Beiträge zur Geognosie der Schweizer-Alpen.

Von

A. Baltzer in Zürich.

(Fortsetzung.)

(Mit Tafel V. VI.)

5. Über die Frage, ob der Granit-Gneiss der nördlichen Gränzregion der Finsteraarhorn-Centralmasse eruptiv sei oder nicht, und über damit zusammenhängende Probleme.

Im ersten Heft dieses Jahres habe ich die verschiedenen Erscheinungen besprochen, welche die Gränzregion der krystallinischen Gesteine und der Sedimente am Nordrand des Finsteraarhornmassivs charakterisiren. Es bleibt mir nun zu untersuchen übrig, wie sich die angegebenen Thatsachen zu den verschiedenen Theorien, die über Alter und Entstehung des besprochenen Gneisses, über die Fächerstruktur der Centralmassen, ihre Schichtung oder Schieferung, und über die anormalen Überlagerungen der Sedimente durch Gneiss geäussert worden sind, verhalten.

Fächerstruktur. — Sie gehört zu den am längsten bekannten Eigenthümlichkeiten der centralen Massive. Schon Saussure beobachtete sie bei Chamounix; 1806 wurde sie von Gimbernat auf einem Durchschnitt von der Aiguille du midi zum Jura angegeben. Das Meiste über die Fächerstruktur verdankt man Studer, der viele Profile derselben in der Geologie der Schweiz veröffentlichte. In völliger Reinheit ist diese Struktur wohl selten entwickelt. Zuweilen wird sie vertreten durch eine mehr oder weniger steile Stellung der Schichten bei manchfachen

Schwankungen um die Verticale (unregelmässige Systeme von Anti- und Synklinalen). In vielen Durchschnitten tritt das eigentlich Fächerförmige besonders an den beiderseitigen Flanken hervor, während im Centrum das erwähnte Schwanken um die Vertikale stattfindet. Zuweilen ist der Fächer unsymmetrisch (Grimselprofil) oder es scheinen mehrere Fächer zusammengepresst zu sein. Auch geht diese Lagerungsform im Streichen ein- und desselben Massives häufig in die antiklinale oder andere Lagerungen über. Wegen dieser Unregelmässigkeiten ist die Bedeutung der Fächerstruktur auch schon geleugnet worden (von Pfaff[1] neuerlichst für den Montblanc). Dies erscheint indessen nicht zutreffend, wenn man den Begriff rein geotektonisch nimmt und auf solche Centralmassen und Theile derselben beschränkt, wo die Erscheinung thatsächlich vorhanden ist und ein besseres Wort für dieselbe sich schwerlich finden liesse.

Charakteristisch für die Fächer ist noch die Einförmigkeit des Fallens über weite Strecken, ferner die Abnahme in der Neigung der Schichten nach oben[2] (besonders den Randzonen eigenthümlich, Taf. V. Fig. 4). In Folge der Fächerstellung sollte man daselbst ein Klaffen der Schichten erwarten. Eine solche Erscheinung oder auch Verschluss der Spalten durch sekundäre Produkte kommt aber selten vor. Es scheint sich die Differenz durch Verdickung der Schichten nach oben resp. Auskeilung nach unten auszugleichen, wofür die natürlichste Erklärung grössere Zusammenpressung in der Tiefe bei stärkerem Seitendruck ist.

Entstehung der Fächerstruktur. Zusammenhang dieser Frage mit anderen Problemen. — Die Frage nach der Entstehung dieser Struktur ist deswegen eine schwierige, weil sie eine Reihe anderer zum Theil allgemeiner Probleme in sich schliesst. Man muss sich vor Allem darüber schlüssig machen, ob es wirkliche Schichten seien, die den Fächer zusammensetzen oder ob bloss eine durch Druck-Schieferung entstandene Struktur vorliege. Andere Fragen hängen damit zusammen, wie z. B. welches Alter dem Gneiss zukomme, ob er seine Bewegungen im festen oder teigartigen Zustand gemacht habe. Zum Theil sind

---

[1] Zeitschr. d. d. g. G., 1876, 1. Heft.

[2] Diese Zeitschrift 1878, p. 32 u. 34.

diese Probleme, weil tief liegend, einer exakten Behandlung weniger zugänglich, weswegen dieselben denn auch, je nach dem Standpunkt des Beurtheilers, sehr verschieden beantwortet wurden.

Im Folgenden soll nur die Entwicklung skizzirt werden, die diese Fragen speziell in der Schweiz genommen haben.

Besonders zwei Geologen haben daselbst ihre Lösung versucht, nämlich Studer und Lory.

Studer's Ansichten über die Massive. — Studer[3] war ursprünglich geneigt, Gneiss und Gneissgranit der Fächer als krystallinisch umgewandelte Schichtgesteine zu betrachten, kam aber schon vor mehr als 30 Jahren von dieser Ansicht zurück, nachdem er die Lagerungsverhältnisse des Gneisses im Contakt mit den Sedimenten an mehreren Hauptpunkten der Finsteraarhornmasse eingehender beobachtet hatte. Auf diese Lagerungsverhältnisse, sowie auf das Fehlen sichtbarer Falten und Gewölbe, stützt er vorzugsweise seine Theorie.

Nach ihm sind die den Finsteraarhornfächer bildenden Gneisse und Gneissgranite als eruptives Magma aus einer oder mehreren Spalten der Erdrinde hervorgetreten. Da die Contakterscheinungen zu gering für ein dünnflüssiges, hochgradig erhitztes Magma sind, so nimmt er dasselbe als teigartig plastisch und die Temperatur als eine nicht hohe an. Der Zeitpunkt der Keilbildung und Überlagerung des Kalkes durch Gneiss wird, da diese Erscheinungen die Kreide nicht betroffen zu haben scheinen, zwischen Jura und Kreide verlegt, also vor die grosse Haupthebung der Alpen[4]. Der Contaktgneiss ist demnach jünger, wie die Sedimente, in welche er eindringt. Diese wurden durch jenen zu beiden Seiten der Spalte zurückgeschoben, in der grossartigsten Weise gefaltet und stellenweise sogar förmlich eingewickelt, wodurch die oben und unten im Gneiss eingeschlossenen Kalkkeile entstanden. Dieses granitische, weiche Magma erhielt bei der Erstarrung eine Tafelstruktur nach Analogie der Basalte und Porphyre, während die durch den Parallelismus der Glimmerblättchen bedingte Schieferung (nach Sharpe) als eine Folge des Druckes aufzufassen ist.

---

[3] Bull. soc. géol. de Fr. 1846/47. Geologie d. Schweiz, I. 166, 183 ff. u. a. Zschr. d. d. g. G. 1872, p. 551.

[4] Bull., p. 213.

Lory's Erklärung der Fächerstruktur. — Eine ganz andere Vorstellung hat sich Lory[5] von der Entstehung dieser Struktur, die er in der Dauphiné eingehend studirte, gebildet. Er betrachtet zwar ebenfalls den Gneissgranit als ein pyrogenes Gestein, aber als ein ursprünglich stratificirtes nach Art mancher Trappe und Porphyre. Beweisend für das höhere Alter und die Ursprünglichkeit der Schichtung des Gneisses sind Einschlüsse desselben im Kohlenconglomerat in der Trias- und Juraformation. Solche sind auch von der Montblancgruppe bekannt. (In der Finsteraarhorngruppe fand ich Einschlüsse von Glimmerschiefer in einem schwarzen an der Basis des Verrucano liegenden Schiefer am Grassenpass.)

Der Gneiss lag ursprünglich horizontal. Seine Hebung erfolgte in der ersten alpinen Zone der Dauphiné (welcher die von mir früher[6] charakterisirte Gränzregion entspricht), zwischen der Ablagerung des Anthrazitsandsteins und der Trias; denn ersterer liegt nahezu parallel mit dem Gneiss, letztere diskordant. Bei dieser Hebung wurde der noch flexible Gneiss zu Gewölben gefaltet nach Art eines sedimentären Schichtensystems. In Folge der starken Biegung brachen dieselben auf, die Sättel wurden durch Denudation tief abgetragen, so dass nur noch die Flügel übrig blieben. Aus letzteren wurden später die Fächer. Zunächst setzten sich aber auf ihnen die Trias- und Juraformation ab, erstere dünn und diskontinuirlich, letztere in grösserer Mächtigkeit und weiterem Umfang. Diese Sedimente lagerten sich annähernd horizontal auf den Schichtenköpfen des Gneisses ab. So erklärt sich die bekannte, von Dolomieu und Necker aus der Ferne beobachtete, von Favre näher untersuchte und abgebildete horizontale Decke von Trias und Jura auf steil gestellten Gneissschichten am Gipfel der Aiguilles rouges[7] (2944 m).

Schon Dolomieu nahm an, dass in den Alpen die Lager des Urgebirgs ihre gegenwärtige Stellung gehabt hätten, als die Bedeckung mit einem Sedimentmantel erfolgte, der dann später wieder zerrissen und zerstört wurde.

---

[5] Descr. géol. du Dauphiné, 1860 und Notes sur quelques faits de la structure des chaines centrales des Alpes im Arch. sc. phys. et nat. 1874, Tome 49, p. 89.

[6] Dieses Jahrb. 1878.

[7] Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1872, Taf. XXI, 2.

Später erfolgten nun nach Lory neue grossartige Hebungen und in ihrem Begleit bildete sich hauptsächlich die eigenthümliche Ausbreitung der Schichten, die sogenannte Fächerstruktur aus. Lory erklärt sie, indem er annimmt, dass in den unteren Theilen der Falten, an der Basis derselben, der Seitendruck stärker war als oben. Jene wurden daher unten viel stärker zusammengepresst als weiter oben an den frei hervorragenden Theilen. In Folge davon bogen sich hier die Schichten „garbenförmig“ auseinander.

Damit schwindet freilich der Nimbus der Fächerstruktur als einer besonderen mit der Eruptivität zusammenhängenden Lagerungsform der krystallinischen Gesteine; denn sie ist hiernach nichts als ein etwas eigenthümlicher Fall von Gewölbbildung mit Luftsätteln. Die genannte Haupthebung der Alpen war aber nach Lory mit grossartigen Dislokationen verbunden. Da nämlich der Gneiss seine frühere Biegsamkeit vollkommen verloren hatte, so konnte er sich den neuen Druckverhältnissen nun nicht mehr wie früher durch Biegung accomodiren, sondern nur durch Spaltenbildung und Verschiebungen längs der Spalten. Für Lory's Ansichten ist überhaupt die grosse Rolle charakteristisch, welche er den Faillen zur Erklärung complicirterer Lagerungsverhältnisse zuweist. Mit ihnen will er auch Mulden, wie die von Chamounix, sodann namentlich die Überschiebungen im Berner Oberland erklären, worauf ich später zurückkommen werde.

Während also der starre Gneiss von Faillen durchsetzt und verschoben wurde, verhielt es sich anders mit den ihm aufgelagerten Sedimenten. Diese, noch nicht erhärtet, accomodirten sich vollständig ihrer krystallinischen Unterlage durch Biegung; sie liegen in den wunderbarsten Krümmungen diskordant dem krystallinischen Gebirg auf.

So Lory. Ein Haupteinwand gegen diese Auffassung der Fächer liegt in der mangelnden Übereinstimmung der Flügel in petrographischer Beziehung (Gotthard, Tessiner Alpen), so dass das Hineinconstruiren von Falten, wie es bisher versucht wurde, oder gar die Berechnung der Breite des auseinandergezogenen Fächers willkürlich erscheint.

Es ist abzuwarten ob, wenn unsere Massive genauer bekannt und namentlich miteinander verglichen sein werden, sich

Zusammenhänge herausstellen, wie die Faltentheorie sie verlangt. Denn es scheint nicht erwiesen, dass alle Massive geognostisch abgeschlossene Gruppen bilden.

Favre's Ansichten. — Ähnliche Anschauungen wie Lory hat Favre[8] für die Montblancgruppe und ihre Umgebungen entwickelt. Für ihn sind Protogyngneiss und Protogyngranit des Montblanc ursprünglich krystallinisch abgeschiedene, echte Sedimente, die sich unter Druck und bei höherer Temperatur successive aus dem Material der primitiven Lavakruste der Erde gebildet haben. In Folge davon musste ihm die Lory'sche Erklärung der Fächer als Gewölbreste sehr willkommen sein, weil sie durch ein einheitliches Prinzip die Struktur der krystallinischen Gesteine mit der Lagerung der echten Sedimente verknüpft. Auch für ihn sind daher die Fächer Faltensysteme, ganz in dem Sinne, wie man diesen Ausdruck für echte Sedimente verwendet. Beide Gesteinsarten sind durch dieselben Kräfte gefaltet worden, sie verhalten sich, wie Suess[9] sich treffend ausdrückte, passiv diesen Kräften gegenüber und nicht ein eruptiver aktiver Granit als solcher ist die Ursache der Faltung. Favre verwirft die Hebungen von unten nach oben, an deren Stelle er Seitendruck setzt; er spricht sich gegen einen teigartigen Zustand des Granitgneisses aus und nimmt Faltung des krystallinischen Gebirgs im festen Zustand an. Wahrscheinlich bedeckten die Sedimente das ganze Montblancmassiv, wie sie jetzt noch den Gipfel der Aiguilles rouges bedecken.

Favre's Ansichten unterscheiden sich von denen Lory's nächst der Auffassung der Gneissentstehung noch dadurch, dass jener die weitgehenden Annahmen von Faillen verwirft. Viele Geologen nehmen, so sagt er, in den Alpen ohne Weiteres eine Faille an, wo man zwischen zwei Schichtcomplexen derselben Art aber in ungleichem Niveau die Verbindung nicht wahrnimmt, womit dann häufig von näherer Untersuchung abgesehen werde. Während daher Lory in Chamounixthal von herabgeglittenen, später zu einer Mulde zusammengequetschten Sedimenten redet und das Urgebirg sich manchfach in horizontaler und vertikaler Richtung verschoben

---

[8] Recherches géologiques dans les Parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Montblanc. Paris, Masson, 1867.

[9] Die Entstehung der Alpen, 1875.

denkt, finden wir in Favre's Profilen die Niveaudifferenzen vorwiegend durch grossartige Biegungen und Faltungen erklärt.

Vielleicht dürfte die Verschiedenheit der Auffassung unseres Hochgebirgs auch darin z. Th. ihre Erklärung finden, dass während auf der Nordseite die Faltenbildung ganz entschieden vorwaltet und grosse Brüche seltener auftreten, es sehr wohl möglich ist, dass auf der Südseite das Verhältniss sich umkehrt und die Faillen an der Kettenbildung einen wesentlicheren Antheil nehmen.

Erklärung der Fächerstruktur durch v. Fritsch[10] und Pfaff[11]. — Beide nehmen die Fächerstellung als ein sekundäres Phänomen, hervorgebracht durch ein Nachsinken der steil stehenden krystallinischen Schichten, wobei dieselben bei weichender Unterlage einfach der Schwerkraft folgten. Dieses Nachsinken erfolgte durch die Thätigkeit des Wassers, beziehungsweise durch die Bildung der grossen Längsthäler. Wie letztere zu der Fächerstellung in Beziehung stehen, zeigt die Kalkzone des Rhone- und Urserenthales. Wo sie mit der Finsteraarhornmasse zusammenhängt, fällt sie mit derselben nach Norden, im Bereich des Gotthardmassivs dagegen nach Süd (v. Fritsch), eine Thatsache, die sich freilich auch durch ungleiche Pressungen in den krystallinischen Faltungsgebieten erklären lässt.

Nach Pfaff soll nun auch die Ueberlagerung der Kalke durch die krystallinischen Gesteine (am Montblanc) durch die erwähnte Ursache erfolgt sein. Verhältnissen gegenüber, wie wir sie am Gstellihorn (Taf. VI), dem Mettenberg (Taf. V), der Jungfrau und dem Wetterhorn haben, erscheint diese Erklärung unzureichend, könnte aber für lokale Unregelmässigkeiten verwerthet werden. Die Contaktverhältnisse weisen vielmehr auf gewaltige Druckkräfte hin und diese Druckdifferenzen in verschiedenem Niveau haben wohl auch die Fächerstellung erzeugt.

Auch durch Volumenvermehrung in den oberen Theilen, hervorgebracht durch metamorphische Prozesse, hat man die Fächerstructur erklären wollen, jedoch sind diese Prozesse nicht nachgewiesen worden.

---

[10] Beiträge zur geol. Karte d. Schweiz, 15. Lief.

[11] Zeitschr. d. d. g. G., 1876, 1. Heft, p. 19.

Gegen die ältere Annahme von v. Buch und Necker, wonach die Mitte der Massive wirklicher eruptiver Granit sei, der den Gneiss zu beiden Seiten fächerförmig zurückgebogen habe, ist mit Recht bemerkt worden, dass der Granit oft fehlt oder sehr untergeordnet ist, dass die Axe der Fächer oft nicht im Granit liegt, sondern in den krystallinischen Schiefern (Grimsel, Gotthard).

Daubrée's Experimente und künstliche Nachahmung der Fächerstruktur. — Auf dem Wege des Experiments suchte Daubrée[12] die Frage der Fächerbildung zu lösen. P. Scrope hatte schon lang angenommen, dass Blätterung und Clivage der feinkörnigen Schichten auf der Verschiebung der krystallinischen Theilchen im viskosen Zustand des Gesteins beruhe; Baur und Sharpe kamen durch Beobachtung auf den richtigen Gedanken, dass das Clivage und die Abplattung und Streckung der Fossilien eine Folge des Druckes sei, worauf Sorby künstlich durch Druck Schieferung in mit Eisenglanz gemengtem Thon erzeugte. Dasselbe gelang später auch Tyndall mit Pfeifenerde und Bienenwachs.

Daubrée arbeitete mit nicht ganz erhärtetem Thon, dem er Glimmerblättchen beigemengt hatte, sowie mit halbhartem Flintglas und mit Blei. Thon und Blei wurden unter dem Druck einer Dampfpresse geschiefert. Schieferung entsteht, wenn die Masse noch einen gewissen Grad von Plastizität besitzt; denn damit die Minerallamellen sich in die Schieferungsebene einstellen können, ist es nothwendig, dass die Theilchen ein wenig aneinander vorüber gleiten.

Hiernach betrachtet Daubrée (wie schon Sharpe es that) die Gneissschichtung als Druckschieferung. Gneisse sind durch Druck schiefrig gewordene Granite, wie ja solche Schieferung auch bei Laven vorkommt.

Neu ist bei Daubrée die Nachahmung der Fächerstruktur im Kleinen auf experimentellem Wege. Ein viereckiger Würfel von beinah trocknem Thon oder auch von Blei wurde zwischen 2 eisernen, gleichgrossen Platten mittelst hydraulischer Pressen einem starken Druck unterworfen. Dabei erhält der Thon die

---

[12] Expériences sur la schistosité des Roches in Compt. rend. 1876, N°. 13, p. 710. Bull. soc. géol. de Fr. 1877, 3. IV, p. 546.

bekannte den Eisenplatten parallele Schieferung. Ausserdem aber breiten sich die Thonlamellen, wo sie ausserhalb der Platten hervortreten und dem unmittelbaren Druck derselben nicht mehr ausgesetzt sind, fächerförmig auseinander und geben im Querschnitt ein Bild, welches im Kleinen ein „Facsimile der Fächerstruktur“ darstellt. Mengt man dem Thon unregelmässig Glimmerblättchen bei, so richten sich dieselben innerhalb der eisernen Platten parallel denselben, ausserhalb stellen sie sich in die einzelnen Strahlen des Fächers ein. Auch bei Blei konnte in derselben Weise die Fächerstruktur mittelst eines Druckes von 10 000 Kilo nachgeahmt werden.

Hierauf gestützt, kommt Daubrée zur Studer'schen Erklärungsweise. Die granitischen Massen, welche er etwas fester wie bloss teigartig annimmt, wurden von unten nach oben auf einer Spalte bis zu 4000 m gehoben. Auch bei nur schwacher Plastizität erhielten sie eine Schieferung parallel den Spaltenwandungen. An der Oberfläche angelangt, waren sie nicht mehr dem ungeheuren Druck ausgesetzt, es breiteten sich nun die einzelnen durch Druck entstandenen Tafeln (wie der Thon im obigen Experiment) fächerförmig auseinander. Ob bei obigen Experimenten neben der Schieferung auch die Schichtfugen, wie der natürliche Gneiss sie hat, entstanden, ist nicht recht ersichtlich.

Die secundären Biegungen und Fältelungen erklärt Daubrée durch nachträgliche Bewegungen, ebenso die gebogenen, zerbrochenen oder mitunter transversal zur Schieferung liegenden Krystalle.

Mich dünkt, der Daubrée'sche Fächerversuch liesse sich auch für die Lory'sche Theorie verwerthen; man brauchte nur ein System horizontaler Bleiplatten, in welchen die Schichtung durch Einlagen von Blattgold markirt werden könnte, derselben Behandlung zu unterwerfen. Neben der schieferigen Absonderung im Blei würde dann wohl auch die durch das Blattgold markirte fächerförmige Schichtung hervortreten.

Gegensatz im Verhalten des Gränzgneisses zum Gneiss im Innern der Centralmasse und daraus entspringender Widerstreit der Ansichten. — Welche dieser Theorien hat nun Recht? Im Folgenden soll weniger die Fächerstellung im engern Sinn, welche ich mit Lory als Folge stärkeren Druckes in der Tiefe halte, als vielmehr die

eng damit zusammenhängende Schichtungsfrage erörtert werden. Ein unbefangener Beobachter, der ein Querprofil des Finsteraarhornmassivs begeht, wird wahrscheinlich über den Gneiss der nördlichen Randzone zu ganz verschiedenen Ansichten gelangen, je nachdem er von Süden oder Norden her kommt. Begeht er z. B. den Grimseldurchschnitt, so trifft er, von Süden kommend, vor Guttannen auf die nördliche Gneisszone. Er wird erstaunt sein von der Manchfaltigkeit der Gesteinsvarietäten. Da beobachtet man Eurite, Quarzit, Glimmerquarzit, Marmor, namentlich aber Gneissabarten in grösster Manchfaltigkeit. Wie die Blätter eines Buches liegen die verschiedenen Gneissschichten eine auf der anderen. Dabei sind die verschiedenen Gneisse (Granitgneiss, Glimmergneiss, granatführender Gneiss, Gneisse mit eigenthümlichen dem Glimmer verwandten Mineralien) in der Regel scharf durch die Schichtfugen voneinander abgesetzt. Ganz regelmässige Lagen von Eurit, Quarzit, Marmor und Topfstein schalten sich ein, welche grosses Aushalten im Streichen zeigen und sich weithin verfolgen lassen. Ohne Bedenken ist man geneigt, die Begränzungsebenen der verschiedenartigen Gesteine als Schichtflächen anzuerkennen, umsomehr als an der Zusammensetzung einer solchen Schicht niemals stark verschiedenes Material sich betheiligt, der Gesteinswechsel steht in strengstem Zusammenhang mit der Schichtabsonderung. Ferner schneiden diese Schichtfugen niemals, soviel ich bis jetzt sah, durch Krystalle hindurch, was doch der Fall sein müsste, wenn diese Gneisse früher Granite gewesen und die Fugen Klüftung wären. Kurz der Schluss erscheint gerechtfertigt hier wirkliche Schichtung wie in sedimentären Schichten anzunehmen.

Kommt nun aber jener Beobachter weiter bis zum Contakt dieser Gneisszone mit den nördlich vorliegenden Sedimenten, so wird er wahrscheinlich in seinem Urtheil schwankend werden. Er sieht, wie derselbe Gneiss granitisch wird und gewaltige Lagergänge in das sedimentäre Gebirg hineinsendet; es scheint ihm ferner, wie wenn das, was er früher als Schichtung des Grimselfächers erkannt zu haben glaubte, sich auch in diese Lagergänge hinein fortsetzt, dort aber diskordant zu der Schichtung der petrefaktenführenden Sedimente steht; er sieht endlich, dass der Gneiss an vielen Orten Kilometer weit

über das Versteinerungen führende Sedimentgebirg sich ausbreitet. Offenbar verhält sich dieser Gneissgranit wie eine eruptive Felsart, obgleich es derselbe Gneiss ist, der früher als geschichtet erkannt wurde.

Damit ist nun jener prinzipielle Widerspruch klargelegt, der seit den Zeiten SAUSSURE's wie ein rother Faden durch die Geologie der schweizerischen Centralmassen hindurchzieht und es verhindert hat, darüber zu einer einheitlichen Anschauung zu gelangen.

Die STUDER'sche Anschauung wurde unterstützt durch VOM RATH, NAUMANN, und viele Geologen sind zweifelsohne geneigt, in den Granitgneissen im Innern der Massive aktive Eruptivgesteine zu erblicken. An die LORY-FAVRE'sche Auffassung der schweizerischen Massive haben sich ganz oder theilweise angeschlossen SUESS, MÜLLER, FRITSCH, GIORDANO, HEIM, ROLLE. Trotz verschiedener Erörterungen ist man zu einer Übereinstimmung nicht gelangt, was erst jüngst wieder bei der Versammlung der Soc. géol. de France in Bex[13] deutlich hervortrat.

Der Streit kann für das Finsteraarhornmassiv nur so zum Austrag gebracht werden, dass es entweder der LORY'schen Theorie gelingt die normalen und doch so schwer verständlichen Erscheinungen am Contakt genügend zu erklären, oder dass es der STUDER'schen Auffassung möglich wird, von dem regelmässigen Wechsel der verschiedenen, gegenseitig scharf abgesetzten, krystallinischen Schichten, von den der Schieferung parallelen Einlagerungen anderer Gesteinsarten, sowie von dem (in anderen Massiven nicht seltenen) Parallelismus der Schieferung mit der Schichtung angränzender Sedimente genügende Rechenschaft zu geben.

In andern Gebirgen scheinen keine oder nicht ganz sicher gestellte Fälle von eruptivem Gneiss nachgewiesen worden zu sein, in den Alpen eine Ausnahme zuzulassen widerspricht dem allgemeinen Entwicklungsgesetze der Erdrinde. Es ist überhaupt der STUDER'schen Auffassung weniger günstig, dass sie ihr Hauptargument (Stellungsverhältniss am Contakt) besonders vom Gneiss herleitet, dessen Eruptivität doch so fraglich erscheint. Da auch Nummulitenkalk gehoben erscheint (Gadmerflüh), so musste diese ungeheure Gneisseruption noch nach Absatz jenes Gebildes

---

[13] Bull. soc. géol. de Fr. 1875.

erfolgt sein! Später werde ich nachweisen, dass die Annahme der Schichtung die einer Druckschieferung nicht ausschliesst. Sie existiren beide. Durch genaue Begehung und Untersuchung der Contaktlinie (bei meinen Anfnahmen für Blatt XIII der geol. Karte d. Schweiz) in einer Erstreckung von $12^1/_2$ km überzeugte ich mich vom Mangel jeder Spur einer stromartigen Lagerung und vom Nichtvorhandensein eruptiver Contaktmetamorphosen. Nirgends am Contakt findet man den Gneiss in durchgreifendem Lagerungsverband mit den Sedimenten, sondern nur in Lagergängen. Die mikroskopische Untersuchung ergab endlich die Abwesenheit von Glaseinschlüssen und von Mikrofluktuationsstruktur. Diese Angaben beziehen sich übrigens nur auf den Gneiss der nördlichen Gränzregion des Finsteraarhornmassivs; über die Granitzone des letzteren erlaube ich mir vorläufig kein Urtheil.

Studer hat sich einen Theil dieser Schwierigkeiten nicht verhehlt, stellt jedoch die sehr berechtigte Forderung an die Vertreter der andern Ansicht, die normalen Contakterscheinungen im Berner Oberland mit ihrer Theorie zu erklären und wies mit Recht darauf hin, dass es unzulässig sei, diese Lagerungsverhältnisse als sonderbare (weil nicht gleich mit der Theorie in Einklang zu bringende) Erscheinungen bei Seite zu lassen, wie es theilweise geschah.

Jener Forderung ist nun Lory[14] nachgekommen und sucht seine Theorie auch den die Basis der Studer'schen Anschauungen bildenden Contaktverhältnissen gegenüber aufrecht zu erhalten. Bevor ich auf seinen Erklärungsversuch der Überschiebungen eingehe, mögen noch einige allgemeine Bemerkungen über Biegbarkeit fester, erhärteter Gesteine, sowie über das Verhältniss von Schichtung, Schieferung und Klüftung in der Finsteraarhornmasse vorhergehen.

Aus der Überlagerung der Sedimente durch den Gneiss und der Aufrichtung der ersteren folgerte die frühere Theorie, dass der Gneiss jünger sei als die Sedimente und gewann dadurch die Möglichkeit den Gneiss im eruptiv-teigartigen Zustand seine abnorme

---

[14] Notes sur quelques faits de la structure des chaines centrales des Alpes: Arch. sc. phys. et nat. 1874.

Lagerung einnehmen zu lassen. So sagt vom Rath[15]: „es ist niemals bezweifelt worden und kann nicht bezweifelt werden, dass der Granitgneiss der Schöllenen und des St. Gotthard jünger ist und später seine Lagerung eingenommen hat als das Juragebirg bei Amstäg". Dem gegenüber steht die Ansicht, dass der Gneiss älter und nur die Ausbildung des Fächers und die Überschiebungen jünger als die Sedimente seien. Ist es aber möglich, dass fester Gneiss sich Kilometer weit über Sedimente habe ausbreiten und sogar sich habe biegen und falten können?

Annahme der Plastizität fester Gesteine im Grossen als Resultat der Beobachtung. Die Biegsamkeit ist nicht nur von der chemischen Constitution sondern auch vom Druck abhängig. Ein Beispiel hierfür. Treska's Versuche. Gneissfalten. — Für die Annahme der Plastizität der grossen festen Gebirgsmassen sprechen Thatsachen der Beobachtung und Experimente, welch' erstere freilich nur in Faltengebirgen zu gewinnen sind. Meine in der nördlichen Kalkzone der Schweizer-Alpen gemachten Beobachtungen hierüber habe ich früher[16] zusammengestellt und Ansichten complicirter Biegungen gegeben. Solche sind nachweislich oft zu einem Zeitpunkte erfolgt, wo das Gestein schon längst erhärtet war; Formationen von ganz verschiedenem Alter sind als ein Ganzes gleichmässig also gleichzeitig gebogen, wo doch die älteren beim Akt der Biegung bereits erhärtet sein mussten. Die Annahme einer durch Wasserbedeckung erfolgten Wiedererweichung, die doch weder auf grössere Tiefe noch gleichmässig stattfinden konnte, reicht nicht aus, ebensowenig die Annahme, dass gewisse Gesteine nachträglich wieder durch Hitze erweicht worden wären. Letztere Hypothese insbesondere genügt nicht für solche Biegungen der Kalkalpen, die offenbar in den oberen Lagen der Erdkruste stattgefunden haben, wo keine hohe Temperatur vorhanden war. Die Beobachtung führt dazu den Begriff „starr" für die Gesteine auszustreichen und durch „mehr oder weniger biegsam" zu ersetzen. Ich habe früher, solang ich im Kalkgebirg arbeitete, die chemische Constitution und namentlich den Thongehalt als einen mass-

---

[15] Beobachtungen im Quellgebiet des Rheins, Z. d. g. G. 1862.

[16] Der Glärnisch, ein Problem alpinen Gebirgsbaues, 1873, p. 48.

gebenden Faktor für die Biegsamkeit der bergfeuchten Schichten betrachtet, der Druck erschien mir nur insofern von Wirksamkeit als spröde reine Kalkschichten, die aber von thonreichen eingeschlossen sind, gezwungen werden die Biegungen mitzumachen, dabei aber in der Regel brechen. Seitdem ich im Krystallinischen aufnehme, beschäftigte mich die Frage, wie es sich mit der Biegsamkeit anderer Gesteine verhalten möge. Dass z. B. Urthonschiefer, Thonglimmerschiefer, Glimmerschiefer biegsam sind, war schon im Voraus anzunehmen. Besonders erregte meine Aufmerksamkeit eine das unmittelbare Hangende des Gneisses am Contakt bildende sedimentäre quarzitische Sandsteinbank, welche selten fehlt, diskordant mit dem Gneiss liegt und die stärksten Windungen der Sedimente mitzumachen genöthigt war. In Taf. VI Fig. 1 ist sie ein Glied der violett colorirten Zwischenbildungen. Sie ist zwar oft gebrochen, zeigt aber auch gebogene Stellen ohne Bruch Taf. V Fig. 2, Taf. VI Fig. 5 und 6. Eine Bauschanalyse dieses Gesteins wurde unternommen, um die Natur des Bindemittels mit Rücksicht auf die Biegungsfrage festzustellen. Sie ergab das in der Übersicht der Analysen unter VII angeführte Resultat. Das Bindemittel ist hiernach thonig, worauf auch der Geruch beim Anhauchen hindeutet.

Das Material war von dünnen, der Schichtung des angränzenden Kalkes parallelen, äusserst feinen, grauen Thonschmitzen durchzogen. Auch wo diese fehlen, weist die Analyse noch auf einen Thongehalt hin (Analyse VIII).

Für die Biegungen dieses klastischen Gesteins nehme ich noch einen anderen Faktor zu Hülfe, nämlich den Druck. Werden die Theilchen einer Schicht von allen Seiten her zusammengepresst, so wird bei der Biegung an vielen Stellen, wo sonst Bruch, d. h. Aufhebung der Cohäsion erfolgen würde, dies nicht geschehen. Es wird vielmehr eine wenn auch geringe Verschiebung der Theilchen ähnlich wie bei einer Flüssigkeit stattfinden, wobei jedes derselben sofort wieder in die Cohäsionssphäre eines anderen gelangt. Dadurch wird Biegung möglich, welche als eine sehr langsame gedacht werden muss, damit die Theilchen Zeit haben sich zu accomodiren. Wirkt dagegen der Druck auf ein sprödes Material einseitig, so tritt Bruch und Zerreissung ein, da die Theilchen nun nicht mehr von

allen Seiten her in der Cohäsionslage zurückgehalten werden. Biegungen ohne Bruch sind besonders in der Tiefe anzunehmen, wo der Druck von allen Seiten her wirkte.

Die Möglichkeit der Schichtenbiegungen im festen Zustand wird auch von Suess, Pfaff, Müller und anderen Geologen zugegeben, sie drängt sich in der That dem Beobachter wie von selbst auf. Die Gesteine sind in dieser Beziehung mit gewissen Harzen zu vergleichen, welche Stössen ausgesetzt spröde sind und zerspringen, bei andauernd wirkendem Druck biegsam erscheinen. Oder man denke an gewisse sehr zähflüssige Substanzen, die einen Übergang zwischen festen Körpern und Flüssigkeiten darstellen, z. B. Schwarzpech, welches als Flüssigkeit mit grosser innerer Reibung aufgefasst worden ist. In festen Stücken in Gefässe gebracht füllt es dieselben nach und nach aus, indem es schon unter dem eigenen Druck flüssig wird und fliesst zu seitlichen Öffnungen heraus.

Das bekannteste Beispiel eines bei gewöhnlichen Verhältnissen spröden, bei Druck plastischen Körpers bietet das Eis dar. Hier macht uns der anscheinende Widerspruch des gleichzeitig Spröden und Plastischen nicht die Schwierigkeit wie bei den Gesteinen, und doch führt die Beobachtung der Schichtkrümmungen zu ähnlichen Schlüssen wie sie an den Gletschern gewonnen worden sind.

Experimentell hat man zwar noch keine Gneissfaltung durch Druck erzeugt, immerhin aber geht aus den schon angeführten Versuchen von Daubrée und ferner aus den merkwürdigen Experimenten von Treska über das Fliessen fester Körper hervor, dass feste Körper unter Druck eine nicht geahnte Beweglichkeit der Theilchen zeigen. Treska[17] presste durch die Öffnung eines im Übrigen geschlossenen Cylinders Blei, Zinn, Silber, Kupfer und sogar Stahl heraus. Seine hydraulische Presse erlaubte ihm einen Druck bis zu 2000 Ctr. auszuüben. So wurde z. B. ein cylindrisches Bleistück von 10 cm Durchmesser zum Ausfliessen aus einer 5 cm weiten Öffnung gebracht, wozu ein Druck von 50 000 kgr nothwendig war. Als Gesammtresultat dieser für die Geologie wichtigen Untersuchungen, welche von der Pariser Akademie 1865 geprüft und richtig befunden wurden, ergab sich,

---

[17] Comptes rendus und Naturforscher I 68.

dass dasselbe Gesetz, was schon für Gase und Flüssigkeiten nachgewiesen ist, auch für feste Körper gilt: Jeder Druck, der auf irgend einen Punkt eines festen Körpers ausgeübt wird, pflanzt sich im Innern der Masse von Theilchen zu Theilchen fort und strebt ein Fliessen hervorzubringen, welches endlich dort wirklich statt findet, wo die Widerstände am geringsten sind.

Nach allem Gesagten sehe ich keinen Widersinn in der Annahme, dass ein durch Seitendruck gestautes Gneissgebirg sich auch im festen Zustand über angränzende Sedimente hinfalten könne. Dadurch sind erklärbar die deutlichen, früher angeführten, mechanischen Wirkungen in den überschobenen Parthien, Rutschflächen und Streckung durch die ganze Masse hindurch, nicht nur längs einzelner Linien; ferner das Granitischwerden des Gneisses am Contakt und besonders in den überlagernden Parthieen.

Die theoretische Möglichkeit der Annahme, dass Gneiss und Gneissgranit des Finsteraarhornmassivs und anderer Massive Faltensysteme darstellen, ist nicht zu leugnen, namentlich wenn man die Faltung unter starker Sedimentbedeckung, also bei höherem Druck sich denkt, wenn man annimmt, dass dieselbe sehr langsam erfolgt sei und dass die unteren sich stärker contrahirenden Schichten des mächtigen Gneisscomplexes die oberen gleichsam mitnahmen.

Für direkte Beobachtung von Gneissfalten ist indessen mein Beobachtungsgebiet ein ungünstiges, da die Schichten mit einer merkwürdigen Einförmigkeit nach Süd bis Südost fallen und die Scheitel der Gewölbe abgetragen sind. An diesem Gesammteindruck ändert die Verflachung der Schichten nach oben oder hier und da eine undeutliche und immer nur schwierig zu verfolgende Biegung nicht viel; es muss zugegeben werden, dass die prächtigen Gewölbe und Falten der Kalkalpen und des Jura fehlen.

Schichtung des Gneisses und ursprüngliche horizontale Lagerung desselben. — Ist man nach dem Gesagten überzeugt worden, dass der Gneiss im festen Zustand die eigenthümlichen Verbandverhältnisse mit dem Kalk einging, so liegt kein Grund vor ihm im Finsteraarhornmassiv das hohe Alter, was er doch anderwärts hat, zu bestreiten und ihm hier die ausnahmsweise Rolle eines jungeruptiven Gesteins zuzutheilen. Damit fällt aber auch ein wesent-

liches Motiv weg an der Schichtung desselben schon a priori zu zweifeln.

Für Schichtung des Protogyns in den Alpen haben sich ausgesprochen Saussure, Dolomieu, C. Escher, Lory, Favre, Müller und andere; für Schieferung Pini, Scrope, Sharpe, Studer, vom Rath, Daubrée. Dass echte Schichtung und Schieferung zusammen vorkommen könnten, wie ich später nachzuweisen versuchen werde, scheint allgemein übersehen worden zu sein.

Wer Schichtung annimmt muss natürlich auch diesen Schichten geben, was ihnen gebührt: die ursprüngliche horizontale Lagerung. An die steile Aufrichtung und die grandiosen Faltungen der Sedimente gewöhnt, werden wir diese Vorstellung nicht, wie einer der obigen Vertreter der Schieferung es that, als eine „ungeheuerliche“ verwerfen.

Oben sind bereits die Gründe angegeben, welche mich veranlassen die nördliche Gneisszone der Finsteraarhornmasse als geschichtet zu betrachten. Mit dem Geständniss, dass die Frage nach der Art der Bildung und dem Krystallisationsmodus des Gneisses ein allzutief liegendes und vorläufig nicht lösbares Problem ist, fällt diese Ansicht nicht, da sie sich auf Thatsachen stützt.

Nachweis einer transversalen Schieferung in den an den Gneiss angränzenden Zwischenbildungen und darauf gestützte Annahme einer Schieferung im Gneiss. Klüftungserscheinungen. —

Schon früher[18] wies ich kurz darauf hin, dass eine solche Schieferung existirt; sie ist eine an vielen Orten vorkommende allgemeine Erscheinung der Contaktlinie. Besonders schön fand ich sie im Verrucano und im quarzitischen Sandstein, dessen Analyse weiter unten mitgetheilt ist. Beide Gesteine sind dem Gneiss diskordant aufgelagert. Weniger deutlich tritt die Erscheinung im oberen Jura auf.

Die transversale Schieferung des Verrucano schneidet die Schichtung unter einem starken Winkel; oft ist die erstere so deutlich ausgebildet, dass man Mühe hat sie von der letzteren zu unterscheiden und nur die Wechsellagerung der verschiedenen

[18] Dieses Jahrbuch 1878, p. 34.

Formationen ermöglicht es. Wegen der Wichtigkeit der Erscheinung gebe ich ein Profil darüber vom Fuss des Schlossbergs im hinteren Engelbergerthal (Taf. VI, Fig. 7). Auch im Profil der eigenthümlichen Gadmenthaler Doppelschlinge[19] wies ich bereits darauf hin, dass im Gneiss auch innerhalb der Schlinge, wo er gleichsam als Lagergang auftritt, die Glimmerblättchen diskordant zu den Sedimenten nach Südost fallen, und dass der Verrucano gleichfalls in dieser Richtung geschiefert ist.

Die echten Verrucanen sind, wie aus den Lagerungsverhältnissen im Kanton Glarus hervorgeht, Sedimente. Ich habe sie vom Reussthal bis ins Gadmenthal und weiter verfolgt, sie haben eine weit grössere Verbreitung als die geologische Karte der Schweiz von Studer und Escher es angiebt. Sie lassen im Dünnschliff klastische Natur erkennen, bilden aber eine Art Übergang zu den krystallinischen Gesteinen und sind oft äusserlich schwierig von solchen zu unterscheiden. Das klastische Material ist nämlich durch einen Cäment verbunden, der, wie es scheint, oft krystallinisch umgewandelt ist, wodurch Neubildungen entstanden. So fallen namentlich eigenthümliche faserige und filzige Aggregate [Zersetzungsprodukte von Glimmer und Chlorit?] auf. Ferner sah ich von individualisirten Mineralien Kali- und Magnesiaglimmer, Ortho- und Plagioklas, Eisenglanz. Einstweilen halte ich die klastische Beschaffenheit für ein wesentliches Merkmal des Begriffs Verrucano i. e. S. und bin wenig für eine Vermengung desselben mit Gneiss und Porphyr eingenommen, besonders wenn sie sich nicht auf mikroskopische Untersuchung stützt.

Aus den angeführten Beobachtungen über Schieferung glaube ich nun folgende Schlüsse ziehen zu können: Wenn bei einem halbkrystallinischen Gestein wie der Verrucano es ist die Lamellen durch Druck aus der Schichtungsebene und in eine andere (Schieferungsebene) hineingerichtet werden können, so ist diese Möglichkeit auch für den Gneiss kaum zu bestreiten. Denkt man sich nun die unzweifelhafte Schieferung des Verrucano am Contakt in den Gneiss hinein fortgesetzt, so fällt sie hier, soviel ich bis jetzt sah, mit der Orientirung der Glimmerblättchen zusammen. Ich nehme daher an, dass im Gneiss sowohl Schichtung als Schieferung

---

[19] Dieses Jahrbuch 1877, Taf. IX, Fig. 4 a und b.

vorkommt. Dieselben fallen häufig zusammen, ich vermuthe indessen nicht immer und namentlich in der Keil- und Überschiebungsregion möchte dieses zutreffen. Hiervon später.

Dass der Gneiss unseres Gebietes die Erscheinung regelmässiger Klüftung aufs Deutlichste zeigt ist bekannt genug. Sie ist oft deutlicher wie die wahre Schichtung. Besonders häufig kommt eine Kluftrichtung senkrecht zu den Glimmerlamellen vor (vergl. Taf. V, Fig. 5), aber auch noch andere, z. B. an den höchsten Gräten zwischen Jungfrau und Ebnefluh, am Wetterhorn (horizontal). Oft wird dadurch das Gestein in parallelepipedische Stücke getheilt, z. B. unter dem Mettenberggipfel. Die Klüftung ist von Schichtfugen in granitischem Gestein ohne Wechsellagerungen kaum zu unterscheiden, desgleichen lässt sich auch Schichtung und Schieferung schwer trennen, wenn Wechsellagerungen fehlen. Darum sind denn auch Klüftung, Schichtung und Schieferung von solchen, die aus der Entfernung darüber urtheilten, bunt durcheinander geworfen worden.

Verhältniss von Schichtung, Schieferung und Klüftung untereinander. — Von Interesse und Wichtigkeit dürfte es sein in Zukunft darauf zu achten, wie sich die Klüftungs- und Schieferungserscheinungen der Sedimente am Contakt zu den entsprechenden Erscheinungen im Gneiss verhalten. Findet Ablenkung oder Parallelismus der Richtungen am Contakt statt? Kann Gneissschieferung in Kalkklüftung überspringen? Sind Schieferung und Klüftung auch gebogen? Kann, wenn im Gneiss die Schichtung umbiegt, doch die Lage der Glimmerblättchen dieselbe bleiben, d. h. tritt im Gneiss transversale Schieferung auf?

Mein Material hierüber ist noch gering. Am Mettenberg findet man an der oberen Contaktlinie Stellen, wo die durch den Glimmer bedingte Paralleltextur des Gneisses auf den diskordant liegenden Kalk gleichsam überspringt und hier als Schieferung (Klüftung?) sich fortsetzt (vergl. Taf. V, Fig. 6 am Mettenberg; ferner Fig. 7 am oberen Jungfraukeil). Merkwürdig sind die Verhältnisse am Ostfuss des Eigers (Taf. VI, Fig. 8, gegenüber der bekannten Bäregg) deren Untersuchung schon Studer[20] als wünschbar anerkannte. Hier tritt ganz unten im Kalk eine ungemein regelmässige, etwas

[20] Geologie der Schweiz I, 183.

gebogene Struktur (Schieferung oder Klüftung) auf, welche die echte horizontale Schichtung in starkem Winkel schneidet und ebenso wie die Schichtung diskordant mit der Paralleltextur des Gneisses verläuft. Die schönen Biegungen links dürften dagegen C-förmig umgebogene Schichtung sein, denn noch weiter links am Gneisscontakt oben sieht man deutlich, dass die Zwischenbildungen, ähnlich wie am Mettenberg, eine grosse C-förmige Biegung ausführen. Unten freilich ist der Contakt durch mächtige Schutthalden verdeckt.

Der Mettenberg im Berneroberland. — Über diesen klassischen Punkt gab Studer ein schematisches Profil [21]; Taf. V ist, mit Ausnahme von Fig. 7 und 11, ganz dieser Lokalität gewidmet und giebt eine Reihe bis jetzt nicht bekannter Details.

Jeder Besucher Grindelwalds kennt die gewaltigen über 1200 m mächtigen Kalkabstürze, die gegen Norden die Basis des Mettenbergs bilden. Sie gehören dem oberen Jura an. Schon Saussure erkannte, dass derselbe C-förmig [22] auf sich selbst zurückgekrümmt ist. Studer [23] verdankt man die erste nähere Untersuchung, die ich mich bestrebt habe weiter zu führen. Begeben wir uns, um eine Übersicht zu gewinnen, auf die Clubhütte am Bergli (3267 m). Man sieht daselbst (Fig. 5) das Kalk C in Seitenansicht. Die Umbiegungen im Kalk sind gut wahrnehmbar. Deutlich gewahrt man die Zwischenbildungen als geschlängeltes Band bei Stieregg hinaufgehen und, oben sich wendend, nach vorn gegen Nordwest zurückbiegen. In diesen selten vollständig vertretenen Zwischenbildungen erkennt man an Ort und Stelle: quarzitischen Sandstein, Verrucano, Röthidolomit, Echinodermenbreccie, Belemniten führenden Kalk und besonders den bekannten Horizont des alpinen Eisenoolithes (oberer Dogger) mit *Ammonites coronatus* Brug. (bei der Ortfluh, Fig. 10). Hier auch *A. Parkinsoni* Sow. in losem Block von Echinodermenbreccie ähnlichem Gestein. Die völlige Überzeugung von der C-förmigen Umbiegung gewinnt man, wenn man oben längs dem Gneisscontakt hinklettert und wahrnimmt, dass die hier unvollständig vertretenen Zwischen-

---

[21] Geologie der Schweiz und Zeitschrift d. d. g. G. 1872, Taf. XX, Fig. IV.

[22] Die Bezeichnung C-förmig rührt von Saussure her.

[23] Soc. géol. de Fr. 1846/47, p. 208.

bildungen (Fig. 8) umgekehrt liegen wie an der Basis des Keils bei der Stieregg. Das Mettenberg C gehorcht dem STUDER'schen Gesetz, welches lautet: Ist der Rücken der C-förmigen Biegung gegen das Innere der Alpen zugewendet, so sind die Schichten am Rücken die älteren.

Charakteristisch ist dieser Rücken, insofern er nicht wie in anderen Fällen (oberer Jungfraukeil, Laubstockkeil u. s. w.) allmählig sich auskeilt, sondern abgeplattet, breit endigt. Seine Begränzungsfläche läuft nicht parallel zur Gneissschichtung, sondern fast im rechten Winkel dazu. Der obere Theil des Kalk C ist in der vorderen Hälfte stark wellig.

Dem sedimentären Kalk ist nun in einer Erstreckung von 1100 m Gneiss aufgelagert, dessen scheinbare Mächtigkeit unter der Mettenbergspitze über 600 m beträgt. Bei der Biegung des Kalk C, vergl. Fig. 4, dringt noch ein kleiner Gneisskeil (den ich Brunnhornkeil nennen will) in dasselbe hinein. Ein Längsprofil desselben ist in Fig. 8 gegeben. Dass sich an der Contaktlinie neben der grossen C-förmigen Krümmung auch noch kleinere Falten einstellen, zeigt die Fig. 3. In Fig. 2 sieht man ebenfalls wie Sandstein, Verrucano und oberer Jura mehrfach gefaltet sind. Diese Fältelungen deuten auf Stauung von aussen hin. Eigenthümlich ist das Verhalten der Kalkschichten am Gneiss in Fig. 7.

Der Schichtung des Gneisses parallele Einklemmungen von Kalkschichten, wie sie anderwärts nicht selten auftreten (Taf. V, Fig. 12), habe ich am Mettenberg nicht bemerkt.

Die Stellung der Gneissschichten ist unten an der Basis, z. B. bei der Stieregg, deutlich eine steilere wie weiter oben am Mettenberggipfel und in dessen Fortsetzung gegen das Schreckhorn (Fig. 4). Die Differenz beträgt ungefähr 20°; geringer ist sie zwischen dem Gneiss der Basis und dem der oberen Contaktlinie.

In die Profil-Ansicht Fig. 4 sind eingetragen die durch die Lage der Glimmerblättchen bedingte Paralleltextur, ferner die Schichtung im Kalk und Klüftung im Gneiss.

Der Eindruck, den ich an den wegen der schroffen Abstürze nur schwierig zu untersuchenden Gneissfelsen erhielt, war folgender: Es verschwinden in dem aufgelagerten Gneiss die weiter rechts

so deutlich entwickelten Schichtfugen, ähnlich wie am Gstellihorn: Taf. VI, Fig. 2 (4. und 5. Gneisskeil).

Längs der Contaktlinie wechseln granitische, undeutlich geschichtete Stellen mit geschichteten ganz unregelmässig (nicht etwa lagenweise und geradlinig gegen einander begränzt) ab; oft sind beide Ausbildungen in demselben Handstück vereinigt. Es drängt sich daher der Gedanke auf, dass dieser Granit eine mechanische Abänderung des Gneisses ist; beide sind hier durch viele Übergänge des Schiefrigen miteinander verknüpft. Wo Schichtung im Gneiss bemerkbar ist, ist sie gewöhnlich diskordant zum Kalk, die Falldifferenz beträgt 25—50°. Ausnahmen kommen am Contakt und auch mitten im Gneiss vor. Weiter vorn, wo die Contaktlinie stark wellig wird, ist die Schieferung am Contakt besonders undeutlich, zuweilen mehr oder weniger parallel dem Kalk und macht da und dort den Eindruck verworrener Biegung. Es rührt dies daher, dass der Kalk lokal zuweilen sich nach der Gneissschichtung richtet; eine nennenswerthe Anschmiegung des Gneisses an den Kalk kommt an der oberen Contaktlinie nicht vor.

Die Zwischenbildungen der oberen Contaktlinie beschränken sich gewöhnlich auf Sandstein zunächst dem Gneiss, dann folgt ein grauer Thonschiefer und Röthikalk; es herrscht also umgekehrte Reihenfolge.

Steigt man in den Gneissabstürzen zum Mettenberggipfel hinauf und wieder zurück, so wird im Allgemeinen der Eindruck der Diskordanz der Paralleltextur bestätigt; das Fallen schwankt um 40° nach S. bis OSO. Jedoch zeigen sich immerhin auffallende Unregelmässigkeiten im Fallwinkel und in der Fallrichtung, ja sogar einzelne Ausnahmen, die ich eher durch Biegung als durch Bruch und Verschiebung erzeugt halte. Einige Fallwinkel sind eingetragen. Das Gestein schwankt fortwährend zwischen Gneiss und Granit ohne deutliche Wechsellagerung. Nur nahe dem Gipfel und nicht mehr in der Sphäre des überschobenen Gneisses kommen einige Quarzitbänke vor.

Lory's mechanische Vorstellung der Überschiebung. — Lory nimmt, wie früher berührt, zwei Hebungen des Gneisses an. Bei der ersteren wurde er ausschliesslich gefaltet, bei der zweiten (obwohl von Sedimenten bedeckt) ausschliesslich längs Bruchlinien verschoben, wodurch die Überschiebungen entstanden.

Nach Absatz des Anthracitsandsteins war der Gneiss noch ganz flexibel, zur späteren Tertiärzeit ganz starr. Darin glaube ich eine Härte dieser Anschauung zu finden; denn warum sollte der von Sedimenten wenig bedeckte, nach Absatz der Steinkohlenformation gefaltete, also längstfertige Gneiss sich so prinzipiell anders verhalten, wie der später unter viel stärkerer Sedimentbedeckung überschobene? Nach Absatz der Steinkohlenformation war der Gneiss sicherlich schon fest. Damals wie später war er trotzdem flexibel, und es kam namentlich darauf an, in welcher Tiefe und unter welchem Druck die Biegung vor sich ging.

Die Überlagerung der Sedimente durch Gneiss (Taf. V, Fig. 1) erfolgte nun nach Lory so, dass der steil gestellte, starre Gneiss sich längs Bruch- oder auch Schichtflächen in vertikaler und horizontaler Richtung verschob. Am Mettenberg wurde die noch von Sedimenten bedeckte Gneissmasse zuerst senkrecht auf einer Schichtfläche in der Richtung des Pfeiles 1 hinaufgestossen; dann erfolgte ein horizontaler Bruch der Schichten und längs der neuen Bruchlinie ein Schub in der Richtung des horizontalen Pfeiles über den Kalk hin. Die noch ganz flexibeln Sedimente schmiegten sich den durch diese Dislokationen geschaffenen Verhältnissen überall an und wurden daher in C-Form gefaltet.

Einwände. Wäre Lory's Anschauung richtig, so müsste in der Fortsetzung der oberen Contaktlinie am Mettenberg die horizontale Dislokationsspalte an den gänzlich vegetationslosen Wänden wahrnehmbar sein; oberhalb und unterhalb derselben würden die Schichtfugen nicht mehr genau auf einander passen. Davon bemerkte ich nichts.

Ferner sollte man bei einem so gewaltigen Schub eine Breccie am Contakt erwarten, die nicht vorhanden ist.

Wie will man ferner diese Vorstellung auf den complicirteren Fall des Gstellihorns anwenden, wo (vergl. Taf. VI, Fig. 2) Gneiss und Kalk 5mal gegenseitig ineinander eingreifen. Es verlangt dies eine 5malige Wiederholung von Schub und Seitenstoss („glissement und poussée latérale“)!

Studer's Erklärung der Überschiebung. — Es lässt sich nicht leugnen, dass, wenn man nur die Contaktverhältnisse ins Auge fasst, die Studer'sche Interpretation im Vergleich zu der

von Lory die Schwierigkeiten besser zu überwinden scheint. Darnach hat der Gneiss als granitischer Teig das Kalkgebirg gleichsam eingewickelt und die Schieferung enstand erst später durch Druck. Hiermit fällt die eine Hauptschwierigkeit wieso die Gneisslagen in die merkwürdige diskordante Stellung (Taf. V, Fig. 4, 6; Taf. VI, Fig. 2 hineingerathen konnten, weg.

Sowie man nun aber mit Studer die Schieferung auf den ganzen Fächer ausdehnen, Schichtung und Faltung desselben leugnen und den Gneiss als eruptiv nehmen will, so setzen sich die schon oben berührten unüberwindlichen Schwierigkeiten der hundertfachen Wechsellagerungen, des Parallelismus der Glimmerblättchen mit den Schichtfugen, welch' letztere die Krystalle nie durchschneiden, entgegen. Wollte man auch zugeben, dass einzelne Sedimenteinlagerungen durch Einklemmung und Plattdrückung im Gneiss erklärbar sind, so schwindet doch diese Möglichkeit gegenüber der Manchfaltigkeit und Zahl der Gneissabarten.

Andere Erklärungsversuche. Die von Heim [24] ausgesprochene Behauptung, wonach die durch den Glimmer bedingte Schichtung des Gneisses am Mettenberg oben parallel dem Kalk liegen sollte, würde allerdings das Problem vereinfachen, ist aber, wie früher auseinandergesetzt, thatsächlich unrichtig und auch die Angaben dieses Beobachters über eine normale Anschmiegung des Gneisses an den Kalk finden in den von mir beobachteten Thatsachen nicht genügende Unterstützung.

Die auch schon ausgesprochene Idee, dass der ursprünglich horizontal aufgelagerte Kalk bei seiner C-förmigen Krümmung die steilstehenden Gneissschichten so mit sich nahm, dass dieselben eine Drehung von 180° machten und oben nunmehr auf dem Kopf stehen, braucht wohl nicht ernsthaft erwogen zu werden.

Thatsachen, welche eine Theorie der Schichtenstellung am Contakt erklären muss. — Eine Erklärung der Diskordanz am Contakt müsste, wenn begründet, folgenden Thatsachen Rechnung tragen:

1) Sie darf nicht mit den weiter innen im Massiv gewonnenen Anschauungen, wonach der Gneiss ein geschichtetes, altes Gestein ist, im Widerspruch stehen. Sie soll erklären:

---

[24] Verh. d. schw. n. G. 1872/73, p. 89.

2) Warum der Gneiss seine Süd fallenden Schichtfugen in den Keilen verliert und granitisch wird;

3) Weshalb aber doch an vielen Stellen ein mit der Kalkschichtung diskordantes Südfallen der Glimmerlamellen nachweisbar ist. Wollte man letztere Richtung als Schichtung des Gneisses betrachten, so ergäbe sich die Anomalie, dass der petrefaktenführende Kalk mit durchgreifender Lagerung (Taf. VI, Fig. 2) gleichsam gangartig aufträte, sich also wie ein Eruptivgestein verhielte;

4) Die vielen regellosen mit dem Schichtwechsel nicht zusammenhängenden Übergänge von deutlicher bis zu gänzlich verwischter Paralleltextur der Glimmerlamellen;

5) Die starken Spuren mechanischer Veränderungen, nicht längs einzelner bestimmter Linien, sondern durch die ganze Masse hindurch (Rutschflächen, Friktionsstreifen). Das eigenthümlich geknetete Aussehen mancher Gneissparthien;

6) Das auf Druck deutende Schiefrigwerden des oberen Juras (Rücken des Mettenbergkeils, oben; oberes Mönchsjoch);

7) Den Parallelismus der Gneisskeile als Ganzes mit der Schichtung des Kalkes, wobei nie durchgreifende Lagerung beobachtet wird;

8) Das Überspringen der Paralleltextur des Gneisses am Contakt auf den Verrucano und andere Zwischenbildungen.

Hypothesen. — Die Tendenz der nun folgenden 4 Erklärungsversuche ist im Allgemeinen die die vermeintlichen Lagergänge von eruptivem Gneiss auf mechanische Weise durch Faltung des festen Gneisses zu erklären, was wegen des Punktes 1 geboten erscheint. Welche dieser Hypothesen der Wahrheit am nächsten kommt, muss weiteren Beobachtungen vorbehalten bleiben.

Allen diesen mechanischen Erklärungsversuchen liegt die Annahme zu Grunde, dass die Bewegung des Gneisses unter Sedimentbedeckung, also unter Druck vor sich ging. Wo, wie am Mettenberg, der den Kalk überlagernde Gneiss entblösst ist, geschah es durch Erosion. Diese Annahme ist um so mehr gerechtfertigt, als am benachbarten Wetterhorn [25] der überlagernde Gneiss noch theilweis von Kalk bedeckt und am Gstellihorn diese

---

[25] Vergl. meinen 6. Beitrag etc. Zeitschr. d. d. geol. Ges. 1878.

Bedeckung (mit Ausnahme des Gipfelkeils) eine vollständige ist. Unter solcher Bedeckung nun wird der Gneiss als flexibel angenommen.

Erste Hypothese (Taf. V, Fig. 2). Am Rücken des Kalk-C vom Mettenberg wurden die Gneissschichten an der Stelle des stärksten Druckes wie Teig ausgewalzt (eine bei den Sedimenten der Kalkalpen häufig zu beobachtende Erscheinung). In Folge davon wurde der Kalk in den Gneiss langsam hineingequetscht. Die ausgekeilten, abgedrückten Gneissschichten 1, 2, 3, 4, 5 schieben sich über den Kalk hinweg und schmiegen sich am Contakt demselben hie und da an, behalten aber im Übrigen ihre Diskordanz bei. Eine horizontale Verwerfungskluft in der Fortsetzung des Kalkes braucht bei dieser Anschauung nicht einzutreten. Werden z. B. saigere Gneissschichten von 1000 m Mächtigkeit in der Mitte zusammengedrückt, so dass sie daselbst nur noch 500 m Mächtigkeit haben, so werden sich die Schichten oben um 500 m überschieben können. Die bei der Auswalzung verdrängte Gneissmasse vertheilte sich theils nach oben, theils wurde an der Stelle stärksten Drucks ein Theil derselben in den Kalk hineingequetscht. Durch letzteren Umstand erklärt sich der merkwürdige Brunnhornkeil: Taf. V, Fig. 4 (B). Dass der Kalk in der Nachbarschaft des Brunnhornkeils eine so auffallende Druckschieferung besitzt, erklärt sich leicht, denn eben da war ja die Stelle stärksten Drucks. Weniger günstig für diese Vorstellung ist es, dass Anschmiegung der Schichten am Contakt gerade beim Mettenberg kaum vorhanden ist. Die Gneisstextur ist am Contakt meistens nicht umgebogen. Ferner ist mir ein allmähliges Auskeilen des Gneisses oder Dünnschiefrigwerden an der Stelle des vorausgesetzten stärksten Druckes nicht gerade aufgefallen.

Zweite Hypothese. Dass der Gneiss bei der Keilbildung nicht einfach sich horizontal über den Kalk hin faltete (Fig. 11 c) und dadurch demselben parallel wurde, möchte auch theoretisch so zu erklären sein: Von SSO. her wirkte der überwiegende Seitendruck des krystallinischen Gesteins. Der anfänglich horizontal hinübergebogene Gneiss wurde dadurch und wegen des Gegendrucks von aussen her gezwungen sich in Süd fallende Falten zu werfen. Diese Faltenbildung beschränkte sich auf den Gneiss, denn im Kalk herrschten andere mechanische Bedingungen.

Auffällig bleibt dann nur, dass so wenig Faltung und Biegung im Gneiss besonders an der Contaktlinie nachweisbar ist.

Dritte Hypothese. Es fällt auf, dass die Keilgneisse wenig Magnesiaglimmer, sondern neben Muscovit besonders die eigenthümlichen, nicht krystallinisch begränzten, in gewundenen Häutchen auftretenden glimmerartigen Mineralien und graugrünen, faserigen Aggregate (Zersetzungsprodukte von Glimmer oder Feldspath ?) enthalten. Schon früher wurde die dadurch veranlasste Pseudoschichtung erwähnt, die hie und da neben wirklicher Schichtung auftritt. Man könnte versucht sein die gesammte Paralleltextur der Keilgneisse für solche Pseudoschichtung zu halten. In diesem Fall wären lokal die Glimmerblättchen durch Wanderung der Substanz in ihre diskordante Stellung gelangt. Die Betrachtung der Handstücke liefert jedoch für eine solche Verallgemeinerung des Phänomens der Pseudoschichtung keine Anhaltspunkte und es scheint dieselbe nur ganz lokal aufzutreten.

Vierte Hypothese. Schliesslich möchte ich noch folgende Hypothese (vergl. Taf. V, Fig. 11 a—e) zu weiterer Prüfung an Ort und Stelle empfehlen. Dieselbe nimmt transversale Schieferung im Gneiss an. Der Gneiss erlitt, wo er sich über oder in den Kalk hineinfaltete, eine durchgreifende mechanische Veränderung. Indem sich die Theilchen aneinander verschoben, ging er in jenen eigenthümlichen gekneteten Zustand über, der für die Keile so charakteristisch ist, er wurde granitartig. Die Schichtfugen gingen bei diesem gewaltsamen Vorgang verloren; wo noch Spuren vorhanden sind, würden sie annähernd parallel den Kalkschichten verlaufen.

Oben wurden nun Beobachtungen angegeben, wonach im Gneiss neben der Schichtung auch eine Schieferung anzunehmen ist, die auf die Zwischenbildungen überspringt und dort einen starken Winkel mit der Schichtung bildet. Für gewöhnlich fallen beide Richtungen im Gneiss in eine Ebene. Nehmen wir nun an, dass in der Contaktregion der Keile das Letztere nicht mehr stattzufinden braucht, dass daselbst Schichtung und Schieferung auseinanderfallen. Die Richtung der hypothetischen Schichtung ist im Allgemeinen parallel der Contaktfläche zu vermuthen, konnte aber wegen starker mechanischer Veränderung des Gneisses und fehlender Wechsellagerung bisher nicht mit Sicherheit nach-

gewiesen werden. Undeutliche Biegungen glaubt man hie und da zu erkennen: Taf. V, Fig. 4.

Die Schieferung richtet sich nicht nach den Contaktflächen, sondern ist ein Druckphänomen. Dieselbe bildete sich in dem zusammengekneteten, granitischen Gneiss der Keile erst nachträglich aus, an manchen Stellen mehr, an manchen weniger. In Folge dieser Druckschieferung erhielten die Glimmerblättchen ihre Diskordanz zur Kalkschichtung. Die so entstehende Textur wäre somit transversale Schieferung, keine Schichtung und bis anhin mit derselben verwechselt worden.

Nach dieser Anschauung entstand bei der Faltung des Gneisses zu Keilen eine Art Granit, der dann durch Druck wieder in Gneiss überging. Dass Gneiss geschieferter Granit sei, ist eine alte Auffassung; als neu und Anstoss erregend wird aber die Annahme erscheinen, dass der Gneiss die mechanische Umwandlung (Orientirung der Glimmerblättchen) im festen Zustand erlitt. Hierfür könnte man sich auf die oben angeführten Versuche Daubrée's mit ziemlich erhärtetem Thon, dem unregelmässig Glimmerblättchen eingeknetet waren, stützen. Unter dem Druck einer starken hydraulischen Presse richteten sich dieselben parallel zur drückenden Fläche. Richtiger ist es wohl, man denkt sich während der ganzen Periode der Keilbildungen die pressende Kraft wirksam, so dass die Glimmerblättchen in den Keilgneissen überhaupt gar nicht aus ihrer Richtung kamen.

Diese Anschauung steht ferner mit keiner der oben angeführten acht Thatsachen in Widerspruch und erklärt dieselben ganz ungezwungen, so z. B. den unregelmässigen Wechsel von granitischen und geschichteten Stellen, die durch Faltung schwierig erklärbare strenge Diskordanz an so vielen Stellen, und endlich das Überspringen der Schieferung des Keilgneisses auf den Verrucano und andere Zwischenbildungen (Gadmenthalerschlinge und Taf. VI, Fig. 7), ja sogar auf den Kalk (Taf. V, Fig. 8).

Immerhin bedarf diese Anschauung noch der Prüfung und gewinnt erst dann Wahrscheinlichkeit, wenn wirklich in den Gneisskeilen keine diskordant stehenden Lager von Quarzit, Eurit, Glimmerschiefer vorkommen. Bis jetzt fand ich solche nicht.

Mikroskopische und chemische Notizen über die Contactgneisse. — Sie enthalten neben Orthoklas meistens

Plagioklas. Der Quarz ist oft voll von Flüssigkeitseinschlüssen, worauf auch der Wassergehalt der Analysen hinweist. Magnesiaglimmer findet sich viel weniger als Muscovit, der selten fehlt. Hierzu kommen glimmerartige Mineralien, über deren chemische Constitution und Beziehung zu den andern Mineralien Dunkel herrscht. Zum Theil dürften es Zersetzungsprodukte und Neubildungen aus Glimmer und Feldspath sein. Der Glimmer verwandelt sich in grünliche Aggregate oder ist ganz von Nädelchen durchschwärmt; der Feldspath verwandelt sich manchmal in solche Glimmersubstanz. Hierher gehören auch die graugrünen, faserigen, filzigen Aggregate und grünliche, flockige, chloritähnliche Anhäufungen.

Accessorisch treten, wenngleich nur selten und spärlich, mikroskopische Krystallkörner von Zirkon (Clus und Gadmenthal), Granat (bei Jäggigrätli) und Turmalin (Wetterhorn) auf, ferner Kalkspath in Kryställchen und Häutchen abgeschieden in gegen den Contakt hin immer wachsender Menge und selten Eisenglanz. Manchmal ist eine Art fein krystallinischer Grundmasse entwickelt, welche sich in Spalten des Quarzes hineindrängt.

Umstehende Analysen[26] bilden einen Anfang zur chemischen Kenntniss der Gesteine des Finsteraarhornmassivs:

---

[26] Dieselben liess die schweiz. geol. Commission in der Erwägung ausführen, dass die chemische Untersuchung unserer Gesteine auffallend vernachlässigt worden ist. I, III und VIII sind von Hn. Züblin, im Laboratorium der Industrieschule, die übrigen von Hn. Assistent Fischli ausgeführt worden.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
Kieselsäure	62,90	65,16	66,22	65,09	61,71	56,85	74,65	79,04
Thonerde	18,19	12,01	18,15	13,82	21,37	15,57	14,40	11,64
Eisenoxydul . . .	3,95	4,30	4,14	3,14	3,96	3,53	0.32	0,92
Eisenoxyd	6,04	5,19	2,31	5,49	4,23	4,59	7,88	1,10
Manganoxyde . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Kalk	2,45	1,92	0,45	2,69	2,30	3,28	1,66	0,49
Magnesia	0,67	—	0,94	1,31	0,63	1,81	0,21	0,26
Kali	1,50	1,23	2,38	2,28	2,80	5,64	0,16	4,25
Natron	1,82	7,22	1,25	3,73	1,69	3,53	verunglückt	0,86
Wasser	1,12	2,83	2,35	2,78	2,32	4,36	0,76	1,00
Kohlensäure . . .	0,06	0,73	0,26	1,02	0,43	1,18	0,32	—
	98,70	100,59	98,45	101,35	101,44	100,34	100,36	99,56
Specifisches Gewicht .	2,55	2,75	2,55	2,774	2,37	2,73	2,62	2,48
Glühverlust . . .	0,28	2,57	1,08	1,64	3,29	3,56	1,31	0,42

I. Flasriger Augengneiss, beim Grimselhospiz und gegen Nägelisgrätli hinauf mächtig entwickelt.

II. Frisch aussehender Gneissgranit, mächtig entwickelt bei Hof im Haslithal, c. 100 m vom Contakt. In 3—5 cm dicken Bänken abgesondert. Glimmerblättchen nicht parallel. Enthält Ortho- und Plagioklas und viel eines grünlichen Glimmerminerals.

III. Grünlicher, feinschiefriger bis flasriger Gneiss von der Grimselstrasse (Strassentunnel zwischen äusserer und innerer Urweid) mit sehr vorwaltendem grünem Mineral. Übrige Gemengtheile zurücktretend. Wenig bräunlicher Glimmer und Granat. Häufige Varietät.

IV. Geschieferter, dem Jurakalk auflagernder Gneiss vom Mettenberg (oberer Contakt bei Jäggigrätli). Ortho- und Plagioklas, Quarz, Kali- und wenig Magnesiaglimmer. Grünliches Glimmermineral; einige isotrope Granatkörner. Frischer wie V und VI.

V. Bauschanalyse von granitisch gewordenem, dem Jurakalk auflagerndem Contaktgneiss des Mettenbergs (oberer Contakt). Ortho- und Plagioklas. Quarz. Glimmerblättchen gebogen, z. Th. zersetzt. Faserige Aggregate. Chloritartige Schuppen. Magneteisen. Viel Flüssigkeitseinschlüsse, oft schnurförmig angeordnet. Das Gestein ist merklich zersetzt, doch wäre, wie auch bei VI, frischeres Material ohne Sprengen nicht zu erhalten.

VI. Bauschanalyse von deutlich geschiefertem, etwas flaserigem, dem Jurakalk aufgelagertem Contaktgneiss am Mettenberg. Enthält Feldspath, Quarz, hellen Glimmer und grünliches Glimmermineral. Merklich zersetzt. Material von 12 Handstücken.

VII. Bauschanalyse eines sedimentären, hellgrauen, körnigen quarzitischen Sandsteins vom Mettenberg. Derselbe bildet das dem Gneiss zunächst liegende Glied der Zwischenbildungen: (Taf. V, Fig. 6,) und ist wegen seiner Biegungen von Interesse. Dünne Thonhäutchen deuten die dem Kalk parallele Schichtung an, während eine im Winkel dazu verlaufende transversale Schieferung dem Gneiss parallel läuft. Einzelne helle Glimmerblättchen. Quarzkörner theils glasig glänzend, theils trüb und undurchsichtig. Ein Bindemittel ist vom Auge nicht wahrnehmbar. Ist nach der Analyse ein Sandstein mit thonigem, schwach eisenschüssigem Bindemittel.

VIII. Eine reinere, weissliche, keine Thonschmitzen enthaltende, häufig vorkommende Abart des Sandsteins Nro. VII vom Gneisscontakt bei Reissen am Mettenberg. Führt vereinzelte Glimmerblättchen.

Die Anzahl der gegebenen Analysen ist zu klein, um sichere Schlüsse zu ziehen; das Folgende mag daher im Sinne vorläufiger Annahmen genommen werden.

Trennen wir zunächst den quarzitischen Sandstein VII und VIII ab, der ein ganz anderes Gestein ist, so haben wir es mit drei normalen Gneissvarietäten des Grimselprofils (I, II und III) zu thun und mit Contaktgneissen vom Mettenberg, welche den Sedimenten anormal aufgelagert sind und meistens unmittelbar an oder wenige Fuss von der Contaktlinie entfernt geschlagen wurden.

Im Allgemeinen sind die frischen Gneisse mit 63 bis 66 % an Kieselsäure nicht reich. Verglichen mit den Protogynen des Montblanc[27] oder dem Grimselgranit (Bunsen) enthalten sie an 8 % weniger Kieselsäure. Die grünlichen, glimmerähnlichen Mineralien spielen eine grosse Rolle in diesen Gneissen. Die Analysen mit ihren geringen Prozentzahlen für Magnesia unterstützen ferner die Angaben von Delesse, Müller[28] u. a., wonach das grünliche Mineral der Protogyne nicht Talk sein kann. Dies gilt also auch für die Gneisse des Mettenbergs und der Grimsel. Leider herrscht über dieses glimmerähnliche Mineral (auch wohl „Talkglimmer“ genannt) nach wie vor Dunkel. Ob es ein oder mehrere Species sind, ob es primäre oder sekundäre Bildung, ist nicht ausgemacht. Mikroskopisch betrachtet scheinen es eher mehrere Mineralien zu sein, die häufig das Gepräge von Zersetzungs- und Umwandlungsprodukten tragen.

Der flaserige Grimselgneiss ist von dem granitischen Gneiss bei Hof auch chemisch ziemlich verschieden durch grösseren Gehalt an Thonerde und Kalk und geringeren Gehalt an Alkalien, Wasser und Kohlensäure. Obgleich im Centrum des Massivs enthält er auch weniger Kieselsäure.

---

[27] Delesse, Bull. soc. géol. 1849. Roth's Gesteinsanalysen, pag. 4.

[28] Analyse des „Talkglimmers“ in Verh. d. nat. Ges. in Basel 1867, pag. 765.

Bei den Gneissen I, II, IV waltet Natron vor. Bei II, wo dies besonders auffällig erschien, sind die Alkalien zweimal bestimmt und nahezu übereinstimmende Werthe gefunden worden. Die Contaktgneisse IV, V und VI sind gut unter sich vergleichbar, weil sie sämmtlich von der obern Contaktlinie des Mettenbergs stammen. Sie sind offenbar stark verändert, IV am wenigsten; die Disposition dazu mag z. Th. mit dem geringen Kieselsäuregehalt und dem Vorkommen hoch oben an den Witterungseinflüssen besonders ausgesetzter Stelle, sowie mit der anormalen Lagerung zusammenhängen. Die Veränderungen beziehen sich auf Kieselsäure, Thonerde, Alkalien, Wasser, Kohlensäure. Immer enthalten sie etwas Calciumcarbonat, welches am unmittelbaren Contakt im Dünnschliff immer nachweisbar ist, sonst aber häufiger auftritt, wenn der Kalk normal oben liegt.

Die Veränderung ist eine ungleichmässige. Bei V hat Kaolinisirung stattgefunden; bei VI ist dagegen die Kieselsäure verringert und die Alkalien haben sich vermehrt. Bei der zerklüfteten Natur des die Kappe des Berges bildenden Gneisses wäre vielleicht eine Anreicherung der untern Schichten von den oberen her durch Sickerwasser denkbar. Alle diese Veränderungen erfordern aber jedenfalls nicht die Annahme einer Contaktmetamorphose, sondern erklären sich schon durch Verwitterung, sowie durch seitlich und von oben her stattfindende Infiltration.

Analogien der Lagerung zwischen dem Gneiss der Gränzregion und andern Sedimenten. — Dass die Fächerstruktur nicht ganz auf die Centralmassen beschränkt sei, sondern auch in den Alpen in unzweifelhaft geschichteten Gebirgen wiewohl seltener vorkomme, bemerkt Studer[29] selbst und führt als Beispiele den Griesspass, mit seinen schwarzen Thon- und Glimmerschiefern, ferner die Greina und den Ausgang von Val Tuors gegen Bergün an. Favre führt ein Beispiel von fächerförmiger, echter Schichtung vom Pass Faucille bei Genf an. Ich[30] bemerkte einen solchen Fall am Grat, der die grosse Scheidegg mit dem Absturz des Wetterhorns verbindet. Die steil stehenden Thonschiefer schwanken am

[29] Lehrb. d. phys. Geogr. und Geologie 2. Bd., p. 213.
[30] Zeitschr. d. d. g. G. 1878.

Schlafhubel und aufwärts um die Vertikale und fallen bald nach Nord, bald nach Süd, was den Eindruck einer zusammengesetzten Fächerstruktur macht.

Wir werden nun um so eher berechtigt sein die Gneisskeile für Falten statt für Gänge zu nehmen, je mehr solcher Lagerungsanalogien zwischen Gneiss und jüngern Sedimenten sich finden.

Besonders wichtig erscheint die Analogie mit der Glarner Doppelschlinge [31]. So heisst jene grossartige, von A. Escher erkannte, doppelt S-förmige Biegung zwischen Rhein- und Reussthal, durch welche viele Meilen weit die älteren Schichten auf das Eocen zu ruhen kommen. Dieses, bestehend aus mit Nummulitenkalk wechsellagerndem Flysch, fällt überall steil nach Süd, jene lagern als diskordante im Allgemeinen schwach östlich fallende Decke darüber. Die thonreichen mit Nummulitenkalkbänken wechselnden Flyschschiefer wurden bei der Haupthebung der Alpen am Ende der Tertiärzeit durch Seitendruck gefaltet und zwar zusammen mit Jura und Verrucano, wie die Betrachtung der Lagerungsverhältnisse es lehrt. Es können nun (dies zeigt uns die Glarnerschlinge) Sedimentcomplexe gleichzeitig gebogen sein und dennoch ganz verschiedene Schichtenstellung besitzen. Auch Jura- und Kreideformation des Glärnisch bilden hierfür ein schönes Beispiel. Diese Erscheinung erklärt sich durch ungleiches Material, stärkeren Zusammenschub in grösserer Tiefe, weil dort der Seitendruck grösser ist; überhaupt durch verschiedenen Druck und Zug an verschiedenen Stellen. Nur mit Vorsicht darf man also in Gebieten complicirter Faltungen Schlüsse aus der Schichtenstellung ziehen. Beachtenswerth ist die Formenähnlichkeit der früher beschriebenen Urbacher Contaktschlinge mit der des Kantons Glarus. Jene ist ein kleines Seitenstück zu dieser, nur liegt sie verkehrt.

Wer sich mit der Glarnerschlinge und dem Finsteraarhornmassiv gleichzeitig beschäftigt hat, wird sich unwillkürlich versucht fühlen die Analogie derselben noch weiter zu treiben. Das Gebiet der Escher'schen Schlinge liegt ziemlich im Streichen des Finsteraarhornmassivs, dessen Granit-Gneiss sich in die Schlinge hineinschiebt und unter dieselbe hinabtaucht. Fassen wir nun

---

[31] Abbildungen derselben gab ich in diesem Jahrbuch 1876.

mit vielen Geologen die Kettengebirge nicht als das Produkt aktiver Eruptivgesteine, sondern als durch Contraktion der Kruste und Seitendruck erzeugte Faltungen aller auch der krystallinischen Gesteine, so erscheint es bedeutsam, dass eine solche Zusammenschiebung des Eocenen in der unmittelbaren Fortsetzung des Finsteraarhornmassivs stattfand. Es war möglicherweise ein und dieselbe Faltung der Kruste, welche hier das Krystallinische dort das Eocene betraf; beide wurden gleichzeitig in Falten geworfen, womit nicht ausgeschlossen ist, dass schon vorher der Gneiss in gewissem Grade aufgerichtet und gefaltet war.

Scheint auch die genetische Zusammenstellung des Finsteraarhornmassivs mit der Glarnerschlinge etwas gewagt, so ist auf der anderen Seite die Diskordanz des Gneisses auch noch kein strenger Beweis dafür, dass seine Faltung im Sinne Lory's schon vor der Triasformation vollendet war; man kann, wie es mehr oder weniger bestimmt Favre und Müller ausgesprochen haben, die Aufrichtung (Faltung) des Gneisses auch viel später unter Sedimentbedeckung sich denken. Letztere wurde als schwache Epidermis bei der Contraktion der Erdkruste noch wenig afficirt, während in grösseren Tiefen sich bereits Gneissfalten erzeugten. Tiefendifferenzen haben wohl jedenfalls bedeutenden Einfluss auf die Faltung. Durch diese Hypothese erklären sich auch die parallelen Einfaltungen von Kalk im Gneiss: Fig. 11 Taf. V; (Kalkkeil von Färnigen etc.) Es sind die bei der späteren Faltung des Gneisses gefassten und in die Falten hineingezogenen Stücke der Sedimentdecke. Aus ihrer Länge sollte man entnehmen können, um wieviel der Gneiss sich noch seit Absatz der betreffenden Sedimente gefaltet hat.

Ich glaube für das von mir untersuchte Gebiet an einer theilweisen Aufrichtung vor Absatz des Verrucano festhalten zu müssen. Die Discordanz des Gneisses erklärt sich dann leichter. Das Fehlen der Wendungen und Scheitel der Gewölbe kann von einer allgemeinen und gleichmässigen Denudation oder Abnagung herrühren. Dadurch wurde eine Urgebirgsbasis geschaffen, auf welcher sich dann die Sedimente ablagerten. Wollte man die gesammte Gneissfaltung und Verschiebung unter einer Sedimentdecke vor sich gehen lassen, so müssten Reibungsbreccien auftreten, welche ich in meinem

Gebiet, wo man sie vorzugsweise erwarten sollte, am Contakt nicht wahrgenommen habe. Die ausgesprochene Anschauung schliesst selbstverständlich spätere Hebung und Faltung nicht aus.

Werfen wir nun einen Rückblick auf alles Gesagte, so ist zuzugeben, dass eine ganz befriedigende auf unwiderlegliche Beweise gestützte Erledigung der Stellungsfrage am Contakt, auf welche hier besonderer Nachdruck gelegt wurde, auch durch vorliegende Arbeit noch nicht geleistet ist, obgleich ich hoffe, dass durch das neue Material der Abschluss wieder etwas näher gerückt erscheint.

Wenn schon beim Glärnisch oder der Glarnerschlinge es schwer hält die Entstehung der merkwürdigen Schichtenstellung zu erklären, wo doch über die Sedimentnatur kein Zweifel herrscht, so wird man sich nicht wundern dürfen, dass auch bei der Schichtstellung am Kalk-Gneisskontakt noch einige Zweifel übrig bleiben.

Das dürfte wohl aus Allem hervorgehen, dass man nur mit Vorsicht aus den im Hochgebirg so ausserordentlich complicirten Stellungsverhältnissen Schlüsse auf die Natur und Entstehung der Centralmassive ziehen darf, namentlich wenn dieselben mit den in den inneren Theilen der Centralmassen gewonnenen Resultaten in Widerspruch treten. Im Nachfolgenden mögen nochmals einige hierauf bezügliche Punkte zusammengefasst werden:

Die Thatsachen am Contakt sind nicht der Art, dass nur die Annahme eines jung-eruptiven Gneisses sie zu erklären vermöchte.

Es ist vielmehr auch im Finsteraarhornmassiv der Gneiss der nördlichen Randzone als älteres Gestein zu betrachten.

In der nördlichen Grenzgneissregion ist eine wahre Schichtung anzunehmen.

Daneben kommt eine echte Schieferung vor, die gewöhnlich der Schichtung parallel läuft, sie aber auch im Winkel schneidet, was (wie ich vermuthe) am Contakt in den Gneisskeilen und den die Sedimente bedeckenden Gneissparthien vorkommen möchte.

In den Gneisskeilen ist daher eine tranversale Schieferung zu vermuthen, welcher die Glimmerlamellen parallel laufen. Sie ist daselbst die Ursache (oder hat mindestens wesentlichen Antheil) an der so auffallenden Erscheinung der Diskordanz des Gneisses mit den Sedimenten.

Die Lage der Glimmerblättchen in den Gneisskeilen ist mir kein sicheres Criterium für Schichtung.

Eine Schichtung in den Keilgneissen durch deutliche Wechsellagerung nachzuweisen, ist mir bis jetzt noch nicht mit Sicherheit gelungen und muss weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

In den Zwischenbildungen und im Malm tritt eine transversale Schieferung auf, die mit der angenommenen Gneissschieferung meist parallel läuft.

Auf diese transversale Schieferung gründe ich die Annahme, dass der Parallelismus der Glimmerblättchen im anormal gelagerten Gneiss von Druckschieferung herrührt. Ich bin der Überzeugung, dass die angeführten Stellungsverhältnisse am Contakt auf mechanischem Wege ohne Zuhülfenahme eines eruptiven Magmas erklärbar sind. Die Frage, welche der unter 1, 2 und 4 angeführten Hypothesen sich der Wahrheit am meisten annähert, lasse ich noch offen.

Die bisher zur Analyse gelangten Gneisse des erwähnten Gneissgebietes sind graue an Kieselsäure arme Gneisse.

Die Anschauung Lory's über die Gneissüberschiebungen im Berneroberland dürfte für die hier besprochenen Contaktverhältnisse nicht anzunehmen sein.

Am Nordabfall der Alpen von der Jungfrau bis zum Rheinthal sind in allen Gesteinen Verwerfungen seltener, Biegungen und sehr complicirte Falten gehören dagegen zu den ganz gewöhnlichen Erscheinungen. Jene nehmen an der Bildung der Ketten wohl nur einen untergeordneten, diese den Hauptantheil.

Die Faltung des Gneisses, welche später zur Fächerbildung führte, begann schon vor dem Absatz des Verrucano, hat sich aber später fortgesetzt, wie die eingeklemmten Sedimente beweisen. Sie erreichte bei der grossen Haupthebung der Alpen ihr Maximum und ging von da an wieder zurück; es lässt sich nicht beweisen, dass sie jetzt abgeschlossen sei.

Auch feste, längst erhärtete, bergfeuchte Gesteine sind biegsam. Die Biegsamkeit ist bedingt besonders durch die chemische Constitution und den Druck (Seitendruck und Belastung) unter dem die Schicht steht. Hierzu kommt die Art der Aggregation, die Verschiebbarkeit der Theilchen. Je thonreicher ein Gestein,

desto eher kann es ceteris paribus gebogen werden. Auch thonarme, anscheinend spröde Gesteine können gebogen werden, wenn sie von anderen bedeckt unter allseitigem Drucke stehen. Dieser gestattet eine Verschiebung der Theilchen, ohne dass sie aus der gegenseitigen Cohäsionssphäre herauskommen.

Krystallinische Schiefergesteine, ja auch jüngere Sedimente können in Folge der Biegsamkeit im festen Zustand Lagerungen erhalten, wie man sie sonst nur bei flüssig gewesenen Eruptivgesteinen zu sehen gewöhnt ist. Solche Lagerungen kommen vor in Faltungsgebieten, wo die Pressung eine besonders starke war.

Erklärung der Tafeln.

Taf. V

giebt Profilansichten und Profile, die mit Ausnahme von Fig. 5 und 12 sich auf den **Mettenberg bei Grindelwald** im Berneroberland beziehen. Sie sollen zur Erläuterung der anormalen Überlagerung von oberem Jura durch Gneiss dienen, welche ich als Faltungsphänomen, am festen Gestein vor sich gegangen, betrachte.

Fig. 1. Lory's theoretische Erklärung der Kalkkeile der Berner-Alpen durch Verwerfungen (nach Lory).

Fig. 2. Erste Hypothese zur Erklärung des Mettenbergs (Faltung und Auswalzung des Gneisses). Vergl. hierzu Fig. 11.

Fig. 3. Profil durch die Fältelungen am Jäggigrätli Mettenberg). Es zeigt, dass, ausser der grossen C-förmigen Hauptbiegung des Kalkes, noch kleinere Fältelungen an der oberen Contaktlinie auftreten. Die hier dargestellte Falte befindet sich in der Hauptansicht, Fig. 4, oberhalb des Buchstabens S. Dieselbe kehrt, wie die grosse Hauptbiegung, den Rücken nach innen (Alpenseite), während die Falte bei R (Fig. 4) den Rücken nach aussen hat. Diese Undulationen und Falten bedeuten Stauung und Widerstand von aussen her.

Fig. 4 giebt die Hauptansicht des von Gneiss überlagerten Oberjurakalkkeils am Mettenberg (Südwestseite), aufgenommen von der Clubhütte am Bergli. Der diesseitige Abhang verdeckt den untersten Theil. Die thatsächlichen Details sind eingetragen. Man sieht die Undulationen der Contaktlinie und die schon erwähnten kleinen Falten; ferner wie sich die Zwischenbildungen (mit Callovien Fig. 10) oben umbiegen und in umgekehrter Lagerungsfolge nach der vorderen Kante des Berges zurücklaufen. Ferner fällt der kleine Gneisskeil oberhalb des Brunnhorns auf, eine unter stärkstem Druck eingequetschte Gneissmasse.

Sodann sind die verschiedenen Richtungen im Gneiss angegeben:

1) die Richtungen paralleler Anordnung des Glimmers. Sie bedeuten hier Schichtung und Schieferung. Die Schieferung springt manchmal auf den Kalk über (zwischen S und R und bei B) und tritt hier als transversale Schieferung auf. Die Schichtung ist im Stiereggtobel oben etwas gebogen. Besonders wichtig ist, dass die Paralleltextur im Gneiss an der oberen Contaktlinie diskordant zum Kalk steht. Während nun in der Ansicht rechts, unter Gwächten und Kleinschreckhorn, die Schichtfugen aufs Deutlichste sichtbar sind, verschwinden dieselben im überlagerndem Gneiss. Derselbe wird z. Theil granitisch (bei H und R) und wie geknetet. Überblickt man ihn im Ganzen, so bemerkt man allerhand unbestimmte Richtungen, die z. Theil die Schieferung im Winkel durchschneiden, deren Bedeutung aber an den schroffen Abstürzen schwer festzustellen ist. Streichen und Fallen ist ziemlich ungleichmässig; einige Fallwinkel sind eingetragen.

2) Klüftung im Gneiss. Darunter tritt eine sehr hervor, die die Schieferung im rechten Winkel schneidet.

In den Sedimenten ist die Schichtung und an einigen Orten die transversale Schieferung angedeutet.

Fig. 5. Überspringen der Schieferung des Gneisses auf den C-förmig gebogenen Kalk am oberen Kalkkeil der Jungfrau. Es ist dies der Kalkkeil, welcher in diesem Jahrbuch 1877, Taf. VIII 3 a und b mit 2 bezeichnet ist. Dieselbe transversale Schieferung tritt auch in

Fig. 6 auf: Überspringen der Gneissschieferung auf den Kalk am Mettenberg (obere Contaktlinie).

Fig. 7. Stück der oberen Contaktlinie am Mettenberg. Es zeigt diskordante Schieferung und die Klüftung im Gneiss. Bemerkenswerth ist das theilweise Abstossen, die Fältelung und Einbuchtung der Kalkschichten am Gneiss.

Fig. 8. Längsprofil durch den kleinen Gneisskeil (Brunnhornkeil am Mettenberg). Der Brunnhornkeil ist eine durch Malm und Zwischenbildungen von der Hauptmasse des Gneisses getrennte, durch Einquetschung in den Kalk entstandene Gneissfalte. Der Gneiss derselben ist schlecht geschiefert und an vielen Stellen granitisch oder geknetet.

Fig. 9. Halbschematische Ansicht des Mettenbergkalkkeils von der Nordostseite. Man sieht die Discordanz zwischen Gneissschieferung und Kalkschichtung; ferner eine kleinere Einquetschung des Kalkes in den Gneiss am Rücken des Kalk C.

Fig. 10. Querprofil am Contakt bei der Ortfluh. Das Profil liegt etwa in der Höhe der Stieregg (s. Fig. 4) an der Basis des Kalkkeils. Hier ist der Dogger durch Callovien mit *Ammon. coronatus* Brug. und vielleicht noch durch andere Stufen vertreten. Verrucano und quarzitischer Sandstein treten erst etwas weiter oben im Stiereggtobel deutlich hervor. Die Lagerungsfolge ist hier die normale.

Fig. 11 a—e. Vierte Hypothese über die Entstehung des Mettenbergs.

Sie nimmt ihren Ausgangspunkt von der Annahme, dass im überlagernden Gneiss Schichtung und Schieferung auseinanderfallen. Jene läge ungefähr horizontal, konnte aber freilich bis jetzt durch Wechsellagerungen nicht nachgewiesen werden; die Schieferung steht diskordant zum Kalk.

Fig. 12 zeigt parallele Schichteneinklemmung des Kalks im Gneiss bei der Eigerhöhle, woraus folgt, dass die Faltung des Gneisses sich noch nach Ablagerung des Jura fortsetzte (vergl. auch Taf. VI, Fig. 2: die Kalklager am Dossenhorn).

Taf. VI.

Das Gstellihorn bei Rosenlaui (Fig. 1—6) und einige merkwürdige Schieferungsphänomene Fig. 7 und 8.

Fig. 1. Endigung des Hauptgneisskeils (4) am Gstellihorn, oberhalb der Alp Augstgumm. Dieser Keil wird durch einen granitisch veränderten Gneiss gebildet und ist unregelmässig zerklüftet. Seine Mächtigkeit beträgt hier ungefähr 80 m, die Gesammtlänge 1000 m. Die Kalkschichten sind bei Känzeli und Leitern schön C-förmig um ihn herum gebogen. Die Zwischenbildungen, besonders durch gelbrothen Röthidolomit und weisslichen quarzitischen Sandstein vertreten und sind in der merkwürdigsten Weise gewaltsam hin- und hergewunden. An einer Stelle ist eine grosse Kalkscholle von ihnen eingeschlossen. Die Erscheinungen deuten auf mächtigen Druck und grosse Plastizität der Gesteine. Fetzen krystallinischer Zwischenbildungen (vielleicht auch Gneiss) lassen sich in getrennten Stücken bis zum Känzeli verfolgen. An mehreren Stellen tritt in den Falten bunter Marmor auf, übereinstimmend mit meiner Hypothese, dass bei dessen Bildung der Druck ein Hauptfaktor war. An manchen Stellen ist der Malm bis auf 3 m durch Oxydation der organischen Substanzen licht gefärbt.

Am obersten fünften Keil war der Druck schwächer, daher sind die Undulationen der Contaktlinie viel gleichmässiger und geringer und der Marmor fehlt. Hier ist der Dogger petrefaktenreich.

Fig. 2. Keilförmiges gegenseitiges Ineinandergreifen von Gneiss und Kalk am Gstellihorn, übersichtliche Profilansicht, von der Südflanke des Urbachthals aus aufgenommen. Diese Ansicht ist mit geringen Änderungen dieselbe wie die auf Taf. VIII dieses Jahrbuchs von 1877, vergl. die Erklärung ebendaselbst, p. 17. Ergänzend und berichtigend füge ich noch Folgendes hinzu: Es ist möglich, dass Schichtung und Schieferung in den Gneisskeilen nicht mehr, wie es weiter links (südlich) der Fall ist, parallel laufen, sondern dass der Parallelismus der Glimmerblättchen, wo er innerhalb der Keile hie und da auftritt, auf transversaler Schieferung beruht, während die Schichtung verschwunden oder undeutlich geworden ist. Es ist mir bei zweimaligem Besuch nicht gelungen durch Wechsellagerung verschiedener Gneissvarietäten innerhalb der Keile eine etwa dem Kalk parallel laufende Schichtung zu constatiren und es ist vielleicht dieser Nachweis wegen der Einförmigkeit des Gesteins unmöglich. Hinderlich ist es, dass der Zusammenhang der Paralleltextur

in den Keilen mit der Schichtung weiter links verdeckt ist. Beachtenswerth scheint der Umstand, dass jene unter steilerem Winkel fällt, als diese.

Fig. 3. Die oberen drei Gneisskeile am Gstellihorn. Bemerkenswerth ist das plötzliche Abbrechen der Schichtfugen im Gneiss beim Urbachsattel, die granitisch geknetete Beschaffenheit des Keilgneisses, das Auftreten von Schieferung bei Keil 3, das schöne Umbiegen der Kalkschichten im Winkel, woselbst auch Doggerversteinerungen vorkommen.

Fig. 4. Detail eines Gneisskeiles am Gstellihorn. Der Keil (3) ist zerrissen und das äussere Stück von Kalkschichten eingewickelt. Dieses Stück ist ausserdem noch in mehrere Schollen zerklüftet.

Fig. 5. Biegungen im Glimmerquarzit am Contakt beim Gstellihorn als Beweis, dass auch spröde, thonarme Gesteine unter Druck der Biegung fähig sind. Die Stelle befindet sich am obern Rand des dritten Gneisskeiles.

Fig. 6. Biegung im quarzitischen Sandstein am Gstellihorn. Die Biegung ist ganz scharf. Die Stelle befindet sich am kleinen Gletscher in Fig. 1.

Fig. 7. Überspringen der Schieferung vom Glimmerschiefer auf den diskordant aufgelagerten Verrucano an der Spitzgrassenplangge am Fuss des Schlossbergs. Die Stelle liegt gegenüber Stäffeli im hintern Engelbergerthal und ist charakteristisch. Der Verrucano, durch rothe Farbe von weitem kenntlich, ist ausgezeichnet feinschiefrig, die Schieferung bildet mit seiner Schichtung einen starken Winkel und läuft parallel der Schieferung des Glimmerschiefers.

Fig. 8. Gebogene Schieferung im Kalk am Ostfuss des Eiger, gegenüber Bäregg. Die echte Schichtung schneidet die Schieferung anfänglich in starkem Winkel, wird dann aber ihr annähernd parallel und krümmt sich C-förmig nach oben entsprechend dem gegenüberliegenden Mettenberg C. Der Gneiss zeigt die gewöhnliche Diskordanz. Ausserdem kommt noch eine steile Klüftung im Kalk und (weniger sicher) im Gneiss vor.

Berichtigung: In Tafel V, Fig. 10 und Tafel VI, Fig. 4 sollte die Schieferung, beziehungsweise Schichtung im Gneiss steiler sein.

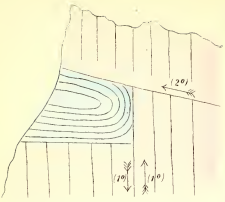


Fig. 1. Lorys theoretische Erklärung der Kalkkeile der Berneralpen.

Fig. 2. Erste Hypothese zur Erklärung des Mettenbergs.

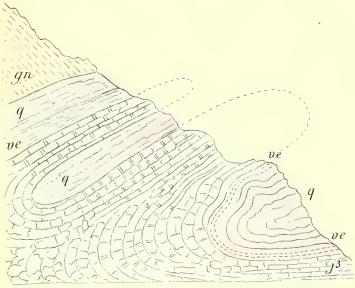


Fig. 3. Profil durch die Fältelungen am Jäggigrätli (Mettenberg)

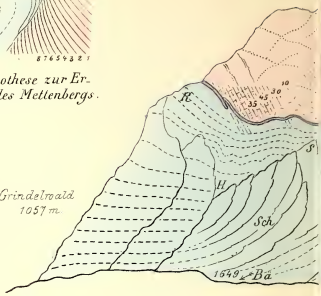


Fig. 4. Der von Gneiss überlagerte Oberjura
B - Brunnhorn, Bä - Bäregg beim untern Eismeer
L - Langenjahn, O - Obere Jäggl., R - Reissen, S -
Qt - Eine Quarzitbank im Gneiss.

Fig. 9.
Halbschematische Ansic

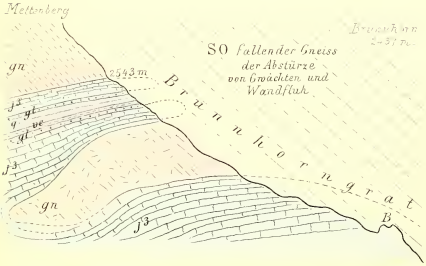


Fig. 8. Längsprofil durch den kleinen Gneisskeil am Mettenberg (Brunnhornkeil)

Abkürzungen:

- j^3 Oberer Jura
- ech Echinodermenbreccie
- rö Röthidolomit
- ve Verrucano
- th ö Thonschiefer
- q Quarzitischer Sandstein
- gl Glimmerquarzit
- gn Gneiss

Fig. 11 a

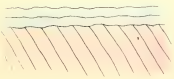


Fig. 11 b

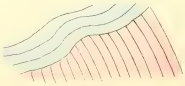


Fig. 11 c

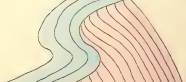
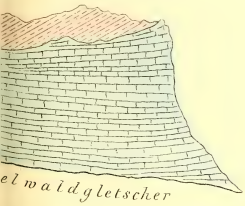


Fig. 11 d

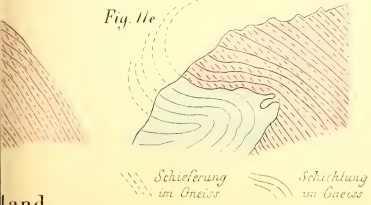
Fig. 11. Vierte Hypothese über die Entstehung des Mettenber

Der Mettenberg im Bernerol

kkeil am Mettenberg (Südwestseite)
chhurnenlamm. J - Jägigrätli 2473 m.
derkopf. Sch - Schafplatten. St - Steregg.
aften in Gneiss bedeuten den Fallwinkel



el waidgletscher
s Mettenbergkalkkeils von der Nordostseite.



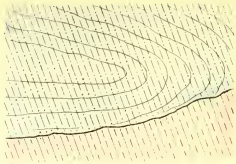


Fig. 5. Überspringen der Schieferung des Gneisses auf den C förmig gebogenen Kalk am oberen Kalkkeil d. Jungfrau

Fig. 6. Überspringen der Gneissschieferung auf den Kalk am Mettenberg (obere Contactlinie)

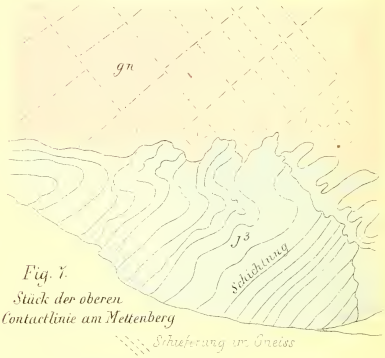


Fig. 7.
Stück der oberen Contactlinie am Mettenberg

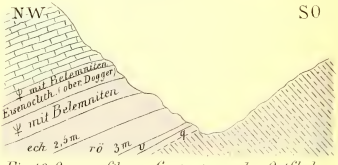


Fig. 10. Querprofil am Contact an der Ortflah (Mettenberg)

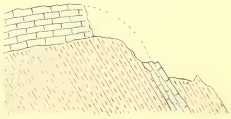


Fig. 12. Dem Gneiss parallele Einklemmung von Kalk bei der Eigerhöhle.

land.

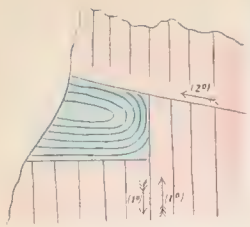


Fig. 1. Lorys theoretische Erklärung der Kalkkeile der Berneralpen.

Fig. 2. Erste Hypothese zur Erklärung des Mettenbergs.

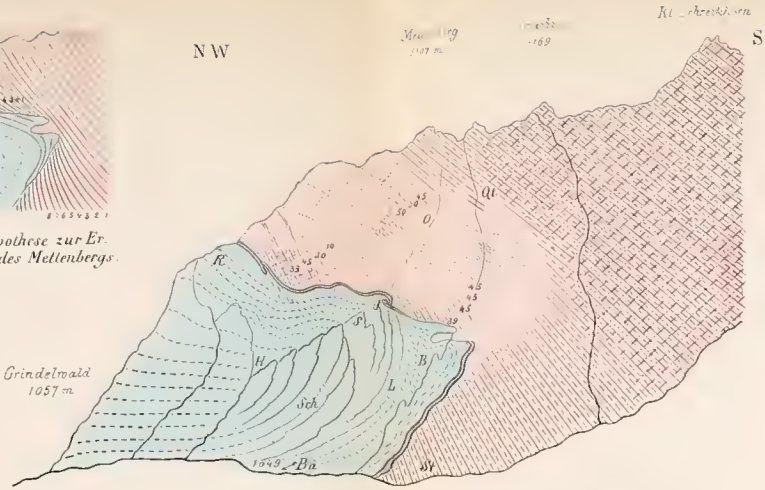


Fig 4. Der von Gneiss überlagerte Oberjura - Kalkkeil am Mettenberg

B - Brunnhorn. Ba - Bärenegg beim vorderen Eismeer. H - Hühnermenlamm. J - Jäggigrätli 2473 m.
L - Langeyahn. O - obere Jäggi. R - Russen. S - Schneiderkopf. Sch - Schafplatten. St - Steregg.
Qt - Eine Quarzbank im Gneiss. Die Zahlen im Gneiss bedeuten den Fallwinkel.

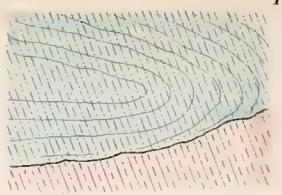


Fig. 5. Überspringen der Schieferung des Gneisses auf den Cförmig gebogenen Kalk am oberen Kalkkeil d. Jungfrau.

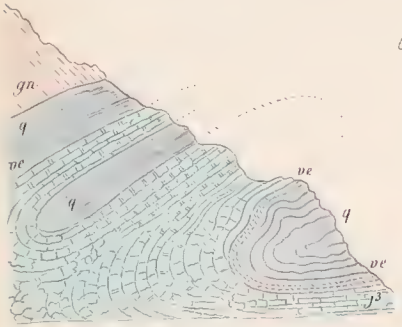


Fig. 3. Profil durch die Fältelungen am Jäggigrätli (Mettenberg)

Fig. 6. Überspringen der Gneissschieferung auf den Kalk am Mettenberg (obere Contactlinie)

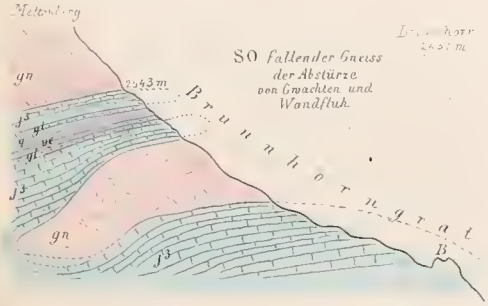


Fig 8. Längsprofil durch den kleinen Gneisskeil am Mettenberg (Brunnhornkeil)

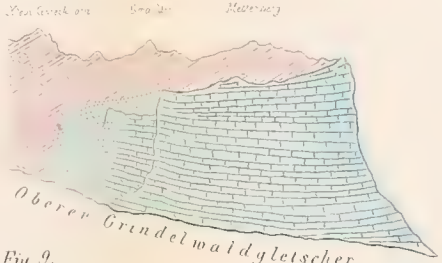


Fig. 9. Halbschematische Ansicht des Mettenbergkalkkeils von der Nordostseite.

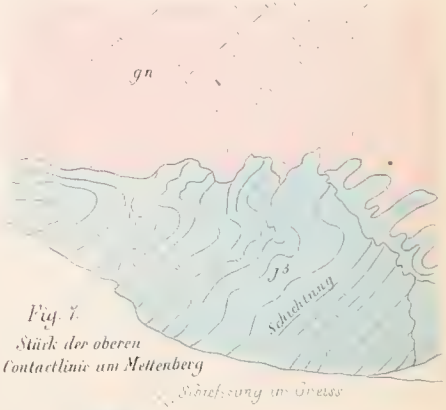
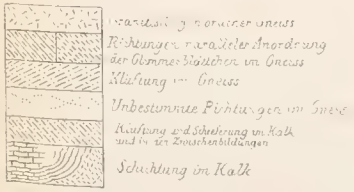


Fig. 7. Stärk der oberen Contactlinie am Mettenberg

Abkürzungen:

- J^3 Oberer Jura
- ech Echinodermenbreccie
- rö Rothdolomit
- ve Verrucano
- th Thonschiefer
- q Quarzit
- gl Glimmerquarzit
- gn Gneiss



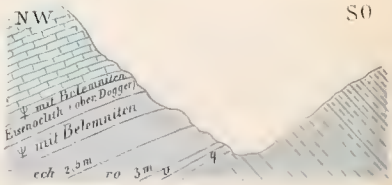


Fig. 10. Querprofil am Contact an der Ortfluh (Mettenberg)

Fig 11 a

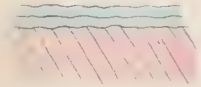


Fig. 11 b

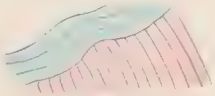


Fig. 11 c

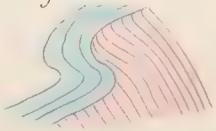
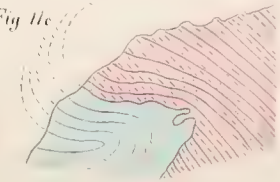


Fig 11 d

Fig 11 e



Oberer Jura
Zwischenbildungen
Quarzit, Sandstein, Verrucano, Rothdolomit, Thonschiefer
Gneiss

Fig 11. Vierte Hypothese über die Entstehung des Mettenbergs.

Schieferung im Gneiss

Schichtung im Gneiss

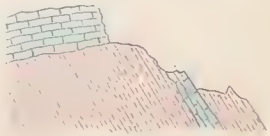


Fig 12. Dem Gneiss parallele Einklemmung von Kalk bei der Eigerhöhle.

Der Mettenberg im Berneroberland.

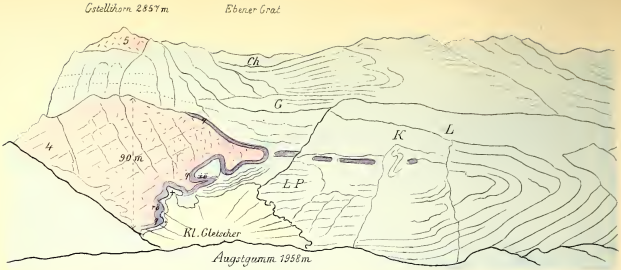


Fig. 1. Endigung des Hauptgneisskeils 4 am Gstellihorn, oberhalb der Alp Augstgumm.
Ch. - Chorschnee. G - altes Gletscherbett. K - Kännelli. L - Leiteren. LP - Leiterenplatten.

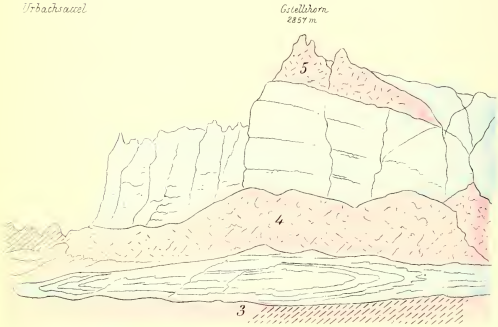


Fig. 3. Die oberen 3 Gneisskeile am Gstellihorn (3, 4, 5)

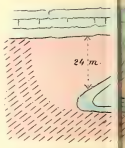


Fig. 4. Detail ei

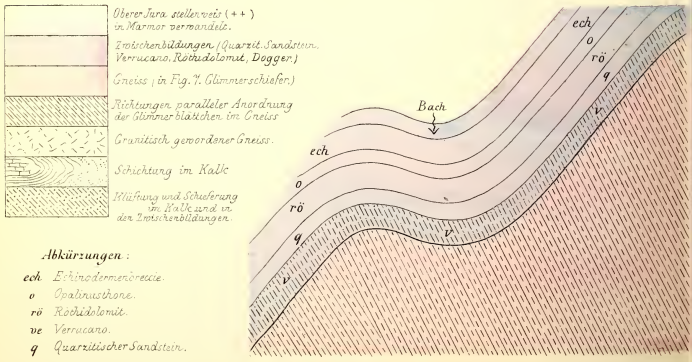


Fig. 7. Überspringen der Schieferung vom Glimmerschiefer auf der Verrucano ob der Spitzgrassenplangge am Fuss des Schlossberg

Das Gstellihorn b

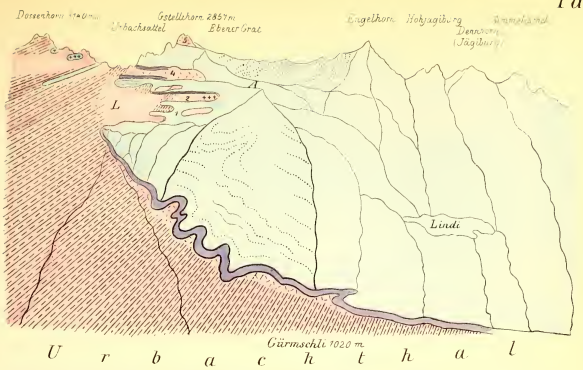
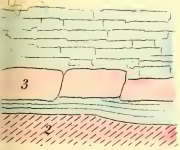


Fig. 2. Keilförmiges gegenseitiges Ineinandereingreifen von Gneiss und Kalk am Gstellihorn.

A - Alp Augstgumm. L - Lauchers.
1 - 5. Die 5 Gneisskeile des Gstellihorns.



eisskeiles am Gstellihorn.

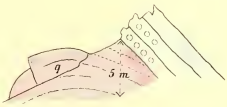


Fig. 5. Biegungen im Glimmerquarzit am Contact beim Gstellihorn.

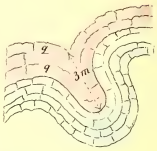


Fig. 6. Quarzitbiegung am Gstellihorn.

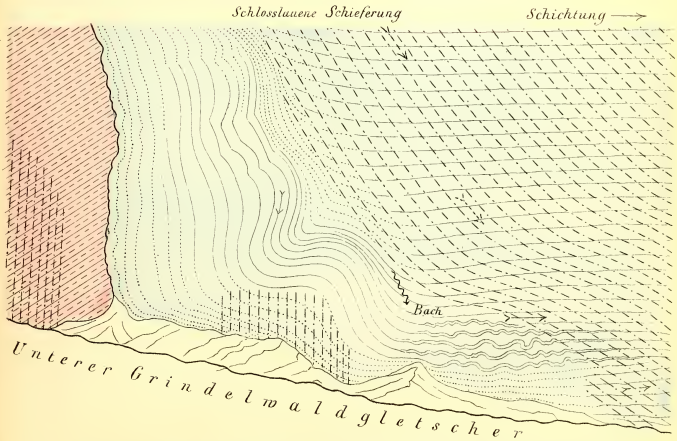


Fig. 8. Gebogene Schieferung im Kalk am Ostfuss des Eiger gegenüber Bäregg.

Rosenlaui (Fig. 1 - 6.)

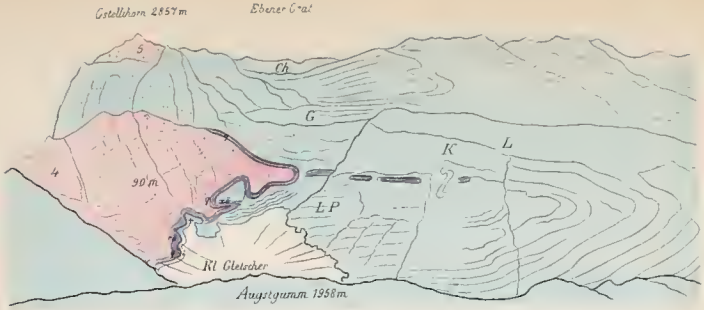


Fig. 1. Endigung des Hauptgneisskeils 4 am Gstellihorn, oberhalb der Alp Augstgumm
Ch. Chorschnee. G. altes Gletscherbett. K. Kärzeli. L. Leiteren. LP. Lauterenplatten.

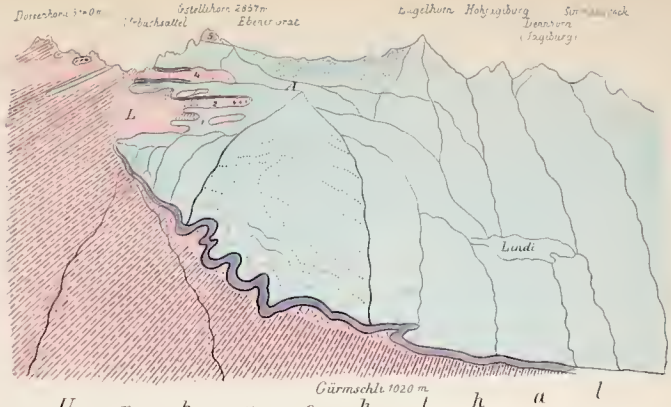


Fig. 2. Keilförmiges gegenseitiges Ineinandereingreifen von Gneiss und Kalk am Gstellihorn.

A. Alp Augstgumm. L. Laucherli
1 - 5. Die 5 Gneisskeile des Gstellihorns.

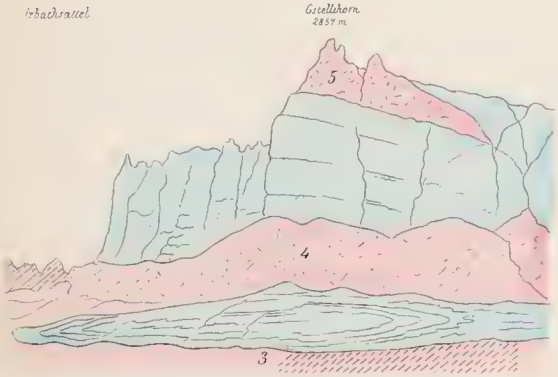


Fig. 3. Die oberen 3 Gneisskeile am Gstellihorn (3, 4, 5)

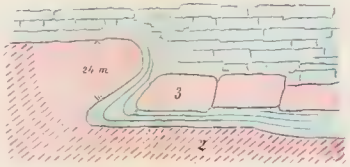


Fig. 4. Detail eines Gneisskeiles am Gstellihorn.

Fig. 5. Biegungen im Glimmerquarzit am Contact beim Gstellihorn

Fig. 6. Quarzitbiegung am Gstellihorn.

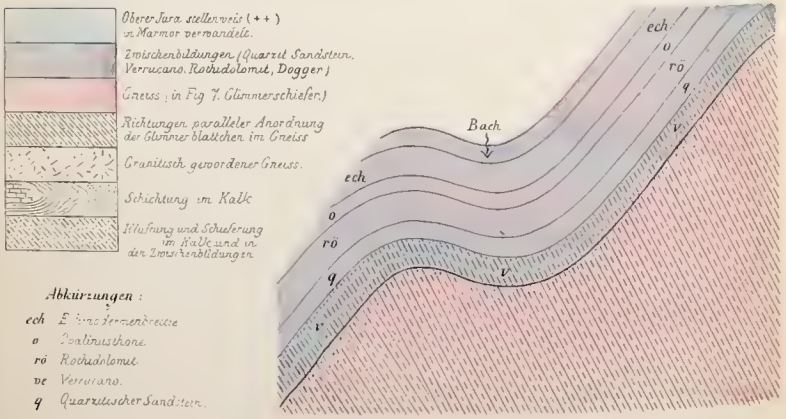


Fig. 7. Überspringen der Schieferung vom Glimmerschiefer auf den Verrucano ob der Spitzgrassenplangge am Fuss des Schlossbergs

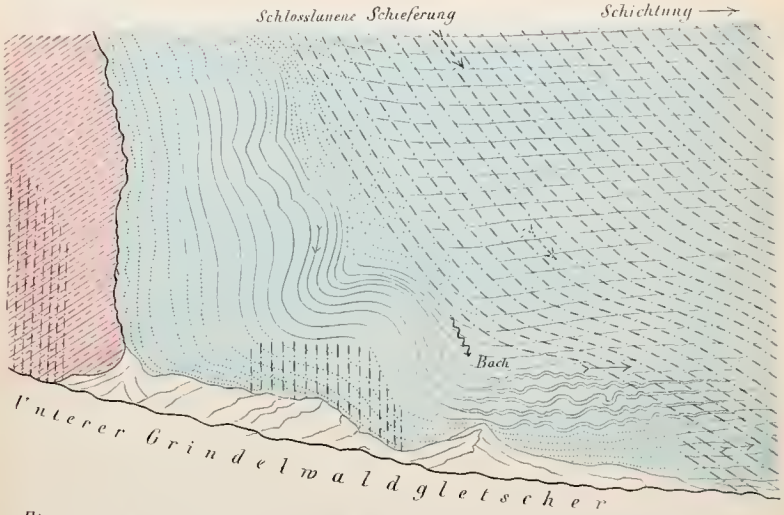


Fig. 8. Gebogene Schieferung im Kalk am Ostfuss des Eiger gegenüber Büreggg

Das Gstellihorn bei Rosenlaui (Fig. 1 - 6)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1878

Band/Volume: 1878

Autor(en)/Author(s): Baltzer Armin Richard

Artikel/Article: Beiträge zur Geognosie der Schweizer-Alpen 449-489