

# Wie am Mte. Piottino die Parallelstruktur des Gneisses in Schichtung übergeht.\*

Von

Dr. F. M. Stapff in Airolo.

(Mit 14 Holzschnitten.)

Bereits in den Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft für 1874—1875 habe ich auf p. 131 gelegentlich Beschreibung der im nördlichsten Streifen des Finsteraarhornmassives sowohl am Tage als im Gotthardtunnel wahrnehmbaren „secundären“ oder „falschen Schieferung“ des Gneisses darauf hingewiesen, dass dieselbe „eine in den Alpen nicht ungewöhnliche Erscheinung zu sein scheint, welche sich z. B. vielfach zwischen Göschenen und Amsteg, am deutlichsten aber vielleicht am Mte. Piottino (Mte. Platifer; Plattenberg) zwischen Airolo und Faido wahrnehmen lässt. Die Parallelstruktur des häufig feingefalteten Gneisses verläuft an letzterem Ort überhaupt fast EW. mit steilem Einfallen in S.; die viel deutlichere falsche Schieferung, welche jene Plattenabsonderung veranlasst, der der Berg seinen Namen verdankt, verläuft dagegen NW. mit Einfallen in SW., d. h. völlig concordant der Schichtung der auf dem Piottinogneiss aufliegenden Straten von Glimmerschiefergneiss, Glimmerschiefer, Quarzit, dolomitischem Kalk.“

H. DE SAUSSURE giebt in „Voyages dans les Alpes etc.“ Tome VII p. 11 folgende vortreffliche Schilderung der Erscheinung: .... „on monte par un chemin en corniche au-dessus du

\* Vergl. Bl. 503 Faido des topogr. Atlas der Schweiz; 1 : 50 000.

Tésin, qui se précipite entre des rochers avec la plus grande violence\*. Ces rochers sont là si serrés qu'il n'y a de place que pour la rivière et pour le chemin, et même en quelques endroits, celui-ci est entièrement pris sur le roc . . . . . Les veines de ce granit, forment en plusieurs endroits des zigzags redoublés, précisément comme ces anciennes tapisseries, connues sous le nom de pointes d'Hongrie; et là, on ne peut pas prononcer si les veines de la pierre sont ou ne sont pas parallèles à ces couches. Cependant ces veines reprennent aussi, dans quelques places, une direction constante, et cette direction est bien la même que celle des couches. Il paraît même qu'en divers endroits, où ces veines ont la forme d'un . . . . .  $\Sigma$ , ce sont les grandes jambes du  $\Sigma$ , qui ont la direction des couches. Enfin j'observais plusieurs couches, qui dans le milieu de leur épaisseur paraissaient remplies de ces veines en zigzag, tandis qu' auprès de leurs bords, on les voyait toutes en lignes droites. . . . . Ces couches montent généralement de 30 à 35 degrés du côté Nord-Est. Et comme en arrivant au péage de Dazio grande, qui est au haut de cette montée, on se trouve d'abord au niveau, et ensuite au-dessus de la surface supérieure de ce rocher, on a la facilité de reconnaître que cette surface est bien parallèle aux joints des couches ou des assises inférieures."

Zu dieser Schilderung würden sehr wohl die schematischen Abbildungen passen, welche STUDER (Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie; I. p. 140) von den zickzackförmigen Knickungen (Prättigau), oder cylindrischen und kuglichten Umbiegungen (Niesenschiefer) zwischen nicht gebogenen Schichtflächen im Glimmer- und Thonschiefer mittheilt: „als ob ein Seitendruck oder eine wellenartige innere Bewegung eingewirkt hätten“.

STUDER beschreibt auch in „Geologie der Schweiz“ I, p. 228 f. ausführlich das wesentliche der ganzen Erscheinung, wie sie vielorts in den schwebenden Gneissstraten der Tessiner-Alpen beobachtet werden kann, nämlich: nahezu vertikale Stellung der Glimmerblättchen zwischen nahezu

---

\* Es ist hier die Schlucht von Dazio grande gemeint, welcher der Tessin quer durch den Mte. Piottino folgt.

horizontalen Stratificationsgrenzen. „Vertikale Stellung, am unteren Ausgang der Thäler, verworrene oder granitische Struktur im mittleren, sanfter geneigte oder horizontale Lage im Hintergrund, wiederholt sich beinahe in der ganzen Erstreckung dieser Gruppe, und charakterisirt dieselbe ebenso, wie die Fächerstruktur die mehr auswärts liegenden Centralmassen. . . . Man würde sich getäuscht finden, wenn man erwarten sollte, in einem dieser Thäler die Grenze zwischen der horizontalen und vertikalen Stratification durch eine knieförmige Umbiegung der Schichten, oder eine abweichende Lagerung, ein Abbrechen der horizontalen an den vertikalen Straten, bezeichnet zu sehen.“

Durch die Gotthardbahnbauten sind gegenwärtig im Mte. Piottino, entlang und unterhalb der Dazioschlucht, grosse Gesteinsflächen entblösst, an welchen die Beziehung zwischen Schichtung (Stratification) und Parallelstruktur (SAUSSURE's „Veines“ du granit) in allen Einzelheiten und Variationen mit Leichtigkeit beobachtet werden kann. Der Zweck folgender Zeilen ist, Geologen hierauf aufmerksam zu machen: mancher dürfte seine Vorstellungen über Concordanz zwischen Gneiss-schichten und aufliegenden jüngeren (ursprünglich) sedimentären Gesteinen hier collationiren können.

Behufs allgemeiner Orientirung ist vorzuschicken, dass im Tessinthal von Ossogno aufwärts bis oberhalb Dazio folgende Gesteinsschichten übereinander lagern:

1. Gneiss (siehe STUDER l. c. p. 226). Theils ohne deutliche Parallelstruktur und Schichtung, aber durch weit ausgedehnte ebene Klüfte (sog. „Piotten“) ziemlich regelmässig in dicke Bänke abgesondert; theils sehr deutlich schwebend, flach wellig, geschichtet; mit südwestlichem Einfallen. Im Thalweg endet dieser Gneiss gleich oberhalb der Polmengobrücke (erste Tessinbrücke von Faïdo aufwärts), wo er, von flachen Wellen abgesehen, fast horizontal ausgebreitet ist, und von
2. Glimmergneiss überlagert wird. Dieser ist zweiglimmerig wie der vorgehende Gneiss; der braune Glimmer aber so vorherrschend, dass dünne Schieferung und glimmerschieferähn-

licher Hauptbruch resultirt. An manchen Stellen täuscht letzterer jedoch, indem der sog. Glimmergneiss lediglich Gneiss (No. 1) ist, welchen dicht aufeinander folgende braune schuppige Glimmerhäute durchziehen; diese bedingen die Stratification. Der Glimmergneiss endet im Thalweg unterhalb Ponte della Vicinanza (zweite Tessinbrücke ob Faido); seine Schichten besitzen eine Gesamtmächtigkeit von 50 bis 75 m und verlaufen im Mittel:

N 10 W  $\rightarrow$  9 SW nahe der Polmengobrücke,

N 77 W  $\rightarrow$  23 SW zwischen dieser und Ponte della Vicinanza,

N 70 W  $\rightarrow$  36 SW nahe der letzteren; woraus sich eine allmähige Aufrichtung nach dem Mte. Piottino hin ergibt, welchen sie unterteufen. Wo er vom Tessin durchschnitten und weggeführt ist, und wo am linksseitigen Thalgehänge (bis unter Faido) Wildbäche (sog. „Dragoni“) ihn durchfurchen, sind im Glimmergneiss weite wüste Runsen („Frane; Valloni“) ausgekesselt, welche vielorts auch Absätzen der ihn überlagernden Gneiss-schichten No. 3 verursacht haben.

Diese, No. 3, bilden den eigentlichen Gegenstand der folgenden Schilderung. Sie sind das Hauptgestein des Mte. Piottino, welcher ihrer Schichtung conform gen SW. flach abfällt, gegen NE. aber mit fast lothrechten Wänden höchstens 400 m tief in das Tessinthal abstürzt. Etwas geringer ist die Mächtigkeit des Mte. Piottinogneisses, den der Tessin in der Schlucht von Dazio grande quer durchschneidet. Da die mittlere Richtung seiner sehr deutlichen Schichten von unten nach oben allmähig aus N 67 W  $\rightarrow$  36 SW in N 73 W  $\rightarrow$  40 SW, in N 78 W  $\rightarrow$  43 SW. übergeht, so fährt in ihm die beim Glimmergneiss No. 2 angemerkte Aufrichtung fort.

4. Glimmerschiefergneiss, ähnlich No. 2.

5. Glimmerschiefer mit paragonitischem Glimmer und spärlichen braunen Glimmerschüppchen, wenig Feldspath, accessorischen Granaten, Hornblendebüscheln. (In der südöstlichen Fortsetzung bei Gribbio etc. auch Spuren von Turmalin, Staurolith, Disthen.)

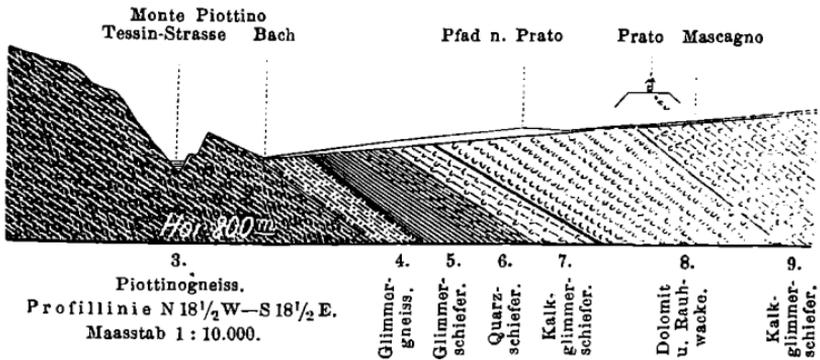
6. Quarzitschiefer.

7. Kalkglimmerschiefer;

nehmen in vorstehender Reihenfolge zusammen fast 200 m im Hangenden des Piottinogneisses ein. Es folgt

8. Dolomit und dolomitische Rauhwaacke, in unserer Profillinie höchstens 200 m mächtig; ferner: grauer Kalkglimmerschiefer, schwarzer Kalkglimmerschiefer mit Granaten u. s. f.

Die Schichten 4. bis 8. (u. f.), welche man wohl ohne weitere Beweisführung als ursprünglich sedimentäre auffassen darf, schmiegen sich dem Piottinogneiss concordant an: Der Dolomit verläuft (in Profillinie) im Mittel N 68 W — 40 SW., richtet sich aber an seinem Südwestrand zwischen Pratokirche und Rodi bis 56° auf.



Figur 1.

Die Figur 1 zeigt die Lagerfolge der Schichten von No. 3 aufwärts. Dies Profil habe ich (mit vielen anderen) schon 1874 wegen Tracirung eines damals vom Oberingenieur GERWIG projektierten Tunnels construirt. Seinem speciellen praktischen Zweck entsprechend ist die Profilebene nicht der Fallrichtung der Schichten parallel gelegt, sondern schief dagegen (normal zur projektierten Tunnellinie). Deshalb erscheinen die Schichten flacher und mächtiger, als sie in Wirklichkeit sind. Die Profillinie schneidet den Tessin unmittelbar am Fuss des Mte. Piottino zwischen den beiden Brücken bei Dazio grande und geht in N. 18½ W. — S 18½ E. Richtung nahe bei Pratokirche vorbei. In dieser Linie giebt es nur wenige direkte Aufschlüsse; die Constructions-elemente für das Profil sind zwischen Mte. Piottino, Dazio grande, Fiesso, Prato, Mascagno, Cornone zusammengesucht.

Die Dolomitschicht No. 8 kann von der Nachbarschaft Gribbio's ohne wesentliche Unterbrechungen über Cornone und Prato nach Fiesso verfolgt werden, von wo sie, nach mehr vereinzelt Aufschlüssen zu urtheilen, bis zum Mezzodie und über ihn hinaus in's Val Maggia fortsetzt.

Zwischen Fiesso und Prato-Cornone fällt sie mitten in den Endzipfel eines SE. gerichteten Längenthales, dessen linkes (NE.)-Gehänge der Mte. Piottino bildet. Diesen durchbricht der Tessin in der mehrerwähnten ENE gerichteten Schlucht von Dazio, um unterhalb durch einen, im schwebenden Gneiss eingeschnittenen, breiten Cañon seinen Lauf in flachem Bogen gegen SW. und S. fortzusetzen.

9 Kilom. von Dazio grande flussaufwärts bildet Gneiss das linke Gehänge des Tessinthales; Kalkglimmerschiefer (mit dem Dolomitzug No. 8) das rechte. Das Thal folgt hier augenscheinlich einer Verwerfungsspalte, die sich von der Stretta di Stalvedro bis unterhalb der Schlucht von Dazio in ESE.-Richtung wenigstens 12 Kilom. weit erstreckt. Nördlich von derselben ist das Gebirge gehoben, und zwar so, dass die Hebung bei Stalvedro beginnt, im Meridian von Quinto aber bereits 1000 m übersteigt, wie aus dem Niveauunterschied gleichartig angesehener Schichten auf beiden Seiten des Tessinthales folgt. Bei Stalvedro besitzen die Schichten auf beiden Seiten der Verwerfungsspalte steiles nördliches Einfallen; thalabwärts dreht sich dasselbe auf der rechten Thalseite aber allmählig in das südwestliche Einfallen des Mte. Piottino, während auf der linken Seite nördliches Einfallen anhält, bis nahe der wüsten Kehle des Vallone rosso, Fiesso gegenüber. Hier ist Parallelstruktur und Schichtung des Gneisses zunächst verwischt. Einzelne NW — SW gerichtete Piottenklüfte, welche das Gestein in dicke Bänke absondern, nehmen aber an Zahl und Regelmässigkeit zu, je mehr man sich Dazio nähert, und vermitteln einen ganz allmählichen Übergang in die gleichsinnige Schichtung des Mte. Piottino.

Durch den Vallone rosso setzt auch die ideelle Verwerfungslinie dieses Theiles des Tessinthales. Greifbarer ausgedeutet ist sie unterhalb der Schlucht von Dazio, am linken Gehänge in der Auskesselung bei Freggio; weiter thalabwärts

folgt ihr der Tessin fast bis zur Polmengobrücke; und die immer noch lebendige Frana von Vigera-Osco (am linken Tessinufer) dürfte hier dieser Spalte, dem im Thalweg austreichendem Glimmergneiss (No. 2), und der wegführenden Arbeit des Tessin zusammengenommen ihre Entstehung verdanken. Gefährten derselben Verwerfungsspalte verlaufen aber auch auf ihrer Südseite: ihnen ist wohl zuzuschreiben, dass der Seitendurchbruch des Tessin durch den Mte. Piottino gerade an der Stelle der jetzigen Dazioschlucht erfolgte. Einzelne Klüfte und Spalten, in welche sich die Hauptverwerfungsspalte vom Vallone rosso abwärts zersplittert, und welche sowohl in der Dazioschlucht als in den Tunnels seitlich von ihr wahrgenommen werden können, verlaufen N 75 W – 75 N; 88 E – 44 N; 75 W – 90; 75 W – 41 N u. s. w.

Für die Parallelstrukturflächen des Mte. Piottinogneisses (No. 3) bildet die ideelle Verlängerung der Verwerfungsspalte vom Vallone rosso bis zum Ponte di Polmengo eine Antiklinale: Nördlich von derselben sind die Strukturflächen (Streifung; veines) N 81 E – 60 N; 82 E – 65 N; EW – 75 N u. s. w. gerichtet, d. h. gleichsinnig mit der Stratification am linken Thalgehänge von Stalvedro abwärts. Südlich von der Antiklinalen verlaufen sie dagegen N 87 E – 64 S; 82 E – 80 S; 51 W – 68 SW; 60 E – 80 SE, 80 W – 76 SW; 85 W – 80 S u. s. w. Dass diese Zahlen z. Th. sehr von einander abweichen, beruht wohl hauptsächlich auf der Schwierigkeit bei der Messung, die wirkliche Mittelrichtung der gefälten und verworrenen Streifen ausfindig zu machen.

Die mittlere Richtung der Parallelstruktur des Mte. Piottinogneisses südlich von der Antiklinalen ist N 88 W – 75 S, während seine Schichtung überhaupt N 73 W – 40 SW verläuft (N 67 à 78 W – 36 à 43 SW; nach No. 3). Nehmen wir an, dass die dem Gneiss folgenden Schichten No. 4 u. f. ursprünglich horizontal abgelagert, und erst nachmals durch einseitige Hebung oder seitlichen Schub in ihre jetzige Stellung gebracht seien, so müssen vor diesem mechanischen Vorgang die Lamellen des (mitbewegten) liegenden Gneisses ein südwestliches Einfallen von ca.

75—40° = 35° besessen haben. Von einer Concordanz der Gneisslamellen und der Glimmerschiefer-Dolomit-Sedimente kann also keine Rede sein, sobald man davon ausgeht, dass die bisher besprochene Parallelstruktur des Gneisses präexistierte.

Der Piottinogneiss (No. 3) stimmt nach seiner Mineralzusammensetzung im wesentlichen mit dem Gneiss No. 1 überein. Letzteren schildert STUDER (l. c. p. 226) so: „weisser Feldspath und Quarz, meist innig verwachsen, stark glänzender „dunkelbrauner oder schwarzer Glimmer, oft bekleidet oder gemengt mit silberweissem Glimmer, beide Abänderungen ineinander übergehend, der Glimmer, theils in einzelnen grösseren „Blättchen die Absonderungen bedeckend, theils in zarten Theilchen und Pünktchen. Selten trennt sich der Feldspath deutlich „vom Quarz, noch seltener ist er porphyrtartig ausgesondert.“

Die Struktur dieses Gneisses wollen wir im folgenden betrachten und versuchen durch einige Skizzen zu demonstrieren, wie sich seine Lamellen der ebenen Querstratification anschmiegen, in dieser, durch nachmalige mechanische Vorgänge, aber auch von neuem gestaucht sein können.

---

Gneissstreifen mit ebenen, dünnen, durch zarte Häute oder Schüppchen von silberweissem Glimmer und grössere Flatschen von schwarzbraunem getrennten Quarzfeldspathlamellen, kommen nicht häufig zwischen einzelnen Ablösungen vor, welche von der Hauptrichtung der Piottinoschichtung (N 73 W — 40 SW) meist nicht viel abweichen (s. Fig. 2). Die Lamellen (Streifen; veines) werden von den Ablösungen gerade durchschnitten, oder sie sind an ihnen ganz kurz umgestaucht; gleichsinnig auf derselben Seite derselben Ablösung, aber oft widersinnig an verschiedenen sich folgenden Ablösungen. Auch sind Umstauchungen nicht immer auf der ganzen Länge einer und derselben Ablösung wahrnehmbar; sie verlieren sich allmähig, wie die Ablösungen selbst. Aus diesen Verhältnissen scheint hervorzugehen, dass die kleinen Umstauchungen nicht lediglich Folge von Druck normal zu den Ablösungsflächen sein können; es müssen gleichzeitig mit dem Druck kleine Verschiebungen parallel den Ablösungs-

flächen stattgefunden haben, und zwar Verschiebungen in verschiedener Richtung.

Viel gewöhnlicher sind gefältelte und gekräuselte Lamellen. Die Krümmungsradien der Fältchen übersteigen selten ein paar Decimeter, sind in der Regel viel kleiner, messen oft nur ein paar Linien. Es kommen alle möglichen Grade der Umbiegung vor: Übergänge aus ganz flachen Wellen in spitze Kniee, deren Schenkel sich den Ablosungsflächen anschmiegen. In der Fig. 3 sind einige der gewöhnlichsten typischen Formen skizzirt; alle darzustellen wäre ebenso unmöglich als alle Wellenformen des bewegten Meeres. Auch darf man nicht meinen, dass je aufeinanderfolgenden Straten gewisse Faltenmuster eigenthümlich sind oder dass verschiedenartig gefältelte Bänder so regelmässig alterniren, wie auf der schematischen Skizze.

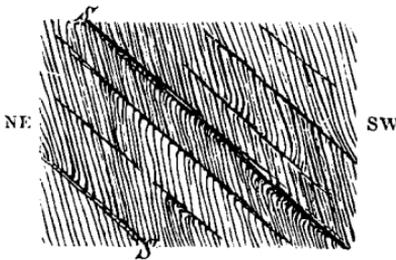


Fig. 2.

Schnitt in der Faltrichtung der Hauptverklüftung resp. Schichtung S nach N 17 E — S 17 W.



Fig. 3.

Orientirung hier und in folgenden wie in Fig. 1.

Aus der Fig. 4, welche nicht schematisch ist, sondern mit wenigen Linien die Fältelung auf ein paar Quadratmetern Gesteinsfläche im oberen Voreinschnitt des Freggio tunnels darstellt, lässt sich ersehen, wie launig die Details der Erscheinung wechseln.

Zu beachten ist, dass die Fältchen nur selten stumpf gegen die Ablosungsflächen absetzen; die oben erwähnte Anschmiegung wurde schon von SAUSSURE beobachtet und mit Recht gewürdigt. Nur ist die Anschmiegung auf zwei sich folgenden Ablosungen nicht immer gleichsinnig (SAUSSURE's  $\Sigma$ ), sondern wohl ebenso häufig gegensinnig (S oder Z). Ebenso wie die widersinnige Richtung der kurzen Stauchränder ebener Strukturflächen, wovon im vorgehenden die Rede war, deutet dies auf kleine, nicht immer gleichsinnige, Verschiebungen der von

den Ablösungsflächen begrenzten Gesteinsstreifen. Übrigens nimmt nicht etwa eine einfache  $\Sigma$ -, S- oder Z-förmige Schlinge immer die ganze Breite eines Gesteinsstreifens ein: in seiner Mitte vielfach verschlungene Lamellen verlaufen an seinen Grenzflächen so zu sagen asymptotisch, und der zwischen den auskeilenden Quarzfeldspathlamellen abgelagerte Glimmer verflöscht sich an den

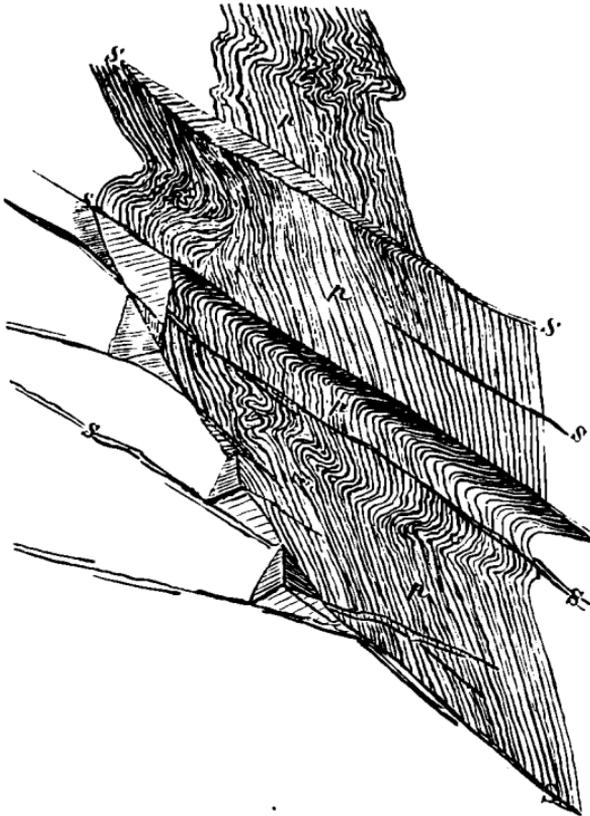


Fig. 4.

s Schichtung (Ablosungen): N 85 à 90 W | - 40 SW, p Parallelstruktur: N 60 E | - 80 SE.

Grenzflächen zu zusammenhängenden schuppigen Häuten, welche die einzelnen Gesteinsbänke — Straten — ablosen.

Die Axen der einzelnen Faltenwellen sind unter sich zwar nicht genau parallel, liegen aber gewöhnlich zwischen Streichen und Fallen der Straten gegen NW. gerichtet.

Denkt man sich die in Fig. 3 skizzirten Fältchen normal zur Stratification aufs äusserste zusammengepresst, oder in der

Richtung der Stratification gestreckt (z. B. durch gegensinnige Parallelverschiebung der Grenzflächen je eines gekräuselten Gesteinsstreifens ohne Ablösung der Querlamellen von den Grenzflächen), so entsteht die gewöhnlichste Strukturform des Piottinogneisses, welche man in allen möglichen Schnitten an Tausenden von Werksteinen studiren konnte, die bei Dazio für die Verwölbung des Gotthardtunnels hergerichtet wurden. Die Fig. 5 giebt von derselben nur eine beschränkte Vorstellung. Ganz flach linsenförmige uneben gewellte Quarzfeldspathlamellen sind fingerartig ineinander geschoben (structure

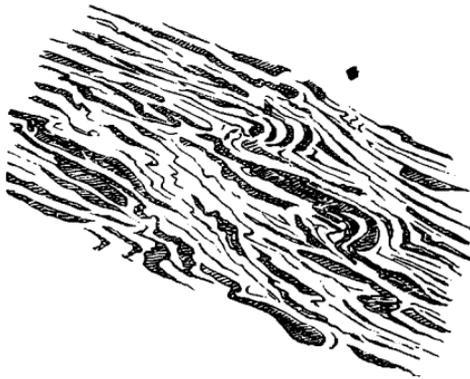


Fig. 5.

Ca. 2 Quadr.-F. Stechfläche eines Werksteines aus Piottinogneiss.

interlacée) und durch gestreckte Flatschen von schwarzbraunem Glimmer und Schüppchen, oder ganz dünne Häute, von weissem getrennt. Die Lamellen sind aber nicht homogen; Glimmer ist auch in sie hineingequetscht, und erscheint theils isolirt, schuppig fetzig, theils in mehr zusammenhängenden subtilen Häuten (auf Querschnitt in feinen Linien). Knoten in den Lamellen bestehen nicht aus Feldspathkrystalloiden, sondern sind das Resultat der Zusammenpressung scharf S-förmig umgebogener Fältchen. Bei der Quetschung scheinen (nach 3) zusammengekräuselte, durch nur wenig Glimmer getrennte, Quarzfeldspathlamellen, in dickere zusammengeschweisst (s. v. v.); gleichzeitig hie und da spitzwinkelig abgescheert, doch so, dass Glimmer über die Trennungsflächen gezogen wurde. Die neu entstandenen dickeren Lamellen liegen den Stratificationsebenen selten ganz parallel, gewöhnlich spitzwinkelig zu denselben.

Nicht selten ist auch die Parallelstruktur der gekräuselten Lamellen ganz verwischt und in scheinbar granitische übergegangen; nur einzelne dickere, schief zwischen den Schnittflächen verlaufende gewundene Streifen, welche man beim ersten Anblick für Adern (mit Quarz und Feldspath gefüllte Risse) späteren Datums halten möchte, sind von der ursprünglichen Streifung noch übrig geblieben. (Fig. 6.)

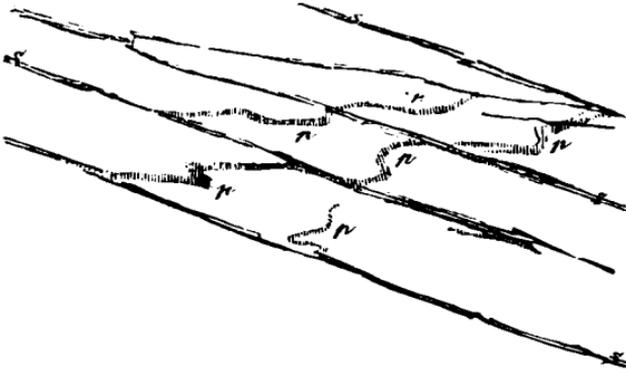


Fig. 6.

s Schichten N 85 à 75 E |— 15 à 25 S, p Quarz-Feldspathstreifen.

Endlich sieht man eben begrenzte feinkörnige, fast granitische Schichten, durch welche ganz dünne schwarze Linien spitzwinkelig zu den Schichtflächen verlaufen, vielfach sich kreuzend

und schleppend (Fig. 7). Solche Bänke geben keine guten Werksteine; sie lassen sich nicht leicht lagerhaft abschroten, haben „Stiche“, und zerspringen oft schon beim Zurichten in scharfe rhomboidale Brocken. Die schwarzen Linien entpuppen sich dann als Querschnitte ganz dünner Glimmerhäute, welche die Gesteinsscherben bekleiden. Und bei näherer Untersuchung findet man zwischen den schwarzen Linien noch zahllose viel feinere, welche gruppenweise



Fig. 7.

in ganz scharfen Spitzen zusammenlaufen. Dies sind die letzten schattenhaften Umrisse zusammengepresster, verschobener und ineinander geheilter  $\Sigma$ - und Z-förmig geknickt gewesener Lamellen.

Den Schluss aller dieser formalen Metamorphosen bilden dünne ebenflächige der Schichtung im ganzen parallel verlaufende Quarzfeldspathlamellen; weiss, oder durch eingeknetete Glimmerschüppchen graubraun gefärbt, mit wenigen Knötchen und Anschwellungen. Die zwischenliegenden dunkelen Lamellen sind milde, glimmerreich; erscheinen oberflächlich wie zusammenhängende schuppige Glimmerhäute.

So wären wir von ebenen Lamellen, welche  $35^{\circ}$  gegen die Schichtflächen des Piottinogneisses geneigt sind, durch viele Quetschungen bei ebenen Lamellen angelangt, welche der Schichtung parallel verlaufen. Es bleibt mir nun weniger auffällig, „dass dieselben (mikroskopischen) Quetschungen, Zerreissungen, „Verschiebungen der Mineralbestandtheile nicht nur in gefältelten „Gesteinsschichten gewöhnlich sind, sondern auch in solchen mit „ebenen Strukturflächen.“ (Dies. Jahrbuch 1881. I. Bd. p. 193.) In der That kann man den Strukturstreifen krystallinischer



Fig. 8.

a ungefältelte, b gefältelte (Glimmer-) Gneisschichten, c Streifen von feinkörnigem feldspathreichem Gneiss, p Quarzwülste.

Schiefergesteine nicht immer ohne weiteres ansehen, ob sie zu den Schichtflächen noch in ihrer relativen ursprünglichen Lage sich befinden oder durch innere Ummodelung in eine ganz andere gerathen sind; ob aus dem Material ursprünglicher Lamellen nicht vielleicht andere, mehr oder weniger transversale, zusammengesetzt worden sind, und ob solche Wandelungen innerhalb derselben Schicht sich nicht gar wiederholt haben. Für letzteres spricht u. a. das in Fig. 8 skizzirte\* Vorkommniss im oberen Voreinschnitt des Buscierinatunnels. Zwischen dicken,

\* Die Detailform der Schlingen ist nur angedeutet, nicht naturgetreu copirt.

parallel zu den Grenzflächen gestreiften (Glimmer) -Gneiss-schichten liegen andere Schichten desselben Gesteines, innerhalb welcher die Streifen (Lamellen) auf das wunderbarste gefältelt, verschlungen und ineinander gewickelt sind. Centimeter- bis halbmeterdicke Lagen von feinkörnigem, feldspathreichem Gneiss folgen den Strukturflächen des Nebengesteines; in die Gesteins-schlingen geworrene Fettquarzwülste, von Chlorit und Schwefelkies begleitet, durchgreifen sie dagegen und müssen deshalb für jünger gelten als das Nebengestein. Die erst durch mechanische Vorgänge den Schichtflächen parallel gewordenen Streifen scheinen also in einzelnen Schichten durch nachmalige Schübe von neuem zusammengefaltet, freilich in ganz andere Formen als die ursprünglichen.

---

Die im vorgehenden beschriebenen Strukturformen kommen in bunten Abwechslungen in allen Horizonten des Piottinogneisses, von Dazio grande bis oberhalb der Polmengobrücke, vor. Doch kann man sagen, dass nahe dem Liegenden und Hangenden, wo der Gneiss glimmerreicher und dem Glimmergneiss (No. 2 und 4) ähnlicher wird, die Streifung mit der Schichtung weniger divergirt, mit derselben überhaupt mehr harmonirt. Hieber könnten die durch Fig. 8 (abzüglich b) 7, 6, 5 erläuterten Beispiele gezogen werden.

Betrachtet man die Schichtung (Stratification) des Piottinogneisses als falsche Schieferung, d. h. Plattenabsonderung durch ebene gleich gerichtete dicht wiederholte glimmerbekleidete Klüfte, wofür der allmälige Übergang der deutlichen Piotten-verklüftung am Vallone rosso in die ebenso deutliche Stratification am Mte. Piottino, sowie das häufige Aufhören der Ablösungen im geschlossenen Gestein spricht, so muss man sich fragen, welche bekannte Naturkräfte thätig gewesen sein mögen, um im streifigen Gneiss die deutliche Schichtung aufgelagerter, ursprünglich sedimentärer Gesteine (No. 5—8) nachzuäffen, durch Erzeugung einer der Schichtung völlig conformen Verklüftung, welche sich nicht nur über mehrere Quadratkilometer ausdehnt, sondern gleichzeitig auch noch der Stratification des liegenden Glimmer-

gneisses anpasst? Wir mögen keine Reflexwirkungen voraussetzen und uns auf das Gebiet der Metaphysik der Gebirgsbildung wagen. Es wurde zwar früher bemerkt, dass der Glimmergneiss No. 2 z. Th. nur Gneiss sei, welchen dicht aufeinanderfolgende, der allgemeinen Stratificationsrichtung parallele Glimmerlossen durchziehen, womit die Fortsetzung der „falschen Schieferung“ des Piottinogneisses sogar in sein Liegendes hinein ausgesprochen wäre. Wie kann man aber annehmen, dass eine 60 à 75 m mächtige glimmerreiche Zone kilometerweit quer durch streifigen Gneiss sich erstreckt? Als ähnliche Erscheinungen könnte man höchstens gewisse Fahlbänder, von BEUST'S „Trümmerzonen“ und damit verknüpfte „Adelsvorschübe“, oder die verschiedenfarbigen Bänder anführen, welche ohne scharfe Abgrenzung Thonschiefer u. dgl. überqueren.\*

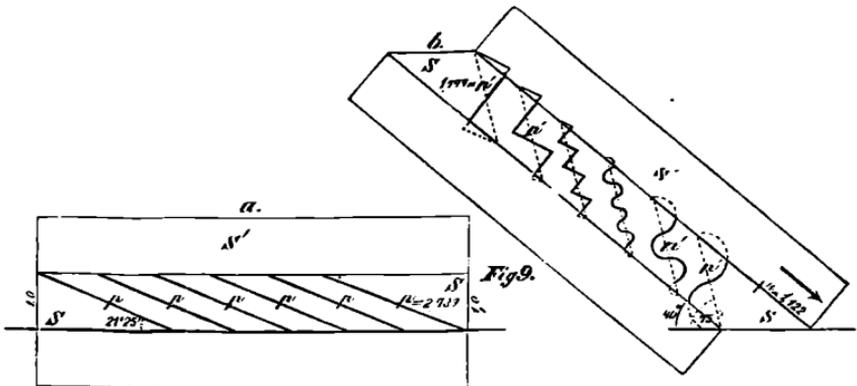
Wir sind von der Voraussetzung „falscher“ oder „sekundärer“ Schieferung im Piottinogneiss ausgegangen; haben demgemäss seine Parallelstruktur (veines) als präexistierend angenommen, und die Fältelungen derselben in solcher Reihenfolge vorgeführt, wie sie sich ungefähr entwickelt haben könnten, um schliesslich an die sekundäre Schieferung (jetzt = Stratification) angeschmiegt zu erscheinen. Wir können die beobachteten Erscheinungen aber auch in umgekehrter Ordnung betrachten und voraussetzen, dass der Piottinogneiss ursprünglich geschichtet war, und zwar conform und concordant sowohl dem unterliegenden Glimmergneiss (2) als dem hangenden Glimmergneiss (4) nebst folgenden Gesteinsschichten. Die verschiedenen Sedimentlagen, aus denen nachmals Quarzfeldspathstreifen (veines) und Glimmerhäute wurden, können entweder den Schichtflächen parallel oder spitzwinkelig zu denselben abgesetzt gewesen sein, ungefähr wie die Lagen im Inneren vieler Buntsandsteinbänke.

Die Streifen, oder besser Lamellen, sind dann entweder gar keiner Fältelung ausgesetzt gewesen, abgesehen von den unbedeutenden Umstauchungen unmittelbar an manchen Schichtflächen und ihnen parallelen Ablösungen (Fig. 2). Oder sie

---

\* Ich erinnere mich solche z. B. im nördlichen Wales und auf der Insel Anglesea gesehen zu haben; sowie am Weg über den Pass Thurn, zwischen Kitzbüchl und dem Pinzgau.

haben sich spitzwinkelig ineinandergequetscht: ohne Fältelung (Fig. 7), oder gleichzeitig mit solcher (Fig. 5, 6). Manche derselben endlich sind gekräuselt worden, in die durch Fig. 3, 4, 8b theilweise dargestellten Formen. Dass hier die Faltungsvorgänge durch einen äusseren Seitenschub hervorgebracht seien, darf man nicht ohne weiteres annehmen; denn ein solcher hätte wohl auf eine grössere Anzahl von Schichten ziemlich gleichförmig wirken und über einander liegende in gleichem Maass stauen müssen, gleichgültig ob dabei die Verkürzung (und gleichzeitige Verdickung) durch Ineinanderschiebung von Gesteinskeilen oder durch Faltenwurf erfolgte. Wir finden aber nicht gefaltete, also auch nicht verkürzte und verdickte, Gesteinslagen mitten zwischen gequetschten und einfach oder vielfach gefalteten, also in verschiedenem Maass verkürzten und verdickten (Fig. 8).



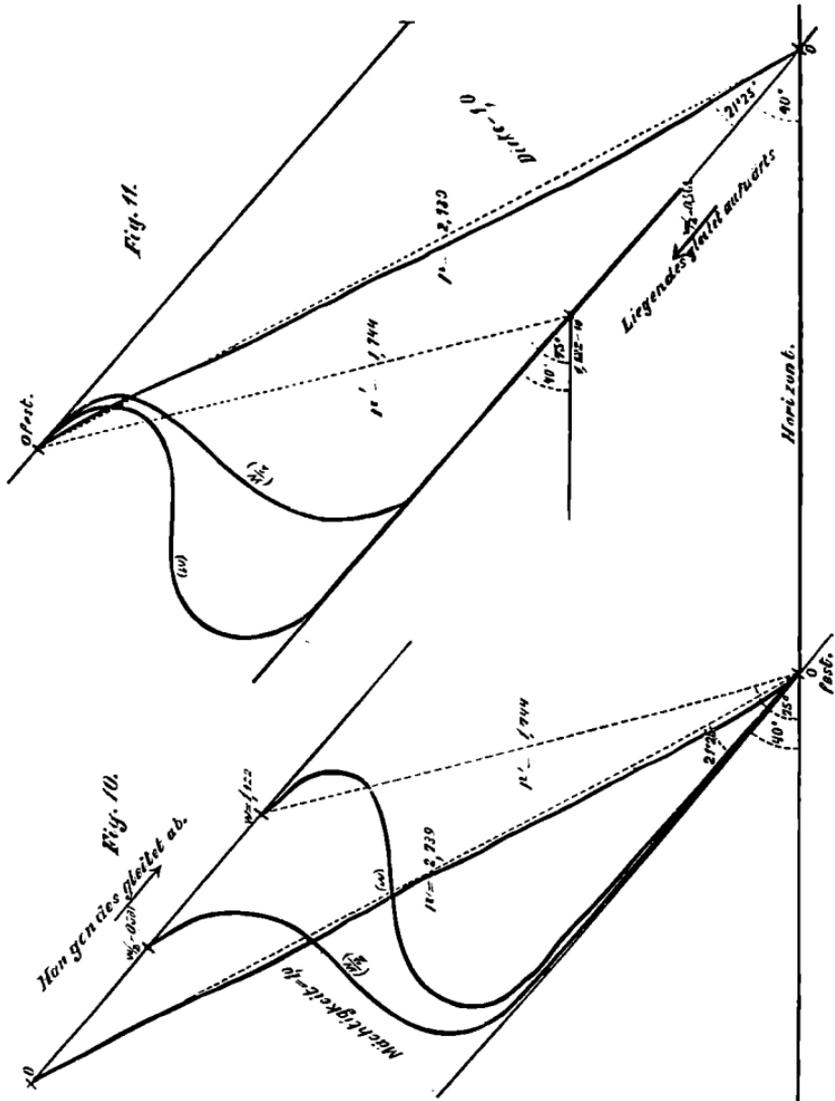
Ich glaube in diesem Fall, an die von NAUMANN, KÜHN, HERSCHEL (NAUMANN'S Lehrbuch der Geognosie I, p. 947) gegebene Erklärung der Schichtenfaltung anknüpfend, vermuthen zu dürfen, dass vielleicht beim Aufrichten des Komplexes zu  $40^{\circ}$  und mehr einzelne Schichten auf einander abgerutscht sind. Dass dabei vielförmige und dennoch äquivalente Faltungen eintreten konnten, selbst mussten, lässt sich mechanisch und geometrisch beweisen. Die Fig. 9 ist ganz schematisch, auch können die im folgenden beispielsweise eingeführten numerischen Werthe und gemachten Detailprämissen mannfach variirt und erweitert werden.

Es sei (in Fig. 9 a)  $S$  eine horizontale Schicht von der Dicke 1 m, in welcher die einzelnen Sedimentlagen  $p$  21° 25' gegen den Horizont geneigt sind. Die Schicht werde 40° aufgerichtet (9b) und gleichzeitig rutsche die nächsthangende Schicht  $S^1$  um 1,122 m ab, wobei sich wegen Verschiebbarkeit der inneren Theile von  $S$  und gleichzeitigen Festhaltens der Endpunkte von  $p$ ... an den oberen und unteren Schichtflächen, die Mittellinien von  $p$  zu 75° gegen den Horizont aufrichten sollen, ohne Änderung der Mächtigkeit der Schicht  $S$ . Die Mittellinien der einzelnen Sedimentlagen oder Lamellen werden dann auf 0,6366 ihrer ursprünglichen Länge verkürzt sein, d. h. unter den gemachten Voraussetzungen von 2,739 m auf 1,744 m und gleichzeitig müssen sich die Lamellen selbst ohne Änderung ihrer ursprünglichen Länge verbogen oder geknickt haben. Dies trifft zu, wenn sie (je) zu Halbkreisen zusammengeschlagen sind, die sich auf der Mittellinie berührend genau deren Länge einnehmen; oder wenn sie in gleichschenkelige Dreiecke mit dem Spitzenwinkel 79° 4' geknickt sind, welche auf der Mittellinie unmittelbar nebeneinander stehen, während ihre Basen zusammengenommen gleichlang mit der Mittellinie sind.

Die Grösse der einzelnen Dreiecke oder Halbkreise ist dabei geometrisch ganz gleichgültig, sofern sie nur ohne Verstümmelung auf der Mittellinie, zwischen den Grenzflächen der Schicht, Platz finden. Es ist auch geometrisch gleichgültig, ob die Dreiecke und Halbkreise auf der einen, oder anderen, oder alternierend auf beiden Seiten der Mittellinien stehen. (Siehe dies. Jahrbuch 1879, p. 292 f.; auch 1881, I. Bd. p. 184 f.)

Für Beurtheilung des mechanischen Vorganges ist letzteres aber nicht gleichgültig. Gleitet nur die obere Schicht abwärts (wie oben vorausgesetzt wurde), oder die unterliegende aufwärts, oder gleichzeitig erstere abwärts letztere aufwärts, aber so dass die Summe der Wege beider immer = 1,122 m bleibt, so entstehen  $\zeta$ - $\zeta$ -förmige Biegungen, oder  $Z$ - $Z$ -förmige Knickungen, deren Endglieder sich den bewegten Schichtflächen anlegen, der Bewegungsrichtung gegensinnig. Gleiten die obere und untere Schicht gleichzeitig mit gleicher Geschwindigkeit abwärts, so folgt die mittlere mit, ohne Änderung ihrer Struktur; bewegt sich die untere rascher abwärts als die

obere, so werden die Lamellen der Mittelschicht  $S$  gestreckt resp. gerissen, wobei die Mächtigkeit abnimmt; eilt endlich die obere Schicht der unteren voran, so entstehen Faltungen etc. vom  $\zeta$



oder  $\zeta$ -typus. Fig. 9b zeigt, dass Theile der Bogen- und Zickzacklinien über die Grenzflächen der Schicht hinausgreifen, was stets eintreffen wird, wenn die Mittellinien  $p'$  der Halbkreisfaltungen nicht normal zu den Schichtflächen stehen, oder wenn die



Da jetzt nicht nur ein bestimmter Neigungswinkel von  $p'$ , sondern auch unveränderliche Mächtigkeit der Schicht  $S$  vorausgesetzt ist, so werden sich in diesem Fall die Lamellen nach anderen Curven als Kreisbögen biegen müssen, aber immerhin so, dass  $p' = 0,6366 p^*$ .

Mittelst 2,739 langer Streifen starken Zeichenpapiers, welche hochkantig an den Seiten zweier Lineale angeklebt wurden, die in der Entfernung 1,0 parallel zu einander verschoben werden konnten, habe ich die Form einiger dieser Curven darzustellen gesucht und dieselbe auf untergelegtes Papier übertragen, durch Nachfahren mit einer Bleistiftspitze. Die Diagramme Fig. 10—14 sind wie alle vorgehende Figuren orientirt; der ausgestreckte Papierstreifen  $p$  trifft bei Beginn des Versuches die Parallellineale unter dem Winkel  $21^\circ 25'$ .

Wird das obere Lineal (hangende Schicht) abwärts bewegt, während das untere ruht, so tritt nach Zurücklegen des Weges  $\frac{1,122}{2}$  die Faltenform  $\frac{w}{2}$  ein; nach Zurücklegen des Weges 1,122 die Form  $w$  (Fig. 10). Beide Curven sind S-förmig und auffällig sind die langen, fast asymptotischen Schwänze ihrer unteren Schnörkel\*\*.

Bleibt das obere Lineal unverändert, während das untere (Liegendes der Schicht) aufwärts geschoben wird\*\*\*, so entstehen die in Fig. 11 dargestellten Biegungen, welche mit den vorigen im wesentlichen übereinstimmen.

\* Die Verkürzung wird hier  $= 0,6366$  angenommen, weil dies die Mittelzahl der Verkürzungen alle denkbaren einfachen Faltungen ist.

\*\* Aus Halbkreisen zusammengesetzte  $c$  (wie in Fig. 9b) erfolgen, in diesem u. f. Fällen, wenn man die Enden des Papierstreifens wohl in den Parallellinien sich bewegen lässt, aber ohne Führung durch Lineale, so dass sie sich ungehindert über die Parallellinien hinausbeugen können.

\*\*\* Aufwärtsgleiten einer liegenden Schicht unter ruhender Hangender ist zwar möglich, aber nicht sehr wahrscheinlich. Im Folgenden wurde unter dieser Voraussetzung experimentirt, lediglich um gleichförmigere Bewegung der Papierstreifen zu erzielen. Es ist geometrisch gleichgültig, ob der Weg  $w$  nur durch Verschiebung des einen Lineales zurückgelegt wird, oder durch gleichzeitige beider Lineale, in entgegengesetzter Richtung.

Wird endlich das obere Lineal um  $\frac{w}{2}$  abwärts, das untere gleichzeitig um  $\frac{w}{2}$  aufwärts geschoben, so erfolgen die Krümmungen der Fig. 12, welche den vorgehenden gleichfalls entsprechen. Da auch diesmal die sog. asymptotischen Schwänze unten wieder zum Vorschein kamen, obwohl die Bewegung oben und unten ganz gleich war, so glaube ich, dass nur ungleiche Beschaffenheit des Papiere dieselben veranlasste, z. B. grössere Steifigkeit in der unteren Hälfte.

Mehrfache  $\sphericalangle$ -faltungen können mit sehr dünnen biegsamen Papierstreifen durch dieselben Manipulationen hervor gebracht werden, oder auch mit steifen, welche während der Verschiebung der Lineale in einzelnen Punkten festgehalten werden.

Als der ausgestreckte Papierstreifen  $p$  (Fig. 13) in der Mitte durch 2 Nadeln so festgehalten wurde, dass er wohl zwischen denselben gleiten, aber nicht seitlich abweichen konnte, und dann die Lineale wie bei 12 verschoben, entstanden wieder dieselben Formen wie früher; doch wurden nun die Schwänze oben und unten gleichlang.

Eine ganz neue Form trat aber ein, als der Papierstreifen an 2 Punkten, welche je  $\frac{p}{3}$  von den Enden entfernt waren, durch je zwei Nadeln geführt wurde. Auch in diesem Fall betrug die Abwärtsbewegung des oberen Lineales  $\frac{w}{2}$ , die gleichzeitige Aufwärtsschiebung des unteren  $\frac{w}{2}$ . Die entstandene Biegung erinnert an ein  $\sphericalangle$  oder (abgerundetes)  $\sphericalangle$  (Fig. 14).

Knickungen lassen sich auf gleiche Weise leicht erzeugen, wenn man die Papierstreifen hie und da halb durchschneidet: an jedem Schnitt entsteht beim Verschieben der Lineale ein Knick. Ist das Papier dünn und der Schnitt nicht tief, so zeigen die gebrochenen Linien immer noch flache Wölbung; operirt man aber mit steifer Pappe und schneidet tief ein, so resultiren geradlinige Knickungen.

Mit ganz geringen Abänderungen des Experimentes lassen sich auf diese Weise fast alle gewünschten Fältelungs- und

Knickungsformen erzeugen. Wohl zu beachten ist aber, dass geringe Ungleichförmigkeit der Papierstreifen, ungleiche Steifigkeit derselben an verschiedenen Punkten, Verletzungen; ferner zufällige Reibungen u. a. Widerstände, ganz andere als die beabsichtigten Formen zur Folge haben können. Hieraus wird begreiflich dass der Faltenwurf in einem und demselben Gesteinsstreifen so äusserst manchfaltig sein kann, obwohl das Verhältniss  $p:p'$  (auf einer beschränkten Strecke dieses Gesteinsstreifens) dasselbe bleibt, und obwohl auch die Schwänze der Schlingen etc. gleichsinnig auslaufen. Ungleiche Festigkeit der Gesteinslamellen, verschiedene Reibung an verschiedenen Punkten, Unebenheiten, Ablösungen u. s. f. können unter denselben mechanischen und geometrischen Bedingungen dem Faltenwurf ganz neue Muster vorschreiben, wie dies bereits aus den Experimenten A. FAVRE's, DAUBRÉE's u. a. bekannt ist.

Durch die im vorstehenden skizzirten und ähnliche Versuche wünschte ich Antwort auf 2 Fragen zu erhalten: nemlich ob die bei Verwerfungen so häufig beobachteten Stauchränder die Verwerfungsrichtung sicher erkennen lassen, und ob die Fältelung des Mte. Piottinogneisses durch die Annahme successiver Verschiebung der Schichten erklärlich scheint.

Die Umstauchungen an Verwerfungsspalten, welche nicht mit der Schieferung oder Schichtung zusammenfallen, sind in der Richtung der Bewegung gewölbt. Die oben mitgetheilten Diagramme scheinen dem beim ersten Anblick zu widersprechen, besagen aber im Grunde genommen dasselbe, wenn man besinnt, dass nach den gemachten Voraussetzungen die Endpunkte der zu-faltenden Papierstreifen (Gesteinslamellen) an den verschobenen Linealen (Hangendem und Liegendem) festsitzen, zwischen denselben (im Inneren der zu fältelnden Schicht) aber biegsam sind. Bei Verwerfungen gleitet dagegen der eine Gebirgsstreifen an dem anderen, und durch die Reibung schleppen sich die aneinander stossenden Schichtenköpfe, so dass die typische Figur der beiderseitigen Stauchränder gleichfalls -förmig wird. Denkt man sich die beiderseitigen Stauchränder durch Linien parallel der Verwerfungsrichtung abgegrenzt, so würde der zwischen ihnen liegende, umgemodelte, Gesteinsstreifen der Schicht S in Fig. 9 u. f. entsprechen.

Die dargestellten, oder auf angedeutete Weise darstellbaren, Faltungen entsprechen den am Mte. Piottino vorkommenden in allen charakteristischen Zügen und würden noch mehr entsprechen, wenn die Bedingung des Festhaltens der einzelnen verzogenen Lamellen an den Grenzflächen der gleitenden Nachbarschichten in der Natur, durch Reibung, völlig erfüllt werden könnte. Geometrischen und phoronomischen Forderungen wird durch die Annahme der Entstehung solcher Faltungen durch Abrutschungen also genügt. Eine materielle Stütze für diese Hypothese glaube ich noch in kurzen, inneren gerieften Lossen zu finden und in gereffelten Glimmerfetzen. (Besonders im paragonitischen Glimmerschiefer kommen letztere häufig vor, so dass man kaum ein Handstück schlagen kann ohne silbergraue Glimmerhäute, die an der einen Seite dick, an der anderen ausgezogen und zerfetzt, zwischen beiden gerieft sind, und zwar hauptsächlich in der Richtung des Einfallens.)

Fassen wir das Vorstehende kurz zusammen, so führen die gleichen Beobachtungen entweder zu dem Resultat, dass die Schichtung des Piottinogneisses nur scheinbar (falsch) ist, und dass die jüngeren Schichten seiner Parallelstruktur (Streifung, Glimmerlage) discordant aufgelagert sind; oder zu dem Resultat, dass derselbe Gneiss transversal geschiefert und den aufgelagerten Schichten concordant geschichtet ist. Im vorliegenden Fall lassen sich die Verhältnisse unmittelbar übersehen; es giebt aber viele andere Fälle, wo entweder nur Parallelstruktur oder nur wirkliche oder vermeintliche Schichtung des Gneisses wahrnehmbar ist. Es wird dann schwierig über seine Concordanz oder Discordanz mit z. B. eingeklemmten Kalkkeilen zu urtheilen; unmöglich, wenn durch Quetschung sowohl Parallelstruktur als Schichtung verwischt sind, und statt deren eine schlechte Copie beider, unter der Form secundärer, falscher, Pseudo-Schieferung = NAUMANN'S paralleler Verklüftung, zum Vorschein kommt, welche besonders aus der Ferne nach Bedürfniss gedeutet werden kann.

Ich habe bisher absichtlich die Frage vermieden, wie die Theile des Gneisses so verschiebbar werden konnten, dass Fältelungen möglich wurden; sei es durch äusseren Seitendruck oder durch Abrutschungen, welche innere Seitendrucke

zur Folge hatten. Auch im folgenden soll diese Frage nur berührt werden, da zu ihrer Lösung keine neuen Momente vorgebracht werden können; mikroskopische Untersuchungen des Piottinogneisses, welche noch die besten Aufschlüsse geben würden, sind bisher nicht vorgenommen worden.

Die Annahme dass die Fältelungen stattfanden als das Gneissmaterial noch in thonig-plastischem Zustand sich befand, scheint mir hier nicht von vorne herein verwerflich. Man kann sich vorstellen dass die feuchten Sedimente, aus denen Gneiss wurde, schon wegen Bedeckung mit anderen einer Temperatur von ein paar hundert Graden und entsprechendem Dampfdruck ausgesetzt waren. Unter solchen Verhältnissen mussten sich aus günstig zusammengesetztem Schlamm die von DAUBRÉE künstlich dargestellten Mineralien bilden, zu denen Glimmer allerdings nicht gehört. Da die neugebildeten Mineralien im überhitzten Wasser aber muthmasslich aufgelöst bleiben, bis sie bei niedrigerer Temperatur und Dampfspannung auskrystallisiren können, so ist begreiflich, dass der Schlamm, obwohl von gesättigten Minerallösungen durchzogen, wie jeder andere Thon modelbar bleiben konnte bis Dampfentweichung und Abkühlung eintraten. Die dann auskrystallisirenden Mineralien konnten die nicht umgesetzten Schlammbestandtheile zu Stein verkitten. Fand die Dampfentweichung etc. gleichzeitig mit den Faltungsvorgängen statt, so würde erklärlich sein dass die Krystalle unvollständig, vielleicht schon während der Krystallisation, zerquetscht, gerissen, selbst verbogen, wurden.

Die Hauptschwierigkeit liegt in der Entscheidung, ob DAUBRÉE's Mineralien im überhitzten Wasser auskrystallisiren, oder aus ihren Lösungen erst im erkaltenden. Ich habe diese Frage schon einmal aufgeworfen (deutscher Text zu Geol. Gotthardprofil p. 56; französischer p. 61), und mir einmal erlaubt wegen derselben den berühmten Geologen in Clarens aufzusuchen: die Frage kann gegenwärtig nicht beantwortet werden.

Dass Schlammschichten unter ungleichmässiger Belastung oder bei einseitiger Hebung der Unterlage abrutschen und gefältelt werden können, bedarf keines weiteren Beweises. Setzungen und Abrutschungen an steilen Strändern treffen aber auch häufig ein, wenn Seen gesenkt oder trocken gelegt werden, was behufs

der Gewinnung von Culturland in Schweden oft genug geschieht. Wir dürfen daraus schliessen, dass ähnliches erfolgen wird, wenn der schlammige Meeresboden aus irgend welchem Grund über den Wasserspiegel tritt.

Ist die gemachte Annahme der Faltenbildung in Gneiss statu nascenti verwerflich, so können wir nur an Modelung des fertigen starren Gesteines denken, nachdem durch Quetschung seine Partikel verschiebbar geworden sind. Für die Realität derartiger Vorgänge sprechen Zersplitterung, Quetschung, Mikroverwerfungen etc. der weniger elastischen Mineralien; Streckung, Biegung, Stauung der elastischen\* und biegsamen, welche z. B. den Gneiss des Gotthardmassives zusammensetzen. (Beispiele hiefür finden sich in der demnächst erscheinenden V. Serie der geol. Durchschnitte des Gotthardtunnels und zugehörigen Tabellen.)

Sehr beachtenswerth scheint die Rolle, welche glimmerartige Mineralien bei der Faltung starrer Gesteine, nach oder während deren Quetschung, spielen. Wegen ihrer Zähigkeit werden sie weniger fein pulverisirt, sie strecken sich durch Verschiebung der einzelnen Lamellen aufeinander, biegen sich, und brechen nur bei ganz scharfen Umbiegungen auf, ungefähr wie frisches Holz. Wegen dieser Eigenschaften und geringer Reibung bildet der Glimmer beim Faltungsvorgang eine Art Führung für die zwischenliegenden mehligten Splitter der spröden Mineralien. Er erscheint in Querschliften unter der Form gewundener, zwieseliger und zaseriger, aus zahllosen langgestreckten Schuppen (Leisten) zusammengesetzter Bänder, welche ein Mosaik

---

\* Obwohl alle Mineralien elastisch und biegsam sind, so sind sie es in so auffällig verschiedenem Grad, dass man ebenso wohl elastische und nicht-elastische unterscheiden darf, wie z. B. warmes Wetter und kaltes. Das gleiche gilt von den Ausdrücken starre Gesteine und plastische (in des Wortes trivialer Bedeutung). Ein Glimmerblättchen kann gebogen werden, während ein danebenliegender, gleich grosser und gleichgestalteter, Feldspathsplitter durch denselben Druck unfehlbar bricht. Ersteres darf also mit Recht als biegsam oder elastisch bezeichnet werden, letzteres gleichzeitig als spröde, unelastisch. Man könnte jedes heterogene Gestein starr, spröde nennen, welches letztere Eigenschaften in höherem Grad besitzt als irgend einer seiner constituirenden Bestandtheile.

ineinandergequetschter Quarzfeldspathstückel, mit eingekneteten Glimmerfetzen, umranden und in Streifen absondern. Ist das Gestein glimmerarm oder bis zum Zerfetzen der Glimmerbänder gequetscht worden, so tritt feinkörnige granitische Struktur ein. Durch Quetschprocesse dürfte aus Gneiss ebensowohl Granit hervorgehen können, wie Gneiss aus glimmerreichem Granit.

Ein ferneres Item, welches beim Falten starrer zerquetschter Gesteine sehr ins Gewicht fällt, ist Feuchtigkeit. Es ist sehr zu bedauern, dass einschlägige synthetische Versuche, welche STUDER ausgeführt wünschte, bisher unterblieben. Schon die tägliche Erfahrung der Steinhaer lehrt uns aber, dass bergfeuchte Steine leichter zu bearbeiten sind als ganz trockene; ferner dass durch Wasser die Reibung zwischen Gesteinssplintern wesentlich vermindert wird. Da also innere Feuchtigkeit gleichzeitig die Festigkeit (gewisser) Gesteine zu vermindern scheint und die Verschiebbarkeit ihrer Splitter sicherlich vermehrt, so muss sie Quetschungs- und Faltungsvorgänge erheblich erleichtern. Solange feines Gesteinsmehl nass ist, unterscheidet es sich hinsichtlich Formbarkeit nur wenig von plastischem Thon. Hierdurch wird die bisher gezogene Grenze zwischen den Faltungserscheinungen plastischer (thoniger) Sedimente und starrer, aber zerquetschter und angefeuchteter, Gesteine eine sehr dehbare; beiderlei Erscheinungen können unter Umständen identisch werden. Die nächst vorgehende Anmerkung (p. 54) scheint das Entgegengesetzte zu besagen. Es ist aber dort die Rede von Thon einerseits und starrem Gestein vor der Quetschung andererseits; hier von Thon und bereits zerquetschtem Gestein. Man denke an das mehliges Cement von Grundmoränen oder die schwedische Gäslera: so lang sie feucht sind, bilden sie einen steifen formbaren Teig; nach dem Eintrocknen lassen sie sich zwischen den Fingern zu Staub zerreiben.

Ich glaube, dass BALTZER nicht Recht hat, wenn er meint die Feuchtigkeit könne nur ganz oberflächlich in feste Gesteine eindringen. DUROCHER u. A. haben gezeigt, dass alle Gesteine hygroskopisch sind; und zwar in dem Maass dass die feste Erdkruste alles Wasser auf Erden und die ganze Atmosphäre dazu würde verschlucken können. So tief der Mensch noch in die Erde gedrungen ist, so tief war das Wasser schon vor ihm durch Klüfte etc. gekommen. Noch in den letzten Tagen vor dem

Durchschlag des Gotthardtunnels tropfte es auf beiden Seiten recht flott; die Höhe des überliegenden Gebirges betrug *ca.* 1580 m. Wenn aber Wasser während ungemessener Zeiten in Klüften circulirt, so wird es auch vom Nebengestein absorbirt; das beweist der *s. g.* Bergschweiss und die Bergfeuchtigkeit.

Ich bedauere, dass mir SPRING's Versuche nur durch Referate bekannt sind; sie leiten sicherlich zu einer richtigen Vorstellung über die Verfestigungsweise von Gesteinssplittern bei Quetschprocessen. Freilich muss man mit Analogieschlüssen vorsichtig sein; denn sie gleichen schmerzstillenden Mitteln, welche die Krankheitsursache nicht heben; und befriedigen nur zeitweilig durch scheinbare Erklärung von Dingen, die noch nicht erklärt werden können.