch Eruptionen erschöpft, und glaubt, locale Infiltration sei die Voraussetzung einer neuerlichen Action. Diess ist der schwache Teil an Angelot's Hypotese. Ich übergehe denselben, weil ich glaube, der Leser werde mir gerne hier wie allenthalben die zersetzende Kritik erlassen.

[3]) Robert: Bul. soc. géol. 1842 p. 189.

und noch nicht in den allgemeinen Wissensvorrat übergegangen waren. — Erst Regnault's Untersuchungen schufen sicheren Boden. Mohr, welcher in neuerer Zeit die Frage wieder aufnam, setzt in seinen bezüglichen Berechnungen den Druck voraus, welchen eine Gesteinsäule von bestimmter Mächtigkeit ausübt. Auf unseren Fall, in welchem es sich um den Druck der Wassersäule handelt, passt desshalb nicht diese, sondern Pfaff's Ausfürung. Dieser Forscher betont neuerlich, dass die Tension unzweifelhaft eine beschränkte Grösse ist. Er berechnet für verschiedene Tiefen das Verhältniss zwischen Tension und Druck. Dabei findet er, dass heute flüssiges Wasser in einer Spalte bis in beliebige Tiefe reichen kann. In keiner Tiefe der Wassersäule (des Wasserganges, könnte man sagen) genügt die herrschende Temperatur, um mit Ueberwindung des Druckes das flüssige Wasser in Dampf zu verwandeln. [1])

Diese Berechnung berücksichtigt allerdings nicht die Circulation des Wassers und den davon abhängigen Temperatur-Ausgleich. Sie behält aber iren Wert, wenn wir bedenken, dass der Wassergang auf seinem langen Verlaufe viele Verengungen aufweist, und dass dessen Breiten-Ausdenung sich verhält zu seiner Tiefen-Dimension etwa wie die Dicke eines Bandes zu dessen Länge. In einer so geformten Wassermasse kann die Circulation nur ser gering sein, und es ist unschwer vorstellbar, dass unter diesen Verhältnissen das Wasser an keinem Orte bedeutend wärmer werden könne, als die Umgebung.

Tritt überdiess nahe der Oberfläche viel küles Grundwasser zu, so kann es im Emporquellen jede termische Charakteristik seines tiefen Ursprungs einbüssen. Die Erfarungen

---

[1]) Pfaff: Geologie 1873 p. 141. Solange die Abkülungs-Kruste nur dünn war, konnte das Wasser allerdings nicht als Flüssigkeit bis in die Tiefe reichen (daselbst p. 143).

der Geologen sprechen dafür, dass dieser Fall sogar die Regel sei. Wir kennen ser viele warme Quellen, deren Temperatur die mittlere Jares-Temperatur des Ortes wenig überschreitet, aber nur wenige Gebiete, in welchen man auf Schritt und Tritt dampfende, Sinter absetzende oder Schlamm fördernde Quellen und Geysire antrifft.[1]) Im ersten Falle genügt die Breite der Spalte und die hiedurch bedingte Wärmezufur aus der Tiefe nicht, um das Wasser zum Sieden zu erhitzen. Im letzteren Falle aber ist dieselbe ausreichend, um die obersten Partien zum Verdampfen zu bringen. Es tritt, wie Bunsen zeigte, in Folge dieses Aufkochens eine entlastende Bewegung ein, welche jedoch nur auf die höheren Teile des Wasserganges beschränkt bleibt. Die abgekült zurückstürzenden Gewässer kommen zur Ruhe und es bedarf längerer Zeit, bis die Oberfläche des Wassers wieder ins Kochen kommen und dadurch einen neuerlichen Auswurf einleiten kann. Der Unterschied zwischen heisser Quelle und Geysir ist begreiflicher Weise kein wesentlicher. In beiden Fällen haben wir es mit Wassergängen zu tun, die in bedeutende, möglicher Weise selbst bis in die glühende Tiefe reichen. — Ein solches in der Tiefe glühendes Wasserband können wir uns unschwer versinnlichen, wenn wir an eine mit Flüssigkeit gefüllte, am unteren Ende geschlossene

---

[1]) Wie beim See Rotorua auf N. Neuseeland (v. Hochstetter: Neuseeland 1862) oder im Gebiete von Baku. Abich spricht in seiner Arbeit über Schlamm-Vulkane die Ansicht aus, das von vielen Verwerfungen durchsetzte Gebiet werde von eindringendem Seewasser local durchweicht und gelange dann zum Ausbruche. Mögen die reichlich zu Tage kommenden Kolen-Wasserstoffe activen Anteil an den Ausbrüchen haben oder nicht, gewiss sei, dass die Schlammergüsse aus Tiefen stammen, in welchen so gewaltige termische Processe herrschen, dass man die Schlamm-Vulkane schliesslich zwischen die Vulkane und heissen Quellen einzureihen befugt sei (s. Abich: Ueber Schlamm-Vulkane Mém. acad. Petersbourg 1863 p. 16, 43, 48, 123; Abich: Termalquellen 1865 p. 41 u. 47).

Capillare denken. Erhitzen wir das geschlossene Ende, so ist es wol denkbar, dass bei einer beträchtlichen Länge der Röre keine angewendete Erhitzung genügt, um die Wassersäule auszutreiben. Eine unüberwindliche Wandreibung fesselt die Flüssigkeit-Säule.

16. Ob sich das Wasser vom glühenden Magma absondere?

Nachdem wir nun gesehen, dass flüssiges Wasser in glühender Tiefe bestehen kann, auch wenn es nur unter dem Drucke seiner eigenen Masse steht, fragen wir: Wie verhält sich diese Flüssigkeit gegen das glühende Magma?

Es ist eine alte Beobachtung, dass Wassertropfen, auf glühende Körper fallend, nicht sogleich verdampfen, sondern zu Kügelchen geballt lange herumtanzen. Man kann diess täglich in der Küche sehen, wenn etwas Wasser auf die glühende Herdplatte fällt. Eller fürte die Betrachtung dieser Erscheinung zuerst in die Wissenschaft ein.[1]) Das Fänomen wird jedoch gewönlich nach Leidenfrost benannt, welcher dasselbe eingehender studirte.[2]) — Spallanzani kannte die Erscheinung und knüpfte an dieselbe eine Reihe von Betrachtungen. Wir haben oben seine Untersuchung abgebrochen; hier folgt die Fortsetzung: Er macht aufmerksam, dass gefärliche Explosionen beim Glockenguss entstehen können, wenn die Form zu feucht war. Deslandes dagegen berichtet, dass Wasser, auf weissglühendes Glas gegossen, sich ballt und langsam und ruhig verschwindet.[3]) Um den zwischen beiden Tatsachen scheinbar herrschenden Gegensatz zu lösen,

---

[1]) Eller: Gesch. Akad. Berlin 1746 p. 42.
[2]) Leidenfrost: De aquae qualitatibus 1757.
[3]) Spallanzani: Viaggi cap. 21 p. 323 f.

wiederholt Spallanzani Deslandes' Versuch mit mereren Aenderungen. Er findet, dass ein Wasserkügelchen sich in besagter Weise nur verhält, wenn die Glasmasse hell glüht, wärend es plötzlich verpufft, sobald das Glas unter Rotglut abgekült ist (p. 323). Er unterwirft poröse Lava denselben Versuchen und findet, dass sie sich wie Glas verhält. Auch hier erfolgt Verpuffung des Wassers, sobald die Masse einen genügenden Grad von Abkülung erreicht. Sind in diesem Falle Teile des Wassers in Hölungen der Lava eingedrungen, so äussert sich das Verpuffen, wie in dem angefürten Falle des Glockengusses, als heftige Explosion, welche glühende Stücke der Lava herumschleudert (p. 332 u. 335).

Spallanzani überblickt nun seine Erfarungen und Reflexionen (deren ersten Teil wir oben I. 11 vorgebracht). Das „Sieden" der Lava glaubt er von der Entwicklung von Lavadämpfen und einer geringen Menge permanenter Gase ableiten zu müssen, wärend er die Dampf- und Detritus-Schüsse, den eben mitgeteilten Erörterungen zufolge, dem mechanischen Eindringen von Wasser in Hölungen des Magma zuschreibt. So lange die Lava sich in hoher Glut befinde, sondere sich das Wasser von dem Magma. Bei einem bestimmten Grade der Abkülung aber trete Explosion und Zerstäubung ein (p. 337).

Bevor ich in der Erörterung fortschreite, füre ich einen Versuch aus Boutigny's tatsachen-reichem Werke an, welcher besser als andere das eigentümliche Verhalten der Flüssigkeiten gegen glühende Körper erklärt. Wenn wir einem Platingefässe, welches etwas Wasser enthält, plötzlich viel Wärme mittelst eines Gebläses zufüren, wird das Platin rasch in Glut versetzt. Das Wasser zieht sich von der Wandung zurück; der concave Meniscus desselben verwandelt sich in den convexen, und die nunmêr sfäroidale Masse verdampft, trotzdem sie von Glut umgeben ist, ganz

sachte.[1]) Die Wärme, jene Bewegung, welche die Materien-Teile von einander entfernt, deren Cohäsion mindert oder aufhebt, hat in diesem Falle die Adhäsion zwischen Platin und Wasser gelöst. In wenigen Augenblicken wurde das Platin glühend, wärend die Erwärmung des Wassers nicht Schritt hielt. Die Häsion der Wasserteilchen untereinander wurde durch die plötzlich dem Platin zugefürte Wärme wenig, die Häsion zwischen Wasser und Platin aber ser bedeutend verringert. Im Momente, da sich das Wasser von den Gefässwänden sondert, ist die Anziehung zwischen Platin und Wasserteilchen geringer geworden, als jene zwischen letzteren untereinander. Die Wassermasse ballt sich unter diesen Verhältnissen zu einem Sfäroide.[2]) Zwischen diesem Wasserballe und dem glühenden Gefässe liegt eine Dampfschichte, welche die Flüssigkeitsmasse gegen allzurasche Wärmezufur schützt.[3]) Die trotz dieser Schutzschichte bis

---

[1]) Boutigny: Ueber d. sfäroid. Zustand 3. Aufl. übs. Arendt 1858 p. 58 (1. Aufl. 1847).

[2]) Frankenheim: Cohäsion p. 110 und Ann. Chem. Bd. 77 erklärt bereits die Sonderung des Wassers von glühenden Körpern in diesem Sinne.

[3]) Tyndal: Wärme, deutsche Ausgabe 1875 p. 197. Die mit steigender Temperatur abnemende Häsion und die Sonderung jeder külen Flüssigkeit und jedes stark durchnässten Körpers von glühenden Massen findet iren natürlichen Ausdruck in Erscheinungen, welche, obwol längst bekannt, doch erst in den letzten Decennien dem Bereiche des Wunderbaren entrissen wurden. Ich meine eine Klasse von sog. Gottesurteilen, welche in guter alter Zeit von der wissenden Kaste eifrig gebraucht und missbraucht wurde. Man schüttete dem einen weissglühendes Metall über den Körper — er verbrannte nicht (Michel, Clemendot cit. in Boutigny p. 41). Man liess, um einen Verbrecher zu bestrafen, denselben in Ermanglung anderer Beweismittel über schwachglühendes Eisen laufen und die verkolten organischen Fetzen hingen an seinen Füssen. Im Anfange des 17. Jarhunderts aber finden wir die bezüglichen Kenntnisse bereits auch in den Händen der Profanen. Die Gaukler, welche auf Jarmärkten herumzogen, wuschen sich zum Entsetzen der Zuschauer mit geschmolzenem

zum Wasser vordringende Wärme wird durch anhaltende Verdampfung des Sfäroides verbraucht. Füren wir nun dem glühenden Körper, von welchem sich das Sfäroid gesondert hat, nicht fort und fort Wärme zu, lassen wir în abkülen, so wird bald die Temperatur erreicht, bei welcher die Cohäsion der Wasserteilchen untereinander durch die Adhäsion derselben gegen die Gefässwand überwunden wird. Die Flüssigkeit erlangt wieder die Tendenz, sich auf der Wandung auszubreiten, empfängt aber in diesem Augenblicke von dem noch hoch erhitzten Gefässe so viel Wärme, dass sie verpufft. Boutigny beobachtet 142 Grad als die niedrigste Temperatur, bei welcher ein eisernes Gefäss vom Wasser nicht benetzt wird.

Wenn wir diese Tatsachen in unsere Betrachtung der Infiltration einfüren, so denken wir im ersten Augenblicke daran, das Wasser, welches in die Tiefe dringt, müsse sich von den glühenden Massen alsogleich absondern und könne keinen Einfluss üben, wie schon Spallanzani annam. Eine kurze Ueberlegung aber fürt zu einem abweichenden Resultate. Der Wassertropfen sondert sich von der glühenden Gefässwand nur, weil der erstere viel küler ist; und er bleibt gesondert, weil die Temperatur-Differenz zwischen Wasser und Gefäss durch fortwärendes Verdampfen der Flüssigkeit erhalten wird.

Der Wassergang aber, welcher nach Spallanzani's und unserer Anname bis in die glühende Tiefe reicht, nimmt dort allmälig die Temperatur der Umgebung an, weil die Circulation in demselben ungenügend ist, und weil nicht,

---

Blei u. s. f. Garzoni: Piazza univers. 1610 cit. in Freitag: Bilder der deutschen Vergangenheit 1875 III. p. 475. Der Erklärung, welche Boutigny für diess merkwürdige Verhalten, sowie für die rätselhaften Dampfkessel-Explosionen gibt, liegt dieselbe Ueberlegung zu Grunde, welche Frankenheim für Leidenfrost's Versuch aufstellte und welche ich oben mitteilte.

wie in Eller's Versuche, durch Verdunstung eine niedere Temperatur des Wassers erhalten werden kann. Wir haben es in diesem Falle also nicht mit külem Wasser in glühendem Gefässe, sondern mit glühendem Wasser in glühendem Gefässe zu tun. Zwischen diesen beiden Körpern jedoch herrscht wieder gegenseitige Anziehung, gerade so wie sie zwischen dem külen Gefässe und der külen Wassermasse bestand. Diess können wir schliessen aus dem Umstande, dass Liquida (Flüssigkeits-Einschlüsse) in der ganzen Masse des Magma ser fein verteilt vorkommen und wärend des Erstarrens der Lava nicht plötzlich unter Verpuffen, sondern nach und nach unter Spratzen und in einer gewissen, von irer chemischen Natur abhängigen Reihenfolge entweichen. Den besten Beweis aber für die energische Einwirkung zwischen glühendem Wasser und glühendem Magma liefern wol Daubrée's Versuche (Quarz- und Wollastonit-Krystalle im Glase).

Wasser, welches gegen die Tiefe vordringt, kann sich also nicht von dem glühenden Magma scheiden; es kann auch nicht in Dampf verwandelt werden (s. oben I. 15). Es wird vielmêr selbst glühend und hat in diesem Zustande eine energische Einwirkung. Desshalb kann es in das Magma aufgenommen werden, vorausgesetzt, dass dieses nicht schon, den herrschenden Temperatur- und Druck-Verhältnissen entsprechend, mit dieser Flüssigkeit impregnirt war.

Bevor wir nun die Frage beantworten, ob das Magma gesättigt sei oder nicht, ob es also hinzudringendes Wasser aufnemen könne oder nicht, betrachten wir noch den zweiten Fall der Impregnation (die Wanderung des Wassers durch festes Gestein). Es ist zu untersuchen:

17. Ob das Wasser auch durch festes Gestein dringend dem Magma zuwandern könne?

In diesem Falle haben wir offenbar keinen mechanischen Druck zur Verfügung, welcher die Flüssigkeit in die Tiefe fürt und selbe dort trotz der hohen Temperatur im flüssigen Zustande erhält. Hiedurch unterscheidet sich dieser Fall von dem vorigen. Ein feuchter Stein lässt seine Flüssigkeit nicht etwa, der Gravitation zufolge in Tropfen fallen; er wird vielmêr, wenn wir în auf eine Wasserfläche legen, noch Wasser aufnemen, welches dann der Gravitation entgegen in seinen Poren aufwärts wandert, solange bis er gesättigt ist. So verhält sich auch die ganze Erdmasse. Unbekümmert um die Gravitation verfolgen die Gewässer durch die zarten Poren und Spalten der Gesteine ire Wege. Die Richtung irer capillaren Wanderung wird nur abhängen von den Differenzen der Sättigung in verschiedenen Teilen der Erdkruste. In diesem Falle wird die Flüssigkeit in die Tiefe dringen, nicht weil sie dahin gravitirt, sondern weil und nur insoferne die Gesteine daselbst noch nicht mit Wasser gesättigt sind.

Nun kommt aber die nach den Interstitien des Gesteines gegen das Magma vordringende Flüssigkeit endlich an einen Punkt, wo sie nur mer als Dampf bestehen kann. Wird auch der Dampf die begonnene Wanderung fortsetzen können? Durch folgende Versuche erhalten wir Antwort. H. Deville und Troost zeigten, dass glühende Metalle für Gase durchgängig sind. Insbesondere zeichnet sich der Wasserstoff durch seine leichte Beweglichkeit aus. Ein hermetisch geschlossenes Metallror, welches mit diesem Gase gefüllt war, verlor seinen Inhalt wärend des Glühens fast vollständig, wie man an einem Manometer ersehen konnte. Der Gasverlust ging um so rascher vor sich, je höher die

Temperatur war.[1]) Diess erklärt sich daraus, dass die Atmosfärilien, irem höheren Molekular-Gewichte entsprechend, eine geringere Diffusions-Leichtigkeit haben, als Wasserstoff. Wärend des Glühens diffundirt nun der leicht bewegliche Wasserstoff schnell aus dem Rore gegen die umgebende Atmosfäre, wärend nur wenige Atmosfärilien als Ersatz einrücken, weil sie viel schwerfälliger in iren Bewegungen sind.

Aus diesem Versuche können wir entnemen, dass die Liquida, wenn sie einmal in die Region der Verdampfung kommen, mit spezifischer Diffusions-Schnelligkeit iren Weg fortsetzen werden. Folgender Versuch Daubrée's spricht noch bestimmter. Ein Gefäss, welches mit einem Manometer verbunden war, wurde oben durch ein Stück Sandstein abgeschlossen. Der Gesteinverschluss wurde mit Wasser bedeckt und der Boden des Gefässes heftig (bis zu 160 Grad) erhitzt. Das Manometer zeigte eine anhaltende Steigerung der Tension an. Das Wasser drang also durch die unten erhitzten Teile des Steines gegen das glühende Gefäss, und zwar drang es nach den Beobachtungen Daubrée's um so rascher vor, je höher die Temperatur des zu durchdringenden Gesteines war.[2])

Dieser Versuch, auf unseren Fall angewendet, erheischt die Anname, dass das Wasser, wenn es auf seinen capillaren Wanderungen gegen das Magma bis zu einer Tiefe vordringt, in der es verdampfen muss, von diesem Orte an seinen Weg in Dampfform fortsetzen werde. Die capillare Wanderung ist zur diffusiven geworden. Das ist die Art, in welcher das Wasser durch feste Gesteine dringt und bis zum Magma

---

[1]) H. Deville u. Troost: Ann. Fys. Bd. 122 p. 332.

[2]) Daubrée: Bul. soc. géol. 1861 p. 196 f. Schüttet man auf die Steinplatte küles Wasser, so sinkt das Manometer; lässt man das Wasser hingegen wegtrocknen, so stieg das Quecksilber im Manometer begreiflicher Weise bedeutend (bis auf 2 M.).

gelangen kann. Dort wird es absorbirt werden unter der schon erwänten Voraussetzung, das Magma sei nicht bereits gesättigt.

18. Ist das Magma mit Liquiden gesättigt?

An diese Voraussetzung anknüpfend, forschen wir nun nach den Gründen, welche für oder gegen die Sättigung des Magma, gegen oder für die Möglichkeit der Aufname von Liquiden sprechen. — Gegen die Infiltration nach Spalten scheint der Umstand zu sein, dass ja das Magma, bevor die Wasserspalte gebildet wurde, unter dem viel grösseren Drucke einer Gesteinmasse gestanden. Dasselbe müsste von Anfang ser wenig impregnirt gewesen sein, wenn es nun trotz der eingetretenen Druck-Erleichterung von dem hinzutretenden Wasser aufnemen sollte.

Dass aber trotz des verminderten Druckes Wasser infiltriren könne, scheint aus dem Umstande hervorzugehen, dass die Vulkane zumeist in der Nähe des Meeres, und dass die Inland-Vulkane, wie Fuchs bemerkt, in der Nähe von Seen stehen.[1]) Wäre das Eindringen grosser Wassermassen in die Tiefe one Bedeutung für das Magma, so würde nicht einzusehen sein, warum die Vulkane die Continente fliehen. Die geografische Verteilung der Vulkane ist sicherlich ein Fingerzeig dafür, dass auch der geringere Druck, welchen ein Wassergang auf das Magma übt, in vielen Fällen genügt, um eine Impregnation zu bewirken.

Der betrachtete Fall gewinnt an Complication dadurch, dass das Wasser ein von dem Drucke abhängiges Absorptions-Vermögen für Gase hat. Hier gilt, wie ich glaube, folgende Ueberlegung: Das Wasser hat die Tendenz, sich mit allen

---

[1]) C. Fuchs: Vulk. Erscheinungen 1865 p. 98.

Gasen, welche îm zur Verfügung stehen, den herrschenden Temperatur-, Mengen- und Druck-Verhältnissen entsprechend, zu sättigen. Nun wächst aber der Druck in unserem Wassergange proportional der Tiefe. Die tieferen Teile haben das Bestreben, mer Gas aufzunemen, als die höheren. Sie entziehen den höheren Partien des Wasserganges Gas. Diese hinwieder entschädigen sich für den Verlust dadurch, dass sie aus der Luft neue Quantitäten an sich ziehen. So wird mittels der Diffusion eine den Druck-Verhältnissen entsprechende Sättigung mit Gasen in dem ganzen Wassergange hergestellt. [1])

Die tiefsten Teile unserer Wassersäule, welche mit dem Magma in unmittelbarer Berürung stehen, sind nach dieser Betrachtung in hohem Grade mit Gasen impregnirt und nun kommt es offenbar darauf an, ob diese Wasser-

---

[1]) Für die Richtigkeit dieser Ausfürung spricht die Tatsache, dass die Tiefsee-Organismen aufdunsen, wenn sie an die Oberfläche gebracht werden (Wyville Thomson: Nature 1873 p. 387). Das Wasser, mit welchem sie durchtränkt sind, enthält eben ser viele Gase absorbirt; diese entweichen bei Druck-Erleichterung und blähen den Körper auf. Dass insbesondere Kolensäure in tiefer See reichlich enthalten sein müsse, schliesst Thomson daraus, dass die Kalkschalen der Foraminiferen in tiefen Regionen wie von Säure angegriffen erscheinen, und dass in einer Tiefe von 2500—3000 Faden nur mer ein Silicat-Schlamm angetroffen wird (W. Thomson: Nature 1873 Bd. 8 p. 30 u. 1874—1875 Bd. 11 p. 117, 118), welcher die in kolensäure-reichem Wasser unlöslichen Bestandteile der Foraminiferen-Schalen darstellt (nach Buchanan kommt auf 100 Teile Kalk 1 Procent Silicat: Nature 1874—1875 Bd. 11 p. 117). Wol fallen die Foraminiferen-Schalen auch in seichter See oft der Lösung anheim (Williamson: Phil. trans. Manchester 1847). Der ausnamlose Mangel dieser flottirenden Kalk-Organismen in grosser Tiefe ist aber ein Fingerzeig, dass dort noch günstigere Lösungs-Verhältnisse herrschen, als in seichter See. Eine Analyse Buchanan's, welche 0·08 Gramm Kolensäure auf 1 Liter Wasser gibt (Nature 1874 Bd. 10 p. 114) — (Seichtsee-Wasser hat sonst nur 0·04 bis 0·05), unterstützt derzeit Thomson's Aname. Mit Erwartung sehen wir einer wiederholten Bestätigung entgegen.

masse oder ob das Magma mit den betreffenden Gasen reichlicher impregnirt sei. Im ersten Falle wird das Wasser an das Magma, im letzteren das Magma an das Wasser Gase mittels Diffusion abgeben. Ob im allgemeinen das eine oder das andere eintrete, bleibt dahingestellt. Nur bezüglich eines Gases können wir eine Vermutung wagen. Es ist bekannt, dass es viele mit Kolensäure übersättigte Quellen gibt. Eine solche Uebersättigung kann nicht durch Aufname (?) dieses Gases aus der Atmosfäre bewirkt worden sein. Die überschüssige Kolensäure muss vielmêr aus der Tiefe der Erde stammen. Mithin ist es warscheinlich, dass das Magma mit diesem einen Gase in höherem Grade impregnirt sei, als die über demselben ruhende Wassersäule. Rückblickend finden wir, dass die Kolensäure wol nicht von der Erd-Oberfläche gegen das Magma, sondern von dem Magma gegen die Periferie gefördert wird, wärend das Wasser unter der bekannten Bedingung von dem Magma aufgenommen werden kann. Wir schliessen hiemit vorläufig ab mit dieser Ausfürung, welche erst in I. 21 ire volle Erledigung finden wird und untersuchen

19. Die fysikalischen Verhältnisse der Liquida. Absorption oder Lösung?

Im zweiten Falle der Infiltration (durch die Gestein-Interstitien) wurde die Wanderung der Gase gegen die Tiefe betrachtet, sowie deren Aufname ins Magma. Da mussten wol die Ausdrücke Diffusion und Absorption gebraucht werden. Anders aber steht es, wenn wir von der Aufname des Wassers im ersten Falle der Infiltration, oder von dem Zustande sprechen, in welchem sich das Wasser im zweiten Falle der Infiltration nach der Aufname befindet. Da drängt sich uns der Begriff Lösung auf. Viele Fysiker glauben wol

mit Recht, dass die Absorption schon bei dem geringen Drucke, wie er auf der Erd-Oberfläche herrscht, mitunter eine Verflüssigung des Gases bewerkstellige. In unserem Falle unterligt die Verflüssigung der aufgenommenen Liquida gar keinem Zweifel, weil die entfernende Macht der hohen Temperatur durch den lastenden Druck vollkommen besiegt wird. Nun muss aber diese im Magma enthaltene Flüssigkeit offenbar mit den festen Bestandteilen sich sättigen, also eine gesättigte Lösung darstellen. Wir werden mithin in diesem Falle nicht von den „in der Tiefe absorbirten Gasen" reden, sondern viel richtiger sagen: das Magma ist durchtränkt von einer gesättigten Lösung. So verfliesst hier der Begriff Absorption mit jenem der Lösung.

20. Dissociation.

Dieses Ergebniss droht gründlich erschüttert zu werden durch die Gegenfrage: Kann wol das Liquidum, wenn es eine chemische Verbindung darstellt, mit ungeändertem Wesen in der Tiefe bestehen? Herrscht denn dort nicht eine der hohen Temperatur entsprechende teilweise oder gänzliche Dissociation?

Boutigny wies schon im Jare 1830 nach, dass glühendes Platin, in Wasser getaucht, eine teilweise Zersetzung der Flüssigkeit bewirkt. [1]) Grove beobachtete später unabhängig dieselbe Erscheinung. [2]) Seitdem wurde durch die epoche-machenden Untersuchungen Deville's und anderer Forscher ein neues Wissensgebiet erschlossen, die Lere von der Dissociation.

---

[1]) Boutigny: Soc. d'encouragement etc. 1830 cit. in Boutigny: Sfär. Zustand p. 81.

[2]) Grove: Phil. trans. London 1847.

An diese Lere nun stellen wir die Frage, ob die zerlegende Wirkung der Hitze auch in der Tiefe der Erde sich geltend machen, oder ob dort nicht vielleicht die Dissociation durch die Wirkung des Druckes hintangehalten werde?

Deville nimmt in Analogie mit der Dampfbildung an, der Druck habe im Gegensatze zur Temperatur eine associirende Wirkung. v. Schröder beschränkt die Allgemeinheit dieser Aussage: Wie es Flüssigkeiten gibt, welche sich beim Erstarren ausdenen, und solche, die sich hiebei zusammenziehen, so besteht auch ein analoger und wesentlicher Unterschied zwischen den chemischen Verbindungen. Sie müssen eingeteilt werden in solche, deren Energie grösser, und in solche, deren innere Bewegung kleiner ist, als die irer Bestandteile. Wie nun der Druck in entgegengesetzter Weise auf die zwei Klassen von Flüssigkeiten wirkt, so ist auch eine entgegengesetzte Wirkung desselben auf diese zwei Reihen von Verbindungen zu erwarten. Geradeso nun wie die Erstarrung der Flüssigkeiten, welche sich hiebei zusammenziehen, begünstigt wird durch den Druck, so wird auch zu erwarten sein, dass die Verbindungen, welche eine Contraction aufweisen, der hohen Dissociations-Temperatur zum Trotze bestehen können, wenn der Druck genügt. Jene Verbindungen hingegen, deren Energie grösser ist, als die irer Bestandteile, werden offenbar durch den Druck in der Association behindert.[1]) — So etwa ist der Gedankengang dieses Gelerten.

Nun haben wir schon merfach hervorgehoben, dass die entfernende Wirkung der Temperatur gegen die Tiefen der Erde durch die annähernde des Druckes überwogen werde. Demnach können wir wol behaupten, dass Wasser, Chlor-Wasserstoff und alle anderen Verbindungen, deren Energie nicht grösser ist, als die irer Bestandteile, d. i. welche bei

---

[1]) Schröder v. Kolk: Ann. Fys. 1866 Bd. 129 p. 493.

irer Bildung eine Contraction aufweisen, oder doch das gleiche Volumen bewaren, in der Tiefe als solche bestehen müssen.

Hieraus folgt selbstverständlich nicht, dass diese Associationen der Tiefe sich erhalten müssen, auch wenn das Magma zur Eruption gelangt. In diesem Falle wird ja der Druck und seine associirende Wirkung aufgehoben und die dissociirende Macht der hohen Temperatur kommt zur Geltung. Die Lösung wird zu Gas; die Verbindung zerfällt in ire Bestandteile. — Erst in den küleren Teilen des Kraters kann eine Wieder-Vereinigung (Reassociation) stattfinden. So viel können wir über den Zustand der Liquida des Magma aussagen. —

Zuvor haben wir gesehen, dass diese Bestandteile des Magma durch Infiltration in die Tiefe gelangt sein können. Im Folgenden soll die Gegenfrage erörtert werden:

21. Müssen nicht Gase, abgesehen von der Infiltration, im Magma seit jeher bestehen?

Bischof fürt eine geologische Tatsache vor, welche auf den ersten Blick für unsere Frage Gewicht zu haben scheint. Er weist nämlich darauf hin, dass die Kolensäure, welche durch Exhalation zu Tage gefördert wird, nicht wol atmosfärischen Ursprungs sein könne, weil sie so wenig Sauerstoff und Stickstoff enthalte. Näme man auch an, dass die atmosfärische Luft, in der Tiefe gefesselt, iren Sauerstoff zu Oxydations-Processen abgegeben habe, so würde doch die Armut der Exhalationen an Stickstoff unerklärlich bleiben.[1]) Diese Ueberlegung müsste zu der Anname füren, die Kolensäure werde infolge chemischer Processe in der Tiefe fort

[1]) Bischof: Wärmelere 1837 p. 322.

und fort frei (Bischof) oder sie sei von jeher im Erdinnern gefesselt gewesen und nicht durch Absorption aus der Atmosfäre dorthin gelangt. Bischof hat aber bei dieser Erörterung aus dem Auge gelassen, wie das Absorptions-Vermögen ein spezifisches ist. Wir brauchen nur anzunemen, der Absorptions-Coëfficient des Magma für Kolensäure sei ser gross, für Stickstoff aber klein (wofür Analogien sprechen), um das Gewicht der angefürten Ueberlegung zu schwächen.

Bedeutungsvoller scheint es, dass ser viele übersättigte Säuerlinge vorkommen. Wollen wir nicht zur Erklärung derselben durchwegs chemische Processe in der Tiefe [1]) annemen, so müssen wir den ursprünglichen Verband der Kolensäure mit dem Magma zugeben. Endlich ist zu beachten die Tatsache, dass die Sulfate der Exhalationen untereinander ganz andere quantitative Verhältnisse aufweisen, als man finden müsste, wenn sie aus infiltrirtem Meerwasser stammten.[2]) Sollten auch gegen diese Argumente Einwendungen gemacht werden, so denke ich, soll doch folgende kosmogenetische Ableitung die Gegner unserer Anschauung sicher zu der Ueberzeugung füren, die Gase seien, zum grossen Teile wenigstens im Magma enthalten, seitdem das Magma besteht.

Ich setze Kant's Hypotese als bekannt und anerkannt voraus und verfolge die Ballung und Condensation eines Körpers von der Zusammensetzung der Erde mit besonderer Berücksichtigung der Rolle, welche die Aggregat-Zustände der einzelnen Bestandteile hiebei spielen. Zum Schlusse dieser Erörterung werden wir die Frage, wie kamen die Atmosfärilien in das Magma, umkeren müssen in die Antwort: Die Atmosfärilien kamen nicht in das Magma, sondern aus demselben. —

---

[1]) Bischof: Chem. Geologie I. Aufl. 1848—1855 II. p. 790, denkt an die Zerlegung des Kalkes durch Kieselsäure bei Gegenwart von hocherhitztem Wasser.

[2]) Ch. Deville: Comptes rend. 1875 I. p. 833.

Ein kosmischer Nebel ist eine diffuse Gesellung verschiedener Elemente in gasförmigem Aggregat-Zustande. Mit fortschreitender Abkülung scheiden sich an einem oder mereren Orten die mindest flüchtigen Körper als Flüssigkeiten ab, welche, wie in Cagnard's und Andrews' schönen Versuchen, als Flüssigkeits-Schlieren in der Gasmasse schwimmen. Sie bilden den Kern des Nebels. Bei weiterer Abkülung erstarrt der mindest schmelzbare Bestandteil der Schliere, wobei stets die in der Flüssigkeit absorbirten Gase abgeschieden werden. Nun ist der Status des Magma eingetreten; alle drei Aggregat-Zustände coëxistiren.

Hier muss bemerkt werden, dass diese Ausscheidungen niemals präcis vor sich gehen. So wenig wir aus einer Mischung verschiedener Körper je auf einen Schlag einen reinen Körper abscheiden können, so wenig kann diess in dem Laboratorium der Natur vorkommen. Unsere Niederschläge sind immer „verunreinigt" mit Mutterlauge. Wir müssen den abgeschiedenen festen Körper zu wiederholten Malen lösen und fällen, umkrystallisiren oder sublimiren; wir müssen eine Flüssigkeit oft destilliren, um schliesslich eine relativ reine Substanz zu erhalten. Und haben wir aus einem Krystall oder einer Lösung alle fremden festen, bez. flüssigen Beimischungen möglichst entfernt, so beginnt erst der Kampf mit den alldurchdringenden Atmosfärilien. Wie soll nun die Natur bei dem Processe der Weltballung eine Reinheit der Ausscheidung bewirken, welche uns nach wiederholter Sonderung nicht gelingt? Das aber ist von hoher Wichtigkeit für unsere Frage.

Die fortwärende Abscheidung der schwerst schmelzbaren Teile aus dem Magma wird allerdings begleitet von Gasausscheidungen. Die ausgeschiedenen Spratzgase durchbrechen das Magma, die hochglühenden Schlieren faren in

die Gas-Sfäre und sinken abgekült wieder nieder.[1]) Fort und fort wiederholen sich diese örtlichen Erstarrungen und die hiedurch bedingten Gasausscheidungen. Aber nie können die Gase ganz aus dem Erstarrungs-Balle verbannt werden. Er ist und bleibt magmatisch; es stecken darin starre und flüssige Teile und die Flüssigkeiten beherbergen noch so viele Gase, als sie nur immer fassen können. Je fortgeschrittener jedoch die Abkülung, je tiefer greifend die Erstarrung, um so weniger Bedeutung erhält das Ausspratzen. Endlich kommt es dahin, dass die abgeschiedenen Gase nicht mer genügende Tension besitzen, um die überlastenden Massen zu durchbrechen.

Wir sehen also, dass Gase seit jeher im Magma enthalten waren; dass deren zwar bei jedem Erstarrungs-Processe abgeschieden werden, dass aber ire vollständige Verbannung aus dem Magma nie stattfinden kann.

22. Ueber den Ausdruck „Reaction des Erdinnern".

Aus dieser Entwicklung ergibt sich, dass es unrichtig ist, die Vulkane mit Humboldt zu bezeichnen als „Reaction

---

[1]) Ich erinnere an die von Zöllner richtig gedeuteten Wasserstoff-Eruptionen auf der Sonne (Zöllner: Ber. sächs. Ges. Wiss. 1870 p. 107, 117, 119) und an das Aufleuchten dunkler Sterne (Zöllner: Fotometr. Unters. 1865 p. 247). Diese Erscheinungen dürften wol in vielen Fällen Folge der Erstarrung in der Tiefe der sich külenden Weltkörper sein. Planté verweist treffend auf die Analogie zwischen den Erscheinungen des wallenden Eisens und Sonnen-Ausbrüchen; doch glaubt er das Hauptgewicht auf die Wirkung mächtiger elektrischer Ströme legen zu müssen und lässt die chemischen und die Spratz-Vorgänge aus den Augen. (Comptes rend. 1876 I. p. 118 f.). Ueber das interessante Verhältniss zwischen Sonnen-Eruptionen und Flecken berichtet Secchi: Atti nuovi Lincei 1871 p. 102 und Secchi: Le soleil ed. Schellen 1872 p. 552 f. S. auch H. Klein: Ausland 1874 p. 561.

des Erdinnern gegen die Erdoberfläche". Nach meinem Dafürhalten umhüllt dieser oft citirte Ausspruch die Anname, die Gase durchbrächen die Kruste zufolge irer gewaltigen Tension. Diess kann aber nach I, Abschnitt 15 nicht statthaben. Eine Uebersättigung mit Gasen kann allerdings örtlich eintreten, wenn neue Partien erstarren. Die Zeiten des Spratzens aber sind vorbei. Die ausgeschiedenen Gase bleiben unter dem in der Tiefe herrschenden Drucke liquid, wenn sie überhaupt verflüssigbar sind. Die permanenten Gase aber müssen sich mit einem verschwindend kleinen Raume begnügen.[1]) Eine Hebung und Berstung der mächtigen Kruste ist wol nicht denkbar. Die Vulkane sind nicht Ursache, sondern Folge von Dislocationen, wie Suess lert, welcher zu diesem Resultate bei Betrachtung des Verhältnisses zwischen Vulkan und Gebirgsbildung gelangte.[2])

23. Kant und Franklin über den Gasgehalt des Magma.

Die hier gegebenen Erörterungen stützen sich, wie oben bemerkt, auf Kant's kosmogenetische Anschauung. Was Kant und andere Forscher über das vorliegende Tema gedacht, stelle ich hier zusammen, und kere dann zurück zu der unterbrochenen Frage über Infiltration.

Leibniz hatte die Mondkrater mit Sprätzlingen verglichen. Kant drückt sich hierüber weitläufiger aus. Er ist

---

[1]) Ich betrachte an dieser Stelle die Erde noch als flüssig. In einer späteren Ausfürung werden wir sehen, dass heute solch hypotetische Gas-Abscheidungen in der Tiefe wol nur eine untergeordnete Bedeutung haben können, weil fast sämmtliche Stoffe bereits durch niedere Temperatur und Druck in den festen Zustand gezwängt sind.

[2]) Schon im Jare 1831 sprach Prevost (Voyage à l'ile Julia), später Virlet (Bul. soc. géol. 1833 p. 288) die Ansicht aus, die Eruptionen seien nicht Ursache, sondern Folgen mächtiger Verwerfungen. Freilich felte damals die wissenschaftliche Begründung dieses glücklichen Gedankens.

der Ansicht, dass sich bei dem Uebergange vom flüssigen in den festen Zustand bedeutende Luftentwicklungen geltend machen. Die Gase, welche durch die zugleich frei werdende Wärme bis zum höchsten Grade der Elasticität ausgedent würden, durchbrächen die festen Teile und — würfen dieselben zu Gebirgen auf. An einer andern Stelle spricht er sich im gleichen Sinne dahin aus, Gewässer und Luft seien von dem sich scheidenden Magma in Blasen faren gelassen worden. [1]) — Nur selten und nicht immer so klar taucht dieser Gedanke in den folgenden Zeiten auf, und, was bezeichnend ist, fast jedesmal musste er neu gefunden werden.

Franklin ist der Ansicht, [2]) die Erde müsse nahe irem Centrum aus einem Fluidum bestehen, welches dichter sei, als alle bekannten Körper. Nach Mariotte's Gesetz müsse die Luft in einer Tiefe von 11 Meilen schon so dicht sein, dass Gold auf derselben schwämme. Näme man an, dass alle Materie einst Dampf gewesen und sich daraus verdichtet habe, so müssten bei diesem Processe die im Centrum befindlichen Gase immer dichter geworden sein, so dicht, dass auf denselben die Erdschale schwimmen könnte. Auch dieser Forscher kommt also zu der Anschauung, Gase seien im Innern der Erde seit jeher gefesselt. Laplace und Ampère sprechen sich im gleichen Sinne aus. Ch. Deville endlich entscheidet sich, gewiss unabhängig von Leibniz und Kant, dafür, dass der Mond wärend seines Erstarrens Gase ausgespratzt habe. Er verweist auf die Tatsache, dass nicht

---

[1]) Kant: Berliner Monatschriften 1785 I. p. 210 cit. in Fischer: Geschichte der Fysik 1805 VI. p. 891. Auch Buffon spricht sich dahin aus, die flüchtigen Stoffe würden aus den glühenden und erstarrenden Weltkörpern ausgetrieben und diese Aussonderungen bildeten die Atmosfäre, (Epoques deutsche Uebers. 1781 p. 102.)

[2]) Franklin: Phil. trans. Philadelphia 1793 III. p. 4.

allein Silber, sondern auch Obsidian und Lava wärend des Ueberganges in den festen Zustand Gase faren lassen. [1])

Diess sind die einschlägigen Ansichten, welche mir bekannt geworden. Merkwürdig erscheint, wie langsam diese Erkenntnisse Geltung gewannen. Wenig hat es jedem dieser Forscher genützt, dass der Gedanke schon gedacht war. Er musste lange immer wieder gefunden werden — um abermals unverwertet zu bleiben.

Fürwar erstaunlich ist es, wie hartnäckig der menschliche Geist, nachdem er schon das Richtige gefunden, oft noch alle möglichen Irrwege betritt, bevor er auf den zuerst eingeschlagenen richtigen Weg zurückkommt. Der grösste Teil aller ersten Erfarungen und Gedanken wird von dem allgemeinen Bildungsgange gar nicht oder doch erst spät verwertet. Zu wiederholten Malen muss eine Erkenntniss gefunden und klar und weitläufig mitgeteilt werden, bis sie allgemein oder doch von den massgebenden Kreisen angenommen wird. Diese Einsicht in die Zusammenhangslosigkeit der Fortschritte können wir auf jedem Gebiete der Forschung gewinnen. Sie lert uns mit Bescheidenheit die eigenen Errungenschaften betrachten, und ist nicht so trostlos, als sie erscheint. Denn jedes Erringen bringt seine Befriedigung und gleichgiltig bleibt es, ob das Errungene schon einmal eines anderen freies Eigentum gewesen und dann verloren ging, oder ob es überhaupt das erste Mal in eines Menschen Hand lag. Den Einzelnen, wie die ganze Mensch-

---

[1]) Ch. Deville: Comptes rend. 1864 Bd. 58 p. 333. Nach der Ansicht dieses Forschers wurden die vom Monde ausgespratzten Gase ehedem aus dessen Atmosfäre aufgenommen. — In diesem Punkte weichen wir von den Anschauungen des ausgezeichneten Gelerten ab. Die Menge der im Magma enthaltenen Gase wird allerdings bei fortschreitender Abkülung durch Aufname aus der Atmosfäre vermert. Die Hauptmasse der Spratzgase aber ist gewiss als ursprünglich coëxistent zu bezeichnen.

heit beglückt nicht der Besitz, sondern das Erwerben des Besitzes. — —

Zum Schlusse wollen wir einen Blick auf den Mond werfen, dessen Oberflächen-Gestaltungen die Anname von Spratzvorgängen und dessen Atmosfären-Armut die Anname der Reabsorption der Gase fordert.

24. Dem Monde mangelt eine Atmosfäre.

Die Erkenntniss, dass der Mond eine unebene Oberfläche besitzt, war dem Altertume geläufig, ja man besass damals schon eine genügende Anung von der Grösse dieses Weltkörpers, um dessen Unebenheiten schlechtweg als Berge und Täler zu bezeichnen.[1]) Galilei beobachtet 1610, dass durch die Mondberge Einsenkungen umwallt werden. Er erkennt, dass diese Mulden tiefer liegen, als die übrige Mond-Oberfläche. Die Berge erreichen nach seiner Berechnung Höhen bis zu 4 ital. Meilen.[2]) Schröder unterscheidet zwischen umfangreichen Anschwellungen einerseits und scharf gezeichneten Kratergebirgen, welche er als Vulkane auffasst.[3]) Die Analogie ist gross, doch nicht vollständig. Daher wurden denn auch im Laufe der Zeiten die Gestaltungen der Mond-Oberfläche verschieden bezeichnet und gedeutet. Am auffallendsten ist wol die Analogie mit geplatzten Blasen in teigigen Stoffen oder mit den Spratzformen mancher Metalle. Leibniz wurde durch diese Aenlichkeit zu der Anname geleitet, am Monde hätten ehedem Bewegungs-Erscheinungen

---

[1]) Diogenes Laërtius übs. Borheck 1807 I. p. 103.

[2]) S. Arago's Werke übs. Hankel 1856 Bd. 13 der Gesammtausgabe (Bd. 3 der popul. Astron.) Anm. p. 426.

[3]) Fischer: Geschichte der Fysik IV. p. 682. Schröter: Selenotopografie II. p. 356.

geherrscht, wie wir sie an erstarrendem Metalle beobachten.[1]) Hooke bezeichnet die Mondberge als aufgebrochene Blasen.[2]) Dana verweist auf die kochenden Kraterseen des Kilauea, welche von mächtigen Lavawällen umsäumt sind. Ein Vergleich mit diesen Erscheinungen scheint îm statthaft und treffend, wärend er mit Recht die Parallelen zwischen den gemeinen Aufschüttungs-Vulkanen und den Mondkratern tadelt.[3]) Ch. Deville endlich ist wie Leibniz und Buffon der Ansicht, dass die Mondkrater iren Ursprung änlichen Processen verdanken, wie die Sprätzlinge gewisser Metalle.[4])

Diesen verschiedenen Anschauungen ist gemeinsam die Betonung des Umstandes, dass die Mondkrater sich wesentlich unterscheiden von den gemeinen Aufschüttungs-Kegeln der irdischen Vulkane. Diese sind wirkliche Berge, modificirt durch Einsenkungen; bei den Mondgebilden hingegen ist Hauptsache, was dort von untergeordneter Bedeutung war. Sie sind nicht als Erhebungen mit centralen Einsenkungen zu bezeichnen, sondern als weite tassenförmige Einsenkungen mit aufgetriebenen Rändern.[5]) Dieser tief greifende Unterschied und die von den Mondbergen ausstralende Riefelung verweisen auf eigentümliche, von den irdischen abweichende, genetische Verhältnisse. Solche Gebilde kommen nur einer zähen Teigmasse zu, aus welcher Dämpfe entweichen. Sie erinnern in der Tat lebhaft an die Spratzblasen erstarrender Metalle.

---

[1]) Buffon äussert denselben Gedanken. Wie in Metall oder Glas, so meint er, seien auch in den erstarrenden Weltkörpern nahe deren Oberfläche Wellen und Unebenheiten, Blasen und Hölen entstanden. Epoques 1778. Uebersetzung von 1781 p. 68 u. 107.

[2]) Hooke cit. in Nasmyth and Carpenter: the Moon 1874 p. 117.

[3]) Dana: Americ. j. 1846 II. p. 342 f.

[4]) Deville: Comptes rend. 1864 I. p. 333.

[5]) Ich verweise auf die scharfe Charakteristik und die Zalen-Angaben in J Schmidt: Der Mond. 1856 p. 103 f.

Hiegegen aber scheint die schon von Huyghens und Tob. Mayer erkannte Tatsache zu sprechen, dass der Mond keine Atmosfäre besitzt. [1]) Nasmyth legt mit Recht auf diese Schwierigkeit grosses Gewicht, umgeht dieselbe aber durch eine geistreiche Hypotese, in welcher die Mitwirkung der Gase ganz ausgeschlossen wird. [2])

Ich glaube, dass es noch einen anderen Weg gibt, diese Schwierigkeit zu überwinden: Ist es denn nicht möglich, dass Leibniz' bezeichnender Vergleich zu Recht bestehe, und dass Spratzkegel denkbar seien, one derzeit nachweisbare Spratzgase?

25. Reabsorption der Gase.

Wir finden die Lösung dieser Frage, wenn wir den Verdichtungs-Process, welchen wir in I. 21 betrachteten, weiter verfolgen: Der Weltkörper ist in den magmatischen Zustand übergegangen. Er hat wärend dieses Vorganges gewaltige Massen von Gasen ausgeschieden. Diese umhüllen den noch glühenden Ball. Die Wärme-Abgabe dauert fort; die Gase condensiren sich, den Druck- und Temperatur-Verhältnissen entsprechend. Meer und Luft umgeben jetzt die Kugel. — Und wieder verliert der Körper Wärme und

---

[1]) Was daraus zu erschliessen ist, dass beim Durchgange der Sterne hinter dem Monde keine Stralenbrechung nachweisbar. Fischer: Gesch. der Fysik IV. p. 300 f. In neuer Zeit sind Huggins und Miller auf spectral-analytischem Wege zu demselben Resultate gelangt: Das vom Monde reflectirte Licht gibt keine Absorptions-Streifen. Phil. trans. London 1864.

[2]) Nasmyth and Carpenter: The Moon 1874 p. 19 u. 93 f. Wie Homberg die Sprätzlinge des Silbers als Folge der Contraction des Silberkuchens, so bezeichnet Nasmyth die Mondkrater als Ausquetschlinge des Magma nach Sternrissen der Kruste.

wieder müssen sich die Verhältnisse der liquiden Teile ändern. Das „wie“ ergibt sich aus dem Wesen der Absorption.

Solange glühende Flüssigkeiten bestanden, fesselten sie grosse Mengen von Gasen. — Jetzt liegt vor uns statt des flüssigen ein fester Körper, welcher sich weiter abkült. Ein solcher aber hat neuerdings ein Absorptions-Vermögen, welches, wärend die Temperatur abnimmt, fort und fort wächst. Nur von dem in Erstarrung begriffenen glühenden Körper wurden die Gase ausgeschieden. Sie bleiben nicht ausgeschieden, weil mit der fortschreitenden Abkülung auch das Absorptions-Vermögen des erstarrten Körpers sich geltend macht und endlich, begünstigt durch Temperatur- und mitbedingte Druck-Abname, zu einer Grösse anwächst, welche den Absorptions-Coëfficienten der glühenden Flüssigkeit in den meisten Fällen weitaus überbieten dürfte.

Denken wir uns eine flüssige Palladium-Kugel, gesättigt mit Wasserstoff. Wärend des Erstarrens wird das aufgenommene Gas ausgespratzt. Aber es bleibt bei fernerer Abkülung nicht ausgeschieden, sondern wird mit wachsender Macht von dem sich külenden Metallballe wieder gefesselt. Man könnte gegen diess Gleichniss einwenden, es sei unstatthaft, indem Wasserstoff mit Palladium (sowie mit Kalium und Natrium) in Verbindung eingehe. [1]) Ich gestehe diess zu, obwol es in diesem Falle doch nur auf die Tatsache der nachträglichen Fesselung ankommt, und verweise weiters auf die bekannte Hygroskopie zalloser starrer Körper und auf die absorbirende Gewalt von Kole und verschiedenen Metallen für Gase. — Insbesondere scheinen mir Troost und Hautefeulle's bezügliche Versuche wichtig. Diese Forscher liessen 200 Grad warmes Eisen, Nickel und Kobalt in einer bestimmten Gas-Atmosfäre abkülen und fanden, dass diese

[1]) Troost u. Hautefeulle: Comptes rend. Bd. 78 p. 686 u. 807.

Metalle ir merfaches (bis 16 faches) Volum an Gasen (insbesondere Wasserstoff) absorbirten.[1]) So grosses Absorptions-Vermögen also haben diese im Kosmos so verbreiteten Stoffe. Die bezüglichen Tatsachen sind so reich, dass man notwendig zu der Anname geleitet wird, die von einem Weltkörper ausgespratzten Gase würden wärend des Processes der Abkülung allmälig reabsorbirt.[2]) Es liegt demnach, wie mir scheint, nichts im Wege, die Mondberge als Spratz-Fänomene aufzufassen. Dass heute auf der Mond-Oberfläche keine Gase mer bestehen, ist der Reabsorption zuzuschreiben, welche den Mond von der ehemals ausgespratzten Atmosfäre gesäubert hat.[3])

---

[1]) Troost u. Hautefeulle: Comptes rend. 1875 I. p. 789.

[2]) Secchi (Le Soleil, deutsch von Schellen 1872 p. 505) macht auf die merkwürdige Erscheinung aufmerksam, dass auf der Sonne trotz der fortwärenden Wasserstoff-Eruptionen doch keine mächtige Wasserstoff-Atmosfäre bestehe. Meiner Anschauung gemäss wird der Wasserstoff aus den tieferliegenden erstarrenden Partien der Sonne ausgespratzt, nachträglich aber immer wieder von der sich fortwärend külenden und verdichtenden Sonnenmasse reabsorbirt.

[3]) Prevost betont, dass das tierische Leben den Sauerstoff der irdischen Atmosfäre zu vermindern, endlich vollständig zu verbrauchen strebt. Ann. chim. phys. 1816 III. p. 99. Arago bezieht sich auf diese Betrachtung und wirft die Frage auf, ob nicht auch auf dem Monde solche die Atmosfäre verzerende Processe geherrscht haben können? Arago Ges. Werke übs. Hankel 1856 XIII. Anm. p. 426. Tschermak spricht sich in der eben erschienenen Abhandlung über den Vulkanismus als kosmische Erscheinung (Sitzber. Akad. Wien 1877 p. 17) dahin aus, die Gase des Mondes seien durch die hygroskopischen Exhalations-Salze und durch den eruptiven Detritus der Mond-Vulkane gefesselt worden. Vgl. auch die kurze Skizze dieser Ansicht im Anzeiger der Sitzungsber. Akad. Wien 1877 p. 64.

26. Die Spratzformen des Mondes.

Betrachten wir nun auf Grund dieser Auffassung die Bildung der Mondberge: Successive erstarrten die Bestandteile des Mondes. Durch lange Zeit mochte jenes Stadium der Eruptionen anhalten, wie wir es heute an der Oberfläche der Sonne beobachten. Von jener Zeit liegt keine Kunde vor, denn damals konnten die durch das Spratzen bewegten Stoffe nicht in einer charakteristischen Anordnung verharren, weil sie noch zu leicht beweglich waren. Das durchbrochene Magma schlich nach beendigtem Spratzen wieder zusammen und die abgekült zurücksinkenden Gase zerflossen in den glühenden Dunstkreis. Die Abkülung aber schritt vor. Die Gas-Sfäre wurde weniger mächtig und die leichter flüssigen Substanzen fielen der Erstarrung anheim. — Ein zähes Magma, umflutet von einer leichten Atmosfäre, liegt vor uns. Die Gasabscheidungen in der Tiefe brechen nicht mer so leicht wie ehedem hervor. Sie müssen sich schon zu grösseren Massen ansammeln, bis der zähe Teig zur Nachgibigkeit gezwungen wird. Daher die Grösse vieler Mondberge. Die Masse bläht sich träge, endlich platzt sie rund auf und die eingeschlossenen Gase faren stossweise nach Aussen.

Diesem Vorgange sind wol die Mondberge zuzuschreiben und demnach als Spratznäpfe zu bezeichnen. [1]) Die radiale Riefelung und Zerspaltung, welche gegen den Copernicus und andere Krater convergiren, sind einfach der ober-

---

[1]) Mädler: Astron. Briefe 1844—1846 III. p. 396, schreibt die Mondkrater der Ausscheidung von Gasen aus einer halberstarrten Masse zu. Die Steilheit dieser Gebilde erklärt sich, wie Dana treffend hervorhebt, aus der geringen Gravitation. Diese gestattet dem sich blähenden Magma erstarrend ser steile Formen anzunemen. Americ. j. 1846 II. p. 345.

flächliche Ausdruck der Aufblähung. Durch die Intumescenz wurden die umliegenden Partien zurückgedrängt. In Folge dieser Bewegung aber musste eben jene sternförmige Zerreissung und Runzelung der Oberfläche entstehen. [1])

Es erübrigt noch, den flachen Boden der Mondberge, die Terrassen-Bildung an den inneren Gehängen und die nicht seltenen kleineren Kegel und Krater innerhalb der grossen Spratzschalen mit unserer Auffassung in Einklang zu bringen.

Dana zeigt, dass das ruckweise Zurückziehen der Lava notwendig Terrassen erzeugen müsse. [2]) Wir schliessen uns dieser treffenden Erklärung an und verfolgen den Spratzvorgang zu Ende: Die Gase haben den Ausweg gefunden; die locale Spannung ist aufgehoben; die Ränder der aufgeplatzten Blase sinken nieder. Die aufgetriebenen Massen sintern langsam zusammen und der Spratzschlund wird hiedurch zu einer weiten und flachen, doch schroffrandigen Einsenkung der normalen Mond-Oberfläche umgewandelt.

---

[1]) J. Schmidt weist zuerst diese „Hügel-Radiation" nach. Nasmyth's scharfe Modelle geben uns eine Vorstellung über die Bedeutung dieser Radial-Runzeln. — Die lichten „umglänzten" Stellen, welche bald die centralen Teile der Mondberge einnemen, bald auch radial angeordnet sind, schreibt Mädler der Verglasung zu (Pop. Astron.); Zöllner fasst sie als Schneegebiete auf (Fotometr. Untersuchungen 1865 p. 277). Merlin (Nature 1873 Bd. 7 p. 221) deutet sie als Salz-Exhalationen. Ich möchte sie für Bleichungen infolge saurer Exhalationen aus Krater und Radial-Spalten halten. Diese Auffassung harmonirt mit Zöllner's Bestimmung der mittleren Albedo des Mondes (Fotometr. Unters. p. 275 f.), wonach die dunklen Flächen desselben dunkelgrau sind, also einem etwas basischen Gesteine angehören. Die färbenden Bestandteile solcher Felsarten (Magneteisen u. s. f.) werden durch saure Dämpfe gelöst, wodurch das Gestein an den angegriffenen Stellen aufgehellt wird.

[2]) Dana: Americ. j. 1846 Bd. II. 345. Nasmyth dagegen deutet die Terrassen als Folge von Bergstürzen. Nasmyth: The Moon 1874 p. 73 u. 111.

Tief unter dieser Mulde war der Sitz der Gas-Emanation Dort hinterblieben Hölungen. Dorthin streben die umliegenden und überlastenden Massen. Solche Rückzug-Erscheinungen haben wir bereits in I. 5 kennen gelernt, wo wir erwänten, dass die meisten Metalle „nachsacken", d. h. ein trichterförmiges Einsinken gegen die Spratzhölung erleiden. Diesem Niedersinken nun scheinen mir die Krater-Terrassen iren Ursprung zu verdanken.

Wenn der Rückzug etwas pausirt, kann das Magma, wo es dem Krater-Rande zunächst liegt, bis auf eine gewisse Entfernung erstarren. Wenn dann eine ausgiebigere Nachsenkung erfolgt, bleibt eine starre Ring-Terrasse am Kratergehäng als Zeichen, dass das Magma bis zu dieser Höhe ehedem anstand, eine Erscheinung, welche bekanntlich bei den irdischen Vulkanen aus änlichen Ursachen nicht selten eintritt. — Das Magma im Krater scheint sich in vielen Fällen nach beendigtem Rückzuge verflacht zu haben. Manchmal aber wurde es offenbar noch mermals durchbrochen von nachträglich ausgespratzten Gasen, welche in diesem Falle einen oder merere Spratzkegel auf der Rückzug-Oberfläche des Magma aufwarfen, eine Erscheinung, welche ich auch beim Stalgusse gelegentlich beobachtete. Man sehe Fig. 2 a, wo in der Nachsackung eines Gussstal-Stückes durch einen Gas-Nachschub ein Kegel aufgetrieben wurde. An dieser Stelle schaut aus der durchbrochenen Schlackendecke ein Metall-Kegelchen hervor. — Endlich kam es (allerdings selten) vor, dass Gase nicht zum Durchbruch gelangten, sondern nur örtliche Schwellungen bewirkten. Hieher ist zu rechnen Mersenius, Petavius u. a., welche J. Schmidt treffend mit dem Malpays am Jorullo vergleicht.[1]) Solche Anschwellungs-Buckel stellen den ersten Anlauf zur Bildung von Spratzschalen dar, in Starrheit gefesselte

[1]) J. Schmidt: Der Mond, p. 70, 71 u. Anm. 79 p. 148.

Blähungen. — Ungleich wichtiger noch, als diese örtlichen Erscheinungen, ist die Schwellung, welche eine ganze Hämisfäre des Mondes betroffen hat. Schon Kant vermutete, dass die Gestalt des Mondes, weil er der Erde immer dieselbe Seite zukere, auf dieser Seite abweichen müsse von der Form der abgekerten Hämisfäre. Hansen weist nach, dass der Schwerpunkt des Mondes von der Erde aus gerechnet 59 Kilometer hinter dem geometrischen Mittelpunkte liegt, und schreibt diess, wie mir scheint treffend, einseitig vorherrschenden Ausbruch-Vorgängen zu.[1]) Im Anschlusse an das vorhergehende kann man aussagen, dass der Mond uns einen aufgelockerten Buckel zukert, und die Erscheinung als hämisfärale Intumescenz bezeichnen. —

So beschaffen scheinen mir die Vorgänge, deren plastische Wirkung am Monde in starren Zügen sich erhalten hat bis auf unsere Tage. Selbstverständlich haben sich unzälige Spratzvorgänge auf dem betrachteten Weltkörper abgespielt. Die Gebilde, welche wir sehen, gehören aber nur der letzten Spratzepoche an, in welcher das Magma einen hohen Grad der Zähigkeit erlangt hatte. Diese Letztlinge sind es, welche uns Vermutungen gestatten über einige genetische Verhältnisse eines erstarrenden Weltkörpers. Sie haben uns berechtigt zu der Anschauung, dass die Processe, welche den Mond wärend des Erstarrens beherrschten, sich wesentlich unterscheiden von jenen Vorgängen, welchen die irdischen Vulkane ire Gestalt verdanken. Sie sind ferner auch negirende Zeugen. Die schroffe Gestalt derselben sagt uns nämlich, wie v. Cotta scharfsinnig bemerkt, dass auf dem Monde niemals jene meteorologischen Processe geherrscht haben, welche auf unserer Erde fort und fort nivellirend wirken.[2]) Wir können in diesen Ausspruch auch die übrigen

---

[1]) Hansen: Astr. soc. 1854 Bd. 15.

[2]) Cotta: Geolog. Fragen 1857—1858 p. 117.

condensirbaren Gase einschliessen und behaupten, dass wärend und nach der letzten Spratzepoche weder Wasser, noch Kolensäure oder andere condensirbare Gase als Schnee oder Regen gefallen sein können. Das Stadium der Erosion hat die scharfen Spratzformen des Mondes niemals berürt. Diess fürt notwendig zu dem Schlusse, dass es vorwiegend permanente Gase gewesen sein müssen, welche einst in dem Mond-Magma gefesselt waren, aber heute im starren, todten Mondkörper reabsorbirt sind. [1])

27. Kosmische Bedeutung der Reabsorption.

Der Mond hat sein Leben abgeschlossen. Andere Körper gehen dieser Vollendung erst entgegen. In einem solchen Uebergang-Stadium befindet sich derzeit unser Planet. Aus dem Innern desselben gelangen fort und fort auf dem Wege der Eruption Gase an die Oberfläche, wärend anderseits Liquida durch chemische Processe (auf deren Bedeutung Bischof und Trautschold [2]) treffend hinweisen), und durch Reabsorption in der Tiefe gefesselt werden. Delesse betont dieses Zusammenwirken von Hydrat-Bildung und Infiltration [3]) und neuerlich spricht sich Falb [4]) in demselben Sinn aus. — Immer spärlicher wird der erstere Process, immer mächtiger werden die letzteren. [5])

---

[1]) Mädler u. Schmidt beobachteten allerdings Veränderungen, welche auf derzeit noch sporadisch auftretende Ausbruch-Erscheinungen schliessen lassen.

[2]) Trautschold: Secul. Hebungen 1869 p. 30–33.

[3]) Delesse: Bul. soc. géol. 1862 Bd. 19 p. 89.

[4]) Falb: Teorie der Erdbeben 1869 p. 456 u. 490.

[5]) Breislak (Geologie 1819, deutsch von Strombeck, Bd. I. §. 36) glaubt, dass die Meere mit der Zeit in den Klüften der Erde versickern müssen. Trautschold: Secul. Hebungen 1869 p. 53, 61 äussert dieselbe Meinung. Pfaff: Geologie 1873 p. 213, spricht sich für eine Vermerung

Die Masse der Meere, welche uns so gewaltig erscheint, ist in Wirklichkeit verschwindend klein, wenn verglichen mit der Masse der festen Erde. Wie eine Steinkugel, die wir in Wasser getaucht, von einem Flüssigkeits-Häutchen überzogen ist, so etwa erscheint der Erdball vom Ocean umfeuchtet. — Die Menge der Flüssigkeit, welche das Erdmagma durchtränkt, dürfte wol derzeit bei weitem die Wassermenge sämmtlicher Meere übertreffen. So geringe Mengen können gewiss reabsorbirt werden, wenn einmal die Temperatur tief genug gesunken ist. Die Absorbirbarkeit der Atmosfäre braucht man gar nicht zu besprechen. Dieser feine Hauch, welcher sich um die Erdkugel schmiegt, würde ja bei einem genügenden Drucke eine nur 10 Meter mächtige Flüssigkeit-Schichte von dem spezifischen Gewichte des Wassers darstellen. Gewiss wird es diesen Flüssigkeiten ergehen, wie es einst der Atmosfäre des Mondes ergangen ist. Sie werden insgesammt in die Tiefe wandern. [1])

---

der Absorption infolge fortwärender Abkülung aus. Suess hingegen betont, dass die Vulkane grosse Mengen von Liquiden zu Tage fördern. Welcher der zwei Processe derzeit die Oberhand hat, muss wol eine offene Frage bleiben.

[1]) Nach Abschluss der Arbeit kam mir erst die meines Wissens wenig bekannte Arbeit Saemann's (Bul. soc. géol. 1861 p. 324, 325) zuhand. Dieser Autor wält zum Ausgangspunkte seiner Betrachtungen Bunsen und Kirchhoff's spectral-analytische Untersuchungen, welche in so schöner Weise die Einheit der Materie in unserem kosmischen Systeme zeigen. Saemann leitet hieraus die Berechtigung ab, Analogie-Schlüsse von der Erde auf andere Körper unseres Sonnen-Systemes zu ziehen und umgekert. Nach dieser Einleitung wird ein Vergleich zwischen Mond und Erde gezogen. Als auffallendster Unterschied erscheint der Mangel der Liquida auf ersterem Körper. Dürfte nicht, so fragt sich Saemann, dieser Unterschied einfach durch die verschiedenen Grössenverhältnisse bedingt sein? Der Mond kült unter übrigens gleichen Umständen wenigstens fünfzig Mal rascher ab als die Erde. Er hat wol eben, weil er der Erde im Abkülungs-Processe weit voraus ist, seine Liquida bereits

Noch befindet sich unser Ball im Stadium des organischen Lebens. Es ist aber nicht zweifelhaft, dass dieses wunderbare, teils bewusste, teils unbewusste Sein einmal seinem Ende entgegengehen muss. Der Process der Abkülung und des Erstarrens ist bekanntlich der eine Feind dieses Lebens, die andern Feinde aber sind chemische Verbindung und Reabsorption. Welcher von diesen Vorgängen eher zur tödlichen Herrschaft gelangen wird, bleibt unentschieden. Im einen Falle erstarrt, im andern verschmachtet das Leben. —

Bevor aber Leben auf Erden bestand, herrschte durch gewaltige Zeiträume bewegungsreiche Glut. Als diese Glut vergangen, blühte erst Leben auf. Es wärt lange Zeit in unserem Sinne, wenige Momente jedoch im Sinne der Kosmogenese. Denn schon stehen wir nahe der Bewegungslosigkeit. — Die Meere erstarren zu Eis. Meer und Eis und Luft wandern stetig in die sich külenden Tiefen. Dann wird es öd auf unserem erloschenen Sterne, und es herrscht nur mer jener grelle Wechsel von blendendem Tag und lichtarmer Nacht, von Sonnenbrand und Weltraum-Kälte, wie er heute am Monde spielt.

---

in sich gefesselt; die Erde geht dieser Fase entgegen. — S. macht darauf aufmerksam, dass die Masse der Meere verschwindet gegen jene des Gesteins und dass die bekannte Porosität des letzteren genügt, um noch ungleich bedeutendere Massen von Liquiden zu fesseln. — Uebereinstimmende Reflexionen gibt Meunier (Géol. comparée 1874 p. 293). Besonders beachtenswert scheint mir sein Vergleich zwischen der Oberfläche des Mars (dargestellt bei Proctor Sc. Review 1869) mit jener der Erde. Die Meere des Mars zeichnen sich durch schmalarmige Gestalt aus; die Meere der Erde werden, allmälig versickernd, änliche Formen annemen (wie sich aus den Tiefen-Messungen erschliessen lässt). Der Mars, so schliesst Meunier, befindet sich derzeit in einem vorgeschritteneren Stadium der Austrocknung, die Erde geht diesem Zustande erst entgegen.

Ist aber auch der in unserem Sinne so trostlose Tod Herr unserer Erde geworden, das Leben im All ist doch nicht erstorben. Ungezälte Sterne treten immer und immer wieder in jene Fase, in der wir heute leben. Das Selbstbewusstsein, durch welches die ewige Welt sich selbst schaut, erwacht an tausend Orten, wärend es an tausend anderen erlöscht. —

GEDANKENREIHE II.

Wir haben im ersten Teile dieser Arbeit gesehen, wie das Wallen und Zerstäuben der Laven zu der Anname fürt, das Magma sei von Gasen durchtränkt. In dem nun folgenden zweiten Teile soll zunächst betrachtet werden, wie diese Durchtränkung und andere Faktoren für den Vorgang und das Ende eines Ausbruches von entscheidender Bedeutung sind.

1. Wenig durchtränktes Magma fliesst ruhig aus, reichlich impregnirtes hingegen zerstäubt.

Die Eruptionen der meisten uns bekannten Vulkane liefern Ströme und zerstäubte Lava. Es kommt aber auch vor, dass gar kein Detritus gefördert wird. So felen im Gebiete des Vultur die dem compacten hauyn-fürenden Trachyte entsprechenden Tuffe. Scacchi schliesst hieraus, dass diese Laven ser wenig Gase enthielten.[1]) In gleicher Weise ist das Magma des Mauna-Loa und Kilauea wenig impregnirt. — Dana hebt hervor, dass alle uns bekannten Ausbrüche dieser Vulkane sich durch iren ruhigen Verlauf auszeichnen, und dass bei denselben die Wirkung des hydrostatischen

---

[1]) Palmieri e Scacchi: Regione volc. del Mt. Vultur. 1852 p. 104.

Druckes bedeutender sei, als die der hochgespannten Gase. [1]) Nur mächtige Lavaströme, keine Detritus-Schüsse würden gefördert. — So sprang im Jare 1852, nach Coan's Bericht, aus einer Radial-Spalte des Kilauea ein 300 Meter mächtiger und bis zu 200 Meter hoher Stral von Lava empor. [2]) Alle tumultuarischen Erscheinungen, welche für die Eruptionen anderer Vulkane so bezeichnend sind, felten. Der gewaltige, glühende Springquell versiegte allmälig und der Ausbruch war beendet. — In solchen Fällen wird das Gebiet des Ausbruches nicht durch einen Detritus-Kegel, sondern durch mächtige, widerstandfähige Stromanhäufungen gekennzeichnet. —

Ist es aber eine reichlich impregnirte Schliere, welche zur Förderung kommt, so erhalten Eruption und Vulkan einen ganz anderen Charakter. In diesem Falle zerstäubt das im Hauptgange herauf brausende Magma zu Detritus. Ein vergänglicher Schuttberg wird aufgehäuft oder der bereits vorhandene erhöht.

Dana benützt bekanntlich diess verschiedene Verhalten als Einteilungsgrund, und unterscheidet hienach zwischen Strom- und Detritus-Vulkanen. [3]) Diess dürfte wol die einzige rationelle Einteilung sein. Doch ist nicht zu vergessen, dass es nur wenige Vulkane der ersten Ordnung gibt, und dass auch diese iren Charakter ändern können, im Falle eine reichlich impregnirte Schliere zur Förderung kommt. Dann geht der Vulkan erster Ordnung selbstverständlich über in einen solchen zweiter Ordnung.

---

[1]) Dana: Americ. j. 1852 Bd. 14 p. 254. und Dana: Manual 1875 p. 713.

[2]) T. Coan: Americ. j. 1852 Bd. 14 p. 219—222, und Dana: Manual 1875 p. 713. Eine änliche Eruption desselben Vulkans (v. J. 1872) beschreibt Clarke: Times nov. 1873; Nature 1873 Bd. 7.

[3]) Dana: Manual 1875 p. 704 f.

2. Das Aufdunsen, Wallen und Spratzen des Magma. Der Jorullo.

Eine Schliere, wenn sie auch reichlich impregnirt ist, braucht nicht immer zu zerstäuben. Die Wirkung der entweichenden Gase kann beschränkt bleiben auf die Erscheinungen des Aufdunsens, Wallens und Spratzens.

Der Ausbruch des Jorullo, über welchen Humboldt berichtet, förderte einen stellenweise 150 Meter mächtigen Strom. — Humboldt bezeichnet die Masse bekanntlich als blasige Auftreibung. [1]) — Scrope deutet sie als Strom. [2]) — Die Oberfläche desselben war bedeckt von vielen kleinen Kegeln, welche aus lockerem Materiale bestanden. [3]) Quer durch den Strom war eine Reihe grösserer Kegel angeordnet. In dieser Richtung verläuft die Hauptspalte. — Jeder Kegel entspricht einer Spaltweitung.

Wir haben es in diesem berümten Falle offenbar mit einem reichlich durchtränkten Magma zu tun. Die Schlieren, welche im Momente des Ausbruches zerstoben, häuften ir Material unmittelbar über den Spaltweitungen in Form grösserer Schuttkegel an. Die etwas gasärmere Schliere aber breitete sich ringsum zu einem fladigen Strome, welcher durch Ausdenung der Gase in seinem Körper aufquoll. An zalreichen Stellen durchbrachen diese Gase die Oberfläche des zähen Teiges und warfen dort die vielbesprochenen kleinen Schuttkegel (Hornitos) auf.

Ob sich Humboldt den Vorgang in dieser Weise vorgestellt, bleibt unentschieden. Manchmal scheint es wirklich, als ob dieser grosse Forscher mit dem viel citirten und

---

[1]) Humboldt: Essai polit. etc. 1811 I. p. 251, Kosmos IV. p. 346.

[2]) Scrope: Volcanos 1825 p. 262, u. Q. j. geol. soc. 1859 p. 509.

[3]) Spätere Beobachter fanden dieselben bereits von den Atmosfärilien zerstört.

kritisirten Ausdrucke „blasige Auftreibung“ einfach das Aufquellen der Ströme durch sich ausdenende Gase bezeichnen wollte. An einer Stelle betont er, das Anschwellen der Lava inmitten des Kraters und das Emporschwellen vulkanischer Inseln aus dem Meere seien nicht zu verwechseln mit der Erhebung durch Aufschüttung. An einer anderen Stelle unterscheidet er scharf zwischen dem Ausbruche aus dem Krater und direkt aufquellender Kuppenbildung. [1]) — Diese Stellen sind es wol, welche Roth zu der Vermutung fürten, die Auftreibungs-Hypotese habe sich ursprünglich nur auf die Intumescenz bezogen. [2])

An anderen Stellen aber verschwimmt Humboldt der Begriff der Schwellung mit jenem der Injections-Hebung zu unklaren und unwaren Bildern und Anschauungen. Diese haben die bekannten Controversen veranlasst und die klare Auffassung Spallanzani's, Scrope's u. a. über die Entstehung der Vulkane durch Aufschüttung verdrängt. In diesem Verhandlung-Streite kerte jene alte, von Lazzaro Moro herrürende Verwechslung zwischen Aufschüttung, Aufblähen und Gebirgsbildung wieder. [3])

Heute ist der Streit wol geschlichtet. Man hat die Ausdrücke, mit welchen sich so viele verschiedene Meinungen verbanden, ausgeschieden und die einzelnen Erscheinungen sondern gelernt. Ueber das Aufschwellen des Ausbruchstoffes liegen insbesondere merere treffliche Beobachtungen vor. — So schildert Seebach, wie bei einem Ausbruche des Insel-Vulkanes Santorin die zähflüssige Lava im Meere emporquoll, und Reiss und Stübel beschreiben in änlicher Weise, wie die riesige, schollige, in der Tiefe glühende, bewegliche

---

[1]) Humboldt: Gebirgslagerung übs. 1823 p. 353.

[2]) Roth: Vesuv p. 149.

[3]) L. Moro wurde durch das Aufsteigen Santorins aus dem Meere zu der Hypotese gefürt, die Gebirge seien Auftreibungen durch Vulkane. Fischer: Gesch. d. Fysik 1801 IV. p. 364.

Gesteinmasse aufschwoll, gleich einem Schwamme.[1]) Schmidt mass den Betrag, um welchen sich die Auswurfmasse gehoben und zugleich in centrifugaler Richtung gedent hatte.[2]) Dass wir es auch in diesem Falle mit der Aufdunsung eines Lava-Ergusses zu tun haben, ist klar.

Der Strom des Jorullo war, wie angedeutet, bedeckt von zalreichen kleinen Schuttkegeln. Die Gase, von welchen er durchtränkt war, entwichen infolge der Druck-Erleichterung wärend des Ausbruches und bauten auf der ganzen Stromfläche Kegel von zerstäubter Lava. — Solche Gebilde sind offenbar irer Entstehung nach gleichbedeutend mit dem Hauptkrater sowol, als auch mit den kleinen, auf den Sternspalten aufsitzenden Kegeln. Alle drei Arten entstehen durch das Entweichen der entlasteten Gase. Nur dem Orte und der Grösse nach unterscheiden sie sich. Die Hornitos sitzen auf dem Strome, die Radial-Kegel auf der Sternspalte, der Hauptkrater aber fusst auf dem Hauptgange.

3. Spratz-Schlünde und -Kegel (eruptive Fumarolen).

Der äussern Erscheinung nach gehört auch eine vierte Kategorie von Kegeln hieher, jene nämlich, welche infolge des Erstarrung-Vorganges auf der Oberfläche des Stromes auftreten. — Dem Wesen nach aber sind letztere verschieden von den drei anderen Arten. Denn wir haben es hier nicht mit Zerstäubungs-Erscheinungen zu tun, welche in der Druck-Erleichterung iren Grund haben, sondern mit einem waren Spratzvorgange. Nicht der Entlastung, sondern der Erstarrung des Magma verdanken sie ire Entstehung.

---

[1]) Reiss u. Stübel: Santorin 1868 p. 195 u. Nachr. Ges. Göttingen 1868.

[2]) J. Schmidt: Vulk. Studien 1874 p. 128.

Auf solche Erscheinungen wird in neuerer Zeit merfach die Aufmerksamkeit gerichtet. So gibt Palmieri eine treffliche Beschreibung der Spratzvorgänge, welche auf dem Lavastrome des Vesuv 1872 zu beobachten waren. Schwarze Wolken und Lavateilchen wurden aus einem Schlunde in der erstarrenden Lava aufgestossen. Der Beobachter betont, dass diese Gasausströmungen, welche er als „eruptive Fumarolen“ bezeichnet, mit fortschreitender Erstarrung an jenen Stellen am längsten anhielten, wo die Lava die grösste Mächtigkeit besass. [1]) Diese Tatsache bedeutet, dass wir es mit einem Spratzvorgange zu tun haben, mit einer eben durch die Erstarrung bedingten Ausscheidung von Gasen.

Praktisch dürfte allerdings diese teoretische Unterscheidung zwischen Hornitos und Spratzkegeln undurchfürbar sein. — Zuerst entweichen aus dem Lavastrome Gase infolge der Druck-Erleichterung, später setzt sich die Ausscheidung fort infolge der eintretenden Erstarrung. Ort und Form der Erscheinung bleiben dieselben, nur die Ursache der Gasentwicklung ist eine andere geworden. —

Je nach der Beweglichkeit einer gas-durchtränkten erstarrenden Flüssigkeit und je nach der Menge und Spannung der aufgenommenen Gase werden die Sprätzlinge eine verschiedene Gestalt aufweisen. Spratzschlünde und aus Detritus aufgeschüttete Spratzkrater treten bei der Lava auf; Spratznäpfe beim Eisen und am Monde; steile und solide Knötchen und kanalisirte Aestchen auf dem Silber. —

Nicht allein die eben betrachteten Ausbruchvorgänge, sondern auch

---

[1]) Palmieri: Ausbruch des Vesuv 1872 übs. v. Rammelsberg. p. 19 f. u. p. 31.

4. Die Flüssigkeit der Lava hängt ab von deren Durchtränkung.

Seit alter Zeit schon wusste man, dass nicht bloss hohe Temperatur, sondern auch die Gegenwart gewisser Körper die Beweglichkeit anderer Massen befördern könne. — Unter diesen Gesichtspunkt fallen ser verschiedene Vorgänge, welche ehedem vielfach verwechselt wurden. Man sprach von Flussmitteln und dachte dabei an die Verflüssigung (Verschlackung) gewisser den Erzen beigemengter Gesteine. So verstand man es, den an sich unschmelzbaren Quarz durch Zusatz von Kalk und anderen Substanzen flüssig zu machen. Wir wissen, dass in diesem Falle nicht der Quarz als solcher flüssig wird, sondern dass ein leichtflüssiges Silicat entsteht. — Man verwies ferner auf die ungewönliche Beweglichkeit, welche den Salzen durch deren Lösung in Wasser erteilt werden kann. — Man dachte an die Erweichung des Lemes oder Harzes durch Zusatz von Wasser, bez. äterischem Oele u. s. f. — So wurden verschiedene, unter die Begriffe Wärmebewegung, chemische Verbindung, Lösung oder Impregnation fallende Tatsachen vorgebracht, um die merkwürdige Beweglichkeit der Laven zu erklären. Nur die wichtigen, einschlägigen Erscheinungen und Betrachtungen sollen hier erörtert werden.

Dolomieu wurde durch die Veränderung der in Laven eingeschlossenen Gegenstände [1]) aufmerksam, dass verschiedene Körper und auch die Gesteine, welche das vulkanische Feuer in Fluss bringt, durch dasselbe nicht so entartet werden, wie durch das Ofenfeuer. Er hebt hervor, dass die Flüssigkeit der Laven mit jener des Glases im Laboratorium nicht zu verwechseln sei. Wolle man die erstarrte Lava durch

---

[1]) Dolomieu: J. Mines Bd. 22.

unser Feuer in Fluss versetzen, so erhalte man einen Glasfluss, aber nicht jenes natürliche Magma, in welchem nicht einmal die leicht schmelzbaren Mineralien glasig seien.[1]) Das natürliche Magma, so schliesst der Forscher, befinde sich in einem Zustande von Lösung oder Ausdenung, welcher die Anname eines Flussmittels verlange (daselbst p. 10). Warum er dem Schwefel diese Rolle zuschreibt, wurde an einem anderen Orte gezeigt. Hier sei nur hinzugefügt, dass er das Erstarren der Lava der Verflüchtigung des Flussmittels beimisst.

Spallanzani, welcher von änlichen Betrachtungen wie Dolomieu ausgeht, hebt hervor, dass Glasbrocken, auf fliessende Lava geworfen, schon binnen wenigen Minuten teigig werden.[2]) Lavaschlacken, in einen tätigen Spratzschlund geworfen, zerfliessen nach Bottis fast alsogleich (daselbst IV. p. 17), wärend dieselben im gewönlichen Feuer des Schmelzofens nach Spallanzani's Versuchen eine halbe Stunde und länger zur Verflüssigung brauchen. — Die Lava ist keine Lösung, sondern ein heisser Teig, gemischt aus Krystallen und einer Flüssigkeit. — Das ist Spallanzani klar. — Ist nun die auffallende und anhaltende Beweglichkeit des Magma mer der Wärme oder vorwiegend der Beimischung verflüssigender Substanzen zuzuschreiben?

Spallanzani prüft Dolomieu's Hypotese. Dass der Schwefel nicht die Verflüssigung beschleunige, zeigt er durch eine Reihe von Versuchen (IV. p. 69). Auch bemerkt er: Wäre Dolomieu's Anschauung richtig, so müsste die Lava lebhaft glühen und zugleich brennen, wärend sie doch bekanntlich durch eine zwar matte, dafür aber merkwürdig lang anhaltende Glut sich auszeichnet (IV. p. 74 f.). — Er anerkennt die Möglichkeit, dass andere Stoffe die Beweg-

---

[1]) Dolomieu: Îles Ponces 1788 p. 8.

[2]) Principe Cassano cit. in Spallanzani: Viaggi IV. p. 14.

lichkeit der Lava modifiziren. Bald denkt er an den Sauerstoff (IV. p. 80), bald mit Faujas an Wasser (IV. p. 82).

Verhält er sich in Bezug der Anname eines bestimmten Flussmittels auffallend vorsichtig, so betont er desto bestimmter den bewegenden Einfluss der Hitze. Wieder geht er von der Beobachtung aus, dass die Laven in unserem Ofenfeuer nach einiger Zeit erst in einen Zustand von zäher Flüssigkeit übergefürt werden können, indess das natürliche Magma bei geringerer Glut eine grössere innere Beweglichkeit aufweise (IV. p. 53). Wolle man die Lava auf künstlichem Wege schnell verflüssigen, müsse man das Sauerstoff-Gebläse anwenden. In diesem Falle habe man durch einen hohen Hitzegrad in kurzer Zeit das erreicht, was die Natur durch eine geringere Temperatur in langer Zeit erst bewirke.

Er fürte nun eine Reihe von Versuchen in den Glasöfen von Pavia aus (IV. p. 60). Verschiedene Trachyte der Euganeen wurden in Schmelztiegel eingestellt. Sie zeigten nach ein bis zwei Wochen eine geringe Sinterung. Nach zwanzig Tagen war die Verglasungs-Kruste meist nicht dicker als zwei Linien. Nach fünfundvierzig Tagen prüfte er die Gesteine wieder und fand, dass die Umänderung allmälig gegen das Centrum vordringe. Nur bei wenigen Trachyten blieb der innerste Kern selbst nach neunzig Tagen noch steinig (IV. p. 45). Das Knallgas-Gebläse, fügt er hinzu, würde diese Umänderung gewiss in viel kürzerer Zeit bewirkt haben.

Diese Versuche bekräftigten Spallanzani in seiner Ansicht, eine kurz dauernde, aber hochgradige Erhitzung könne ersetzt werden durch eine lang wärende, aber geringergradige. Diess fürte în auf den Gedanken, die Flüssigkeit des Magma sei durch eine langwierige, mässige Durchhitzung bewirkt. Diese langsame Anhäufung von gelinder Hitze, welcher er zuschreibt, dass die Lava so lange heiss bleibt, verursache die Beweglichkeit des Magma, wärend sie ander-

seits nicht hoch genug sei, um eine Schmelzung der Krystalle zu bewirken (IV. p. 56).

In den Schriften jener Zeit keren änliche Reflexionen über die verschiedene Art und Wirkung der Hitze immer wieder. Die einen behaupten, die Hitze im Magma sei mächtiger, weil sie eine so bedeutende innere Beweglichkeit erteile; die anderen halten die künstliche Ofenglut für gewaltiger, weil sie die Gesteine stärker verglase. Man berücksichtigte in dem Streite eben nicht, dass Beweglichkeit und Verglasung wesentlich verschiedene Dinge sind, und dass nicht bloss die Hitze, sondern auch andere Momente hierauf bestimmend einwirken.

5. Sieg der Durchtränkungs-Lere.

Erst Menard und Scrope brachen der von Dolomieu begonnenen Ueberzeugung breitere Ban, dass nämlich die Beweglichkeit des Magma nicht bloss von der Temperatur, sondern auch von der Durchtränkung abhängt. Beide schreiben dem Wasser jene Rolle zu, welche Dolomieu dem Schwefel zuerkannt hatte.

Lange wurde die Lere von den Flussmitteln mit Misstrauen betrachtet. Der passive Widerstand war gross. Viele sträubten sich vor allem gegen die sonderbare Vorstellung der durchwässerten Glut, nicht weil sie Gegengründe vorbringen konnten, sondern weil inen die einschlägigen Anschauungen und Erfarungen felten. Ein solcher Widerstand war doch auch nicht ganz ungerechtfertigt. Die Geologie hatte schon gar zu viele küne Hypotesen zu Tage gebracht, welche sich nachträglich als nichtig erwiesen.

In der folgenden Zeit wurde durch Silliman und Dana [1]) dem Wasser krystallisirende Gewalt zugeschrieben

[1]) Silliman u. Dana: Americ. j. 1843 II. p. 113.

(s. II. 10). Die Gründe, welche diese Forscher vorbrachten und die experimentellen Beweise Daubrée's fürten diese Frage bald zum Abschlusse. Diess scheint die ins Stocken geratene Impregnations-Lere wieder belebt zu haben. Die individualisirende Gewalt des Wassers war bewiesen. Es lag nahe zu schliessen: Wenn die Impregnation mit Wasser die molekulare Umlagerung begünstigt, so dürfte sie wol überhaupt die innere Beweglichkeit (Flüssigkeit) des Magma befördern.

Dass Wasser im Magma enthalten sei, konnte jedermann aus den vulkanischen Fänomenen entnemen. Dass ein Teig um so beweglicher wird, je mer Liquida er enthält, war ebenso klar. Aber nicht diese alten, sondern die neuen Erfarungen über die umlagernde Gewalt des Wassers brachten die Impregnations-Lere zur Geltung. — Cagniard's Versuche über das Verhältniss der Gase unter hohem Druck und bei hoher Temperatur hatten in Staunen gesetzt. [1]) Daubrée's einschlägige Erfarungen aber gingen erst in Fleisch und Blut über. So klärten sich im Laufe der Zeit die Anschauungen. —

Zum Schlusse verweise ich noch auf eine Tatsache, welche die Bedeutung des Wassers für die Beweglichkeit darzutun scheint. Ich meine die Beschränkung der tätigen Vulkane auf wasserreiche Gebiete der Erd-Oberfläche. [2]) Schon bei Besprechung der Infiltration haben wir hervorgehoben, dass die Verteilung der Vulkane ganz unerklärlich sein würde, wenn man nicht zugeben wollte, das Magma werde durch Wasser wesentlich beeinflusst und erhalte dadurch neue Eigenschaften.

---

[1]) Cagniard fand, dass die zu den Versuchen verwendeten Glasrören vom Wasser stark angegriffen wurden. Berzelius betont diese lösende Gewalt glühenden Wassers, welches nach seiner Ansicht wol zum Aufschliessen von Silicaten verwendet werden könnte (Berz. Jarber. 1824).

[2]) Spallanzani: Viaggi III. p. 318.

Spallanzani spricht sich über die Rolle nicht aus, welche das Wasser in diesem Falle spielt. Nach dem Vorstehenden aber dürfte es klar sein, dass infiltrirtes Wasser dem Magma eine erhöhte Beweglichkeit erteile. Spalten bestehen gewiss an allen Orten der Erde. Aber nur dort, wo Wasser in bedeutender Menge infiltriren und vom Magma aufgenommen werden kann, ist im allgemeinen ein Ausbruch möglich. Denn die Durchtränkung erteilt dem Magma erst jene Beweglichkeit, welche das Aufdringen desselben bis zur Erd-Oberfläche trotz Wandreibung gestattet.

Ist diese Ueberlegung richtig, so ist die Beschränkung der Vulkane auf wasserreiche Gebiete der Erde ein geologischer Beleg für die Wirksamkeit der Spalten-Sickerung und ein Beweis dafür, dass derzeit das Magma mit Wasser nicht gesättigt ist.

6. Das Verhalten der Körper gegen verschiedene Bewegungsmittel ist ein spezifisch verschiedenes.

Es war, wie erwänt, Dolomieu und Spallanzani aufgefallen, dass Lavaglut ganz andere Wirkungen übt, als Ofenglut, mit anderen Worten, dass die Körper sich verschieden verhalten gegen feuchte und gegen trockene Hitze. Auffallend ist die geringe Veränderung vieler von Lava eingeschlossener Gegenstände (Dolomieu), wärend anderseits erstarrte Lava auf fliessende geworfen so schnell verflüssigt wird (Bottis). — Silvestri verdanken wir einen Parallel-Versuch, welcher diess verschiedene Verhalten trefflich beleuchtet. Er brachte Silberdrat in rasch fliessende Lava. Der Drat schmolz nicht. Nun brachte er einen erkalteten Scherben eben dieses Lavastromes in einen chemischen Ofen und legte auf denselben ein Stück Silber. Nach längerer Zeit bewarte die Lava noch ire alte Form; das Silber aber war geschmolzen;

es hatte sich den Höckern und Vertiefungen des Lavascherbens angeschmiegt. [1]) — Aus diesem Versuche geht wol klar hervor, wie verschieden Silber und Lava sich gegen unsere verschiedenen Bewegungsmittel verhalten. Wärend Lava durch trockene Hitze wenig beeinflusst wird, erlangt sie durch feuchte Hitze grosse Beweglichkeit. Silber hingegen wird durch feuchte Hitze, gegen welche das Magma so empfindlich ist, nicht bewegt, indess trockene Hitze, der gegenüber Lava unempfindlich ist, dessen vollständige Schmelzung bewirkt.

Wir gelangen zu einem allgemeineren Verständnisse dieser Verhältnisse, wenn wir die bewegende Gewalt der Wärme und der Impregnation gesondert betrachten.

Wir wissen, dass Eisen viel schnellere Wärmeschwingungen braucht, als Eis, um zu schmelzen. Wir wissen anderseits, dass man die Temperatur eines Stückes Eisen mit wenig Wärmezufur um einen Grad erhöhen kann, wärend ein gleiches Volumen Eis oder Wasser zu einer gleichen Temperatur-Steigerung viel mer Wärme verlangt. Es ist auch bekannt, dass verschiedene Körper, bis zum Schmelz-, bez. Siede-Punkt erwärmt, zur Verflüssigung, bez. Verflüchtigung verschiedene Wärmemengen bedürfen. Kurz, man kann mit gleichem Grad und gleicher Menge von Wärme in verschiedenen Körpern nicht den gleichen Erfolg erzielen. Verschiedene Körper brauchen zu einer bestimmten molekularen Aenderung erstens verschiedenen Wärmegrad, zweitens spezifisch verschiedene Wärmemenge.

In dem angefürten Vergleiche zwischen Lava und Silber sahen wir, dass Lava eine höhere Hitze (raschere Wärme-Bewegung) zur Schmelzung erfordert, als Silber. Dass aber nicht bloss höhere, sondern auch viel mer Wärme-Bewegung verlangt wird, um Lava zu schmelzen, ergibt sich aus zwei

---

[1]) Silvestri: Atti acad. Catania 1867 p. 150 f.

Tatsachen. Erstens muss man Lava ausserordentlich lang erhitzen, bis sie schmilzt, was bei Silber nicht der Fall ist. Zweitens ist das spezifische Gewicht der geschmolzenen (amorfen) Lava bedeutend geringer, als jenes der ungeschmolzenen. Eine solche Ausweitung der Molekular-Entfernungen verlangt aber offenbar viel Wärmeverbrauch.

Und nun betrachten wir den Einfluss des Bewegungs-Wassers. Seine Existenz im Magma ist anerkannt. Seine Bedeutung ergibt sich aus den Beobachtungen über die Beweglichkeit der Lava, aus der Verteilung der Vulkane und aus Daubrée's Versuchen.

Man würde sich nicht vorstellen können, wie Wasser in solcher Menge in das Magma komme und so energisch wirke, wenn nicht zwischen Wasser und Magma eine lebhafte Anziehung herrschte. Mit anderen Worten, wir werden zu der Anname gedrängt, das Magma besitze einen grossen Absorptions-, bez. Durchtränkungs-Coëfficienten [1]) für Wasser. Diese durch Absorption aufgenommenen, zwischengedrängten beweglichen Molekül-Gruppen verleihen dem Magma den hohen Grad von Beweglichkeit.

Nun können wir die einschlägigen Erfarungen Dolomieu's, Bottis' und Silvestri's in anderer, allgemeinerer Weise deuten: Das Magma braucht zu seiner vollständigen (amorfen) Verflüssigung im Ofenfeuer ungleich höhere und zugleich mer Wärme, als das Silber. In der Natur aber ist die Lava nur teilweise geschmolzen. Diese unvollkommene Verflüssigung wird nicht allein durch die Temperatur, sondern auch durch die Gegenwart von Liquiden bedingt. Die natürliche Lava ist bei verhältnissmässig niedriger Temperatur so leichtflüssig, weil sie einen bedeutenden Durchtränkungs-Coëfficienten für Liquida hat. Dem Silber hingegen kommt ein solcher

---

[1]) Ueber das Verschwimmen der Begriffe Absorption und Durchtränkung s. diese Arbeit I. 19.

Absorptions-Coëfficient für Liquida nicht zu; desshalb schmilzt es nicht auf der fliessenden Lava, welche ja mer durch starke Impregnation, als durch hohe Temperatur verflüssigt ist.

7. Unsere Schmelzpunkt-Bestimmungen sind unreine Werte.

Diese Betrachtung lässt sich dahin verallgemeinern, dass der Schmelzpunkt aller Körper abhängt von der hohen Temperatur sowol, als auch von der Impregnation mit jenen Liquiden, für welche der betreffende Körper einen bedeutenden Absorptions-Coëfficienten besitzt. — Wenn nun aber der Schmelzpunkt jedes Körpers herabgesetzt wird durch Zutritt von Gasen, welche er absorbirt, so ist es wol klar, dass alle unsere Schmelzpunkt-Bestimmungen mer minder zu niedrig gegriffen sein müssen. Wol bei allen Untersuchungen über die Verflüssigungs-Temperatur wurde ja der Luftzutritt ausser Acht gelassen. Dieser hat aber einen um so ausgiebigeren Einfluss auf die Erniedrigung des Schmelzpunktes, je grösser der Absorptions-Coëfficient des untersuchten Körpers für die Bestandteile der Atmosfäre ist.

Folgender einfacher Versuch veranschaulicht das Gesagte. Man setzt eine Versuchröre, in welcher ein mit Stearin getränktes Schwämmchen hängt, in ein Wasserbad von 40 bis 50 Grad. Diese Temperatur genügt nicht, um die Masse zu schmelzen. Nun leitet man Aeterdampf über und alsogleich rinnt das Stearin in grossen Tropfen ab. Die Temperatur wurde durch das Einleiten des 35 Grad warmen Aeterdampfes gewiss erniedrigt; an termische Einflüsse kann also nicht gedacht werden. Ferner ist es auch klar, dass die Temperatur in der Versuchröre über dem Siedepunkt des Aeters lag, also an eine Lösung durch den flüssigen Aeter nicht gedacht werden kann.

Man muss also annemen, Stearin habe für den Aeterdampf ein bedeutendes Fesselungs-Vermögen; die Gas-Moleküle dringen ein und erteilen dem starren Körper Bewegung. Das ist der Vorgang in diesem und in allen analogen Fällen.

Sowie das Stearin in der Aeter-Atmosfäre Erniedrigung des Schmelzpunktes aufweist, so wird auch Silber in einer Sauerstoff-Atmosfäre, Lava im Wasserdampf leichter und bei niedrerer Temperatur schmelzen, als im luftleeren Raume oder in einer Atmosfäre, gegen welche sich die Schmelze neutral verhält.

Nach Betrachtung von Wärme und Impregnation haben wir noch zu besprechen

8. Die Bedeutung des chemischen Bestandes für die Beweglichkeit des Magma.

Es ist bekannt, dass basische Silicate in unseren Oefen leichter schmelzen, als kieselsäure-reiche; dass letztere bei ser hoher Temperatur noch zähflüssig sind, wärend erstere hiebei einen hohen Grad von Beweglichkeit erlangen. Damit ist aber unsere Frage noch nicht beantwortet. Wir hüten uns wol, Erfarungen über die Wirkung trockener Hitze einfach zu übertragen auf das feucht durchwärmte Magma. Es könnte ja möglich sein, dass der Einfluss des chemischen Bestandes auf die Beweglichkeit in der Natur beschränkt oder verlöscht werde durch die verschieden bewegende Gewalt der Impregnation oder der Temperatur.

Wir müssen also, um eine verlässliche Antwort zu erhalten, nicht auf die Lötror-Proben der erstarrten Lava, sondern auf das Verhalten der fliessenden achten. Hierüber bekommen wir aber den besten Aufschluss durch Beobachtung der Stromformen. Erst diese berechtigen zu der

Behauptung, das natürliche basische Magma sei leichter flüssig, als das an Kieselsäure reiche.

Schon Humboldt machte aufmerksam, dass Trachyt und Fonolit in kuppiger Gestalt, Basalt aber meist in flachen, weit ausgedenten Decken auftrete.[1]) — Scrope wendet zur Erklärung dieser Tatsache nicht bloss die Erkenntniss an, dass die Durchtränkung grössere Flüssigkeit erteile, sondern er sucht bereits in dem Einflusse des spezifischen Gewichtes (und mithin des chemischen Bestandes) den Grund dieses verschiedenen Verhaltens. Der Eisengehalt des Basaltes bedingt nach seiner Ansicht vorzüglich dessen Leichtflüssigkeit und flache Stromform.[2]) — Der Trachyt hingegen trete in steilen Formen auf, weil er eisenarm, folglich schwerer flüssig sei.

Ich verweise auf die bekannten Beschreibungen und Abbildungen steiler, an Ort und Stelle aus Spalten aufgestiegener Trachyt-Knoten und -Kuppen in Scrope's Arbeiten[3]) und auf Hartung's „Azoren". Da sieht man die geringe horizontale Ausdenung der bis 100 Meter mächtigen Ströme. Sie sind kurz, schmal und wenig zerteilt, etwa nur zweimal gegabelt. Die steilen Flanken, die schroffe hohe Stromstirn sprechen es klar aus, wie zähe das Magma war. In seiner ganzen Ausdenung bewart der Trachyt-Strom den gedrungenen Charakter. Ein basischer Strom würde unter übrigens gleichen Verhältnissen sich weit und flach ausgebreitet und nur dort eine ansenliche Mächtigkeit erlangt haben, wo das Magma sich in einer Mulde sammelte.[4])

---

[1]) v. Humboldt cit. in Scrope: Volcanos 1825 p. 93.

[2]) Scrope: Volcanos 1825 p. 86.

[3]) Scrope: Volcanos 1825 p. 97 u. Scrope: Central France II. Aufl. 1858 p. 49. Vgl. auch Darwin: Reisen übs. v. Dieffenbach I. p. 10 u. Girard: Geol. Wanderungen 1855 p. 190.

[4]) Hartung: Azoren 1860 p. 208 u. Taf. 11.

Die Allgemeinheit dieser Gegensätze belert uns, dass Durchtränkungs- und Durchwärmungs-Unterschiede der Magmen nicht jene hohe Bedeutung für die innere Beweglichkeit haben können, wie der chemische Bestand. Wären die zwei genannten Momente von ebenso hoher Bedeutung, so müsste man stark impregnirte, heisse Trachyt-Ströme flach erstarrt finden, und umgekert müssten an Ort und Stelle steil aufsteigende Basalt-Kuppen und -Knoten vorkommen. —

Wir haben in dem vorhergehenden die Momente betrachtet, welche die Ausbruch-Erscheinungen und die Beweglichkeit des Magma beeinflussen. Hier soll die Bedeutung der Wärme, der Impregnation und des chemischen Bestandes für die Individualisirung des Magma untersucht werden. Diese Ausfürung schliesst sich wol am besten der historischen Entwicklung der einschlägigen Erkenntnisse an.

9. Bedeutung der Wärme für molekulare Umlagerung. Réaumur.

Als leitender Gedanke diene die bereits von Leibniz klar ausgesprochene Erkenntniss, dass die krystallinische Lagerung (bez. Umlagerung) immer eine innere Beweglichkeit des zu krystallisirenden Körpers voraussetzt. Es ist aber nicht genug, dass diese Bedingung erfüllt sei; sie muss auch ein gewisses Mass einhalten. Denn jedes unorganische Gebilde hat gleich jedem organischen Körper Grenzen seines Bestehens. — Aus einem weit über die Verdampfungs- oder Verflüssigungs-Temperatur erwärmten Körper können sich keine Krystalle abscheiden. Die innere Bewegung muss herabgestimmt werden, bis die Verdichtungs-, bez. Erstarrungs-Temperatur erreicht ist. Diese Temperatur ist als

Umlagerungs-Temperatur zu bezeichnen. Erst bei irem Eintritte können sich die Moleküle in jene Gleichgewicht-Lagen begeben, welche das Wesen der krystallinischen Lagerung bilden. In gleicher Weise können auch die Moleküle eines Körpers, welcher durch Zwischendrängung beweglicher Molekül-Massen flüssig erhalten wird, sich erst krystallinisch ausscheiden, wenn eine gewisse Menge des beweglichen Zwischenmittels (Lösungmittels) entfernt ist.

So gibt es denn ein Maximum der inneren Beweglichkeit, welches nicht überschritten werden darf, one die Krystallisation zu vereiteln. Anderseits besteht aber auch ein Minimum dieser innern Bewegung. Amorfe starre Körper können nicht krystallinisch werden, one dass inen eine gewisse Menge innerer Bewegung erteilt wird. Diess kann aber geschehen durch Wärme oder Zwischendrängung beweglicher Molekül-Massen.

Diese allgemeine Betrachtung über die Bedingungen der Krystallbildung erscheint zureichend, um die chronologisch vorzufürenden Erfarungen unter grössere Gesichtspunkte einzuordnen. — Als Ausgangspunkt diene uns eine gelegentliche Beobachtung über Entglasung. Neumann berichtet diessbezüglich, dass wärend des Eindampfens von Milch in einer Glas-Retorte der Boden des durch längere Zeit gebrauchten Gefässes das Ansehen von Porzellan bekam. Er schrieb diese Umwandlung der Einverleibung gewisser Bestandteile der Milch in die Glas-Substanz zu.[1]) Réaumur erhielt später denselben Umwandlungs-Körper, als er einen ganz merkwürdigen Gedanken verwirklichen wollte. Er besass nämlich viele Erfarungen über die Wirkung brennbarer Körper auf Eisen (Stälung) und warf nun die Frage auf,

---

[1]) Neumann cit. in Lewis: Zusammenhang der Künste übs. von Ziegler 1764 I. p. 372.

ob nicht vielleicht auch Glas durch änliche Processe neue, technisch wertvolle Eigenschaften erhalten könne?

Er bettete Glasstücke in Russ, gestossene Kole oder organische Substanzen und setzte die so umhüllten Versuch-Gegenstände einer lang anhaltenden Hitze aus. Nach beendigtem Processe fand er das Glas aussen geschwärzt, innen aber in schönes weisses Porzellan umgewandelt. — Er versuchte nun die Wirkung anderer Stoffe. Unter diesen erwies sich eine Mischung von Sand und Gyps als besonders zweckentsprechend. In Rotglüh-Hitze ging die Umwandlung nur langsam vor sich. Zwischen Rot- und Weiss-Glut aber wurde die vollständige Umsetzung der dicksten Flaschenböden binnen ein bis zwei Stunden bewerkstelligt.

Im ersten Stadium des Vorganges läuft das Glas bläulich an. Später ergreift diese Färbung die ganze Masse des Glases, wärend die Oberfläche desselben weiss und dem Email änlich wird. In dieser obersten Schicht unterscheidet man an beiden Flächen Fasern, welche senkrecht zu diesen Flächen stehen. [1]) — Endlich ist das ganze Glas in den fasrigen Zustand übergefürt. Die seidenglänzenden Fasern stossen von beiden Flächen aus in der Mitte des Glaskörpers (der Fensterscherbe, des Flaschenbodens z. B.) zusammen. Dort zeigt sich eine Sonderungs-Fläche. Bei fortdauernder Erhitzung verwandeln sich die äusseren Enden der Fasern in Körner und diese Textur schreitet centripetal vor, wie ehedem die fasrige Umwandlung. Endlich ist das ganze Faser- in Korn-Porzellan umgewandelt. Lässt man diesen Körper noch länger der Hitze ausgesetzt, so lockert sich der Zusammenhang und diese Lockerung kann bis zum Zerfallen des Porzellans in Grus gesteigert werden.

---

[1]) Réaumur: Hist. et mém. acad. Paris 1735 und in Schweigger: Journ. f. Chem. 1811 p. 21.

Zur Porzellan-Bildung besonders geeignet sind nach Réaumur die meisten gemeinen Gläser. Feine Gattungen, welche aus reiner Pottasche und Quarzpulver bereitet sind, widerstehen der Umwandlung hartnäckig. Ganz unwandelbar bleibt das Bleiglas.

10. Lewis, Watt, Benrath und Schott's Versuche und Erklärung.

Die Deutung, welche Réaumur diesem merkwürdigen Processe gibt, stimmt mit Neumann's Auffassung insofern überein, als beide glauben, eine Stoffaufname sei im Spiele. Réaumur parallelisirt diesen Vorgang ausdrücklich mit der Stälung des Eisens. — Lewis bemerkt dagegen treffend, dass die Stälung allerdings mit Gewicht-Zuname verbunden sei, also in einer Vermerung der Materie bestehe. Bei dem umgewandelten Glase aber sei eine solche nicht nachweisbar, also auch Réaumur's Hypotese nicht zu halten. [1]) Er vermutet, dass die lang anhaltende hohe Temperatur die Ursache der Umwandlung sei. Doch findet er, dass, sobald man die von Réaumur angewendete Einbettung weglässt, die Umwandlung äusserst träge vor sich geht (p. 412). Er versucht endlich eine Erklärung, welche sich auf die Beobachtung gründet, dass der Sand in der Nähe des umzuwandelnden Glases nach beendigtem Processe nicht selten verkittet erscheint. Diese Verkittung schreibt er der Sublimirung der im Glase enthaltenen Alkalien zu. Hiefür scheint îm auch zu sprechen die schliessliche Bildung von Kornporzellan. Das alkalische Klebemittel sei in diesem Falle aus dem Körper des Glases entwichen; desshalb zerfalle das Glas zu Körnern. Aber auch diese Hypotese wird durch ausgefürte

---

[1]) Lewis: übs. Ziegler I. p. 410.

Wägungen nicht unterstützt. Das Glas erleidet bei der Umwandlung in Porzellan keinen nachweislichen Gewichtverlust (p. 114). Desshalb verliess man in späterer Zeit diese Erklärungs-Versuche und kerte zu Lewis' zuerst geäusserter Vermutung zurück, die Krystallisation sei Folge der anhaltenden Durchwärmung. [1])

Watt fürte, um die Richtigkeit dieser auch von îm geteilten Ansicht zu prüfen, folgende Versuche im Grossen aus:

Er liess bedeutende Mengen flüssigen Glases bald schnell, bald langsam erkalten. Im ersten Falle konnten höchstens einige concretionäre Punkte in der Glasmasse nachgewiesen werden. Bei langsamer Külung aber traten darin grosse Gruppen concentrisch-straliger Concretionen auf. Als er eine dem Schmelzpunkte der Masse naheliegende Temperatur ser lange einwirken liess, wurde das Glas durch und durch in körnigen Stein verwandelt. [2])

Breislak berichtet übereinstimmend, dass die Rückstände in den Tiegeln der Glasfabriken bei langsamer Abkülung des Ofens krystallinische Gebilde ausscheiden. Zuerst entstehen nahe der Oberfläche, später im ganzen Körper des Glases Concretionen aus stralig angeordneten prismatischen Krystallen. [3]) — J. Hall liess geschmolzenen Basalt langsam abkülen; das Erstarrungs-Product war gut individualisirt. [4]) — Benrath endlich, welcher in neuester Zeit eine Reihe künstlicher und natürlicher Gläser in diesem Sinne untersuchte, bestätigt die Hypotese Dumas', dass die Entglasung nicht in einer Krystallisation der gesammten Glasmasse bestehe, sondern mit einer Zerfällung des Körpers verbunden

---

[1]) Die Gegenwart bewegender Liquida wurde übersehen.

[2]) Watt: Bibl. brit. Bd. 36. Andere Beispiele in Moll: Efemeriden d. Hüttenkunde 1805 I. p. 421.

[3]) Breislak: Geologie übs. v. Strombeck 1821 Bd. 3 p. 234. And. Fälle in Hausmann: Jb. Geol. 1818.

[4]) Hall: Bibl. brit. Bd. 14.

sei. Nach seinen Beobachtungen zeichnen sich die Ausscheidungen durch hohen Kieselsäure-Gehalt vor der Grundmasse aus.[1]) Hierin weicht Schott allerdings ab, welcher in seiner Untersuchungs-Reihe immer auffallend leicht lösliche Ausscheidungen (Kalk-Silicate) im Entglasungs-Producte antraf.[2])

Diese Erfarungen über das Verhalten der Silicate sind genügend. Wir brauchen uns nicht auszulassen über die alten Erfarungen, dass schnell gekültes Roheisen feinkörnig, langsam gekültes aber grossblättrig erstarrt;[3]) dass langgebrauchte Ofenroste gross-krystallinisch werden u. s. f. Der umlagernde Einfluss einer dem Erstarrungs-Punkte eines Körpers naheliegenden und längere Zeit anhaltenden Temperatur ergibt sich klar. Diese Temperatur begünstigt die krystallinische An- und Umlagerung in hohem Grade.

11. Bedeutung der Durchtränkung für krystallinische Umlagerung.

Aber nicht bloss diese Umlagerungs-Temperatur, sondern auch die Einverleibung beweglicher Molekül-Massen befördert die Krystallbildung wesentlich, wie Dana in Uebereinstimmung mit Silliman lert.[4]) Beide Forscher betonen, dass überhitztes Wasser ein intensives Lösungsmittel ist und dass hiedurch eben auch krystallinische Umlagerung bedingt werde. Dana verweist auf die Tatsache, dass die heissen Quellen ziemlich beträchtliche Mengen von Stoffen zu Tage bringen, welche gemeiniglich als unlöslich bezeichnet werden

---

[1]) Benrath: Ueber Entglasung 1871.

[2]) Schott: Ann. Fys. 1875 Bd. 155 p. 436 u. 439.

[3]) Breislak: Geologie übs. Strombeck III. p. 690 (Zusätze von Zinken).

[4]) Dana: Americ. j. 1843 II. p. 116 f.

und schreibt derartigen erhitzten Lösungen nicht allein die gute Individualisirung gewisser Ausbruch-Gesteine, sondern auch die krystallinische Umlagerung und die Bildung von Contact-Mineralien in der Nachbarschaft von Granit und anderen eruptiven Gebilden zu (daselbst p. 127, 128 u. 113). Daubrée's Versuche lassen über die Richtigkeit dieser Lere keinen Zweifel. Wenn wir sehen, wie Glas unter dem Einflusse überhitzten Wassers (bez. Wasserdampfes) von schönen Quarz- und Wollastonit-Krystallen durchsetzt, [1]) wie Obsidian durch die gleiche Einwirkung dem Trachyt änlich wird, so müssen wir wol zugestehen, dass das überhitzte Wasser ein gewaltiger „Mineralisator" ist [2]) und recht treffend als Bewegungs-Wasser charakterisirt wird.

Es liegt nun nahe, die kräftige Wirkung dieses Bewegungs-Mittels zu vergleichen mit jener der hohen Temperatur. Zu diesem Behufe überblicken wir nochmals die denkwürdigen Untersuchungen über Entglasung. — Da fällt uns vor allem Lewis' Beobachtung auf, dass die Hitze allein nur ser langsam eine Entglasung bewirkt, dass also die Einbettung des Glases in Kole oder in eine Mischung von Sand und Gyps offenbar eine selbständige und zwar ser wichtige Bedeutung für die Umlagerung haben müsse. [3]) — Dieser Einfluss der Einbettungs-Mittel liegt nach meiner Meinung in irem Gehalte an Liquiden. Die Kole, welche Réaumur anwendete, war gewiss nicht frisch ausgeglüht, also durchtränkt von Gasen, unter anderen von Wasserdampf. Die Mischung von Sand und Gyps gab aber noch reichlicher Wasser ab, indem der Gyps durch die hohe Temperatur

---

[1]) Daubrée: Progrès de la géologie experiment. 1867 p. 77, 89.

[2]) Daubrée: Bul. soc. géol. 1858 p. 97 f. u. Bul. soc. géol. 1861 p. 473, 484 f. über die metamorfosirende Gewalt des Wassers.

[3]) Die Tatsache, dass auch unsere langsam gekülten Gläser vollkommen glasig bleiben, warnt uns, der Umlagerungs-Temperatur allein eine übermässige Bedeutung zuzuschreiben.

zerlegt wurde. Also nicht allein die hohe Temperatur, sondern auch die anwesenden Liquida haben in diesen berümten Versuchen die Entglasung bewirkt.

Wir blicken nun auch auf Hall's vielbesprochene Umwandlung des Kalksteines in „Marmor", welche von diesem Experimentator dem Drucke zugeschrieben wird, mit anderen Augen: Die Substanz war nur lufttrocken, also immerhin mit nicht unbeträchtlichen Mengen von Wasserdampf impregnirt. Letzterer, sowie die hohe Temperatur mögen umlagernd gewirkt haben. Ausserdem trat auch eine teilweise Dissociation der Substanz ein. Vielleicht bedingte die entweichende Kolensäure jene Umlagerung in den noch nicht dissociirten Teilen. — Der Druck hatte wol wenig anderes zu tun, als das Entweichen des Gases zu hindern, und eine intensivere Durchtränkung der Substanz mit dem gefesselten Gase zu bewirken. Mag aber auch dem Drucke als solchem ein direkter Einfluss zuzuschreiben sein (s. II 23), seine Bedeutung wird durch Hall's Versuch nicht bewiesen.[1])

Durch diese Betrachtung sind wir zu einer klareren Einsicht in den gewaltigen Unterschied zwischen Magma und Glasfluss gelangt. — Die Lava ist durchtränkt von Liquiden; der Glasfluss unserer Oefen ist fast frei von denselben. Im einen Falle wird die innere Bewegung erzeugt durch feuchte Glut; im anderen nur durch trockene Flammenhitze. Dort eine durchgreifende Beweglichkeit, welche wol vereinbar ist mit dem bestehen anorganischer Individuen;

---

[1]) Das Verdienst Hutton's, Hall's und Playfair's (s. Playfair's Explication trad. franc. 1850 p. 80 f.) wird durch diese Ausfürung nicht geschmälert. Diese Forscher haben in der Tat durch ire Ueberlegungen und Versuche zuerst klar gestellt, dass die Hitze in der Tiefe wegen des herrschenden Druckes anders wirken müsse, als unter dem geringen Drucke, welcher an der Oberfläche der Erde herrscht. So gefasst (man denke an die mittelbare Wirkung des Druckes durch Rückhaltung der Liquida) haben Hutton und Hall's Betrachtungen noch heute iren Wert.

hier die amorfisirende (entstaltende) Gewalt der blossen Wärme.

Wir werden demnach aus den Eigenschaften des Glases im Flammenofen nicht schliessen dürfen auf die Beschaffenheit des Magma. Wir werden uns nicht wundern über die grosse Beweglichkeit der Lava trotz niederer, über die krystallinische Beschaffenheit derselben trotz hoher Temperatur. Wir nemen es als verständliche Tatsache hin, dass Silber in der fliessenden Lava nicht schmilzt, wärend im Ofen beide Körper ire Rollen tauschen. — Noch erübrigt zu erwänen

12. Die Bedeutung des chemischen Bestandes für die Krystall-Ausscheidung.

Ich begnüge mich hier darauf hinzuweisen, dass basische Gläser unter übrigens gleichen Verhältnissen krystallinischer erstarren, als kieselsäure-reiche. Das sagen die Hüttenschlacken und künstlichen Gläser eben so gut, wie die Eruptiv-Gesteine, unter welchen nur die kieselsäure-reichen einer vollkommenen Verglasung fähig sind. Unter den basischen Gesteinen gibt es zwar texturelle Aequivalente der Trachyte, aber keinen Obsidian und Bimsstein.

Dass aber nicht alle basischen Mischungen gleich leicht krystallisiren, braucht wol nicht hervorgehoben zu werden. Es genügt darauf hinzuweisen, dass Augit, Olivin und Wollastonit viel leichter und reichlicher in Schlacken sich ausscheiden, als basischer Feldspat, [1]) dass unsre an Kalk- und Alaunerde reichen Gläser und Schlacken leichter krystallinische Textur annemen, als Natron-Gläser, und dass Kali-

[1]) Vgl. C. Fuchs: Künstlich dargestellte Mineralien 1872.

Silicate und Blei-Gläser den individualisirenden Einflüssen weitaus am hartnäckigsten Trotz bieten.[1])

13. Eine Doppelwirkung der Durchtränkung.

Wir haben vordem gesehen, dass ein hoher Grad der Durchwässerung Zerstäubung des Magma zur Folge hat. Dann haben wir die Bedeutung des Wassers für die krystallinische Umlagerung kennen gelernt. Beide Wirkungen vereinen sich begreiflicher Weise in der Natur. — Eine im hohen Grade impregnirte Schliere wird nicht allein gut individualisirt sein, sondern auch leicht wärend des Ausbruches zerstäuben;[2]) oder umgekert: von zerstäubter Lava kann man erwarten, dass sie besonders gut individualisirt sei.

Hiefür finden wir Belege. Sartorius teilt die Beobachtung mit, dass der vulkanische Schutt eines Ausbruches nicht selten schönere Krystalle enthalte, als der begleitende Lavastrom.[3]) Diese Erscheinung findet im Anschlusse an das gesagte folgende Erklärung: Wärend des Ausbruches wurde ein Magma gefördert, welches schlierenweise verschieden impregnirt war. Ein Teil der Schlieren war reichlich impregnirt, und musste demzufolge gut individualisirt sein, aber auch aus demselben Grunde zerstäuben. Der andere Teil der Schlieren enthielt weniger Wasser und war infolge dessen weder zur Krystall-Ausscheidung, noch zur Zerstäubung geneigt. Er floss ruhig als Strom ab. Wir begnügen

---

[1]) Splitgerber cit. in Wagner: Technologie 1859 II. p. 326.

[2]) Dolomieu: Îles Ponces p. 346 bezeichnet den an schönen Augiten reichen Detritus der Monti Rossi (Etna) als durch Schwefeldampf zerstäubte Augitlava.

[3]) Sartorius v. Waltershausen: Gesteine v. Island u. Sicilien 1853 p. 328.

uns mit der Anführung dieses Falles. Die Erscheinung ist gemein und wird in der Literatur häufig erwänt.

Eine andere einschlägige Beobachtung teilt Dolomieu mit. Er findet, dass die aus den Abhängen des Kraters abfliessende Lava gewönlich viel compacter ist, als die vom Gipfel sich ergiessende.[1]) Diese Erscheinung dürfte darin iren Grund haben, dass die reichlich impregnirten Schlieren sich aufblähend, leicht bis zum Gipfel des Vulkanes aufschäumen, wärend die minder impregnirten nicht bis zu solcher Höhe schwellen können, sondern ruhig aus einer etwa bestehenden Radial-Spalte abfliessen. Weil sie aber wenig von dunsenden Liquiden durchtränkt sind, erstarren sie auch ärmer an Poren, also dichter.

Endlich sind hieher zu rechnen jene Ströme von glühendem Detritus, von welchen Cassiodorus, Monticelli u. a. berichten.[2]) Die Auswurfmassen waren in diesen Fällen offenbar so stark impregnirt, dass sie nicht als zusammenhängender Strom ausfliessen konnten, wärend die Durchtränkung doch nicht genügte, um vollständige Zerstäubung zu bewirken. Diese Verhältnisse, welche zugleich die Individualisirung des Magma begünstigten, bewirkten ein Zerbröseln. Nicht Detritus-Garben flogen auf, nicht ein zäher Strom floss aus, sondern glühende dampfende Krystallmassen wälzten sich den Berg hinab. — In so mannigfaltiger Weise wird einerseits die Erscheinung des Ausbruches, andererseits der texturelle Charakter und die tektonische Bedeutung der Produkte durch den Grad der Durchtränkung bestimmt. — Vom selben Momente hängt auch zum Teil ab das

---

[1]) Dolomieu: Îles Ponces p. 287.

[2]) Monticelli e Covelli: Fenomeni del Vesuvio 1823 p. 154 f.

14. Ende eines Ausbruchs.

Jeder Ausbruch würde durch Zeiträume fortdauern, von welchen wir uns keine Vorstellung machen können, wenn dessen äussere und innere Bedingungen ungeändert blieben. Unter dieser Voraussetzung könnte erst Ruhe eintreten, wenn das Erdinnere soweit von Gasen befreit wäre, dass der herrschende Druck genügte, um die Gas-Spannung in jedem Teile des Ganges zu hemmen. — Wir kennen auch wirklich Vulkane, welche seit langen Zeiten gleichmässig tätig sind (Stromboli, Bourbon). Diese Fälle aber, welche eine lange andauernde Gleichartigkeit des gefördeten Magma voraussetzen, sind selten. Gewönlich stockt die eruptive Tätigkeit, nachdem eine Reihe oft ser wechselvoller Steigerungen und Nachlässe der Ausbruch-Erscheinungen sich abgespielt. Diese Stockung kann begründet sein in einer Ortänderung der Hauptspalte, wodurch die Einheit von Gangweitungen unterbrochen oder doch örtlich so verengt wird, dass der Andrang eine Hemmung erleidet. In diesem Falle wird der Wärmeverlust der höheren Partien gar nicht oder nicht genügend ersetzt durch neuerlichen Nachschub. Es tritt Erstarrung ein.

Wäre diese Ursache des Abschlusses häufig, so müsste man oft Erdbeben constatiren, welche dem Ende eines Ausbruches vorhergehen. So oft aber auch der Beginn eines Ausbruches durch Erschütterungen (in Folge von Verrückungen) eingeleitet wird, so selten scheint der Abschluss mit Erdbeben zusammenzuhängen. Wir müssen also nach einer anderen Ursache suchen, und hiefür dient uns als Fingerzeig der so häufige und auffällige Wechsel der Erscheinungen wärend der Dauer eines Ausbruches. Diess, sowie die oftmalige Aenderung der geförderten Massen zeigt uns, wie das Magma schlierenweise ser verschieden

beschaffen sein muss. Diese wechselnde Beschaffenheit ist aber Ursache einer verschiedenen Beweglichkeit und hiemit hängt die Erledigung der vorliegenden Frage zusammen.

Wird durch die reichlichere Durchtränkung oder höhere Basicität einer Schliere eine erhöhte Beweglichkeit, mithin Ausbruch-Fähigkeit derselben bedingt, so ist anderseits die Förderung einer minder beweglichen Schliere Ursache der Verlangsamung und Beruhigung des Ausbruches. Eine ser zähe Schliere aber wird denselben möglicherweise ganz unterdrücken. — Diese Aufeinanderfolge immer ruhigerer Ausbruch-Fasen lässt sich in der Natur ser oft beobachten. Nachdem merere reich impregnirte und darum zerstäubende Schlieren in die Luft gejagt sind, kommt gewönlich eine weniger impregnirte zur Förderung, was sich in der Tatsache ausdrückt, dass die Detritus-Schüsse seltener werden, dann aufhören und zuletzt ein ruhiges Ausfliessen von Lava Platz greift, bis auch dieses ins Stocken kommt.

In solchem Falle ist es klar, dass die späteren Förderungs-Massen weniger durchtränkt, also auch schwerer beweglich waren, als die ersteren.

Dass in gleicher Weise die Förderung einer kieselsäure-reichen Schliere den Abschluss des Ausbruches bedingen kann, wurde angenommen. Folgender Fall scheint mir unter diesen Gesichtspunkt zu fallen. Buch berichtet, dass wärend eines bedeutenden Ausbruches des Vesuv die Asche einmal in nicht unbeträchtlicher Menge bis Neapel getragen worden sei. Die Bevölkerung aber habe hierüber nicht Schrecken, sondern Freude geäussert, weil die Asche nicht mer dunkel, sondern licht gewesen. Diess betrachten sie nämlich als einen Vorboten des Abschlusses einer Vesuv-Eruption.[1]) Ich erinnere an eine mitgeteilte Beobachtung,

---

[1]) v. Buch: Geognost. Beob. 1802 II. p. 114. Uebereinstimmend äussern sich Monticelli e Covelli: Fenomeni del Vesuvio 1823 p. 23.

welche zeigt, dass ein leuzit-reiches Magma schwerer beweglich ist, als ein augit-reiches.[1]) Wenden wir diese Erfarung im vorliegenden Falle an, so haben wir die Erklärung: Wenn eine leuzit-reichere Schliere zur Förderung kommt (deren Asche lichter wird), steht der Abschluss bevor, weil die leuzitische Schliere schwerbeweglich ist, mithin eine Stockung einleitet.

So also wird der Abschluss eines Ausbruches dadurch bedingt, dass eine schwerer bewegliche (entweder minder warme, weniger impregnirte, oder kieselsäure-reichere) Schliere in den Förderungs-Kanal oder in eine Verengung desselben eintritt, den Ausbruch verzögert und der Erstarrung freies Spiel lässt.

Eine nachfolgende Dislocation verändert vielleicht die betreffende Gangverengung, in welcher die träge Schliere steckt, so weit, dass der hemmende Lavapfropf wieder in Bewegung kommt. Die Bewegung pflanzt sich bis zur Obstructions-Masse des Kraters fort und ein neuer Ausbruch beginnt. Möglich auch, dass durch reichlichere Infiltration, welche wie eine Schmiere wirkt, eine neuerliche Bewegung eingeleitet wird. — Ebenso möglich ist es aber auch, dass solche Motoren allzu lange auf sich warten lassen und die Erstarrung für alle Zeiten das Tor sperrt. Ich erinnere an die bezügliche Tatsache, dass in Gebieten, in welchen nacheinander Gesteine von verschiedener Basicität zur Förderung kamen, ser häufig der an Kieselsäure reiche, mithin schwerbewegliche Trachyt als jüngstes (Abschluss-) Gebilde auftritt. Auch wage ich den Ballon d'Alsace in den Vogesen zur Unterstützung meiner Ansicht aufzufüren. Dieser Berg besteht nach Delesse im Centrum und auf seinem Gipfel aus Syenit-Granit, wärend man an dessen Flanken nur normalen Syenit und Diorit antrifft. Ich fasse den so geschilderten

---

[1]) Reyer: Euganeen 1877 p. 70.

Berg als einen Hauptgang auf und meine, dass die zuletzt geförderte (ziemlich kieselsäure-reiche) Schliere, welche im Centrum des Hauptganges steckt, infolge irer geringen Beweglichkeit das Erlöschen des vogesischen Vulkanes veranlasst habe.

In solchen Fällen treten dann am erloschenen Vulkane die bekannten Wandlungen ein: Das Rauchen des Berges wird immer spärlicher, die Vegetation ersteigt die gefarlosen Gehänge und übergrünt endlich den ganzen Krater. Auch die Fumarolen verschwinden und nur ein und die andere heisse Quelle gibt Auskunft über den örtlich noch bestehenden Zusammenhang mit der heissen Tiefe. Im Laufe der Zeit wird der mächtige Schuttkegel nivellirt und statt des öden steilen Gipfels liegt vor unseren Blicken liebliches, fruchtbares Hügelland. — Und diese glückliche Wendung der Dinge schreibt sich her von jener Zeit, da ein schwerbeweglicher Magma-Pfropf in eine Gangverengung trat und dieselbe dauernd sperrte. —

Nachdem wir nun die einzelnen Bedingungen betrachtet, von welchen die Eigenschaften des Magma abhängen, versuchen wir die Fragen zu beantworten: Woher stammt das Magma? Welche Veränderungen gehen in selbem zufolge des Ausbruches vor sich? — Antwort auf diese Fragen müssen wir offenbar auf Umwegen zu gewinnen suchen, da nur das zu Tag tretende Magma unserer Beobachtung zugänglich ist. — Dieses enthält, wie Dolomieu, Spallanzani, Scrope u. a. zeigen, schon fertige Krystalle. Oft findet man leicht schmelzbare Krystalle in schwer schmelzbaren eingeschlossen, wol auch zertrümmerte und durch Lavamasse wieder verkittete. Hieraus ist zu schliessen, dass dieselben bereits in der Tiefe fertig bestanden. — Die Flüssigkeit, in welcher die Krystalle eingebettet sind, ist eine concentrirte Lösung, aus welcher wärend des Ausbruches fortwärend Gase entbunden werden, die das Magma auf-

blähen, bez. zerstäuben. Eine von Lösung durchtränkte Krystallmasse ist also die zu Tag tretende Lava. — War sie das auch immer?

Hier stehen wir vor einem Gebiete der dunklen Vermutung und des Meinungkampfes.

15. Füren die Untersuchungen über Starrheit der Erde zu der Anname, die Vulkane seien Folge localer Processe?

Zwei Anschauungen, welche den Ursprung der Lava betreffen, stehen einander entgegen. Die einen betrachten die Auswurfgesteine als Teile des noch flüssigen (besser magmatischen) Erdinnern. Die anderen bezweifeln diess, weil die Erdkruste nachweislich schon eine bedeutende Mächtigkeit erlangt habe. Man vermöge desshalb nicht, sich vorzustellen, wie das Magma nach schmalen Spalten aus solcher Tiefe empordringen könne. — Nach dieser Auffassung kann der Bildungsherd des Magma kein genereller sein. Seicht gelegene Lava-Seen oder -Taschen und örtlich sich abspielende chemische oder termische Prozesse werden zur Erklärung herbeigezogen. — So schreibt Descartes die Ausbrüche der Reibung einstürzender Gesteinmassen zu,[1]) und Volger stellt die chemische Verbindung als Quelle der nötigen Wärme hin. Wie aufbrechende Geschwüre, so haben nach letzterem auch die Vulkane, welche er als ausgequetschte Faulberge bezeichnet, nur einen beschränkten Bildungsherd, worin die Gesteinmassen einen Zersetzungs-Prozess erleiden.[2]) — Mohr und Mallet denken an mächtige örtliche Wärme-Entwicklung infolge von Dislocations-Vorgängen in der Erdkruste. Diese Anschauungen

---

[1]) Descartes: (1644) ed. Cousin 1824 III. p. 411 f.

[2]) Volger: Erde und Ewigkeit 1857.

gewannen in letzter Zeit mer und mer Boden im selben Masse, als die Ausfürungen Hopkins und Thomson's, über die Starrheit der Erde Beachtung und Anerkennung fanden.

Hopkins wird durch Betrachtung der, als „Präcession und Nutation“ bezeichneten, Erscheinung zu seinen denkwürdigen Schlüssen gefürt. Wir skizziren seinen Gedankengang: Die Erde würde mit immer gleicher Axenneigung ire Ban durchwandern, wenn sie nicht polar abgeplattet, mit anderen Worten in der Region des Aequators angeschwollen wäre. An einem so gestalteten Körper greifen nun Sonne und Mond je nach den wechselnden räumlichen Beziehungen verschieden an. Die Folge dieser Einwirkungen ist, dass die Erdaxe Bewegungen ausfürt, wie solche an einem wankenden Kreisel beobachtet werden können. Diese vereinte Einwirkung beider Körper heisst „Präcession und Nutation“. Nun ist es klar, dass die dislocirenden Wirkungen von Sonne und Mond andere sein müssen, wenn die Erde ganz starr, andere wenn sie zum Teile flüssig ist. Im letzteren Falle nämlich würden die flüssigen Teile sich den ablenkenden Einflüssen entziehen (unter der Voraussetzung idealer Liquidität), wärend im ersten Falle die ganze Masse beeinflusst wird. Nun sind die beobachteten Ablenkungen so gross, dass man annemen muss, ein grosser Teil der Erde werde beeinflusst. Hieraus aber ergibt sich, dass eben auch ein grosser Teil der Erde starr sei. Die Rechnung verlangt eine Dicke der festen Kruste gleich dem fünften oder selbst vierten Teile des Radius.[1]) In solcher Weise schliesst Hopkins aus den Gravitations-Verhältnissen auf die innere Beschaffenheit unseres Planeten.

---

[1]) Hopkins: Phil. trans. London 1839 II., 1840 I., 1842 I. Entgegnungen von Henessey u. Bernard in: Phil. trans. Lond. Bd. 185 u. Q. j. geol. soc. 1875. Thomson u. Tait: Nat. phil. 1867 I. p. 689 betonen in irer Besprechung den Mangel direkter Beobachtungen über die Wellenbewegung in der festen Kruste.

Zu diesem Schlusse, welchem Thomson beipflichtet, [1]) kann man auch auf einem anderen Wege gelangen:

Ampère hatte den Gedanken ausgesprochen, das Erdinnere könne nicht flüssig sein, weil sonst unter dem Einflusse der Mondanziehung gewaltige Flutwellen an der festen Kruste zu beobachten sein müssten. Der Schluss war nicht richtig. Eine Flutwelle kann ganz wol bestehen, one von uns bemerkt zu werden: Da wir selbst die Bewegung mitmachen, ist uns die Möglichkeit entzogen, sie zu beobachten.[2]) Indirekt aber kann man Ampère's Ansicht prüfen. Thomson löste das Problem:

Er zeigte, dass die Mächtigkeit der oceanischen Flutwelle durch die Rechnung grösser gefunden wird, als sie in der Tat ist. Hieraus schliesst er, dass die Erde nicht ganz starr sein könne, sich vielmêr an der vom Monde erregten Bewegung beteilige. — Diess erklärt den Unterschied zwischen der Beobachtungs- und Berechnungs-Grösse der oceanischen Flutwelle. — Die Berechnung ergibt übrigens, dass die Flutwelle der starren Erdmasse nicht grösser ist, als wenn der ganze Körper Glas oder selbst Stal wäre.[3]) — Delaunay wendet sich gegen die erste Ausfürung:[4]) Hopkins hat einen starren Körper einerseits, eine ideale Flüssigkeit anderseits angenommen. Solch absolutes Liquidum aber gibt es nicht, sondern jedem uns bekannten Körper kommt ein gewisser Grad von Viscosität (Zähigkeit, innerer Reibung) zu, welcher unter dem gewaltigen, in der Tiefe der Erde herrschenden Drucke gewiss nicht unbedeutend sein wird. Eine solche zähe Masse aber muss offenbar auch an den langsam wirkenden Ablenkungen Teil nemen, welche die feste Schale durch

---

[1]) Thomson: Phil. trans. London 1863.

[2]) Belli cit. in Omboni: Elem. stor. nat. 1854.

[3]) Will. Thomson Proc. roy. soc. L. 1862—63 Bd. 12 p. 104.

[4]) Delaunay: Comptes rend. 1868.

den Einfluss von Sonne und Mond erfärt. Hiedurch aber wird Hopkins' Berechnung illusorisch.

Diese Einwendung scheint mir wol richtig, doch glaube ich nicht, dass durch dieselbe Hopkins' Ausfürung für uns iren Wert verliere. Man wird allerdings zugestehen müssen, dass die beobachteten Erscheinungen in zweierlei Weise gedeutet werden können: Entweder ist ein kleiner Kern absolut flüssig, oder — was mer Warscheinlichkeit für sich hat — der Kern ist grösser und viscos. Wir haben uns hier aber nicht für ein oder das andere zu entscheiden, sondern halten uns an das beiden Lösungen gemeinsame: die Erde im grossen Ganzen ist ser starr.

Diess Ergebniss nun ist es, welches den local-vulkanistischen Anschauungen die Herrschaft zu sichern scheint, wie oben angedeutet wurde; denn kaum dürfte diese Tatsache vereinbar sein mit der Anname, die Erde sei mit Ausname, einer verhältnissmässig unbedeutenden Kruste noch magmatisch. Hopkins Bunsen u. a., welche an die Starrheit des Kernes glauben, haben bekanntlich, um die alte Vulkan-Hypotese zu retten, wenigstens eine flüssige Zwischensfäre oder flüssige Bassins, zugegeben. Ob eine solche Anname nötig sei, ob man sich den local-vulkanischen Anschauungen anzuschliessen habe, soll hier untersucht werden. Wir wollen uns zu diesem Zwecke zunächst orientiren über den

16. Zusammenhang zwischen Aggregat-Zustand und Druck.

Seitdem die italienischen Akademiker, [1]) Huyghens, Biot [2]) u. a. durch das Gefrieren des Wassers Eisenkugeln, Kanonen und andere feste Gefässe zersprengt, war es bekannt,

[1]) Fischer: Geschichte der Fysik II. p. 213.

[2]) Biot: Hist. et mém. acad. Paris 1670.

dass man einen hohen Kältegrad anwenden muss, um diese Wirkung zu erzielen. — Man hätte nun folgern können: das Wasser dent sich beim Erstarren aus, erleidet hiebei also, wenn es eingeschlossen ist, einen Druck. Da nun unter solchen Verhältnissen das Wasser schwerer gefriert, als unter geringem Drucke, dürfte der hohe Druck die Ursache der Erniedrigung des Gefrierpunktes sein. — Diese Ableitung wurde aber nicht gefunden. Man glaubte vielmêr, als man den Einfluss des Druckes auf die Aggregation untersuchte, ein entgegengesetztes Verhalten der Körper annemen zu dürfen. In diesem Sinne spricht sich Poisson aus. Er meint sogar, eine Wassersäule, welche bis zum Mittelpunkte der Erde reiche, müsse in iren tiefen Teilen und bis zum Centrum starr sein.[1]) Anknüpfend behauptet er auch, die Erstarrung der Erde habe im Centrum begonnen.[2]) Hopkins spricht sich im gleichen Sinne aus.[3]) Gegen diese Hypotese wendet sich Angelot. Er meint, die Verfestigung der Flüssigkeiten durch Druck, welche durch keinen Versuch erwiesen sei, werde nur als warscheinlich angenommen, weil man an die analoge Verflüssigung der Gase durch Druck (Thilorier's Versuche) denke. Nun sei aber folgendes beachtenswert: Wasser und gewisse Metalle denen sich beim Erstarren aus. Wollte man von diesen Körpern behaupten, sie würden

---

[1]) Poisson: Théorie de la chaleur 1835 p. 429.

[2]) Der Gedankengang, welcher zu dieser Anschauung fürte, dürfte folgender sein: Die Teile der Körper nähern sich einander beim Erstarren; der Druck nähert die Teile; also begünstigt er auch die Verfestigung. Nicht zu verwechseln mit diesem Gedankengange ist Scrope's Ausfürung über die Starrheit des Magma in der Tiefe. Er denkt, bei Druckverminderung trete Verdampfung des gefesselten Wassers, mithin Desaggregation und Beweglichkeit des Magma ein (Volcanos 1825 p. 26), wärend Druckerhöhung Recondensation (Fixirung) des verdampften Wassers, mithin Reaggregation der auseinander getriebenen Krystallmasse zur Folge habe (daselbst p. 28).

[3]) Hopkins: Phil. trans. L. 1839 II. p. 381.

durch Druck verfestigt, so sage man damit offenbar: Es gibt Körper, welche durch eine genügende Volum-Verminderung gezwungen werden können, an Volum zuzunemen.[1]) Durch diesen scharfsinnigen Gedankengang fürt er Poisson's Anname, wenigstens partiell, ad absurdum und greift Thomson's[2]) diessbezüglichen Ableitungen vor.

Durch diesen Forscher und Bunsen wurde die eben betrachtete Streitfrage der Lösung zugefürt. Es stellt sich nach den Untersuchungen dieser Männer heraus, dass verschiedene Körper dem Drucke gegenüber eben ein entgegengesetztes Verhalten aufweisen.

Der Gefrierpunkt des Wassers muss, wie J. Thomson teoretisch ableitet, der Anname Poisson's entgegen, durch Druck herabgesetzt werden.[3]) Versuche beweisen diess.[4]) Mousson kerte das Experiment auch um und zeigte, dass Eis durch Druck (selbst bei — 18 Grad) verflüssigt werden kann.[5]) Die meisten Körper verhalten sich aber entgegengesetzt, indem deren Schmelzpunkt durch Druck hinaufgerückt wird.[6]) Diess verschiedene Verhalten der Substanzen gegen Druck hängt mit irem Benemen beim Erstarren zusammen. — Jene Körper, deren Teile sich beim Erstarren einander nähern, werden hierin durch Druck unterstützt,

---

[1]) Angelot: Bul. soc. géol. 1842 p. 377 u. 378.

[2]) Thomson: Phil. trans. Edinb. 1849 Bd. 14.

[3]) J. Thomson: Phil. trans. Edinb. 1849 Bd. 14.

[4]) Thomson: Proc. roy. soc. Edinb. 1850 u. Ann. Fys. 1850 Bd. 81 p. 163 f. S. auch Tyndal: Wärme 1875 p. 127 f. Die Erniedrigung des Schmelzpunktes betrug bei 8·1 Atm. 0·106 Grad, bei 16·8 Atm. 0·232 Grad. Die Teorie ergab die nahe liegenden Werte 0·109 und 0·227. Ich verweise auch auf Boussingault's Versuche in Comptes rend. 1871 Bd. 73 p. 77.

[5]) Mousson: Ann. Fys. 1858 Bd. 105 p. 161 u. 170.

[6]) Bunsen: Der Schmelzpunkt des Wallrat, bez. Paraffin wird für je 1 Atm. Druck um 0·02 Grad, bez. 0·04 Grad erhöht.

indem dieser die Annäherung begünstigt. Die Substanzen hingegen, deren Erstarren eine Entfernung der Teile voraussetzt, werden an der Verfestigung durch Druck gehindert, weil dieser eben die auflockernde Umlagerung der Teile hemmt. Der Druck hat auf die Körper der letzteren Kategorie einen verflüssigenden, auf Substanzen der ersteren aber einen starrmachenden Einfluss.

Diess sind die Erkenntnisse, welche die Grundlage unserer Untersuchung bilden. Wir brauchen jetzt nur klar zu stellen,

17. Ob die Bestandteile des Magma beim Erstarren sich zusammenziehen oder nicht?

Oft hat man das Verhalten der fliessenden Lava als Beweis aufgefürt, dass die Lava sich beim Erstarren ausdene. Die Lava fliesst nämlich in einem Schlackensacke. Sie wird rings umgeben von iren erstarrten Teilen, welche mithin auch die Oberfläche des Stromes bedecken. Dieser letztere Umstand aber hat Spallanzani bewogen, die Lavaströme zu vergleichen mit dem Eisgange der fliessenden Gewässer. Der Vergleich bürgerte sich in der Geologie ein und man gewönte sich daraus zu schliessen, die Lavaschollen seien eben spezifisch leichter als die Lava, geradeso, wie das Eis leichter ist, als Wasser; Wasser, wie Lava denten sich beim Erstarren aus.

Diese Ableitung ist wertlos aus folgenden Gründen: Erstens ist die erstarrte Lava durchsetzt von ausgeschiedenen Gasen; sie ist gedunsen. Ob nun ein so beschaffener Körper bloss desshalb auf den flüssigen Teilen schwimme, weil er gedunsen ist, oder ob auch eine Ausdenung infolge des Erstarrens mit im Spiele sei, das kann man offenbar aus dem Anblicke nicht erkennen. Zweitens ist die Parallele zwischen

Magma und Wasser unstatthaft, weil die Beweglichkeit beider Substanzen wesentlich verschieden ist. Aus dem Schwimmen des Eises auf dem leichtflüssigen Wasser kann man allerdings das grössere spezifische Gewicht des letzteren ableiten. Das Schwimmen einer Substanz auf einem zähen Teige aber kann nicht als Beweis für das grössere Eigengewicht des Teiges gelten. Die flüssige Lava ist so zäh, dass man nur mit grosser Anstrengung einen Stock in dieselbe einzutreiben vermag. Das wird schon von den ältesten Beobachtern (Spallanzani u. a.) betont und jeder Reisende, welcher aus einer in Fluss befindlichen Vesuv-Lava sich mit der üblichen Zange Lava-Medaillen prägen liess, wird es bestätigen können.

In einem so zähen Teige, welcher der Starrheit näher steht, als der Flüssigkeit, werden begreiflicher Weise die Erstarrung-Schollen nicht untersinken, auch wenn ir Volum-Gewicht etwas grösser wäre, als jenes des Magma. Als Silvestri bei dem Etna-Ausbruche 1865 auf dem noch sichtlich fliessenden Strome stand, waren die Erstarrung-Schollen dieses Magma gewiss nicht ser dick und doch wichen sie nicht unter seinen Füssen. [1]) Einem so beschaffenen Steinteige, auf welchem ebensogut, wie Lavaschollen, auch Panzerplatten schwimmen könnten, darf man gewiss nicht ein Verhalten zumuten, wie es vollkommen flüssigem zukommt.

Das ist der wunde Punkt des Vergleiches zwischen Wasser und fliessender Lava, zwischen Eis- und Lava-Schollen. Wäre das spezifische Gewicht der Teile wirklich von Bedeutung für die vorliegende Frage, so müssten offenbar die Bestandteile jedes Stromes sich nach irem Eigen-Gewichte entmischen. Die kieselsäure-reichen Mineralien müssten obenauf schwimmen, die basischen am Boden sich ansammeln. Das ist aber noch nicht beobachtet worden. —

---

[1]) Silvestri: Atti acad. Catania 1867 p. 146.

Das Schwimmen der Lavaschollen kann also aus den zwei angefürten Gründen nicht als Beweis vorgebracht werden für die vermeintliche Ausdenung der Lava beim Erstarren.

Mit besserem Grunde wird das Gegenteil, die Zusammenziehung der Lava beim Erstarren, behauptet. — Verschiedene Gesteine wurden in den von Bischof, Deville und Delesse ausgefürten Versuchen der Schmelzung unterworfen. Man fand, dass die Schmelze ein viel geringeres spezifisches Gewicht besitzt, als das natürliche Gestein. [1]) (Ich füge hinzu, dass die Abname des Volum-Gewichtes um so stärker hervortritt, je voller krystallinisch das Gestein und je glasiger die Schmelze ist.) Daraus wurde gefolgert, dass die Bildung der vulkanischen Gesteine aus dem geschmolzenen Magma von Contraction begleitet sei. [2]) Der Schluss ist ser einfach. Mir aber scheint doch die Gegenfrage des Bedenkens wert, ob das Magma auch in der Tiefe der Erde von jener

---

[1]) G. Bischof: Jb. Geol. 1841 p. 565 f. Ch. Deville: Comptes rend. 1845 I. p. 1453 f. Delesse: Bul. soc. géol. 1847 p. 1381 gibt auch eine tabellarische Uebersicht der bis dahin gefundenen Werte. Deville und Delesse's Resultate sind richtiger, als Bischofs Angaben.

[2]) Ich bemerke, dass diese Contraction üblicher Weise schlechtweg dem Uebergange in den starren Zustand zugeschrieben wird. Zwischen amorf und krystallinisch wird nicht unterschieden, was Verwirrung und Trugschlüsse zur Folge hat. So berichtet Mallet, dass flüssiges Glas erstarrend und bis zur normalen Luft-Temperatur abgekült, sich linear um 0·53 Procent, körperlich also um 1·6 Procent zusammenzieht (nach Waller's Messungen). Hieraus und aus seinen eigenen Beobachtungen über das Erstarren basischer Silicate schliesst Mallet, welcher Bischof's Versuch einer wol allzu herben Kritik unterwirft, das Magma ziehe sich beim Erstarren nur unbedeutend zusammen. Phil. trans. London 1873 Bd. 163 p. 200—205. Es ist klar, dass wir aus Waller's Beobachtungen nur lernen, dass glasig erstarrender Glasfluss sich wenig zusammenzieht. Dass auch Granitschmelze, als Granit erstarrend, sich wenig zusammenziehe, folgt weder aus Waller's Versuchen mit Glas, noch aus Mallet's Versuchen mit basischer Schlacke.

amorfen Liquidität beherrscht werde, wie in unserem Ofenfeuer? Der Vorwurf der Müssigkeit, welcher gegen diese Einwendung erhoben werden mag, wird abgeschwächt, sobald man daran denkt, dass mancher Körper zu verschiedenen Wechselverbänden seiner Moleküle hinneigt, und dass sich dieser verschiedene Charakter auch noch in den Lösungen erhält. (Ich erinnere an das Verhalten der Weinsäure.)

Die Hindeutung auf diess dunkle Gebiet mag genügen, um Zweifel gegen den versuchten Beweis zu erregen. Sicherlich ist aber diess Argument für die Contraction ungleich gewichtiger, als der oben erwähnte Beweis gegen dieselbe.

Ein anderes Argument für die Zusammenziehung ist das schon von Serao beschriebene Aufglühen des Magma beim Erstarren. [1]) Dieser Vorgang bedeutet, dass gewisse Molekül-Gruppen von der inen eigenen inneren Bewegung abgeben, indem sie in die starre Aggregation übergehen. [2]) Diess setzt aber notwendig eine Contraction voraus, denn die Wärme hält die Moleküle entfernt; der Verlust an innerer Bewegung nähert dieselben. Diess ist der zweite wichtige Beweisgrund für die Zusammenziehung.

Aber auch gegen diese Ausfürung gilt das oben geäusserte Bedenken, es könnte die molekulare Lagerung im oberflächlich ergossenen Magma eine andere sein, als in der

---

[1]) Serao: Incendio del Vesuvio nel anno 1737. Ausgabe von 1778 p. 118.

[2]) Scacchi weist nach, dass man nicht selten auf den Klüften und in den Poren der Laven (insbesondere in Bomben) dieselben Mineralien, aus denen das Gestein besteht, frei aufsitzend findet (Atti acad. Napoli Bd. 5 u. Z. geol. Ges. 1872 p. 493 f.). Es scheint mir, dass man hier nicht nur an Sublimation, sondern auch an Auskrystallisiren der übersättigten Silicatlösung, von welcher das Magma durchtränkt ist, zu denken hat. Diese Ausscheidungs-Processe, welchen gewiss ein grosser Teil der Grundmasse-Krystalle das Dasein verdankt, dürften wol Ursache des Aufglühens sein.

Tiefe. Dieses Bedenken wird aber entkräftet und die Warscheinlichkeit der Contraction verstärkt durch die Kenntniss, welche wir von den subaërilen Ausscheidungen im Magma besitzen. Die Mineralien, welche in der Lava erst in Folge des Erstarrens gebildet werden, sind (zum Teile wenigstens) geradeso beschaffen, wie jene, welche schon fertig gebildet im Magma heraufkommen. Das ist beachtenswert. — Bestünde in der Tiefe eine durchgreifend andere Welt von Beziehungen, so dürften wir erwarten, dass die Krystalle, welche von dorther kommen, ganz andere Wesen seien, als jene, welche am Tage gebildet werden. Da diess nicht der Fall ist, gewinnt die Anname der Analogie zwischen dem Magma der Tiefe und den Lavaströmen an Berechtigung, und wir können mit gutem Rechte behaupten, das Erstarren des Magma sei auch in der Tiefe mit Contraction verbunden.

18. Das Magma wird durch Druck verfestigt.

Besteht nun das Magma zum grössten Teile aus Substanzen, welche beim Erstarren sich zusammen ziehen, so muss der Druck auf dasselbe eine verfestigende Wirkung ausüben. — Allerdings wirkt die Temperatur-Zuname gegen die Tiefe der Verfestigung entgegen. Diese Gegenwirkung kann aber dem Effecte jenes Druckes nicht die Wage halten. — Die Wärme nimmt nämlich von Tiefenstufe zu Tiefenstufe immer weniger zu, wärend der Druck umgekert immer mer wächst, weil jede tiefere Schicht unter dem Drucke der überlastenden leidet, also dichter ist, als die hangende.

So muss denn die ausweitende Macht der Wärme an irgend einem Orte der Tiefe durch die annähernde Wirkung des Druckes besiegt werden, wie in einem analogen Falle gezeigt worden ist. Hieraus folgt, dass das Magma in einer bestimmten Tiefe trotz Temperatur-Zuname der Erstarrung

anheimfallen und von da an bis zum Centrum des Weltkörpers an Starrheit zunemen muss.

Diess gilt für die Silicate, also für die Hauptmenge des Magma. — Die Liquida, soferne sie zu den normalen Körpern gehören, verhalten sich in gleicher Weise; nur wird die Tiefe, in welcher die Erstarrung eintritt, eine ser bedeutende sein; um so grösser, je niedriger der Erstarrungs-Punkt der Substanz liegt. Die meisten mögen in mässiger Tiefe flüssig bleiben; in grösserer Tiefe nur mer die leichtflüssigen; im Centrum aber sind vielleicht selbst die leichtest flüssigen Stoffe starr. Wie sich die sogenannten permanenten Gase verhalten, ob sie in irgend einer Tiefe flüssig oder starr werden, bleibt eine offene Frage.

Im Gegensatze zu diesen Körpern wird das Erstarren des Wassers durch Druck nicht begünstigt. Diess darf uns aber nicht zu der Anname verleiten, das Wasser müsse in jeder Tiefe völlig flüssig sein. Wir müssen vielmêr wol annemen, dasselbe erlange, auf ein geringes Volum zusammengepresst, einen gewissen Grad von Zähigkeit.

Mit dieser Zergliederung der Frage in einzelne Teile sind wir aber noch nicht am Ende der Betrachtung angelangt. Wir müssen uns erinnern, dass das Magma nicht von reinen Liquiden, sondern von Lösungen durchtränkt ist. Wie verhalten sich diese gegen Druck? Wir stellen bezügliche Erfarungen zusammen: Als Perkins Essigsäure unter hohen Druck brachte, bemerkte er, dass sich eine Menge kleiner Krystalle ausschied. Die überstehende Flüssigkeit war schwacher Essig. Eine Emulsion von äterischem Oel in Alkohol verhielt sich entgegengesetzt. Mit zunemendem Drucke nam sie an Transparenz zu, bis endlich alle Oelkügelchen gelöst und die Flüssigkeit wasserklar wurde.[1])

---

[1]) Perkins: Ann. chim. phys. 1823 Bd. 23 p. 410.

Favre fand in einer Versuchreihe, dass die Löslichkeit keines der untersuchten Salze durch Druck verringert wurde. Eine gesättigte Lösung von Bittersalz, in welcher Krystalle desselben Stoffes lagen, löste bei hohem Drucke sogar nicht unbedeutende Mengen der inneliegenden Krystalle.[1]) Sorby, welcher nach Bunsen's Metode eine Reihe einschlägiger Versuche durchfürte, betont, dass notwendig die Löslichkeit aller Salze, welche bei Lösung Zusammenziehung aufweisen, durch Druck vermert wird.[2]) Nur der Salmiak dent sich bei der Lösung ausnamsweise aus[3]) und der Lösungs-Coëfficient dieses Salzes wird auch, wie vorauszusehen war, durch Druck vermindert. Alle übrigen untersuchten Salze aber zeigen Contraction und vermerte Löslichkeit bei vermertem Drucke. Hieraus folgt die uns hier interessirende Tatsache, dass auch der etwa nicht erstarrte Teil des Magma in der Tiefe sich durch eine, dem reichen Gehalte an gelösten Stoffen entsprechende Schwerflüssigkeit auszeichnen wird[4]) und unser gesammtes Ergebniss wäre demnach folgendes: Die Hauptmasse des Magma ist in der Tiefe verfestigt; die durchtränkenden Lösungen werden je tiefer, um so zähflüssiger. Mithin können wir behaupten, dass das ganze Magma mit zunemendem Drucke an Beweglichkeit verliert, sich also dem starren Zustande nähert. Wir gehen nun über zur Frage:

---

[1]) Favre: Comptes rend. 1860 Bd. 51 p. 1030.

[2]) Sorby: Proc. roy. soc. L. 1862–63 p. 340.

[3]) Michel und Krafft: Ann. chim. phys. (3) Bd. 41 p. 470. Schiff: Ann. Chemie Bd. 109 p. 325 u. Bd. 111 p. 329.

[4]) Hunt ist der gegenteiligen Ansicht, die Zuname des Lösungs-Coëfficienten müsse Verflüssigung in der Tiefe zur Folge haben. Ich glaube, dass der geistvolle Autor in seinem bezüglichen Gedankengange die Zuname der Viscosität nicht genügend berücksichtigt hat.

19. Ist das starre Magma ausbruchfähig?

Stellen wir uns vor, infolge der Flutwelle, welche der Mond erregt, oder infolge von Spannungs-Unterschieden entstünde ein Riss in der Erdkruste, der sich mer weniger tief ins Magma erstreckt:[1]) Was geschieht dann wol mit dem Magma? — Es ereignet sich damit dasselbe, was sich mit Paraffin zuträgt, sobald wir die Röre abbrechen, in welcher es unter hohem Drucke trotz hoher Temperatur starr erhalten wird. Die Druckerleichterung pflanzt sich rasch in die Tiefe fort und wird begleitet von Verflüssigung. Das Magma wird erweicht und ausbruchfähig.

Bestände es nur aus einer Substanz, so müsste es durch und durch verflüssigt werden. Es wird aber nur teilweise liquid, weil es aus mereren Silicaten von verschiedenem Schmelzpunkte zusammengesetzt ist. — Wir können uns die Erde nach den Regionen verschiedener Hitze in Schalen zertrennt denken. In der äussersten Schale ist der Druck gering und ganz bedeutunglos für die Aggregation, da onediess alle Silicate wegen der niederen Temperatur sich im starren Zustande befinden. Der Riss wird also keine wesentliche Aenderung in dem molekularen Verhalten dieses Gebietes bewirken. In tieferen Schalen ist die Steigerung der Temperatur bedeutungvoll; noch mächtiger aber die Zuname und Wirkung des Druckes. In Folge des Risses wird hier ein oder der andere Bestandteil, welcher leicht verflüssigbar ist, bei aufgehobenem Drucke in Bewegung geraten. In noch grösserer Tiefe wird die Verflüssigung auch die schwerer schmelzbaren Körper ergreifen u. s. f. Kurz, je tiefer und

---

[1]) Wir erinnern daran, dass die Tension der Gase im Magma nicht Ursache einer Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche sein kann (vgl. I. 22).

je heisser die entlastete Partie des Magma, desto gewaltiger muss die erweichende Wirkung des Risses sein.

Jede dieser in verschiedenem Grade erweichten Partien hat nun das natürliche Bestreben, gegen den Ort des geringsten Druckes in der Spalte emporzudringen. [1]) Die höheren Teile liegen dem Klaffe zunächst, sollten also zuerst zur Injection (bez. Eruption) kommen. Sie befinden sich aber nach der Berstung eben wegen irer seichten Lage in einem Zustande von so geringer Beweglichkeit, dass es ser warscheinlich ist, dass längst aus den tieferen, stärker verflüssigten Regionen Magma emporgequollen und in die Spalte eingedrungen sein werde, bevor die nächstliegenden zähen Teile eine entscheidende Bewegung ausfüren konnten.

Nach dieser Ableitung besteht also keine scharfe Grenze zwischen dem Ausbruch-Magma und der starren Kruste, sondern es füren Uebergänge von einem zur andern. Die Hauptspalte besteht, wie schon gesagt, auch in den Uebergangs-Gebieten, so dass also das verflüssigte Magma zuerst in einen Riss der plastischen Region eintritt, und später bei fortgesetzter Wanderung gegen die Erdoberfläche in das Gebiet der starren Kruste gelangt.

Druck und fortwärende Dunsung der obersten Teile des Magma treiben dasselbe in die Höhe, soweit es die Wandreibung erlaubt. Von dieser hängt es ab, ob das Magma nur injicirt oder ob es auch ejicirt wird. [2])

Mag ein oder das andere erzielt werden, die Endfolge dieser Bewegung ist neuerliches Erstarren des Magma in der Tiefe, denn die emporgedrungenen Massen drücken auf die

---

[1]) Durch diese Concurrenz verschiedener Schlieren wird ein wechselnder Charakter der Ausbruch-Erscheinungen bedingt (vgl. II. 12 13).

[2]) Das Letztere wird, wie wir anderorts ausgefürt, wesentlich erleichtert durch infiltrirendes Wasser, welches wie eine Schmiere das Gleiten der Teile begünstigt.

tiefer liegenden, erweichten Teile und dieser Druck stellt jene Starrheit wieder her, welche vor dem Risse geherrscht hatte. So setzt der Injections-, bez. Eruptions-Prozess der anfänglichen Erweichung Grenzen und gestattet nicht, dass die Verflüssigung mer als eine locale Bedeutung gewinne.

Ist diese Ausfürung richtig, harmonirt sie mit unseren fysikalischen Errungenschaften, so scheint mir das einzige wesentliche Bedenken gegen die herrschenden Anschauungen über den Ursprung der Eruption behoben. Die nachgewiesene Starrheit ist ser wol vereinbar mit den beobachteten Ausbruch-Erscheinungen. Die Erde ist tatsächlich in der Tiefe starr. Potenziell aber ist sie in ser geringer Tiefe (in viel geringerer, als gemeiniglich angenommen wird) schon magmatisch. In diesen Regionen spielen sich locale und vorübergehende Erweichungs-Prozesse ab, sobald durch Ruptur die Fesseln gelöst werden.

Scrope hat sich hierüber nicht ganz klar ausgedrückt. In der ersten Auflage seines berümten Werkes „on volcanos" denkt er an wechselvolle Erweichungen und Erstarrungen infolge von Temperatur- und Druck-Aenderungen. Doch stellt er sich vor, diese Gegensätze würden bedingt durch Verdampfung, bez. „Fixirung" des Wassers. In seiner zweiten Auflage (1862) bespricht er allerdings auch die Aenderung des Aggregat-Zustandes in unserem Sinne, begnügt sich jedoch im allgemeinen auszusagen, durch Wechsel des Druckes und der Temperatur würde Erweichung, bezüglich Erstarrung, mithin Wechsel der Ausbruch-Erscheinungen bedingt. Erst Fisher geht klar auf die Frage ein, indem er behauptet, Erweichung des Magma sei Voraussetzung jedes Ausbruches. [1])

---

[1]) Fisher meint, die zur Erweichung erforderliche Druckverminderung müsse dort eintreten, wo infolge der Gebirgsbildung eine Antiklinale sich aufstaue (Geol. mag. 1868 p. 494). Scrope ist dagegen der

Eine Gegenprobe wird die Richtigkeit dieser Anname unterstützen. Gesetzt, das Magma bestünde aus Körpern, deren Verfestigung durch Druck verzögert wird. — Wie müsste sich die Masse alsdann verhalten? — Geradeso wie Eis, welches einem bedeutenden Drucke ausgesetzt ist. Die Masse müsste selbst in relativ külen Regionen noch flüssig sein. Ein solches Verhalten lässt sich nun aber weder mit der Starrheit der Erde, noch mit den Ausbruch-Erscheinungen in Einklang bringen. Jede Druck-Erleichterung (infolge eines Risses) würde das Erstarren des entlasteten und überflüssigten Magma zur Folge haben. Die Spalte würde sogleich mit einem Erstarrungs-Pfropfe verlegt. Eine Eruption würde unter diesen Voraussetzungen unmöglich sein.

Rückschliessend dürfen wir demnach jeden Ausbruch als einen neuerlichen Beweis für die Richtigkeit unserer Ableitung betrachten. So kommen wir auf Umwegen wieder zu der Ueberzeugung, wie das Magma im wesentlichen aus Körpern besteht, welche durch Druck verfestigt, durch Entlastung aber verflüssigt werden. — Mit diesen Ausfürungen harmoniren gut die verschiedenen beobachteten Individualisirungs-Zustände im Magma und an dessen Grenzen.

Ansicht, Injection und Eruption seien an synklinale Faltung gebunden, weil bei dieser die entstehenden Spalten nach unten klaffen (Volcanos 1825 p. 33). Ich lege auf die Faltung kein Gewicht und halte die Gebirgsbildung für die vorliegende Frage nur insoferne für bedeutungsvoll, als sie Risse in der Erdkruste herbeifürt. Diese Spalten haben Entlastung, Erweichung, Injection und möglicher Weise Eruption zur Folge. —

Hieraus folgt nicht, dass Mallet's Hypotese unhaltbar, wol aber, dass sie nicht die einzige Lösung gewärt. Gewichtigere Einwendungen als auf diesem indirecten Wege findet man, wenn man die Prämissen Mallet's und seiner Vorgänger der Kritik unterzieht. Ich verweise auf Pfaff, Roth und Fisher's Besprechungen. Pfaff: Allg. Geol. 1873 p. 12, Roth: Z. geol. Ges. 1875 und Fisher: Geol. mag. 1875.

20. Auflockerung (Durchglasung) des Magma als Folge des Ausbruches.

Wir haben ehedem das Magma als einen von gesättigter Lösung durchtränkten Krystallbrei bezeichnet. Diese Erscheinung wird aber noch weiter complicirt durch die Tatsache, dass ein Teil der Krystalle der entstaltenden (amorfisirenden) Auflockerung und der Verflüssigung anheim fällt, sobald die Entlastung eintritt. Der Krystallbrei ist also nicht bloss durchtränkt, sondern auch durchglast. Die leichter schmelzbaren Bestandteile werden in Folge der Entlastung oft ganz glasig verflüssigt. Die schwerer schmelzbaren Krystalle aber erleiden nicht selten durch die Einbettung in diese Schmelze wenigstens eine oberflächliche Verglasung. — Auf diese Erscheinungen macht bereits Spallanzani aufmerksam. Er bezeichnet den Petrosilex und Pechstein als verglaste Abänderungen des Trachytes,[1]) und beobachtet, dass die Feldspate der besagten Auswurfgesteine oft eine glasige Rinde besitzen (daselbst I, p. 169).

In unseren Tagen ist die Häufigkeit dieser Erscheinungen zur Genüge dargetan.[2]) Ich beschränke mich an dieser Stelle auf den schönen Nachweis Haarmann's, dass in verschiedenen Melafyren die Entwicklung des Augites in umgekertem Verhältnisse zur Menge der Glas-Substanz steht.[3]) Gooch weist dieses Verhältniss der gegenseitigen Ausschliessung auch bei anderen augitischen Gesteinen nach.[4]) — Diess bedeutet uns, dass die Augit-Substanz wärend des Ausbruches leicht der Verglasung unterliegt. Desshalb findet sich in den

---

[1]) Spallanzani: Viaggi 1792 I. p. 276.

[2]) Zirkel: Petrografie 1866 II. p. 233, betont, dass die Sanidine im Obsidian meist durch angeschmolzene Ränder sich auszeichnen.

[3]) Haarmann: Unters. über Melafyre 1872.

[4]) Gooch: Mineral. Mitteil. 1876 p. 137.

Augit-Gesteinen umso weniger Augit, je durchglaster das Gestein ist.

Welche Deutung diesen Erscheinungen ehedem gegeben wurde, ersehen wir aus dem folgenden. — Scrope spricht es zuerst aus, die Verglasung sei Folge des Ausbruches. Das Wasser, mit welchem das Magma durchtränkt ist, entweiche bei dieser Gelegenheit, und das sei der Grund der Verglasung.[1]) — Anschliessend schreiben Boué, Daubeny,[2]) Girard[3]) u. a. den Unterschied zwischen „Basalt und Lava" der über-, bez. unterseeischen Erstarrung des basischen Magma, der grösseren oder geringeren Anglasung des Feldspates zu. Wir sind heute nicht mer gewont, mit dem Namen Lava den angedeuteten Begriff zu verbinden. Ersetzen wir aber die angefürten Ausdrücke durch die zeitgemässen „unter- und überseeisch erstarrter Basalt", so verstehen wir die Unterscheidung leicht. Es liegt derselben offenbar Scrope's Anschauung zu Grunde, das Entweichen des Wassers bei Ausbrüchen in freier Luft habe Verglasung zur Folge.

Diese Deutung der beobachteten Erscheinungen wird in unseren Tagen von vielen Geologen geteilt.[4]) Doch scheint sie mir einer Modification zu bedürfen. — Richtig ist es allerdings, dass die Gegenwart von Flüssigkeiten individualisirend wirkt. Hieraus aber darf nicht rückgefolgert werden, die Entfernung der Liquida wirke entstaltend. Wenn das Magma in der Tiefe einmal individualisirt ist, haben die Flüssigkeiten ire Aufgabe getan und sind unnötig geworden. Wenn ein durchtränktes Glas zu einem Haufwerke von Feldspat und Augit gestaltet ist, mag das Magma sich abkülen und entwässert werden, one dass dadurch die krystalli-

---

1) Scrope: Volcanos 1825 p. 97.

2) Daubeny: Descript. of volcanos 1826 p. 448.

3) Girard: Geol. Wanderungen p. 149.

4) Sorby: Q. j. geol. soc. 1858. C. Fuchs: Vulk. Erscheinungen p. 178. Stoppani: Geologia 1871—73 III. p. 165—174.

nische Textur Schaden litte. Nicht die Wasser-Entziehung kann also die erste Ursache der Entstaltung sein. Diese wird vielmêr eingeleitet durch die Entlastung. Erst wenn diese gewirkt, wenn eine Auflockerung eingetreten, gewinnen die Flüssigkeiten des Magma als Bewegungs-Mittel Bedeutung. Denn one ire Hilfe kann das Magma kaum mer in den krystallinischen Zustand zurückkeren. Erstarrt der Brei in genügender Tiefe, so wird bei der nötigen Drucksteigerung
22 ? (s. II. 20) bez. Wärme-Entziehung annähernd der alte Zustand wieder hergestellt, weil die Liquida nicht entweichen, daher ire umlagernde Hilfe nicht verweigern können.[1]) Ist das erweichte Magma aber in die Höhe gedrungen, so muss es notwendig den Habitus einer Luftschmelze annemen, d. i. partiell und zwar insbesondere in den periferischen Teilen glasig erstarren,[2]) weil es eben wärend und infolge des Ausbruches viel von seinen Bewegungs-Mitteln eingebüsst hat. So ist denn das Entweichen des Wassers nicht die erste, sondern nur die entfernte Ursache der Verglasung. Das Magma wird erweicht und durchglast infolge der Entlastung; es bleibt durchglast, wenn und weil es wärend des Erstarrens seine Bewegungs-Mittel einbüsste.

---

[1]) Eine bemerkenswerte Tatsache ist es, dass man in Granit-Strömen noch niemals Pechstein-Schlieren nachgewiesen. Es ist wol kaum zweifelhaft, dass auch ser wasserarme Schlieren im Erdmagma vorkommen. Warum finden wir aber doch keine Glasschlieren im Granit? Die Antwort ist vielleicht in einem Hinweis auf die gestaltende Macht des Druckes zu suchen. Es gehört eben nicht immer viel Bewegungs-Wasser zur Individualisirung. Mächtiger Druck (und langsames Erstarren) begünstigen eben auch die Krystallisation. Desshalb finden wir wol in den Granit-Strömen kein Glas. — (Die wechselvollen Verhältnisse in Gängen gestatten allerdings nahe Coëxistenz von Granit und Glas.)

[2]) Fritsch u. Reiss: Teneriffa p. 406 cit. in Stoppani: Geologia 1873 III. p. 174 berichten, dass die Oberfläche der meisten Trachyt-Ströme auf Teneriffa obsidianisch erstarrt sei.

21. Contact.

Die partielle Verglasung, welche infolge der Entlastung eintritt und erhalten bleibt, so weit sie nicht durch die Impregnation bekämpft wird, muss offenbar am auffälligsten sich zeigen an den natürlichen Grenzflächen der Injections-, bez. Ausbruch-Massen. Dort werden die Bewegungs-Mittel am reichlichsten und vollständigsten sich entfesseln. Unter Umständen können aber diese Grenzgebiete auch eine auffallend reiche Krystallisation aufweisen. Diese Erscheinungen und die Einwirkung des Magma auf benachbarte Gesteine sollen hier besprochen werden, soweit der Plan der Arbeit es verlangt.

Seitdem Macculloch, Daubeny, Keilhau, Kjerulf u. a. die glasigen Contact-Gebilde der Basalte und die krystallinischen Salbänder der granitischen Gesteine studirt, warf sich der beschreibende Dilettantismus mit so hartnäckiger Weitläufigkeit auf dieses Gebiet, dass die einschlägige Literatur bald unbewältigbar wurde. Erst die neuere Zeit konnte diesem Treiben Schranken setzen. Dieser verdanken wir eine Reihe anregender Tatsachen und Gedanken. — Dana begründete die Lere von der individualisirenden Gewalt des Wassers und legte dar, dass offenbar die Lösungen, von welchen das Magma durchtränkt war, in den Nachbar-Gesteinen die oft beobachtete Bildung krystallinischer Silicate bedinge. [1]) Delesse betonte den Zusammenhang zwischen der Textur des Ausbruchgesteines und einem bestimmten Wesen der Contact-Gebilde. Je besser individualisirt ein Magma, desto schöner krystallisirt seien auch gewönlich die Gesteine, an die es stösst. [2]) Manche Laven üben verglasenden (daselbst

---

[1]) Dana: Rap. geol. survey 1836 p. 161.

[2]) Delesse: Ann. mines 1857 p. 707, 738, 758.

p. 115, 198, 465, 471), andere krystallisirenden Einfluss (p. 212, 228). Im letzteren Falle war das Magma, nach der Ansicht dieses Forschers, gewiss reichlich mit Wasser geschwängert (p. 118). Endlich betont derselbe Autor die gegenseitig umstaltende Beeinflussung zwischen Ausbruch- und Wand-Gestein. — Bunsen zeigt, dass bei krystallinischen Contact-Metamorfosen nicht selten gar kein Stoffwechsel, sondern nur eine molekulare Umlagerung Platz gegriffen. — Naumann [1]) macht aufmerksam, dass auffallend reichliche Neubildungen im Contacte mit basischem Magma auftreten. Pröls endlich erinnert an jene Fälle, in welchen ausnamsweise die Salbänder injicirter Massen reichlicher krystallinisch sind, als die Hauptmasse des Eruptiv-Gesteines, und verweist darauf, dass in solchen Fällen unmöglich an den krystallisirenden Einfluss der langsamen Erstarrung, sondern nur an die gestaltende Macht der Durchtränkung gedacht werden könne. [2])

Wir fassen diese Tatsachen, von denen noch merere angefürt werden könnten, und die daran geknüpften Betrachtungen im Anschluss an die vorhergehenden Ausfürungen im folgenden zusammen.

Das durch Entlastung erweichte Magma kommt zur Injection, bez. Eruption. Erstarrt es nun unter einem Drucke, welcher die Flüssigkeiten zurückhält, so werden die erweichten Teile unter dem Einflusse der Bewegungs-Mittel sich krystallinisch lagern. In diesem Falle wird das Nachbargestein durchwärmt und durchtränkt von jenen Silicat-Lösungen, welche überschüssig im Magma enthalten sind, dadurch aber zugleich krystallinisch umgestaltet. Ist das Magma hingegen bis in Regionen emporgedrungen, in welchen der Druck nicht mer genügt, die Liquida zurückzuhalten, so wird das-

---

[1]) Naumann: Geologie 1850 I. p. 794.

[2]) Pröls: Jb. Geologie 1869 p. 279.

selbe teilweise durchglast erstarren; am stärksten natürlich an den Grenzflächen, weil dort die Bewegungsmittel am ungehindertsten entweichen können. Wesentlich wird dieser Vorgang ändernd beeinflusst dort, wo die Lava mit dem durchbrochenen Wandgestein in Berürung steht. War dieses vor dem Ausbruche arm an Gebirg-Feuchtigkeit, so hat es in sich selbst keinen Schutz gegen die frittende Hitze der Lava. In diesem Falle also wird das Magma nicht allein selbst durchglast erstarren, sondern auch frittend, bez. verglasend auf das Wandgestein wirken. War die durchbrochene Gebirgsart aber vor der Injection, bez. Eruption reichlich durchfeuchtet, so ist sie ser wol geeignet, durch die Hitze der Lava eine krystallinische Umlagerung zu erfaren. Ja, in einiger Tiefe und bei geringer Durchtränkung kann sogar die Verglasung des Magma durch die reichliche Feuchtigkeit der Wand bis auf eine gewisse Strecke behoben werden. Dann haben wir den Fall, dass die äussersten Teile der Lavagänge voller krystallinisch erstarren, als die inneren derselben. — Naumann's Beobachtung endlich gestattet uns den Schluss, dass die Flüssigkeiten im basischen Magma im allgemeinen reichlicher mit Silicaten gesättigt sind, als die Liquida der Magmata, welche reicher an Kieselsäure sind; dass also der Lösung-Coëfficient des Wassers für basische Silicate grösser ist, als für kieselsäure-reiche.

22. Gestaltende Macht des Druckes.

Bisher haben wir gesehen, dass der Druck einen erstarrenden Einfluss hat und die entfernte Ursache der Krystallisation sein kann, soferne er alles flüssige im Magma zurückhält. Ueber seine unmittelbar individualisirende Wirkung wurde aber nichts ausgesagt. — Dass in Hall's berümtem Versuche der Druck warscheinlich nur mittelbar die

Krystallisation herbeifürte, wurde oben gezeigt (II. 11). — Für die unmittelbare Bedeutung dieses Factors können wir diesen Versuch nicht, wol aber folgende zwei Argumente anfüren. Erstens treten in Auswurf-Gesteinen Krystalle auf, welche unter normalen Verhältnissen sich niemals bilden, und da diese Gestaltungen unter einem bedeutenden Drucke gebildet wurden, kann man annemen, dass eben dieser Factor (allerdings im Vereine mit Temperatur und Durchtränkung) die eigentümliche Aggregation der Stoffe bedinge. Zweitens ist der Druck das Widerspiel der Wärme. Da nun die Wärme entfernt und entstaltet, kann man schliessen, dass der Druck umgekert nicht bloss annähernd, sondern auch gestaltend wirken müsse. Wir kommen an anderem Orte auf diese Frage zurück (III. 3).

23. Tiefgang-Gesteine erstarren krystallinisch.

Wenn das entlastete und erweichte Magma an die Luft tritt, muss es einen Teil seiner Liquida verlieren. Es bläht sich; zugleich erstarrt es poros [1]) und schlecht krystallinisch. Verfestigt es sich aber in der Tiefe, so werden die Liquida zurückgehalten und es erstarrt demzufolge compact [2]) und gut krystallinisch. Diess ist unser Ergebniss. Dass dieses Resultat mit den Erscheinungen in der Natur stimme, erübrigt noch zu zeigen.

Wir kennen die Ströme der tätigen Vulkane. Wir wissen, dass ein Vulkan im ersten Stadium der Denudation reducirt wird auf einen Gangstern, um welchen sich ein

---

[1]) Scrope: Volcanos 1825 p. 26 u. 113—115, u. Zirkel: Petrografie II. p. 408—410.

[2]) Scrope: Volcanos 1825 p. 112 u. Necker cit. in G. Bischof: Wärmelere des Innern unseres Erdkörpers 1837 p. 310.

Kranz von Kuppen schaart, [1]) und dass dieser Gangstern, je tiefer die Erosion eingreift, um so kürzer wird und endlich zu einem Hauptgange zusammen schwindet. Solche Gebiete wollen wir nun aufsuchen und vergleichen. Sie werden uns Antwort geben.

Die Lavaströme bestehen aus wenig compacten, teilweise oder gänzlich durchglasten Gesteinen. Denselben Charakter weisen im allgemeinen auch die Radial-Gänge auf, nur sind sie meist compacter, wie schon Scrope bemerkt. Zur Genüge sind diese Tatsachen bekannt. Nur der Charakter jener Gesteine, welche in der Tiefe des Hauptganges erstarrten, verdient eine Besprechung.

Dana hat auch in dieses Tema Licht gebracht. Er verweist zuerst auf eigentümliche, von Syenit umsäumte Granit-Pike, welche er als Eruptions-Centren deutet und spricht die Ansicht aus, dass unsere tätigen Vulkane in druckbelasteter Tiefe aus eben solchen (im Sinne des Fysikers) dichten Massen bestehen dürften. [2]) Lange blieb diese Anschauung unverwertet. Erst seitdem v. Richthofen [3]) die Natur des Monzoni in Süd-Tirol, jenes aus krystallinischen Gesteinen bestehenden, schlierigen Hauptganges, welcher sich periferisch in minder individualisirte, porfyrische Massen auflöst, erkannt, sind die Gebilde derselben tektonischen Bedeutung Gegenstand eingehender und erfolgreicher Untersuchungen geworden. — v. Cotta, welchem wir die tektonische und

---

[1]) Suess: Vulkan Venda Sitzber. Akad. Wien 1875 II. p. 3.

[2]) Dana: Americ. j. 1846 II. p. 252. Weniger klar, doch von richtigen Ideen geleitet, äussert Iukes (Min. and Geol. in der Encycl. Britannica): Wenn wir einen Lavastrom (besser Lavamasse) in die Tiefe der Erde verfolgen könnten, würden wir wol sehen, wie er allmälig mit zunemender Tiefe in Granit übergeht.

[3]) v. Richthofen: Predazzo etc. in Südtirol 1860 p. 252 f. u. 312.

petrografische Charakteristik des mächtigen Banat-Ganges[1]) verdanken, betont, dass solche vollkrystallinische Bildungen eben desshalb selten vor unsre Augen treten, weil die Erosion erst gewaltige, überlastende Massen entfernen muss.[2])

Judd endlich eröffnet das Verständniss für eine Reihe einschlägiger Erscheinungen, welche ehedem vielfach missdeutet worden waren. — In seiner Arbeit: Contrib. to the study of volcanos[3]) weist er auf die eigentümliche, schon von Hamilton und Dolomieu festgestellte Tatsache, dass die ältesten, centralen Teile von Lipari und Ponza aus Gesteinen bestehen, welche zwischen Granit und Ryolit stehen (v. Richthofens Ryolit-Granit) und stellt die Ansicht auf, dass in diesen Fällen entweder der Druck überlastenden Wassers oder eruptiven Materiales dem Gesteine jenen nahezu vollkrystallinischen Habitus erteilt habe (daselbst p. 82). In einer späteren Arbeit analysirt er die Eruptiv-Massen von Mull in Schottland, welche er als centrales Erosionsrelict eines Vulkanes bezeichnet. Leicht kenntlich heben sich die mächtigen Grate und Spitzen dieses Stockes ab von den ringsum ausgebreiteten gewaltigen Strom-Massen, welche durch die Erosion zu einförmigen Terrassen-Systemen reducirt sind.[4]) Solch verschiedenes Erosions-Relief wird verständlich, sobald man die texturelle Verschiedenheit beider Gebiete untersucht. Wärend die Ströme aus klein- und halbkrystallinischen Gesteinen bestehen, stellt sich der Hauptgang dar als ein wunderbares schlieriges Geflecht von Ortoklas- und

---

[1]) Dieser Gang, welcher den Jura durchbricht und wol der Kreide angehören dürfte, ist ein schlieriges Geflecht von Granit, Porfyr und Felsit; ferner von Syenit und Minette; Diorit, Diabas, Andesiten und Afaniten — ein Repertorium fast sämmtlicher eruptiven Feldspat-Gesteine. S. Cotta: Erz-Lagerstätten des Banat 1865 p. 13 f.

[2]) Cotta: Geologie der Gegenwart 1866 Einl. p. 20.

[3]) Judd: Geol. mag. 1875 II. p. 10, 24 u. 76.

[4]) Judd: Q. j. geol. soc. 1874 p. 240.

Augit-Magma verschiedenster Textur. Kieselsäure-reiche und basische Schlieren von granitischer, porfyrischer, afanitischer, ja glasiger Textur stecken nebeneinander, durchsetzen sich und gehen eine in die andere über (daselbst p. 236 f.). Die tiefen und inneren Teile der Gangmasse bestehen vorwaltend aus grosskörnigen, die höheren und äusseren aber aus porfyrischen, kleinkörnigen und felsitischen Gesteinen (p. 243). — Solche Beschaffenheit zeigt der Hauptgang eines derzeit tief erodirten Vulkanes. Kein Zweifel, schliesst der Autor, dass dem Magma auch in der Tiefe des Etna und anderer tätiger Vulkane vollkrystallinischer Habitus zukommt (p. 300).

Diese Reihe von Untersuchungen bestätigt nicht allein die Anname, dass die Liquida in der Tiefe zurückgehalten werden und das krystallinische Gefüge des Erstarrungs-Productes veranlassen; sie setzt uns auch in den Stand, den Betrag der Tiefe zu schätzen.

Die Vulkane Monzoni und Predazzo, von welchen derzeit nur mer die Hauptgänge und wenige Ströme erhalten sind, waren tätig in einem von mächtigen Korallenriffen besetzten Meere (v. Richthofen cit. p. 296). Dass diese Riffe nicht fertig gebildet waren, als die Ausbrüche erfolgten, sondern dass sie wärend der Eruptions-Epoche wuchsen, wird, wie v. Mojsisovics nachweist, sowol durch paläontologische Gründe, als auch durch den tektonischen Verband der vulkanischen und sedimentären Gebilde klar bewiesen. Die Riffe und Tuffe greifen ineinander; sie sind als organogene und vulkanogene Facies derselben Epoche zu bezeichnen.[1])

Durch diesen Nachweis sind wir offenbar in die Lage gebracht, annähernd zu bestimmen, in welcher Tiefe unter der Meeresfläche das Magma krystallinisch erstarrte, denn die Höhe der Riffe bezeichnet den ehemaligen Stand des (triadischen) Meeres.

---

[1]) v. Mojsisovics: Jb. geol. Reichsanst. 1874 p. 94 f.

Aus einem Vergleiche der Gebiete Monzoni und Predazzo ergibt sich nun, dass schon wenige hundert Meter unter der Meeresfläche das basische Magma; in einer Tiefe von etwa 2000 Meter aber erst das kieselsäure-reiche Magma vollkrystallinische Ausbildung erfaren hat. In geringerer Tiefe tritt bereits die porfyrische Ausbildung auf.

24. Periferische Entstaltung der Hauptgang-Massen.

Wir haben hier nur den Wasserdruck berücksichtigt. Es ist aber auch der Druck der Magma-Säule und der Seitendruck der Erde (bez. der Schuttmassen) zu beachten, wie die Erscheinungen am Mull zeigen. Dieser Hauptgang ist nicht, wie jener von Predazzo durch und durch vollkrystallinisch ausgebildet, sondern in seinen äusseren Teilen örtlicher bedeutend desindividualisirt. Das erklärt sich in folgender Weise: der Vulkan von Mull war überseeisch. Auf den centralen Teilen des Hauptganges lastete eine gewaltige Magma-Säule. Die periferischen Teile aber wurden nur von dem bekanntlich geringen Erd-Drucke afficirt. Desshalb erstarrten die innern Partien granitisch; die äusseren aber, welche viel von iren Liquiden eingebüsst hatten, mussten infolge dessen auch zum Teile entstaltet erstarren (s. Fig. 3).

Das gilt im allgemeinen für jeden terrestrischen und in gleicher Weise auch für jeden seicht liegenden unterseeischen Vulkan. In einer bedeutenden Tiefe des Meeres jedoch erstarren nicht allein die mittleren Teile des Hauptganges, sondern, infolge des Wasserdruckes, auch die periferischen Partien durch und durch vollkrystallinisch. Dieser Druck beträgt (so dürfen wir aus den Verhältnissen von Predazzo und Monzoni schliessen) etwa 200 Atmosfären für das kieselsäure-reiche Magma; für das basische aber etwa zwanzig. — Dieser Unterschied der Individualisirbarkeit war

zu erwarten, denn wir wissen, wie das basische Magma unter übrigens gleichen Verhältnissen viel leichter krystallinisch erstarrt, als das an Kieselsäure reiche (s. II. 12).

25. Tiefsee-Gesteine.

Dass diese Ausfürung nicht bloss für die unter hohem Drucke erstarrenden Gangmassen, sondern auch für die in tiefer See erfolgenden Ergüsse gilt, ist selbstredend. — Ueber diesen Gegenstand wurden schon frühe treffliche teoretische Ansichten geäussert, von denen nur zu bedauern ist, dass sie den praktischen Bestrebungen der Geologie und Petrografie lange allzu fremd blieben. — Scrope denkt sich das Fänomen einer submarinen Eruption ebenso wie jenes einer terrestrischen, bedingt durch die Entfesselung von Gasen.[1]) Diese sei um so reichlicher, je seichter; um so kärglicher, je tiefer die See über der Ausbruchmasse laste. Im ersten Falle müssten die entweichenden Gase von den bedeckenden Wassermassen condensirt werden. Im zweiten Falle hingegen müssten die durch Druck zurückgehaltenen Liquida dem Magma eine bedeutende Flüssigkeit erteilen und flache Gestalt der Ströme veranlassen.[2]) — Dana kommt bei Besprechung der lösenden und krystallisirenden Wirkung überhitzten Wassers zu dem Ergebnisse, dass in tiefer See sowol die Ergüsse, als auch die mit denselben in Contact tretenden Gesteine infolge der heissen Durchtränkung gut krystallinische Textur erhalten werden (Granit und Gesteine in dessen Contact). In gerin-

---

[1]) Scrope: Volcanos 1825 p. 37; II. Aufl. 1862 p. 240.

[2]) Die flache Form der Mandelstein-Ströme der Flötztrapp-Formation ist dem Autor ein Beweis für deren unterseeischen Ursprung. Scrope: Volcanos 1825 p. 177, II. Aufl. 1862 p. 244. De la Bêche: Vorschule der Geologie (nach dem „Observer") bearb. von Dieffenbach 1852 p. 334.

gerer Tiefe wird der Erguss den Charakter der Porfyre, an der Oberfläche der Erde aber den Typus der Lava annemen. In dieser Reihenfolge treten in den Anden die Gesteine übereinander auf. Daraus folgt, dass diess Gebiet anfänglich tiefe See war und allmälig, wärend die Ausbrüche anhielten, durch Hebung in Festland umgewandelt wurde.[1])

Neuerlich gibt Stoppani übereinstimmende Reflexionen über diesen Gegenstand.[2]) Wärend die zu Tag tretenden Ströme schnell erstarren, weil ir Bewegungs-Wasser entweicht, bewaren die submarinen Ergüsse, in welchen die Liquida zurückgehalten werden, viel länger ire Flüssigkeit und erlangen folglich eine flache Gestalt. In grosser Tiefe kann das Magma nicht zerstäuben, weil die Liquida vollkommen condensirt werden. Je seichter aber das Meer, je geringer der Druck, desto reichlicher muss auch Zerstäubung des Magma zu Detritus auftreten (p. 309). — Dana's Anschauungen werden auch durch v. Drasche's Untersuchung von Réunion unterstützt. Es zeigt sich nämlich, dass wärend der submarinen Ausbruch-Epoche dieses Vulkanes Gabbro, später andesitische und trachytische Gesteine, mit Eintritt der supramarinen Fase Basalte gefördert wurden.[3]) Es ist ferner aus der Untersuchung über die Tiefgänge zu entnemen, dass das Gestein, wenn es von vornherein genügend durchtränkt war, vollkrystallinische Textur erhält und dass sich das Tief-Magma auszeichnen muss durch reichliche Flüssigkeits-Einschlüsse, eine Tatsache, welche Sorby in seiner bekannten Untersuchung hervorhebt.[4]) Zirkel, welcher bereits in seinem

---

[1]) Dana: Americ. j. 1843 II. p. 127, 128.

[2]) Stoppani: Corso di geol. 1866 I. p. 308 f. u. Stoppani: Geologia 1873 III. p. 80 f.

[3]) v. Drasche: Mineral. Mitteil. 1876 p. 42.

[4]) Sorby betont Q. j. geol. soc. 1858 p. 466—468, dass im Gegensatze zu den schlackigen Gesteinen der Granit ser selten Glas, dafür aber

Lerbuche der Petrografie [1]) treffend bemerkt, dass das Wasser bei Bildung des Granit eine grössere Rolle spielt, als bei Porfyr, bei diesem eine grössere, als bei den entsprechenden Laven, spricht sich neuerlich auch über den Charakter der Einschlüsse in diesen drei Gestein-Kategorien aus. Nach allen vorliegenden Erfarungen kommen Glaseinschlüsse in den Mineralien des Granit kaum je vor, wärend felsitische Einschlüsse, insbesondere in jenen Graniten, welche in Verband mit Porfyren stehen, nicht selten zu beobachten sind. Die Flüssigkeits-Einschlüsse aber herrschen im vollsten Masse und sind für die granitischen Gesteine geradezu charakteristisch. [2]) In den Porfyren kommen neben Flüssigkeits-Einschlüssen schon viel häufiger felsitische und glasige Einschlüsse vor (daselbst p. 332), noch mer treten sie bei den trachytischen Gesteinen in den Vordergrund (daselbst p. 341, 387).

In dieser Weise also hängt die Textur der Gesteine mit der Art der Einschlüsse zusammen, indem beide bedingt werden durch die Genesis des Gesteines (Druck und Durchtränkung). — Ueber den Vorgang der Erstarrung ist zu bemerken, dass das Tief-Magma ser lange flüssig bleiben muss, weil das durchtränkende glühende Wasser eine hohe spezifische Wärme besitzt, die Wärme lange zurückhält. Die Folge hievon ist eine spärliche Abkülungsklüftung. [3]) Man vergleiche nur die grossklotzige Klüftung des Granit mit der viel reichlicheren des Trachyt, um sich davon zu überzeugen, dass auch in dieser Beziehung die verschiedene Genesis in verschiedener Weise zum Ausdrucke gelangt. — Endlich möchte

---

häufig Flüssigkeits-Einschlüsse aufweise, wonach sich demnach das Granit-Magma als Feuer-Wasser-Magma herausstelle.

[1]) Zirkel: Petrografie 1866 II. p. 407.

[2]) Zirkel: Mikrosk. Unters. etc. 1873 p. 317—319.

[3]) Reyer: Euganeen 1877 p. 44.

ich auf die Beziehung der Tiefgesteine zu deren Tuffen und zu den Tiefen-Sedimenten hinweisen. Tuffe werden in geringer Menge gefördert. Sie und der (wie bekannt kalklose) Silicat-Schlamm der tiefen See, müssen vielfach mit den granitischen Strömen wechsellagern, sie werden durchbrochen und eingehüllt; schlieriger Verband zwischen diesen Gebilden und den Tief-Strömen wird eine gemeine Erscheinung sein. Da nun aber Druck, Durchtränkung und anhaltende Hitze der Ströme die krystallinische Lagerung begünstigen, wird begreiflicher Weise eine weitgehende Metamorfose in den betreffenden Gebilden Platz greifen. Ich meine, hierher sind zu rechnen viele Fälle örtlichen Verbandes zwischen Granit und Gneiss, Diorit und Hornblend-Schiefer u. s. f. In solchen Fällen würden die betreffenden Schiefer als krystallinische Tiefsee-Tuffe und krystallinisch gewordene Tief-Sedimente (metamorfischer Tiefseeschlamm) zu bezeichnen sein. — Der Art muss der Charakter jeglichen in tiefer See ergossenen Stromes und seine Beziehung zur Umgebung sich gestalten, mag dessen chemische Zusammensetzung geartet sein wie immer. In geringerer Tiefe zeigt das an Kieselsäure reiche Magma die Tendenz zur Entstaltung, wärend das basische, welches ja leichter individualisirbar ist, noch vollkrystallinisch erstarrt. Je seichter aber das Meer, desto geringer ist die Menge der fesselbaren Liquida, desto mer nähert sich der Habitus der Ergüsse dem terrestrischen. [1])

---

[1]) Der hier berürte Unterschied zwischen Tief-Magma und Oberflächen-Magma (d. i. Lava) wurde durch die Ausdrücke plutonisch und vulkanisch bezeichnet, lange bevor man den Zusammenhang zwischen Textur und Genesis ante. Erst in Darwin's Werk: Volcanic islands p. 129, finde ich es klar ausgesprochen, dass die Bezeichnung „plutonisch" sich auf die Injection in der Tiefe beziehe. Stoppani: Geologia 1871—73 III. p. 115, ergänzt diesen Ausspruch, indem er darauf hinweist, dass die Tiefsee-Ströme als plutonische Gebilde bezeichnet werden. Ich ziehe dem gewiss immer noch strittigen Ausdrucke „plutonisches Gestein" die

Das Magma schwillt und zerstäubt. Die Erscheinung der Desindividualisirung zeigt sich hiebei in geringerem Grade bei dem basischen, tiefer greifend bei dem kieselsäure-reichen Magma.

Diese Charakteristik stimmt vollständig mit den Erscheinungen in der Natur, wenn wir noch die schlierenweise verschiedene Impregnation in Rechnung bringen. Diese wird begreiflicher Weise eine local verschiedene Textur bedingen. Ein Erguss, welcher in grosser Seetiefe erfolgt, kann ser wol örtlich porfyrisch erstarren, wenn er eine Schliere enthält, welche besonders arm an Liquiden ist. Unter geringerem Drucke erstarrt die Hauptmasse als gewönlicher Porfyr, die Schliere aber als starkdurchglaster Porfyr oder als Pechstein u. s. f. Ausserdem werden die Individualisirungs-Verhältnisse beeinflusst durch den Contact mit Wasser und durch den Druck des Magma selbst. So ist es wol möglich, dass eine in grosser Tiefe ergossene, an Kieselsäure reiche und an Wasser arme Masse äusserlich, so weit die Infiltration des Wassers reicht, zu Granit wird, wärend sie im Inneren als Porfyr erstarrt. — Anderseits kann es vorkommen, dass ein in mittlerer Tiefe oder selbst oberflächlich ergossenes Magma, welches gut durchtränkt ist, nach aussen und oben porfyrisch, im Kerne aber und gegen die Basis, wo die Auflockerung am geringsten ist, granitisch erstarrt. — In dieser

---

klarere Bezeichnung „Tief-Magma“ vor und begreife darunter sowol Tiefgang-Gesteine, als auch Tiefsee-Ströme im Gegensatze zu dem Oberflächen-Magma. Auf letzteres wird füglich die geläufige Bezeichnung Lava zu beschränken sein, da ja zur allgemeinen Bezeichnung sämmtlicher Eruptivmassen das Wort Magma dient. Den alten Gegensatz zwischen plutonisch und vulkanisch endlich möchte ich aufgelassen wissen, weil man von „unterseeischen Vulkanen“ spricht, das Wort Vulkan und vulkanisch also nicht auf Oberflächen-Gebilde beschränkt werden kann. Kurz, Vulkan, vulkanisch und Magma sind umfassende Ausdrücke. Tief-Magma und Lava sind specielle Bezeichnungen und stehen zu einander in Gegensatz.

Weise scheint mir der von Scrope beschriebene Puy de Chopine[1]) zu deuten. Scrope glaubt, dass die trachytischen und basaltischen Teile dieses kuppigen Stromes zugleich zur Eruption gelangten. Die an einer Seite der Kuppe in halber Höhe anstehende Granitmasse aber betrachtet er als emporgehobene Scholle. Mir scheint dieselbe jedoch der nicht aufgelockerte Kern der durch Erosion einseitig tief aufgeschlossenen schlierigen Kuppe. — Zalreiche Verwicklungen sind möglich. In jedem einzelnen Falle mag man prüfend die Factoren finden, welche die Textur und die örtlichen Wechsel derselben bestimmt haben.

Diese Erkenntnisse, welche, wie gezeigt, zum Teile schon lange gefunden waren, haben bisher auffallend geringen Einfluss auf die Entwicklung der praktischen Geologie gehabt. In all' den bekannten Untersuchungen über krystallinische Ausbruchgesteine wurde die vorgefürte Gedankenreihe (manchmal mit Absicht) vermieden. Oft fallen uns Stellen auf, in welchen von den granitischen oder syenitischen Massen die Rede ist, die das Centrum erloschener vulkanischer Gebiete oder das liegende minder individualisirter Eruptiv-Gesteine bilden.[2]) Fast regelmässig aber wird über die Genesis dieser Gesteine geschwiegen oder gar mit den mystischen Ausdrücken plutonisch, metamorf u. s. f. manipulirt. — Das findet seine Erklärung in den ehedem herrschenden

26. Anschauungen über das Alter der Eruptiv-Gesteine.

L. v. Buch betont zuerst, dass die krystallinische Textur der Gesteine wesentlich bedingt werde durch das Alter der-

---

[1]) Scrope: Volc. of central France II. Aufl. 1858 p. 72.

[2]) v. Humboldt: gissement des roches p. 350; Hartung: Lanzerote, 1855 p. 116; Dollfuss: Quito, Jb. Geol. 1869 p. 778.

selben; dass Granit und andere grosskörnige Gesteine immer der azoischen Zeit oder doch der Uebergang-Epoche angehören. Die Beobachtungen, welche dieser Forscher, Hausmann, Marzari, Brogniart und Kjerulf[1]) über das jüngere, selbst triadische Alter einiger vollkrystallinischer Eruptiv-Gesteine machten, schoben allerdings die Grenzen der „Formations-Zeit" des Granit um ein bedeutendes der Neuzeit näher. Solche Tatsachen genügten jedoch nicht, den Glauben an einen Zusammenhang zwischen Textur und Alter der Eruptiv-Gesteine zu erschüttern. Es wurde trotzdem als eine feststehende Tatsache behandelt, dass die vollkrystallinischen Gesteine ausschliesslich den alten Formationen angehören. — Dass an einer oder der anderen Stelle ein vollkrystallinisches Gestein noch in der Trias auftrat, war eine Ausname, welche das Gesetz nicht wesentlich zu alteriren schien. Noch hatte niemand nach-triadische Granite aufgefunden. Allen damals beachteten Erfarungen entsprechend war der Granit eine Erscheinung der alten Erdenzeit, gerade so gut, wie die grossen Pyramiden Erscheinungen des menschheitlichen Altertumes sind. Der Begriff „moderner Granit" schien ein Unding.

Und was für den Granit, das galt in analoger Weise auch für die porfyrischen Gesteine. Die besser individualisirten, compacteren, welche den vollkrystallinischen Gebilden am nächsten standen, fand man im allgemeinen in älteren Formationen. Jene porfyrischen Gesteine aber, welche den modernen Laven gleichen, gehörten sichtlich vorzugweise den jüngeren Formationen an. — Das war unleugbar und bestärkte die Ansicht, dass die Textur abhänge von dem Alter der Gesteine.[2])

---

[1]) Kjerulf: Christiania übs. v. Naumann 1826 p. 40 f.

[2]) Ser instructiv sind nach Credner (Zeitschr. ges. Naturw. 1876 p. 267) die betreffenden Verhältnisse im Gebiete des Erzgebirges. Dort erweisen sich die ältesten Spalten injicirt durch Granit, Syenit, Diorit,

Lange herrschte diese Anschauung, und merfach bemühte man sich, das „Abnemen der Krystallisations-Kraft“ zu erklären. [1]) Aber zalreicher wurden auch jene Fälle, welche sich nicht unter die Regel bequemten. Die Ausnamen häuften sich, die strenge Durchfürung einer auf das Alter der Gesteine gestützten Classification erwies sich nachgerade als unmöglich. Man musste den Gestein-Definitionen Zwang antun, oder das Einteilungs-Princip faren lassen. Und immer mer neigte man sich dem letzteren Auswege zu.

Ich bin nicht im Stande, eine ausfürliche Schilderung der Geisteskämpfe zu geben, welche sich um diese Frage drehten, da ich die einschlägige Literatur nicht gesammelt habe. Ich verweise daher auf Tschermak's Untersuchung über die Porfyr-Gesteine und auf Zirkel's Petrografie. In beiden Werken wird die vorliegende Frage wiederholt berürt. Wir sehen da, wie häufig Gesteine von gleichem petrografischem Charakter in jungen wie in alten Formationen auftreten, wie gemein der zeitliche und zugleich örtliche (schlierige) Verband verschiedener Texturen eines und desselben Magma ist. Granitische Gesteine treten nicht bloss in alter, sondern auch in neuer Zeit auf, und porfyrische und afanitische Gesteine kommen nicht bloss in den jungen, sondern auch in den ältesten Epochen mit gleichem Habitus vor. Da finden sich im Tertiär gewisse Eruptiv-Gesteine, welche man unmöglich von den alten Felsiten und Porfyren

---

Diabas, die Spalten, deren Genesis ins Carbon und in die Dyas fällt, füren Porfyr und Melafyr, die jüngsten aber Basalt.

[1]) Brocchi: Mem. sulla valle di Fassa 1811. Breislak: Geologie übs. v. Strombeck 1830 II. p. 13 u. 17. Auch Angelot sucht nach einer Erklärung der sonderbaren Tatsache. Er frägt sich, ob in früheren Zeiten vielleicht der Druck der Atmosfäre ein grösserer gewesen? Hierauf erfolgt eine verneinende Antwort, weil eben auch damals schon organische Wesen existirten, welche einen gewaltigen Druck nicht vertragen hätten. Hierauf lässt Angelot die Frage fallen: Bul. soc. géol. 1843 p. 45.

des Carbon unterscheiden kann.[1]) Dort stehen in einer einzigen Auswurfmasse Gesteine von ganz verschiedener textureller Ausbildung in schlierigem Verbande. — So geartet sind die Tatsachen, welche verlangen, dem Zusammenhange zwischen Alter und Textur weniger Gewicht beizulegen, als ehedem geschah. Immer unwiderstehlicher werden wir dazu gedrängt, das Moment der Zeit als Einteilungsgrund zu beseitigen.[2]) Schon vor dreissig Jaren sprach Dana in seiner Untersuchung über die Natur der Hauptgänge die Ueberzeugung aus, dass die Producte, welche in der Tiefe unserer Vulkane erstarren, eben die Eigenschaften der Hauptgang-Massen aufweisen müssen und dass demnach die verschiedenen Arten der Eruptiv-Gesteine nicht an bestimmte Epochen gebunden sind, sondern zu allen Zeiten gebildet werden können.[3]) Spätere Forscher haben, one Dana's Untersuchung zu kennen, dieselben Schlüsse gezogen. Judd's Untersuchungen endlich gaben den letzten Ausschlag.

Man weiss heute, dass granitische Gesteine zu allen Zeiten entstanden und entstehen. Wir sehen aber in der Tat viel weniger moderne, als alte Granite. Das bleibt unerschüttert. — Diese Tatsache, welche zu der besprochenen und überwundenen Anschauung gefürt, findet heute eine andere Deutung.

v. Cotta fürt aus, dass zu allen Zeiten Eruptiv-Gesteine einerseits aus Vulkanen ausflossen, anderseits in der Tiefe der Erde erstarrten, dass sich also solche Gesteine nicht dem Alter, sondern nur dem Niveau nach unterscheiden.[4]) Er erklärt: die granitischen Massen der Hauptgänge können erst zu Tag kommen, nachdem die Erosion durch lange Zeiten

---

[1]) Tschermak: Porfyrgesteine 1869 p. 163 f.

[2]) Vgl. Allport: Geol. mag. 1875 p. 584.

[3]) Dana: Americ j. 1846 II. p. 252.

[4]) Cotta: Geologie der Gegenwart 1866 Einl. p. 20 u. p. 40.

gewirkt. In diesem Ausspruche, wenn er allgemeiner gefasst wird, liegt die Lösung der Frage. — Das Magma erstarrt in der Tiefe des Ganges und in der tiefen See allerdings immer vollkrystallinisch. Granit, Syenit, Diorit und Diabas bilden sich in der Tat heute wie ehedem. — Vor unsere Augen aber treten diese Gebilde nicht, bevor lange Zeiträume verflossen. — Durch gewaltige Zeit wirkt das unermüdliche Tag- und Grund-Wasser zerstörend auf den erloschenen Vulkan, bis die tiefen krystallinischen Gebilde entblösst sind. Zweifellos aber vergehen noch ungleich längere Zeiten, bis die Tiefsee-Ströme vor unsere Augen gelangen. Die Erosion ist über Jar und Tag wol bemerkbar. In Jarhunderten aber offenbart sich erst das Schwanken des festen Landes und das Wandern der Meere. — Desshalb kennen wir wol vollkrystallinische Hauptgänge der jüngsten Zeit, aber keine ausgedenten, von granitischen Strömen der Neuzeit bedeckte Gebiete.

Diess Resultat, zusammengehalten mit der Erkenntniss, dass je nach seinem chemischen Bestande das Magma in einer Seetiefe von einigen hundert bis zweitausend Metern vollkrystallinisch erstarrt, verlangt die Folgerung, dass die Schwankungen der Erdoberfläche auch in langen Zeiträumen nur geringe Grössen darstellen. Wäre der Betrag der Bodenhebung (bez. des Meer-Rückzuges) in beschränkten Zeiträumen bedeutender, als die für die Individualisirungs-Tiefe angegebenen Zalen, so müssten wir ausgedente, von granitischen Strömen bedeckte junge Gebiete der Erde kennen. — Deren Mangel ist ein geologisch-petrografischer Beweis für die vergleichweise Beständigkeit der Festlande und Meere. [1])

---

[1]) E. v. Mojsisovics weist in seinen Vorlesungen nach, dass die Anname einer geringen Veränderlichkeit des Festlandes durch viele paläontologische Tatsachen wesentlich gestützt werde.

GEDANKENREIHE III.

Beitrag zur Fysik der Eruptiv-Gesteine.

Im Laufe dieser Arbeit haben wir die Bedingungen kennen gelernt, welche die Ausscheidung von Individuen aus dem Magma im allgemeinen begünstigen oder hindern. In der hier folgenden Schlussuntersuchung betrachten wir 1. wie die chemischen und morfologischen Eigenschaften dieser Ausscheidungen der natürliche Ausdruck der inneren und äusseren Entstehungs-Bedingungen sind; 2. wie in einer rationellen Einteilung der Gesteine die mineralogischen und texturellen Eigenschaften sich ausgedrückt finden; 3. wiefern hiedurch die chemischen und genetischen Verhältnisse des Magma zur Anzeige kommen. —

Wenige Arten von Mineralien beteiligen sich massenhaft am Aufbau unserer Erde und unter inen kommt den Silicaten quantitativ weitaus die wichtigste Rolle zu.[1]) Gegen sie verschwindet alles andere. Kalkschichten, Meere und Atmosfäre breiten sich nur wie dünne Krusten, bez. Häutchen um die mächtige Silicat-Kugel. Von all den Silicaten, welche zum Teile ursprüngliche Ausbruch-Gebilde, zum Teile aber deren Zerreibsel sind, unterziehen wir hier nur die ersteren unserer Betrachtung.

---

[1]) De la Bêche: Researches theor. geol.

Einfach scheint ir Wesen und doch beherbergen sie eine Fülle von Gesetzmässigkeiten und Wechselbeziehungen. Ich brauche nur zu erinnern an jene vielen Fälle, in denen es den Fysikern und Chemikern gelang, bei gewissen Körpern einen innigen Zusammenhang zwischen spezifischem Gewichte, Lichtbrechungs-Vermögen, Siedepunkt, spezifischer Wärme, Ausdenung, chemischer Constitution u. s. f. nachzuweisen; es genügt Steno's Namen und den von diesem Manne gefürten Nachweis der Wechselbeziehung zwischen der chemischen Natur und einem bestimmten morfologischen Habitus der Mineralien anzufüren, um das Ziel der vorstehenden Erörterungen zu kennzeichnen.[1]) Meine Absicht ist es, dem Geologen, welcher wol im allgemeinen den Leistungen und Bestrebungen der modernen Petrografie allzu ferne steht, in gedrungenen Zügen Erkenntnisse vorzufüren, durch welche die Gesteinkunde in kurzer Zeit zu einer eigenberechtigten Wissenschaft erhoben wurde. Gerne hätte ich diese Abhandlung, deren Unfertigkeit durch die flüchtige Behandlung angezeigt wird, späterer Zeit vorbehalten. Der Gegenstand hängt aber so innig mit den zwei vorstehenden Gedankenreihen zusammen, dass gewiss die Mängel der Ausfürung überwogen werden durch den Vorteil der vermerten Einsicht.

1. Wechselbeziehung zwischen chemischem Bestand und mineralogischer Ausbildung.

Die erste Wechselbeziehung, welche bei einem Blicke auf die Reihe der Eruptiv-Gesteine ins Auge fällt, ist die Abhängigkeit der Ausbildung bestimmter Mineralien vom chemischen Bestande des Magma.

---

[1]) Treffend verweist Groth (Fysikal. Krystallografie 1876 p. 151) auf den Zusammenhang des Krystallbaues mit den übrigen fysikalischen Eigenschaften.

Schon Scrope machte aufmerksam, dass Augit und Hornblende vor allem in Gesteinen von beträchtlichem Eisengehalte zur Ausbildung gelangen.[1]) Heute sind die einschlägigen Erkenntnisse umfassender und bestimmter. Zalreiche Analysen geben uns Aufschluss über die chemische Natur von Gesteinen, in welchen sich bestimmte Mineral-Gesellungen finden. Diese Erkenntnisse werden gewönlich durch Zusammenstellung von Zalen mitgeteilt. Ich gebe weitaus den Vorzug der kürzeren und fasslicheren Metode der grafischen Darstellung, welche bereits in mereren Wissenschaften mit bestem Erfolge angewendet wird und verweise statt vieler Worte auf Tafel I, aus welcher die quantitativen und qualitativen Verhältnisse in verschiedenen Magmen leicht ersehen werden können. Ich habe typische Analysen der gemeinsten Eruptiv-Gesteine in der Weise angeordnet, dass die kieselsäure-reichsten Gesteine die oberste, die basischen hingegen die unterste Stufe einnemen. Die percentuale Zusammensetzung ist in der Richtung von links nach rechts zur Darstellung gekommen.[2]) Von den sieben chemisch-mineralogischen Kategorien wurden, aus später zu besprechenden Gründen, nur vier beziffert und diese vier sind, wie üblich, in verschiedene Glieder (Stufen) untergeteilt, welche sich von einander durch texturelle Charaktere unterscheiden. Die Namen der Mineralien, welche jede Kategorie kennzeichnen, sind am Aussenrande der Tafel, die Gesteinsnamen links, innerhalb der Tabelle verzeichnet.[3])

---

[1]) Scrope: Volcanos 1825 p. 86.

[2]) Die Darstellung der Aequivalent-Verhältnisse wäre richtiger; die Percentual-Angaben sind aber üblich und liefern überdiess ein Bild, dessen Verzerrtheit nicht allzuser stört.

[3]) Die Analysen, welche ich in dieser Darstellung verwendet, und die Autoren sind:

I. 1 Granit anal. v. Streng (Zirkel: Petrografie I. p. 484 Nr. 2).

2 Quarz-Porfyr anal. v. Streng (Z. I. 551 Nr. 1).

Ueberblicken wir nun die chemisch-mineralogischen Tatsachen, welche in diesem Bilde dargestellt sind, so fällt sogleich der Zusammenhang des chemischen Bestandes und der Ausbildung bestimmter Mineralien ins Auge. Aus kieselsäure-reichem Magma scharen sich die Elemente zu jenen an Kieselsäure reichen Mineralien, welche Quarz, Ortoklas und Natron-Plagioklas (Oligoklas) genannt werden. Die basischen Mineralien Augit, kalkreicher Feldspat (Labrador, Anortit) und Olivin treffen umgekert im basischen Magma die günstigen Bildungs-Bedingungen. Solch allgemein giltige Beschränkung der verschiedenen Mineralien auf Magmen von bestimmter Constitution ist merkwürdiger, als auf den ersten Blick scheint. Es finden sich nemlich allerdings in den kieselsäure-reichen Gesteinen die Elemente zur Bildung einiger Augite und die basischen Magmen enthalten, wie die Tafel

---

3 u. 3a Quarz-Trachyt anal. v. v. Hauer (Z. II. 159 Nr. 7).
Obsidian anal. v. Ch. Deville (Z. II. 237 Nr. 4).

II. 1 Granitit anal. v. C. Fuchs (Z. I. 485 Nr. 10 „Granit").
2 Feldspat-Porfyr anal. v. Kjerulf (Z. I. 600 Nr. 4).
3 u. 3a Feldspat-Trachyt anal. v. Rammelsberg (Z. II. 182 Nr. 1).
3b Obsidian anal. v. Abich (Z. II. 237 Nr. 7).

Z. Für die Zwischen-Kategorien ZT, ZS, ZD setzte ich nicht die Werte einer typischen Analyse, sondern die Mittelwerte ein, welche aus den von Zirkel zusammengestellten Analysen gewonnen wurden. ZD begreift die Mittelwerte sämmtlicher Textur-Glieder der betreffenden Kategorie, d. i. Diorit, Hornblende-Porfyr, Hornblende-Andesit. Lägen genug Analysen der minder individualisirten Glieder von ZS vor, so hätte ich in gleicher Weise auch für diese Kategorie die umfassenden Mittelwerte berechnet.

III. 1 Diabas anal. v. Streng (Z. II. 82 Nr. 3).
2 Augit-Porfyr anal. v. Kjerulf (Z. II. 91 Nr. 5).
3 Augit-Andesit anal. v. Genth (Z. II. 223 Nr. 1).
3a Basalt anal. v. Ch. Deville (Z. II. 302 Nr. 5).

IV. 1 Serpentin-Fels anal. v. Streng (Roth: Akad. Berlin 1869 p. 74 Nr. 29).
3a Olivin-Basalt anal. v. Platz (Roth: daselbst p. 110 Nr. 2).

zeigt, noch fast die Hälfte ires Gewichtes an Kieselsäure. Dennoch finden wir im ersten Falle keinen Augit,[1]) im zweiten keine freie Kieselsäure[2]) ausgeschieden. Es bilden sich eben bei einer gegebenen Elementar-Gesellung und unter bestimmten äusseren Verhältnissen bestimmte Mineralien mit Vorliebe und mit Ausschluss anderer.[3]) Der mineralogische Bestand ist der natürliche Ausdruck eines gewissen chemischen Gleichgewichtes. Nicht alle denkbaren Scharungen von Molekülen können sich bilden, sondern jedem Verhältnisse entsprechend kann sich nur ein bestimmtes Gleichgewicht-Verhältniss der Ausscheidungen herstellen.

Wie im Rechtsleben jeder Mensch nur insoferne frei ist, als er nicht beschränkt wird durch die Freiheit anderer Individuen, so können sich auch im Steinreiche Individuen nur bilden, soweit diess nicht durch stärkere Existenz-Berechtigung anderer Gestaltungen verhindert wird.

Aber nicht bloss in der Art der Individualisirung, sondern auch in anderen Beziehungen unterscheiden sich Magmen von verschiedener chemischer Mischung, weil eben den Elementen in jeder Beziehung spezifische Eigenschaften zukommen.

Die Volum-Einheit Kieselsäure hat unter allen Hauptbestandteilen des Magma das kleinste spezifische Gewicht. Wir werden demnach in unserer Tafel die spezifisch leichtesten Gesteine in den obersten, die schwersten in den untersten Gruppen antreffen. Da ferner mit Zuname der

---

[1]) Augit flieht im allgemeinen den Quarz und Ortoklas, findet sich hingegen oft neben basischem Plagioklas, Leuzit und Nefelin. Roth: Z. geol. Ges. 1864 p. 686.

[2]) Quarz flieht Anortit, Nefelin und Leuzit. Roth: Z. geol. Ges. 1864 p. 686.

[3]) Auf eine Reihe von Ausnamen der Coëxistenz-Regeln weist Laspeyres: Jb. Geol. 1869 p. 521 f.

übrigen Basen auch die Menge des Eisens wächst, eisenreiche Silicate aber dunkel sind, müssen jene schweren Gesteine, welche in den untersten Kategorien vereint sind, auch die dunkelsten sein. Im Gegensatze sind kieselsäure-reiche Gesteine licht. Endlich ist zu bemerken, dass die untersten Gruppen der Tafel leicht verwitterbare und partiell leicht aufschliessbare Gesteine umfassen, wärend die Gesteine der oberen Kategorien den Angriffen der Atmosfärilien und Säuren mer Widerstand entgegensetzen. All diese Eigenschaften, die zueinander in so inniger Wechselbeziehung stehen, wandeln sich in bezeichneter Weise Schritt für Schritt mit der sich ändernden Molekular-Gesellung im Magma. Wie der Charakter der Staaten bedingt wird durch die verschiedenen Elemente, welche das Volk constituiren, so hängen auch sämmtliche Eigenschaften eines Gesteines ab von dessen Molekular-Association.

2. In verschiedenen Magmen kommen unter anderen auch chemisch änliche, morfologisch aber verschiedene Ausscheidungen vor.

Wir konnten wol erwarten, dass in chemisch verschiedenen Magmen auch Individuen von verschiedenen Eigenschaften zur Ausbildung gelangen. Es kommt aber ausserdem vor, dass in chemisch verschiedenen Gesteinen chemisch änliche, morfologisch aber unterschiedene Individuen sich ausscheiden. So beobachtet man, dass die basischen Elemente in einem Magma geringer Basicität sich nur als Hornblende individualisiren, wärend sie sich im kieselsäure-armen Magma mit Vorliebe in der Gestalt des Augit zusammenfinden. Diess Mineral aber ist chemisch der Hornblende ser verwandt. [1])

---

[1]) Dana macht bereits im Jare 1846 (Americ. j. 1846 II. p. 381) auf die nahe Beziehung zwischen diesen beiden Mineralien aufmerksam

Auch diess Verhältniss erinnert an Beziehungen im Menschenleben. Unter jeder Staatsform kann sich eine liberale Partei ausscheiden. Im absoluten Staate können die liberalen Männer nur als stille Gesellungen bestehen; im constitutionellen bilden sie die berechtigte Linke. Im ersteren Falle ist die Ausscheidung einer solchen Linken unmöglich, wärend umgekert im constitutionellen Staate ser wol neben der Linken auch Privat-Gesellungen der liberalen Elemente bestehen können. In gleicher Weise können auch in unserem, der unorganischen Welt zugehörenden Beispiele die basischen Elemente im basischen Magma sowol zu Augit als auch zu Hornblende sich individualisiren, wärend im kieselsäure-reichen Magma neben Hornblende-Bildung accessorische Augit-Ausscheidung nicht vorkommt.

3. Morfologische Unterschiede der Ausscheidungen aus chemisch gleichen, texturell aber verschiedenen Gesteinen.

So sehen wir denn in verschiedenen Magmen 1. chemisch verschiedene Mineralien, 2. chemisch änliche, dabei aber gestaltlich verschiedene Individuen auftreten. Wir finden ferner auch in chemisch identen Ausbruchgesteinen morfologische Verschiedenheiten chemisch gleicher Mineralien.

Granit, Porfyr, Trachyt sind chemisch ident.[1]) Im Granit tritt freie Kieselsäure als körniger Quarz auf; im Porfyr hat der ausgeschiedene Quarz bald diese Gestalt, bald die Form der Doppel-Pyramide; im Trachyt findet er sich als Säule mit pyramidaler Zuspitzung; daneben aber auch

---

und sucht den Grund dieser alternativen Gestaltung des basischen Materiales in verschiedenen Abkülungs-Verhältnissen.

[1]) Diese Aussage wird in III. 11 eine Aenderung erleiden.

freie Kieselsäure in Form von Tridymit, endlich amorf. So beständig treten diese verschiedenen Typen in chemisch gleichen, texturell jedoch verschiedenen Gesteinen auf, dass wir mit Warscheinlichkeit einen Sandstein, welcher aus Quarz-Prismen besteht, einem zerstörten Trachyt zuschreiben, wie wir einen Kaolin mit eingestreuten Quarz-Pyramiden als Zersetzungs-Product von Porfyr-Massen betrachten.[1])

Zum ersten Mal in dieser Ausfürung treffen wir auf eine mergestaltige Ausbildung im Magma, welche mit der chemischen Constitution nichts zu tun hat. Nicht auf dieser, sondern auf anderen Bedingungen muss die gestaltliche Verschiedenheit des bezeichneten Minerales beruhen. Und diess ist nur eines von vielen Beispielen. In Magmen, welche sich, wie die eben vorgefürten, nicht durch chemischen, sondern nur durch texturellen Habitus unterscheiden, hat nicht bloss Quarz, sondern überhaupt fast jeder der Bestandteile einen bestimmten Typus. Der Augit des vollkrystallinischen Diabas unterscheidet sich von jenem des Augit-Porfyr und Basalt. Die Hornblende des Diorit weicht ab von jener der porfyrischen Hornblend-Gesteine. Der Feldspat endlich hat in texturell verschiedenen Gesteinen einen so auffallend verschiedenen Habitus, dass man denselben mit verschiedenen Namen zu belegen pflegt.[2])

---

[1]) Lincke: Jb. Geol. 1871 p. 20. Im deutschen Buntsandstein findet sich kaolinisirter Feldspat, Glimmer und prismatischer Quarz mit pyramidaler Zuspitzung. Das Gestein mag aus Trachyten hervorgegangen sein. Andrae: Erläuternder Text zur geogn. Karte von Halle 1850 p. 75, und Laspeyres: Z. geol. Ges. 1872 p. 289 sprechen es in einigen Fällen aus, dass Sandlager, welche im wesentlichen aus Quarz-Doppelpyramiden bestehen, aus der Zerstörung von Porfyren hervorgingen.

[2]) Mir scheint aber gerade hier die Einfürung zweier ganz verschiedener Artnamen verfelt, denn in der Tat gibt es bei andern Mineralien viel wesentlichere Unterschiede, welche sich keiner Sondernamen erfreuen, wärend in unserem Falle das äussere Ansehen zu einer Sonderung

In all diesen Fällen hängt der Typus der Individualisirung offenbar von denselben Bedingungen ab, welche die Textur des Gesteines bestimmen. Diese sind uns wolbekannt und bedürfen keiner Erörterung. Nur die Bedeutung des Druckes für die Individualisirung, welche in II. 22 angedeutet wurde, möchte ich hier nochmals berüren.

Wir wissen, dass viele Körper eine verschiedene Gestaltung zeigen, je nach den Bedingungen, unter welchen sie gebildet wurden. Wir mischen einer auskrystallisirenden Kalklösung wenige Tropfen einer fremden Substanz bei und beobachten, dass die Ausscheidungen von nun an einen neuen morfologischen Habitus besitzen. [1]) Wir erhalten eine Kalklösung, welche bei niederer Temperatur Kalk-Romboëder absetzen würde, bei höherer Temperatur, und finden, dass sich Arragonit bildet. [2]) In solcher Weise wird die Gestaltung durch Entstehungs-Temperatur und Beimischung beeinflusst. Was liegt da näher, als auch dem Drucke eine entscheidende Bedeutung beizulegen? Der Druck ist das Widerspiel der Wärme. Diese entfernt, der Druck nähert. Bei geringer Wärme entstehen gewisse starre Gestaltungen, bei hoher Wärme treten andere gesetzmässige Individualisirungen auf. Sie sind in beiden Fällen der natürliche Ausdruck der gegebenen Molekular-Distanzen und inneren Bewegung. Ebenso nun, wie unter dem Wechsel dieses Factors,

---

verleitet, welche sich auf keinerlei wesentliche (chemische oder morfologische) Unterschiede stützt. Auf Grund dieser Ueberlegung habe ich den unglücklichen Varietät-Namen „Sanidin“ überall durch die Bezeichnung Ortoklas oder Kali-Feldspat ersetzt.

[1]) Credner: Jb. Geol. 1870 p. 603.

[2]) Rose: Ann. Fys. 1837 Bd. 12 p. 533. Ich verweise übrigens auf C. Fuchs: Die künstlich dargestellten Mineralien 1872. Rose spricht bezüglich der Mineralien Hornblende und Augit die Ansicht aus, diese verschiedenen Gestaltungen seien bedingt durch die Verhältnisse der Abkülung, cit. in Bul. soc. géol. 1840 p. 408.

welcher die Entfernung der Moleküle bestimmt, verschiedene gesetzmässige Anordnungen entstehen, müssen auch unter der Herrschaft eines verschiedenen Druckes verschiedene anorganische Gestaltungen ins Dasein treten. Denn auch dieser Factor wirkt bestimmend auf die Entfernungen der Moleküle.

Diese Anschauung wird unterstützt durch einen Vergleich der Tiefgesteine mit den subaëril erstarrten Ausbruchmassen: Tiefgesteine, welche unter hohem Druck und mit Zurückhaltung der Flüssigkeiten erstarrten, bilden sich desshalb vollkrystallinisch aus, und zwar je nach irem chemischen Charakter als Granit, Syenit, Diorit, Diabas, Schillerfels u. s. f. Aber nicht genug, dass durch die Verhältnisse der Erstarrung das Mass der Individualisirung bestimmt wird, auch die Art der Krystallbildung erhält einen eigentümlichen Typus. Die genetischen Verhältnisse drücken nicht bloss dem Gesteine als ganzen einen bestimmten Stempel auf, sondern auch den einzelnen Teilen. Nicht bloss der allgemeine Charakter des Magma, sondern auch die Fysionomie jedes Bestandteiles wird eigenartig durch die Bildungs-Bedingungen beeinflusst. Es ist begreiflich, dass ein so inniger Zusammenhang der genetischen Bedingungen und der morfologischen Eigenschaften berechtigt, aus dem Anblicke eines Gesteinteiles Rückschlüsse zu ziehen auf dessen Geburtstätte. So wissen wir aus Judd's oft angezogener Abhandlung, dass im Hauptgange Mull Granit- und Diallag-Gesteine das Centrum einnemen, wärend Porfyre und Diabas die oberen und äusseren Partien des Hauptganges bilden. Andesit, Basalt und Trachyt endlich kennen wir als die Gestaltungen des vom Vulkane abfliessenden, stark aufgelockerten Magma.

Diese Tatsachen berechtigen nicht allein zu der Behauptung, dass die granitischen Gesteine unter höherem Druck entstehen, als porfyrische, und dass die trachytischen und basaltischen Gebilde unter dem geringsten Drucke ins

Dasein treten. Sie setzen uns auch in den Stand, bestimmt zu unterscheiden zwischen der Entstehungs-Geschichte der einzelnen Bestandteile. Ein Quarzkorn aus Granit, ein Diallag des Gabbro, ein Ortoklas aus Granit oder Porfyr erwecken in uns sogleich Vorstellungsreihen über die Art der Erstarrung jener Massen, von welchen das betreffende Mineral-Stückchen einen Teil ausgemacht. [1]) Ganz klar wird es uns auch, warum der monokline Feldspat im Trachyt einen so ganz anderen Habitus aufweist, als im Granit: den typischen Ortoklas-Charakter trägt dieser Feldspat, wo er in der Tiefe gebildet wurde; den glasig-rissigen Habitus aber erlangt derselbe, wenn er mit und im aufquellenden und sich durchglasenden Magma in Gebiete von geringerem Drucke wanderte und dort erstarrte.

4. Der Metamerie vergleichbare Zerfällungen des Magma.

Eine solche Aufklärung über die Abhängigkeit des morfologischen Charakters von den genetischen Bedingungen felt uns, wenn wir die Beziehungen zwischen Hornblende und Biotit, chemisch einander ser änlicher Mineralien, [2]) betrachten. Sämmtliche Gesteine, welche wegen bedeutenden Hornblend-Gehaltes als Hornblend-Gesteine bezeichnet werden, haben bekanntlich ire chemisch sowol, als auch texturell identen Parallel-Glieder, welche von ersteren nur darin sich unterscheiden, dass sie statt der Hornblende Biotit füren.

---

[1]) Auf die hydatogene Bildung der besprochenen anorganischen Gebilde kann ich in dieser Abhandlung keine Rücksicht nemen.

[2]) Nach Streng (Jb. Geol. 1867 p. 533) kommt dem Biotit in der Regel Vorwalten des Kali, der Hornblende ein grösserer Gehalt an Magnesia zu.

In demselben chemisch und texturell gleichartigen Strome können wir oft das Zurücktreten von Hornblende und das Vortreten des Biotit verfolgen.

In diesem und vielen analogen Fällen können wir weder auffallende chemische, noch solche genetische Verschiedenheiten nachweisen, welche sich in der Textur ausdrücken. Es ist diess eine Erscheinung, welche in der Petrografie eine bedeutende Rolle spielt. Sie wurde in Tafel I und I a zum Ausdrucke gebracht. Wir sehen in I a eine Reihe von Kategorien verzeichnet, welche als Parallel-Kategorien der vier Haupt-Kategorien (Tafel I) aufgefasst werden können. Es folgen, wie man ersieht:

1, 2 und 3 die Glimmer-Vicare unserer drei, die Hornblend-Gesteine umfassenden Zwischen-Kategorien (Z). Diese Parallel-Gesteine werden bezeichnet, indem man die Namen der entsprechenden Hornblend-Gesteine mit dem Worte Glimmer (besser Biotit) verbindet, z. B. Biotit-Syenit, Biotit-Diorit u. s. f.

Es folgen ferner 4 und 5, noch zwei Vicare unserer Zwischen-Kategorien Z, nemlich:

4, Foyait (und Biotit-Foyait = Miascit), ein vollkrystallinisches Gestein, dessen kleinporfyrische bis afanitische Vicare nicht in üblicher Weise durch einen Doppelnamen, sondern durch den Sondernamen Fonolit bezeichnet werden.

Diese Abweichung von den allgemeinen Regeln der Nomenclatur erklärt sich aus dem seltenen Vorkommen der vollkrystallinischen Ausbildung. Die porfyrisch-afanitischen Gesteine dieser Kategorie waren eben lange Zeit allein bekannt und erhielten darum einen Sondernamen. Als dann die granitische Ausbildung bekannt wurde (in welcher Eläolit statt des Nefelin auftritt), musste sie auch einen Sondernamen erhalten.

5, Melafyr, ein meist schlecht individualisirtes Gestein, welches chemisch der dritten Haupt-Kategorie angehört

und die Mineralien Ortoklas und Augit enthält. Dasselbe Magma kommt auch häufig in porfyrischer Ausbildung vor.[1]) Granitische Ausbildung kennt man nicht, im Gegenteile ist stark durchglaste Grundmasse gemein.[2])

6, der vollkrystallinische Gabbro, welcher als Diallag-Diabas bezeichnet werden kann. Das Gestein kommt auch in porfyrischer und kleinkörniger Ausbildung vor (Diallag-Porfyr, -Andesit und -Basalt.[3])

---

[1]) Solche Gesteine vermitteln den Uebergang zwischen Trachyt und Basalt in den Euganeen. Man nannte dieselben nach Abich's Vorgange Trachyt-Dolerit.

[2]) Ehedem wurden alle dunklen Gesteine mit durchglaster Grundmasse in diese Kategorie gesteckt. Zirkel (Basaltgesteine 1869 p. 198, und Zirkel: Mikroskopie 1873 p. 411, 416) und Haarmann (Untersuchung des Melafyr 1872) haben gezeigt, dass in diesem Falle mineralogisch allzu verschiedenes zusammengestellt wurde. Nachdem man die betreffenden Plagioklas-Augit-Gesteine, die an Hornblende und die an Olivin reichen Magmen in die geeigneten Stufen der Kateg. III, IV u. ZD eingereiht haben wird, dürfte sich wol ein chemisch und mineralogisch nicht allzu verschiedener Rest von Ortoklas-Plagioklas-Augit-Gesteinen ergeben, welcher dann eine eigene Kategorie wol verdient. Die Hauptschwierigkeit dürfte darin liegen, dass es unter sämmtlichen basischen Gesteinen Varietäten gibt, deren Grundmasse stark durchglast ist und ausser den Feldspaten wenige Ausscheidungen enthält. Solche mineralogisch nicht definirbare Gesteine, welche unter den basischen Gesteinen dieselbe Rolle spielen, wie die Obsidiane unter den sauren Kategorien, dürften wol nach dem örtlichen Schlieren-Zusammenhange mit besser individualisirtem Magma zu klassifiziren sein. Wollte man aber für diese Gesteine den Namen Melafyr beibehalten, so müsste man es mit diesem Begriffe ebenso halten, wie mit dem Obsidian. Man müsste diese Gebilde aus der mineralogisch-texturellen Systematik verbannen, und könnte von den „Obsidianen und Melafyren" geradeso, wie von den Tuffen, nur im Anhange zur petrografischen Systematik sprechen, wo man von mineralogisch nicht definirten Textur-Varietäten der ganzen Gesteinreihe handelt.

[3]) Olivin-reicher Gabbro stellt eine Parallel-Kategorie der Kat. IV dar und verdiente demnach wol einen Sondernamen. Ich habe diese Neben-Kategorie aus Mangel an Material nicht dargestellt.

7 und 8, Leuzitofyr und Nefelinit.[1]) — Endlich rechne ich zu den Neben-Kategorien auch die drei Kategorien Tonalit, Syenit und Diorit (ZT, ZS, ZD), deren Textur-Stufen ich hier zusammenstelle:

ZT 1 Tonalit (Quarz, Plag. und Hornblende).
2 Quarz-Porfyrit.
3 u. 3a Quarz-Andesit.
ZS 1 Syenit (Ortoklas und Hornblende).
2 Syenit-Porfyr.
3 u. 3a Ortoklas-Hornblend-Andesit.
ZD 1 Diorit (Plagioklas und Hornblende).
2 Hornblend-Porfyr.
3 u. 3a Hornblend-Andesit.

Warum ich diese Gesteine als Vicare der vier Haupt-Kategorien betrachte, warum ich denselben in der Tafel I nicht Gleichberechtigung mit den übrigen Kategorien erteilt, ersieht man aus folgendem Vergleiche der Mittelwerte dieser Gesteine mit den Mittelwerten der verschiedenen Glieder der Kategorien II und III.

		Gestein	Mittel der Ox. von Si	Al	Fe	Ca	Mg	K	Na
II.	1	Granitit	67·6	15·8	5·5	3·0	1·0	3·2	3·4
ZT	1	Tonalit	64·4	14·8	5·8	4·0	1·8	1·6	3·8
ZS	1	Syenit	59·8	17·0	8·3	5·3	2·5	2·9	3·3
II.	2	Feldspat-Porfyr .	59·7	17·9	5·6	3·3	1·8	4·1	4·3
ZD	3	Hornblend-Andesit .	59·3	17·3	7·6	6·5	2·0	2·4	3·9
II.	3	Feldspat-Trachyt	63·7	17·9	5·8	2·2	0·8	4·3	4·9
ZD	2	Hornblend-Porfyr .	62·5	16·5	6·5	2·7	1·4	3·9	2·9
III.	2	Augit-Porfyr . .	50·1	16·6	12·0	8·7	4·4	2·4	3·0
III.	3	Augit-Andesit .	56·5	15·8	11·6	5·8	2·6	1·6	3·1
ZD	1	Diorit	52·8	18·4	11·0	5·8	4·8	2·3	3·3

[1]) Die Analysen und deren Autoren sind: Tonalit anal. v. Rath (Z. II. p. 23). — Syenit anal. v. Zirkel (Z. I. 584 Nr. 7). — Fonolit anal. v. Rammelsberg Z. II. 193 Nr. 4). — Melafyr anal. v. Streng (Z. II. 55 Nr. 5). — Gabbro anal. v. Keibel (Z. II. 118 Nr. 1). — Leuzitofyr anal. v. Wedding (Z. II. 267 Nr. 4). — Nefelinit anal. v. Knop (Z. II. 260 Nr. 5).

In fast all diesen Fällen finden sich Glieder der Haupt-Kategorien, welche sich von den Gliedern der eben besprochenen Parallel-Kategorien weder chemisch noch texturell wesentlich unterscheiden. Gründlich verschieden aber ist allemal trotz chemisch-textureller Aenlichkeit der mineralogische Bestand. Zum mindesten ist ein Mineral der Haupt-Kategorie durch ein anderes, chemisch änliches, gestaltlich aber verschiedenes Gebilde vertreten (Stellvertretung der Hornblende durch Biotit und des Augit durch Hornblende).

Es kommt aber auch — und zwar in der Merzal der Fälle — vor, dass von einem vicariren chemisch änlicher Mineralien gar nicht die Rede sein kann, wie aus dem Vergleiche der Tafeln I und Ia zu ersehen ist. Roth hat zuerst auf diese Erscheinung aufmerksam gemacht, indem er betont, dass die Leuzit- und Nefelin-Gesteine in der Weise als Stellvertreter der Feldspat-Gesteine auftreten, dass dasselbe Magma einmal Feldspat, einmal Leuzit oder Nefelin ausscheiden kann. [1]) Innere Zerfällungs-Vorgänge sind in diesem Falle nach seiner Ansicht Ursache der verschiedenen mineralogischen Ausbildung. Man wird bei Betrachtung dieser merkwürdigen Erscheinung sogleich erinnert an analoge Tatsachen der Chemie — an Allotropie, Isomerie und Metamerie. Wie in diesen drei Fällen die chemisch identen elementaren Bestandteile unter geänderten Verhältnissen zu verschiedenen chemischen Verbänden sich umstellen, so hat sich

---

[1]) Dass solche Zerfällung-Vorgänge ser verwickelt sind, folgt daraus, dass die einzelnen Teile in einem und dem andern Falle durchaus nicht chemisch gleichwertig sind. Nur die Silicate Leuzit und Nefelin stehen in einfacher, wenn auch nicht vicarirender Beziehung zu dem Kali-, bez. Natron-Feldspat, indem gewisse Molekül-Gruppen beiden Mineral-Arten gemein sind. In anderen Fällen ist nicht einmal von einer solchen partiellen Aenlichkeit die Rede, so dass man nur die Summe der Bestandteile der einen Gestein-Kategorie als Vicar der Summe aller Teile der andern Kategorie bezeichnen darf.

auch in unserem petrografischen Falle eine Umstellung geltend gemacht, welche man als Metamerie höherer Ordnung bezeichnen mag.

Bischof zog zur Erklärung änlicher Erscheinungen die Tatsache an, dass Legirungen in verschiedene molekulare Gesellungen zerfallen, je nachdem sie rasch oder langsam erstarrten. [1]) Roth neigt sich gleichfalls der Ansicht zu, die wechselnden Zerfällungen würden durch die verschiedene Art der Abkülung bedingt. [2])

Ich habe bereits angedeutet, dass die Anhaltspunkte, welche uns so oft durch chemische und texturelle Unterschiede geboten werden, hier oft mangeln. Diess gilt für die Glimmer-Vicare der Hornblend-Gesteine, und für die drei Zwischen-Kategorien selbst.

Wir haben oben einen Vergleich gezogen zwischen diesen Gesteinen und verschiedenen Gesteinen der Haupt-Kategorien und gefunden, dass der Unterschied zwischen diesen Vicaren geringer ist als jener Unterschied, welcher zwischen den Gliedern je einer Kategorie herrscht.

In solchen Fällen felt uns natürlich die Berechtigung, die mineralogischen Verschiedenheiten von bestimmten chemischen oder genetischen Discordanzen herzuleiten. Mitunter aber liegen doch, wie Hunt betont, gewisse, wenn auch oft unbedeutende chemische Unterschiede vor, welche dann füglich

---

[1]) Scrope bezieht sich auf diess Gleichniss, benützt dasselbe aber nicht glücklich, um die schlierigen Verschiedenheiten des Magma zu erklären. Er glaubt nämlich an die Möglichkeit, dass aus einem hypotetisch homogenen Magma sich bald basische, bald kieselsäure-reiche Massen absondern können. Durch diese Anname sucht er die Tatsache zu erklären, dass ser viele Vulkane bald Basalte, bald Trachyte fördern (Scrope: Volcanos 1862 p. 125). Seine bezüglichen Anschauungen lenen sich an Durocher an, welcher an Entmischungs- und Saigerungs-Prozesse innerhalb der zwei von Bunsen aufgestellten Haupt-Magmen denkt.

[2]) Roth: Z. geol. Ges. 1864 p. 680.

als Ursache der verschiedenen Zerfällung betrachtet werden dürfen.[1]) Beachtenswert ist hiebei, dass immer nur ganz bestimmte chemische Schwankungen von massgebender Bedeutung sich erweisen. Diess ergibt sich, wenn man die Mittelwerte der Bestandteile änlicher Gesteine vergleicht (s. die Zalenangaben in III. 8). Es zeigt sich da z. B., dass Diorit, Hornblend-Porfyr und Hornblend-Andesit ser verschiedene Mittelwerte und grosse mittlere Schwankungen aufweisen, wärend im Gabbro und in den Leuzit- und Nefelin-Gesteinen gewisse Bestandteile in ziemlich beständigen Mengen auftreten. Die Summe der Oxyde von Fe, Ca und Mg ist im Gabbro constant und zugleich um ein Drittel grösser, als bei dem verwandten Diabas; die Summe der Alkalien in den Nefelin- und Leuzit-Gesteinen ist gleichfalls beständig und im Vergleiche zu den Gesteinen der entsprechenden Haupt-Kategorien hoch. Diess heisst offenbar nichts anderes, als dass die Ausbildung besagter Gesteine im ersten Falle einen ser wechselnden chemischen Bestand, im zweiten und dritten Falle hingegen nur geringe Variationen der genannten Bestandteile erlaubt und verträgt.

Beim Gabbro nun ist der Mergehalt an Eisen, Calcium und Magnesium so gross, dass man sich nicht wundern wird, warum diess Magma eine so ganz andere Ausbildung erfur, als das Diabas-Magma. Bei den Leuzit- und Nefelin-Kategorien aber steht augenscheinlich der Gegensatz dieser Gesteine zu der entsprechenden Haupt-Kategorie ganz ausser Verhältniss zu den chemischen Unterschieden. In diesen und anderen Fällen hat ein verhältnissmässig ser geringer quantitativer

---

[1]) Hunt: Americ. j. 1869 und geol. essays 1875 p. 67 verweist darauf, dass unter den basischen Gesteinen die einen durch Reichtum an Al, andere durch hohen Mg- oder K-Gehalt sich auszeichnen. Diese Tatsachen stehen, wie der Autor betont, im Widerspruche gegen Bunsen's Hypotese.

Wechsel der Bestandteile vollständige Umwälzungen im Magma bewirkt. Ich erinnere gleichnissweise daran, dass die Gestaltung von Salzlösungen durch minimale Beimengung gewisser Körper wesentlich beeinflusst wird, wärend andere Zusätze gleichgiltig sind. Sowie hier die morfologischen Beziehungen spezifisch empfindlich sind, so werden eben auch im Magma durch bestimmte Beimengungen metamere Prozesse eingeleitet, deren Erfolg ganz ausser Verhältniss steht zu der Geringfügigkeit der chemischen Aenderung.

In den angezogenen Beispielen waren es chemische, in anderen Fällen dürften es andere Factoren sein, welche die Zerfällung bedingen. Mit Roth mag man annemen, dass die Erstarrungs-Art von Einfluss sei. Ich verweise ferner auf die Ausfürung über den Zusammenhang von Druck und Erstarrungs-Temperatur. Wird die Erstarrung und Individualisirung der Körper in spezifischer Weise durch den Druck modifizirt, so wird begreiflicher Weise auch die Art und Reihenfolge der Ausscheidungen in verschiedener Tiefe wechseln. Mit anderen Worten: der Druck bedingt metamere Prozesse.

Endlich mag es auch vorkommen, dass verschiedene Durchtränkung metamere Vorgänge einleitet, one dem Gesteine zugleich einen auffallenden texturellen Charakter aufzudrücken. Diess dürfte für die Kategorie des Tonalit zutreffen. Sie gleicht der zweiten Haupt-Kategorie chemisch und texturell, zeichnet sich jedoch unter anderem durch ausgeschiedenen Quarz aus. Quarz verlangt aber zu seiner Ausbildung eine bedeutende Durchtränkung; es liegt die Vermutung nahe, dass dieser Factor die Zerfällung bewirkt habe. Scheidet sich in einem Magma der zweiten Kategorie infolge starker Durchtränkung Quarz aus, so muss offenbar der übrige Teil des Magma sich zu Mineralien individualisiren, welche ärmer an Kieselsäure sind, als die Mineralien der zweiten Kategorie.

Auch das Verhältniss des Melafyr zu der entsprechenden Haupt-Kategorie mag zum Teile auf verschiedener Durchtränkung (zum Teile auch auf chemischer Variation) beruhen. Die starke Durchglasung dieses Gesteines ist gewiss Folge schlierenweise geringer Durchtränkung, möglicherweise auch Ursache der eigentümlichen Mineral-Gesellung.

Es mögen zum Schlusse noch einige Beobachtungen über das Verhältniss der Ausscheidungen zur Constitution des Magma erwänt werden; Beobachtungen, welche die Anname metamerer Prozesse verlangen:

Roth stellt fest, dass man aus dem Kieselsäure-Gehalt eines Gesteines nicht auf die Art der ausgeschiedenen Feldspate schliessen darf, indem alle Feldspate aus Magmen krystallisiren können, welche mer oder auch weniger Kieselsäure enthalten, als der ausgeschiedene Feldspat.[1]) Zirkel warnt in gleichem Sinne, aus dem berechneten Kieselsäure-Ueberschusse eines Gesteines auf das Vorhandensein von Quarz oder freier Kieselsäure schliessen zu wollen.[2]) Endlich ist erwänenswert, dass die künstlichen Gläser nach Benrath's Untersuchung Entglasungs-Ausscheidungen liefern, welche saurer sind, als die nicht individualisirte Masse, wärend Schott in einer Reihe von Fällen die ausgeschiedenen Krystalle leichter löslich, mithin basischer fand, als die Grundmasse.[3]) Es haben wol auch in diesen drei Fällen verschiedene Zerfällungen stattgefunden. Welche der angegebenen Momente aber hier metamerisirend wirkten, ist nicht klar.

---

[1]) Roth: Z. geol. Ges. 1864 p. 690.

[2]) Zirkel: Jb. Geol. 1868 p. 709.

[3]) Schott: Ann. Fys. 1875 p. 436 f.

5. Ordnung der Gesteine nach deren chemisch-mineralogischen und genetisch-texturellen Eigenschaften. Grafische Darstellung.

Aus diesen Erörterungen geht hervor, dass die Art der Individualisirung im Magma allerdings von ser verschiedenen inneren und äusseren Bedingungen abhängt, dass aber unter all diesen Factoren doch dem chemischen Bestande weitaus die entscheidendste Bedeutung zukommt.

Wovon der Grad der Individualisirung (Textur) abhängt, haben wir an anderer Stelle erörtert. Dort wurde festgestellt, dass unter allen inneren und äusseren Bedingungen wol die Impregnation (welche ererseits vom Erstarrungs-Drucke, also von genetischen Verhältnissen abhängt), die grösste Rolle spielt. Der mineralogische Charakter eines Gesteines hängt also vor allem ab von dem chemischen Bestand des Magma, die Textur hingegen von den genetischen Beziehungen. Da nun sowol Grad, als auch Art der Individualisirung bei vielen Auswurf-Gesteinen leicht kenntlich sind, folgt, dass eine auf den blossen Anblick begründete Einteilung der Gesteine in vielen Fällen inneren Wert haben muss, indem sie unbewusst auch die tieferliegenden, chemischen und genetischen Einteilungs-Gründe umfasst. Teilt man die Eruptiv-Gesteine ein nach den wesentlichen mineralogischen Bestandteilen, so hat man unwillkürlich den chemischen Einteilungsgrund ins Spiel gebracht; teilt man sie ein in granitische, porfyrische, afanitische und glasige, so hat man unbewusst die genetischen Verhältnisse berücksichtigt.

Beide Einteilungs-Gründe, der mineralogisch-chemische und der texturell-genetische wurden seit alten Zeiten vorgeschlagen und durchgefürt. Aber erst in unserer Zeit gewinnt die Einteilung der Gesteine infolge der verbesserten

Untersuchungs-Metoden grössere Klarheit und Bestimmtheit. Schon im Jare 1825 schlug Scrope[1]) eine Einteilung der Laven vor einerseits in trachytische (lichte, leichte und feldspat-reiche), anderseits in basaltische (dunkle, schwere, augit- und hornblende-hältige, mithin eisenreiche). — Mit den Fortschritten der Analyse gewann die Einteilung der Gesteine in diesem Sinne auch grössere Präcision. Kjerulf, v. Hochstetter, Scheerer ordnen das bekannte Gestein-Material nach chemisch-mineralogischen Gesichtspunkten; Roth unterscheidet zum ersten Male sämmtliche Kategorien nach der Natur des Feldspates und leitet dadurch einen Fortschritt ein, auf welchen Abich bereits im Jare 1841 hingewiesen.[2])

Anderseits wurde hervorgehoben, dass Laven von gleicher Constitution mit verschiedenem texturellem Habitus auftreten können. Dolomieu betont, dass sich poröse Laven zu compacten nicht anders verhalten, als gegangenes Brod zu sitzen gebliebenem,[3]) ist übrigens der Ansicht, dass solch verschiedene Ausbildungs-Weise nicht füglich als Einteilungsgrund verwertet werden könne (daselbst p. 178). v. Cotta[4]) macht aufmerksam, dass wol jede Mineral-Combination der Eruptiv-Gesteine in granitischer, porfyrischer, dichter,[5]) endlich in glasiger Ausbildung vorkomme und heute besitzt die Petrografie schon eine Nomenclatur, welche

---

[1]) Scrope: Volcanos 1825 p. 86.

[2]) Abich: Vulk. Erscheinungen 1841 p. 6.

[3]) Dolomieu: Îles Ponces 1788 p. 300.

[4]) v. Cotta: Geol. Bilder 1852 p. 123.

[5]) Ich habe den Ausdruck „dicht" im Sinne des Petrografen an keiner andern Stelle angewendet, weil die Fysiker mit eben diesem Worte seit Jarhunderten einen ganz andern Sinn verbinden. Es ist misslich, wenn man z. B. constatiren muss, dass viele im Sinne des Petrografen dichte (afanitische) Gesteine im Sinne des Fysikers weniger dicht sind, als deren vollkrystallinische Vicare, von welchen der Petrograf aussagt, sie seien nicht dicht.

in jedem Falle nicht allein die mineralogischen, sondern auch die texturellen Eigenschaften der Gesteine berücksichtigt. Man unterscheidet eine Reihe mineralogischer Typen und teilt dieselben in verschiedene Textur-Arten; jeder derzeit gebräuchliche Gesteinsname repräsentirt und verlangt demnach eine mineralogisch-texturelle Definition. Ich habe diese übliche und rationelle Einteilungs-Weise für die Auswurf-Gesteine (zumeist im Anschlusse an Tschermak und Zirkel) tabellarisch durchgefürt, um an der so geordneten Gesteinreihe den natürlichen Wert und die Bedeutung der einzelnen Gesteinbegriffe zu erproben. Wir besprechen zunächst die texturelle Einteilung.

Das Alter der Gesteine, welches durch Missverständniss (s. II. 26) lange Zeit als Ursache der verschiedenen Textur betrachtet wurde, verwertet Zirkel bereits seit einer Reihe von Jaren nicht mer als Einteilungsgrund. Glücklicher Weise kann diess Moment aus der Nomenclatur ausgeschieden werden, one dass man die Neuerung irgendwie bemerkt. Es zeigt sich nemlich, dass die Hypotese über den Zusammenhang zwischen Alter und Textur nirgend in der Nomenclatur zum wörtlichen Ausdrucke kam. Man glaubte allerdings, dass der Porfyr eine jüngere Ausbildung des alten Granit-Magma und dass der Trachyt die moderne Gestaltung des Porfyr sei. Doch nannte man den Porfyr desshalb nicht etwa Neo-Granit u. s. f., sondern begnügte sich, die Textur des Gesteines in irgend einer Weise zu bezeichnen. Die gute Folge dieser Zurückhaltung ist, dass man derzeit die alten Namen beibehalten kann, wärend man die alte Hypotese negirt. Man braucht sich nur gegenwärtig zu halten, dass die alte Einteilung keine chronologische Bedeutung hat, und sie bleibt als texturelle Classification vollkommen zu Recht bestehen. Die einzige tatsächliche Aenderung, welche vorgenommen werden muss, ist die Einordnung der vulkanischen Gesteine älterer Formationen in die neue Nomenclatur.

Alte Trachyte und Basalte wurden ehedem, um deren Alter zu bezeichnen in die Namen Porfyr und die vieldeutigen Ausdrücke Melafyr oder Trapp eingezwängt. Solche consequente Absurditäten, deren Unzukömmlichkeit von Tschermak, Allport[1]) und anderen Forschern betont wird, müssen natürlich beseitigt werden.

6. Mängel der texturellen Einteilung, zum Teile natürlich begründet, zum Teile willkürlich.

Ist der Einteilungsgrund des Alters beseitigt, so haben wir zu operiren mit einem einfachen texturellen Schema, welches übersichtlich, wenn auch nicht immer scharf und consequent ist. Die Einteilung ist nicht scharf, weil Uebergänge von einem texturellen Typus zum andern füren, mithin die Abgrenzung der Begriffe Granit, Porfyr, Trachyt u. s. f. gegeneinander eine ideelle sein muss. Die Einteilung ist nicht durchgreifend consequent, weil die übliche Bezeichnung für die Texturglieder der verschiedenen mineralogischen Typen nicht nach ein und demselben Gesetze construirt ist. Das unterste Glied der basischen Kategorien umfasst nämlich, wie wir aus Tafel I ersehen, fast nur körnige bis afanitische Gesteine, wärend das unterste Glied der kieselsäure-reichen Gesteine nach der gebräuchlichen Systematik nur schlierig durchglaste (Ryolite) und ganz glasige Gebilde (Obsidian und Bimsstein) enthält. Diese Anomalie ist zum Teil in der Natur begründet, zum Teil aber willkürlich und mithin

---

[1]) Tschermak: Porfyr-Gesteine 1869 p. 269 u. 273 f. Allport wendet sich neuerlich entschieden gegen Berücksichtigung des Alters in der Systematik und weist nach, welch' trostlose Verwirrungen und Widersprüche durch Annahme dieses Einteilungs-Grundes herbeigefürt werden. Geol. mag. 1875 p. 584.

einer Aenderung fähig. In der Natur begründet ist es, dass das vierte Glied der basischen Kategorien keine Gläser oder solche nur spärlich umfasst, weil die basischen Gesteine eben nicht jenen Hang zur Entstaltung haben, wie die kieselsäure-reichen und weil vollkommene Verglasung bei den basischen Gesteinen selten und dann meist nur local vorkommt. Willkürlich hingegen ist es, dass die vierte Stufe der höheren Kategorien in der üblichen Nomenclatur zwar glasige und halbdurchglaste, aber keine körnigen Gesteine umfasst, für welche Textur-Varietät doch bei der dritten und vierten Kategorie der Sondername Basalt geschaffen wurde. Der Anfänger könnte leicht glauben, dass die körnige Ausbildung ein Privilegium des Basalt sei. Das ist aber nicht der Fall, sondern es findet sich diese Textur auch bei den verschiedenen anderen Gestein-Typen und zwar häufig. Solche Korngesteine werden üblicherweise jedoch zu den Trachyten, bez. Andesiten gezält. Man könnte, um diesen Feler zu verbessern, Augit-Andesit und Basalt in einen Begriff zusammenfassen, oder man könnte bei allen übrigen Gesteinen der Stufe 3 eine Zweiteilung in porfyrische und in kleinkörnig-afanitische Varietäten durchfüren. Ich habe in Abneigung gegen Neuerungen, weder das erste, noch das zweite vorgenommen, sondern einfach durch Zalenzusatz den Ueberfluss, bez. die Lücken angezeigt und so eine grössere Klarheit in die Einteilung zu bringen gesucht. Die so geänderte Tafel umfasst in den Gliedern 1 und 2 jeder Kategorie die granitischen und porfyrischen Tief-Gesteine, in der Stufe 3 die porfyrischen Laven (Subaëril-Gesteine), in dem Gliede 3 a die kleinkörnigen und afanitischen Laven. Hiezu gesellen sich in den oberen Kategorien die halb- und ganz-glasigen Ausbildungen 3 b. Als Anomalie wurde es bezeichnet, dass die körnigen Glieder der dritten und vierten Kategorie sich des Sondernamens Basalt erfreuen, wärend den körnigen

Trachyten und Hornblend-Andesiten keine solche Auszeichnung zukommt.

Und nicht genug hieran: die Basalte wurden seinerzeit noch untergeteilt in Basalt im engeren Sinne, Dolerit und Anamesit, wobei Reichtum an Feldspat und Grösse des Kornes massgebend waren. Ich glaube, die Nomenclatur kann nur gewinnen, wenn man diese Detail-Gliederung beseitigt. Es ist störend, wenn ein Glied einer Reihe in so ungerechtfertigter Weise den anderen gegenüber durch Specialisirung ausgezeichnet wird.

Im Gegensatze zu diesen willkürlichen Ungleichförmigkeiten der Benennung, welche sich auf geringe texturelle und chemische Unterschiede stützen, fällt es auf, dass die Glieder 3 b der obersten Kategorie sich dem Namen nach nicht unterscheiden von den Gliedern 3 b der zweiten Kategorie. Hier wurde mit der Namengebung gespart — und mit Recht; denn die Classification aller anderen Gesteine stützt sich auf eine mineralogische Prüfung. Die glasigen Gebilde aber enthalten meist so spärlich Krystalle, dass man sie notwendig nach irer texturellen Charakteristik und one Rücksicht auf den mineralogisch-chemischen Bestand benennt. Entwirft man eine Tabelle, so muss man allerdings die zwischen weiten chemischen Grenzen schwankenden Analysen der Obsidiane u. s. f. zerreissen und die kieselsäure-reicheren Glieder der ersten, die basischeren der zweiten Kategorie einverleiben. [1])

---

[1]) Die Obsidian-Analysen in Zirkel's Petrografie (1866 II. p. 237) entsprechen, mit Ausname von Nr. 7 und 8, der ersten Kategorie. In gleicher Weise fällt auch die Merzal der Bimsstein-Analysen in diesen chemisch-mineralogischen Begriff. Nur wenige basische Glas- und Schaum-Gesteine sind der Kat. II (und selbst der Kat. III) einzuordnen.

7. Der chemisch-mineralogische Einteilungsgrund.

Wir haben betont, dass die texturellen Definitionen nicht scharf sein können, weil Uebergänge von den vollkrystallinischen bis zu den ganz entstalteten Arten füren, dasselbe gilt für die mineralogisch-chemischen Begriffe. In meiner ersten Arbeit habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass das Erdinnere aus einem übergang-reichen Schlierenverbande verschiedener Magmen bestehe.[1]) Streng genommen haben wir es demgemäss in der unorganischen Welt noch weniger, als im organischen Reiche (wo die unbeständigen Uebergangs-Glieder untergehen), mit einer Summe scharf geschiedener Typen, sondern mit einer einzigen Uebergangreihe zu tun. Eine solche Uebergangreihe aber kann der menschliche Geist nicht bemeistern und verarbeiten, wenn er sie nicht in Teile zerfällt. Er braucht Grenzmarken, Ruhepunkte. Im Reiche der Farben, der Töne und der Wärme sind Scalen eingefürt; in der Petrografie hat man seit jeher dasselbe angestrebt. Wärend aber die Scalen der Wärme, der Farben und Töne in der Natur begründete scharfe Abschnitte besitzen, gibt es in der Uebergangreihe der Gesteine keine entsprechend scharfen und zugleich natürlichen Grenzen. Nur annäherungs- und schätzungsweise können die Begriffe definirt werden. Mit Macht strebt die Petrografie diese Aufgabe zu erfüllen. Aus einem Wuste von Namen werden die brauchbaren ausgewält und mit möglichst klarer Begriff-Bestimmung versehen. Ganz beseitigt aber werden jene, welche sich auf wertlose Einteilungsgründe stützen oder welche in allzu verschiedenem Sinne gebraucht wurden und werden.

---

[1]) Ich verweise auf meine Ausfürung über die schlierige Beschaffenheit des Erdinnern. Reyer: Euganeen 1877 p. 69 f.

Die meisten Feler wurden ehedem bei Bestimmung der afanitischen Gesteine gemacht. So bezeichnete man, solange das Mikroskop nicht angewendet wurde, mit den Namen Trapp, Melafyr, Basalt, wie begreiflich, alle dunklen kleinkörnigen bis afanitischen Mineral-Gesellungen. Wie die Chemiker seiner Zeit alles, was bei einer Analyse nicht bestimmt werden konnte, als Extractiv-Stoffe bezeichneten, so belegte der Petrograf seine nicht definirbaren Dunkelgesteine mit dem einen oder anderen dunklen Namen. Dieser Versuch, das Unwissen hinter einem exotischen Namen zu verbergen, hat seine üblen Folgen bis auf unsere Zeit, in welcher viel tüchtige Kraft verbraucht wird, um die alten inhaltlosen Ausflucht-Namen zu beseitigen oder denselben einen wolbegrenzten Inhalt zu geben. Beseitigt wurde von den deutschen Petrografen der begrifflose Name Trapp, Inhalt bekamen die Bezeichnungen Melafyr und Basalt. Ersteren Namen dürfte man, wie wir gesehen haben, am besten auf die Ortoklas-Augit-Gesteine beschränken. Letzterer Name wurde auf die Stufe 3 a der Kategorien III und IV beschränkt. Die als Dolerit und Anamesit bezeichneten Varietäten des Basalt dürften aufzulassen sein, [1]) wärend anderseits ein grosser Teil der Gesteine, welche ehedem mit dem Namen Basalt benannt wurden, Zirkel's Untersuchungen gemäss in die Reihe der Nefelin- und Leuzit-Gesteine gehört. [2]) Es

[1]) Die als Dolerit und Anamesit bezeichneten Gesteine sind feldspatreiche Basalte, in welchen neben dem Feldspat wenig Augit oder verfliessende basische Grundmasse auftritt (Zirkel: Basaltgesteine 1870 p. 88 und 190). Sie verhalten sich zu den augit-reichen Basalten, wie der sogenannte Labrador-Porfyr zu dem Augit-Porfyr. Ich habe auch letztere zwei Namen in einen Begriff vereint, welcher etwa den gleichen Umfang aufweist, wie der erweiterte Begriff (Augit-) Basalt.

[2]) Zirkel (Basalt-Gesteine 1870 p. 108) bezeichnet die afanitischen Stufen der Nefelin- und der Leuzit-Kategorien einstweilen noch mit dem Namen Nefelin- und Leuzit-Basalt.

braucht wol nicht hervorgehoben zu werden, dass die ehedem als Trapp, Melafyr und Basalt bezeichneten Gesteine einer Durchsicht bedürfen und dass man nur jene Analysen verwerten kann, deren Gesteine neuerlich einer mikroskopischen Prüfung unterworfen wurden.

Ein anderer wesentlicher Feler der Nomenclatur war der Gebrauch von Namen, welche allzu verschiedene (allerdings durch Uebergänge verbundene) Glieder umfassten. Wir wollen die Namenbildung an einem Beispiele verfolgen.

Unter den vulkanischen Feldspat-Gesteinen fallen auf: einerseits lichte, anderseits dunkle. Die lichten bestehen wesentlich aus Kali- und Natron-Feldspat. Da gibt es Handstücke, in welchen der erstere in den Vordergrund tritt, daneben unterscheidet man vielleicht auch einige Quarzkörner. In einem andern Stücke tritt der Quarz sogar reichlich auf. Anderseits gehören hieher aber auch Feldspat-Gesteine, in welchen der Plagioklas vorherrscht. Daneben stellt sich da und dort Hornblende, endlich auch Augit ein. Und all diese durch Uebergänge häufig untereinander verbundenen Gesteine wurden unter den Namen Trachyt einbezogen. Die dunklen körnig bis afanitischen Vulkan-Gesteine hingegen begriff man unter den Namen Basalt.

Welche Berechtigung aber hat eine solche Einteilung und in welchem Verhältnisse stehen die zwei Namen Trachyt und Basalt? Der Basalt ist körniges Augit oder Olivin-Magma. Der Trachyt hingegen ist nach obiger Schilderung bald Quarz-, bald Ortoklas-, bald Plagioklas-Gestein von porfyrisch bis körniger Ausbildung. Endlich umfasst er noch hornblende- und augit-hältige Magmata von porfyrischem Habitus. Die zwei Begriffe Trachyt und Basalt sind also dem Umfange nach durchaus nicht gleichwertig. Dass auch das texturelle Moment in der alten Einteilung ungleich und felerhaft verwertet wurde, ist ebenso klar. Die dunklen körnigen Gesteine wurden als Dolerit, Anamesit und Basalt

bezeichnet, je nachdem das Korn kleiner oder grösser war, der Feldspat etwas vorherrschte oder nicht. Aenliche offenbar wertlose Unterschiede wurden jedoch beim Trachyt nicht gemacht. Ja dort wurden nicht bloss alle körnigen Arten, sondern auch sämmtliche Gesteine von porfyrischem Gefüge mit demselben Worte bezeichnet. Durch Rose und andere Forscher wurde die so beschaffene alte Einteilung von Grund aus umgestaltet. Die an Hornblende und Augit reichen porfyrischen Gesteine der alten Trachyt-Gruppe wurden in die Kategorien Z D und III als Andesite eingeordnet. Die übrigen Kategorien unserer Tafel aber wurden gebildet, indem man dem alten Reihen-Namen Trachyt die Bezeichnung des herrschenden Minerales vorsetzte. Der Reihen-Name Trachyt wurde also in die einzelnen, annähernd gleichwertigen Glieder Quarz-Trachyt, Feldspat-Trachyt [1]) und Andesit aufgelöst. Dass die so gebildeten Begriffe je nach irem texturellen Habitus füglich nochmals geteilt, dass die körnigen und afanitischen Gesteine, welche bisher zu den Trachyten und Andesiten gezält wurden, abgetrennt und der Stufe 3 a zugewiesen werden könnten, wurde bereits hervorgehoben.

Die so eingeteilten Stufen 3 und 3 a harmoniren nun untereinander so ziemlich. Noch vollständigerer Einklang der Benennung herrscht unter den Gliedern 2 sämmtlicher Kategorien. Ir textureller Habitus wird in einheitlicher Weise durch den Ausdruck „Porfyr", ir mineralogischer Bestand durch Nennung des wesentlichen Gemengteiles gekennzeichnet. Die Namenbildung der ersten Glieder sämmtlicher Kategorien endlich zeichnet sich dadurch aus, dass für sämmtliche be-

[1]) Ich habe Ortoklas- und Plagioklas-Trachyt in eine Kategorie gebracht, da diese Gesteine in typischer Ausbildung selten vorkommen, man vielmêr meist beide Arten von Feldspat vereint trifft. Mit den übrigen Gliedern der Kategorie II habe ich es ebenso gehalten, so dass jetzt jede Stufe dieser Kategorie die Gesteine umfasst, welche vorzugweise Feldspat füren.

züglichen Gesteine einfache Sondernamen angenommen wurden und nicht, wie für die anderen Gesteine, Wortzwillinge. Mit diesen Sondernamen wird der mineralogische und der texturelle Charakter zugleich bezeichnet. Dieser Vorzug kommt diesen Gesteinen zu, weil deren makroskopischer Bestand am leichtesten bestimmbar und daher seit alter Zeit bekannt ist.

Ueber die Bezeichnung der Gesteine, welche zwischen je zwei der angefürten Artbegriffe den Uebergang vermitteln, ist zu bemerken, dass dieselbe ausgefürt wird bald durch Verbindung eines Artnamens mit dem Namen des Gemengteiles, welcher den Uebergang vermittelt (z. B. Hornblende-Trachyt), bald durch Verbindung zweier Artnamen (z. B. Syenit-Granit). Unzulässig scheint es mir, solche Zwischenglieder durch Sondernamen auszuzeichnen, da dieser Vorzug nicht einmal allen typischen Gliedern der normalen Kategorien zukommt. In zweifelhaften Fällen dürfte es sogar rätlich sein, die natürlichen Verhältnisse einfach zu beschreiben und die Uebergangs-Glieder gar nicht zu benennen. Ich denke hiebei insbesondere an die Verbindung verschiedener Schlieren in einem Hauptgange. In einem solchen Falle treten so viele Uebergangs-Gesteine auf, dass es (wie Tschermak betont) weder möglich, noch geraten wäre, jedes Glied besonders zu taufen. [1])

Einheitlich ist die dargelegte Nomenclatur allerdings noch nicht, aber sie entspricht dem historischen Entwicklungsgange, welcher der Sprache immer seine Vorzüge, wie seine

---

[1]) Im Gegensatze zu solcher Auflösung schlieriger Gangmassen in zallose Uebergangs-Glieder versuchte man in mereren Fällen, die ganze Schlieren-Masse durch einen Namen zu umfassen. Eine solche Ueberweitung der petrografischen Begriffe scheint mir aber noch unglücklicher als die besprochene Specialisirung, indem sie das Bestreben hat, ebenso viele Complex-Namen von rein localem Werte zu schaffen, als es Schlieren-Verbände gibt.

Mängel aufdrückt; sie entspricht auch dem Stande der jungen Wissenschaft, welche sich fort und fort umbildet. Mit Absicht habe ich nur den vollkrystallinischen Gesteinen Sondernamen belassen. Die Zwillingnamen der übrigen Gesteine scheinen mir im allgemeinen verständlich und derzeit wol anwendbar, indem sie durch iren provisorischen Charakter zur Verbesserung auffordern, jede zweckdienliche Neuerung erleichtern und gewisse Ideen-Associationen begünstigen, welche wir entberen müssen, sobald wir Sondernamen schaffen (s. III. 15).

8. Vorschlag zur Vereinfachung der Nomenclatur.

Es sei mir zum Schlusse der Ausfürungen über Namengebung gestattet, eine Aenderung der herrschenden Nomenclatur anzudeuten, durch welche das petrografische Schema ser an Fasslichkeit und Uebersichtlichkeit gewänne. Diese Aenderung betrifft das Glied 3 sämmtlicher Kategorien. — Das Glied 1 hat in der Systematik immer einen Sondernamen, durch welchen Textur und mineralogischer Bestand bezeichnet wird; die Textur des Gliedes 2 wird durch das Wort Porfyr, der mineralogische Bestand durch Nennung des charakteristischen Minerales bezeichnet; das Glied 3 aber wird je nach dem chemischen Bestande und der Textur durch verschiedene Sondernamen, welche Reihennamen sind, ausgezeichnet. — Es scheint mir nun einfach, die Nomenclatur auch in diesen Fällen so einzurichten, wie bei den Gliedern 2 aller Kategorien, und zwar würde sich der Name Lava zur Bezeichnung der Genesis eignen; durch Nennung des charakteristischen Minerales aber wäre der mineralogische Typus anzuzeigen.

Wir hätten dann in den Gliedern 1 alle Tiefgesteine vereint und mit Sondernamen versehen, deren Nennung

genügte, um die Vorstellung über die Genesis und den mineralogischen Typus des betreffenden Gesteines wachzurufen.

Die Glieder 2 umfassten die Gesteine von mittel-tiefer Genesis. Das Wort Porfyr erweckt die bezügliche Vorstellung über die Genesis.

In die Glieder 3 endlich wären vereint die Oberflächen-Gesteine, deren Genesis durch den Namen Lava angezeigt wird.

Statt der Nennung des bezeichnenden Minerales könnte man endlich in letzteren Fällen den Sondernamen des vollkrystallinischen Typus der Kategorien einsetzen, wodurch die mineralogischen und genetischen Beziehungen zwischen den Gliedern je einer Kategorie noch übersichtlicher würde. Wir gewännen dann z. B. für die drei ersten Haupt-Kategorien folgendes Namen-Schema:

I. 1. Granit.
   2. Granit-Porfyr (Quarz-Porfyr).
   3. Granit-Lava (Quarz-Trachyt).

II. 1. Granitit.
   2. Granitit-Porfyr (Feldspat-Porfyr).
   3. Granitit-Lava (Feldspat-Trachyt).

III. 1. Diabas.
   2. Diabas-Porfyr (Augit- und Labrador-Porfyr).
   3. Diabas-Lava (Augit-Andesit und Basalt, Dolerit, Anamesit).

Ferner erhielten wir die Reihen:

1. Syenit,
2. Syenit-Porfyr (Ortoklas-Porfyrit),
3. Syenit-Lava (Ortoklas-Andesit).
1. Diorit,
2. Diorit-Porfyr (Hornblend-Porfyr),
3. Diorit-Lava (Hornblend-Andesit) u. s. f.

Die Einfachheit, welche durch diese Aenderung erzielt wird, ist wol einleuchtend. Es ist aber auch das Bedenken zu berücksichtigen, dass man dem Namen Lava ehedem nicht eine genetische, sondern eine chronologische Bedeutung gab. Wer heute noch an dem chronologischen Einteilungsgrunde festhält, wird demnach Einsprache erheben gegen die Anwendung des Ausdruckes Lava in dem von mir gebrauchten Sinne.

Ferner ist auch ser zu beachten, dass durch die vorgeschlagene Aenderung drei gebräuchliche, wenn auch nicht scharf definirte Reihen-Namen aus der Literatur entfernt würden. Namen aber, welche ire Geschichte haben, lassen sich aus irer gewonheit-rechtlichen Stellung nicht leicht verdrängen. Ueberdiess wird derzeit so viel neues eingefürt, dass es fraglich bleibt, ob nicht eine mangelhafte und alte, dafür aber stabile Nomenclatur der einfachsten und fasslichsten Neuerung vorzuziehen sei. Von dieser Ueberlegung geleitet, habe ich mich begnügt, an diesem Orte einen Vorschlag zu tun; in der ganzen übrigen Arbeit aber verhalte ich mich, wie man finden wird, der Nomenclatur gegenüber durchaus conservativ.

9. Umfang der Gesteinbegriffe grafisch dargestellt.

Die in III 7 vorgefürte Systematik, welche sich, wie ersichtlich, auf den mineralogischen und texturellen Befund stützt, umfasst annähernd gleichwertige Glieder. — Den Umfang der einzelnen Begriffe genauer zu prüfen, soll hier versucht werden.

Die Gesteinbegriffe werden fixirt durch die mineralogische Definition. Man bestimmt, welche Mineralien als wesentliche Gemengteile (also in nicht unbedeutender Masse) vorhanden sein müssen. — Offenbar ist nun eine solche,

auf eine beiläufige Schätzung der Mengen-Verhältnisse sich stützende, Definition schwankend, insbesondere desshalb, weil man es in allen Fällen mit Gliedern einer Uebergangsreihe zu tun hat. Fast notwendig muss der örtlich herrschende Schlierenverband einseitige Ueberweitung der Begriffe herbeifüren. Herrscht z. B. in einer Gegend Trachyt vor, so wird man leicht einen an Hornblende reichen Trachyt als eine Varietät des Trachyt auffüren, wärend man genau dasselbe Gestein in einem Gebiete, in dem viele Andesit-Ströme auftreten, unbedenklich zum Andesit rechnet. Solche Verleitung des Urteiles ist nicht etwa bloss möglich, sondern sie ist eine psychologische Tatsache. Bei Zertrennung einer Uebergangsreihe in einzelne Glieder stellen wir regelmässig, je nach dem Ausgangspunkte der Betrachtung, verschiedene Grenzen fest. Man denke nur an die Verschiebung der Begriffgrenzen der Farben, je nachdem man das Spectrum in der Richtung von rot zu blau oder umgekert durchläuft.

Um nun über diese und andere Feler klar zu werden, braucht man immer absolute Scalen. Dem Fysiker dienen die Schwingungszal, der Ausdenungs-Coëfficient u. s. f. als unverrückbare Massstäbe; der Petrograf misst seine Begriffe an der chemischen Scala.

Wir haben in Tafel I typische Analysen der verschiedenen Gesteine auf eine solche Percentual-Scala aufgetragen, um eine beiläufige Vorstellung über die Zusammensetzung der gemeinsten Feldspat-Gesteine zu erlangen. In Tafel III beobachten wir dieselbe Anordnung, begnügen uns aber nicht mit Angabe typischer Analysen, sondern geben sowol die mittleren Werte der Kieselsäure, als auch die mittleren Abweichungen für denselben Bestandteil, welche beide Angaben zur Vergleichung der Begriffe genügen. Die erste Zal wird bekanntlich erhalten, indem man die Summe der Kieselsäure-Werte durch die Zal der Analysen teilt; die zweite gewinnt man, indem man die Zalen, um welche jeder Einzelwert von

dem Mittelwerte der Kieselsäure abweichen, addirt und durch die Zal der Analysen teilt. Die so erhaltene Zal ist eine relative; sie bezieht sich auf den Mittelwert und hat also bei gleichem Umfange, um so höhere Bedeutung, je basischer das Gestein und umgekert. Man kann diesen Wert demnach auch in Procenten (bezogen auf den Mittelwert = 100) ausdrücken. — Derselbe ist für unsere Betrachtung wichtiger, als die übliche Angabe der äussersten Abweichungen. Aus den letzteren können wir nicht ersehen, ob sämmtliche zwischen den Extremen liegenden Werte der Kieselsäure gleich häufig vorkommen, oder ob die meisten Werte dieses Bestandteiles dem Mittelwerte nahe liegen, wärend die Extreme einsam und unvermittelt dastehen; ob also die Mineralien des betreffenden Gesteines gegen bedeutendere Schwankungen des chemischen Bestandes unempfindlich sind, oder ob im Gegenteile der Mineral-Verband nur geringe chemische Schwankungen verträgt. Hierüber aber erhalten wir Aufschluss durch die Schwankungswerte.

Ich lasse hier die numerischen Angaben folgen:[1])

---

[1]) Die Mittel und mittleren Abweichungen wurden meist nach Zirkel's Petrografie berechnet. Granitit umfasst Roth's quarzarme Granite, das erste Glied der Kategorie IV begreift Roth's Olivin-Serpentin- und Schiller-Fels; Olivin-Basalt ist dessen olivin-reicher Basalt (Roth: Abh. Akad. Berlin 1869). Bei den Zwischen-Kategorien Tonalit und Diorit wurde das Mittel aus allen Textur-Gliedern gezogen. Bei den übrigen Zwischen- und Parallel-Kategorien aber muss man sich aus Mangel an Material begnügen mit dem Mittel des gemeinsten (meist des vollkrystallinischen) Textur-Typus.

	Haupt-Kategorien	Mittel der SiO_2	Mittlere Abweichung
I.	Granit	72·4	1·1
	Quarz-Porfyr	74·3	2·7
	Quarz-Trachyt	76·6	2·6
	Glasige Ausbildung nicht berücksichtigt.		
II.	Granitit	67·6	3·1
	Feldspat-Porfyr	59·7	2·9
	Feldspat-Trachyt	63·7	1·6
	Glasige Ausbildung nicht berücksichtigt.		
	ZT Tonalit, Quarz-Porfyrit und Quarz-Andesit	64·4	4·4
	ZS Syenit (und Syenit-Porfyr)	59·8	1·7
	ZD Diorit, Hornblende-Porfyr und Hornblend-Andesit	58·4	3·7
III.	Diabas	49·8	1·8
	Augit- und Labrador-Porfyr	50·1	3·1
	Augit-Andesit	56·5	1·7
	Basalt, Dolerit, Anamesit	51·8	3·2
IV.	Olivin-, Serpentin u. Schiller-Fels	40·6	2·1
	Hat keine Neigung zu porfyrischer Ausbildung.		
	Olivin-Basalt	44·5	4·9

Parallel-Kategorien	Mittel	Mittlere Abweichung
1. 2. 3. Glimmer-Vicare der Z-Kategorien	—	—
4. (Foyait u.) Fonolit	58·3	1·4
5. Melafyr (u. Trachyt-Dolerit) . . .	55·9	2·0
6. Gabbro (u. Diallag-Porfyr)	50·2	2·3
7. Leuzitofyr	48·4	1·9
8. Nefelinit	45·1	3·0

Mittelwerte der Haupt-Kategorien.

	Gestein	Mittel der Oxyde von Al	Fe	Ca	Mg	K	Na
I.	Granit	14·9	2·8	1·7	0·3	4·4	3·4
	Quarz-Porfyr . . .	13·1	2·8	1·2	0·5	4·5	2·5
	Quarz-Trachyt . .	11·7	2·0	0·9	0·3	3·5	4·6
II.	Granitit	15·8	5·5	3·0	1·0	3·2	3·4
	Feldspat-Porfyr . .	17·9	5·6	3·3	1·8	4·1	4·3
	Feldspat-Trachyt .	17·9	5·8	2·2	0·8	4·3	4·9
	ZT Tonalit Quarz-Porfyrit u. Andesit .	14·8	5·8	4·0	1·8	1·6	3·8
	ZS Syenit (u. Syenit-Porfyr)	17·0	8·3	5·3	2·5	2·9	3·3
	ZD Diorit Hornbl.-Porfyr u. -Andesit .	17·4	8·4	5·0	2·7	2·9	3·4
III.	Diabas	16·5	12·4	7·9	5·4	1·7	3·9
	Augit- u. Labrador-Porfyr	16·6	12·0	8·7	4·4	2·4	3·0
	Augit-Andesit . .	15·8	11·6	5·8	2·6	1·6	3·1
	Basalt, Dolerit, Anamesit	15·7	13·4	10·3	6·0	1·1	2·8
IV.	Olivin-, Serpentin- u. Schiller-Fels . .	5·8	10·9	3·7	31·4	0·3	0·3
	Olivin-Basalt . . .	15·4	13·9	10·8	7·4	1·3	2·9

Mittelwerte der Parallel-Kategorien.

Gestein	Mittel der Oxyde von Al	Fe	Ca	Mg	K	Na
1. 2. 3. Glimmer-Vicare d. Z-Kategorien . .	—	—	—	—	—	—
4. (Foyait u.) Fonolit . .	20·0	3·2	1·9	0·8	6·2	7·0
5. Melafyr	17·7	9·0	7·3	3·0	2·2	2·7
6. Gabbro (u. Diallag-Porf.)	16·3	12·1	9·2	6·1	0·9	2·7
7. Leuzitofyr	19·2	9·3	9·1	2·5	6·5	3·7
8. Nefelinit	17·4	9·5	10·9	5·0	2·0	5·8

Um das Verhältniss dieser wichtigen Werte (für die Kieselsäure) möglichst augenfällig darzustellen, habe ich nun in Tafel III nicht, wie in Tafel I, jedem Gesteinbegriffe eine gleiche, sondern solche lineare Ausdenung gegeben, wie sie durch die mittleren Schwankungen angezeigt wird. Ich ordnete die durchschnittlichen Schwankungswerte der Kieselsäure nach deren Basicität und one Rücksicht auf Systematik, zog von Eck zu Ecke der Tafel eine Linie und trug auf diese die einzelnen Werte auf. Solche lineare Einzeichnung der Grössen-Verhältnisse wäre aber nicht übersichtlich und augenfällig genug. Desshalb errichtete ich über jedem einzelnen, auf der Diagonale aufgetragenen, Linear-Wert ein Rechteck mit Hilfe von Linien parallel den Coordinaten. Durch diese über die Verhältnisse hinausgehende Uebertragung der linearen in Flächen-Verhältnisse wird natürlich jeder kleine Umfangs-Unterschied leichter ersichtlich.

Demselben Zwecke entspricht auch die Ausweitung der Horizontal-Ausdenung. Man sieht nemlich, dass der Raum vom linken bis zum rechten Rande der Tafel III nicht im Einklange mit Tafel I 100 Procent umfasst, sondern nur die Werte von 40 bis 80. Wir haben also die Percentual-Teilung bedeutend ausgeweitet, und dann von derselben nur jenen Teil grafisch dargestellt, welcher in gegenwärtigem Falle beachtenswert ist. Endlich wurden die Glieder je einer Kategorie durch gleiche Farbe ausgezeichnet und von einem gemeinsamen Rechtecke umramt, welches den Umfang der ganzen Kategorie darstellt.

10. Ursache des verschiedenen Umfanges der Gesteinbegriffe.

Die so dargestellten mittleren Schwankungen der Gesteinbegriffe stellen ser verschiedene Werte dar. Der Grund hievon

beruht 1. auf schwankender Grenzbestimmung der Artbegriffe, 2. auf natürlichen Ursachen.

Die erstere Tatsache kann entnommen werden aus den äussersten Schwankungen des chemischen Bestandes. So schwankt nach Roth's Zusammenstellung der Begriff Syenit zwischen 38 und 72 Kieselsäure, umfasst also etwa drei Viertel unserer chemischen Tafel. Der Begriff Olivin-Schiller-Serpentin-Fels hingegen schwankt um den auffallend geringen Betrag von 35 bis 42. Der Grund so verschiedenen Verhaltens liegt zum Teile wol darin, dass von den letzteren Gesteinen nur wenige bekannt sind; zum grösseren Teile aber liegt er darin, dass der Begriff Syenit von verschiedenen Autoren auf sehr abweichende Gesteine angewendet wurde. Diess erklärt sich daraus, dass der Name Syenit in einer Zeit eingefürt wurde, da man das Bedürfniss nach scharfer Gliederung noch nicht so dringend empfand. Heute müssen natürlich alle Benennungen älterer Zeit geprüft und, wo sie nicht den modernen Begriffen entsprechen, beseitigt werden. Man wird „Syenite", welche nach der Beschreibung wenig Hornblende, daneben vielleicht noch Quarz enthalten, der zweiten, bez. ersten Kategorie zuweisen; andere, welche ser reich an Plagioklas sind, als Tonalit und Diorit (Z T Z D) einreihen. Dann werden gewiss die äussersten Grenzen des Gesteinbegriffes einen normalen Umfang erhalten.[1]) Ebenso steht es mit dem Begriffe Diorit, welcher nach Roth's Zusammenstellung zwischen 44 und 74 schwankt u. s. f. Insbesondere verdient die Anwendung der Begriffe Granit, Porfyr und Trachyt Betrachtung. Diese Namen wurden ehedem auf mineralogisch weit von einander abstehende Gesteine angewendet. Mochte das bezügliche Gestein reich oder arm an Quarz sein, Ortoklas oder Plagioklas füren,

---

[1]) Vgl. Zirkel: Petrografie 1866 I. p. 583, und Roth: Abh. Akad. Berlin 1869 p. 136.

man subsumirte es unter die besagten Namen. Diese Laxheit der Definition steht in auffallendem Gegensatze zu dem scharf gekennzeichneten Umfange, welcher gewissen anderen Gesteinbegriffen schon in früherer Zeit eigen ist. Es ist nicht schwer zu ersehen, warum diese weiten Begriffe so lange sich hielten. Die Gesteine unserer zwei ersten Kategorien stehen eben untereinander in so häufigem und so innigem Verbande,[1]) dass es oft schwer fällt, an Ort und Stelle die Zerfällung in zwei Kategorien durchzufüren. Zuerst gelang es, den Trachyt-Begriff zu zerlegen, weil seine Bildung in eine Zeit fällt, da die Nomenclatur im Flusse war. Da fiel es nicht schwer den jungen Namen als Reihennamen zu verwerten und denselben in Arten aufzulösen. Der Name Granit aber widerstand lange der Zerfällung; denn er war altgebräuchlich und hatte demzufolge die natürliche Tendenz, unverändert inmitten der Neubildungen bestehen zu bleiben. Erst in unserer Zeit macht sich das Bedürfniss geltend, die an Quarz armen Glieder einer zweiten Kategorie zuzuweisen (Granitit).[2])

Als zweites Moment wurden gewisse natürliche Verhältnisse des Magma bezeichnet. Man denke an die Tatsache, dass viele Granite hydatogenen Ursprunges sind,[3]) dass uns

---

[1]) Ich verweise auf meine Ausfürung in III. 13.

[2]) Unter den Begriff Granitit beziehe ich nicht allein alle an Plagioklas, sondern auch die an Ortoklas reichen Granit-Gesteine von geringem Quarz-Gehalt. Dadurch wird diess Glied gleichwertig den Begriffen Feldspat-Porfyr und Feldspat-Trachyt. Will man diese Kategorie weiter zerteilen, so erhält man folgendes Schema:

Kategorie II.

a	b
Ortoklas-Granitit	Plagioklas-Granitit
Ortoklas-Porfyr	Plagioklas-Porfyr
Ortoklas-Trachyt	Plagioklas-Trachyt

[3]) Ich verweise auf die Untersuchungen von Hunt, v. Rath und Credner (Z. geol. Ges. 1875 insb. p. 133, 152 u. 207 f.). Viel Licht

aber häufig keine Mittel zu Gebote stehen, diese Genesis nachzuweisen. Vielleicht verschiebt dieser Umstand den typischen Granit-Begriff (den mittleren Umfang) nicht unwesentlich — wir wissen es nicht. Es ist ferner beachtenswert, dass der Begriff Granit, nach Abtrennung der Granitite, einen auffallend geringen äussersten und mittleren Umfang (s. Taf. III) aufweist. Diess deutet offenbar auch auf tiefliegende natürliche Verhältnisse, welche gewissen Magmen nur geringe chemische Schwankungen erlauben.

Wir wollen aber nicht bei diesen Beispielen verweilen, sondern jene Fälle betrachten, in denen ein verschiedener Umfang der Gesteinbegriffe sich ergibt als notwendige Folge der verschiedenen

II. Existenz-Grenzen und Existenz-Mächtigkeit der wesentlichen Bestand-Mineralien.

Die äussersten Existenz-Grenzen sowol, als auch die Existenz-Mächtigkeit sind in der oberen Hälfte der Tafel IV annähernd veranschaulicht. Wie in Tafel I denken wir uns auch hier das Magma in idealer Uebergangreihe angeordnet und zwar soll den obersten Platz in der Tafel das Magma von 80 Procent Kieselsäure, den untersten jenes von 40 Procent einnemen. In Tafel I wurden die Percentual-Mengen der Oxyde, aus welchen das Magma besteht, sortirt und nebeneinander gereiht gedacht. Hier im Gegensatze denken wir uns die Elemente jeder Kategorie wol durchmischt und dann in jener Weise verbunden und individualisirt, wie wir sie in den 1. Gliedern jeder Kategorie antreffen. Statt einer chemischen Uebergangreihe liegt jetzt vor uns eine mine-

---

über diese und andere hydato-chemische Fragen versprechen auch Lemberg's Arbeiten: Z. geol. Ges. 1870 p. 831 f. u. 1872 p. 187 f.

ralogische; statt der chemischen Elemente sortiren wir in diesem Falle die mineralogischen und stellen sie nebeneinander.

Diese Skizze drückt nun, wie wir sehen, aus, dass gewisse Mineralien im basischen, andere im kieselsäure-reichen Magma die günstigsten Existenz-Bedingungen antreffen, indem dieselben bei Verminderung, bez. Zuname der Basicität zurücktreten und besser berechtigten Existenzen Platz machen. Diess wird durch das Auskeilen des grafisch dargestellten Mineral-Begriffes bezeichnet. Die Zeichnung dieser Existenz-Grenzen richtet sich nach folgender Ueberlegung: Ein Mineral, das als wesentlicher Gemengteil eines Gesteines der Haupt-Kategorien auftritt, beherrscht die entsprechende Stelle der chemischen Tabelle. Das Auskeilen des Existenz-Begriffes wird bedingt durch den mittleren chemischen Bestand jener Vicar-Gesteine, in welchen das Mineral ausser den Haupt-Kategorien noch vorkömmt.

Ein Beispiel erläutert diess: der Quarz beherrscht das Magma der ersten Kategorie (72 bis 80). In Magmen von grösserer Basicität scheint er sich nur unter besonders günstigen Bedingungen ausbilden zu können. Solches Magma stellt die Zwischen-Kategorie Tonalit dar. Dieser kommt die mittlere Schwankung 62 bis 66 zu. Dahin fällt in unserer Tafel IV das Auskeilen des Existenz-Begriffes Quarz, welchem noch im Magma 72 bis 80 eine bedeutende Mächtigkeit zukommt. Dieselben Ueberlegungen gelten für die übrigen Mineralien.

Ortoklas (und Kali-Glimmer) [1]) beherrscht die Kategorien I und II (Magma von 58 bis 80 Procent Kieselsäure). Im Syenit und Biotit-Syenit (Minette, mit einem mittleren Minimum von 52) kommt er allerdings noch vor, verdankt aber seine Existenz in letzterem Falle dem ausnamsweise

---

[1]) Der Einfachheit wegen habe ich diese zwei Kali-Silicate vereint dargestellt.

grossen Kali-Gehalte der betreffenden Schliere. Desshalb lassen wir diesen Existenz-Begriff bei 52 auskeilen.

Natron-Plagioklas (vorwaltend Oligoklas) herrscht in gleicher Weise, wenn auch nicht so ausgebreitet in den Kategorien I und II, ausserdem auch neben kalk-reicheren Gemengen in den Z-Kategorien, in den Glimmer-Vicaren derselben und in der Parallel-Kategorie Melafyr, also von 52 (Diorit) bis 80.

Kalk-Plagioklas (Labrador, Anortit) herrscht in der Kategorie III mit Macht, in der Kategorie IV ist seine Herrschaft gering und gegen oben keilt er in den Z-Kategorien aus (wo Oligoklas vortritt); er umfasst also den Raum von 57 abwärts.

Hornblende (und Biotit) hält durch die oberen Kategorien aus, erreicht jedoch nur in den drei Z-Kategorien (Diorit = 52 bis Tonalit = 64) bedeutende Mächtigkeit.

Augit herrscht in der dritten und keilt in der Kategorie IV aus. Olivin behauptet das Magma von 47 an abwärts.[1]) —

In dieser Weise nun haben wir mit Hilfe des Umfanges der Kategorien die Existenz-Grenzen der Bestandteile bestimmt. Die Breite der auskeilenden Felder drückt annähernd aus, in welchen Mengen-Verhältnissen die verschiedenen Mineralien in den vollkrystallinischen Gesteinen der Haupt-Kategorien auftreten. Hierdurch aber und durch den mittleren Umfang der Kategorien wird die Existenz-Mächtigkeit der Mineralien bestimmt. Der Gegensatz zwischen Existenz-Grenzen und Existenz-Mächtigkeit ist wol klar: Quarz hat die untere Existenz-Grenze 63; seine Mächtigkeit aber wird durch die mittlere Breite des Feldes in Tafel IV einerseits und durch

---

[1]) Von der Fortsetzung der Existenz-Grenzen der basischen Mineralien im meteoritischen Magma sprechen wir in III. 14.

die untere Grenze bei 72 [1]) bestimmt: Hornblende und Biotit haben ausserordentlich weite Existenz-Grenzen aber geringe Existenz-Mächtigkeit (52 bis 64) u. s. f.

Es eröffnet uns diese Darstellung das Verständniss, in welcher Weise die Begriffe der gemeinen Mineralien zur Bildung der Gesteinbegriffe verwendet werden und wie der Umfang der letzteren bedingt wird durch die verschiedene Existenz-Mächtigkeit der Bestandteile. Quarz, Augit, Hornblende und Olivin haben beschränkte, [2]) die anderen Mineralien ausgedente Existenz-Mächtigkeit. Darum hat man die ersteren als Gruppenbildner für je eine Kategorie verwertet, wärend man bemüssigt war, die Mineral-Begriffe Ortoklas und Plagioklas zu zerteilen und zu combiniren, um commensurable Gesteinbegriffe zu schaffen. So wurden Zwischen- und Parallel-Kategorien gebildet durch die Paarungen: Ortoklas-Plagioklas, Ortoklas-Hornblende, Plagioklas-Hornblende, Plagioklas-Augit, Plagioklas-Olivin. Aber auch diese Unterteilung hat nicht genügt, um gleichen Umfang aller Kategorien herzustellen und das kann auch nie erreicht werden. Immer wird die ungleiche Existenz-Mächtigkeit der Mineralien sich abspiegeln in dem verschiedenen Umfange der Gesteinbegriffe.

12. Ursachen der verschiedenen Existenz-Grenzen.

Es eröffnet sich nun die weitere Frage, wodurch wol die verschiedenen Existenz-Grenzen der Mineralien bedingt werden; warum dem Plagioklas so viel weitere Existenz-Grenzen zukommen, als dem Ortoklas oder Quarz u. s. f. — In den

---

[1]) Untere Grenze der mittleren Schwankungen für Kategorie I.

[2]) Wir berücksichtigen in dieser Ausfürung nur die Verhältnisse im irdischen Magma.

meisten Fällen felt jeder Aufschluss über diese wichtigen Fragen; in wenigen anderen Fällen aber liegt der Grund gewiss im Vicariren von Molekül-Gruppen, welche Erscheinung dem Plagioklas und anderen Mineralien eigen ist.

Zum Aufbau des Plagioklas können verschiedene Bausteine nach Belieben verwendet werden; der Quarz aber muss mit ein und derselben Art von Bausteinen Vorlieb nemen. Felt es im ersteren Falle im Magma an Natrium-Molekülen, so sind gewiss viele Calcium-Moleküle zum Bau bereit. Aenliches kann im zweiten Falle nicht vorkommen. Sind zu wenig Silicium-Moleküle vorhanden oder vielmêr: werden die vorhandenen von besser berechtigten Bildungen beansprucht, so kann kein Quarz aufgebaut werden. Im ersteren Falle entstehen Mischbauten, welche sogar einer gewissen Freiheit des Styles fähig sind; [1]) im letzteren hingegen muss ein scharf bestimmter Bauplan befolgt werden. Dass Individuen, welche weder an ganz bestimmtes Material, noch an stricte Formen gebunden sind, sich leichter den wechselnden inneren und äusseren Existenz-Bedingungen anpassen werden, dass sie weitere Existenz-Grenzen haben müssen, als jene Gestaltungen, deren Aufbau wandellos und gebunden ist, begreift sich.

Zugleich aber müssen wir uns auch gestehen, Namen von Mineral-Arten mit jenen von Mineral-Reihen, also ungleichsinniges verglichen zu haben. Die Existenz-Hartnäckigkeit einer Art ist aber nicht vergleichbar mit der Existenz-Schmiegsamkeit einer Uebergangreihe. Ebenbürtig sind nur Quarz und Ortoklas einerseits und anderseits ein bestimmtes Glied einer Mineral-Reihe (etwa Labrador,

---

[1]) Nach Tschermak (Ann. Fys. 1871 Supplement V. p. 174 f.) weist der Plagioklas eine vom chemischen Bestande abhängige Gestaltung auf. In einem solchen Falle kann man nicht von isomorfem, sondern nur von homöomorfem Vicariren der Moleküle sprechen.

Anortit u. s. f.). Diesen letztgenannten Artbegriffen aber kommen im allgemeinen gewiss engere Existenz-Grenzen zu, als den ersterwänten Arten. Nur bei bestimmten Molekular-Verhältnissen des Magma kommt der Anortit zur Ausbildung. Ist Natrium etwas reichlicher vorhanden, so wird auch dieses Element in den Aufbau einbezogen, mithin kein reiner Anortit mer gebildet. Darin unterscheidet sich ein solches Glied von einer begrenzten Art. Bei chemischen Schwankungen im Magma steht dem Ortoklas nur der Wechselfall offen, sich zu bilden, oder gar nicht aufzutreten. Für ein bestimmtes Glied der Plagioklas-Reihe aber frägt es sich nicht um sein oder nicht sein, sondern um reines oder modificirtes sein. Aus dieser Fähigkeit sich zu schmiegen, darf man wol auch auf eine bedeutende Neigung zu Wandlungen schliessen. So setzen denn dieselben Verhältnisse, welche eine bedeutende Schmiegsamkeit der Reihe bedingen, den Existenz-Grenzen der einzelnen Glieder der Reihe aller Warscheinlichkeit nach enge Schranken.

Man könnte nun behaupten, die Ueberlegung sei unrichtig, indem ja dem Oligoklas ganz gewaltige Existenz-Mächtigkeit zukomme. Ich glaube nicht, dass dieser Einwand stichhältig ist. Zu den Oligoklas-Gesteinen rechnet man eben alle Magmen mit Natron-Feldspaten verschiedener Zusammensetzung; desshalb kann man nicht aus dem Umfang dieser Gesteine etwas ableiten über die Existenz-Mächtigkeit der bestimmten Art „Oligoklas". Nur das dürfte zu behaupten sein, dass jenen Mischungen, welche dieser Art nahe kommen, eine grössere Existenz-Fähigkeit zukomme, als den homöomorfen Gemischen, die dem Labrador oder Anortit nahe kommen und wieder scheinen die drei genannten Uebergangsglieder durch eine stärkere Existenz-Fähigkeit ausgezeichnet als die zwischenliegenden Gemenge.

In analoger Weise dürften wol auch die verhältnissmässig weiten Existenz-Grenzen von Hornblende und Augit

daraus zu erklären sein, dass auch diese Mineralien nicht Arten, sondern Mischungreihen darstellen.[1]) Warum aber die Augit-Reihe geringere Existenz-Ausdenung aufweist als die Hornblende-Reihe, warum die Arten Quarz, Ortoklas und Olivin so verschiedenen Existenz-Umfang aufweisen, das sind derzeit noch dunkle Fragen des molekularen Gleichgewichtes.

13. Verschiedener Umfang der texturell verschiedenen Stufen einer Gestein-Kategorie, durch die genetischen Verhältnisse bedingt.

Wenn wir aber auch hierüber keinen Aufschluss erhalten, das eine steht fest, dass in den angezeigten Fällen die verschiedenen Existenz-Grenzen der Mineralien einen verschiedenen Umfang der Kategorien bedingen.

Im folgenden vergleichen wir im Gegensatze den Umfang der einzelnen Glieder je einer Kategorie. Auch hier werden wir finden, dass der verschiedene Umfang notwendig zum Teile durch Classifications-Feler, zum Teil aber auch durch natürliche Ursachen bedingt ist.

Wir wollen vergleichen die vier Textur-Typen der ersten Kategorie:

1. Granit mit dem spezifischen Gewicht 2·66.
2. Quarz-Porfyr mit dem spezifischen Gewicht 2·58.
3 u. 3 a. Quarz-Trachyt mit dem spezifischen Gewicht 2·54.
4. Obsidian mit dem spezifischen Gewicht 2·4.

Zunächst wird aus dem Vergleiche der spezifischen Gewichte klar, dass wir es mit vier berechtigten Typen zu tun haben. Granit ist die vollkrystallinische und (im Sinne des Fysikers) dichteste Ausbildung; die zweite und dritte

---

[1]) Tschermak: Min. Mitteil. 1871 p. 17 f.

Stufe unterscheiden sich von der ersten durch porfyrische Ausbildung und geringeres spezifisches Gewicht, untereinander aber dadurch, dass der Trachyt lockerer gefügt ist, als der Porfyr. [1]) Der Obsidian endlich stellt die glasige Ausbildung dar und zeichnet sich durch das geringste spezifische Gewicht aus.

Offenbar haben wir es in diesen Fällen mit genetischen Verhältnissen zu tun, welche die so bedeutenden Unterschiede der texturellen Stufen bedingen. Erstarrt das Magma in grosser Tiefe, so erhält es den Textur-Habitus I; verfestigt es sich in mittlerer Tiefe, so entsteht die Textur-Art Quarz-Porfyr. Das überseeisch ergossene Magma aber erstarrt je nach den Umständen (der Durchtränkung) als Trachyt oder Trachyt-Glas (Obsidian). Der so verschiedene Druck, welcher die Erstarrung beherrschte, hat den Gesteinen jene Unterschiede des Aussehens und des spezifischen Gewichtes erteilt. [2]) Diese Anname stimmt auch gut überein mit der Abname

---

[1]) Es gibt Porfyre sowol, als auch Trachyte, deren Grundmasse ganz vollstralig und unporös erstarrt ist, und doch wird man jedesmal finden, dass das spezifische Gewicht dieser Gesteine geringer ist als jenes der Granite. Wollte man in diesen Fällen annemen, die Grundmasse bestehe aus Feldspat-Mikroliten, so wäre der bedeutende Unterschied des spezifischen Gewichtes unerklärlich. Desshalb vermute ich, dass die Auflockerung nicht bloss in Aufblähung und Verglasung bestehe, sondern dass jene Teile, welche wärend der Förderung erweichten und später unter geringerem Drucke wieder krystallinisch erstarrten, ein wesentlich lockreres Molekül-Gefüge haben müssen, als die uns bekannte Feldspat-Substanz. Chemisch gleicht die mikrofelsitisch oder selbst stralig-körnige Grundmasse der Porfyre und Trachyte allerdings einem Gemenge von Feldspaten. Morfologisch aber dürften die betreffenden Mikrolite kaum mit Feldspat übereinstimmen. Möglicherweise haben wir es hier mit makroskopisch unbekannten metameren Vicaren der Feldspate zu tun.

[2]) Ser geringen Einfluss hat der Umstand, dass den Stufen der Kategorie I im Durchschnitte ein um so höherer Kieselsäure-Gehalt zukommt, je weniger individualisirt sie sind.

des spezifischen Gewichtes dieser Gestein-Arten in Folge des schmelzens. Bischof, Deville, Delesse, Rose fanden, dass Granit durch Schmelzen viel mer an Eigengewicht verliert (an Volum zunimmt) als die übrigen Textur-Arten und zwar schwillt Granit um 9 bis 11 Procent,

Quarz-Porfyr um 8 bis 10 Procent,
Quarz-Trachyt um 3 bis 5 Procent,
Obsidian aber fast gar nicht auf.

Das ist ganz natürlich: Das Glas kann durch Schmelzen nicht amorfer (molekular lockerer) werden. Die andern Arten aber werden durch Verglasung um ebenso viel molekular aufgelockert, als sie dichter waren als Glas. [1])

Hierin aber liegt nun offenbar die Ursache eines verschiedenen Umfanges der Stufen je einer Kategorie: Wir wissen, dass basische Ausscheidungen unter übrigens gleichen Umständen (der Durchtränkung u. s. f.) sich leichter bilden, als kieselsäure-reiche. Ferner wissen wir, dass stark durchtränktes Magma sich besser individualisirt, als schwach durchfeuchtetes. Daraus folgt — wir nemen ein bestimmtes Beispiel — dass das Magma der Kategorie I mer Quarz ausscheiden wird, wenn es in der Tiefe, als wenn es in der Höhe erstarrt. Diese Verhältnisse sind nun allerdings für ein Magma von 80 Procent gleichgiltig, denn wenn es auch in der Höhe weniger Quarz ausscheiden kann, als in der Tiefe, es wird doch jedenfalls auch im ersteren Falle als Quarz-Trachyt erstarren und niemand wird zweifeln, dasselbe der

---

[1]) Aenliche Betrachtungen gelten auch für die Glieder der übrigen Kategorien. Es folgt hieraus, dass, wenn wir den Einfluss des chemischen Bestandes auf das spezifische Gewicht untersuchen wollen (wenn wir verschiedene Kategorien untereinander vergleichen), nur texturell gleiche Glieder verwertet werden dürfen. Man wird sich hüten, ein (im Sinne des Fysikers) dichtes, vollkrystallinisches Gestein von hohem Kieselsäure-Gehalte zu vergleichen mit einem locker gefügten basischen Gesteine u. s. f.

ersten Kategorie einzuverleiben. Bedeutungvoll hingegen werden die besagten genetischen Unterschiede für ein Magma von 72 Procent Kieselsäure. Ein solches wird allerdings in grosser Tiefe noch so viel Quarz ausscheiden können, dass man dasselbe one Bedenken als typischen Granit definiren muss. Dasselbe Silicat-Gemenge wird aber, wenn es in der Höhe, als Trachyt, erstarrt, wol keinen Quarz ausscheiden und niemand wird zweifeln, solche Trachyte der zweiten Kategorie einzureihen. [1])

Natürlich finden diese Verhältnisse iren Ausdruck darin, dass die vollkrystallinischen Gesteine der ersten Kategorie im allgemeinen basischer sind als die minder individualisirten Stufen. Es verhalten sich die Kieselsäure-Mittel von:

	Granit:		Quarz-Porfyr:		Quarz-Trachyt,
wie	62	:	64	:	66

Diess drückt Tafel V aus. Hier sind nach dem Schema der Tafel I die Kieselsäure-Mengen typischer Analysen der drei Stufen (nach Zirkel's Petrografie) zusammengestellt und von einer Mittellinie M M durchzogen, welche den mittleren Kieselsäure-Gehalt bezeichnet. Daneben wurde eine Linie SS gezogen, welche als Ausdruck des spezifischen Gewichtes dient.[2])

Wir sehen, wie in den drei Stufen die durchschnittliche Basicität abnimmt, wärend die dichte Individualisirung, mithin das Volum-Gewicht zunimmt und verstehen diess nunmêr zu deuten.

---

[1]) Eine ergänzende Betrachtung der zweiten Kategorie ergibt, dass die kieselsäure-reichen Magmen der Stufen 2 und 3 nicht in der vollkrystallinischen Ausbildung der ersten Stufe vorkommen können, weil unter so geänderten genetischen Verhältnissen so grosse Mengen von Quarz sich ausscheiden, dass man das Gestein der ersten Kategorie einverleiben muss.

[2]) Je 20 Teilstriche sind Symbol der Volum-Gewichts-Einheit; mithin entspricht unser Teilstrich 40 dem Volum-Gewichte 2 u. s. f.

Aenliche Verhältnisse wiederholen sich in der Kategorie Z D. Ein Magma, welches, obwol an Kieselsäure ziemlich reich, als Hornblende-Porfyr oder -Andesit, mithin quarzlos erstarrt, wird in der Tiefe Quarz ausscheiden, mithin nicht in den Begriff Diorit der Kategorie Z D, sondern in die Kategorie Z T fallen. Auch diess drückt sich in den Mittelwerten aus, indem Diorit durchschnittlich viel basischer ist, als dessen porfyrische Vicare (vgl. III. 4). Selbst wenn man die ser kieselsäure-reichen Analysen des Hornblende-Porfyr mit 65 Procent und mer eliminirt und dem Quarz-Porfyrit zuweist, erhält man doch noch den hohen Mittelwert 62.

Aus dieser Betrachtung über die Textur-Glieder der drei ersten Kategorien geht, wie zum Eingange angedeutet, hervor, dass die mineralogisch identen Gesteine je einer Kategorie nicht den gleichen chemischen Umfang haben. Eben jene genetischen Bedingungen, welche die Textur bestimmen, sind der natürliche Grund dieser Discordanzen, weil durch sie auch die Existenz-Grenzen der Bestand-Mineralien verschoben werden. [1])

Es könnte nun versucht werden, chemisch gleichen Umfang herzustellen, indem man in unserem Falle z. B. basische Quarz-Granite dem Granitit, kieselsäure-reiche Feldspat-Trachyte dem Quarz-Trachyt, ferner basische Quarz-Diorite dem Diorit und saure Porfyrite dem Quarz-Porfyrit zuweist. Solches Bestreben würde allerdings chemische Gleichförmigkeit herbeifüren, [2]) aber ebenso sicher würde

---

[1]) Aus dem gesagten lässt sich ergänzend entnemen, dass chemisch idente Magmen von verschiedener Genesis mineralogisch nicht congruent sein können.

[2]) Diesem Zwecke wird bis zu einem gewissen Masse in nicht tadelwerter Weise entsprochen, indem man den Granit mit geringem Quarz-Gehalte schon dem Granitit zuweist, wärend man umgekert bei

dadurch das Wesen der petrografischen Systematik erschüttert und man muss hierin gewiss Zirkel zustimmen, welcher eine auf rein chemischen Grundsätzen aufgebaute Systematik für eine Unmöglichkeit erklärt und dem mineralogischen Einteilungs-Grunde die weitaus vorwaltende Bedeutung beilegt.[1]) Solche chemische Differenzen der einzelnen Glieder einer Kategorie sollen und müssen eben bestehen; sie sind der natürliche Ausdruck der genetischen Verhältnisse. Diess ergibt sich aus dem Vergleiche der Stufen 1, 2, 3 unserer Kategorien.

14. Texturell gleiche Glieder verschiedener Kategorien sind genetisch nicht gleichwertig. — Weitere Verwicklungen.

Zum Schlusse wollen wir noch die Stufen sämmtlicher Kategorien gegeneinander halten. In II. 23 haben wir gesehen, dass in bedeutender Tiefe jedes Magma vollkrystallinisch erstarrt, wärend in geringerer Tiefe Desindividualisirung auftritt und zwar beim kieselsäure-reichen Magma in höherem Grade, als beim basischen. Es wird also eine gewisse Tiefe geben, in welcher der Druck eben noch genügt, um ein basisches Magma zur vollkrystallinischen Ausbildung zu zwingen, wärend ein an Kieselsäure reiches unter diesen Bedingungen schon aufgelockert (als Porfyr) erstarren muss. In noch geringerer Tiefe wird das kieselsäure-reiche Magma vollends sich auflockern, wie die subaëril erstarrenden „Laven“, wärend derselbe Druck genügen mag,

---

dem Feldspat-Porfyr und noch mer bei dem Feldspat-Trachyte die Gegenwart von wenig Quarz benützt, um diese Gesteine als Quarz-Porfyr und -Trachyt der ersten Kategorie einzureihen.

[1]) Zirkel: Petrografie 1866 I. p. 470 u. 413.

um ein basisches Magma zum porfyrischen erstarren zu bringen. Allgemein ausgedrückt: Unter gleichen genetischen Verhältnissen erstarrt kieselsäure-reiches Magma immer entstalteter, als basisches. Hieraus folgt, dass die texturell gleichen Glieder verschiedener Kategorien genetisch nicht streng äquivalent sein können (woraus sich weiters die in III. 13 festgestellte Tatsache ergibt, dass die verschiedenen Glieder je einer Kategorie nicht denselben Umfang haben).

Diese Verhältnisse erhalten weitere Verwicklung durch die schlierenweise verschiedene Durchtränkung des Magma, welche anderen Ortes besprochen wurde (II. 25). Dort betonten wir, dass ein den Verhältnissen entsprechend individualisirtes Magma entstaltete (weil wenig durchfeuchtete) Schlieren umschliessen kann. Demnach gibt es allerdings nicht bloss Tiefen-Granite, sondern auch Tief-Porfyre (als Schlieren im Granit), nicht bloss Oberflächen-Gläser (Obsidian), sondern auch in der Tiefe gebildete Gläser (Pechstein im Porfyr) u. s. f. In solchen Fällen gibt uns natürlich das Gefüge des Gesteines durchaus nicht richtigen Aufschluss über dessen Genesis. Aber ich glaube kaum, dass solche Fälle gemein sind und bin der Ansicht, dass fast allemal die ausnamsweise Discordanz zwischen Textur und Genesis aus den örtlichen Verhältnissen entnommen werden kann.

Findet man eben eine Porfyr-Schliere in einem mächtigen Granit-Strome, so wird man die erstere als eine Anomalie erklären und deren Tiefenbildung mit Bestimmtheit behaupten können und trifft man eine stark durchglaste Schliere im Porfyr, so wird man eben dieselben Ueberlegungen anstellend, behaupten können, wir hätten es in diesem Falle mit einer ausnamweise glasigen Tiefbildung zu tun, deren sonderbarer Habitus sich aus der gewiss ser geringen Durchfeuchtung der betreffenden Schliere erkläre. Da der umgekerte Fall (dass nämlich eine gut individualisirte Schliere in einem schlecht individualisirten Magma vorkommt) gewiss äusserst

selten angetroffen wird, kommen wir zu dem Ergebnisse: Ueber die Genesis eines Eruptiv-Gesteines gibt uns Aufschluss die Textur der Hauptmasse desselben; in zweifelhaften Fällen dürften die besser individualisirten Teile der Eruptiv-Masse massgebend sein.

Schliesslich sei auch hingewiesen auf die texturellen Eigenschaften der Grundmasse, welche, wie bekannt, ser wechseln und durchaus nicht übereinstimmen mit der makroskopisch erkennbaren Textur. Man findet nämlich, dass den, makroskopisch als vollkrystallinisch bezeichneten, Gesteinen nicht immer eine körnige Ausbildung bis in die kleinsten Teile zukommt und umgekert erweist sich die Grundmasse der porfyrischen und afanitischen Gesteine nicht immer als (mikro-) porfyrisch, felsitisch oder durchglast, sondern auch als rein (mikro-) krystallinisch.

Wie mir scheint, beruhen auch diese Unterschiede auf schlierenweise verschiedener Durchtränkung und nicht auf verschiedener Genesis. Ist diess der Fall, so darf die Mikrotextur natürlich nur in der Beschreibung, nicht aber in der Nomenclatur der Gesteine Ausdruck finden;[1]) denn der texturelle Einteilungsgrund hat wol nur Berechtigung, soferne er mit dem genetischen übereinstimmt.

15. Mengen-Verhältnisse der verschiedenen chemischen und texturellen Typen.

Wir blicken auf Tafel VI, in welcher die Mengen-Verhältnisse der verschiedenen Bestand- und Textur-Typen

---

[1]) Ich weiche hier von Vogelsang ab, welcher die Mikrotextur auch in der Nomenclatur bezeichnet wissen will (Z. geol. Ges. 1872 p. 534).

schätzungweise dargestellt sind.[1]) In dieser Zeichnung sehen wir

1. dass es, wenn man die quantitativen Verhältnisse ins Auge fasst, eigentlich nur eine gewaltig grosse kieselsäure-reiche und eine kleinere basische Eruptionsmasse gibt (s. III. 16).[2])

Es ist diess eine bekannte Tatsache und man findet sie bestätigt, so oft man die Oberflächen vergleicht, welche in grösseren Gebieten der Erde von Granit, Porfyr und Trachyt einerseits, von basischen Gesteinen anderseits bedeckt werden. Für die Alpen ist das Verhältniss = 5 : 1. — Dass durch diese Zalen die waren Werte nur annähernd ausgedrückt werden, ist begreiflich.[3]) Wir wissen, dass die kieselsäure-reichen Gesteine widerstandfähiger sind als die basischen, mithin dürfte wol unsere Schätzung des Granit zu hoch

---

[1]) Da in dieser Tafel das Moment des Druckes zur Darstellung kommt, dieses aber die senkrechte Richtung beansprucht, musste der chemische Bestand im Gegensatze zu den übrigen Tafeln in der Richtung von links nach rechts verzeichnet werden.

[2]) Die geringe quantitative Bedeutung der Uebergangs-Gesteine und des basischen Magma ist durch Farbe und durch Einzeichnung des Kieselsäure-Gehaltes am unteren Rande der Tafel angezeigt.

[3]) Soeben ist die treffliche Abhandlung von T. Fuchs: Ueber die Natur des Flysch (Sitzber. Akad. Wien 1877), erschienen. Der Autor kommt durch eigene Beobachtungen, ferner durch die Arbeiten von Studer, Abich, Bianconi, Doderlein, A. Koch, Gastaldi u. a. zum Schlusse, dass das Material des Flysch nicht von der Zerstörung älterer Formationen herrüren kann, sondern zum Teile durch Schlamm-Vulkane gefördert wurde, zum Teile als echter Eruptiv-Detritus bezeichnet werden kann, indem an zalreichen Punkten der Zusammenhang dieses eigentümlichen Facies-Gebildes mit Feldspat-, Hornblende- und Olivin-Gesteinen eruptiven Ursprunges evident ist. Ich füre diese in der Uebersichtkarte nicht ausgedrückten Tatsachen an, um den Leser nicht in dem Irrtume zu belassen, als ob unsere auf das Ablesen der geologischen Karte begründete Schätzung den tatsächlichen Verhältnissen genau entspräche.

sein. Wir wissen aber auch, dass die kieselsäure-reichen Gesteine dickere Ströme liefern, als die basischen. Zufolge dieses Momentes dürften unsere, aus den Flächen-Verhältnissen abgeleiteten Angaben über die Masse des Granit zu niedrig sein. Welches der zwei, einander compensirenden Momente vorwiege, ob unsere Verhältnisszalen zu hoch oder zu niedrig gegriffen seien, muss unentschieden bleiben.

Werden aber auch die angegebenen Schätzungen durch diese Tatsachen gestört, so können sie doch nicht entwertet werden. Ja, sie gewinnen einen ziemlichen Grad von Verlässlichkeit, wenn wir eine ergänzende Schätzung der Schiefer vornemen. Wir finden auch in diesem Falle, dass die kieselsäure-reichen Gebilde vier- bis fünfmal grössere Gebiete beherrschen, als die basischen. Finden wir aber diese Verhältnisszalen auch hier wieder, so folgt wol, dass sie überhaupt für das ganze Magma gelten müssen; denn die Schiefer umfassen jedenfalls die Zerstörungs-Producte (und Tuffe) der Ausbruch-Gesteine, mithin die vorhin unbestimmt gebliebene Grösse.

2. Sehen wir in der Tafel ausgedrückt, dass die meisten Ausbruch-Gesteine vollkrystallinisch sind, also in der Tiefe erstarrten.

Diese Tatsache begreift sich, wenn man erwägt, dass das Meer eben weitaus den grösseren Teil der Erd-Oberfläche bedeckt. Auch ist zu erwarten, dass in dem seebedeckten Teile der Erd-Oberfläche mer Ergüsse sich ereignen werden, als am Festlande, weil im ersteren Falle viel, die Eruption begünstigendes, Bewegungs-Wasser zugegen ist. Endlich muss betont werden, dass der über dem Magma lastende Druck im ersten Falle viel geringer ist, als in entsprechenden Teilen eines terrestrischen Hauptganges. Diese drei Momente also bedingen und erklären das vorherrschen der Tief-Gesteine.

3. Wird in der Tafel ausgedrückt, dass das basische Magma im ganzen (verglichen mit dem kieselsäure-reichen) eine grössere Menge vollkrystallinischer Gesteine (Stufe 1) und weniger porfyrische und glasige Gebilde liefert, wärend das kieselsäure-reiche Magma eine grössere Quote porfyrischer und glasiger Gesteine (Stufen 2 und 3 unserer Kategorien) aufweist. Es erklärt sich diess, wie wir anderorts gezeigt, aus der geringeren Gestaltungs-Fähigkeit des letzteren Magma. Unter einem geringen Drucke können basische Massen noch vollkrystallinisch erstarren, wärend das kieselsäure-reiche Magma unter denselben Verhältnissen schon porfyrisch aufgelockert wird. Bei noch geringerem Drucke erstarrt das basische Magma als Andesit und Basalt; das kieselsäure-reiche aber liefert neben porfyrischer und afanitischer Ausbildung auch reichliches Glas (s. III. 13).

4. Sehen wir, dass unter den Tiefgesteinen die kieselsäure-reichen vorwalten, wärend unter den Laven die basischen vorwiegen. [1])

Diese Tatsache bringe ich in Zusammenhang mit der verschiedenen Beweglichkeit chemisch verschiedener Magmen. In tiefer See wird auch dem schwer beweglichen Granit-Magma durch das reichlich zu- und eindringende Wasser der Austritt ermöglicht. Aus Spalten im Gebiete des trockenen Landes werden aber bei einigermassen bedeutender Wandreibung nur die leicht beweglichen Basalte hervordringen können, wärend das zähe kieselsäure-reiche Magma unter gleichen Verhältnissen oft stecken bleiben wird. Ich verweise auf die Tatsache, dass in manchem Hauptgange granitische Schlieren stecken, wärend man unter den umliegenden Strömen trachytische vermisst. In solchen Fällen

---

[1]) Es gibt, wie erwänt, in den Alpen etwa fünfmal so viel Granit, als basische Tief-Gesteine. Ser wenige Gegenden der Erde aber sind reicher an Trachyt, als an Basalt.

wurde nach meiner Ansicht durch den Eintritt einer kieselsäure-reichen Schliere in den Gang die eruptive Tätigkeit abgeschlossen. — In tiefer See wären unter gleichen Verhältnissen vielleicht noch gewaltige Granit-Ströme aus dem Gang entquollen.

Hierin nun liegt die Lösung des Rätsels, warum unter den Oberflächen-Gesteinen so viel mer basische angetroffen werden, als unter den Tief-Ergüssen.[1])

5. Habe ich durch Verjüngung der Figur gegen oben[2]) angedeutet, dass, abgesehen vom verschieden grossen Areale, aus Festland-Vulkanen niemals so viel Magma gefördert werden kann, wie aus Tief-Vulkanen. Diess ergibt sich aus dem vorhergehenden. Die Wandreibung wird eben am Festlande nicht bloss ser viele kieselsäure-reiche, sondern auch etliche basische Ergüsse verhindern, welche in tiefer See unter gleichen Verhältnissen gewiss erfolgt wären.

16. Der Gegensatz der Magmen.

Man hat seit alter Zeit die Eruptiv-Gesteine in saure und basische geteilt. Mir scheint eine derartige Einteilung, wenn man die Uebergangreihe nur in Bezug irer qualitativen Verhältnisse betrachtet, wertlos, hingegen begünstigen die quantitativen Verhältnisse eine Zweiteilung. Wenn wir nemlich zusehen, in wie grosser Menge die Gesteine der einzelnen Kategorien in der Natur vorkommen, bemerken

---

[1]) Gemeiniglich schreibt man die besprochenen quantitativen Verhältnisse ausschliesslich dem Umstande zu, dass infolge der vorschreitenden Erstarrung der Erde immer tiefere, mithin basischere Partien zur Förderung gelangen.

[2]) Da quantitative Angaben felen, habe ich willkürlich angenommen, unter gleichen Verhältnissen würden in tiefer See etwa doppelt so viel Eruptiv-Gesteine gefördert, als am Festland.

wir, dass in der Tat die an Kieselsäure reichen Gesteine einerseits und die basischen anderseits verbreitet sind, wärend die Zwischen-Kategorien und die zalreichen metameren Vicare wenig massenhaft auftreten. Der Hauptsache nach besteht demnach die Erde wirklich aus einem kieselsäure-reichen und aus einem, quantitativ allerdings zurücktretenden, basischen Magma, welche beide Massen mannigfach miteinander wechsellagern. Quantitativ unbedeutende, qualitativ aber ser wechselvolle Uebergang-Schlieren vermitteln den Zusammenhang beider Haupt-Magmen.

Dieses Verhältniss wurde in den Tafeln I und IV nicht ausgedrückt, weil jene schematischen Darstellungen nur die qualitativen Verhältnisse betreffen. Die Tafel VI hingegen versinnlicht, wie wir oben ausgefürt, die eben betonten quantitativen Verhältnisse. Aus dieser Darstellung ersieht man, dass der altgebräuchliche Gegensatz zwischen basischen und kieselsäure-reichen Gesteinen, zwischen Basalt und Trachyt u. s. f. nicht etwa ein willkürlicher, sondern in quantitativen Verhältnissen wolbegründet ist. Man findet eben überall auf der Erdoberfläche viel kieselsäure-reiche Ausbruchgesteine einerseits und anderseits nicht unbedeutende Mengen basischer Silicate, wärend regelmässig die Uebergang-Schlieren quantitativ ser zurücktreten. In vielen vulkanischen Gebieten stossen wir auf reichliche Trachytströme (bez. Kuppen) und anderseits auf viele Basaltströme (bez. Lager, Gänge u. s. f.). Die Uebergangs-Gesteine aber treten überall nur in wenigen Strömen und Schlieren auf.

Aus dieser Darstellung geht ferner auch hervor, dass die alten umfangreichen Reihenbegriffe Granit, Trachyt u. s. f. recht wol in der Natur begründet sind. Die kieselsäure-reiche Hauptschliere weist eben in der Tat so grosse chemische Schwankungen auf, wie sie von den Reihenbegriffen Granit und Trachyt ausgedrückt werden. Granit und Granitit,

Quarz- und Feldspat-Porfyr, endlich Quarz- und Feldspat-Trachyt kommen wirklich in der Natur zallose Male in so innigem örtlichem Verbande vor, dass man sie füglich als ein ganzes betrachten muss. Die Unterteilung dieser Reihennamen in Artnamen, mag sie für Schärfe und Gleichmässigkeit der Systematik noch so notwendig sein, wird demnach immerhin als willkürlich zu bezeichnen sein. Darum dürfte es kaum wünschenswert erscheinen, bei Bildung der bezüglichen Artnamen die Beisetzung des Reihennamens zu vernachlässigen und Sondernamen zu schaffen. Wenn wir die Namen Quarz-Trachyt und Feldspat-Trachyt zusammen nennen, werden wir allsogleich an die innige Verknüpfung dieser zwei Gesteine gemant. Eine solche Andeutung der Zusammengehörigkeit hört aber natürlich hier und in zallosen anderen Fällen der Classification auf, wenn man Sondernamen einfürt. Dann geht die vordem bestehende Association gewisser Vorstellungen verloren und jeder lernende muss mit jedem Sondernamen eine isolirte Vorstellung verbinden. Dadurch aber wird das Gedächtniss ungebürlich belastet, mithin die productive Geistestätigkeit geschädigt. Möge die Petrografie nicht dieser gleich verhängnissvollen, wie modernen Spezialisirungs- und Zersplitterung-Sucht anheimfallen, möge die natürliche Zusammengehörigkeit gewisser Gesteine auch nominell bezeichnet bleiben! —

In einzelnen Fällen trifft die Nomenclatur, wie angedeutet, das richtige. In anderen Fällen ist der natürliche Zusammenhang nicht wörtlich ausgedrückt. So kommt dem Leser die Zusammengehörigkeit der verschiedenen Glieder der basischen Hauptschliere bei Nennung der Namen Diabas, Gabbro, Schillerfels, Serpentin u. s. f. nicht zu Bewusstsein.

Diess erklärt sich aus den augenfälligen Unterschieden dieser Gesteine, deren inniger Zusammenhang überdiess durch

häufig platzgreifende Umwandlung der an Magnesium reichen Bestandteile (Serpentinisirung) verhüllt wird. [1])

Den hervorgehobenen Gegensatz der zwei Haupt-Magmen betonen bereits Bunsen und Durocher in treffender Weise. Doch denken sie an eine scharfe Trennung derselben und an ein Entstehen der Zwischenglieder durch Mischung. Eine derartige Erklärung aber scheint mir nicht vereinbar mit den geltenden kosmogenetischen Anschauungen, welche eine scharfe Absonderung nicht denkbar erscheinen lassen. Ich denke vielmêr an eine übergangreiche schlierige Coëxistenz der zwei Haupt-Magmen im Erdinnern. [2])

17. Bestimmte Elementar-Association in Gängen, Eruptivmassen und im meteoritischen Magma.

Nun eröffnet sich aber die Frage, wie es möglich sei, dass trotz bestehender (quantitativ, wie gesagt, unbedeutender) Uebergänge doch ein so entschiedener Gegensatz der zwei Haupt-Magmen entstehen konnte?

Wir wollen einige einschlägige Tatsachen betrachten und werden durch sie gefürt, wenn auch nicht zur Lösung

---

[1]) Tschermak: Sitzber. Akad. Wien 1860 p. 132, Sandberger: Jb. Geol. 1866 u. Tschermak: Sitzber. Akad. Wien 1877 I.

[2]) Es ist beachtenswert, dass nicht bloss die Haupt-, sondern auch die Uebergang-Schlieren nicht selten eine bedeutende horizontale Ausdenung haben, was man daraus schliessen kann, dass dasselbe Eruptiv-Gestein in einer bestimmten Epoche oft in weiten Gebieten der Erd-Oberfläche zum Ausbruche kommt. Ich erinnere an die Verbreitung des Quarz-Porfyr in Tirol und Sachsen, der tertiären Trachyte in Mittel-Italien, der Basalte in zalreichen Ländern, endlich an die von Zirkel nachgewiesene Herrschaft der Nefelin- und Leuzit-Gesteine in gewissen Districten (Zirkel: Basalt-Gesteine p. 188). Diese Verhältnisse haben in früherer Zeit dazu verleitet, petrografische Formations-Begriffe zu schaffen (z. B. „Porfyr-Formation“).

des Rätsels, so doch zu einem Einblicke in den tiefliegenden inneren Zusammenhang der bezüglichen Erscheinungen gelangen. Wir erinnern uns an das über den chemischen Bestand der Uebergangreihe gesagte (s. III. 1) und blicken nochmals auf Tafel I. Wir sehen, dass der Alaunerde eine ganz auffällige quantitative Beständigkeit zukommt; dass ferner Kieselsäure und Kali einerseits, Eisenoxyde, Kalk und Magnesia anderseits Hand in Hand gehen und gegeneinander im Verhältnisse der Ergänzung stehen. Diese Tatsache bedeutet offenbar, dass gewisse Elemente einander mit Vorliebe aufsuchen, wärend andere Stoffe einander fliehen. Diese Verhältnisse der Tafel I erinnern uns ferner an eine Reihe anderer Tatsachen, welche offenbar in gleicher Weise auf einem Gesellung-Streben der Elemente beruhen. Ich meine jene Mineral-Associationen, welche für den Bergmann von so gewaltiger Bedeutung sind. Boué macht auf eine Reihe bezüglicher Erscheinungen aufmerksam. Er verweist auf das häufige vorkommen von Chrom-Eisen in Serpentin, von Titan-Eisen und Sfen im Syenit, von Zinn in Granit u. s. f.[1]) Breithaupt verdanken wir eingehende Studien über diese Associationen.[2]) Er macht aufmerksam auf die Tatsache, dass Silber gemeiniglich an die Schwefel-Verbindungen des Blei und des Kupfers gebunden ist, er betont die häufige Gesellung von Epidot, Amfibol und Quarz, Titanit und Amfibol u. s. f. Suess verweist gleichfalls auf die Association gewisser Elemente miteinander und mit bestimmten Gesteinen. Platin kommt mit Eisen und Serpentin vor, Silber mit Blei;[3]) Quecksilber findet sich meist in Trachyt und Porfyr oder in

---

[1]) Boué: Bul. soc. géol. 1843 p. 429 f.

[2]) Breithaupt: Paragenesis d. Mineralien 1849 insb. p. 12 u. 268.

[3]) Suess: Zukunft des Goldes 1877 p. 44, 52—58 u. 85. Der Autor verweist darauf, wie bedeutungvoll dieser Factor für Production und Preis-Verhältnisse der Metalle ist.

Sandsteinen[1]) (welche wol in vielen Fällen als Detritus dieser Gesteine aufzufassen sind). Rumpf stellt fest, dass in dem Schieferzuge der Alpen, welcher an die nördliche Kalk-Zone stösst, Eisenerze sowol als auch Magnesite gemein sind. Auch die Vergesellung der Magnesite mit Serpentinen hebt er hervor.[2])

Lotti verweist auf die Tatsache, dass in der catena metallifera gewisse Schichten sich durch constante Mineral-Association auszeichnen.[3])

Beaumont hat die von Boué zusammengestellten Associations-Verhältnisse vervollständigt und neue Gesichtspunkte eröffnet. Er zeigt, dass ein inniger Zusammenhang besteht zwischen den Eruptiv-Gesteinen und den Mineral-Absätzen in den Gängen. Er verweist auf die durch Exhalationen und heisse Quellen aus dem Erdinneren heraufgeförderten Stoffe und spricht die Ueberzeugung aus, dass unsere Erzgänge in eben solcher Weise gebildet wurden.[4]) Und zwar sind gewisse Gang-Absätze an bestimmte Eruptiv-Massen gebunden. So gewisse Schwermetalle an basische Gesteine (s. Beaumont's Tabelle), die Zinngänge aber mit irer reichen Association seltener Mineralien an Granit (daselbst p. 1302).

Suess betont gleichfalls, dass gewisse Eruptiv-Massen und deren Exhalationen sich durch änliche Elementar-Association auszeichnen.[5])

---

[1]) Suess: Sitzber. Akad. Wien 1872 p. 3.

[2]) Rumpf: Min. Mitteil. 1873 p. 264.

[3]) Lotti: Bol. comit. geol. 1875 p. 409.

[4]) Beaumont (Bul. soc. géol. 1847 Bd. 4 p. 1260—1263) betont, dass die Mineralien in den Gängen meist in Verbindung mit Chlor, Schwefel, Arsen, Antimon u. s. f. (den sogenannten Mineral-Bildnern) auftreten, weil diese Verbindungen eben flüchtig seien (das. p. 1268 f.).

[5]) Suess: Zukunft des Goldes 1877 p. 100, 113.

Und diess sind nicht die einzigen hier zu beachtenden Tatsachenreihen. Die aus anderen Himmelsräumen stammenden Gestein-Trümmer, welche von unserem Planeten auf seiner Wanderung „zusammengefegt“ werden,[1]) weisen änliche Beziehungen auf. Sie gleichen, wie Tschermak hervorhebt, nach Textur und wol auch nach Genesis gewissen irdischen Eruptiv-Breccien[2]) und stehen ausserdem unserem basischen Magma mineralogisch und chemisch ser nahe, wie Berzelius, Howard, Wöhler und Rose zuerst erkannten.[3])

Rammelsberg verweist auf die schlagende Aenlichkeit der Eukrit-Meteorite mit doloritischem Basalt und Daubrée bemerkt, dass die Gruppe der, an Magnesia reichen, Meteorite chemisch übereinstimme mit den irdischen Olivin-Gesteinen (Kategorie IV). Zu dieser chemischen Gleichheit gesellt sich in letzterem Falle auch eine schlagende mineralogische Ueberein-

---

[1]) Vgl. Helmholtz: Popul. Vorträge 1876 III. p. 121.

[2]) Tschermak: Sitzber. Akad. Wien 1875 II. p. 665, vergleicht die Breccien-Meteoriten mit den Olivinkugeln von Kapfenberg und glaubt, dass sie diesen Habitus einer explosiven Tätigkeit verdanken. In einer eben erschienenen Schrift: Vulkanismus als kosmische Erscheinung (Sitzber. Akad. Wien 1877 p. 14 f.), stützt sich Tschermak auf die Erfarungen über Absorption und stellt die Hypotese auf, jene kleinen Weltkörper, aus deren Zertrümmerung die Meteoriten hervorgegangen, hätten sich zum Teile in Trümmer aufgelöst infolge der Ausscheidung der absorbirten Gase. Dieser Process müsse um so rascher vor sich gegangen sein, je kleiner der betreffende Weltkörper war, und sei gewiss unterstützt worden durch jene gewaltigen Explosionen, welche bei Verbindung dissociirt gewesener Elemente so häufig auftritt. Diese Anschauung hat gewiss starke Analogien für sich, im Gegensatze zu den älteren Hypotesen, welche den Trümmer-Habitus der Meteoriten durch Schrumpfung oder Eintrocknung des betreffenden Planeten zu erklären suchen (Haidinger: Sitzber. Akad. Wien Bd. 43 p. 370 u. Meunier: Géol. comparée 1874).

[3]) Angelot betont diese Uebereinstimmung und verweist auf die wesentliche Stütze, welche die kosmogenetischen Anschauungen von Kant und Laplace in diesen Tatsachen finden. Bul. soc. géol. 1840 II. p. 147.

stimmung, sobald die bezüglichen irdischen Gesteine (Olivinfels, Serpentinfels) in einem Strome von Wasserstoff geglüht werden.[1])

Dann scheiden sich aus der schön krystallinisch erstarrenden Schmelze Partien von gediegenem Eisen aus und die Analyse zeigt, dass der Nickel-Gehalt der verwendeten Olivin-Gesteine sich ganz in die Eisen-Ausscheidungen begeben hat, eine Erscheinung, welche bei den Meteoriten ausnamlos sich zeigt.[2]) Eine derartige Uebereinstimmung der Elementar-Gesellung (von Si, Mg, Fe, Ni) beherrscht also so weit abgelegene Welt-Massen!

Diese Tatsachen berechtigen uns, die für die irdischen Massen aufgestellte Uebergangreihe durch Anfügung der meteorischen Materialien zu ergänzen und in gleicher Weise auch dem Schema der Existenz-Grenzen eine allgemeinere Bedeutung zu geben. Ich verweise statt weiterer Ausfürung auf die Tafel II (welche als Fortsetzung an Tafel I angefügt wurde) und auf Tafel IV.[3]) Wir sehen da, wie die Herrschaft der Kieselsäure und des Kali im irdischen Magma fortwärend abnimmt, wärend die Alaunerde, lange aushaltend, erst im meteorischen Magma auskeilt und Eisen

---

[1]) Daubrée: Rap. géol. experiment. 1867 p. 124.

[2]) Der Unterschied zwischen dem irdischen und dem meteoritischen Magma bestand in diesem Falle offenbar nur darin, dass letzteres reicher an Wasserstoff, ersteres aber reicher an Sauerstoff war. In Folge dessen wurden im zweiten Falle nicht allein die Alkali- und Erd-Metalle, sondern auch das Eisen und der etwa vorhandene Wasserstoff zur Oxydation gezwungen — es bildeten sich Silicate. In der meteoritischen Masse hingegen war nur genügender Sauerstoff vorhanden, um die Stoffe K, Na, Mg und Si zu befriedigen. Fe und Ni blieben, da so energische Concurrenten auftraten, teilweise unoxydirt. Statt Silicate zu bilden, traten diese unverbundenen Bestandteile dann zu Legirungen zusammen. Solche Umwälzungen erfaren die molekularen Gleichgewicht-Verhältnisse durch das Vorwalten nur eines Gemengteiles! Man vergleiche die Ausfürung über die Zerfällungen des Magma (III. 4.)

[3]) Die Angaben sind entnommen aus Rose: Meteoriten 1866.

und Magnesia, einander vicärirend, zu immer ausgedenterer Herrschaft gelangen. Dem Eisen gesellt sich Nickel und beide Stoffe bilden schliesslich das gesammte Magma, nachdem zuerst Kalk, dann auch Magnesia zurückgetreten. Ich ergänze diese Angaben der Tafel durch folgende Tatsachen, aus denen wir die Verteilung von Sauerstoff, Wasserstoff, Fosfor, Schwefel und Kole entnemen:

1. Das irdische Olivin-Magma gleicht dem meteoritischen. Doch treffen wir das Eisen in ersterem oxydirt, in letzterem aber metallisch.

2. Das irdische Magma ist reich an Kolensäure, wie aus den Flüssigkeits-Einschlüssen der Tiefgesteine und den Exhalationen zu entnemen; das meteorische Magma fürt nicht selten Kolenoxyd und Kolenwasserstoff, mitunter auch unoxydirte Kole.

3. Die Verbindungen des Chlor mit Wasserstoff, Natrium und schweren Metallen sind für das irdische Magma charakteristisch. Die Meteoriten füren nur selten Chloride.

4. Schwefel trifft sich im irdischen Magma meist in Verbindung mit Sauerstoff (Schwefelsäure und schwefelige Säure), daneben auch in Verband mit Metallen (Kiese, Hauyn); im meteoritischen Magma ist derselbe Stoff immer an Metalle gebunden.

5. Fosfor tritt in den basischen Ausbruch-Gesteinen in Verbindung mit Sauerstoff (als fosforsaurer Kalk), in den meteoritischen Massen aber an Metalle gebunden (und zwar in grösserer Menge) auf.

6. Wasserstoff tritt unter den Ausbruch-Producten selten, in den Meteoren aber häufig und in grossen Mengen frei auf.[1]) Das meteoritische Magma ist im Gegensatze zum irdischen arm an Wasser.

---

[1]) Den bedeutenden Wasserstoff-Gehalt gewisser Meteoriten wies zuerst Graham nach. Nach Wöhler, Daubrée und Wright (Americ.

Aus diesen Tatsachen ergibt sich, dass Kole ein beständiger Begleiter des uns zugänglichen kosmischen Magma ist; dass Sauerstoff und Chlor in grösserer Menge an das irdische, Wasserstoff und Fosfor hingegen vorzüglich an das meteoritische Magma gebunden sind. Mit anderen Worten: Sauerstoff und Chlor associiren sich mit Vorliebe den Elementen Silicium, Aluminium, Kalium; Wasserstoff und Fosfor hingegen den Elementen Magnesium, Eisen, Nickel u. s. f.

Es ist selbstverständlich, dass diese verschiedene Elementar-Association sich auch in der Mineral-Gesellung spiegeln muss. In Tafel IV sehen wir denn auch, wie mit zunemender Basicität Plagioklas und Augit auf immer engere Herrschafts-Gebiete beschränkt werden. Olivin hält sich noch, aber auch die Herrschaft dieses, im basischen Magma heimischen Wesens geht zur Neige und zwar im selben Masse, als Nickel-Eisen in den Vordergrund tritt.

18. Gewissen Molekular-Gesellungen kommt ser stabiles Gleichgewicht zu, wärend die Uebergangs-Gebilde sich durch geringe Quantität, durch Variabilität und Existenz-Untüchtigkeit auszeichnen.

In so wunderbarer Weise offenbart sich eine innige, durch weite Räume herrschende Walverwandtschaft der Grundstoffe und eine hiemit Hand in Hand gehende verschiedene Existenz-Mächtigkeit der anorganischen Wesen. Es ist wol kein Zweifel, dass diese Beziehungen schon herrschten, als die Weltmassen noch im Zustande innerer Beweglichkeit sich

---

j. 1876) geben manche Meteoriten beim Erhitzen selbst ir 47faches Volum Gas ab, und zwar kommen ausser dem Wasserstoff auch Stickstoff, Oxyde des Kolenstoffes und Kolen-Wasserstoff in beträchtlicher Menge vor.

befanden und zwar dürften die besprochenen Verhältnisse der Gesellung sich geltend gemacht haben, nachdem die Dissociation aufgehört und die chemischen Beziehungen zur Geltung kamen. Aber auch an die Bedeutung der Gravitation muss man denken, sobald man die Tatsachen ins Auge fasst, 1. dass das spezifische Gewicht der Erde gegen das Centrum bedeutend zunimmt [1]), 2. dass die Körper unseres Sonnen-Systemes in analoger Weise um so höheres spezifisches Gewicht besitzen, je näher sie der Sonne liegen. [2])

Lockyer denkt an eine Association und concentrische Anlagerung der Stoffe nach dem Aequivalent-Gewichte. Suess lässt die Frage offen, ob die Association mer dem Aequivalent- oder mer dem spezifischen Gewichte zuzuschreiben sei. [3]) — Ueber den Modus der Anordnung kann man derzeit nichts aussagen. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass die herrschenden Associationen das Resultat des Zusammenwirkens von Gravitation und Verwandtschaft sind.

Wir brechen diess Tema ab und greifen auf III. 15 zurück. Dort haben wir betont, dass das irdische Magma nicht eine continuirliche, gleichmässige Uebergangreihe darstellt, sondern eigentlich nur aus zwei, durch Uebergänge verbundenen Hauptmassen besteht. Eine änliche Erscheinung wiederholt sich bei dem meteoritischen Magma, das, in seiner Gesammtheit betrachtet, doch nur als Nickel-Eisen zu be-

---

[1]) Chladni nimmt an, das Centrum der Erde sei gebildet aus einem den meteoritischen Massen gleichenden Eisenkerne. — Meunier (Géol. compar. 1874 p. 211 f.) stellt bezüglich der Meteoriten die Hypotese auf, sie seien die Trümmer eines Planeten, welcher gleich unserer Erde aussen aus leichter Hülle, innen aber aus einem schweren Kerne bestanden habe. Er denkt an eine concentrische Anlage der Gesteine Quarzit, Granit Dolerit, Serpentin, Aumalit und endlich Caillit.

[2]) Kant (ed. Schubert 1839 VI. p. 105 f.) leitet diese Erscheinung aus seiner Teorie ab. Bei Buffon derselbe Gedankengang.

[3]) Suess: Zukunft des Goldes 1877 p. 87.

zeichnen ist. Die Mischungs-Uebergänge, welche von dieser Associations-Masse zu der basischen Hauptschliere unseres irdischen Magma füren, sind quantitativ ebenso unbedeutend, wie jene, welche zwischen den zwei irdischen Haupt-Magmen verlaufen; qualitativ aber kommt den Uebergang-Massen immer geringe Beständigkeit zu. Wir sehen, wie jene Gebilde, welche in die Zwischen- und Parallel-Kategorien gehören, nicht allein in Bezug auf Mineral-Bestand, sondern auch in Bezug der Elementar-Gesellung ser variabel sind. Wir finden dieselbe Unbeständigkeit auch beim meteoritischen Uebergang-Magma, in welchem schlierenweise ein oder das andere Element in ganz regelloser Weise vor- oder zurücktritt. Die drei kosmischen Haupt-Magmen aber (Kategorie I und II, IV und die Kategorie der Holosiderite) sind in Bezug der Elementar- und Mineral-Gesellung beständig und zugleich quantitativ mächtig.

Wir haben im vorhergehenden den Boden betreten, auf welchem das Verständniss für diese Erscheinungen zu finden ist.

Wir wissen jetzt, dass gewisse Elemente bestimmte andere Grundstoffe zur Gesellschaft wälen. Fügen wir hinzu, dass es gerade im Wesen solcher Wal-Gesellung liegt, spezifische (auch in Bezug der Stabilität der Gleichgewicht-Verhältnisse spezifisch verschiedene) Typen zu erzeugen, so haben wir wol die Erscheinung des Schlieren-Gegensatzes richtig gedeutet. Es eröffnet sich hier eine merkwürdige Parallele zwischen diesen anorganischen und den organischen Wesenreihen. Auch hier sehen wir gewisse Wesen in grosser Anzal auftreten, wärend die Zwischenformen sich durch Mannigfaltigkeit, zugleich aber auch durch geringe quantitative Bedeutung auszeichnen.

In beiden Fällen haben wir es mit einer Uebergangreihe zu tun. In beiden Fällen kommt gewissen Molekular-Gesellungen ein ser stabiles Gleichgewicht zu, in beiden

Fällen endlich zeichnen sich die Gebilde, welche den Uebergang zwischen den stabilen Formen vermitteln, durch geringe quantitative Bedeutung, geringen Bestand, schwankendes Gleichgewicht aus. Die Haupt-Typen sind hier wie dort stabil und mächtig, die Uebergangs-Gebilde hingegen mannigfaltig einerseits, existenz-untüchtig anderseits.

Es ist demnach kein Zufall, dass wir heute (der Menge nach) wenig Gesteine kennen, welche den Uebergang zwischen den Haupt-Kategorien vermitteln. Auch beruht es nicht etwa auf unserer geringen Material-Kenntniss, dass wir in den Schichten der Erde nur selten jene wunderbaren Formen der Lebewesen treffen, welche den Uebergang von einer Art zur andern vermitteln. Die Sonderung der anorganischen, wie der organischen Welt in Arten beruht nicht etwa bloss darauf, dass durch Aussterben, bez. Wandlung Lücken in einer ursprünglich gleichmässigen Uebergangreihe gebildet werden. Gewisse Zwischenglieder waren vielmêr seit jeher spärlich; der Gegensatz der Arten war und ist für alle Zeiten tiefbegründet im Gegensatz der Grundstoffe, in der hiedurch bedingten Herrschaft gewisser Gleichgewicht-Verhältnisse. —

Diess war mein Tema. — Möge es Anklang finden und bald bessere Leistungen im Gefolge haben! Ist die Arbeit verwertet und überholt, dann hat sie iren Dienst getan und iren Zweck erfüllt. —

Wien, den 15. Juni 1877.

BEZEICHNUNG DER ZEITSCHRIFTEN.

Abh. Akad. Berlin.
Acta erud. (Leipzig).
Americ. j. (Silliman-Dana).
Ann. Chem. (Wöhler-Liebig-Kopp).
Ann. chim. phys.
Ann. Fys. (Poggendorf).
Ann. mines.
Archiv Geogn. Berg. (Karsten).
Astr. soc. (London).
Atti accad. Catania.
Atti accad. Napoli.
Atti nuovi Lincei (Roma).
Ber. sächs. Ges. Wiss.
Berg. Hütt. Z. (Freiberg-Leipzig).
Berz. Jarber. (Berzelius).
Bol. comit. geol. (Roma).
Bul. acad. Pétersbourg.
Bul. soc. géol.
Comptes rend. (Acad. Paris).
Edinb. phil. j.
Geol. mag. (London).
Gesch. Akad. Berl.
Gilb. Ann. (Gilbert).
Hist. et mém. acad. Paris.
Jb. Geol. (Leonhard-Geinitz).
Jb. geol. Reichsanstalt (Wien).
J. mines (Vorläufer der Annales).
J. phys. etc. (Delametherie).
Mineral. Mitteil. (Tschermak).
Nachr. Ges. Göttingen.
Nature (London).
Phil. trans. Edinb.
Phil. trans. London.
Proc. roy. soc. Edinb.
Proc. roy. soc. (London).
Q. j. geol. soc. (London).
Rap. geol. survey (America).
Sitzber. Akad. Wien.
Z. geol. Ges. (Berlin).
Z. ges. Natwiss. (Halle).

ABKÜRZUNGEN.

Bd. = Band.
J. (j.) = Journal.
s. = siehe.
v. = von.
ed. = herausgegeben von.
p. = Seite.
Taf. = Tafel.
vgl. = vergleiche.
trad., Uebs. = traduction, Uebersetzung.

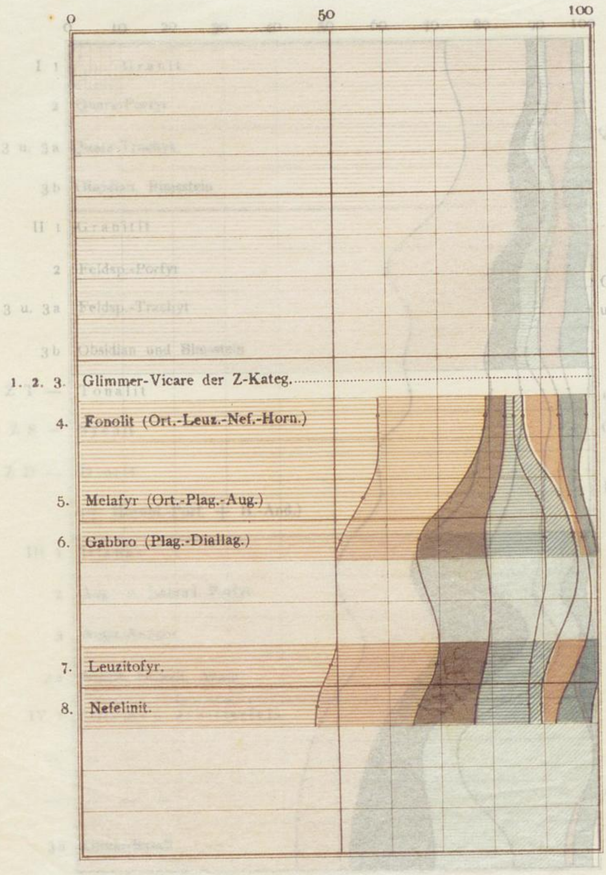
VERZEICHNISS DER AUTOREN.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.

	1. 2. 3.	Glim
	4.	Fon
	5.	Mel
	6.	Gal
	7.	Leu
	8.	Nef

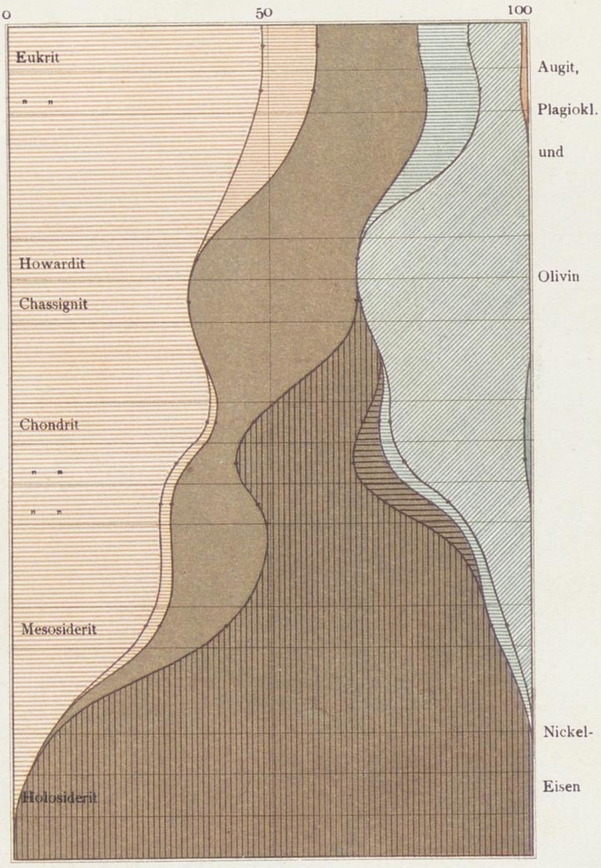
T. Ia. Parallel-Kategorien.

(zum Teil metamere Vicare der 4 Kateg. der T. I)



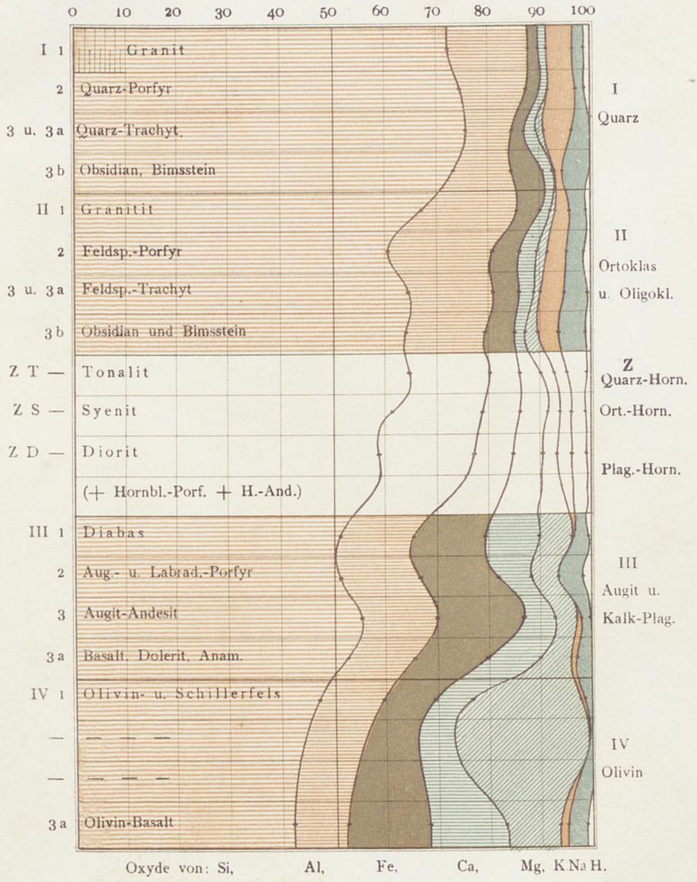
Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

T. II. Bestand des meteoritischen Magma.



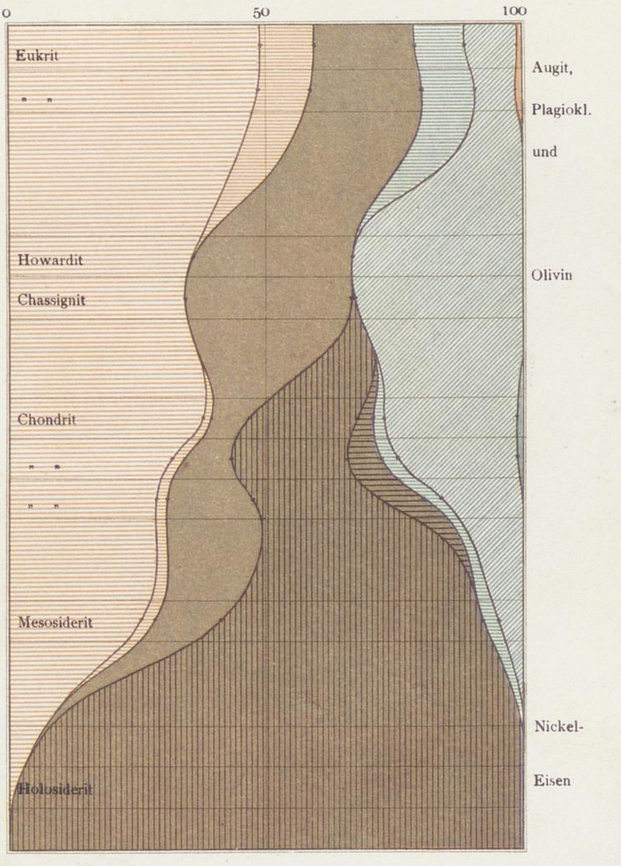
Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

T. I. Chemischer Bestand des irdischen Magma.



Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

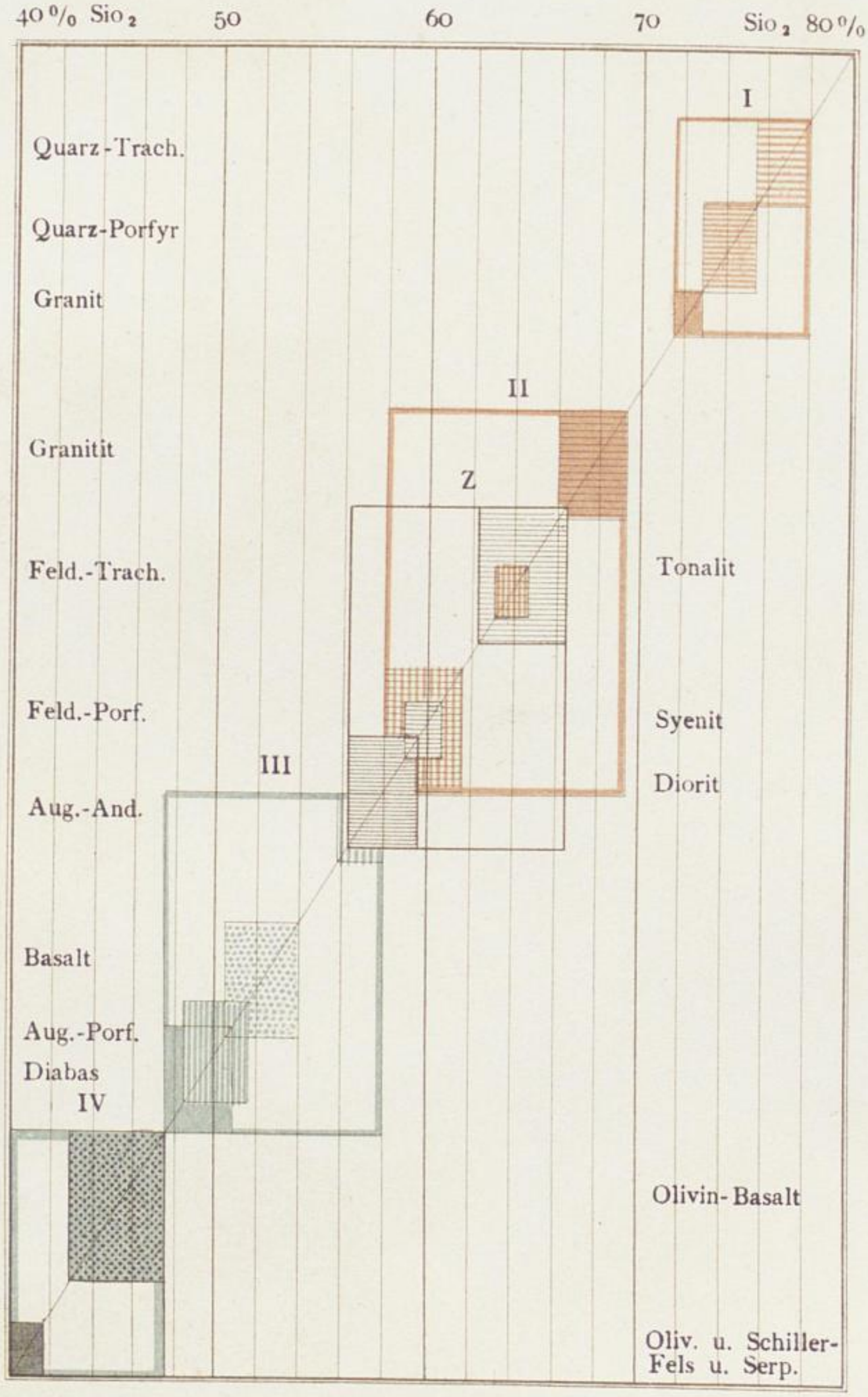
T. II. Bestand des meteoritischen Magma.



Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

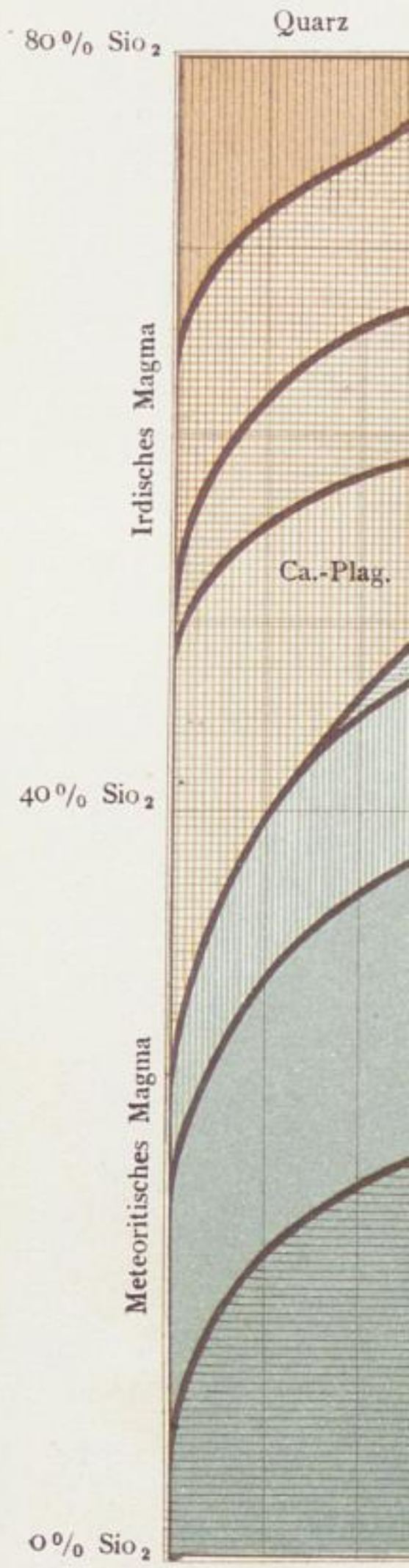
Lith.

T. III. Umfang der Gestein-Begriffe.



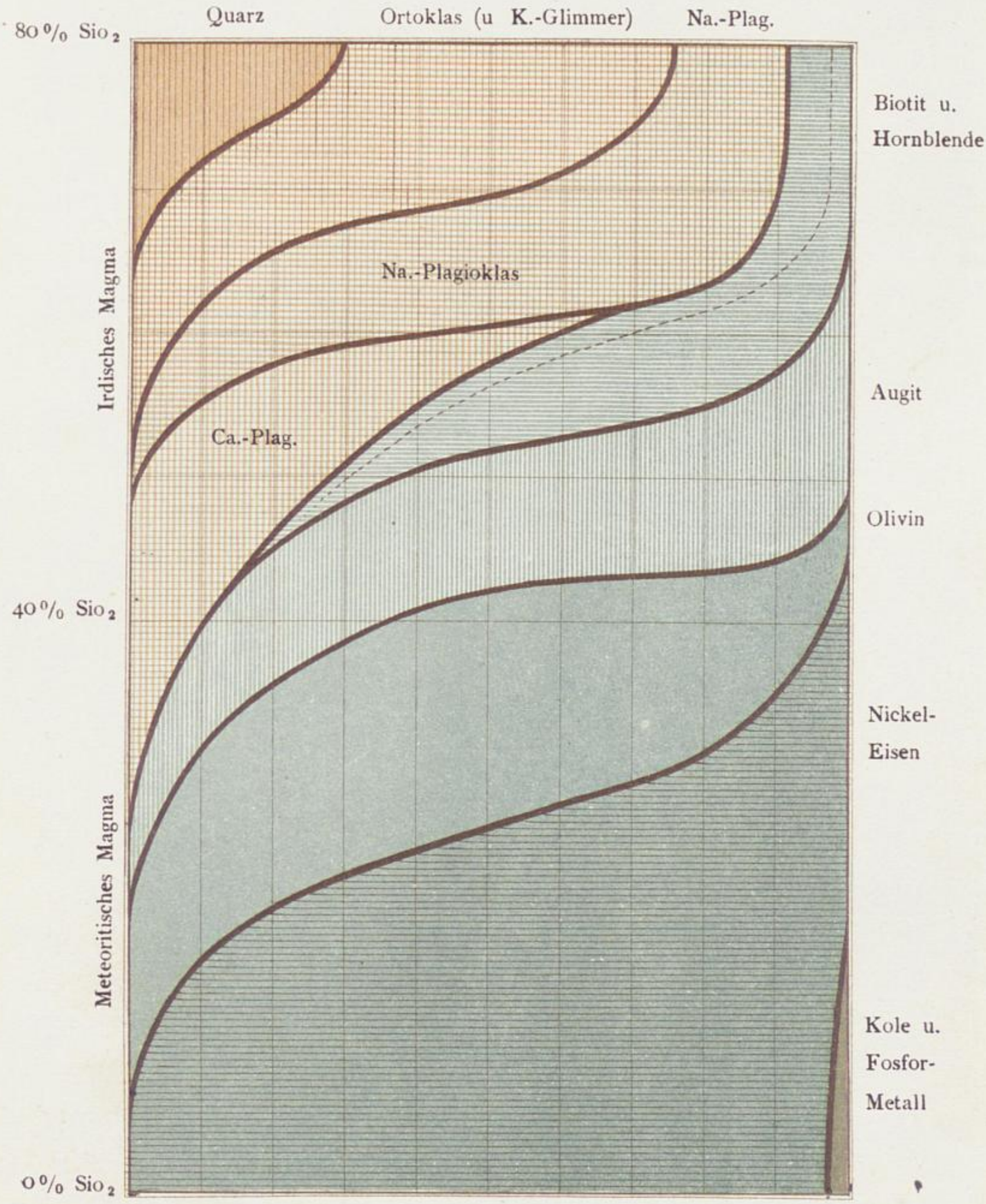
Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

T. IV. Existe



Lith. An

T. IV. Existenz-Mächtigkeit der Mineralien des Magma.



Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

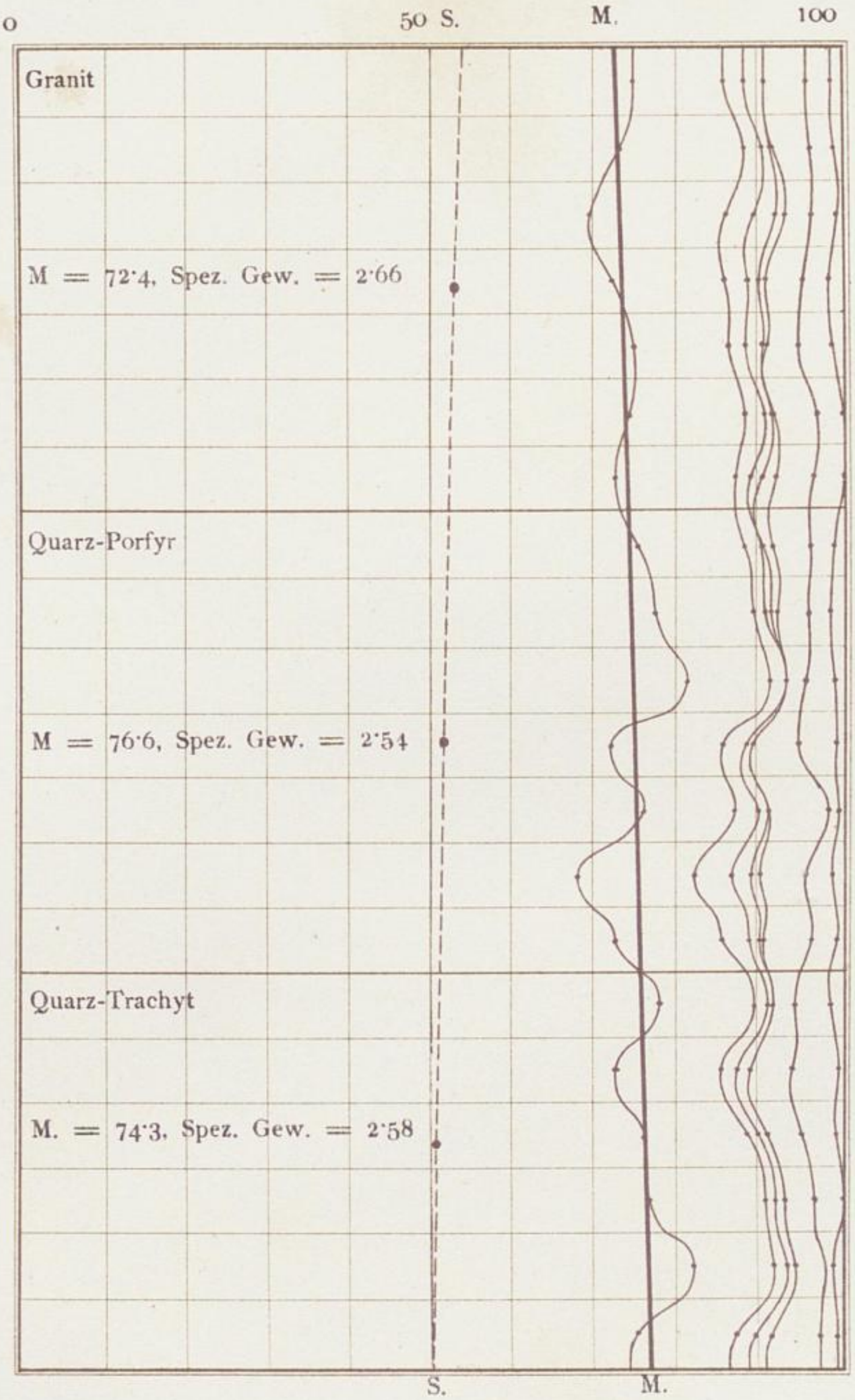
T. V. Mineralogisch
unterscheiden

o

Granit	
M = 72·4, Spez.	
Quarz-Porfyr	
M = 76·6, Spez.	
Quarz-Trachyt	
M. = 74·3, Spez.	

Lith. Ans

T. V. Mineralogisch idente Gesteine von verschiedener Textur unterscheiden sich bez. des chemischen Umfanges.



Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. & Presuhn, Graz.

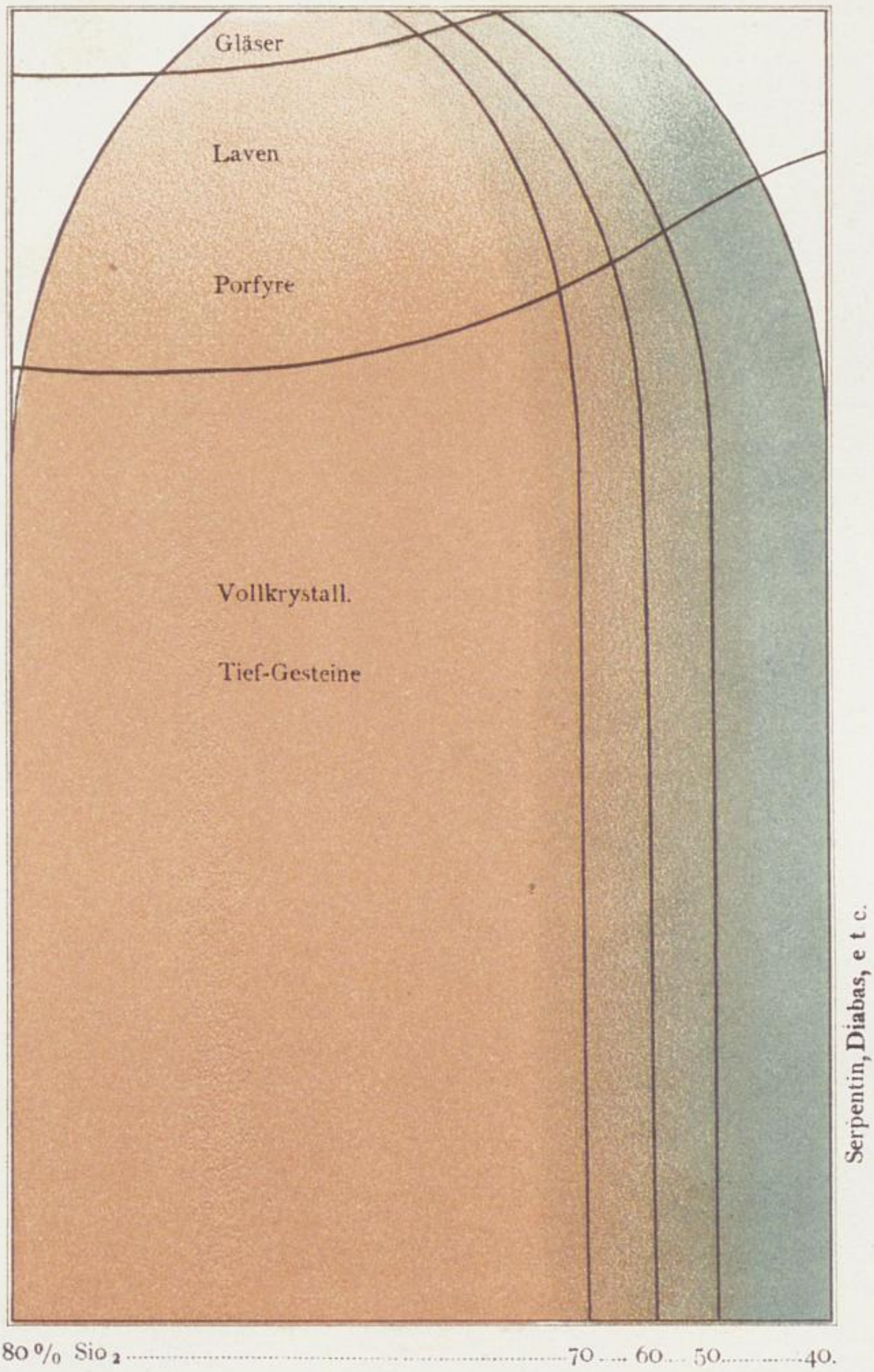
T. VI. Mengen-

Granit, Granitit

80 % SiO_2

Lith. Anst. v.

T. VI. Mengen-Verhältnisse aller Eruptiv-Gesteine.



Lith. Anst. v. Th. Schneider's W. et Presuhn, Graz.

Druck von Ad[illegible]hausen in Wien
k. k. U[illegible]ckerei.