

Studien  
über  
lockere vulkanische Auswürflinge.

---

**Inaugural-Dissertation**  
zur  
**Erlangung der Doctorwürde**  
der hohen philosophischen Facultät  
der  
**Universität Leipzig**

vorgelegt von

**Albrecht Penck**  
aus Reudnitz.

~~~~~  
Mit einer Tafel.  
~~~~~

---

Leipzig 1878.

Druck von J. F. Starcke in Berlin.

Mit vielleicht allzugrosser Vorliebe hat die Petrographie von jeher die massigen Gesteine in den Kreis ihrer Untersuchungen gezogen. Grosse Aufmerksamkeit ist stets den Eruptivgesteinen gewidmet, während andere Gebiete geradezu stiefmütterlich behandelt worden sind. Für eine grosse Reihe von Gesteinen, die freilich sehr unscheinbar aussehen mögen, sind kaum die einfachsten Kriterien zur Wiedererkennung festgestellt, geschweige denn ihre Entstehungsart; andere wieder, welche die interessantesten genetischen Schlüsse ermöglichen, sind kaum analysirt, kaum beschrieben worden.

Vor Allem sind die vulcanischen Tuffe in dieser Weise vernachlässigt worden. Ich habe mich davon häufig genug gelegentlich einer geologischen Aufnahme in dem grossen Porphyrgebiete Sachsens überzeugen müssen. Dies veranlasste mich, die genannten Gesteine näher zu studiren. Ich ging dabei von den lockeren vulcanischen Auswürflingen aus, die, wenn sie sich verfestigen, die vulcanischen Tuffe bilden. Die Untersuchung dieser Gebilde lieferte einige Ergebnisse, die in mancher Beziehung interessant sind, insbesondere da sie hier und da genetische Folgerungen ermöglichen. Es sei daher gestattet, zunächst sie mitzutheilen; binnen Kurzem werden dann „Studien über die Tuffe der tertiären und nachtertiären Eruptivgesteine“ folgen.

Das untersuchte Material erhielt ich durch die Güte der Herren Prof. Dr. H. B. GEINITZ in Dresden, Prof. Dr. A. STELZNER in Freiberg, Prof. Dr. K. v. SEEBACH durch freundliche Vermittlung des Herrn Dr. E. GEINITZ in Göttingen und Dr. E. HUSSAK in Leipzig, wofür ich denselben meinen ergebensten Dank an dieser Stelle wiederhole. Zu grösstem Danke fühle ich mich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. ZIRKEL, verpflichtet für die grosse Liberalität, mit der er mir die Sammlungen der hiesigen Universität, sowie seine eigenen Präparate und seine Bibliothek zur Verfügung stellte, vor

Allem für die Theilnahme, die er mir durch mancherlei Nachweise und Belehrungen beim Verlaufe meiner Untersuchungen angedeihen liess.

---

Während die in Form von Strömen geflossenen Lavamassen nach ihrem Ergusse, ehe sie sich verfestigen, noch einer Reihe physikalischer und chemischer Vorgänge unterliegen, die in ihnen beträchtliche Veränderungen bewirken, während in ihnen bei ihrer langsamen Erstarrung und Erkal tung eine Menge krystallbildender Processe stattfinden, ist dies alles bei den lockeren Eruptivproducten auf das Minimum beschränkt, sowohl die Dauer der Abkühlung und Erstarrung, als auch die Krystallbildung während derselben. Es darf daher erwartet werden, dass gerade sie geeignet sind, Licht über die Beschaffenheit der Lavasubstanz im Krater, vor Allem aber auch über die Art und Weise der Krystallausscheidungen in derselben zu verbreiten, also über Fragen, welche in der Lehre von den Vulcanen eine wichtige Rolle spielen. Nichtsdestoweniger haben sie seitens der Petrographie nur geringe Beachtung erfahren, und während die Laven eingehendst untersucht worden sind, sind sie durchaus noch nicht genau studirt, in den Museen und Sammlungen wenig geschätzt und selten vertreten, weshalb es auch nicht möglich war, für nachstehende Untersuchungen genügendes und ausreichendes Material zu beschaffen.

Die lockeren vulcanischen Gebilde, die vulcanischen Auswürfinge, können ihrer Grösse nach eingetheilt werden in gröbere und feinere, und die gröberen ihrer Structur nach wieder in compacte und poröse. Die compacten treten als sogenannte Bomben, als Lavathränen, Lavakuchen auf und besitzen eine meist gedrehte oder gewundene, tropfenähnliche Gestalt. Die porösen dagegen werden Schlacken genannt, wenn sie noch zähe zur Erde fallen, Lapilli oder Rapilli dagegen, wenn sie klein sind und als vollkommen erhärtete Masse zu Boden fallen. Jedoch bezeichnet man auch grössere Lapilli als Schlacken. Die feineren, staubartigen vulcanischen Auswürfinge werden je nach der Grösse ihres Kornes in Sande und Aschen eingetheilt, wenn auch keine scharfe Grenze zwischen diesen Gebilden zu ziehen ist. Der Unterschied zwischen compacter und poröser Ausbildung ist bei ihnen verwischt wegen ihrer geringen Grösse; im Allgemeinen stehen sie den Lapilli am nächsten. Sie sind es, welche von allen lockeren vulcanischen Auswürfingen allein eine genauere petrographische Untersuchung erfahren haben. Werthvolle Beob-

achtungen sind auch auf diesem Gebiete ZIRKEL\*) zu danken, welcher Forscher die petrographischen Eigenthümlichkeiten einer Reihe von Sanden und Aschen aufstellte und genetische Schlüsse daraus ableitete. VOGELSANG\*\*), v. LASAULX\*\*\*), H. O. LANG†) und besonders SCACCHI††) haben sich um die Untersuchung und Erkenntniss einzelner Vorkommnisse verdient gemacht

In Folgendem sollen einige vulcanische Auswürflinge bezüglich ihrer petrographischen Zusammensetzung betrachtet werden, und zwar soll einigen Schlacken, Lapilli und Bomben ein Abschnitt gewidmet werden, ein anderer den vulkanischen Sanden und Aschen.

## I.

Die vulcanischen Schlacken und die Lapilli zeigen unter dem Mikroskop eine sehr poröse, glasige, in dünnen Präparaten rehfarbene bis licht kaffeebraune, in's Grünliche und Gelbliche spielende Basis, in der mehr oder weniger Krystalle ausgeschieden sind. Der Umstand, dass diese letzteren meist isolirt auftreten, ohne sich gegenseitig in ihrer Ausbildung zu stören, gestattet, sie in Rücksicht auf ihre morphologischen Eigenschaften genauer zu studiren. Es mögen daher zunächst die sich ergänzenden Ergebnisse der Untersuchung verschiedener Vorkommnisse auf diesem Gebiete mitgetheilt werden.

Höchst verbreitet finden sich in den verschiedensten Schlacken und Lapilli kleine rhombische Lamellen von so geringer Dicke, dass ihrer mehrere übereinanderliegend häufig noch nicht die Stärke des Schliffes besitzen. Sie sind meist gänzlich in die Glasmasse eingebettet, ein Umstand, der ihre Farbe nicht erkennen lässt; jedenfalls sind sie farblos, weswegen es öfters schwer fällt, ihre Umrisse zu verfolgen, besonders wenn sie wirr übereinander liegen (Taf. V. Fig. 6). Unter gekreuzten Nicols zeigen sie ein lebhaftes Farbenspiel.

Angestellte Messungen ergaben, dass der spitze Winkel dieser Rhomben im Mittel um  $52^{\circ}$  schwankt (Taf. V. Fig. 1a.); in manchen Fällen ist derselbe abgestumpft, die Lamellen er-

\*) N. Jahrb. für Min. u. Geol. 1872. pag. 16—25.

\*\*) Philosophie der Geologie. Bonn 1875. pag. 175—181.

\*\*\*) N. Jahrb. für Min. u. Geol. 1871. pag. 686—687.

†) Nachrichten d. k. Gesellsch. d. Wissensch. in Göttingen 1875. pag. 397—411.

††) Rendiconto della R. Acad. d. scien. di Napoli, agosto 1872. Auszug von RAMMELSBURG, Zeitschr. d. d. geol. Ges. Bd. XXIV. 1872. pag. 545—548.

scheinen dann mehr oder weniger regelmässig sechsseitig begrenzt (Taf. V. Fig. 1 b.). Aehnliche Gebilde wurden von FELIX KREUTZ \*) in den Vesuvlaven des Jahres 1868 beobachtet und als Sanidine gedeutet, MÖHL \*\*) fand solche im „Tachylit“ vom Schiffenberg bei Giessen und deutet die neben ihnen vorkommenden Plagioklasleistchen als „Querschnitte dieser Tafeln“. Jedenfalls müssen sie als Kryställchen eines Feldspathes angesehen werden, die begrenzt sind durch die Flächen P und x, welche miteinander einen spitzen Winkel von  $52^{\circ}$  bilden, dazu gesellen sich hie und da T und l, denselben abstumpfend; durch das Vorwalten von M erhalten sie die charakteristische lamellare Ausbildung. Diese letztgenannte Fläche liegt bei ihnen allen annähernd parallel der Schlieffläche.

Neben diesen Rhomben lassen sich stets die bekannten polysynthetisch verzwillingten Plagioklase wahrnehmen, bei denselben ist M die Zwillingssebene und muss als solche ganz oder nahezu senkrecht zur Schlieffläche stehen. Es hat von vorn herein viel für sich, mit MÖHL anzunehmen; dass sie „mehr oder weniger Querschnitte“ der erwähnten Feldspath-Rhomben sind, und diese letzteren als Plagioklase, nicht als Sanidine anzusehen. Diese Vermuthung erhält volle Bekräftigung durch zahlreiche Uebergänge von einer Form zur andern. Es lassen sich deutlich Plagioklaszwillinge beobachten, die, weil sie schräg zur Schlieffläche gestellt sind, eine rhombisch oder sechsseitig begrenzte Fläche M aufweisen; ferner zeigt sich beim Drehen der Mikrometerschraube, dass die meisten Plagioklaszwillinge rhombische oder sechsseitige Täfelchen sind (Taf. V. Fig. 2). Immerhin ist aber die Erscheinungsweise dieser kleinsten Plagioklaskryställchen je nach ihrer Lage verschieden genug, um die Beibehaltung der Ausdrücke „Plagioklasleistchen und Lamellen“ in der Folge zu rechtfertigen, wobei jedoch keineswegs an verschiedene Gebilde, sondern nur an verschiedene Erscheinungsweisen ein und derselben Gebilde zu denken ist.

Selbst die zartesten Plagioklasleisten von wenigen Tausendstel Millimeter Breite, sind, wie sich aus ihrer Krystallform und ihrem Verhalten im polarisirten Licht ergibt, keine einfachen Individuen, sondern Zwillinge. Ihnen entsprechen vermuthlich die zartesten Lamellen von minimaler Grösse, so massen die Diagonalen einer solchen 0,005 und 0,003 Mm. Dieselben sind aber immerhin noch regelmässig begrenzt, hier

---

\*) Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien, II. Abth. 1869. Januar-Heft.

\*\*) Gesteine der Sababurg. Cassel 1871. pag. 30.

und da lassen sie selbst eine feine Zuschärfung ihrer Kanten erkennen, wodurch sie sich unzweifelhaft als Zwillinge erweisen. Sie dürfen nicht als Mikrolithen gelten, obwohl sie die kleinsten Gebilde sind, von denen sich mit Sicherheit nachweisen lässt, dass sie Plagioklase sind.

Manchmal lässt sich beobachten, wie zwei Plagioklaslamellen in der auf Taf. V. Fig. 3 angedeuteten Weise zusammentreten und augenscheinlich durch plötzliche Erkaltung der Glasmasse im Aneinanderlegen gestört worden sind. Solches macht unzweifelhaft, dass die polysynthetisch verzwilligten Plagioklase gebildet werden können durch Aneinanderlagerung, durch Zusammentreten bereits fertiger Krystalle. So entstandene Plagioklasstöcke sind häufig ausserordentlich unregelmässig begrenzt, indem die Grösse der einzelnen Leistchen nicht die gleiche ist; ihnen entsprechen jedenfalls die vielfach regelmässig schuppig aufeinander gelagerten, grösseren und kleineren Lamellen. In anderen Fällen erscheinen die gebildeten Krystalle regelmässig begrenzt und lassen dann oft in ausgezeichneter Weise den ein- und ausspringenden Winkel von P erkennen (Taf. V. Fig. 4).

Vorzüglich zeigt ein Lapill, angeblich von Lipari, wie bereits polysynthetisch verwachsene Plagioklase wiederum zusammentreten, um grössere Krystalle zu bilden (Taf. V. Fig. 5, 7). Zwischen solchen aneinandergelagerten Krystallen bleibt oft eine Glasschicht erhalten. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass alle Glaseinschlüsse in grösseren Plagioklasen dieses Lapills, welche parallel der Zwillingsstreifung liegen, eingeklemmt sind beim Aneinanderschliessen fertiger Krystalle (Taf. V. Fig. 5 b. c.).

Es erübrigt noch der vorzüglichen zonalen Structur zu gedenken, die die meisten Plagioklase bis herab zu den zierlichsten Lamellen aufweisen, und die sich, entgegengesetzt der Meinung ZIRKEL's\*), am besten unter gekreuzten Nicols beobachten lässt, indem sie dann miteinander wechsellagernde, hellere und dunklere, zuweilen selbst verschiedenfarbige Zonen zu erkennen geben. Diese Erscheinung, die sich an den meisten Plagioklasen und Sanidinen trachytischer Gesteine deutlich beobachten lässt, erklärt sich wohl am besten durch geringe Schwankungen der optischen Elasticitätsverhältnisse in den einzelnen Zonen, was wiederum mit geringen Schwankungen der chemischen Zusammensetzung derselben in Zusammenhang stehen mag. Im gewöhnlichen Lichte deuten zarte Linien den schaligen Bau an, die vielleicht weniger als feine Spalten, wie als Stellen, wo das Licht total reflectirt wird, zu gelten

\*) Die mikrosk. Zusammensetzung d. Min. u. Gest. pag. 32.

haben. Unerklärlich ist, wie diese zonale Structur und Polarisation zusammen mit der polysynthetischen Verzwilligung vorkommen und häufig von den Krystallkonturen unabhängig verlaufen können (Taf. V. Fig. 7, 8). Diese Erscheinung wurde von ZIRKEL\*) in gleicher Weise beobachtet, und auch an vielen polysynthetisch verwachsenen Augiten wahrgenommen.\*\*)

Oftmals tritt der Fall ein, dass ein Krystall, der offenbar durch Zusammentreten einzelner Individuen entstanden ist, eine Zeit lang zonal wächst, wobei sich die angelagerte Substanz optisch nach den Theilen des Krystalls orientirt, an die sie gerade anschiesst, und wobei Partikelchen der umgebenden Glasmasse in regelmässigen Zonen eingelagert werden. Dann schiessen jedoch wieder Krystalle an und klemmen die Grundmasse parallel der Zwillingssebene ein. Jedenfalls sind auf diese Weise durch das Ineinandergreifen des molekularen und „individuellen“ Wachstums die häufigen Unregelmässigkeiten in der Ausbildung der Plagioklase zu erklären, so z. B. der Umstand, dass die Zwillingslamellen nicht den ganzen Krystall durchsetzen, den ZIRKEL\*\*\*) mehrfach erwähnt. An einen grösseren Krystall schiesst vielleicht eine kleine, äusserst zarte und dünne Lamelle an, dieselbe wird von anschliessenden Molekülen überwuchert und erscheint dann eingebettet als schmaler Streifen in dem Krystall; oder es schiessen an einen grossen Krystallstock kleinere an, die sich nebeneinander legen, und von denen ein jeder anders aufgebaut ist, als der andere. Solches zeigen besonders schön die Plagioklase in einer Lavathräne des Aetna.

Nicht minder reichlich wie der Plagioklas findet sich in den untersuchten Lapilli Augit. Häufig tritt er in Form der bekannten stäbchenförmigen, lichtgrünen Mikrolithen auf, und es lassen sich von dieser primitiven Entwicklungsstufe die einzelnen Stadien bis zu völlig ausgebildeten Krystallen verfolgen, so wie es Taf. V. Fig. 10 darstellt, was keiner weiteren Erläuterung bedarf. Grössere Augitkrystalle sind meist trefflich zonal gebaut. Grün- und braungefärbte Zonen wechselagern nicht selten mit völlig farblosen, wie es auf Taf. V. Fig. 9 abgebildet ist. Jedenfalls stellen diese verschieden gefärbten Zonen verschiedene chemische Verbindungen dar, die farblosen dürften eisenfrei, die grünen eisenhaltig sein, und da TSCHERMAK†) nachgewiesen hat, dass in den Augiten

\*) Microscopical Petrography pag. 100.

\*\*\*) ROSENBUSCH, Physiographie der petrogr. wichtig. Min.

\*\*\*) Basaltgesteine pag. 30.

†) TSCHERMAK'S Min. Mittheilungen 1871. pag. 23. 29.

der optischen Axen der Winkel  $2V$  mit dem Eisengehalte zunimmt, indem er z. B. darthat, dass

bei einem hellen Diopsid von Ala .	$2V = 58^{\circ} 59'$
bei einem dunklen Hedenbergit von Tunaberg . . . . .	$2V = 62^{\circ} 32'$
und bei einem Augit von Borislau .	$2V = 61^{\circ}$
während bei einem schwarzen Augit von Frascati . . . . .	$2V = 68^{\circ}$

sei, so darf nicht Wunder nehmen, dass diese verschieden gefärbten Zonen nicht nur verschieden chromatisch polarisiren, sondern auch verschieden stark pleochroitisch sind.

Dass der Kern solcher Krystalle oft aus einem Gewirre von Augit- und Glassubstanz besteht, ist bekannt, nicht minder wie der Umstand, dass sie oft nicht unbeträchtlich pleochroitisch und stark rissig sind.

Das Vorkommen des Leucits ist im Wesentlichen auf die Lapilli des Vesuvs beschränkt. Er tritt in denselben um und um ausgebildet oft in minimaler Grösse von wenigen Tausendstel Millimeter Durchmesser auf, stets jedoch in der Combination  $4P\ 2.P$ . Andere Formen wurden trotz eifrigen Suchens nicht wahrgenommen, ebensowenig wie zweifellose Zwillinge, ausgenommen eine vielleicht zufällige Verwachsung nach  $\infty P \infty$ . Selten sind diese Leucitkryställchen in einer Richtung etwas gedehnt (Taf. V. Fig. 11).

Die grösseren Leucitkrystalle können grösstentheils als Aggregate kleinerer aufgefasst werden, die in gesetzmässiger Weise aneinander gelagert sind, häufig in der Art wie KREUTZ\*) beobachtete, dass sie einen schmalen Saum der Grundmasse zwischen sich lassen, öfter jedoch indem sie unmittelbar aneinander stossen und nur hie und da im Innern des Krystalles unregelmässige Glasfetzen umschliessen; welche die Konturen der aneinander getretenen Kryställchen andeuten (Taf. V. Fig. 13). Die Einschlüsse in den Leuciten, ihre regelmässigen Einlagerungen sind durch ZIRKEL\*\*) schon genau beschrieben, und bedürfen keiner besonderen Erwähnung, nur möge auch hier auf die eigenthümlichen Kreuzformen zwischen den Einschlüssen aufmerksam gemacht werden, die C. W. C. FUCHS\*\*\*) und v. LASAULX†) schon früher auffanden.

Ein sehr constanter Gemengtheil vieler der untersuchten Lapilli, seiner Quantität nach in denselben aber nur accessori-

\*) a. a. O. pag. 8. Vergl. auch ZIRKEL, Basaltgesteine pag. 53.

\*\*) Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1868. Bd. XX. pag. 97--152.

\*\*\*) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1869. t. 2. f. 6.

†) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1872. pag. 409.

risch auftretend, ist der Olivin. Er findet sich meist in den bekannten sechs- bis zehneckigen Durchschnitten und ist auch hier, wie nach ZIRKEL\*) in den Basalten, verhältnissmässig einschlussarm und nie zonal gebaut. Nur selten ragen eigenthümliche Glasarme in ihn hinein.

In vielen Lapilli finden sich kleine, Doppelpyramiden-ähnliche, lebhaft polarisirende Kryställchen, die durch das Auftreten eines Flächenpaares eine sargartige Gestalt erhalten. Sie sind so klein, dass sie völlig in die Glasmasse eingebettet erscheinen, weshalb ihre Farbe nicht wohl zu erkennen ist, doch sind sie vermuthlich farblos. Ihre Längsaxe sinkt bis zu 0,015 Mm. herab, durchschnittlich sind sie 0,030 Mm. lang bei einer Breite von 0,018 Mm. (Taf. V. Fig. 16). Völlig identisch mit ihnen sind grössere Krystalle, die die ganze Dicke des Schliffes einnehmen, und die, ihren Konturen und ihrem optischen Verhalten zufolge, Olivine sind. Zweifellos gehören die kleinen Kryställchen auch zu dem genannten Minerale, und zwar stellen sie, wie ausgeführte Messungen ergaben, die Combination  $\infty P. 2\bar{P}\infty$  dar, wozu sich  $\infty \bar{P}\infty$  und  $\infty \bar{P}\infty$  gesellen. Sie aggregiren sich in der Art, wie die kleinsten Leucite, durch Aneinanderlagern zu grösseren Krystallen, oft Glasfetzen zwischen sich lassend (Taf. V. Fig. 18), oder mit einer Pinakoïdfläche nebeneinander und erscheinen dann wie verzwillingt, polarisiren jedoch alle in gleicher Weise (Taf. V. Fig. 17). Sie können daher als die bis jetzt noch nicht bekannten\*\*) kleinsten Olivine gelten, die beim Aufbau grösserer Krystalle die Rolle von Mikrolithen spielen, ohne selbst solche zu sein, wie denn überhaupt nicht jedes Mineral befähigt zu sein scheint, als Mikrolith aufzutreten. Es geht hieraus hervor, dass der Olivin einer grossen Zahl von Laven als Ausscheidung aus dem Magma zu gelten hat und nicht als Einschluss in demselben, wie LEHMANN\*\*\*) für viele Fälle dazuthun versucht hat.

Gleich dem Olivin ist der Magnetit ein sehr constanter Gemengtheil der Lapilli. Er findet sich in Form eines feinen Staubes oder in stern- oder kreuzförmigen Gruppen. Die Arme solcher Kreuzchen haben meist die Lage der oktaëdrischen Zwischenaxen.

---

\*) Basaltgesteine pag. 55.

\*\*) Vergl. ZIRKEL, Die mikrosk. Beschaffenheit der Min. u. Gest. pag. 213.; ferner ROSENBUSCH, Physiogr. d. petrogr. wichtig. Min. p. 265. Die bisher kleinsten Olivine von 0,08 Mm. Länge beobachtete Möll, Gesteine der Sababurg 1871 pag. 18.

\*\*\*) Untersuchungen über die Einwirkung eines feurigflüssigen basaltischen Magmas auf Gesteins- u. Mineraleinschlüsse. Bonn 1874. p. 6. 7.

Soviel über die in den untersuchten Lapilli verbreitetsten, wohlkrystallisirten Mineralien, neben denen sich eine Menge farbloser oder sehr licht gefärbter Krystalliten von allen möglichen Gestalten wahrnehmen lässt; dieselben sind nach zwei Richtungen gewöhnlich in je zwei Spiesse verlängert, die den Richtungen des stärksten Wachsthums zu entsprechen scheinen.

Ueber Sanidin, Amphibol und Biotit wird das Bemerkenswerthe gelegentlich der Betrachtung der einzelnen Lapilli gesagt werden, die hier folgen möge.

Schlacken vom Vesuv aus den Jahren 1753 und 1807 besitzen eine bräunliche, rehfarbene, glasige Grundmasse, in der zahlreiche Krystallausscheidungen zu bemerken sind, und die durch eine Menge grosser Luftblasen schlackig aufgetrieben ist. Unter den ersteren walten die Leucite vor. Kleine, wohl ausgebildete Kryställchen durchschwärmen das ganze Präparat; ihre Grösse schwankt zwischen 0,006 — 0,02 Mm. im Mittel. Mehrfach sind sie nach einer Richtung etwas gedehnt, so mass ein Krystall bei 0,0085 Mm. Länge 0,0075 Mm. in der Breite, andere waren 0,0105 Mm. lang und 0,0085 Mm. breit, zeigten also annähernd das Verhältniss von 6:5 zwischen der Länge der Haupt- und der der Nebenaxe. Siehe Taf. V. Fig. 11.

Wie erwähnt treten solche kleine Leucite gesetzmässig zu grösseren Krystallen zusammen, in deren Kern sich oft unregelmässige Glaspartieen wahrnehmen lassen, den Raum zwischen den einzelnen Kryställchen ausfüllend. Diese verrathen zuweilen durch fremde Interpositionen einen deutlichen zonalen Bau, während zu gleicher Zeit der von ihnen gebildete Krystall längs seiner Konturen zonales Wachsthum aufweist. Molekulares und individuares Wachsthum gehen also beim Leucit ebenso wie beim Plagioklas Hand in Hand.

Dieses letztgenannte Mineral findet sich zumeist in Form der oben beschriebenen Rhomben und zarter Leisten, seltener als grössere Krystalle in den in Rede stehenden Schlacken, gerade diese sind zum Studium dieser Gebilde geeignet gewesen, und Taf. V. Fig. 1. 2. 3. 4. sind ihnen entnommen.

Der Augit tritt nur in grösseren Krystallen auf. Dieselben besitzen einen Kern, bestehend aus einem wirren Durcheinander von Glasmasse, Leucitkryställchen und Augitsubstanz, um denselben legen sich Zonen reinerer Substanz, meist von einander durch Glaseinlagerungen oder perlschnurartig nebeneinander liegende Leucitchen getrennt. Quer durchschiessen diese Masse zierliche, sechsseitige Säulchen mit basischer Spaltbarkeit, die zweifellos als Apatit zu deuten sind, und deren Vorkommen lediglich auf die beschriebenen Augitkrystalle beschränkt zu sein scheint; des zonalen Baues derselben und der damit verbundenen optischen Erscheinungen ist schon

oben gedacht worden. Verhältnissmässig selten sind Augitmikrolithen. Gleiches gilt vom Magnetit, der nur fleckenweise auftritt.

Ein Lapill vom 1. April des Jahres 1835 unterscheidet sich von den eben beschriebenen Schlacken nur dadurch, dass es bedeutend blasiger, poröser, schaumig ist. Seine Glasmasse ist völlig durchspickt mit zierlichen, kleinen Leuciten, in denen sich die schönsten Einlagerungen wahrnehmen lassen, und zwar bald zonare, bald radiäre, in letzterem Falle ein weisses Kreuz zwischen sich lassend (Taf. V. Fig. 12). Die Oberfläche dieses Lapills und viele Luftblasen in demselben sind austapeziert von Schaaren rother, sechseckiger Täfelchen mit oft eingebuchteten Kanten (Taf. V. Fig. 14). Dieselben liegen entweder isolirt oder in concentrischen Ringen dicht nebeneinander (Taf. V. Fig. 15). Sie dürften als Eisenglanzschüppchen zu deuten sein. Nur die Luftblasen, die augenscheinlich mit der Lapill-Oberfläche in Verbindung stehen, zeigen diese Auskleidung. Es kann daher als nicht unwahrscheinlich gelten, dass das Lapill erst, nachdem es als solches gebildet war, mit diesem Hauche von Eisenglanz überzogen wurde.

Andere der untersuchten Lapilli vom Vesuv waren so schaumig, dass sie zwischen den Fingern zerquetscht werden konnten. Die so aufgeblähte Glasmasse führt nur wenig Krystall-Ausscheidungen, und zwar fast lediglich Leucite. Grössere Augite konnten während des Schleifens constatirt werden. In mancher Beziehung abweichend verhält sich ein dem eben beschriebenen makroskopisch völlig gleichendes Lapill. Seine Grundmasse enthält zahlreiche Augitmikrolithen, die eine auffällige Trübung derselben hervorbringen; ausser ihnen und Leucit wurden nur vereinzelt Plagioklas und Nephelin (?) als grössere Krystallausscheidungen wahrgenommen. Gewisse Partien dieses Lapills sind durch Magnetitstaub besonders getrübt, während andere, die sich nicht durch besonderen Reichthum an Krystallen auszeichnen, völlig frei davon sind. Es kann diese Erscheinung sicher nur auf eine Ungleichheit im Magma, auf eine Schlierigkeit desselben zurückgeführt werden.

Ein Vesuvlapill vom Jahre 1877 besitzt eine aufgeblähte, glasige Grundmasse, die von einem dichten Filz von Augitmikrolithen und Magnetitkörnern durchsetzt wird. Darin treten deutlich grössere Leucitkrystalle auf, die sich makroskopisch als Knötchen in den zarten Wandungen wahrnehmen lassen, woraus hervorgeht, dass sie bereits vor Bildung der Lapill-Form in der Substanz desselben vorhanden waren, mit anderen Worten, dass sie schon im Krater im flüssigen Magma existirten.

Aus den mitgetheilten Beobachtungen geht abermals hervor, dass die Lappilli des Vesuvs ganz die nämlichen Gemengtheile aufweisen, wie die Laven dieses Vulcans. Gleich denselben ist ihre Zusammensetzung nicht ganz constant. Durch das Vorwiegen des Lencites oder des Augites werden auch in ihnen Extreme geschaffen, die man mit den Leucitophyren und Augitophyren SCACCHI's vergleichen könnte. Lapilli und Laven unterscheiden sich jedoch dadurch, dass in ersteren die Glassubstanz die Grundmasse ausmacht, in der die Krystallausscheidungen geradezu schwimmen, während in letzteren gewöhnlich die krystallinen Bestandtheile vorwalten, und in ihnen nur hier und da mehr oder weniger Glaspatrien auftreten, die nur an der Oberfläche der Ströme, an deren oberster Kruste, vorwalten.\*)

Ein Lapill, angeblich von Lipari, zeigt unter dem Mikroskop eine lederfarbene bis rehbraune, aufgeblähte Glasmasse, in der zahlreiche Krystallausscheidungen wahrnehmbar sind. Vor Allem fallen Plagioklase in den verschiedensten Stadien ihrer Ausbildung auf. Kleine, rhombisch begrenzte, schmale Leistchen lassen sich in grosser Zahl beobachten. Ganz besonders auffällig sind jedoch die grösseren Krystalle. Dieselben sind unregelmässig begrenzt, meist zerfranst, von treppenartigen, manchmal zinnenförmigen Konturen. Oft sind sie so reich an Glaseinschlüssen, dass sie in angeschliffenen Flächen schwarz erscheinen. Häufig sind diese Einschlüsse scheinbar regellos vertheilt, meist lässt sich jedoch nachweisen, dass ihre Lage und Gestalt abhängig sind von der lamellaren Verzwilligung der Krystalle und deren Wachstumszonen (Taf. V. Fig. 6 a. b.). Dies wird am besten im polarisirten Licht erkannt. Inwiefern es Auskunft über die eigenthümlichen Wachstumsverhältnisse des Plagioklases giebt, ist oben anzudeuten versucht. Die in die Krystalle einspringende Glasmasse ist merklich dunkler gefärbt, wie die der Grundmasse, weil aus ihr der Eisengehalt nicht durch Augite ausgeschieden ist, in deren Nähe sie stets am leichtesten erscheint. Das genannte Mineral tritt sowohl in zarten, oft sternförmig zusammengeballten Mikrolithen, als auch in grösseren, nicht unbedeutlich pleochroitischen Krystallen auf. Das Vorkommen des Magnetites ist lediglich auf einige sporadische Olivine beschränkt.\*\*)

---

\*) Vergl. C. W. C. FUCHS, Laven des Vesuvs. N. Jahrb. f. Min. und Geol. 1869. pag. 195.

\*\*) Die Zusammensetzung dieses Lapills stimmt durchaus nicht mit der der Laven von Lipari überein. Die Vermuthung, dass es nicht von der genannten Insel stammt, liegt daher nahe. Wahrscheinlich ist es ein

Der Mantel einer Bombe von der casa inglese auf dem Aetna ist schlackig aufgetrieben und möge daher in Ermangelung besseren Materials von dem genannten Vulcan hier betrachtet werden. In der rethfarbenen, glasigen Grundmasse liegen besenförmige Augitmikrolithen, Plagioklaskryställchen, Olivinkörner und Magnetitstaub wirt durcheinander und bilden einen dichten Filz, der die glasige Basis fast gänzlich verhüllt, obwohl dieselbe quantitativ vor den Ausscheidungen vorwiegt. Grössere Augit-, Olivin- und besonders Plagioklaskrystalle treten aus diesem Teige hervor. Letztere gleichen völlig denen im Lapill von Lipari. Taf. V. Fig. 7 ist ihnen entnommen.

Eine Lavathräne vom Aetna besitzt eine rethfarbene, glasige Grundmasse, in der zahlreiche, wohl ausgebildete Krystalle von Plagioklas, Augit, Olivin und Magnetit schwimmen.

Die Plagioklase erscheinen entweder in Form kleiner, schmaler, stets verzwillingter Leistchen und übereinander gelagerter Lamellen, oder finden sich in grösseren Krystallen. Letztere sind voll von Glaseinschlüssen, die meist parallel der Zwillingssebene gedehnt sind, oder den Krystall quer durchsetzen, ja manchmal ganze Partieen desselben umschliessen. Jede Aenderung der Stellung der Mikrometerschraube des Mikroskops zieht kleine Aenderungen im Durchschnitt solcher Krystalle nach sich, indem dadurch bald ein Wachsen der Krystallpartieen auf Kosten der Einschlüsse, bald auch das Umgekehrte bewirkt wird. Aus diesem Verhalten kann geschlossen werden, dass diese Krystalle nach allen Richtungen unregelmässig gebaut sind (Taf. V. Fig. 5c.). Die zu beiden Seiten der Einschlüsse lagernde Feldspaths substanz ist in verschiedener Weise aus Lamellen aufgebaut, diese beiden Theile haben sich unabhängig von einander gebildet, und schossen dann erst an einen grösseren Krystall an, wo sie sich nebeneinander lagerten, und wo sich eine Schicht der Grundmasse zwischen ihnen erhielt; das Glas der letzteren ist manchmal jedoch augenscheinlich als einziger liquider Bestandtheil derselben herausgepresst und nun bezeugen die zurückgebliebenen, eingeklemmten Krystalle, von Augit besonders, den geschilderten Vorgang. Neben diesem Minerale finden sich im Plagioklase Magnetitkörner, vor Allem aber Gasporien oft von krystallähnlichen Umrissen, oft von bizarren Konturen, und in jedem Glaseinschlusse fast ein Luftbläschen. Dadurch wird bewirkt, dass einige, besonders einschlussreiche Krystalle eine

---

Eruptionsproduct von Stromboli, wofür seine Bestandtheile u. s. w. sprechen. Es mag eine Ungenauigkeit der alten Etikette sein, auf der „Lipari“ anstatt „liparische Inseln“ bemerkt ist.

bräunliche Färbung erhalten, ähnlich wie viele Apatite durch Gasporenschwärme.

Die Augite dieser Lavathräne finden sich meist als kleine, vollkommen scharf begrenzte Krystalle von der Combination  $\infty P . \infty P \infty . \infty P \infty . P .$ , seltener als Mikrolithen. Während die kleineren Massen dieses Minerals gewöhnlich leidlich frei von fremden Einschlüssen sind, sind die grossen überreich daran. Dasselbe gilt vom Olivin. Der Magnetit tritt theils als feiner Staub in und um den Krystallen von Plagioklas, Augit und Olivin auf, theils in zierlich aneinander gereihten Oktaedern.

Alle diese Krystallausscheidungen sind sicher nicht auf dem Wege vom Krater zur Erde und während der raschen Erstarrung der Lavathräne gebildet, sie waren höchst wahrscheinlich schon im Krater in ihrer charakteristischen Ausbildung vorhanden, und zeugen von einem gasdurchschwärmten, unruhig bewegten Magma, in dem unregelmässige krystallbildende Prozesse verliefen.

Die Lapilli vom Puy de Gravenoire und Puy de Dôme unfern Clermont stimmen so wohl in ihren Eigenschaften mit einander überein, dass sie zusammen betrachtet werden können. Sie sind ausserordentlich porös; auf 1,68 Qu.-Mm. Fläche konnten nicht weniger als 100 Luftblasen gezählt werden, deren Durchmesser von 0,33 Mm. herabsinkt bis 0,04 Mm. Oft sind nebeneinanderliegende nur durch eine 0,002 Mm. starke Wand getrennt, und doch steht kaum eine mit der andern in sichtbarer Verbindung. Nicht selten sind diese Luftblasen umgeben mit einem Saum, der sich durch seine dunkle Farbe lebhaft von dem umliegenden Glase unterscheidet. Man glaubt in der That unter dem Mikroskop nur ein Netzwerk mit mehr oder weniger gedehnten Maschen zu sehen und nicht eine zusammenhängende, spröde Masse.

Die Glassubstanz ist überreich an Krystallausscheidungen, so wie es auf Taf. V. Fig. 6 darzustellen versucht ist. Vor Allem fallen die (in der Zeichnung weniger häufigen) zarten Augitmikrolithen auf, die durch allmähliche Uebergänge mit völlig ausgebildeten Krystallen verbunden sind (Taf. V. Fig. 10). Nicht minder häufig lassen sich Plagioklaslamellen von rhombischer und sechsseitiger Gestalt wahrnehmen, seltener unregelmässige Leisten von 0,04—0,1 Mm. Länge, bei einer Breite von 0,004—0,012 Mm., die bereits verzwillingt sind. Aehnliche Dimensionen haben die Augitmikrolithen; es finden sich neben solchen, die bei einer Länge von 0,063 Mm., 0,048 Mm., 0,030 Mm. eine Breite von 0,012 Mm., 0,009 Mm., 0,005 Mm. besitzen, auch solche von nur 0,010 Mm. Länge. Die beiden genannten Mineralien liegen mit Magnetitkörnchen

wirr durcheinander, dazu gesellt sich selten ein Biotitschüppchen oder ein Olivinkorn.

Die Lapilli des Kammerbühl bei Eger erweisen sich unter dem Mikroskop als nephelinführend. Aus einer braunen, etwas ins Grünliche spielenden, glasigen Grundmasse leuchten kleine, farblose, sechseckige Krystalldurchschnitte hervor, die sich als isotrop erweisen. Ihnen, sowie kleinen, gedehnten, rechteckigen Leisten von achtmal grösserer Länge als Breite sind gesetzmässig interponirte Einschlüsse eigen. Die letzt-erwähnten Leisten können auf den ersten Blick wohl mit Plagioklasen verwechselt werden; unter gekreuzten Nicols erscheinen sie jedoch stets dunkel, wenn ihre Kanten mit den Schwingungsrichtungen der Nicols zusammenfallen. Sie können daher sicher als Nephelinstäbchen angesehen werden.

Neben ihnen finden sich, und zwar viel reichlicher, Augitkryställchen, seltener Mikrolithen dieses Minerals, oftmals zu Sternen und Büscheln gehäuft, die sich meist in dunkel gefärbten Glaspartieen ausgeschieden haben, von wo aus sie ihre Strahlen in die lichtereren Theile der glasigen Grundmasse senden. Letztere wird von Magnetit geradezu durchstäubt; dies Mineral findet sich entweder in isolirten Oktaedern, oder in jenen zierlichen Sternen, deren schon mehrfach gedacht wurde. Gern umgiebt es auch irgend eine Krystallgruppe. Neben porphyrischen Augitkrystallen finden sich auch häufig solche von Olivin. Dieselben sind trefflich konturirt und führen gewöhnlich unregelmässig gestaltete, vielfach verästelnde, zusammenhängende Glaseinschlüsse, die zuweilen noch die einzelnen kleinen Krystalle, aus denen der grosse aufgebaut ist, deutlich erkennen lassen (Taf. V. Fig. 18). Sie sind entweder völlig frisch oder globulitisch entglast. Picotit findet sich nur im Olivin. Zahlreiche Luftblasen durchschwärmen die geschilderte Masse und charakterisiren sie als Lapill.

Die Laven des Kammerbühl sind von ZIRKEL\*) als leucitführend erkannt worden, SANDBERGER\*\*) wies daneben einen nicht unbeträchtlichen Nephelinge halt nach, und eine erneute Untersuchung fand in denselben in voller Uebereinstimmung mit den Lapilli reichlich das letzterwähnte Mineral, ein sogenanntes „Nephelinglas“ bildend, in dem zahlreiche Augite, Olivine und Magnetitkörner liegen. Eigentliches Glas fand sich jedoch, abgesehen von den Einschlüssen in Krystallen, in dieser Lava nicht.

Ein Lapill von der Papenkaule bei Gerolstein in der Eifel zeigt in einer glasigen Grundmasse von Krystallausschei-

\*) Basaltgesteine pag. 48.

\*\*) N. Jahrb. für Min. u. Geol. 1872. pag. 207.

dungen nur Augit und Olivin nebst Magnetit, weshalb es petrographisch als zu den Magma-Basalten gehörig zu betrachten ist. Die Augite treten in kleinen Krystallen oder Mikrolithen auf, die Büschel und Kreuze bilden, indem sie zwillingsähnlich durcheinander wachsen. Neben diesen lassen sich noch ausserordentlich zarte 0,003 — 0,01 Mm. messende Augitmikrolithen wahrnehmen, die in der bräunlichen Glasmasse um die Luftblasen und Krystalle in einer zierlichen Fluctuationsstructur geordnet sind. Die porphyrischen Augite und Olivine umschliessen häufig unregelmässig gestaltete Glasfetzen, die besonders in letztere buchtartig hineingreifen. Picotit findet sich nur in Olivin.

Die zahlreichen Luftblasen hängen durchaus nicht zusammen. Ihre Begrenzung verläuft keineswegs regelmässig; zuweilen ragen Krystallspitzen in sie hinein.

Lapilli von der Insel Santorin zeigen unter dem Mikroskop eine gelblich grüne, glasige Grundmasse, in der zahlreiche kleine Augit- und Plagioklaskryställchen entweder ein filzartiges Gewebe bilden, oder zu einer deutlichen Fluctuationsstructur angeordnet sind. Andere, unregelmässig verlaufende Parteen sind dagegen dunkel, beinahe opak. In dieser Masse liegen grössere Augit- und Plagioklaskrystalle, die sich durch ihre Rissigkeit auszeichnen, Sprünge durchziehen sie nach allen Richtungen. Die Plagioklase erscheinen meist als Leisten, seltener als einfarbig polarisirende Tafeln; im ersteren Falle drängt sich zwischen die einzelnen Lamellen hie und da die glasige Grundmasse. Die Augite sind licht, beinahe olivinähnlich. In vielen Fällen sind sie durch ihre Spaltbarkeit wohl charakterisirt. Sie werden dann durch den Schriff quer durchschnitten und erscheinen gelblichgrün gefärbt, jedoch lebhafter als die Grundmasse. In anderen Fällen weisen sie keine rechtwinklig sich kreuzende Spaltbarkeit auf, sind beinahe pellucid und müssen als annähernd parallel ihrer Verticalaxe durchschnitten angesehen werden. Damit stimmt ihr optisches Verhalten überein. Ihre eigenthümlichen Umrisse, die oft Rhomben oder Sechsecke beschreiben, lassen vermuthen, dass sie ähnlich wie manche Diopside und Fassaite durch das Vorwalten der Flächen von 2P und das Zurücktreten der Säulenflächen einen besonderen Habitus erlangen. Aehnliche Augite beobachteten ROSENBUSCH und FOUQUÉ in manchen Santorinlaven.\*) Höchst merkwürdig sind die auf Taf. V. Fig. 19 dargestellten Krystalle. Nach zwei Richtungen, die sich unter einem beinahe rechten Winkel kreuzen, erscheinen dieselben ähnlich gewachsen, wie die bekannten treppenförmigen

\*) Vergl. ROSENBUSCH, Physiogr. d. mass. Gest. pag. 420.

gen Steinsalzkrystalle, dazwischen sind sie jedoch äusserst unregelmässig gebaut. Im Allgemeinen wechsellagert hier die gelblichgraue, glasige Grundmasse mit Krystalllamellen. Andere Augite führen regelmässige Einschlüsse eines licht bräunlichen Glases mit Gasbläschen. — Die Luftblasen dieser Lapilli sind unregelmässig begrenzt, umsäumt mit einer braunen Substanz.

Lapilli vom Puy de Lassolas, südlich vom Puy de Dôme in der Auvergne, haben, wie sich an den dünnsten Stellen des Schliffes erkennen lässt, eine pellucide, farblose, glasige Grundmasse, die von zahlreichen Sprüngen durchzogen wird, längs welcher sie in eine polarisirende Substanz verwandelt ist. Dies bewirkt, dass an dickeren Stellen des Präparates, da wo mehrere Spalten übereinander liegen, die Grundmasse wie matt geschliffenes Glas undurchsichtig, dabei jedoch durchaus anisotrop erscheint. Es gewährt einen sonderbaren Anblick, in der so beschaffenen, ursprünglich jedenfalls glasigen Masse hie und da isotrope Partien zu bemerken, die, wie sich bei Betrachtung im gewöhnlichen Lichte ergibt, als völlig zersetzte und umgewandelte Feldspath- und Augitkrystalle zu deuten sind. Augenscheinlich sind also diese Lapilli stark verändert. LECOQ\*) nimmt an, dass sie durch Salzsäuredämpfe umgewandelt worden sind, indem er darauf hinweist, dass dieselben auch Laven in ähnlicher Weise angreifen.

Ein gleichfalls stark zersetztes Lapill vom Papandayan auf Java lässt unter dem Mikroskop eine röthliche Grundmasse wahrnehmen, in der zahlreiche Mikrolithen und grössere Krystalle von Augit und Plagioklas liegen. Bei starker Vergrösserung löst sich dieselbe auf in ein Gewirre von Plagioklasleisten, Augitmikrolithen und rothen Flecken, die in einer farblosen, isotropen Substanz liegen. Die rothen Flecke dürften als Eisenglanz oder als ein verwandtes Mineral zu deuten sein. Jedenfalls stellen sie ein Zersetzungsproduct der ursprünglichen Glasmasse dar, als deren Residium die erwähnte farblose Substanz zu gelten hat. Vielleicht ist dieser Vorgang mit dem zu vergleichen, den man durch Kochen eines braunen Gesteinsglases in Salzsäure erzielt: das Glas wird farblos, die Salzsäure gelb, eisenhaltig. Es möge hier nur noch bemerkt werden, dass die Umwandlungsproducte einer Menge glasreicher Gesteine, z. B. des Limburgites, vieler Basaltschlacken und Lapilli in gleicher Weise roth gefärbt sind und unter dem Mikroskop ein ähnliches Bild gewähren, wie das in Rede stehende Lapill. Die porphyrischen Augitkrystalle desselben sind einschlussreich, nicht unbeträchtlich

\*) Géologie de la France centrale IV. pag. 480.

pleochroisch, wenn auch randlich ein wenig gebleicht, und sehr rissig. Auf ihren Spalten hat sich häufig Eisenglanz angesiedelt. Sehr eigenthümlich erscheinen diejenigen Krystalle, die auf Grund ihrer ein- und ausspringenden Winkel und ihres Einschlussreichthums als Plagioklase gelten müssen; dieselben bestehen jedoch aus einer isotropen Substanz, die in Form von Bändern den Krystallkonturen parallel läuft, und hie und da Fetzen unzersetzen Feldspathes umschliesst.

Eine Lava des Papandayan erwies sich als Augitandesit. Die Grundmasse desselben wird aus einem Gewebe von Augitmikrolithen, Plagioklasleisten und Magnetitkörnern gebildet. Porphyrisch ausgeschiedene Plagioklas- und Augitkrystalle umschliessen sich häufig gegenseitig. Letztere zeigen starken Pleochroismus. Sie enthalten häufig bräunliche Glaspertien mit Luftbläschen. In die Plagioklase ragt die Grundmasse oft buchtartig hinein oder findet sich in den Krystallen eingeklemmt, welche oft zonal gebaut sind und dem entsprechend polarisiren.

Es ergibt sich aus den mitgetheilten Beobachtungen, dass sich die Lapilli von den Laven vor Allem durch ihre vorwaltende glasige Grundmasse unterscheiden. Dies zeigt sich besonders augenscheinlich bei den Lapilli und Laven des Vesuvs; dasselbe ergibt auch der Vergleich zwischen den Laven und Lapilli des Aetna. Der Puy de Gravenoire, Puy de Dôme und Puy de Lassolas, welche, nach v. LASAULX, wie sämmtliche Vulcane der Auvergne, ungemein krystallinische Laven besitzen, haben Lapilli ausgeworfen, bestehend vorzugsweise aus Glassubstanz; ebenso verhält es sich mit dem Kammerbühl bei Eger, dessen Lapilli sehr glasreich sind, während in den Laven kaum Glas wahrnehmbar ist. Die Papenkaule bei Gerolstein, einer der kleinen Eifeler Vulcane, die, wie die Untersuchungen HUSSAK's\*) wieder bestätigt haben, durchaus krystallinische Laven besitzen, hat Lapilli ausgeworfen, die petrographisch ein anderes Gestein sind als die Laven, sie sind Magma-Basalte, Limburgite, während diese Nephelinbasalte, Tephrite sind. Es wirft dies Vorkommen ein nicht uninteressantes Streiflicht auf die Magmabasalte überhaupt; es zeigt, dass diese in der That aufgefasst werden müssen als eine glasige Ausbildung des Basalttypus, weshalb der Name „Magma-Basalt“ BOŘICKY's auch dem von ROSENBUSCH vorgeschlagenen „Limburgit“ vorzuziehen ist.

Nicht minder interessant als die Grundmasse sind in den Lapilli die Krystallausscheidungen. In fast sämmtlichen unter-

\*) Nach mündlichen Mittheilungen.

suchten Vorkommnissen liessen sich alle Entwicklungsstufen eines Krystalles verfolgen, von den ersten krystallinischen Ausscheidungen bis zu den fertig gebildeten Krystallen. Es erlaubt dies nur, an eine plötzlich gehemmte Krystallbildung zu denken. Dadurch sowohl als auch durch viele Störungen, durch Bewegung des Magma's u. s. w., dürfte auch die Uebersahl an Einschlüssen in den Krystallen zu erklären sein: Eben hatten sich in dem von Gasblasen durchschwärmten Magma kleinere Krystalle zu grösseren aggregirt und dabei grosse Glasfetzen eingeschlossen, eben hatte sich durch molekulares Wachsthum eine Schicht um einen Krystall gelagert, wobei auch Glaspartieen eingeschlossen wurden, als die plötzliche Erkaltung eintrat. Nun konnten dieselben nicht mehr aus dem Krystall herausgequetscht werden, wo dies sonst möglich gewesen wäre; im anderen Falle, wo solches nicht geschehen konnte, verhinderte die schnelle Abkühlung, dass aus der eingeschlossenen Glasmasse, welche einen Theil jener Mutterlauge darstellt, aus der sich alle Krystalle des Lapills ausschieden, allmählich noch die Substanz des sie umgebenden Minerals ausgelaugt wurde, wodurch ihr Volumen verkleinert worden wäre; ferner verhinderte die schnelle Abkühlung, dass an den oft bizarren Grenzen der Einschlüsse hie und da Umschmelzungen der Substanz ihres Wirthes eintraten, welche nach C. W. C. FUCHS \*) an den Umrissen grösserer Krystalle vieler Laven nachweisbar ist; dadurch würden diese Einschlüsse eine abgerundete Gestalt erhalten haben. Der eben erwähnte Umstand scheint einen nicht unwesentlichen Unterschied in der Structur der Krystalle in Lapilli und der in denen der langsam erstarrten Laven zu bedingen; er lässt sich besonders schön an vielen Olivinen wahrnehmen. Während dies Mineral in sehr vielen Laven mehr oder weniger gerundete Konturen besitzt, und sich durch seine schlauchartigen, gebogen verlaufenden, gleichsam eingekneteten Glaseinschlüsse auszeichnet, erscheint es in den meisten Lapilli regelmässig begrenzt, voller zackig zerrissenen, scheinbar geknickten Einschlüssen, die sich bei langsamer Abkühlung sicher gerundet hätten.

Als höchst charakteristisch für die Lapilli müssen endlich die zahlreichen Luftblasen gelten, die sich nach allen Richtungen hin durchziehen, ihnen das eigenthümliche schlackige bis schaumige Ansehen gebend, das sie von den ihnen sonst gleichenden Lavathränen u. s. w. auszeichnet. Bewirkt wurde diese Aufblähung, wie besonders aus der mehrfach beobachteten Mikrofluctuationsstructur hervorgeht, in einem nicht allzu zäh-

\*) TSCHERMAK'S *Min.* Mittheilungen 1871. pag. 72.

flüssigen Magma, in dem die Krystallbildung lebhaft von statten ging, und nicht, wie REYER\*) annimmt, die Krystallentstaltung. Es kann nach Obigem nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Krystalle in Laven, Lapilli und anderen starren Erscheinungsweisen des „Magma's“ Ausscheidungen aus demselben sind, nicht Einschlüsse. Ausscheidungen jedoch, die sich entgegengesetzt den Ansichten BISCHOF's bereits in der flüssigen Lavasubstanz des Kraters finden, und nicht erst nachträglich unter Mitwirkung hydrochemischer Prozesse gebildet sind.

## II.

Die vulcanischen Sande und Aschen theilen eine Reihe von Eigenthümlichkeiten mit den bisher besprochenen vulcanischen Auswürflingen, was sich am besten bei deren Beschreibung zeigen wird, weshalb dieselbe sofort folgen möge.

Ein Sand vom Stromboli besteht theils aus Bröckchen einer rehfarbenen, seltener rothbraunen Glasmasse, welche entweder durch zahlreiche, mehr oder weniger langgedehnte Luftblasen porös bis schaumig wird, oder in Form von haarartigen Gebilden auftritt; zum anderen Theile besteht er jedoch aus Krystallsplittern, unter denen grüne, einschlusreiche Augite, die selten zonal gebaut sind, vorwalten. Von den neben ihnen vorkommenden Feldspäthen sind die meisten durch Zwillingsstreifung ausgezeichnet, ob die anderen als Sanidine gelten müssen, erscheint zweifelhaft; sie sind häufig zonal gebant und zeigen die dafür charakteristischen Polarisationserscheinungen. Die ausserordentlich massenhaften Glaseinschlüsse sind häufig regelmässig konturirt; sie folgen den einzelnen Zonen, manchmal scheinen sie sich beinahe ganz um einen Krystall herumzulegen (Taf. V. Fig. 20). Lichtgrüne, muschelrig brechende Körner dürften als Olivine zu deuten sein. Viele dieser Krystalle sind mit einer zarten Glashaut überzogen, andere sind gänzlich in die Glasfragmente eingebettet, wo neben ihnen eigenthümlich gestaltete Mikrolithen liegen, und sind dann stets regelmässig begrenzt. Von gleicher Zusammensetzung fand ZIRKEL\*\*) einige Aschen des Aetna. Es erstreckt sich demnach die mehrfach betonte Aehnlichkeit der Eruptionsproducte beider Vulcane auch auf die Sande derselben.

Ein Sand von der benachbarten Insel Vulcano ist verhältnissmässig krystallärmer und reicher an Glasscherben.

\*) Beitrag zur Physik der Eruptionen 1877. pag. 128.

\*\*) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1872. pag. 16.

Die in ihm enthaltenen Krystalle, die vorzugsweise dem Sannidine, in wenigen Fällen dem Plagioklase und Augit angehören, sind meist überzogen mit einer äusserst zarten Glashaut, welche ungefähr in der Art geborsten ist, wie die Glasur von Steingutgeräthen. Unregelmässig verlaufende Sprünge durchsetzen dieselbe nach allen Richtungen (Taf. V. Fig. 21), dann und wann ist ein von solchen Sprüngen umrahmtes Glasfeld herausgefallen, so dass der darunterliegende Krystall sichtbar wird (Taf. V. Fig. 22). Quarz war in diesem Sande nicht nachweisbar, obgleich auch die lockeren Eruptionsproducte von Vulcano, wie BALTZER\*) gezeigt hat, einen so hohen Kieselsäuregehalt aufweisen, dass Quarz in ihnen vermuthet werden könnte.

Ein Sand vom Jorullo, jenem durch seine plötzliche Entstehung berühmten Vulcane, weicht von den beschriebenen vor Allem darin ab, dass er überreich an Splintern eines fast ganz farblosen, lebhaft polarisirenden Mineralen ist, das keine Spur von zonalem Bau oder einer hervortretenden Spaltbarkeit aufweist, und einen muscheligen Bruch besitzt. Die Vermuthung, dass dieser Bestandtheil Olivin ist, wird dadurch bekräftigt, dass er reich an einem schwarzen, manchmal bräunlich durchscheinenden Mineral ist, das als Picotit gelten muss, und sonst im Sande nicht beobachtet wurde. Neben diesen Olivinsplintern finden sich solche von Augit, die sich durch ihren nicht unbeträchtlichen Pleochroismus auszeichnen.

An beiden Mineralien haftet hie und da ein bräunliches Glas, das sich auch in einzelnen Fragmenten häufig beobachten lässt. Es ist verhältnissmässig wenig von Luftblasen durchzogen und steckt voller kleiner Krystalle und Mikrolithen. Davon sind vor Allem die Plagioklas-Leisten und Lamellen, welche letztere sich gern schuppenförmig übereinander lagern, leicht zu erkennen. Neben ihnen finden sich zierliche, grüne Stäbchen, die dem Augit angehören dürften, und in grosser Zahl Körner eines lebhaft polarisirenden Mineralen, die bis zu wenigen Tausendstel Millimeter Länge herabsinken. Bei starker Vergrösserung ergiebt sich, dass sie die auf Taf. V. Fig. 16 abgebildeten Formen besitzen, weshalb sie als kleinste Olivinkryställchen gelten können. An den erwähnten grösseren Krystallen haften hier und da die genannten Kryställchen und Mikrolithen, oft in eine feine Glasschicht gebettet: Residua einer flüssigen Masse, die den Krystallen bei ihrer Isolirung anhaftete.

---

\*) Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. XXVII. 1875. pag. 50.

Die Laven des Jorullo sind nach BURKART\*) ein dichter, olivinreicher Basalt.

Dieselben Gemengtheile nur in anderen Verhältnissen besitzt ein Sand, der im Tacubaya, einem Flecken wenige Kilometer westlich von Mejico, gesammelt wurde, dessen Ursprung nicht ermittelt werden konnte. Die in ihm vorkommenden Augite sind so stark pleochroitisch, dass sie mit Amphibol verwechselt werden könnten. Die von ihnen umschlossenen zahlreichen Glaspartikel besitzen meist ein oder mehrere Luftbläschen. Die der Zahl nach vorwaltenden, porösen Glassplitter sind gleich denen im Jorullo-Sande reich an Krystallausscheidungen, die zu einer Fluctuationsstructur angeordnet sind. Augite, Plagioklase und kleine Olivinkryställchen nebst Magnetitkörnern lassen sich darunter erkennen. Bemerkenswerth ist, dass die Glasmasse da, wo sie nur Plagioklasleistchen führt, beinahe opak, wenn auch kantendurchscheinend ist, während sie da, wo sie die meisten Augite enthält, am lichtesten erscheint.

Eine von K. v. SEEBACH gesammelte Asche des Turrialba in Costarica ist von H. O. LANG\*\*) beschrieben worden, und zwar als eine Asche, entstanden durch die Zertrümmerung eines Trachytes, eine Ansicht, die LANG in seinem Grundriss der Gesteinskunde\*\*\*) wieder ausspricht, und die auch in die Physiographie der massigen Gesteine von ROSENBUSCH übergegangen ist (pag. 532).

LANG fand in dieser Asche Sanidin, seltener Plagioklas, Hornblende, reichlich poröse Glasmasse, in der Magnetitkörner, Feldspath- und Nephelinmikrolithen liegen, weshalb sie eigentlich als Phonolithasche gelten müsse. Eine erneute Untersuchung ergab ein etwas abweichendes Resultat, das kurz mitgetheilt werden möge.

Als Hauptbestandtheil dieser Asche findet sich ein feldspathartiges Mineral, das sich durch seinen Reichthum an zonar eingelagerten Einschlüssen, durch seine zonare Polarisation und meist durch seine lamellare Structur auszeichnet, und das daher als Plagioklas zu deuten ist. Ob die daneben vorkommenden, nicht polysynthetisch verwachsenen Krystalle Sanidine sind, muss dahingestellt bleiben, da sie auch Plagioklase sein können, deren Fläche M. parallel der Präparatfläche liegt. Minder häufig finden sich grünliche, gelbliche

\*) Reisen in Mexiko I. pag. 227., cit. in LANDGREBE, Naturgeschichte der Vulcane II. pag. 489.

\*\*) Nachr. d. königl. Gesellsch. der Wissensch. in Göttingen 1875. No. 14. pag. 397—411.

\*\*\*) Seite 251. Hier spricht er jedoch von einem zertrümmerten Augitandesit. Siehe unten.

und bräunliche Krystalle, die auf Grund ihrer zuweilen gut erhaltenen Krystallumrisse als stark pleochroitische Augite angesehen werden müssen. Sie sind etwas rissig, jedoch nicht mehr als die Augite in vielen Lapilli. Neben den beiden genannten Mineralien finden sich vereinzelt vollkommen farblose, polarisirende Körner, die vor Allem durch das Auftreten eines Spinells, Picotit vielleicht, ausgezeichnet sind und daher als Olivine gelten können. Freilich ist nicht ausgeschlossen, dass sie farblose Augite sind.

Etwa 30 pCt. der Turrialba - Asche besteht aus Glas-substanz. Dieselbe findet sich entweder in Form eckiger und splittriger Körner, oder als feiner hauchartiger Ueberzug auf den oben erwähnten Krystallen, sie entspricht dann dem von LANG erwähnten schwärzlichbraunen Anflug. Die Glasfragmente sind von vielen, jedoch äusserst kleinen Luftblasen durchschwärmt; sie werden dadurch porös, schwammig, fein schaumig. In ihnen liegen spiessige Augitmikrolithen, Lamellen, den Plagioklas - Rhomben der Vesuv - Lapilli gleichend, Plagioklasleisten und Körnchen von rhombischem oder quadratischem Querschnitt, an den gegenüberliegenden Enden in je zwei Spitzen ausgezogen. Es liess sich nicht entscheiden, welchem Minerale sie angehören, viele mögen Augite, einige vielleicht Olivine sein. Jedenfalls sind sie nicht, wie LANG annimmt, Nepheline, da sie nie sechsseitige Durchschnitte anweisen. Die Glassubstanz, die als Ueberzug auf grösseren Krystallen auftritt, stellt ein zartes Netzwerk dar, indem auch sie ausserordentlich porös ist (Taf. V. Fig. 23). Anderen Krystallen sind zierliche Mikrolithen oberflächlich aufgelagert, zwischen denen hier und da Glas erhalten ist.

Auch in dieser Asche, ebenso wie in dem Sande vom Jorullo, von Stromboli und Vulcano, sind die Krystalle, die entweder ganz in Glas eingebettet sind, oder wenigstens mit einem Hauche davon überzogen sind, die bestconturirten.

Nach längerem Kochen in Salzsäure waren nur die Augite unversehrt, die Plagioklase stark angegriffen, die Glas-substanz gelöst.

Es ist einleuchtend, dass auf Grund dieses Befundes diese Asche nicht als zerkleinerter Trachyt, sondern als eine Augitandesit-Asche aufgefasst werden muss, wie es auch neuerdings von LANG \*) geschieht, und zwar von der Zusammensetzung einiger Andesgesteine, in denen sich neben Olivin ein in Schwefelsäure löslicher Plagioklas findet. Ferner ergiebt

---

\*) Grundriss der Gesteinskunde pag. 251. 252. — Die Laven des Turrialba sind, wie aus einer Bemerkung K. v. SEEBACH's hervorgeht, Augitandesite. PETERMANN's Mittheilungen 1865. pag. 323.

sich, dass diese Asche sich in keiner Beziehung von anderen bisher untersuchten unterscheidet, sie wird daher auch auf dieselbe Weise wie jene entstanden sein. Würde sie, wie LANG annimmt, gebildet sein durch Zerreibung eines festen Gesteins, so müsste dasselbe ein ausserordentlich glasiges, poröses, bimsteinartiges gewesen sein, wofür zur Zeit Analoge fehlen; unerklärlich würde aber selbst bei Voraussetzung eines solchen bleiben, wie den Krystallen so ausserordentlich zarte Glasfetzen und Mikrolithen anhaften konnten, ohne bei dem Zerreibungsprocesse zermalmt zu werden.

Höchst interessant ist ein Sand vom Bufadore auf Tenerife. Er besteht fast ausschliesslich aus Augitsplittern, welche entweder fast ganz farblos, oder licht grün, gelblich bis bräunlich gefärbt sind. Verschiedene Abstufungen, oft an ein und demselben Korn, vermitteln den Uebergang zwischen den einzelnen Farben. Diese Fragmente zeichnen sich aus durch ihren überraschenden Reichtum an Gasporen, welche entweder in Form kleiner Kügelchen schwarmartig auftreten oder regelmässige krystallähnliche Begrenzungen besitzen und dann untereinander parallel lagern (Taf. V. Fig. 28). Seltener sind ihnen schwarze Stäbchen zugförmig interponirt (Taf. V. Fig. 27), ähnlich den braunen Nadelchen im Hypersthen. Ob neben ihnen Olivine vorkommen, konnte nicht mit Bestimmtheit entschieden werden.

Während die meisten dieser Augite muschelige bis splittrige Konturen besitzen, sind einige derselben absonderlich zackig an ihrer Oberfläche (Taf. V. Fig. 24, 25), geradezu zerrissen. Es macht dies in der That den Eindruck, als ob derartige Fragmente entstanden seien durch Auseinanderreissen eines Krystalles längs eines Schwarmes von Luftblasen.

Sehr zurücktretend finden sich beinahe opake, jedoch stets kantendurchscheinende Glasbröckchen, noch seltener Magnetitkörner. Viele Krystalle sind übersponnen mit einem feinen Netzwerke von Glas in der Weise, wie es auf Taf. V. Fig. 23 abgebildet ist. Auf anderen haben sich unregelmässig gestaltete, nicht zusammenhängende Glasfetzen erhalten, ungefähr in den Formen, die Quecksilber auf Metallen annimmt, als sicherer Beweis dafür, dass der Krystall isolirt wurde, als die ihn umgebende Glasmasse noch flüssig war (Taf. V. Fig. 26).

Eine völlig andere Zusammensetzung zeigt eine Asche vom Pico de Teyde auf Tenerife. Sie besteht ausschliesslich aus einer schaumigen, bimsteinartigen Glasmasse, deren Luftblasen im Präparate entweder mit Canadabalsam erfüllt sind, woraus sich das lebhaftere Aufschäumen desselben beim Einkitten erklärt, oder die noch hohl sind; dann erscheinen sie mit einem dunklen Rande. Die Wandungen dieser bis 0,1 Mm.

im Durchmesser haltenden Luftblasen sinken bis zu der minimalen Stärke von 0,006 Mm. herab. Sie erscheinen häufig getüpfelt; bei starker Vergrößerung lässt sich wahrnehmen, sowohl im Querschnitt als auch in der Flächenansicht (Taf. V. Fig. 29 d. g.), dass diese Tüpfel von Luftbläschen herrühren, die in der Wandung eingeschlossen sind. Winzige polarisirende Partikel überstreuen die ganze Masse, in der sich höchst selten ein Krystall von Augit oder Plagioklas findet.

Die grössten Luftblasen besitzen im Allgemeinen die dünnsten Wandungen, deren Stärke nicht überall gleich zu sein pflegt. Besonders an einer Seite sind sie häufig sehr dünn (Taf. V. Fig. 29 b.). Dies führt zum extremsten Fall, dass die Wandung durch eine Lücke unterbrochen wird. Es stehen sich dann im Querschnitte ausserordentlich spitze Dornen gegenüber, deren Stärke bis unter 0,0003 Mm. herabsinken kann (Taf. V. Fig. 29 a. c.). Von solch' feinen Spitzen sind die meisten einzelnen Glasbrocken umgeben. Dieser Umstand kann nicht daran denken lassen, dass die in Rede stehende Asche durch mechanische Zerkleinerung und Zertrümmerung eines Bimssteines vielleicht hervorgegangen sei, sondern kann nur zu der Annahme führen, dass sie entstanden ist durch ausserordentlich starke Aufblähung eines zähflüssigen Magma's, die bis zu einer Zerreiſung desselben in einzelne Partikelchen, bis zu einer völligen Zerstäubung führte. In der That lässt sich neben den beschriebenen schaumigen Glasflocken ein feiner Glasstaub wahrnehmen. Glaskügelchen von 0,0034—0,01 Mm. Durchmesser von höchst auffälliger, seither an grösseren Auswürflingen noch nicht beobachteter Beschaffenheit finden sich in den Präparaten dieser Asche; sie sind theilweise hohl, und haben dann oft Lücken in der Wandung, erscheinen napf- oder krugförmig (Taf. V. Fig. 29 c. f.); theilweise sind sie jedoch massiv (Taf. V. Fig. 29 e.), und dann oft wie Perlen an einer Schnur nebeneinander gereiht (Taf. V. Fig. 29 g.). Ihrer ganzen Ausbildungsweise nach sind sie Individuen, jedes einzelne für sich gebildet.

Ohne chemische Analyse ist es unmöglich, diese Asche in Parallele mit irgend einem bekannten Gesteine zu bringen. Es mag nur erwähnt werden, dass STE.-CLAIRE-DEVILLE\*) ein schaumiges, glasiges Gestein vom Pico de Teyde analysirte, das die Zusammensetzung eines Augitandesites hat, und nach ZIRKEL\*\*) die glasig-schaumige Form dieser Mischung ist, und dessen Beschreibung auch in vielen Stücken auf die untersuchte Asche passt.

\*) Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. V. 1853. pag. 687.

\*\*) Petrographie II. pag. 226.

Die von PRÖLSS\*) analysirte Augitandesitasche von der Eruption des Berges Kloet auf Java vom 1. bis 4. Januar des Jahres 1864 und die vom Merapi auf Java, gefallen vom 20. bis 31. August 1846, gleichen einander völlig. Da die Kloetasche bereits von VOGELSANG\*\*) beschrieben ist, so ist nicht nöthig, hier näher auf beide einzugehen. Nur möge erwähnt werden, dass die in ihnen auftretende Glasmasse sehr porös, bimssteinartig ist und die isolirten Plagioklas- und Augitkrystalle in Form eines Netzwerkes umgiebt. Sie ist pellucid farblos, während die in die Krystalle eingeschlossenen Glaspartieen lichtbraun erscheinen. Dieselben sind bekanntlich den Augiten und besonders den Plagioklasen zonal eingelagert und überreich an Gasbläschen. Es lassen sich deren oft 15 bis 20 in einem Einschluss zählen. Die verschiedenen Zonen der Plagioklase polarisiren so abweichend von einander, dass man an Umhüllungszwillinge nach dem Karlsbader Gesetz denken könnte, Gebilde, welche zwar bisher noch nicht beobachtet worden sind, aber sehr wohl existiren können. Man braucht nur anzunehmen, dass eines von den verzwillingten Individuen das andere überwuchert, es würde sich dann im Längsschnitte ein Krystall von verkehrter Stellung im anderen wahrnehmen lassen (Taf. V. Fig. 30), eine Erscheinung, die in Dünnschliffen nicht allzuseiten ist. — Einfarbig polarisirende Feldspäthe erweisen sich dadurch als Plagioklase, deren Fläche M parallel der Präparatfläche liegt, dass ihnen häufig die charakteristischen Plagioklasrhomben gesetzmässig aufgelagert sind. — Der Sand vom Merapi, der am ersten Tage der Eruption gesammelt wurde, ist sehr grobkörnig, die einzelnen Körner haben über 1 Mm. im Durchmesser, der vom letzten Tage der Eruption gleicht der feinsten Asche.

Ein vulcanischer Sand aus der Gegend des Laacher Sees ist vollkommen trachytischer Natur. Es lassen sich in ihm zahlreiche Sanidine, weniger Plagioklase, seltener Hornblende, Augit und zweifelhafte Biotitschuppen beobachten, welche in einer meist farblosen, stark schaumigen, bimssteinartigen Glasmasse liegen, wie es auf Taf. V. Fig. 31 dargestellt ist, und die auch die isolirten Krystalle als feines Netzwerk überspannt. (Vergl. Taf. V. Fig. 23.) Flöckchen von der beschriebenen Zusammensetzung sind gewöhnlich durch einen Ferritstaub getrübt, der anderen fehlt, und zwar denen, die ein bräunliches Glas besitzen. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass dieser braune Staub bei Zersetzung des ursprünglich braunen Glases gebildet worden ist. Die ausgeschiedenen Krystalle sind ver-

\*) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1865. pag. 287.

\*\*) Philosophie der Geologie 1867. pag. 178.

hältnissmässig arm an Einschlüssen; die Grundmasse ist stellenweise reich an Mikrolithen, während diese an anderen Stellen völlig fehlen.

Ein als „zersetzer Trachyt“ durch die dänische Galathea-Expedition vom Barren-Inland, jener beständig thätigen Vulcaninsel im Andamanenarchipel unter  $12^{\circ} 17'$  nördl. Breite und  $90^{\circ} 54'$  östl. Länge von Paris mitgebrachtes pulverförmiges Gestein dürfte als eine stark zersetzte vulcanische Asche anzusehen sein.

Als Hauptbestandtheil finden sich in ihr Krystalle und Fragmente von Feldspath, wovon viele Zwillingsstreifung zeigen, die Mehrzahl jedoch nicht, und Augite. In beiden erscheinen zahlreiche Gasporen eingelagert, und beide sind überstäubt mit einem röthlichen Anfluge, der die Asche intensiv roth färbt. Derselbe giebt sich bei starker Vergrösserung als bestehend aus einer zersetzten, etwas polarisirenden Glasmasse zu erkennen. Eine ähnliche, homogen erscheinende, rothgelbe Masse bildet polarisirende Bröckchen, die reich an Mikrolithen - Ausscheidungen und Magnetitkörnern sind, und auch wohl als zersetzte Glaspartikelchen gelten müssen, ebenso wie kleine Kügelchen von eben solcher Beschaffenheit, die den in der Asche vom Pico de Teyde beobachteten sonst völlig gleichen. Viele Krystalle haben oberflächlich eine Zeichnung, ähnlich der auf Taf. V. Fig. 26 dargestellten, die vielleicht auch von haften gebliebenen Glasfetzen herrührt. Schliesslich mögen kleine rundliche, lebhaft polarisirende Körnchen von lichtgrüner Farbe erwähnt werden, die sich oft in grosser Anzahl in den Feldspathen, seltener in den Augiten finden. Einige derselben zeigen in ihrem Innern einen schwarzen Punkt, einem Luftbläschen gleichend, weshalb man geneigt sein könnte, sie als sehr zersetzte Glaseinschlüsse zu deuten, wogegen sich jedoch auch Mancherlei einwenden liesse.

Das Pélé'shaar von Hawaii möge hier auch erwähnt werden, obgleich es schon von KRÜKENBERGER\*) eine acht Seiten lange Beschreibung erhalten hat. Mit Recht betont derselbe den Mangel an Entglasungsproducten in den oft langgezogenen und vielfach verknöteten Glasröhrchen. Er beschreibt als solche nur kleine, rhombisch gestaltete Täfelchen, deren auch COHEN\*\*) erwähnt. Diese erinnern lebhaft ihrem optischen Verhalten nach an die mehrfach erwähnten Plagioklaslamellen, und in der That besitzen sie einen spitzen Winkel von  $52^{\circ}$ , wie ausgeführte Messungen ergaben. Neben ihnen treten, wenn auch seltener, sternförmige Augitkrystallgruppen auf.

\*) Mikrographie der Glasbasalte von Hawaii, 1877.

\*\*) N. Jahrb. für Min. u. Geol. 1876. pag. 747.

Interessant sind die zahlreichen Sprünge, welche sich jedenfalls bei der raschen Erkaltung auf der Oberfläche der Haare gebildet haben, und die Glaskügelchen, die ihnen hin und wieder anhaften, und die in vieler Beziehung ganz denen in der Asche des Pico de Teyde gleichen.

ZIRKEL\*) hat auf Grund mikroskopischer Studien eine Reihe von charakteristischen Eigenschaften vulcanischer Sande und Aschen aufgestellt. Vorstehende Untersuchungen bestätigen die Resultate seiner Arbeit im vollsten Maasse. Es ist in der That auffällig, in welch' hohem Grade sich Glassubstanz an der Zusammensetzung dieser Gebilde betheiltigt, entweder in Form von Scherben, oder als Ueberzug auf Krystallen oder als Einschlüsse in denselben. Nicht minder eigenthümlich ist ihnen der Reichthum an Mikrolithen und an grösseren, unvollendeten Krystallen, was an eine plötzlich gehemmte Krystallbildung denken lässt. Endlich müssen noch ganz besonders die zahlreichen Luftbläschen betont werden, die sich in der Glasmasse aller untersuchten Aschen finden.

Durch ganz dieselben Eigenthümlichkeiten zeichnen sich die oben beschriebenen Lapilli aus. Die zwischen ihnen und den letzteren bestehende Aehnlichkeit wird augenscheinlich, wenn man die untersuchten Lapilli vom Vesuv, Aetna und von Santorin mit den zugehörigen, von ZIRKEL beschriebenen Sanden und Aschen vergleicht.\*\*)

Vesuv-Sande und -Lapilli führen dieselben Gemengtheile, nur einmal wurde grüner Biotit in einer Asche (vom Jahre 1839) beobachtet, der in den Lapilli nicht gefunden wurde, wie denn überhaupt dieses Mineral ein sehr inconstanter, accessorischer Gemengtheil der Vesuvlaven ist. Ebenso verhält es sich mit den Auswürflingen des Aetna. Dass die Sande dieses Vulcans gleich dem untersuchten Bombenmantel und der Lavathräne Olivin führen, wenn auch in sehr zurücktretender Menge, erwähnt bereits ROSENBUSCH\*\*\*), auch hier sind die Gemengtheile beider in übereinstimmender Weise ausgebildet. Dagegen ist die Aehnlichkeit zwischen den Lapilli von Santorin und den Aschen der Eruption von 1866 weniger auffällig. Wenn es auch nach den Untersuchungen von FOUQUÉ als erwiesen gelten muss, dass die Mehrzahl der grünen und braunen Krystallfragmente, denen ein zierliches Glasnetz und zahlreiche spießige Mikrolithen aufgelagert sind, trotz ihres

---

\*) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1872. pag. 24.

\*\*) Was mir durch die Güte meines hochverehrten Lehrers ermöglicht wurde.

\*\*\*) Physiographie d. massig. Gesteine pag. 547.

Pleochroismus als Augite gelten müssen, und die Sande daher gleich den Lapilli und Laven eine augitandesitische Zusammensetzung aufweisen, so unterscheiden sich die beiden erstgenannten immerhin durch die verschiedene Ausbildungsweise des Augites, da dieser in den Lapilli nur äusserst schwach gefärbt ist. Diese Verschiedenheit ist jedoch nicht beträchtlicher als die zwischen den einzelnen Eruptivproducten Santorins verschiedener Zeiten, und sie dürfte sich vielleicht schon dadurch erklären, dass die Lapilli vermuthlich nicht von der Eruption des Jahres 1866 stammen, die die untersuchten Sande geliefert hat; ja, sie darf selbst nicht als bedeutender gelten als die der an verschiedenen Punkten der Inselgruppe gesammelten Proben. Mit Recht führt VOGELSANG \*) diesen Umstand auf die Wirkungen des Windes zurück, der die ausgeworfenen Massen „aufbereitet“, nachdem schon PRÖLSS \*\*) zu einem ähnlichen Gedankengange gelegentlich der Untersuchung der Kloetasche gekommen war. Auf Grund dieser Thatsache jedoch die vulcanischen Aschen einzutheilen in solche, die derselben nicht unterworfen gewesen sind, in modificirte und normale wie BALTZER \*\*\*) vorschlägt, erscheint kaum statthaft, da wohl schwerlich jemals Aschen in der Zusammensetzung irgendwo niederfallen werden, die sie bei ihrem Austritt aus dem Krater besaßen. Stets werden die schwereren, massiven Bestandtheile in nächster Nähe des Vulcans zu Boden fallen, während die leichteren, schaumigen Massen in die Ferne getrieben werden, wie sich dies besonders evident bei den 1875 in Norwegen gefundenen isländischen Aschen zeigt. †) Daher kommt es, dass in der Nähe der Vulcane manchmal lediglich wohlkonturirte Krystalle als Aschenbestandtheile gefunden werden, worauf u. A. besonders SARTORIUS und WALTERSHAUSEN ††) aufmerksam macht. Dass zuweilen Krystalle von vornherein als einzige Aschenbestandtheile auftreten können, mag nach den Untersuchungen von SCACCHI †††) nicht unmöglich sein.

Dass die vulcanischen Aschen und Sande, obgleich sie chemisch den Laven gleichen, doch nicht als Zerreibungsproducte derselben gelten können, ist neuerdings besonders durch ZIRKEL \*†) und SCACCHI †††) betont worden; es kann sich daher hier in Anbetracht ihrer grossen petrographischen Aehnlichkeit mit den Lapilli nur fragen, ob sie deren Zer-

\*) Philosophie d. Geologie, 1867. pag. 178.

\*\*) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1865. pag. 290.

\*\*\*) Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. XXVII. 1875. pag. 55. 727.

†) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1875. pag. 399.

††) Vulcanische Gesteine v. Island u. Sicilien pag. 163.

†††) Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. XXIV. 1872. pag. 547.

\*†) N. Jahrb. f. Min. u. Geol. 1872. pag. 24.

trümmerungsproducte sind. Daran kann jedoch kaum gedacht werden; denn erstens treten, wie SCACCHI gezeigt hat, die Auswürflinge bei einer Eruption nicht so gedrängt aus dem Krater hervor, dass sie sich gegenseitig reiben könnten, und zweitens lehrt ihre mikroskopische Beschaffenheit, dass sie ursprüngliche Gebilde sind. Die Glasfäden, die sich in manchen von ihnen finden, die auffälligen zierlichen, oft aneinandergeklebten Kügelchen der Aschen vom Pico de Teyde und Barren-Island sind Formen, die nur eine flüssige Masse beim Abkühlen und Niederfallen annehmen kann; die ausserordentlich zarten Glassporen und -Spitzen, die die Flöckchen der letztgenannten Asche umgeben, können unmöglich das Product einer Zerreibung einer festen Masse sein; ferner der Umstand, dass viele Krystalle in den Sanden und Aschen mit einer äusserst zarten Glashaut übersponnen sind, die entweder porös ist, oder eigenartig zerborsten, oder sich auf unbedeutende Residua geflossenen Ansehens beschränkt, wie bei der Bufadore-Asche, dass sie endlich häufig mit einem zarten Mikrolitheugewebe überzogen werden, dies Alles beweist, dass sie aus einer flüssigen Masse herausgeschleudert wurden, wobei ihnen Partikelchen derselben anhafteten, dass sie nicht aus bereits verfestigt gewesenen Gesteinen stammen. Kurz, die vulcanischen Sande und Aschen sind als solche durch Zerstäubung eines flüssigen Magmas entstanden und nicht durch Zermalmung fester Körper.

Die Wahrnehmung, dass nur die Glassubstanz der Sande und Aschen porös ist, und niemals andererseits die Krystalle von grösseren Luftblasen erfüllt oder durch dieselben auseinander gesprengt sind, beweist, dass die Krystalle bereits gebildet waren, ehe die Aufblähung des Magma von statten ging. Dem scheint allerdings zu widersprechen, dass in den untersuchten Vorkommnissen sich Krystallsplitter finden, von denen man vermuthen könnte, sie seien durch Zerreiessung von Krystallen bereits im Magma gebildet. Es zeigt sich jedoch, dass solche Splitter nie in Glassubstanz eingebettet und nie mit einer zarten Glashaut umgeben sind. Sie waren daher als solche noch nicht im Magma enthalten, dies umschliesst nur allseitig begrenzte Krystalle, sie entstanden erst nach der Eruption durch Zerberstung von Krystallen, die durch rapide Abkühlung ausserordentlich spröde und rissig geworden waren, z. B. wie die in den Lapilli von Santorin.

Schliesslich ist noch zu erörtern, ob die petrographische Zusammensetzung der Sande und Aschen irgend welchen Anhalt über den Ursprung der Gase giebt, die die Aufblähung und Zerstäubung des Magma bewirkten.

Es wurde mehrfach betont, dass sich in ein und demselben Glaseinschluss oft mehrere häufig 15—20 Gasporen finden, so besonders in den Aschen vom Kloet, Merapi, von Santorio, Stromboli und Tacubaya. Dieser Umstand macht wahrscheinlich, dass Gase in der Glassubstanz gelöst waren, als diese von dem Krystall umschlossen wurde, da es wohl kaum denkbar ist, dass eine solche Menge von Glasbläschen in einem flüssigen Magma so dicht nebeneinander bestehen konnten, ohne sich zu einem einzigen Bläschen zu vereinigen! Als nun plötzlich der Erkaltungsprocess eintrat, schieden sich die Gase aus der eingeschlossenen Masse aus, vermochten aber, weil eben die Erkaltung zu rapide vor sich ging, sich nicht zu einem einzigen Bläschen zu vereinigen, wie es als Regel gelten muss. Auf diese Weise würden sich auch am einfachsten die von ZIRKEL\*) mehrfach beobachteten Flüssigkeits-einschlüsse mit Libelle in Glaseinschlüssen erklären lassen, wenn man nur die Flüssigkeit, dem Beispiele ZIRKEL's folgend, als comprimirtes Gas ansehen will.

Dagegen scheint der Umstand, dass in den Krystallen einer Reihe von Aschen Gasporen auftreten, zu beweisen, dass sich bei deren Bildung bereits Glasbläschen im Magma befanden, die vielleicht wie Perlen den wachsenden Krystallen anhafteten. Ueberwucherten diese jene Bläschen, so konnte als Hülle derselben leicht eine Glasschicht erhalten bleiben, sodass dabei auch Glaseinschlüsse mit je einem grossen, unförmigen Bläschen gebildet werden konnten; doch dürfte nicht immer, wie zu zeigen versucht ist, die Gegenwart des Gasbläschens den Glaseinschluss erklären, wie VOGELSANG\*\*) und ZIRKEL\*\*\*) annehmen.

Jedenfalls müssen die auf letzterörtertem Wege gebildeten Gasbläschen sich unter hohem Drucke befinden. Wenn dies auch nicht durch unmittelbare Beobachtungen erwiesen werden kann, so möge doch wenigstens auf die eigenthümlichen zerborstenen Krystalle der Bufadore-Asche hingewiesen werden, die vielleicht durch Expansion der Gase in einem Porenschwarme zerrissen wurden, vielleicht aber nur zufällig längs eines solchen zerborsten sind. Möglicherweise sind die in den Gemengtheilen vieler Eruptivgesteine häufig zu beobachtenden Einschlüsse liquider Kohlensäure als stark komprimirtes Gas anzusehen, welche im Magma gelöst waren, dasselbe jedoch nicht wegen des allzu hohen, auf ihnen lastenden

---

\*) Zeitschr. d. D. geol. Ges. Bd. XX. 1868. pag. 117. — Microscopical Petrography, 1876. pag. 266.

\*\*) Philosophie der Geologie, pag. 169.

\*\*\*) Die mikroskop. Beschaffenh. d. Min. u. Gest. pag. 69.

Druckes aufblähen konnten. Es kann daher als nicht besonders auffällig gelten, dass dergleichen Einschlüsse bisher noch nicht in lockeren vulcanischen Auswürfingen beobachtet wurden, obgleich sie in den grösseren Krystallen derselben aus den eben erwogenen Gründen wohl auch auftreten könnten.

Man könnte auf Grund dieser Thatsachen die Vorgänge bei der Eruption eines Vulcanes, insbesondere die Bildung von Bomben, Lapilli, Sanden und Aschen mit dem Aufschäumen einer Flüssigkeit vergleichen. Ist die Flüssigkeit sehr beweglich, die Gasentwicklung in ihr sehr lebhaft und unruhig, so reissen die entweichenden Gase Theile der Flüssigkeit mit sich fort, wie es z. B. beim kochenden Wasser der Fall ist. Ein solcher Vorgang führt in Vulcanen zur Bildung von Bomben, Lavathränen, Lavakuchen u. s. w. Ist dagegen die Flüssigkeit zähe, oder die Gasentwicklung in ihr minder vehement und ruhiger, so wird sie über die Wandungen eines niedrigen Gefässes überschäumen, in einem hohen dagegen wird sie zerstäubt werden, wie man dies leicht bewirken kann, wenn man durch ein Rohr in eine Seifenlösung bläst. Analoge Vorgänge liefern in den Vulcanen entweder Schlackenströme, die häufig bei kleinen Vulcanen auftreten, oder führen zur Bildung von Lapilli, Sanden und Aschen, auf deren Auswurf und die Nichtbildung von Lavaströmen die Thätigkeit der höchsten Vulcane im normalen Zustande beschränkt zu sein scheint.

Zur Bildung vulcanischer Auswürfinge ist also a priori nichts weiter nöthig, als ein Magma, aus dem Gase entweichen, und nicht wie SCACCHI\*) annimmt, das Vorhandensein von Partikelchen, die bei der herrschenden Temperatur unschmelzbar sind. Damit steht völlig ihre Erscheinungsweise im Einklange, sie stellen entweder ein reines Glas dar, wie Bimssteinflocken, Péléschaare u. s. w., oder sind, und zwar der Mehrzahl nach, krystallführend. Je nachdem nun das Magma mehr oder weniger zähflüssig ist, was von seiner Temperatur, chemischen Zusammensetzung, seinem mehr oder minder grossen Reichthume an krystallinen Ausscheidungen abhängig ist, je nach der Quantität der entweichenden Gase, je nach der Höhe des Vulcanschlotes, werden sich die Auswürfinge morphologisch unterscheiden, während sie chemisch untereinander identisch sind.

Dass Wasser besonders bei den in der Nähe des Meeres gelegenen Vulcanen auch von Einfluss auf diese Vorgänge sein kann, ist einleuchtend. Es dürfte jedoch dabei kaum die Rolle spielen, die ihm häufig zuertheilt wird, z. B. die, dass

---

\*) a. a. O.

es die alleinige Ursache der Aschenbildung sei. Es würde dies vor Allem einen grossen Reichthum an Wasserporen in den jüngeren Eruptivgesteinen verlangen, der denselben bekanntlich fehlt. Es ist hier nicht der Ort, näher auf diese Fragen einzugehen. Wenn jedoch die Sand- und Aschenbildung lediglich auf den Zusammentritt von Wasser und dem Magma zurückgeführt wird, so bleibt unerklärlich, warum Vulcane, wie die auf Hawaii, die unmittelbar aus dem Meere auftauchen, ausserordentlich wenig vulcanische Aschen liefern, und warum andere, wie der Jorullo und die übrigen von Central-Mexico, die über 200 Km. vom Meere entfernt liegen, so immense Aschenmassen auswerfen können.

Natürlich ist nicht ausgeschlossen, dass gewisse Auswürflinge von Vulcanen durch Zertrümmerung fester Gesteine hervorgehen können. Hierher gehören vor Allem die Auswürflinge von Bruchstücken des in der Tiefe anstehenden Gesteines, die nicht selten in einer Lavahülle stecken und dann wohl auch Bomben genannt werden; andere zeigen deutliche Frittungs- und Sublimationserscheinungen, während andere wieder völlig unverändert sind. Solches wurde besonders beim Sammeln der Auswürflinge des Roderberges bei Bonn constatirt. Es dürfte sich dies vielleicht dadurch erklären lassen, dass die unveränderten Auswürflinge sich in der Lava im sphäroidalen Zustande befanden, indem das in ihnen vorhandene Wasser sich als Dampfschicht um sie hüllte, wodurch die Wirkungen der Hitze paralysirt wurden. \*) Diejenigen zahlreichen Eruptionen, bei denen der bereits bestehende Vulkankegel zerstört wurde, haben jedenfalls auch Auswürflinge geliefert, die durch Zertrümmerung desselben entstanden sind, und da dieser meist aus einem lockeren Aufwerk von Tuffen und unverfestigten Lapilli, Sanden und Aschen besteht, so werden diese pseudovulcanischen Auswürflinge sich kaum von den echten unterscheiden, wenn sie nicht gerade deutliche Spuren von Zersetzung an sich tragen, wie die von BALTZER \*\*) beobachteten Auswürflinge von Vulcano.

Wie aber durch Zertrümmerung fester Laven Sande und Aschen entstehen sollten, ist kaum ersichtlich. Dass solche Gesteine durch vulcanische Thätigkeit zwar zerkleinert und zertrümmert werden können, ist augenscheinlich und durch zahlreiche Beobachtungen erwiesen; nie aber wird bei einem solchen Zertrümmerungsprocesse sich ein feiner Staub bilden, der mehrere Hundert Quadratmeilen binnen wenigen Tagen

\*) Vergl. BOUTIGNY, Studien über die Körper im sphäroidalen Zustand. Deutsch von ARENDT 1858. pag. 31–50.

\*\*) a. a. O.

fusshoch bedecken kann, oder auch nur die Nachbarschaft eines Vulcanes überschüttet, wie die Turrialba - Asche des Jahres 1865.

Alle pseudovulcanischen Auswürflinge haben nicht als Producte vulcanischer Thätigkeit zu gelten, und dürfen nie mit denselben parallelisirt werden, wie es BALTZER \*) vorschlägt, indem er neben der normalen und modificirten Asche auch noch eine dritte Art aufstellt, die die Trümmer von Sublimationsgebilden u. s. w. u. s. w. enthalten soll. Als eine vierte Art vulcanischer Auswürflinge könnten sonst mit Fug und Recht jene Fische gelten, die in den Schlammströmen des Cotopaxi und Imbubara gefunden worden sind, und die HUMBOLDT als *Pimelodus Cyclopus* bezeichnete.

---

\*) a. a. O.

---

**D**er Verfasser vorstehender Arbeit wurde am 25. September 1858 in Reudnitz bei Leipzig geboren, erhielt in Leipzig seine Schulbildung und bezog nach bestandnem Maturitätsexamen auf der dortigen Realschule I. Ordnung die Universität Leipzig Ostern 1875. Er beschäftigte sich vorzugsweise mit dem Studium der Geologie und verwandter Fächer, hörte die Vorlesungen der Herren Prof. Dr. Leuckart, Prof. Dr. Zirkel, Prof. Dr. Credner, Prof. Dr. Schenk, Prof. Dr. Hankel, Prof. Dr. Kolbe, Prof. Dr. Springer, Prof. Dr. Seydel, Prof. Dr. O. Delitsch, Dr. Lürssen, war in den Laboratorien der Herren Prof. Dr. Zirkel, Prof. Dr. Wiedemann und Prof. Dr. Schenk thätig, und beschäftigte sich während der Ferien meist mit geologischen Aufnahmen, vorzüglich unter der Leitung des Herrn Prof. Dr. Credner, theils auch unter Führung des Herrn Prof. Dr. Suess in Wien.

---

•

