

# Vulcanische Strandmarken.

Von Dr. Johannes Walther.

Die vulcanischen Gesteine zeigen häufig jene regelmässige Absonderung, die man als Säulenstructur bezeichnet, eine Erscheinung, welche seit Alters das Interesse des Geologen, wie des Naturfreundes erregt hat. Eine Anzahl Abhandlungen besprechen die Säulenstructur eingehend und suchen die Ursachen derselben zu ergründen. Allein die Mehrzahl dieser Arbeiten geht von dem Gedanken aus, dass alle säulig abgesonderten Lavagesteine zusammengehören unter die nämliche Classe von Erscheinungen, und indem man für Verschiedenartiges gleichartige Ursachen zu finden sich bestrebte, mussten die Anschauungen nothwendig weit auseinandergehen.

Ich will in der vorliegenden Studie keine specielle Kritik bisheriger Arbeiten versuchen, weil eine solche aus dem oben angeführten Grunde nur eine unerquickliche Polemik sein müsste, zweitens und hauptsächlich aber deshalb, weil auch das, was dieser Aufsatz bietet, keineswegs eine erschöpfende und gegen jeden Einwurf sicher zu vertheidigende Erklärung, sondern nur der Erklärungsversuch einer Theilerscheinung sein kann. Meine Untersuchungen erstrecken sich ausschliesslich auf die italienischen Vulcane und meine späteren Studien in anderen Vulcangebieten konnten den Grundgedanken weniger beweisen, als die Nützlichkeit seiner Anwendung prüfen.

Nach meinen bisherigen Erfahrungen muss man zwei Haupttypen der Lavasäulen unterscheiden: Die säulige Absonderung der Gänge und diejenige der Ströme.

Ob es noch weitere Erscheinungsformen gibt, besonders in wie weit und wodurch Säulen an intrusiven Stöcken, an sogenannten homogenen Vulcanen, oder an Vulcankernen auftreten können und welche Ursachen Solches bedingen, darüber geben die italienischen Vulcane keinen Aufschluss und ich vermeide hier eine Discussion dieser Fragen. Die Beobachtung recenter Erscheinungen giebt die alleinige Grundlage vorliegender Studie.

Der Vesuv, an dem so manche Hypothese entstanden ist und begründet wurde, bildet auch den Ausgangspunkt dieses Aufsatzes. Die Lavagänge, welche wie ein Netzwerk die Tuff- und Stromdecken der Somma durchziehen, zeigen nicht selten Säulenstructur. Die Säulen sind meist etwas unregelmässig, klein und stehen senkrecht auf den Saalbändern. Bisweilen ist die Säulenstructur auf die Saalbänder des Ganges beschränkt und der mittlere Theil desselben in Platten abge sondert, welche parallel den Gangflächen stehen. Ein Gang am südlichen Flügel des Val di bove am Etna (Mte. di Calanno) zeigt diese Erscheinung in besonders ausgezeichneter Weise. Die in regelmässigen Säulen abgesonderten Gänge gehören zu den Ausnahmen; die Absonderung wird oft ersetzt durch unregelmässige Sprünge, welche von Saalband zu Saalband ziehen. Und im Atrio del cavallo, zwischen Vesuv und Somma, bemerkt man nur wenige Gänge, welche wirkliche Säulenstructur zeigen. Zum Theil hat das in einer anderen Erscheinung seine Gründe. Homogene, wenig zersprungene Sommagänge wittern aus dem weichen Tuff meist vortrefflich heraus und bilden ein erhabenes Netzwerk auf den steilen Abhängen der Sommwand. Ist ein Gang aber von vielen Sprüngen durchzogen, so stürzt Block auf Block in die Tiefe und viele Stellen der Sommwand sind dadurch dem passirenden Wanderer gefährlich, so dass man gezwungen ist, in einiger Entfernung über wüste, zerrissene Lavafelder zu klettern, anstatt die mit herabgefallenem Tuff und Steinbrocken horizontal geebnete Zone am Fusse der Somma zu wählen.

Je zersprungener ein solcher Gang ist, desto stärker ist er der Verwitterung und der Schwerkraft unterworfen, und solche stark zersprungene Gänge entsenden einen so constanten und starken Steinfall, dass sie, anstatt plastisch wie eine Mauer herauszuwittern, sich in die Wand hinein vertiefen und nicht unbedeutende scheinbare Spalten in den Tuffschichten bilden. So erklärt es sich wohl auch, dass die plastisch herausmodellirten Gänge selten Säulenstructur zeigen. Dennoch ist die auf den Saalbändern senkrecht stehende säulige Absonderung bei Lavagängen eine häufige Erscheinung, welche durch Lateralverkaltung und mechanischen Druck unschwer zu erklären sein dürfte.

Eine ganz andere Gruppe von Vorkommnissen bildet die Säulenstructur von Lavaströmen und mit diesem Specialfall wollen wir uns ausschliesslich beschäftigen. Arbeitstheilung ist auch hier ein ebenso wichtiges als nützlich Gebot. Ich muss vorausschicken, dass das, was ich über Lavaströme berichten kann, sich auf die häufigen mittelgrossen Ströme von ca. 10 Meter Dicke und 50 Meter Breite bezieht. Wenn ein Lavastrom diese Dimensionen wesentlich überschreitet, so dürften auch seine Erkaltungsformen in abgeänderter Weise auftreten.

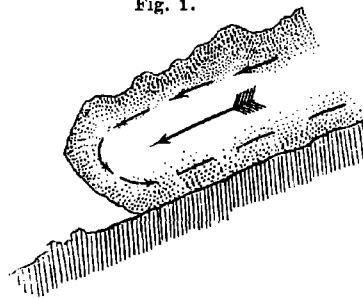
„Die steinartige Lava im Innern der Ströme, das Product einer ausserordentlich langsamen Erstarrung, zeigt stets gewisse Richtungen, in denensie leichter als in anderen gebrochen wird. Diese Zerklüftungsebenen sind fast vertical, wenn der Strom sich übereine nahezu horizontale Fläche ausbreitet.“ So sagt der bekannte Etnakenner

Silvestri<sup>1)</sup> und wer Gelegenheit gehabt hat, die Vulcane Italiens genauer und eingehend zu durchklopfen, der wird sich überzeugt haben, dass geflossene Lava senkrecht zur Stromrichtung leichter spaltet, als parallel derselben. Es findet diese Erscheinung besonders dann statt, wenn die Lava Dampfporen und Blasenräume enthält, welche bei raschem Fliesen des Stromes in die Länge gezogen, der Lava ein gewisses Gefüge geben; aber auch dichte Lavaströme ohne grobe Dampfporen können senkrecht zur Stromrichtung mit dem Hammer meist leichter zerschlagen werden. Die Erscheinung scheint mit den Bewegungen der Lava zusammenzuhängen, aber es bedarf jedenfalls noch genauerer Untersuchungen, um zu erfahren, worin dieses Verhalten begründet ist. Von der Thatsache kann man sich oft und leicht überzeugen und sie möge den Ausgangspunkt für vorliegende kleine Studie bilden.

Die Art und Weise, wie sich ein Lavastrom fortbewegt, ist oft studirt, oft beschrieben worden. Man weiss, dass die centralen Partien eines Stromes länger flüssig bleiben, dass die peripheren Theile rascher erkalten. Da aber eine Uebergangszone halberstarrter Lava beide verbindet, so bleiben sie in einem gewissen Zusammenhange und beim Fortschreiten wälzt sich der Strom über seine eigene Rinde. Dadurch gelangen die ursprünglich hangenden Theile des Stromes an die Stromstirn und endlich beim Weiterfortschreiten werden sie liegend und bilden die Basis, mit der ein Strom auf seinem Untergrund aufliegt. Wenn man also die allgemeineren Bewegungsvorgänge in dem fliessenden Stirntheil eines Lavastromes durch Pfeile andeuten wollte, so würde man folgendes Bild erhalten: worin der grosse Pfeil die Gesamt- richtung des Stromes, die kleinen Pfeile die Bewegung der halberstarrten Rinde, die spitzenlosen Linien in der liegenden Rinde aber die einstmalige Bewegung dieser Theile charakterisiren.

Eine eigenthümliche Erscheinung resultirt aus dieser Art der Strombewegung. Wenn der Nachfluss von Lava aus der Eruptivspalte sein Ende erreicht hat, so fliesst das Stromende gewöhnlich dennoch ruhig weiter. Die erstarrten Rindentheile des Stromkörpers bleiben stehen, das noch flüssige Innere dagegen dringt vorwärts. Hierdurch entstehen die sogenannten Lavakeller, welche man an allen Lavaströmen an ihrem proximalen Ende beobachten kann. Ist der Strom endlich völlig erkaltet und zu Stillstand gekommen, so ist das Stromende in grösserer oder geringerer Erstreckung eine compacte Lavamasse, der dem Krater nähere Theile des Stromes aber ist ein hohles Gewölbe, oft von beträchtlichem Lumen und relativ dünner Decke. Gewöhnlich bleiben diese proximalen Lavakeller nicht lange erhalten; sie stürzen

Fig. 1.



<sup>1)</sup> Der Etna in den Jahren 1863—1866. Uebers. G. von Rath. N. Jahrb. f. Min. 1869.

meist zusammen und diese eingesunkenen Keller sind eine überaus häufige und charakteristische Erscheinung der italienischen Vulkane. Dass sie an manchen Stellen fehlen, ist leicht begreiflich. Dünne und schmale Ströme erstarren in ihrer ganzen Dicke und zeigen keine Keller, ebenso fehlen dieselben, wenn das Stromende erkaltet, bevor der Nachfluss von Lava aus der Eruptivspalte aufgehört hat. Solche Ausnahmen abgerechnet, zeigen alle bedeutenderen Lavaströme ein compactes Stromende und einen hohlen Stromkörper.

Diese Verschiedenheit in der Structur bedingt einen verschiedenen Widerstand gegen die Verwitterung und Zerstörung eines Stromes. Die Stromenden als stets compacte Lavamassen bleiben länger erhalten als der hohle Stromkörper und es kann im Laufe der Zeiten der Anfangs- und Mittellauf eines Stromes vollständig verschwunden sein und nur das compacte Stromende bleibt als isolirte Kuppe übrig. Es wird als Theil eines rasch geflossenen Stromes erkannt durch die gestreckten Blasenräume, welche zugleich einen sicheren Schluss auf die Flussrichtung machen lassen.

Bei einem langen und eingehenden Studium der Lavaströme an den italienischen Vulkanen fiel mir auf, dass an der Küste so häufig säulenförmig abgesonderte Lava vorkommt, welche an den höheren Landgebieten zu fehlen schien. Ich verfolgte diese Beobachtung weiter, untersuchte das Stromende aller der Laven, welche nachweislich in's Meer geflossen sind und derer, welche nachweislich auf festem Lande endeten, und glaube auf Grund meiner Erfahrungen aussprechen zu können: Die meisten Lavaströme, welche den Meeresspiegel erreicht haben, bildeten dort Säulen, diejenigen Ströme und Stromtheile, welche nicht mit Wasser in Berührung kamen, zeigen eine solche regelmässige Erstarrungsform nicht.

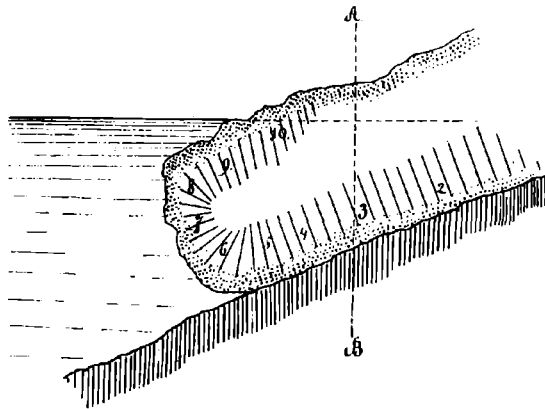
An keinem der vielen Lavaströme der Somma- oder der Süd- und Ostseite des Vesuvcs kann man Säulenbildung erkennen, obgleich die ersteren sehr oft trefflich aufgeschlossen sind; hingegen zeigen die Enden aller der Ströme, welche am Westfusse des Vesuvcs das Meer erreichten, die schönsten parallelen Säulen. Aber nur in nächster Nähe des Meeres, denn dieselben Ströme sind in wechselnder Entfernung vom Strande durch die Eisenbahn durchschnitten und dort kann man nirgends Säulensprünge beobachten. Derselbe Strom bei Torre del Greco, dessen am Meere befindliches Ende in den schönsten Säulen zersprungen ist, hat 300 Schritte weiter oben ein durchaus homogenes Gefüge. Es wird hierdurch die Auffassung widerlegt, dass durch die einfache Abkühlung des Bodens eine Lava in regelmässige Säulen zersprungen sei. Allein noch eine andere Thatsache spricht entschieden für die Ansicht: Dass eine parallel regelmässige Anordnung von Lavasäulen durch rasche Abkühlung in Wasser bedingt sein kann.

Wir hatten zu Anfang dieser Studie festgestellt, dass eine geflossene Lava senkrecht zur Stromrichtung am leichtesten spalte, wir hatten zweitens eruiert, dass die Bewegung der Lava eines Stromendes von der Decke des Stromes zur Stirne, von dieser in die Basis desselben verlaufe. Fliessen ein Lavaström soweit, dass er das Meer erreicht, so

werden zuerst liegende Theile mit dem Wasser in Berührung kommen, dann die ebenfalls zum Liegenden werdenden Stirntheile und erst allmählig beim Weitervordringen des Stromendes kommen auch hangende Partien des Stromprofils in Berührung mit dem Wasser. In Folge der starken Abkühlung zieht sich die gesammte Lavamasse zusammen. Es müssen Sprünge entstehen. Eine geflossene Lava springt am leichtesten senkrecht zur Stromrichtung, zugleich werden die Sprünge so erfolgen, dass mit der geringsten Zahl der Sprünge die grösstmögliche Zertheilung der Masse erreicht wird.

Dass durch das letztere Princip die Masse in fünf- oder sechsseitige Prismen zerlegt wird, ist von verschiedenen Seiten schon auseinandergesetzt worden und es darf auf die einschlägige bekannte Literatur verwiesen werden. Nach dem oben aufgefundenen Erfahrungssatze: eine geflossene Lava springt am leichtesten senkrecht zur Stromrichtung — werden die Säulen eines in Wasser erstarrten Lavastromendes in der folgenden Weise angeordnet sein:

Fig. 2.

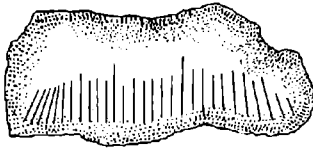


Die Zahlen in den Säulendurchschnitten geben die Reihenfolge an, in welcher die einzelnen Theile des Lavastromes mit dem Wasser in Berührung kamen.

Längsprofile durch Lavaströme sind nicht zu beobachten, um so häufiger sind Querprofile an den recenten Vulkanen Italiens aufgeschlossen. Dasselbe Meer, welches die Bildung der Säulen bedingte, arbeitet auch wieder an ihrer Zerstörung und die Wirkung der Brandung auf Lavaküsten ist eine ausserordentlich zerstörende. Aber gerade dadurch werden uns die interessantesten Aufschlüsse verschafft. Am raschesten wird die Stromstirne zerstört. Wie das Profil erkennen lässt, sind dort die meisten Sprünge, indem sowohl das Dach als die Basis in Säulen zerspalten ist. Je weiter die Erosion vorschreitet, um so langsamer kann sie nur wirken, denn in den hinteren Theilen des Stromendes ist nur die untere Hälfte der Lava in Säulen zersprungen, die obere Hälfte dagegen ist homogen. Die Linie *A B* in obenstehender Figur und der hier folgende Holzschnitt zeigen jenes Stadium, das die Mehrzahl der

Lavastromprofile am Meere bieten. So sind die Säulen in dem Steinbruche bei Torre del Annunziato, so zeigt sie die Pta Sciabeca auf der Nordseite von Lipari, in geradezu glänzender Weise.

Fig. 3.



So oft ich aber, sei es am Etna, sei es auf den Liparen, Gelegenheit hatte, Lavasäulen zu sehen, welche gegenwärtig nicht am Meere stehen; so war durch andere Thatsachen fast durchgängig angedeutet, dass das Meer dereinst dort einen höheren Stand gehabt habe und dass auch jene Stromenden am Meere erkaltet sein konnten.

Leider habe ich noch keine eigenen Erfahrungen an den grossartigen Lavasäulengebieten des Nordens machen können, aber die Literatur sagt, dass die Basaltsäulen von Irland am Meeresstrand sich befinden und auch die Fingalsgrotte scheint mir nach Zirkel's Beschreibung unter dieselbe Gruppe von Erscheinungen zu gehören. Denn Zirkel schreibt, dass die Basaltdecke, in welche diese Grotte eingesenkt ist, aus einer oberen homogenen und einer unteren säuligen Zone besteht, dass die petrographische Zusammensetzung der beiden Gesteine keine wesentlichen Unterschiede erkennen lasse, und dass manche Säulensprünge sich in die homogene Masse hinauf fortsetzen. Auf Grund solcher Thatsachen ist der Schluss berechtigt, dass diese Decke einheitlich sei und in ihrer unteren Hälfte allein Säulenstructur besitzt.

Doch alle diese und viele andere Beispiele sind mir nicht aus Autopsie bekannt und ich kann über sie nicht mit Sicherheit sprechen. Ich muss nur noch erwähnen, dass besonders mächtige Lavaströme eine scheinbare Ausnahme in der Stellung ihrer Säulen zeigen, dass an dem 30 Meter hohem Lavafelsen von Acicastello am Etna die Säulen zu concentrischen Kugeln vereint sind, dass an anderen Strömen die Säulen verschiedenartige Biegungen erlitten haben und zeigen. Der letztere Fall erklärt sich jedoch sehr einfach dadurch, dass innerhalb eines grösseren Lavaströmes die Flussrichtungen der einzelnen Theile keineswegs gleichsinnig verlaufen mit der Gesamttrichtung des Stromes, sondern dass Gleichgewichtsstörungen desselben in kleineren „Diffusions“-Strömungen ihren Ausdruck finden. Auf solche Weise erklären sich die gebogenen Säulen folgerichtig dadurch, dass der Sprung, welcher immer nahezu senkrecht auf die Flussrichtung erfolgt, in einem mächtigeren Lavaströme vielfach abgelenkt wurde.

Es ist eine eigenthümliche Erscheinung, dass am Vesuv so viele Lavaströme gerade am Meeresstrande enden und dass ich dieselben als submarine Klippen nur 10—30 Meter in das Meer hinein verfolgen konnte; und doch hat diese Thatsache ihre einfachen Gründe. Sobald ein Lavaström das Meerwasser erreicht, so erstarrt seine Front und bewegt sich nicht mehr wesentlich vorwärts, nun mag das nachquellende Magma sich weiter oberhalb einen neuen Stromlauf abzweigend bilden — sobald derselbe das Ufer erreicht, erstarrt auch er und so bezweifle ich, dass ein Lavaström sich eine Strecke in's Meer selbst

hinein bewegen könne. Das Wasser bannt ihn mit unwiderstehlicher Gewalt (ich mache auch hier darauf aufmerksam, dass sehr bedeutende Ströme, wie sie an aussereuropäischen Vulcangebirgen beobachtet sind, und Ströme von hoher Laufgeschwindigkeit wohl eine Strecke lang die Abkühlung überwinden werden, die Tiefe des Wassers mag auch von Einfluss sein).

Auf diese Weise erklärt es sich, warum Lavaströme am Ufer eine besonders breite Erstreckung gewinnen und als weit ausgedehnte Dämme die Ufer begrenzen. Dass aber dieselben Säulenstructur zeigen, scheint nach dem oben Gesagten nicht mehr wunderbar.

Ich verwahre mich ausdrücklich dagegen, dass nach solchen Auseinandersetzungen alle an's Meer gelangenden Lavaströme in Säulen erstarren müssten, denn schon die Pechsteine und glasreichen Laven von Lipari und Volcano und die Trachyte von Ischia bilden Ausnahmen. Allein, dass die Mehrzahl der bis an's Meer geflossenen Laven an italienischen Vulcanen Säulen bildete, dass andere Ströme derselben Vulcane, welche das Meer nicht erreichten, keine Säulen bildeten, das kann ich verantworten. Und ich glaube, wie schon der Titel des vorliegenden Aufsatzes andeutet, dass der Rückschluss mit einer gewissen Zurückhaltung wohl berechtigt sei, dass: Lavasäulen am Ende eines Stromes, welche senkrecht auf der Flussrichtung stehen, ein Wahrscheinlichkeitsbeweis dafür sind, dass das Stromende an einem Wasserspiegel erstarrte.

Zweitens aber wird mit diesen Ausführungen ein Werkzeug gewonnen, um die Stromnatur eines vulcanischen Gesteines, wenn nicht zu beweisen, so doch wahrscheinlich zu machen.

Reyer hat schon auseinandergesetzt, dass das distale Stromende eines Lavastromes am längsten der Verwitterung widerstehe. Das ist leicht begreiflich: Denn die meisten Ströme bestehen aus einem proximalen hohlen Stromkörper und einem distalen soliden Stromende. Der hohle Lavakeller bricht bald zusammen, und die Schollen desselben bieten der Verwitterung unendlich mehr Oberfläche als das solide Lavalager der Stromspitze. So kann an einem Vulcan der ganze Kegel mit seinen Aschenlagen und Gängen, seinen Apophysen und Stromkörpern der vollständigen Zerstörung bis auf die „Narbe“ unterliegen, ehe die soliden Stromenden zerstört werden. Vielleicht wirken diese selbst später noch als Schutz für das liegende Flötzgestein und bilden „Riesenerdpyramiden“, das heisst in diesem Falle vulcanische Bergkuppen.

Ich will diesen Gedanken nicht ausführen, will ihn mit Beispielen nicht belegen. Aber ich glaube aussprechen zu dürfen: Wenn eine isolirte vulcanische Kuppe aus einem Gestein besteht, welches lang gezogene Blasenräume enthält, wenn das Gestein an der einen Seite der Kuppe regelmässige Säulen zeigt, so ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass diese isolirte Kuppe das Ende eines geflossenen Lavastromes ist und dass die Ursprungsstelle desselben auf der den Säulen entgegengesetzten Seite zu suchen ist, dass schliesslich dieser Strom an einem Wasserbecken erstarrte und dass der Spiegel desselben die Säulen bespülte.

Vielleicht gelingt es, auf solche Weise manche räthselhafte Erscheinung zu lösen. Ich erinnere nur daran, dass bisweilen Eruptivkuppen Fragmente eines Gesteins enthalten, welches in einem höheren Horizont ansteht, als die betreffende Lavakuppe sich befindet. Auch eine solche Thatsache findet ihre einfache Erklärung, wenn durch andere Beobachtungen die Stromendennatur einer solchen Kuppe nachgewiesen werden kann.

---