download www.zobodat.at

Ueber die Absonderungsformen der Basalte.

Von Professor M. LAGALLY.

Während die Formen der Erdoberfläche, soweit sie aus Sedimenten besteht, sich auf den Gegensatz zwischen den gebirgbildenden Kräften und den Kräften der Verwitterung, Erosion und Akkumulation zurückführen lassen, treten im Gebiet der kristallinischen Gesteine und besonders dem der magmatischen Ergüsse manchmal Oberflächenformen auf, welche durch die Wirkung obengenannter Kräfte nicht bedingt sind. Abgesehen von den oft bizarren Formen der Lavafelder und Lavaströme gehören dazu die säulenförmigen Absonderungen, welche man an Trachyt, Phonolith, Porphyr wahrnehmen kann und welche an feinkörnigem Basalt besonders charakteristisch auftreten.

Die Basalte sind Eruptivmassen von sehr wechselnder Form und Grösse, welche im geologischen Sinn der allerjüngsten Vergangenheit unserer Erde angehören und sich von den Laven der jetztzeitlichen Vulkane nicht wesentlich unterscheiden. Manchmal bilden sie ausgedehnte quadratmeilen grosse Decken und Lager von verschiedener Mächtigkeit, manchmal rundliche Kuppen, deren Durchmesser zwischen Hunderten von Metern und wenigen Metern schwanken. Da nun, wo eine solche basaltische Masse entweder durch die Wirkung der Naturkräfte an Steilabhängen, in Flussbetten,

download www.zobodat.at

an der Meeresküste oder durch die Hand des Menschen in Steinbrüchen aufgeschlossen ist, zeigt sich häufig ein sonderbares Bild: vor dem Beschauer türmt sich eine mächtige Wand, oft von beträchtlicher Höhe auf, welche ganz und gar aus gleich hohen und gleich grossen, aufs festeste an einander gefügten ziemlich regelmässig sechseckigen Säulen von gleichem Querschnitt besteht; oben ist das Säulenlager in der Regel von einer Tuffschicht oder von Verwitterungsprodukten bedeckt; ihr unteres Ende entzieht sich in der Regel der Beobachtung. Manche derartige Vorkommnisse sind weltbekannt, wie die Fingalshöhle und der Riesendamm auf der Hebrideninsel Stäffa, aber auch in unserem Vaterlande sind sie überall da, wo basaltische Ergüsse vorhanden sind, wie in der Eifel, im Egerlande, in der nördlichen Oberpfalz keineswegs selten.

Ueber die Ursachen, denen diese merkwürdigen Gebilde ihr Entstehen verdanken, findet man in der Literatur nur sehr spärliche, nirgends aber erschöpfende Angaben. Weil die sechseckige Säule eine nicht seltene Kristallform ist, begnügte man sich in der Regel mit vagen Vorstellungen eines Kristallisationsprozesses und der verdienstvolle Astronom Dr. M. W. Mayer hat vor kurzem in seinem Büchlein „Kometen und Meteore" aufs neue die Ansicht vertreten, dass die Lava unter bestimmtem Druck oft langsam zu Basaltsäulen auskristallisiert. Man kann sich jedoch leicht überzeugen, dass von einem Kristallisationsprozess bei der Ausbildung der Basaltsäulen keine Rede sein kann, denn sie entsprechen weder dem Wesen noch der Form nach dem Begriff eines Kristalls. Nur Mineralien sind der kristallbildenden Kraft unterworfen, der Basalt aber ist kein Mineral, sondern ein Gestein von wechselnder chemischer und petrographischer Zusammensetzung. Ferner genügen die Säulen in keiner Weise den kristallographischen Grundsätzen; der Flächenwinkel ist so oft wie nie $=120^{\circ}$ und neben den sechsseitigen Säulen findet man fünf- vier- und dreiseitige. Bemerkenswert ist auch, dass die säulenbildende Kraft keineswegs von dem besonderen Zustande oder der Zusammensetzung, welche das Magma örtlich aufweist, abhängig ist; so findet man nicht selten, dass die dem Basalt eingemengten geformten Bestandteile, Olivinkristalle z. B., durch die Spalten mitten entzwei gerissen sind. Von chemischen

download www.zobodat.at

Ursachen der Säulenbildung muss man demnach absehen und physikalische in Erwägung ziehen.

Eine vergleichende Betrachtung der Abhängigkeit der Säulenrichtung von der Gestalt des magmatischen Ergusses ist am ehesten geeignet, Aufschluss über die Art der säulenbildenden Kraft zu geben. Es ergibt sich, dass die vertikale Anordnung der Säulen, die man gewöhnlich als die einzig vorkommende betrachtet, nicht Regel sondern ein spezieller Fall ist, der nur dort verwirklicht ist, wo der Basalt in grossen horizontalen Ergüssen über das verebneteLand ausgebreitet ist. Wo aber das Magma vertikale ziemlich schmale Spalten erfüllte, da liegen die Säulen horizontal auf einander, wie die Scheiter eines Holzstosses. In den häufig vorkommenden wenig ausgedehnten kuppenförmigen Basaltergüssen endlich ist eine im ganzen parallele Anordnung der Säulen überhaupt nicht mehr ersichtlich; weil gerade diese Vorkommnisse von entscheidender Wichtigkeit für die Frage nach der Ursache der Säulenbildung sind, so mögen zwei davon etwas eingehender beschrieben werden.

In der Nähe des oberpfälzischen Städtchens Weiden erhebt sich der Parkstein, eine isolierte Basaltkuppe, welche zu den schönsten Basaltbildungen Deutschlands gehört. Er bildet eine breit kugelförmige oder ellipsoidisch abgeplattete Masse, welche vermutlich nur durch einen verhältnismässig dünnen Stiel mit dem tief gelegenen Eruptionsherd in Verbindung steht. Aus dieser unbekannten Tiefe ist das glühende zähflüssige Magma durch einen Spalt aufgequollen, hat sich in Form einer breit abgeplatteten Kugel auf dem tertiären Untergrunde ausgebreitet und ist dann zur Erstarrung gekommen. Nach oben ist die Basaltkuppe von einem Tuffmantel bedeckt. Ihre Höhe mag etwa 90 m, der grösste Durchmesser etwa 500 m betragen. Auf einer Seite ist sie durch einen tiefgehenden, seit langer Zeit in Betrieb befindlichen Steinbruch aufgeschlossen, [Fig. 1 A], welcher so günstig angelegt ist, dass er uns einen Blick in das Innere der Basaltkuppe tun lässt. Ein merkwürdiger Anblick! Als eine gewaltige überhängende Wand türmen sich die Säulen zu Häupten des Beschauers. Sie verlaufen von der Oberfläche aus in

download www.zobodat.at

sanfter Biegung nach einwärts und abwärts gegen das Zentrum der Kuppe; dann biegen sie wieder nach auswärts und endigen frei auf dem Untergrunde der Kuppe; die Säulen sind also bogenförmig nach innen gekrümmt und besitzen zwei freie Enden. (Fig. 1 in B und C)

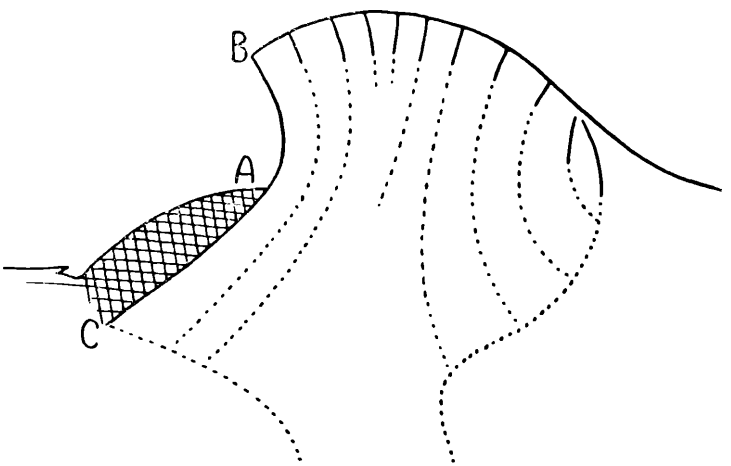


Fig. 1. Der Parkstein bei Weiden (schematisch).

Einen ähnlichen Verlauf zeigen die Säulen des Hirtsteins, einer Basaltkuppe bei Reitzenhain an der sächsisch-böhmischen Grenze. Herr Dr. Jahr sagt darüber (Naturw. Monatsschrift VII, 11): „Man erkennt in trefflicher und klarer Weise die hervorquellende und erstarrte Basaltmasse. In wunderbarer Gesetzmässigkeit strahlen die einzelnen Prismen radial von der Achse des vulkanischen Basaltkegels allseitig nach aussen; dabei ist die Ablagerung der sehr regelmässigen und langen Säulen in fast horizontaler Lage erfolgt, nicht wie gewöhnlich in vertikaler“ Diese Beschreibung, ebenso wie die von Herrn Dr. Jahr gebrauchte Bezeichnung „vulkanische Quellkuppe“ dürfte irreführend sein; denn alle Beobachtungen erweisen, dass die Ausbildung der Säulen mit der Richtung, in welcher das Magma sich ergoss, nichts zu tun hat; insbesondere wäre die Vorstellung falsch, dass etwa das Magma in Form von Strähnen sich ergossen habe, welche dann später zu Prismen

download www.zobodat.at

erstarrten. Die schematische Abbildung (Fig. 2) zeigt auch,

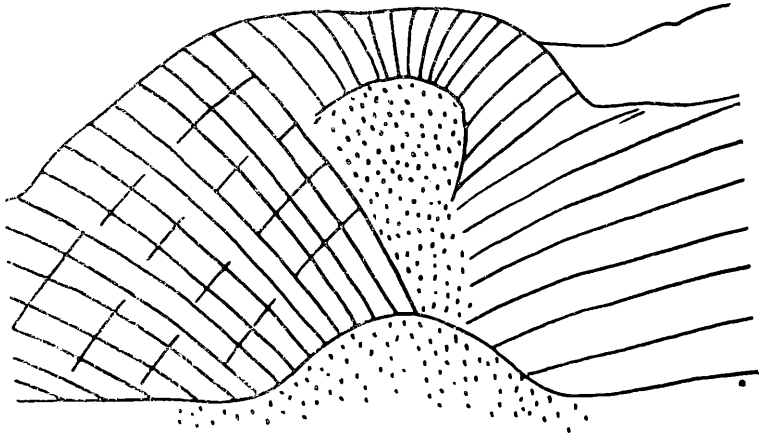


Fig. 2. Schematische Ansicht des durch einen Steinbruch teilweise aufgeschlossenen Hirtsteins.

dass die Prismen nicht radial von der Achse des Kegels ausstrahlen, sondern in schwach gekrümmten konvexen Bogen von innen nach aussen verlaufen.

Aus der Anordnung, welche die Säulen in den einzelnen Vorkommnissen zeigen, folgt, dass ihre Ausbildung stets in der Richtung erfolgte, in welcher die Abkühlung von aussen nach innen fortschritt, dass sie stets auf der jeweiligen Jsothermenfläche senkrecht stehen. Die Ansicht, dass durch die Abkühlung eines magmatischen Ergusses Spalten entstehen und eine Zerklüftung der Massen bewirkt wird, ist nicht neu; so führt auch Herr Spethmann (Gaea 45, 1) die Bildung der Gjaus, offener Spalten von oft beträchtlicher Länge, welche die Lavafelder Islands durchziehen, zum Teil auf Zerreissung infolge der Kontraktion des erkaltenden Schmelzflusses zurück. In unserem Falle handelt es sich aber darum, **den Mechanismus der Ausbildung sechseckiger Säulen bei der Abkühlung zu erklären.**

Als eine zähflüssige glühende Masse wurde der Basalt aus dem Erdinnern an die Oberfläche befördert, — zähflüssig, weil sonst niemals eine Kuppe sich hätte bilden können, da eine dünnflüssige Masse in der Richtung der Neigung des Geländes abfliesst. Durch Wärmeabgabe an die Luft und an die Umgebung trat dann eine Abkühlung und endlich eine Erstarrung des ursprünglich breiartigen Magmas ein, welche

download www.zobodat.at

an der Oberfläche begann und dann von aussen nach innen fortschritt, mit der Erstarrung aber auch eine Aenderung des Volumens. Die mit der Erstarrung eintretende Volumveränderung ist für verschiedene Körper nicht nur dem Grade, sondern auch der Art nach verschieden. Das Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus, Eis ist spezifisch leichter als Wasser; die meisten Metalle ziehen sich bei der Erstarrung zusammen, Eisen z. B. sehr beträchtlich, andere Metalle in geringerem Masse.

Das Erstarren eines magmatischen Ergusses ist nun sicherlich ein sehr komplizierter Vorgang, über welchen bisher nur wenig bekannt ist. Die Erstarrungs-Temperatur hängt vom Druck ab; das Gefüge und die kristallographische Struktur des entstandenen festen Körpers von der Geschwindigkeit, mit welcher die Erstarrung erfolgte und wohl auch vom Druck. Was den Basalt betrifft, so hat Roth festgestellt, dass Basalt bei rascher Abkühlung zu einer glasartigen Masse, bei sehr langsamer zu dem bekannten Basalt erstarrt; von Daubree und anderen wurde nachgewiesen, dass der erstarrte Basalt spezifisch schwerer ist als der flüssige. Demnach tritt beim Erstarren des basaltischen Magmas Kontraktion ein.

Bei genügender Abkühlung überzog sich also der Magmakuchen zuerst mit einer festen äusseren Rinde, welche infolge der mit der Erstarrung eintretenden Kontraktion kleiner als der innere flüssig bleibende Teil war; wegen der grossen Ausdehnung und wegen der sphärischen Form konnte sie sich als Ganzes nicht zusammen ziehen. Nunwaren zwei innere Kräfte vorhanden, welche auf einen Ausgleich hinwirken: einerseits die überall gleichmässig wirkende innere Spannung infolge der Volumverminderung, welche ein Zusammenziehen der ganzen Masse bewirken will, der nur durch Zerlegung des Ganzen in einzelne Teile genug getan werden kann — andererseits die Kohäsion, welche sich dieser Zerlegung und Spaltenbildung widersetzt.

Zur Veranschaulichung dieses Vorganges möge es gestattet sein, zwei Beispiele anzuführen: Glas ist spröde, d, h. die Verschiebbarkeit der einzelnen Teilchen, die möglich ist, ohne dass Kohäsion überwunden wird, also ein Zerspringen eintritt, ist gering; ausserdem ist Glas ein schlechter Wärmeleiter. Wird also eine Glasplatte an einer Stelle stark abgekühlt, so tritt an

download www.zobodat.at

dieser Stelle ein Zusammendrängen der Teilchen ein, in folge dessen eine beträchtliche Spannung, welche zu einer Trennung der Teilchen oder einem Bruch führt, der da eintritt, wo das Temperaturgefäll am grössten ist. Eisen aber ist zähe und dehnbar d. h. die kleinsten Teilchen lassen sich in verhältnissmässig beträchtlichen Grenzen gegen einander verschieben; ausserdem ist Eisen ein guter Wärmeleiter; durch Abkühlung einer erhitzten Eisenplatte an einer begrenzten Stelle wird daher für gewöhnlich keine Ueberwindung der Kohäsionskraft, keine Trennung der kleinsten Teilchen also auch kein Bruch entstehen.

Bei der Erstarrung des Magmas tritt aber die Abkühlung nicht an einer begrenzten Stelle, sondern an der ganzen Oberfläche auf; ferner ist mit der Abkühlung eine Aenderung des Aggregatzustandes verbunden, mit dieser aber eine sprunghafte Volumverminderung für ein verhältnismässig geringes Temperaturgefäll. Ferner ist Basalt ein spröder, aber dabei sehr fester Körper von beträchtlicher Kohäsion, so dass gewaltige Spannkräfte auftreten mussten. Den Vorgang der Abkühlung und Zerklüftung kann man sich dann folgendermassen vorstellen, wenn man zugleich der Einfachheit halber die erlaubte Annahme macht, dass der Basaltkörper im physikalischen Sinn homogen sei, eine ideale Oberfläche besitze und von einem Medium umgeben sei, das ebenfalls homogen u. überall von gleicher Temperatur ist, so dass also die Abkühlung des Basaltkuchens überall an seiner Oberfläche mit derselben Intensität zu gleicher Zeit eintritt. Es wird dann zunächst überall eine Erstarrungskruste auftreten; aus den oben angeführten Gründen muss diese durch die auftretenden Spannkräfte in Teile von solcher Grösse zerissen werden, dass in jedem einzelnen die gegenseitige Verschiebbarkeit der Teilchen hinreicht, um die notwendige Kontraktion zu ermöglichen; ein Untersinken der festgewordenen Teile in den noch flüssigen kann dabei trotz der Dichteverschiedenheit wegen des grossen Widerstandes des breiartigen Magmas nicht stattfinden. Weil zweitens die Masse homogen ist, so müssen alle entstehenden Stücke gleich gross sein; weil drittens die Spannkraft überall denselben Wert hat, so kann keine Richtung gegen eine andere bevorzugt sein, d. h. die Umgrenzungslinien der einzelnen Stücke müssen regelmässige Figuren bilden; weil endlich viertens die auftretenden Spannkräfte in Wirk-

download www.zobodat.at

samkeit treten, d. h. eine Auslösung hervorbringen, sobald es möglich ist, da sich sonst ein labiler Gleichgewichtszustand ausbilden würde, dessen längeres Bestehen eine Unmöglichkeit ist — die von der Spannkraft geleistete Arbeit aber der Länge der Spalte, auf welcher sie wirkte, proportional ist, so muss die Zerteilung des festen Kuchens in Stücke derart erfolgen, dass die geleistete Arbeit ein Minimum ist, oder dass der Umfang der unter sich gleich grossen regelmässig begrenzten Stücke möglichst klein ist.

Es entsteht also die mathematische Frage: welche regelmässige Figur hat bei gegebener Fläche den kleinsten Umfang? Es ist bekannt, dass es nur drei regelmässige Figuren gibt, mit denen man eine Ebene lückenlos bedecken kann, nämlich das regelmässige Dreieck, Viereck und Sechseck. Von diesen aber hat das Sechseck den kleinsten Umfang; denn wenn beispielsweise der Inhalt der Fläche 1 qm betragen soll, so ist

der Umfang des regelmässigen Dreiecks 4,559 m
„ „ „ Vierecks = 4,0 m
„ „ „ Sechsecks = 3,722 m

Es wird also die von den Spannkräften geleistete Arbeit dann ein Minimum, wenn der Kuchen in lauter regelmässig begrenzte sechseckige Stücke zerspringt; das innere Gleichgewicht ist dann auf dem einfachsten und kürzesten Wege erreicht.

Der hier dargelegte Vorgang ist nicht etwa nur möglich oder wahrscheinlich, sondern er ist eine notwendige Folge des allgemeinsten Naturgesetzes, das von Euler, Maupertuis, Gauss, Hamilton aufgestellten Prinzips der kleinsten Wirkung oder des geringsten Zwanges, welches besagt, dass jede Wirkung in der Natur stets von den Kräften auf dem kürzesten Wege oder in der kürzesten Zeit, immer aber mit dem geringsten Arbeitsaufwand erreicht wird. Wissenschaftlicher ausgedrückt: „Jedes Kraftsystem erstrebt einen Gleichgewichtszustand, der mit einem Minimum von Reaktionsenergie erreicht und aufrecht erhalten werden kann.“ In dem uns vorliegenden Falle erstreben die überall vorhandenen Spannkräfte den stabilen Gleichgewichtszustand, den sie durch ein Minimum von Arbeit dann erreichen, wenn die Summe der gebildeten Spalten ein Minimum ist.

Es verdient bemerkt zu werden, dass auch alle Betätigungen des Menschen nicht nur auf physisch-materiellem, son-

download www.zobodat.at

dern auch auf geistigem Gebiet bewusst oder unbewusst von dem Prinzip der kleinsten Wirkung beherrscht werden. Bei allem, was wir vernünftig schaffen, erstreben wir die Erreichung des Zieles mit dem geringsten Aufwand von Mitteln in der kürzesten Zeit und insbondere bedeutet jeder Fortschritt in der Technik weiter nichts als eine Veringerung des Aufwandes an Mitteln, an Arbeit oder an Zeit. Das Prinzip der kleinsten Wirkung ist die Seele der Technik.—

Nun ist es auch möglich, den oben geschilderten Vorgang etwas anders in exakterer Weise darzustellen. Wenn man sich vorstellt, dass ein deckenförmiger Körper, zwischen dessen Teilchen Kontraktionskräfte wirken, durch irgend eine Spalte geteilt werde und dann nur die Spannkräfte betrachtet, welche in der zur Spalte senkrechten Richtung wirken, so sieht man, dass diese an den Spalten gleich Null sind, dann aber mit der Entfernung von der Spalte zunehmen, bis in einer bestimmten Entfernung die Spannung wieder gleich der Festigkeit ist; in dieser Entfernung müsste dann eine der ersten parallele Spalte entstehen. Ferner wurde mir von geschätzter Seite mitgeteilt, dass, wenn man in einen aus homogenemStoff hergestellten kugelförmigen Luftballon Luft einpresst, wodurch ja auch in der Hülle Spannkräfte entstehen und zwar solange, bis die Festigkeit überschritten wird, dass dann immer drei von einem Punkt ausgehende Risslinien auftreten, von denen jede mit den beiden anderen einen Winkel von 120 Grad bildet — wie es nach dem Prinzip der kleinsten Wirkung geschehen muss. Denkt man sich nun eine in Spannung befindliche Decke, so wird der labile Gleichgewichtszustand zunächst irgendwo durch drei derartige von einem Punkte ausgehende Risse aufgehoben; zu diesen entstehen nach dem oben gesagten parallele Risslinien in dem Abstande, in welcher die Spannung wieder gleich der Festigkeit ist; durch dieses System von Linien wird die ganze Fläche oder Decke in lauter regelmässige gleich grosse Sechsecke zerlegt. Das Resultat dieser Betrachtung ist also wieder dasselbe wie oben.

Durch die hier entwickelte Hypothese ist man nun in den Stand gesetzt, alle Erscheinungen, welche man an Basaltergüssen wahrnimmt, in der Hauptsache zu erklären. Denn wenn einmal auf obige Weise eine Zerteilung der oberflächlichen Erstarrungskruste in lauter regelmässige Sechsecke erfolgt ist,

download www.zobodat.at

so werden sich bei fortschreitender Abkühlung und Erstarrung die ursprünglich gebildeten Risse und Spalten von aussen nach innen verlängern und das wird um so leichter geschehen, weil es bekanntlich eines viel geringeren Arbeitsaufwandes bedarf, um eine schon vorgebildete Spalte zu verlängern, als eine neue zu bilden. Aus den sechsseitig begrenzten Flächen werden so sechsseitige Säulen und Prismen, welche im Allgemeinen in der Richtung des Temperaturgefälls sich erstrecken, so dass die Säulenrichtung stets auf der Isothermenfläche senkrecht steht. Bei sehr mächtigen deckenartigen Basaltergüssen wird die Abkühlung und Erstarrung in der obersten horizontalen Schicht beginnen und nach unten fortschreiten — die Säulen stehen demnach vertikal; erfüllte der Erguss verhältnissmässig enge Spalten, so erfolgte die Abkühlung gleichmässig von beiden Seiten, die Säulen liegen also neben- und aufeinander wie die Scheiter eines Holzstosses; war endlich der Erguss kuppenförmig, der Kugelform sich nähernd, so schritt die Abkühlung von allen Seiten nach innen hin fort, von oben vielleicht etwas rascher als von unten — die Säulen laufen daher überall von Aussen nach Innen, sie sind gekrümmt mit zwei freien Enden, im unteren und inneren Teil meilerförmig geschichtet.

Die Grösse des Querschnittes der Säulen hängt von den physikalischen Eigenschaften des basaltischen Ergusses ab; je geringer die Volumverminderung beim Vorgang des Erstarrens, je geringer die Sprödigkeit, je grösser die Elastizität des entstehenden festen Körpers ist, desto grösser ist der Querschnitt der Säulen. Die einzelnen Basaltergüsse zeigen unter einander nicht unbeträchtliche chemische und mineralogische, also auch physikalische Unterschiede; im Einklang damit zeigt die Beobachtung, dass zwar die mittlere Querschnittsgrösse für die Säulen ein und desselben Ergusses, der ja überall von derselben chemischen und physikalischen Beschaffenheit ist, stets konstant, für verschiedene Ergüsse aber recht verschieden ist. Deckenförmige Basaltlager wurden häufig nicht durch einen, sondern durch mehrere auf einander folgende Ergüsse gebildet, die übereinander hinflossen; dem entsprechend beobachtet man häufig mehrere aufeinander befindliche Lager von vertikalen Säulen, in welchen die Dimensionen der Querschnitte beträchtlich variieren.

download www.zobodat.at

In kuppenförmigen Basaltergüssen ist der Säulenquerschnitt erfahrungsgemäss in der Regel beträchtlich kleiner als in Lagern; man erkennt die Notwendigkeit dieser Tatsache, wenn man bedenkt, dass in einer Kuppe wie in einem Gewölbe die Spannung grösser sein muss, als in einer horizontalen Decke, die Kohässionskräfte daher eher oder auf einer kürzeren Strecke überwunden werden mussten.—

Indess erfolgt die regelmässige Ausbildung der Basaltsäulen keineswegs unter allen Umständen mit der Notwendigkeit eines Naturgesetzes, wie etwa die Bildung eines Kristalls, sondern sie ist gewissermassen ein Gelegenheits- und Zufallsprodukt bei Abwesenheit irgend welcher anderer gestaltbestimmenden Kräfte, wenn die Abkühlung überall gleichmässig und ungestört vor sich gehen konnte; jede irgend wie eintretende Ursache musste die Ausbildung regelmässiger Säulen stören. In der Tat beobachtet man eigentlich so oft wie nie vollkommen regelmässige Säulen. Denn durch die unvermeidliche Inhomogenität des geschmolzenen Magmas musste die Ausbildung der einzelnen Säulen leiden; so wurden die Kanten verbogen, die Flächenwinkel geändert, die Flächen selbst gegen einander verschoben, aus der sechsseitigen Säule wird stellenweis eine fünf- bis dreiseitige, eine Platte. Ferner konnte wegen unvermeidlicher abwechselnder Eigenschaften der Decke schon von vorne herein nicht eine ideale Abkühlungsfläche entstehen; wir vermissen daher eine mathematisch regelmässige Uebereinstimmung der einzelnen Säulen-Individuen. Durch ganz unkontrollierbare von aussen wirkende Ursachen, durch örtlich begrenzte unregelmässige Einwirkungen des Nebengesteins auf die Abkühlung könnten sehr beträchtliche und höchst auffallende Unregelmässigkeiten in der Entstehung u. Ausbildung der Säulenschicht eintreten. So bildete Humboldt eine Basaltlandschaft vom Reglafluss in Mexiko ab, in welcher die vertikale Säulenaufstellung an mehreren Stellen plötzlich von einem Bündel schiefer Basaltsäulen durchbrochen ist, ein Bild, das allerdings die Vorstellung eines Kristallisationsprozesses hervorrufen musste. Wie überall in der Natur, so ist auch in dem vorliegenden Fall das Endphänomen nicht durch die Wirkung einer einzigen Naturkraft entstanden, sondern es ist die Resultierende einer ganzen Anzahl mit und gegeneinander wirkenden Ursachen.—

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Regensburg

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Lagally M.

Artikel/Article: Ueber die Absonderungsformen der Basalte 196-206