5. Beiträge zur Theorie der Erdbeben.

Von Herrn Fr. Pfaff in Erlangen.

Hierzu Tafel X.

Dass die Ausbildung und Entwicklung unsrer Erdrinde von jeher nach denselben chemischen und physikalischen Gesetzen erfolgt sei, die noch jetzt ihre Geltung haben, ist einer der wenigen Sätze, über den die Geologen aller Schulen einverstanden sind. So wie es sich aber darum handelt, sie nun zur Erklärung der vorliegenden Erscheinungen anzuwenden, gehen die verschiedenen Meinungen in sehr vielen Fällen weit auseinander. Der hauptsächlichste Grund dieser unerfreulichen Thatsache möchte wohl darin zu suchen sein, dass dem Geologen der Weg, auf dem man sich am leichtesten Sicherheit in andern Gebieten der Naturwissenschaften verschafft, der Weg des Experimentes verschlossen ist. Theils steht uns nicht die lange Zeit zu Gebote, welche die Natur zu ihren Bildungen verwandte, theils nicht die Mengen an Kräften und Stoffen, mit welchen sie wirken konnte, und in Beziehung auf die physikalischen Verhältnisse kommt noch hinzu die Unsicherheit unsrer Kenntnisse über die unter der Erdrinde in der Tiefe gelagerten Massen.

So bleibt dann eben in vielen Fällen dem Geologen nichts übrig, als zu Hypothesen seine Zuflucht zu nehmen, und die Erscheinungen immer genauer zu untersuchen und zu prüfen, ob sie mit der zu ihrer Erklärung aufgestellten Hypothese sämmtlich zusammenstimmen oder nicht.

Die Erdbeben gehören mit zu denjenigen Erscheinungen, welche eine vollständige Erklärung aller dabei stattfindenden Vorgänge noch immer nicht sicher gefunden haben, und es möchte daher auch der kleinste Beitrag zur Aufhellung der noch dunkeln Punkte, oder auch nur eine erneute Besprechung derselben von neuen Gesichtspunkten aus nicht ganz überflüssig erscheinen.

Wir wollen zunächst ganz absehen von der Frage nach der Ursache der Erschütterungen der Erdrinde und uns zunächst

einfach die physikalischen Gesetze vergegenwärtigen, die wir zur Erklärung jener anwenden müssen. Wir wollen dabei gesondert betrachten die Art der Fortpflanzung und die Stärke derselben, und dann sehen, welche Folgerungen wir daraus über den Sitz und die Ursachen der Erdbeben ziehen können.

1) Die Art der Fortpflanzung der Erschütterungen.

Wenn ein homogener elastischer Körper an irgend einem Punkte, aus welcher Veranlassung es auch sei, einen Stoss erleidet, so erhalten die zunächst getroffenen Theilchen eine Bewegung, die sich von da nach allen Seiten gleichmässig wellenförmig fortpflanzt, so dass alle auf einer Kugelschale um den Erschütterungspunkt gelegenen Theilchen des Körpers sich stets in gleichen Zuständen der Ruhe oder Bewegung, in gleichen Schwingungsphasen befinden. Wäre also z. B. Fig. 1. ein Durchschnitt durch eine Kugel, die in *a* eine Erschütterung erfahren, so würden alle auf den Kreisen *bb'*, dann *cc'*, *dd'* u. s. f. gelegenen Theilchen gleichzeitig von der nach allen Seiten sich fortpflanzenden Bewegung betroffen.

Ist der Körper nicht homogen, die Elastizität ungleich, so pflanzt sich auch die Erschütterung ungleich fort, rascher in der Richtung der stärkeren, langsamer in der Richtung der geringeren Elastizität.

2) Die Stärke des Stosses.

Diese ist — abgesehen von der Verschiedenheit der Stärke des ersten Anstosses — wesentlich abhängig zunächst von der Entfernung der fraglichen Stelle von dem Ausgangspunkte der Erschütterung, zweitens von dem Winkel, unter dem verschiedene Flächen von der fortschreitenden Welle getroffen werden. Bei vollkommen elastischen Körpern geht von der Summe der Kräfte, welche die Erschütterung hervorriefen, nichts verloren, die Summe derselben ist auf der Kugelschale vom Halbmesser *af* (Fig. 1.) genau so gross, als auf der vom Halbmesser *ah* oder *ab*. Da sich aber Kugelflächen verhalten wie die Quadrate ihrer Halbmesser, so verhält sich die Stärke des Stosses in *b* zu der in *h*, wie $ah^2 : ab^2$, d. h. die Stärke des Stosses nimmt ab nach dem Quadrate der Entfernungen von dem Erschütterungsmittelpunkte.

Was nun die Abhängigkeit der Stärke des Stosses von dem

Winkel betrifft, unter dem ein beliebiger Punkt getroffen wird, so giebt uns Fig. 3. hierüber Aufschluss. Es sei *a* der Erschütterungsmittelpunkt, *bi* ein Theil der Oberfläche des erschütterten Körpers, so geben uns die Linien *ab*, *ac*, *ad*, ...*ai* mit der Oberfläche *bi* den Winkel an, unter welchem die Wellen von den genannten Radien die Punkte *b*, *c*, *d*...*i* treffen. Die Kraft, mit welcher dies geschieht, können wir nur nach dem bekannten Lehrsatze über das Parallelogramm der Kräfte zerlegen in 2, deren Richtung und Verhältniss uns die Linien *s"t"*:*t"i*, *s't'*:*t'h*, ...*st*:*td* angeben. Die eine dieser Kräfte geht der Oberfläche parallel, ihre Wirkung ist daher gleich Null, und nur der Theil *s"t"*, *s't'*... bleibt wirksam. Die Linien *s"t*:*t"i*...*st*:*td* stehen aber überall im Verhältniss von *sin*:*cos* des fraglichen Winkels. Wir können also sagen, die Wirkungen des Stosses an beliebigen Punkten verhalten sich unter sonst gleichen Umständen wie die Sinuse der Winkel, unter denen sie getroffen werden.

Ist der Körper unvollkommen elastisch, so wird dadurch eine weitere Schwächung in der Fortpflanzung der Erschütterungen hervorgerufen; eben so ist dies der Fall, wenn der Körper nicht homogen und aus verschiedenartigen Schichten besteht. So oft die Erschütterung von einem Medium in das andere, von einer Schichte in die andere übergeht, erfolgt an der Grenze der ersteren eine rückschreitende Wellenbewegung und eine Schwächung der fortschreitenden. Es ist jedoch nicht möglich, eine allgemein gültige mathematische Formel hiefür aufzustellen, nach welcher diese Schwächung erfolgte.

Nach Vorausschickung dieser Sätze der Mechanik gehen wir nun zu einer Besprechung der mechanischen Verhältnisse der Erdbeben über. Es wird sich dabei zeigen, welchen Gewinn wir von der genauen Anwendung dieser Sätze für Beantwortung mancher Fragen haben und auf welche Punkte besonders zu achten sein dürfte, um noch weitere Aufklärungen durch die Beobachtung zu gewinnen.

Die erste Frage, die sich uns darbietet, ist die: in welcher Tiefe unter der Erdrinde wir wohl den Ausgangspunkt der Erschütterung anzunehmen haben?

Zur Beantwortung derselben wollen wir uns einmal mit Hülfe der 3 Figuren (Taf. 1.) die Folgen verschiedener Tiefenannahmen vor Augen führen und dann untersuchen, welche dieser Annahmen am besten den wirklich beobachteten Erscheinungen entspricht.

Wir wollen einmal annehmen, der Erschütterungspunkt *a* (Fig. 1.) sei $\frac{1}{8}$ des Radius vom Centrum *C* entfernt, es entspräche das bei der Erde einer Tiefe von 115 g. M. unter der Oberfläche. Ziehen wir nun nach den Punkten *b*, *c*, *d*, *e*, *f*... Linien von *a* aus und mit denselben die punktirten Bögen, so ergiebt sich zunächst folgendes, was uns die Annahme einer so bedeutenden Tiefe für den ursprünglichen Erschütterungsmittelpunkt als unhaltbar erscheinen lässt.

Was zunächst die Schnelligkeit der Fortpflanzung an der Oberfläche betrifft, so ist klar, dass die Welle auf derselben in derselben Zeit von *b* nach *c* schreitet, als sie von *x* nach *c* sich fortbewegt, da sie in *b* und *x* zu gleicher Zeit angelangt ist. Der Bogen *bc* ist aber etwas mehr als dreimal länger, als *xc*, so dass also demnach an der Oberfläche zwischen *b* und *c* die Schnelligkeit dreimal grösser erscheint, als sie sich der Elastizität des Gesteines nach in der Richtung der verschiedenen Radien *ab*, *ac*, *ad*... fortpflanzt. Ich komme später auf diesen Punkt noch einmal zurück, bemerke hier jedoch nur vorläufig, dass nach meinen Untersuchungen über die Elastizität der Gesteine, die ich dann mittheilen werde, eine solche Schnelligkeit noch nicht beobachtet worden ist.

Aber auch wenn wir die Wirkungen des Stosses an der Oberfläche unter obiger Tiefenannahme ins Auge fassen, kommen wir zu demselben Resultate.

Vergegenwärtigen wir uns nämlich die oben kurz entwickelten Gesetze über die Schwächung des Stosses, so sehen wir sogleich, dass je tiefer der Erschütterungsmittelpunkt angenommen wird, desto langsamer die Abnahme der Heftigkeit der Wirkungen an der Oberfläche erfolgen muss, und eben so, dass das Erschütterungsgebiet an der Oberfläche um so grösser sein muss, je tiefer hinein wir den Punkt *a* verlegt denken. Denn je tiefer *a* liegt, desto geringer wird 1) die Differenz der Entfernungen der Oberflächenpunkte *b*, *c*, *d*... von *a*, desto geringer 2) die Aenderung des Winkels, den die Radien *ac*, *ad*, *ae*... mit den Tangenten der Punkte *c*, *d*, *e*... bilden. Die Punkte *d* und *v* (Fig. 2.) z. B. sind 20 Grade, d. i. 300 g. M. von einander entfernt, *d* ist aber noch nicht doppelt so weit von *a* entfernt als *b*, und der Winkel, den *ad* oder *av* mit ihren Tangenten bilden, ist immer noch ein so beträchtlicher, also auch der Sinus

desselben, der uns den an der Oberfläche noch wirksamen Theil des Stosses erkennen lässt, ein so wenig von dem Radius *ab* abweichender, dass auch die Gewalt der Erschütterung in *d* und *v* nicht sehr stark von der in *b* verschieden sein könnte. Bei einer solchen Tiefe würden wir daher nur Erdbeben von bedeutendem Umfange des Erschütterungsgebietes und von einer sehr langsamen Abnahme der Heftigkeit der Wirkungen erwarten dürfen. Kleine, nur auf wenige Meilen sich bemerkbar machende sind mit einer solchen Tiefenannahme nicht zu vereinigen.

Wir wollen nun aber auch das andre Extrem ins Auge fassen, den Sitz der Erschütterung nahe an die Oberfläche der Erde verlegt denken, etwa nach *A* in Fig. 3., das nach dem Maassstabe dieser Figur 11 bis 12,000 Fuss Tiefe entspricht.*) Die Linien *Ac*, *Ad*, *Ae*... geben uns dann in ähnlicher Weise die Radien der Erschütterungskreise. Sie zeigen uns, dass unter dieser Voraussetzung eine ungemein rasche Abnahme der Heftigkeit des Stosses stattfinden muss, indem die Länge der Radien in eben so raschem Zunehmen wie die Winkel der Radien mit der Oberfläche im Abnehmen begriffen sind. In der Entfernung von einem halben Grad von *b* in *d* ist z. B. der wirksame Theil des Stosses nur noch durch die kaum mehr zu zeichnende Linie von *x* nach *Ad* gezogen dargestellt, wenn in *b* die Linie *Ab* diesen Theil der Wirkung darstellt. Die Abnahme der Stärke lässt sich leicht berechnen, sowohl die, welche durch die wachsende Entfernung als die, welche durch die Abnahme des Sinus hervorgerufen wird, sie beträgt, kein weiteres Hemmungsmoment vorausgesetzt, in der Entfernung von einem Grad ziemlich genau 0,0003 der in *b* angenommenen. Da aber alle genauen Messungen über die Stärke des Stosses an verschiedenen Punkten bis jetzt fehlen, so hat es weiter kein Interesse, diese Rechnung fortzusetzen; auch darüber übrigens weiter unten noch einige Worte.

Mit der Voraussetzung einer so geringen Tiefe lassen sich nun zwar die kleinen, nur auf geringe Strecken fortgeleiteten Erdbeben erklären, unmöglich aber die grossen über Hunderte von Meilen sich erstreckenden.

---

*) In derselben ist nämlich *bi* mit einem Radius von 1720 Linien gezogen, *bi* umfasst 3 Grad, auf eine g. Meile kommen daher 2 Linien Länge.

Fassen wir das bisher Besprochene ins Auge, so möchte es als das natürlichste erscheinen, für verschiedene Erdbeben auch verschiedene Tiefen des Erschütterungsmittelpunktes anzunehmen, für solche mit einem geringen Erschütterungsgebiete denselben in geringere Tiefe, für die mit bedeutendem Erschütterungsbezirke auch in bedeutendere Entfernung unter die Oberfläche zu versetzen.

Ehe wir die Frage nach der Ursache der Erdbeben noch einmal besprechen, möchte ich auf zwei Punkte hinweisen, deren Erledigung durch die Beobachtung möglich und von grosser Wichtigkeit für die Theorie der Erdbeben wäre, insbesondere für die bisher behandelte Frage nach der Ursprungsstelle der Erschütterungen. Der eine betrifft die Zeitbestimmungen über die Fortpflanzuug der Erdbeben, der andre die Stärke des Stosses an verschiedenen Punkten.

Vergleichen wir nämlich die Figuren 1. 2. 3. mit einander, so sehen wir, dass ohne Ausnahme bei allen Erderschütterungen aus der Tiefe die Schnelligkeit der Fortleitung an der Oberfläche eine ungleiche sein muss, am raschesten von *b* aus sich fortpflanzt, allmälig aber langsamer und gleichmässiger wird. Je tiefer nun der Sitz des Erdbebens angenommen wird, desto bedeutender und länger macht sich diese Ungleichheit geltend, wie man deutlich sieht, wenn man Fig. 1. und 3. mit einander vergleicht. In Fig. 1. nämlich sind die Radien *ab*, *ac*, *ad*... stets um ein gleiches Stück länger genommen, woraus wir sehen, dass in derselben Zeit an der Oberfläche von dem zuerst getroffenen Punkte *b* aus die Bewegung bis *c* fortschreitet, die sie verbraucht, um von *c* nach *d*, von *d* nach *e*, von *e* nach *f* sich fortzupflanzen. Umgekehrt dagegen sieht man in Fig. 3., dass die nach den stets um gleiche Entfernungen ($\frac{1}{2}$ Grad) von einander entlegenen Punkten gezogenen Radien *ab*, *ad*, *ae*... schon von *d* an kaum merklich an Länge verschieden sind.

Es wären daher in dieser Beziehung bis auf Sekunden genaue Zeitbestimmungen über das Eintreten der Erdbeben an verschiedenen Orten von grosser Wichtigkeit. Sie könnten freilich nur dadurch erreicht werden, dass ganz genau gehende Uhren durch die Erschütterung selbst zum Stillstand gebracht, oder wenigstens Zeichen hervorgebracht würden, die auch nach dem Erdbeben noch eine genaue Zeitbestimmung zuliessen.

Man hat bisher die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erd-

beben nur bei den grösseren zu bestimmen gesucht, und wenn man die Ungleichheit im Gange der gewöhnlichen Uhren selbst auf einem kleinen Bezirke erwägt, so darf man nicht erwarten, besonders zuverlässige Resultate ausser bei den am weitesten verbreiteten Erdbeben zu erhalten. Die auf diese Weise gefundenen Zahlen schwanken zwischen 1376 p. Fuss (das rheinische Erdbeben von 1846) und 2724 p. Fuss in der Sekunde (das grosse nordamerikanische von 1811). Es schien mir deshalb nicht unwichtig, die Elasticität der Gesteine direct zu untersuchen. Bekanntlich ist das genau möglich, wenn man stabförmige Stücke eines Körpers in Längsschwingungen versetzt und die Tonhöhe derselben bestimmt. Ich habe bis jetzt auf diese Weise ein granitisches Gestein, Thonschiefer und Kalkstein (von einer Solenhofer Platte) untersucht. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben fand ich, die des Schalles in der Luft zu 1024 Fuss angenommen, für ersteres 1660 Fuss, für den Kalkstein 1683 Fuss, für den Thonschiefer 2268 Fuss, also Zahlen, die so gut, als man es nur erwarten kann, mit den oben angegebenen, so wie mit den aus den Sprengversuchen Mallet's resultirenden übereinstimmen.

Was den zweiten der oben berührten Punkte betrifft, die Abnahme der Stärke der Erschütterung, so ist ebenfalls aus der Betrachtung der Figuren und des darüber Gesagten klar, wie Messungen derselben von noch grösserer Bedeutung für die Erdbebentheorie wären als die Zeitbestimmungen über die Fortpflanzung. Ich glaube, dass sich unter gleichen Verhältnissen an verschiedenen Orten der Erdbebenbezirke passend aufgehängte Pendel oder Fühlhebel zu solchen Messungen eignen dürften. Aus dem Gesetze, nach welchem die Abnahme erfolgt, liessen sich gewiss auch interessante Rückschlüsse auf den Sitz des Erschütterungscentrums machen.

Was nun die Ursache der Erschütterungen anbelangt, so hat man so ziemlich allgemein angenommen, dass es die im Innern der Erde durch die dort herrschende hohe Temperatur erhitzten Dämpfe und Gase seien, welche durch ihre Ausdehnung bei plötzlichem Ueberwinden ihnen entgegenstehender Hindernisse dieselben in der Erdrinde hervorbrächten. Wenn man alle Erscheinungen der Erdbeben in den verschiedensten Ländern, so weit sie bis jetzt bekannt sind, ins Auge fasst, namentlich die dabei auftretenden plötzlichen Hebungen, so wird man in der

That eben immer zu einer solchen von unten nach oben drängenden Kraft seine Zuflucht nehmen. womit übrigens die Möglichkeit nicht ausgeschlossen sein soll, dass auch auf andere Weise, z. B. durch unterirdische Einstürze, Erderschütterungen entstehen können.

Ich würde kein Wort weiter über die Ursache der Erdbeben hinzugefügt haben, wenn nicht neuerdings wieder diese Theorie von Herrn O. VOLGER in einer Weise angegriffen worden wäre, die eine gelegentliche Zurückweisung um so mehr erfordert, als er sich nicht gescheut, in einer Weise über die ganze jetzige Geologie zu sprechen und abzuurtheilen, wie er sie zu seiner eigenen Ehre besser unterlassen hätte. Bei seiner ganzen Polemik und in Allem, was er über diesen Gegenstand geschrieben, hat er zwar sehr viel behauptet, aber wenig bewiesen ausser seiner Unfähigkeit in diesen Dingen ein Urtheil abzugeben, diese aber auch gründlich.

Oder wäre, von anderem noch zu Erörterndem abgesehen, das zuviel gesagt, wenn man bedenkt, dass Herr VOLGER bei seinen Betrachtungen über die Fortpflanzung der Erschütterungen im festen Gestein aller Mechanik zum Trotz einfach von der Behauptung ausgeht, dass sich diese ganz nach den Gesetzen der Wellenbewegung in flüssigen Körpern fortpflanzen? Doch noch ein weiteres Beispiel.

Herr VOLGER hat einen Fund gethan, er hat ein grosses Räthsel gefunden. Er hat nämlich entdeckt, dass unmöglich im Innern der Erde erhitzte Dämpfe und Gase Erschütterungen der Oberfläche hervorrufen könnten, denn, sagt er pag. 372 seines Werkes: Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz: „Wo das Wasser den Weg hineinfindet, da findet es ihn, sei es als Quell oder als Dampf, auch wieder heraus. Das Wasser, welches in die Tiefe des Erdbodens eindringt, befindet sich hier keineswegs unter dem Gebirgsdrucke, sondern vielmehr blos unter dem Drucke einer entsprechenden Wassersäule. Der gebildete Dampf hat somit nicht etwa zu warten, bis er die Macht gewinnt, um den Gebirgsdruck zu überwinden, sondern er kann sich befreien und muss sich befreien, sobald seine Spannkraft der Wassersäule gewachsen ist, welche auf ihm lastet, und diese ist höchstens $\frac{2}{5}$ so schwer als die Gebirgsdecke."

Herr VOLGER fragt dann: „Haben denn die Plutonisten

gar keine Ahnung von der Albernheit, welche sie in einer solchen Theorie begehen?" Den Grund davon findet er in der unter den Geologen grassirenden Gedankenlosigkeit. Ein jeder Geolog dagegen wird fragen: Hat denn Herr VOLGER gar keine Ahnung von der Albernheit, die er in diesen seinen Einwürfen begeht, und wird den Grund davon in der bei ihm grassirenden Gedankenlosigkeit finden, für die sich noch manche Proben anführen lassen.

Das ganze Problem, das Herrn VOLGER zu lösen nicht gelungen, ist ein höchst einfaches; es handelt sich nämlich um weiter nichts, als eine solche Anordnung in der Lagerung der Felsmassen anzunehmen, dass diese selbst einen geringeren Widerstand den unter ihnen erhitzten Dämpfen darbieten, als der Druck einer Wassersäule von diesen an bis an die Oberfläche der Erde. Der Möglichkeiten giebt es hier mancherlei, einige derselben mögen die Figuren 4, 5, 6 veranschaulichen. Fig. 4. zeigt zunächst schematisch, in welchem Falle unter allen Umständen, d. h. bei jeder beliebigen Dickenannahme der Druck der Wassersäule ein höherer sein muss, als der der Gebirgsmasse, nämlich dann, wenn die Neigung der Schichten mehr als 66 Grad beträgt, d. h. eben wenn die Höhe der Wassersäule cb $\frac{5}{2}$ Mal grösser ist, als ab, die Dicke der Schichten, da stets $cb:ab$ = Radius:Cosinus des Neigungsmittels der Schicht und dieses Verhältniss bei 66 Grad wie $\frac{5}{2}:1$ ist, bei grösserer Neigung der Schichten in seinem ersten Gliede noch mehr steigt. Eben so sieht man leicht, dass in Fig. 5. wieder die Wassersäule w einen grösseren Widerstand leistet, als die Schichten a, so wie wir annehmen, dass eben das Wasser ww zwischen den Schichtenflächen b in die Tiefe herabsinkt. Eine dritte Möglichkeit stellt Fig. 6. dar. So wie wir nämlich hier und da Hohlräume zwischen den einzelnen Abtheilungen der Erdrinde annehmen, so ist offenbar, dass sich der Druck der einzelnen Massen a, b, c, d nicht summirt, sondern dass immer nur der jeder Abtheilung für sich zu überwinden ist, während der Druck der Wassersäule wieder ein bedeutend höherer sein wird. In den 3 Figuren bedeutet H Hohlräume.

Die angeführten Beispiele, die sich noch in mancherlei Modificationen vervielfältigen liessen, mögen die Möglichkeit zeigen, dass eben in der That doch von aussen eindringendes Wasser

im Innern der Erde sich in Dampf verwandeln und Theile der Erdrinde bewegen kann.

Ich könnte hier füglich schliessen, will aber doch noch zur Begründung meines oben ausgesprochenen Urtheils über Herrn Volger noch einige weitere Belege mittheilen, die seine Gebirgsbildungstheorie uns liefern soll.

Jede Schicht, welche von andern überlagert wird, unterliegt nach ihm mechanischen Veränderungen durch zweierlei Momente. Durch den blossen Druck „muss jede nothwendig krystallinische Umsetzungen ihrer Bestandtheile erleiden. Die Krystallindividuen... aus welchen die Schicht, oder wenigstens ein Theil ihrer Masse besteht, können unmöglich die nämlichen bleiben, während der Druck, welchem die Schicht ausgesetzt ist, sich fort und fort ändert.... Die bei der Umkrystallisation des Gesteins sich bildenden Individuen werden in ersterer Dimension (in der Richtung der Dicke der Schicht wegen des hier auf ihnen lastenden Druckes) minder wachsen als in letzteren (den auf der Dicke senkrechten Richtungen, also Länge und Breite), das Gesammtresultat wird sein, dass die Schicht dünner, dafür aber breiter und länger wird; sie wird sich verhalten, wie ein bildsamer Teig, welcher einer Belastung ausgesetzt ist. Ich nenne diesen Vorgang die Streckung der Schichten." *)

Ein zweites Moment tritt bei den Schichten hinzu, welche, unter anderen gelegen, einer Infiltration unterworfen sind, durch welche chemische Processe eingeleitet werden. Tritt dabei eine Volumvermehrung durch Wachsthum der Krystalle ein, so „summirt sich in der Richtung der Dicke der Schicht nur die Wirkung von unverhältnissmässig wenigen Krystallen im Vergleich zu der ungeheuren Anzahl, deren Wirkung in den Dimensionen der Länge und Breite sich geltend macht. Der nothwendige Erfolg ist, dass die Zunahme hauptsächlich diesen letztern Dimensionen zu Gute kommt.... Dass die Gebirgsschichten in den Richtungen der Breite und Länge sich im Laufe der Zeiten ausdehnen müssen, davon überzeugt man sich durch die Betrachtung der Bedingungen, unter welchen sich dieselben dem allergrössten Theil nach fortwährend befinden...." „Als Beweise hierfür scheinen mir unausweichlich gelten zu müssen die mannichfaltigen wellenförmigen Biegungen und Fältelungen der Schichten... Der-

*) a. a. O. II, 31. f.

artige Biegungen im grössten Maassstabe sind die Faltungen der Schichten, welche die Unebenheiten der Erdoberfläche bedingen, die Sättel und Loben der Gebirgsmulden. Meine Erklärung der Hebungen ist hiermit gegeben..." Wir bedürfen, nachdem wir so die Faltungen der Schichten als nothwendiges Ergebniss des Wachsthumes der letzteren erkannt haben, keiner weiteren Erklärung für die Entstehung der Gebirge... Es genügt, bewiesen zu haben, dass fort und fort, so lange es regnet, so lange die Flüsse fliessen, und so lange Seen und Meere einen Theil der Erdoberfläche bedecken, Berge wachsen müssen."

Wir wollen uns bei der „Streckung" der Schichten nicht aufhalten; es genüge zu bemerken, dass man sich vergeblich nach einem Beweis für die verschiedenen dabei aufgestellten Behauptungen umsieht. Herr Volger braucht es zu seiner Theorie, darum muss jede Schicht, die von andern überlagert ist, sich umkrystallisiren, sich strecken. Es darf uns das nicht zu sehr wundern; wenn wir im III. Bande lesen, dass sich die Gesteine wie die Flüssigkeiten bei Erschütterungen verhalten, so ist es natürlich, dass sie im II. sich wie ein bildsamer Teig verhalten. Den Protest, den jeder offen bleibende Stollen in der Tiefe der Bergwerke erhebt, der aus jeder nicht ausgefüllten Kammer der Ammoniten des Lias z. B., seit Jahrtausenden vom braunen und weissen Jura überlagert, hervorklingt, wie so manche andre ähnliche Proteste, an die denkt Herr Volger nicht.

Gehen wir nun auch zu dem zweiten Theil seiner Theorie, so lässt sich dieselbe kurz so ausdrücken. Die aus höheren Schichten nach tieferen geführten Bestandtheile bilden hier Krystalle, und diese wirken wie Keile, indem sie, um den nothwendigen Raum zum Krystallisiren zu gewinnen, auf ihre Umgebung einen Druck ausüben, der sich am leichtesten in der Richtung der Länge und Breite geltend macht, weil nach der Dicke der Schichten weniger Krystalle sich bilden, und der Druck der höheren eine Ausdehnung hindert. So entstehen denn auch Faltungen und Hebungen.

Aber an wie viel hat Herr Volger hier wieder nicht gedacht!

Wir wollen einmal zugeben, alle Schichten verhielten sich wie ein bildsamer Teig, etwa wie plastischer Thon, so ist es leicht im Kleinen durch ein Experiment zu zeigen, was hier alles eintreten muss, wenn man die Voraussetzungen Volger's

gelten lässt. Wir legen eine aus verschiedenen Lagen gebildete Thonmasse auf eine ebene Unterlage, darüber ein Brett und beschweren dieses; wir bemerken dann allerdings eine Streckung des Thones, aber wohlgemerkt nur, wenn die Unterlage nicht mit Seitenwänden versehen ist; nehmen wir einen mit festen Wänden versehenen Kasten, so dürfen wir den Thon beschweren, wie wir wollen, mit der Streckung hat es ein Ende; eine Streckung der Schichten ist also auch nur da möglich, wo sie frei zu Tage gehen, nicht an anderen abstossen.

Wir lassen nun nach Herrn VOLGER's Theorie in der Thonmasse durch Infiltration einer Salzlösung sich Krystalle bilden und wachsen, nehmen an, dass auch diese nun auf die Thonmassen drücken, aber wie? Vor Allem kommt es hier darauf an, wie die Thonlagen (in der Natur die Gesteinselemente und Lagen) geordnet sind, welche Richtung die Risse und Sprünge und Poren haben, durch die sich das infiltrirende Wasser bewegt, und daran hat Herr VOLGER wieder nicht gedacht. Nehmen wir z. B. ein schiefriges Gestein, die Schieferung horizontal an, so können die Krystallkeile nur in senkrechter Richtung wirken; ist die Schieferung senkrecht, so wird der Hauptdruck horizontal gehen. Auch hierbei kommt es wieder wesentlich darauf an, ob die Schichten frei enden, oder an andern sich abstossen; ob bei dem Versuche der Thon an den Seiten eingeschlossen ist, oder nicht; auch hier wird nie eine Faltung eintreten, wenn nicht das Letztere der Fall ist.

Es seien nun aber wirklich in der Natur in einer Schichtenreihe alle Bedingungen erfüllt, um eine Faltung derselben hervorzurufen, was wird nun aber geschehen? Dasselbe, was geschieht, wenn wir einen Seitendruck auf unsern belasteten Thon ausüben, die Faltung muss nothwendig mit einer einfachen Hebung der belastenden festen Masse verbunden sein. Nach dieser VOLGER'schen Theorie müsste dies die häufigste Erscheinung sein, horizontale mächtige Schichten auf stark gefalteten, die von allen Seiten eingeschlossen sind.

Herr VOLGER glaubt auch auf diese Weise nachgewiesen zu haben, wie Berge wachsen müssen. Hat er bisher die Mechanik nicht sehr zu Rathe gezogen, so scheint er diesmal auch nicht an einen mathematischen Grundsatz gedacht zu haben, der da lautet $a - b + b = a$. Nennen wir nämlich die ursprüngliche Gesteinsmasse a, das in den obern Schichten durch

die Atmosphärilien weggenommene Material *b*, das in unteren Schichten wieder abgesetzt wird, so können wir durch obige Formel den ganzen Vorgang darstellen und man begreift nicht, wie Berge auf diese Weise wachsen sollen, um so weniger, als bekanntlich alle Wasser aus allen Gebirgen Bestandtheile mit sich fortnehmen, die Infiltrationsproducte in tieferen Schichten also nie an Menge dem oben Weggenommenen gleich kommen.

Doch auch noch ein Wort über die Kraft, mit der Herr Volger seine Streckungen, Faltungen, Hebungen erzeugt. „Mit der Ausbildung krystallinischer Individuen ist auch ohne Vermehrung der Masse einer vorhandenen Substanz stets eine Vermehrung ihres scheinbaren Volumens verbunden... Die Kraft, welche bei der Ausbildung krystallinischer Individuen von einer eingeschlossenen Substanz gegen ihre Umgebung ausgeübt wird, und welche die Gewinnung des Raumes zu der nöthigen Volumenvermehrung zum Ziele hat, ist sehr bedeutend, bis jetzt aber nicht durch eigentliche Messung geschätzt. Bekannt ist die ungeheure Gewalt, welche das Eis bei seiner Krystallisation ausübt. Ich habe gezeigt, dass andere Krystalle sich eben so verhalten." (Poggend. Annal., Bd. 93.)

Mit dieser Kraft nun streckt und faltet Herr Volger die Schichten und hebt er die Berge, und liefert damit wieder einen neuen Beweis, wie wenig er über derartige Verhältnisse urtheilen kann, wie leichtfertig er auf unerwiesene Behauptungen ganze Theorien aufbaut. Sieht man nämlich den citirten Aufsatz in Poggendorff's Annalen nach, so findet man hier einige Erscheinungen angeführt, die zeigen, dass im Gefolge von Krystallausscheidungen aus Lösungen mechanische Wirkungen eintreten, die Glasur eines glasirten Thongefässes wird aufgehoben u. s. w. Herr Volger ist nun gleich bei der Hand mit seiner Erklärung: „die Krystalle nehmen beim Uebergang aus der Lösung in den krystallinischen an Volumen zu," und eben so mit seiner geologischen Theorie, ohne auch nur einen einzigen Versuch angestellt zu haben, ob denn diese Erklärung stichhaltig sei. Hätte er nur ein paar einfache Versuche gemacht, so hätte er wohl gemerkt, dass seine Behauptung nichts weniger als begründet sei. Woher weiss Herr Volger, dass Krystalle, die aus einer Lösung ausschiessen, ein grösseres Volumen einnehmen? Nicht einen directen Beweis hat er dafür beigebracht, nicht einen Versuch darüber angestellt. Versuche, die ich dar-

über angestellt habe, ergaben das Resultat, dass, wenigstens in der Allgemeinheit aufgestellt, die Behauptung unrichtig sei; an manchen, wie z. B. in Glaubersalz konnte ich keine Volumvermehrung, sondern eine Volumverminderung beobachten. Die Versuche wurden in folgender Weise angestellt. Es wurde ein Salz mit Wasser in einer rings mit schmelzendem Schnee umgebenen Schale anhaltend durcheinander gerührt, man erhält so eine übersättigte Lösung. Diese wurde in ein Kölbchen gefüllt, in dessen Hals ein in ein Kapillarröhrchen ausgezogenes eingeriebenes Glasrohr passte. Der Stand der Flüssigkeit im Kapillarrohr wurde genau bezeichnet und nun das Kölbchen fortwährend von schmelzendem Schnee umgeben hingestellt. Nach einiger Zeit bilden sich nun Krystalle. Würde nun eine Volumvermehrung eintreten, so würde sich diese in dem Kapillarröhrchen wohl bemerklich machen; ich konnte sie aber auch, wo sie Statt fand, kaum nachweisen, da sie überhaupt höchst unbedeutend ist, auch wenn sie eintritt, obwohl das Kölbchen gegen 50 Grammes Wasser fasste. Ein anderes Verhältniss zeigt uns aber deutlicher, als dies bei dem erwähnten Verfahren möglich ist, wo sich doch verhältnissmässig wenig Krystalle ausscheiden, dass die Salze sich auch in dieser Beziehung verschieden verhalten, nämlich wenn wir den umgekehrten Weg einschlagen, wenn wir Krystalle in Wasser auflösen. Wir finden hier, dass bald eine Volumvermehrung, bald eine Volumverminderung im Gefolge der Auflösung eintritt; es muss daher auch bei dem Anschiessen der Krystalle das Umgekehrte eintreten. Es wäre also von Herrn Volger zunächst nachzuweisen, wie sich in dieser Beziehung die Mineralien verhalten, ehe er eine solche Theorie aufstellen darf. Aber noch ein andres haben wir zu besprechen, die mechanische Kraft, welche wachsende Krystalle auf ihre Umgebung ausüben. Auch hier hätten Herrn Volger wieder ein paar einfache Experimente an seiner Kraft und Theorie zweifelhaft machen können. Lässt man nämlich in einem cylindrischen Glasgefässe Wasser gefrieren, so zersprengt es die Röhre. Lässt man aber auch in noch so dünnen Röhren aus Salzlösungen Krystalle sich absetzen, mehrere Zoll hoch selbst, so wird die Röhre nicht zersprengt. Ich will noch einen weiteren einfachen Versuch anführen, der in dieser Beziehung von Wichtigkeit ist. Ich nahm einen grossen Krystall von Alaun, stellte denselben in ein Gefäss von gesättigter Alaunlösung und stellte nun ein längliches schmales Stückchen

Blech mit seinem Rande auf den Krystall. Dasselbe blieb unverrückt, während des Wachsthums des Krystalles, so dass eine ziemlich tiefe Rinne in dem Krystall sich bildete.

Solche und ähnliche Versuche zeigen, dass die Kraft, welche doch in manchen Fällen unläugbar im Gefolge von Krystallbildungen aus Lösungen mechanisch wirksam auftritt, eine andere sein muss. Es ist keine andere, als die Kraft der Kapillarität, die in demselben Grade verstärkt wird, als eben durch Krystalle die Kapillarräume vermehrt werden. Man nehme z. B. zwei Glasplatten und bringe sie in eine Salzlösung, so zieht sich zwischen dieselbe eine Schicht der Lösung, die Tafeln werden etwas von einander entfernt. Bilden sich nun einzelne Krystalle zwischen denselben, so sieht man leicht, dass durch sie die Anzahl der anziehenden Wände vermehrt wird; jede Krystallfläche wirkt ja wieder anziehend, wie eine jede andere Fläche, auf die Lösung, und so sieht man leicht, dass nun die Tafeln wieder etwas weiter entfernt werden müssen. Derselbe Vorgang wiederholt sich öfter, so dass dadurch die Tafeln immer weiter von einander geschoben werden. Der angeführte Versuch, denen ich noch andere beifügen könnte, mag beweisen, dass es nicht eine Kraft der Krystallisation, sondern die bekannte der Kapillarität ist, welche jene mechanischen Erscheinungen hervorruft. So bedeutend aber auch dieselbe ist, so zweifle ich doch sehr, ob sogar Herr Volger Lust haben wird, Gebirgshebungen aus derselben abzuleiten.

Nach dem Bisherigen wird es wohl überflüssig erscheinen, auf die Erdbebentheorie, die Herr Volger aufstellt, und die übrigen Einwände, die er gegen den Plutonismus auf dem Felde der eigentlichen vulkanischen Erscheinungen erhebt, näher einzugehen. Auch hier zeigt er wieder eine gleiche Unkenntniss der Mechanik, wovon wir wieder nur ein eklatantes Beispiel anführen wollen. Die Lavaergüsse haben nach ihm ihren Grund in dem Druck, den die Erdrindenschichten auf dieselbe ausüben. Sie wird also nur herausgepresst. Nach derselben Theorie müsste man einen Brunnen erhalten, wenn man ein Loch in die Eisdecke eines Sees haut und eine Röhre in dasselbe steckt. An die Gesetze der Hydrostatik hat Herr Volger wohl wieder nicht gedacht, als er diese neue Theorie aufstellte. Jeder, der diese berücksichtigt, sieht ein, dass nach dem Gesetze über Flüssigkeiten in communicirenden Röhren die Lava nie höher steigen kann, als

bis ihr Gewicht dem einer gleich hohen Säule der auf sie drückenden Erdschichten gleichkommt. Zum Ausfliessen könnte sie dann nur an den tiefsten Stellen der Erdrinde, nie auf den Gipfeln der Berge kommen.

Dabei wird nun auch die alte neptunistische Theorie aufgewärmt, dass die Lava nur ein wässeriger Brei sei, aus vom Wasser zersetzten Gesteinen der Erdrinde bestehend. Wie sich damit die Thatsachen vertragen, dass Lava nach meilenweitem Laufe in Gebäude eindringend, Glocken, Gläser und andre noch schwerer schmelzbare Gegenstände wirklich zum Schmelzen gebracht habe, daran hat Herr VOLGER eben wohl wieder nicht gedacht. Wo grassirt nun die Gedankenlosigkeit?

Doch ich fürchte die Geduld der Leser schon zu sehr auf die Probe gesetzt zu haben. Doch wird jeder, der Herrn VOLGER's Auslassungen gelesen, eine gute Uebung in derselben gehabt haben und es nicht ganz überflüssig finden, dass wenigstens eine gelegentliche Zurückweisung solcher, dem Ton und dem Inhalt nach ungeeigneter und der Wissenschaft unwürdiger Behauptungen und Verurtheilungen anderer und gründlicherer Forscher erfolge.

Fig. 3.

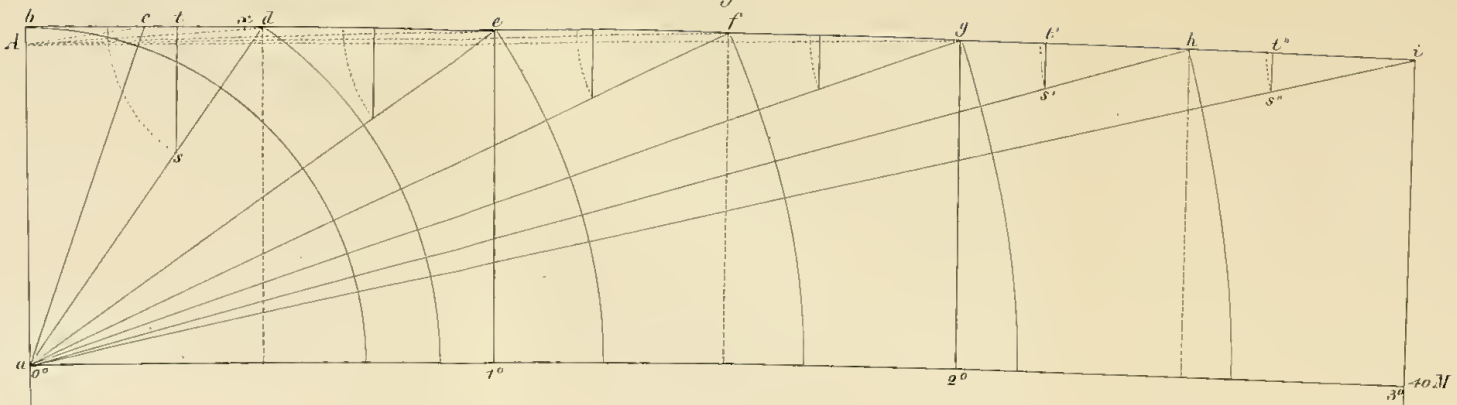


Fig. 1.

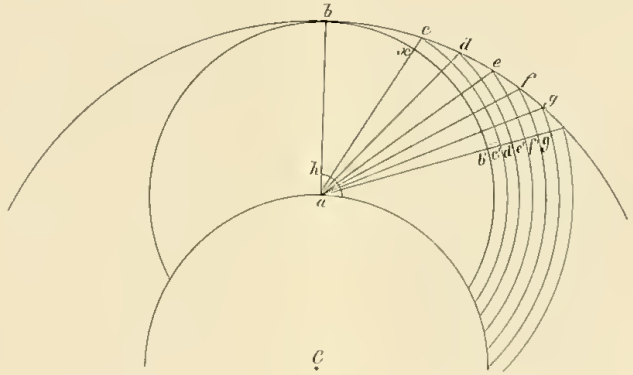


Fig. 2.

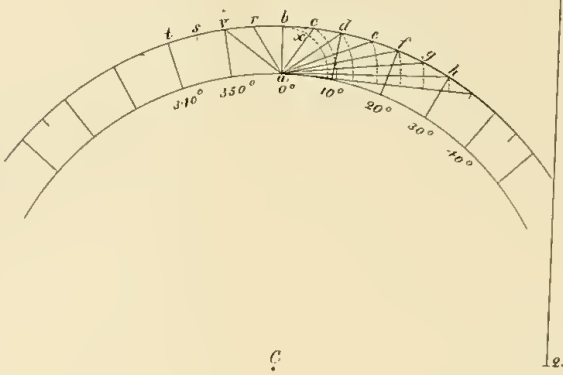


Fig. 4.

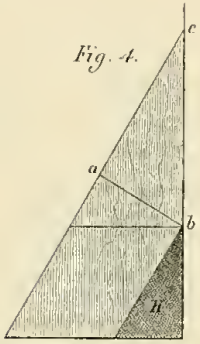


Fig. 5.

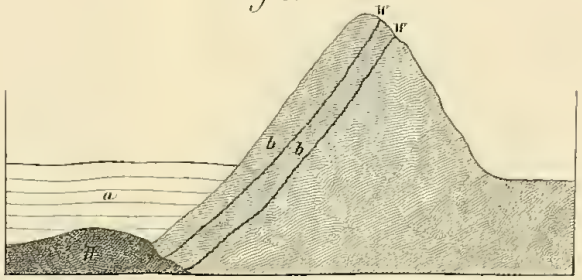
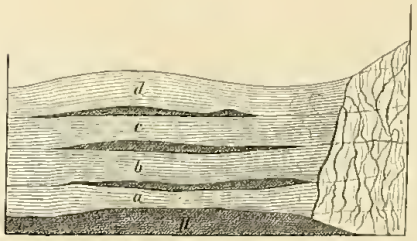


Fig. 6



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft

Jahr/Year: 1859-1860

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Pfaff Friedrich

Artikel/Article: Beiträge zur Theorie der Erdbeben. 451-466