

Zeitschrift

der

Deutschen geologischen Gesellschaft.

1. Heft (Januar, Februar und März 1876).

A. Aufsätze.

I. Mt. Blanc - Studien.

Ein Beitrag zur mechanischen Geologie der Alpen.

VON HERRN FR. PFAFF in Erlangen.

Wenn man auch nur die Lagerungsverhältnisse der geschichteten Gesteine in den Alpen ins Auge fasst, erkennt man schon die volle Berechtigung des Ausspruches von GÜMBEL, welcher dieselben als das Schmerzenskind der Geologie bezeichnete. Wo man an dieselben herantritt und sich mit ihnen beschäftigt, immer ist es eine, wenn auch noch so freudig unternommene, doch von Schmerzen begleitete Arbeit. Es ist geradeso als ob alle Räthsel der ganzen Geologie hier in der riesigsten Lapidarschrift einem vor Augen gestellt wären, zugleich aber auch in der anziehendsten Weise vorgelegt.

An mannigfachen Versuchen zur Lösung dieser Räthsel fehlt es nicht, aber die immer neu sich wiederholenden sind der beste Beweis, dass keine der bisherigen vollständig befriedigt. Vielleicht liegt der hauptsächlichste Grund darin, dass sie meist beabsichtigen, eine Theorie für die Bildung des Alpengebirges im Ganzen zu geben, und dass dadurch dieselben so allgemein wurden, dass sie im besonderen Falle wenig zu dessen Erklärung leisteten. So richtig auch eine allgemeine Theorie sein mag, so ungenügend ist sie, wenn der specielle Fall nicht aus ihr sich völlig erklären lässt, und je grösser die Zahl dieser besonderen, der Erklärung noch harrenden Fälle gegenüber den befriedigend erklärten ist, desto geringer wird das Vertrauen auf die Leistungsfähigkeit jener Theorie werden müssen. In diesem letzteren Falle befinden sich alle Theo-

riren über den Bau der Alpen und es dürfte sich wohl sehr vielen, die sich damit beschäftigten, die Frage aufgedrängt haben, ob es nur überhaupt ratsam und möglich sei, gegenwärtig nach einer solchen zu suchen, und ob es nicht vielleicht förderlicher sei, einzelne Fälle möglichst genau zu untersuchen und zu sehen, ob für diese irgend eine Erklärung gefunden werden könne. Dann wird sich daran wohl die Frage reihen, ob diese auch noch für den einen oder anderen weiteren Fall passe. Wie gross auch dann noch die Gefahr sei, die stets mit dem Verallgemeinern verbunden ist, davon werden wir im Folgenden einen neuen Beweis finden.

Unter den verschiedenen, ein kleines Ganze für sich bildenden Massen der Alpen, die **STUDER** sehr passend als „Centralmassen“ bezeichnete, ist kaum eine andere zu finden, welche auch räumlich so isolirt sich zeigte, wie der Gebirgsstock des Mt. Blanc. Durch die beiden Längsthäler der Arve und Dora, und die Querthäler von Montjoie und Val Ferret im Osten, und zwei kleine Nebenthäler im Nordosten und Südwesten ist derselbe so abgeschieden von allen anderen Gebirgsketten, dass er nur in vier Jochen, im Nordosten, Südosten und Südwesten einen schmalen Zusammenhang mit anderen Theilen der Alpen erkennen lässt. Auch eine oberflächliche Betrachtung der geologischen Verhältnisse zeigt eine gewisse Selbstständigkeit dieser Masse, indem wir an derselben einen centralen Kern von Alpengranit (Protogin) wahrnehmen, der von krystallinischen Schiefen umgeben ist und mit Ausnahme weniger Stellen noch eine Bekleidung jüngerer sedimentärer Bildungen zeigt.

So zu Detailstudien von Natur besonders günstig gestaltet, hat er mehr als irgend ein anderer Gebirgsstock die Aufmerksamkeit der Geologen erregt und wir haben seit den eingehenden Untersuchungen **SAUSSURE's** über denselben noch eine grosse Reihe von Arbeiten über den geologischen Bau dieses Königs der Alpen erhalten, die genauesten und ausgedehntesten in der neuesten Zeit von **A. FAVRE** in seinen *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie etc.* und von **GERLACH** in der Schrift „Das südwestliche Wallis“.

Durch diese Arbeiten ist uns zunächst vollständig das Material bekannt geworden, aus dem sich dieser Koloss aufbaute und auch in die Lagerungsverhältnisse so viel Licht gebracht worden, als es bei den ausserordentlichen Schwierigkeiten, mit denen gerade die Untersuchung dieser verknüpft ist, erwartet werden kann.

Fassen wir die Resultate dieser Untersuchungen kurz zusammen, so können wir seinen Hauptzügen nach folgendes Bild der geognostischen Verhältnisse des Mt. Blanc entwerfen.

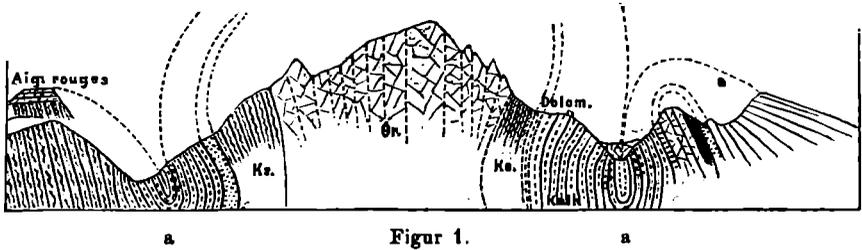
Der Kern des Berges besteht in einer Längenausdehnung von ca. 24 Kilometern und in einer Breite von ca. 8 Kilometern aus Protogin. Auf der Nord- und z. Th. Ostseite folgt auf denselben Gneiss, während die ganze westliche Hälfte von dem Dome du Gouté an Glimmerschiefer zeigt, die Südseite vom östlichen Ufer des Miagegletschers an weder Gneiss noch Glimmerschiefer erkennen lässt. Nur wenig unterbrochen, wahrscheinlich nur durch Geröll verdeckt, zeigen sich rings um diese Masse von krystallinischen Gesteinen wohlgeschichtete Kalke, mit untergeordneten Lagen von Thonschiefer, Dolomit und Sandsteinen. Nicht sichtbar sind diese der Juraformation angehörigen Kalke nur auf der Nordseite und in geringer Ausdehnung auch auf der Südostseite.

Was nun die Lagerungsverhältnisse dieser Massen betrifft, so sind dieselben zum Theil sehr einfach, zum Theil höchst complicirt und räthselhaft.

Sehen wir von den nur sehr spärlich hie und da auftretenden massigen Hornblende- und Feldspathgesteinen ab, so sind alle übrigen deutlich geschichtet. Der Protogin, der nur in dem von dem Gipfel nach Nordost sich erstreckenden Theil der centralen Axe zum Vorschein kommt, zeigt durchgängig eine sehr steile, fast verticale Schichtenstellung, die sowohl nach dem Chamouni- wie nach dem Dorathale hin eine weniger steil geneigte wird. Wo nun Gneisse oder krystallinische Schiefergesteine vorkommen, schliessen sie sich in ihren Lagerungsverhältnissen unmittelbar an den Protogin an, und auch die Kalke und Schiefer schiessen auf der Nord- wie Südseite unter die krystallinischen Gesteine ein, fallen da wie dort einwärts gegen das Innere des Berges.

Man hat aus diesen Beobachtungen den Schluss gezogen, dass der Mt. Blanc ein sehr deutliches Beispiel für die Fächerstructur (*structure en éventail*) darbiete, und verschiedene Theorien für dieselbe, d. h. über die Art und Weise, wie sie entstanden sei, aufgestellt. Alle diese Theorien laufen darauf hinaus, dass der Protogyn entweder im festen Zustande eingedrängt worden sei oder im flüssigen Zustande eingedrungen sei und die schiefrigen Gesteine und Kalke auf die Seite geschoben habe. Sie haben ferner das Gemeinschaftliche, dass sie die Lagerungsverhältnisse aller sedimentären Gesteine, überhaupt die Structurverhältnisse des ganzen Stockes als etwas Einheitliches durch einen, wenn auch vielleicht etwas länger fortgesetzten Act mechanischer Einwirkung erklären wollen.

Das steht nun ausser allem Zweifel, dass die Lagerung, wie wir sie jetzt sehen, nicht die ursprüngliche ist, sondern dass bedeutende Veränderungen stattgefunden haben, und wenn wir den folgenden Durchschnitt, Figur 1, wie ihn FAVRE



t. 18. f. 1. des erwähnten Werkes mittheilt, den wir hier ganz genau auf $\frac{1}{4}$ reducirt geben, betrachten, ergibt sich dies auch auf einen Blick und die Fächerstructur, das Eindringen des Granits, die durch Seitendruck erzeugte Faltung der Kalkschichten a und a erscheinen als die einfachste Erklärung dieser Schichtenlage. FAVRE adoptirt die von LORY für andere Gegenden aufgestellte Theorie, nach welcher ein starker Seitendruck und zwar von aussen nach innen, also nach der Achse des Mt. Blanc zu die äusseren Schichtenlagen hinschiebend gewirkt habe. Nach derselben wurde der Granit aus der Tiefe durch diesen Seitendruck im festen Zustande heraufgepresst und der Kalk gefaltet, der Granit hatte seine Schichtung schon vor seinem Erscheinen an der Oberfläche (§ 599.).

Eine nähere Erläuterung dieser Theorie giebt FAVRE nicht, und wir können daher dieselbe eigentlich nur als eine Vermuthung bezeichnen, die sich hinsichtlich der wirksamen Ursache jeder Discussion insofern entzieht, als gar keine genannt wird. Denn die Aussage, es habe ein seitlicher Druck stattgefunden ohne irgend welche nähere Angabe, ob von einer oder von welcher Seite aus, ob von beiden, wodurch derselbe hervorgerufen worden sei, können wir nicht näher vom mechanischen Standpunkte aus prüfen. Aber das können wir wohl sagen, dass wir keine Kraft kennen, welche ein derartiges Hereinschieben tiefer liegender Gesteine zwischen jüngere in so grosser Mächtigkeit zu erzeugen im Stande wäre, und verweise ich wegen einer näheren Begründung dieses Ausspruches auf meine Allgemeine Geologie.

Ich würde den öfter von mir selbst ausgesprochenen Grundsätzen widersprechen, wenn ich Thatsachen nicht anerkennen wollte, die sich nicht erklären lassen. Aber es ist eben die Frage, ob diese Theorie von der Erzeugung der Fächerstructur und der Faltung der sedimentären Gesteine als eine Thatsache anzusehen sei.

Diese Frage war es, die mich im verflossenen Sommer an

den Mt. Blanc führte; zugleich drängten sich mir mehrere damit im Zusammenhange stehende andere Fragen auf, die ebenfalls die Beobachtung beantworten sollte. Denn ich glaube, dass wenn es sich um die Erklärung von Thatsachen und um die Aufstellung einer daraus abgeleiteten auch für andere Fälle anwendbaren, also mehr oder weniger allgemeinen Theorie handelt, nicht genau und oft genug die Beobachtungen angestellt werden können. Mit anderen Worten, das was erklärt werden soll, muss vor Allem ganz sicher constatirt sein.

In unserem vorliegenden Falle ist daher vor Allem die Frage aufzuwerfen: 1. Sind wir berechtigt, von dem Stocke des Mt. Blanc zu sagen, dass ihm Fächerstructur zukomme, so dass dadurch das seinen ganzen Bau beherrschende architectonische Gesetz ausgedrückt werde? Vergegenwärtigen wir uns die Angaben über das Fallen und Streichen der Schichten, wie sie FAVRE selbst macht, so müssen wir entschieden diese Frage mit Nein beantworten.

Gehen wir vom Col de Balme aus und umkreisen den Mt. Blanc von Nordost über Ost und Süd, so finden wir, dass von diesem bis zum Col de la Seigne am südwestl. Ende fast ausnahmslos die Schichten, sei es der Kalke, sei es der Schiefer, von der Achse des Berges nach aussen abfallen. Nur am Col de Ferret und am Gletscher des Mt. Dolent findet sich auf eine kurze Strecke ein Einfallen gegen das Innere, ebenso am Mt. Fréty. Vom Brenvagletscher an westlich bis zum Miagegletscher fehlt der Kalk, die Glimmerschiefer am Brouillardgletscher fallen noch steil südlich, an den Felswänden des Miagegletschers nach NNW mit 70° . Von da weiter westlich bis zum Col de la Seigne liegen die sedimentären Gesteine, wieder vom Berge abfallend, auf den krystallinischen, und diese normale Lagerung findet sich auch bis zum Col de Fours. Die Nordwestseite lässt theilweise ein Einfallen der Schiefer und Kalke unter die krystallinischen Schiefer, theilweise auch wieder eine normale Auflagerung auf denselben erkennen, was FAVRE durch mehrfache Faltung erklären zu können glaubt. Doch weichen, wie für viele Punkte, die Angaben verschiedener Beobachter von einander ab. Gewiss ist dies weniger auf Fehler der Beobachtung zurückzuführen, als darauf, dass die Schichtenlage eine öfters wechselnde und nicht constant ist. Im Chamounithale selbst zeigt sich die Ueberlagerung des Kalkes nur an wenig Punkten, in der Nähe des Endes der Mer de Glace, sonst ist der Kalk selten sichtbar, doch fallen am Fuss der Aiguille du Midi und weiter nach Osten die hier vorhandenen krystallinischen Schiefer unter den Protogin ein, so dass dieser Theil, der in einem zur Achse des Berges senk-

rechten Schnitt mit dem Mt. Fréty auf der Südseite des Berges liegt, noch am besten die Fächerstructur repräsentirt.

Diese flüchtigen Angaben zeigen, dass nur der kleinste Theil des Berges wirklich eine deutlich ausgebildete Fächerstructur besitze, dass der grössere entweder die normale Auflagerung oder eine sehr unregelmässige Schichtenfolge erkennen lasse.

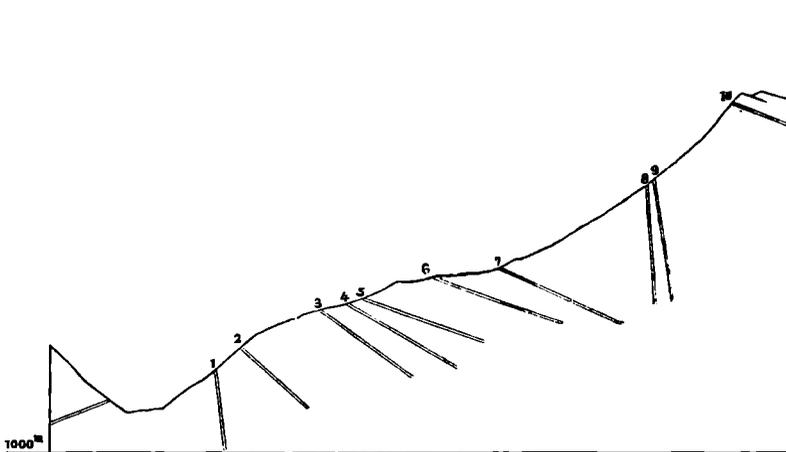
Gehen wir nun näher noch auf den Theil des Berges ein, für welchen diese Fächerstructur noch am entschiedensten behauptet wird und untersuchen wir dieselbe hier näher. Wir stellen uns auch hier wieder eine Frage, nämlich 2. Ist die Architectur in diesem Theile so regelmässig, wie wir sie mit dem Begriffe der Fächerstructur uns verbunden denken müssen?

Die von zahlreichen Beobachtern angegebenen Daten über Streichen und Fallen der Schichten scheinen allerdings dafür zu sprechen. Bei genauerer Prüfung derselben reichen sie aber doch nicht aus, um unsere in dieser Beziehung rege gewordenen Zweifel zu beseitigen. Sie sind alle ganz allgemein gehalten und offenbar schon von der Theorie der Fächerstellung ausgehend gemacht, um diese zu bestätigen, nicht systematisch, um dieselbe zu prüfen. So giebt FORBES nur an, die Schichten fielen nordwestlich gegen den Berg ein, und zwar etwas gekrümmt, so dass in der Höhe eine Schicht 38° geneigt sei, weiter unten 50° . Er gab auch einen Durchschnitt durch diese Partie des Mt. Blanc, qui montre avec une grande évidence la structure en éventail de cette chaîne (FAVRE). Das ist ganz richtig, aber wie weit diese Zeichnung der Wirklichkeit entspreche, das ist es, was eben nicht bewiesen ist. FAVRE selbst giebt nur (§. 572) an, dass ohne Zweifel die Schichten alle einwärts nach Nordwest fallen und etwas später sagt er in demselben Paragraphen, man bemerkt auf dem Wege auf den Mt. Fréty, dass die Kalkschichten dieses Berges mit mehr oder weniger schiefrigen Schichten abwechseln und unter den Mt. Blanc nach Nordwesten einschliessen mit einer Neigung von 60° oben und 40° unten. Und von den bis zum Col du Géant folgenden heisst es nur, „die allgemeine Neigung der Schichten ist ungefähr 65° nach Nordwesten“.

Man könnte nun daraus schliessen, die Neigungsverhältnisse bewiesen so augenscheinlich und klar diese Structur, dass es gar keiner genaueren und an verschiedenen Stellen vorgenommenen Untersuchung mehr bedürfte und eben deswegen gebe keiner, der hier den Berg untersuchte, weitere Daten. Dass dieser Schluss nicht richtig sei, das geht schon aus der Thatsache hervor, dass SAUSSURE von der „situation générale“ der Schichten der Südseite des Berges, wenigstens

der untersten, sagt, „elle est verticale à quelques degrés près dont elles s'appuient contre la montagne“, obwohl er auch wieder an anderen Stellen eine Neigung der Schichten von $35-47^{\circ}$ gegen das Innere des Berges angiebt. Ebenso hat SHARPE später gegenüber FORBES die Anschauung von SAUSSURE vertreten.

So evident ist also diese Fächerstructur doch nicht, dass sie nicht eines Beweises durch eine grössere Zahl von Beobachtungen bedürfte, wiewohl, wenn man den Mt. Fréty besteigt, in den Schluchten, welche denselben durchfurchen, aus einiger Entfernung die Schichtenlage der Kalk- und Schiefermassen alle ganz zweifellos nach Innen zu fallend sich zu erkennen geben. Es schien mir daher nicht überflüssig, von dem Fusse des Mt. Fréty an bis auf den Grat des Col du Géant die Schichtenlage genau zu beobachten, um auf diese Weise sichere Anhaltspunkte für die Construction eines Durchschnitts zu erhalten. Nach diesen Beobachtungen, die jedesmal mit gleichzeitigen Höhenbestimmungen mittelst eines GOLDSCHMID'schen Aneroides verbunden waren, ist die Figur 2 entworfen. Ich



Figur 2.

bemerke zu diesem Durchschnitte noch das, dass derselbe durch die geneigten Linien nicht die wirkliche Neigung der Schichten, d. h. den grössten Neigungswinkel derselben, sondern nur die Durchschnittslinie derselben mit dem Schritte darstellt, wie sie aus der Beobachtung des Fallens und Streichens an dieser Stelle durch eine einfache Construction gefunden wird. Die Richtigkeit der Beobachtung vorausgesetzt,

würde also unsere Figur genau die Schichtenlage veranschaulichen, wie sie auf der Schnittfläche, die senkrecht auf der Längsachse des Gebirgsstockes steht, in der Natur sich zeigen würde.

Bei der Reduction des beobachteten Streichens ist die Declination der Magnetnadel genau zu einer Stunde angenommen worden. *) Danach erhielt ich folgende Werthe:

Mt. Fréty bis zum Col du Géant.

	Höhe.	Streichen h.	Fallen in Graden.
1.	1580 M.	2 Kalk	86 (83 $\frac{1}{2}$) einwärts
2.	1710 „	2 Kalk	55 (40) „
3.	1960 „	2 Schiefer	50 (35 $\frac{1}{2}$) „
4.	2068 „	1 $\frac{8}{8}$ Schiefer	40 (30) „
5.	2088 „	3 $\frac{1}{2}$ Kalk	45 (20) „
6.	2091 „	3 $\frac{1}{2}$ Gneiss	45 (20) „
7.	2247 „	3 $\frac{1}{2}$ Protogin	50 (24 $\frac{1}{2}$) „
8.	2804 „	7 $\frac{3}{4}$ —	87 (85) „
9.	2848 „	11 $\frac{1}{4}$ —	80 (79 $\frac{1}{2}$) „
10.	3375 „	5 $\frac{1}{4}$ —	67 (21) „

Bei der sehr grossen Neigung der Schichten ist die Beobachtung des Streichens und Fallens keine schwierige, da der Weg natürlich nicht in einer geraden Linie ansteigt, so sind die Beobachtungspunkte auch nicht alle in einer geraden Linie. Wer aber den Col du Géant und den Weg auf ihn auch nur vom Thale aus betrachtet hat, wird sich überzeugt haben, dass es eigentlich nur ein sehr schmaler Rücken ist, auf dem der Zugang in ganz kurzen Windungen möglich ist; namentlich oberhalb des Pavillon hat man, will man nicht den Schnee betreten, was, wie der vor wenig Jahren hier durch Abrutschen erfolgte Tod dreier Engländer mit einem Führer zeigt, weder rathsam, noch für einen Geologen vortheilhaft ist, nur einen schmalen Grat für das Steigen frei. Ich bemerke ferner, dass die angegebenen Aufnahmen nicht etwa aus einer viel grösseren Zahl mit bestimmter Tendenz ausgewählte sind, sondern alle, die ich eben vornahm. Sie sind nicht so gleichmässig vertheilt, als ich selbst wünschte; aber man hat eben in der Natur die Sache nicht so in der Hand, als man es gern hätte, Geröll, Rasen u. dergl. machen auch in den grösseren Höhen Beobachtungen an vielen Punkten unmöglich. Um die Construction der Figur 2 darnach prüfen zu können, bemerke

*) Nach den von KAHL mitgetheilten Declinationsskizzen dürfte das für den Mt. Blanc gegenwärtig genau zutreffen.

ich, dass die Richtung des Schnittes in h. $10\frac{1}{2}$ verlaufend angenommen ist. Auf eine in dieser Richtung verlaufende senkrechte Ebene — unsere Schnittfläche — projicirt, erhalten wir für die Fallwinkel 1 — 10 die Grössen, welche oben in Klammern neben die beobachteten hingesezt sind.

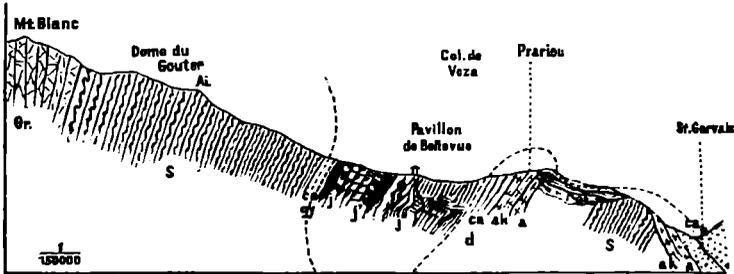
Man sieht aus diesen Angaben, wie aus der Zeichnung, dass von einer regelmässigen Anordnung, wie wir sie mit dem Begriffe der Fächerstructur verbinden, doch nicht wohl die Rede sein könne. Man könnte nun freilich einwenden: die angegebenen Beobachtungen stellten nur locale Störungen der allgemeinen regelmässigen Fächerstructur dar, es seien nur Ausnahmen von der Regel. Aber wie will man diese Regel hier nachweisen, wenn alle Beobachtungen nichts von einer solchen zeigen? doch nicht aus dem Umstande, dass anderswo, z. B. am St. Gotthard, die Fächerstructur sich wohl ausgebildet finde? Wie wenig Regelmässigkeit auch an diesem Bergetheile, dem Mt. Fréty, herrscht, das giebt sich noch deutlicher zu erkennen, wenn man an seinem Fusse, am linken Ufer der Dora, gegen den Brenvagletscher sich hinwendet. Kurze Zeit, nachdem man das Dorf Entrèves verlassen, etwa in der Mitte zwischen diesem und dem linken Ufer des Brenvagletscher, fallen die Kalkschichten, die hier in kleineren und grösseren Wasserrissen gut entblösst sind, schon nicht mehr gegen das Innere des Berges ein, sondern regelmässig dem Thale zu, auch das Streichen derselben weicht von dem in dem Durchschnitt gefundeneen nicht unerheblich ab. Vier Beobachtungen in der Richtung nach dem Brenvagletscher hin, alle in ziemlich gleicher Höhe (1430 M.) ergaben folgendes Streichen und Fallen: 1) Str. h. $\frac{3}{4}$ Fallen 80° nach O. 2) Str. $1\frac{7}{8}$, F. 76° nach O. 3) Ebenso. 4) Str. $12\frac{7}{8}$, F. $78-80^\circ$ nach O.

Diese Thatsachen machen es wohl erklärlich, warum, wie wir oben erwähnten, SAUSSURE und SHARPE das Einschiessen der Schichten unter die krystallinischen Gesteine nicht anerkannten.

Gehen wir von diesem Punkte gerade über das Flüschen unterhalb des kolossalen Schutthaufens, den der Brenvagletscher in dasselbe vorgeschoben, so finden wir hier zunächst die gleichen Kalkschichten an der Kapelle N. D. de Guérison, die 1818 von dem Gletscher zerstört wurde, mit fast denselben Streichen, das aber nur kurze Zeit anhält und sowohl thalaufwärts als abwärts sich rasch nicht unerheblich ändert. Am Wege von der ca. 1500 M. hoch gelegenen Kapelle nach Courmayeur, nur wenig Schritte von der Biegung des Weges abwärts, streichen die Schichten h. 1 und fallen unter 60° nach O., wenig weiter aufwärts ist das Streichen des Kalkes $1\frac{5}{8}$, das Fallen 75° nach O., noch etwas weiter aufwärts kom-

men Schiefer mit Kalken wechselnd; hier beobachtete ich an zwei nur 20 Schritte von einander entfernten Stellen das Streichen $4\frac{1}{2}$ und $4\frac{1}{5}$ am Schiefer, das Fallen betrug 85° und 60° nach Südost, ersteres gegenüber dem Brouillardgletscher in einer Höhe von 1520 M. Von der erwähnten Ecke an der Kapelle thalabwärts zeigte sich das Streichen $2\frac{3}{8}$, das Fallen 65° nach O. und etwa 1 Kilom. thalabwärts am Wege, in einer Höhe von 1430 M. an dem Kalke ersteres in h. $3\frac{1}{8}$, während das Fallen mit 65° nach SO statthat. Noch weiter thalabwärts, wo die Dora sich bereits nach Süden gewendet hat, gerade bei den Bädern vor Courmayeur, kommen abermals Schiefer mit einem Streichen zwischen $5\frac{1}{2}$ und 6, ihr Fallen beträgt $54-60^{\circ}$ nach Süden. Dieser Stelle gegenüber, am linken Doraufer, streichen die Schichten des Mt. de la Saxe h. 3 mit einem Fallen von 40° nach SO.; das Fallen wird aber weiter aufwärts in derselben Schichtenreihe allmähig ein steileres.

Ich begnüge mich mit diesen Angaben, aus denen so viel mit Sicherheit hervorgehen wird, dass von einer Regelmässigkeit in der Schichtenlage des Mt. Blanc, von einem allgemeinen in derselben sich zu erkennen gebenden Gesetze keine Rede sein kann, und wenn man doch einmal von einem Gesetze in dieser Beziehung reden wollte, man dasselbe als das Gesetz der Gesetzlosigkeit bezeichnen müsste. Es war mir wegen Ungunst des Wetters nicht möglich, an der nördlichen resp. nordwestlichen Seite des Mt. Blanc. Untersuchungen vorzunehmen, aber selbst nach den im Ganzen sehr spärlichen Angaben über Fallen und Streichen und nach den Durchschnitten, die FAVRE grösstentheils nach eigenen Untersuchungen giebt, ist eine Regelmässigkeit auch hier nicht zu finden, und ich zweifle nicht im Geringsten daran, dass eine genaue systematische Untersuchung der Schichtenlage auch auf dieser Seite das Gesetz der Unregelmässigkeiten nachweisen würde. Auch für diese Seite finden wir dieselben Widersprüche in den Angaben der Beobachter über ein und dieselbe Stelle, so dass z. B. der eine behauptet, die Schichten fielen dem Thale zu, der andere, sie fielen gegen den Berg ein (cfr. FAVRE §. 519). FAVRE selbst, der eifrige Vertheidiger der Fächerstructur, erwähnt Schichtenlagen, die ganz und gar nicht zu derselben passen und von ihm als Ausnahmen bezeichnet werden (§. 539, 575), indem sie von dem Berge abfallen. Dieselbe Schichtenlage erwähnt SAUSSURE mehrmals (Bd. III. pag. 85, 87) östlich von der Aig. du Midi an der Aig. du Blaitière und du Plan. Gerade diese Gegend würde in die Verlängerung unseres Durchschnitts Fig. 2 bis Chamouni fallen. Als weiteren Beweis für die Unregelmässigkeit der Schichtenlage gebe ich hier (Figur 3) einen von FAVRE

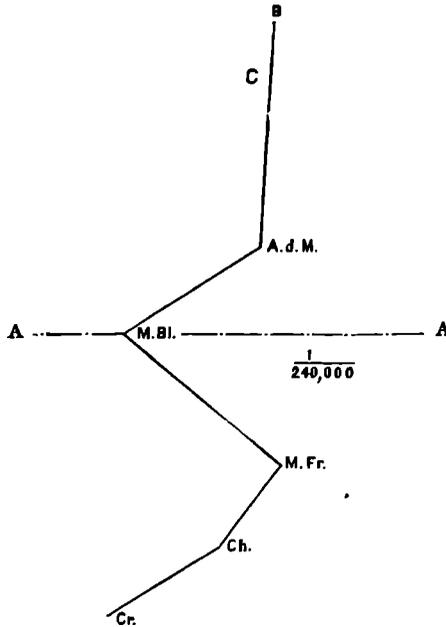


Figur 3.

(t. 19. f. 2.) gezeichneten Durchschnitt in verkleinertem Maassstabe. Hier bezeichnen ca, gy Dolomit und Gyps, j, j', j'' Kalke und Schiefer der Juraformation, d dolomitischen Kalkstein, ak Sandstein, ar Schiefer, a schwarze, glimmerige Sandsteine, wahrscheinlich der Steinkohlenformation angehörig, S krystallinische Schiefer, Gr Protogin. Von dem Schichtensystem j'' giebt FAVRE an, dass es stark gewunden sei. Vergleicht man die Aufeinanderfolge der Schichten am Fusse des Berges mit der unter der Mitte des Berges, so sieht man sofort, dass hier auch mit der von FAVRE angenommenen durch die punktirte Linie angezeigten Faltung doch noch keine Ordnung geschaffen wird. Aber selbst wenn das wäre, würde damit die Fächerstellung als Grundgesetz nicht wohl vereinbar sein.

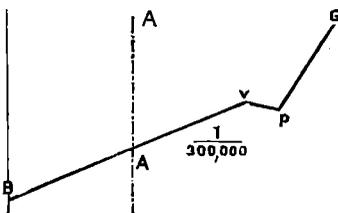
Bei dieser Gelegenheit dürfte es wohl am Platze sein, über Durchschnitte der Art im Allgemeinen einige Bemerkungen beizufügen. Wo die Verhältnisse einfach und klar vorliegen, und auf grössere Entfernungen Streichen und Fallen sich gleich bleiben, da ist es natürlich auch ziemlich gleichgiltig, wenn man einen Durchschnitt liefert, wo man denselben verlaufen lässt, und ob man in dem einen Schnitte Strecken vereinigt, die in Wirklichkeit nicht in einem solchen liegen. Aber auch hier muss man die einzelnen Theile wenigstens als durch parallele, dieselben Winkel mit der Streichungslinie der ganzen Kette bildende Schnitte erhalten darstellen. Wenn aber, wie bei dem Mt. Blanc Streichen und Fallen oft auf ganz kurze Strecken wechselt, da geht es nicht an, auf einem Durchschnitte Theile des Gebirges zusammenzustellen, die in Wirklichkeit nicht in einem Schnitte liegen können. Man erhält dann natürlich ein ganz falsches Bild. Das gilt für eine grössere Zahl der von FAVRE vom Mt. Blanc gelieferten Schnitte, namentlich auch von dem grossen (Maassstab $\frac{1}{50000}$) angefertigten Durchschnitte durch die Mt. Blanc-kette. Ver-

binden wir die auf demselben als in einem Schnitte liegend vereinigten Punkte durch gerade Linien, so erhalten wir die Fig. 4 gezeichnete Zickzacklinie, wo die Punkte B, C, A. d. M., M. Bl., M. Fr., Ch., Cr.,



Figur 4.

M. Fr., Ch, Cr, Brévent, Chamouny, Aig. du Midi, Mt. Blancgipfel, Mt. Fréty, Mt. Chetif und Cramont bezeichnen, AA die Richtung der Längsaxe des ganzen Gebirgsstockes. Dasselbe gilt auch für den II. Durchschnitt, Fig. 3, dessen einzelne Punkte (Gervais, Prariou, Col de Voza etc.) durch die Buchstaben G, P, V. etc. bezeichnet, ebenfalls in einer schief gegegen die Achse A gerichteten Zickzacklinie liegen (Fig. 5). Man kann natürlich



Figur 5.

auch einen solchen im Zickzack verlaufenden Durchschnitt anfertigen, dann muss man aber auch auf demselben die Verhältnisse der Schichtenlagen so eintragen, wie sie sich auf demselben allein zeigen können, weil ausserdem

ein ganz falsches Bild entsteht. Während ein richtig nach den Thatfachen construirter Durchschnitt diese ergänzt, unsere Vorstellung berichtigt und den Weg zu neuen Beobachtungen klar vorzeigt, beeinträchtigt ein falscher die Beobachtungen, giebt eine unrichtige Vorstellung und hält oft von weiteren nöthigen Untersuchungen ab.

Dass dieses umsomehr Geltung habe, je verwickelter die Verhältnisse des Gebirgsbaues an einer Stelle sind, bedarf wohl kaum eines Wortes.

Doch kehren wir wieder zu dem Mt. Blanc zurück, so bleibt uns noch die so schwierige Frage, wie diese seine eigenthümlichen Lagerungsverhältnisse erzeugt worden sein mögen. Wir hatten von denselben nachzuweisen gesucht, dass sie nicht auf ein allgemeines Gesetz zurückzuführen seien, womit jedoch das nicht ausgeschlossen sein soll, dass nicht gewisse Lagerungsverhältnisse öfter wiederkehren, und dass unter denselben auch die sogen. Fächerstructur auftrate. Wenn wir auf diese Weise ein einheitliches architectonisches Gesetz leugnen, so verzichten wir damit zugleich auch auf eine der Gesamterscheinung der Schichteulagen zu Grunde liegende Ursache, und auf eine das Ganze gleichmässig bewegende mechanische Kraft.

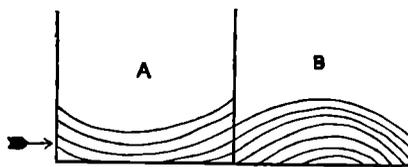
Hier haben wir uns daher zunächst gegen die Ansicht zu wenden, welche wohl als die in unserem Falle am häufigsten angenommene zu bezeichnen ist, dass das Eindringen des Granits als die gestaltende Ursache anzusehen sei. Wir können diese Theorie in dem vorliegenden Falle durch den Hinweis auf eine Thatfache als unbaltbar bezeichnen, die unseres Wissens zuerst von A. FAVRE bekannt gemacht wurde, nämlich das Vorkommen von Conglomeratlagen mit zum Theil kopfgrossen Rollsteinen der krystallinischen Gesteine unter dem jurassischen Kalke auf der Südostseite des Mt. Blanc, beide vom Berge abfallend gelagert, die auf das Entschiedenste beweisen, wie dies auch GERLACH mit Recht hervorhebt, dass diese krystallinischen Gesteine des Mt. Blanc älter sind, als die auf ihm liegenden sedimentären Bildungen. Von einem späteren, nach Ablagerung derselben erst erfolgten Platzergreifen des Granits kann daher keine Rede mehr sein. Wenn es sich also um die Erklärung der abnormen Lagerungsverhältnisse der Gesteine des Mt. Blanc handelt, müssen wir die Frage so stellen: Wie sind die sedimentären und krystallinischen Gesteine in diese nicht ursprüngliche Stellung versetzt worden? Wir müssen uns nach einer Ursache umsehen, die beide zugleich in ihrer Stellung alterirte. Welche Ursache mag das wohl gewesen sein?

Ich glaube, wir werden uns die Beantwortung dieser Frage für diesen, wie für manchen anderen Fall erleichtern, wenn wir uns im Allgemeinen zuerst die verschiedenen, bei Schichtenstörungen in Betracht kommenden Factoren vergegenwärtigen.

Offenbar ist die jetzige Lagerung einer gestörten Schichtenreihe abhängig oder richtiger das Resultat von drei Factoren:

1. von der ursprünglichen Lage;
2. von local erzeugten, an verschiedenen Stellen einer Schichtenreihe in verschiedenem Grade wirkenden Veränderungen;
3. von allgemeinen, die ganze Schichtenreihe gleichmässig betreffenden Störungen.

Was die erstere betrifft, so ist dieselbe insofern von Wichtigkeit, als der Effect der activ einwirkenden Factoren ein wesentlich verschiedener sein muss, je nachdem die Schichten verschieden gelagert waren. Es stelle z. B. Figur 6 zwei



Figur 6.

Schichtensysteme dar, eines A muldenförmig, ein anderes B gewölbeartig abgelagert, so wird eine in beiden Fällen gleich starke und gleich gerichtete Kraft, die seitwärts in der Richtung des Pfeiles wirkt, nothwendig eine ganz andere Wirkung haben und es lässt sich so eine grosse Mannigfaltigkeit von verschiedenen Folgen einer und derselben Kraft auf verschieden gestellte Schichtenreihen construiren.

Der zweite der oben genannten Factoren, die local erzeugten Störungen, sind ausschliesslich auf die Wirkungen des Wassers zurückzuführen. Man schreibt denselben gewöhnlich nur eine geringe Bedeutung zu. Ich möchte ihnen einen bedeutend grösseren, ja in manchen Fällen den grössten Einfluss vindiciren, sie hie und da als den einzigen Factor gelten lassen. Schon a priori lässt sich der Einfluss des Wassers, welches die Schichtensysteme durchdringt, als ein sehr bedeutender erschliessen, sowie wir nur annehmen, dass es ausserordentlich lange Zeiträume sind, durch welche das Wasser namentlich die älteren Schichtensysteme angreift. Es muss also auch eine sehr bedeutende Auszehrung der Schichten nach

und nach stattgefunden haben. Da aber das Wasser nirgends und in keinem Gesteine gleichmässig dasselbe durchzieht, da es überall und in allen Gesteinen gewissen Richtungen leichter folgen kann, als anderen, so muss diese Verdünnung der Schichten auch eine ungleichmässige sein, es müssen daher auch die Folgen dieser Thätigkeit, das Nachsinken der ihrer Unterstützung beraubten oberen Schichten in ungleicher Weise erfolgen. Auf diese Weise erzeugte Schichtenstörungen werden daher in der Regel keine Gesetzmässigkeit und keine Gleichheit des Fallens und Streichens auf grössere Strecken erkennen lassen. Dass die auf diese Weise erzeugten Schichtenstörungen nicht unerheblich sind, dafür dürften sich bei genauer Betrachtung und Untersuchung der Gebirge wohl mehr Beispiele und Beweise auffinden, als man gegenwärtig vielleicht zugestehen möchte. Ich habe schon vor mehreren Jahren auf ein Beispiel dieser Art hingewiesen, nämlich die Schichtenstörungen im fränkischen Jura (diese Zeitschr. Bd. XX. pag. 389). Hier finden sich ausgedehnte Schichtenreihen zum Theil von sehr steiler Lage, bei denen eine andere Entstehung derselben als durch die Wirkung des Wassers ganz undenkbar ist.

Es ist selbstverständlich, dass derartige Störungen nur als oberflächliche, d. h. nicht die ganze Dicke der Erdrinde durchsetzende anzusehen und unter allen Umständen nur als eine bald anhaltende, bald plötzlich ruckweise auftretende, aber jedenfalls sehr lang fortgesetzte Bewegung aufzufassen sind. Ich glaube, dass sich auf diese Weise die merkwürdigen, auch nur auf kurze Strecken und oft nur wenige über einander liegende Schichten beeinflussenden Biegungen leichter erklären lassen. Es ist mir bis jetzt noch nicht möglich gewesen, entschieden auf experimentellem Wege in ähnlicher Weise wie bei dem Eise eine gewisse Plasticität der Gesteine nachzuweisen, wenn schon eine sehr geringe Biegung an einigen sich bemerklich machte. Die bis jetzt von mir vorgenommenen Versuche sind allerdings erst einige Monate im Gange, und ich glaube, dass vielleicht nach der drei- und vierfachen Zeit eher ein numerisch nachweisbares Resultat erzielt werden dürfte. Unter allen Umständen sind ja die Erscheinungen an manchen Gesteinen von der Art, dass wir mit Nothwendigkeit eine gewisse Plasticität, Biogsamkeit und Dehnbarkeit anzunehmen gezwungen sind, wir mögen über die Ursache der Störungen Annahmen machen, welche wir wollen, und dass die Dauer der Einwirkung der mechanischen Gewalt von dem grössten Einflusse sei, das geht eben aus meinen Versuchen über die Plasticität des Eises (Pogg. Ann. Bd. 155, pag. 169) hervor. Ebenso glaube ich aus meinen bisherigen Versuchen

den Schluss ziehen zu müssen, dass noch so starker, aber kurze Zeit wirkender Druck bis zu 18000 Atmosphären eine bemerkbare Gestaltveränderung eines Gesteines nicht erzeugt. Wir können daher auch Biegungen der Schichten nicht wohl auf eine einmal, plötzlich und kurze Zeit wirkende Kraft, wenn dieselbe auch noch so gross angenommen wird, zurückführen. Die durch die auszehrende Wirkung des Wassers in Thätigkeit gesetzte Schwere kann aber eine nach den Umständen unausgesetzt, lange Zeiträume hindurch wirkende Kraft werden und so ebensowohl Lage- wie Formveränderung und zwar an verschiedenen Schichten in sehr verschiedenem Betrage erzeugen. Da sie es ist, welche auch die Bewegung des Wassers erzeugt, so können wir die Schwere als die einzige beständig Orts- und Lageveränderung von Theilen der Erdrinde erzeugende Kraft bezeichnen.

Als dritten Factor hatten wir allgemeine, die ganze Schichtenreihe gleichmässig betreffende Störungen erwähnt.

Wenn wir unsere Gebirge, Alpen, Jura, Pyrenäen u. a. betrachten, so kommen wir hier unwillkürlich zu dem Schlusse, dass ein- oder mehrmals das ganze Gebirge gleichzeitig in allen seinen Schichten einer gleichmässigen Bewegung ausgesetzt gewesen sei, welche eine Aufstauchung und Faltung im grossartigsten Maassstabe bewirkte; wie in der Bewegung erstarrte ungeheure Wellenzüge stellen sich nach dieser Betrachtung vor allem die Alpen dar. Am schärfsten und bestimmtesten hat dieser Anschauung SUSS in seiner Schrift: „Die Entstehung der Alpen“ Ausdruck gegeben. Diese Bewegung, deren Ursache zu verfolgen jetzt kein Grund vorliegt, hat vorzugsweise in lateraler Richtung oder schief nach oben und seitlich wahrscheinlich von innen nach aussen gewirkt. Wie tief hinab sie gegriffen, lässt sich nicht sicher bestimmen. Dass dieselbe je nach der Verschiedenheit der Gesteine und ihrer ursprünglichen Lagerung eine Verschiedenheit in der Wirkung zur Folge hatte, ist selbstverständlich, aber dennoch ist das Gemeinsame überwiegend und deutlich hervortretend. Und das ist es eben, was uns die Veränderungen der zweiten Art von denen der dritten leicht unterscheiden lässt. Bei den letzteren hat die verändernde Kraft in gewaltiger Ausdehnung gleichzeitig von unten her, so zu sagen mit breiten Händen, ganze Schichtensysteme angefasst, bei jenen bald da, bald dort an einzelnen Punkten wie mit einer Fingerspitze hier einige Schichten gehoben, dort etwas gesenkt oder gerückt, und dadurch, was wohl als das charakteristischste Merkmal dieser Art von Wirkung zu bezeichnen ist, den Parallelismus offenbar parallel abgelagerter Schichten oft auf ganz kurze Strecken aufgehoben.

Es kann nun als die Aufgabe des Geologen, wenn es

sich um die Enträthselung der Schichtenstellung handelt, das bezeichnet werden, dass er ermittele, welchen Antheil an derselben jeder der drei Factoren gehabt habe, die wir eben näher bezeichnet haben. Wer das zugesteht, wird auch sofort damit übereinstimmen, dass jeder einzelne Fall einer ganz besonderen Untersuchung bedarf und dass bei Beurtheilung desselben die Veränderungen, welche ein Gebirgstheil als Glied eines grösseren Ganzen mit diesem erlitt, von den individuellen wohl zu unterscheiden sind. Darin liegt auch nun das Zugeständniss, dass wir in verschiedener Weise bei Erklärung der Schichtenstörungen verfahren können, und es ist vom rein theoretischen Standpunkte aus ganz gleichgiltig, welchen Weg wir einschlagen. Wenn wir nämlich die Schichtenstörung S als erzeugt ansehen von der ursprünglichen Lagerung U, den local erzeugten Störungen L und den allgemeinen A, also $S = U + L + A$ ist, so erscheint es allerdings ganz einerlei, welches dieser drei Glieder wir zuerst bestimmen. In der Praxis wird sich aber die Sache doch etwas anders gestalten, indem es sich hier darum handelt, welches der drei durch die Beobachtung der gegenwärtigen Verhältnisse am ersten erkannt und bestimmt werden kann. Es wird sich dabei in den meisten Fällen darum drehen, ob wir mehr die localen oder die allgemeinen Störungen von grösserem Einflusse finden, für deren Unterscheidung uns die obigen Kriterien beider Merkmale an die Hand geben. Trotzdem wird dabei dem freien Ermessen und der verschiedenen Auffassung ein leider nur allzu grosser Spielraum bleiben und für Vermuthungen ein weites Feld frei stehen. Betrachten wir die Verhältnisse unbefangen, so werden wir zugestehen müssen, dass wenn einmal überhaupt in einem bestimmten Falle locale Störungen sich deutlich zu erkennen geben, es am sichersten sein dürfte, zu sehen, wie weit man mit der Annahme, dass diese allein gewirkt haben, komme und dass man erst, wenn man mit diesen nicht ausreicht, allgemeine herbeiziehe.

Geben wir von diesen Grundsätzen bei der Erklärung der Architectur des Mt. Blanc aus, so werden wir zunächst zu constatiren haben, dass in der That solche locale Störungen in beträchtlichem Grade stattgefunden haben. Ich glaube, dass ein Blick auf die pag. 8 mitgetheilten Thatsachen und unsere Figur 2 ohne Weiteres das Vorhandensein solcher darthut. Ganz dieselbe Erscheinung eines auffallend raschen Wechsels im Streichen und Fallen findet man auch das ganze Thal hinauf bis zum Col Ferret, an dem Mt. de Saxe fallen die Schichten ebensowenig constant nach SO gegen den Berg ein als am Mt. Blanc, auch hier beobachtet man zuweilen das

entgegengesetzte, der Neigungswinkel wechselt zwischen 45 und 80°, das Streichen zwischen h. 11 $\frac{3}{4}$ und 2.

Wir haben schon oben erwähnt, dass gerade dieses besonders abnorme Verhältniss in der Schichtenlage, die Ueberlagerung des Kalkes durch die krystallinischen Gesteine nur in beschränktem Maasse aufträte, und dass in grösserer Ausdehnung eine normale Ueberlagerung der letzteren durch die sedimentären Gesteine stattfindet, die nur in stark geneigter, hier und da auch in schwach gekrümmter Lage angetroffen werden. Wir haben daher dreierlei verschiedene Schichtenlagen zu erklären:

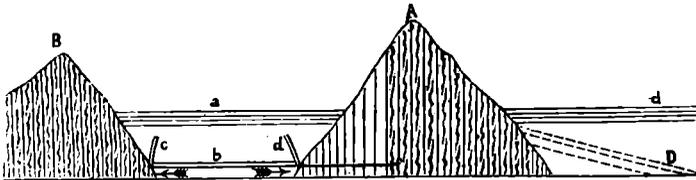
1. Die steil geneigte, zum Theil nach aussen überhängende der centralen Massen krystallinischer Gesteine.
2. Die mehr normale nur, steile Stellung der sedimentären Schichten, die jünger als 1 sind.
3. Die ganz abnorme Ueberlagerung der letzteren an einzelnen Stellen durch die ersteren.

Was das erste betrifft, so glaube ich, dass diese Massen schon vor der Ablagerung der Juraformation in senkrechter Stellung sich befunden haben, dass sie inselartig aus dem Meere emporragten, aus dem sich die Gesteine derselben absetzten. Als ein sprechendes Zeugnis dieser ihrer senkrechten Stellung können wir die Aiguilles rouges (Fig. 1) anführen, deren aus verticalen Gneisschichten bestehender Gipfel fast vollkommen horizontale Schichten der Trias- und Juraformation angehörig trägt. Die Frage, wie die Gneiss- und Granitschichten diese verticale Richtung erhalten haben, können wir hier füglich übergehen. Es genügt uns hier der Nachweis, dass sie vor der Ablagerung der triassischen und jurassischen Bildungen in dieser Stellung schon vorhanden waren und auf einem Durchschnitte von Norden nach Süden muldenförmige Vertiefungen oder Rinnen bildeten, in die sich die genannten mesozoischen Bildungen einlagerten; der Kamm des Mt. Blanc blieb von ihnen frei.

2. Die steile Schichtenstellung dieser sedimentären Bildungen begann nach ihrer Ablagerung durch die Auszehrung der Schichten, welche mit dem Zeitpunkte ihren Anfang nahm, in dem dieselben Festland geworden waren. Wie weit dabei eine ungleichmässige Hebung, welche diese Schichten ins Trockne brachte, mitwirkte, lässt sich nicht bestimmen. Wirkte dieselbe gleichmässig, nur von unten nach oben diesen Theil der Erdrinde bewegend, wie es die Schichtenlage auf der Aiguille rouge wahrscheinlich macht, so würden wir die in normaler Lagerung, aber mit steiler Neigung, auf den krystallinischen Gesteinen liegenden Kalk- und übrigen Schichten als

durch Senkung in dieselbe gelangt anzunehmen haben, wie in Figur 7 d nach D gelangte. Die unter dem Kalk liegenden, mit Dolomit oder Rauchwacke wechselnden, zum Theil sehr bedeutenden Gypslager begünstigen diese Lagenveränderungen in hohem Grade. Das ganz Regellose in denselben, der rasche Wechsel im Fallen und Streichen der Schichten hat, wenn wir sie auf eine solche nothwendig ungleichmässig wirkende Ursache zurückführen, nichts Befremdendes. Ich glaube aber auch, dass sich selbst

3. die ganz abnorme Ueberlagerung des Kalkes durch die krystallinischen Gesteine, die fächerartige Stellung der letzteren, auf dieselbe Ursache zurückführen lässt. Es stelle Figur 7 einen Durchschnitt durch die Kette des Mt. Blanc und



Figur 7.

das Val Ferret dar, unmittelbar nach der Ablagerung der Juraschichten. Nehmen wir an, dass die tieferen Lagen bei b stark ausgezehrt wurden, oder dass überhaupt in verticaler Richtung die Schichten sich mehr verdünnten und gegen b nachsanken, so dass schliesslich die Schicht a nach b gelangte, so mussten dieselben, da bei b ein viel geringerer Raum zwischen den Massen A und B ihnen frei steht, in der Richtung der Pfeile nach beiden Seiten einen ungeheueren Druck ausüben.*) Derselbe musste ebensowohl auf die sich senkenden Schichten wie auf die angrenzenden von A seine Wirkung äussern, auf die ersteren durch eine Knickung und um Umbiegung der Theile c und d; die letzteren, die wir als senkrecht stehend angenommen haben, werden, wenn sie auch nur um einen sehr geringen Betrag in der Linie bf zusammengedrückt wurden, dadurch eine etwas schiefe Stellung, den Anfang einer Fächerstellung angenommen haben. Sowie aber nur der Anfang zu einer solchen gegeben war, musste die

*) MALLET hat in seiner Arbeit „Ueber vulcanische Kraft“ näher diesen Druck berechnet und für den tangentialen Druck T einer sich senkenden Gesteinsmasse vom Gewichte P gefunden $T = \frac{Pr}{2}$, wo r den Erdradius bedeutet.

Schwere dieselbe in demselben Maasse vollkommener machen, als die fortschreitende Auszehrung der Schichten diese seitliche Bewegung begünstigte. Ob und wie weit eine gewisse Plasticität der krystallinischen Gesteine zu dieser Fächerstellung, oder richtiger zu diesem Ueberhängen derselben beiträgt, darüber lässt sich nach den bisherigen negativen Resultaten der Versuche in dieser Richtung nichts Sicheres aussagen; doch glaube ich, dass es kaum einen Geologen geben dürfte, welcher nicht eine solche, wenn auch nur in sehr geringem Maasse, bei anhaltender Einwirkung einer Kraft, zugestehen würde. Wir können durch Herbeiziehen dieser das Fehlen einer Erscheinung erklären, die wir ohne dieselbe wohl wahrzunehmen erwarten dürften, nämlich das Fehlen von freien Zwischenräumen an den oberen Enden der Schichten, wo sie mit den benachbarten divergiren. Nehmen wir nämlich an, dass diese Stellung nachträglich erzeugt wurde, es sei durch welche Ursache es wolle, so müsste ein Klaffen an den oberen Enden wie zwischen a u. b Figur 8 stattfinden. Die Plasticität der Gesteine kann diese Lücke da ausfüllen, wo es nicht durch den Druck der übrigen Schichten geschehen kann.



Figur 8.

Indem wir so auch diese Ueberlagerung der Kalke durch die krystallinischen geschichteten Gesteine erzeugt durch ein Nachsinken der Schichten der letzteren durch die Schwere annehmen, welche sie zwingt, ihrer weichenden Unterlage nachzusinken, führen wir diese ebenfalls auf eine local und ungleich wirkende Ursache, die Thätigkeit des Wassers, zurück, und eben damit auf eine, die auch auf sie ungleich wirkt. Dass aber auch bei diesen Gesteinen eine solche ungleiche Wirkung angenommen werden muss, das zeigt die ungleichmässige Lage, in der wir auch diese finden. Dass diese Unregelmässigkeit bei ihnen weniger stark hervortritt, als bei den sie umlagernden sedimentären Bildungen, findet seine hinreichende Erklärung in dem Umstande, dass sie von anderen umhüllt und in senkrechter Stellung sich befanden, also in Verhältnissen, die einer nachträglichen Schichtenstörung einen engeren Spielraum darbieten, als eine ganz oder nahezu horizontal liegende Schichtenreihe.

Es werden wohl alle Geologen in thesi zugeben, dass man, so lange es möglich ist, mit einer wohlbekanntem, unablässig vor unseren Augen wirkenden Kraft geologische Erscheinungen zu erklären, nicht nach einer anderen unbekanntem und dunklen sich umsehen soll. In praxi wird es aber immer schwierig bleiben, zu entscheiden, wie weit eine solche zur Erklärung eines bestimmten Falles ausreicht. Ob meine Er-

klärung der Schichtenstörungen am Mt. Blanc durch die Thätigkeit des Wassers ohne eine der plutonischen Kräfte zu Hülfe zu nehmen, als eine Ueberschätzung jener anzusehen sei, das wird wohl nur von denen entschieden werden können, welche eine genaue Kenntniss dieses Gebirgsstockes besitzen. Wie diese Entscheidung auch ausfallen möge, die Wahrheit wird sie sicher zu bestärken dienen, dass die localen, durch locale Wirkungen erzeugten Störungen im Baue der Alpen eine sehr bedeutende Ausdehnung und einen tiefgreifenden Einfluss haben und sicher viel mehr Beachtung verdienen, als ihnen bis jetzt geschenkt wurde.
