

Ueber Tuffe und tuffogene Sedimente.

Studie von E. Reyer.

1. Tuffe von Andesit, Diabas, Hornblende- und Olivin- gesteinen.

Wenn das mit Liquiden imprägnirte Magma zu Tage kommt, zerstäubt es zum Theile und lagert sich als Tuff in der Umgebung des Vulcans ab. Das zerstäubte Material ist bald reich an glasigen ¹⁾ und blasigen ²⁾ Partien, bald hat man es nur mit einem Haufwerk von Krystallen zu thun ³⁾. Der Charakter des Tuffes hängt eben ab von dem Individualisirungs-Zustande, welcher in der Lava im Momente des Zerstäubens herrschte ⁴⁾.

Dass die gemeinen, unveränderten Tuffe leicht als solche erkannt werden, kann man schon daraus schliessen, dass derartige Gebilde bereits von den Geologen des vorigen Jahrhunderts im Gebiete erloschener Vulcane nachgewiesen wurden. Schwieriger ist es, die analogen Gebilde in älteren Formationen nachzuweisen. Da treffen wir diese losen Substanzen meist fest cementirt und oft bedeutend metamorphosirt. Wurden die Tuffe submarin gefördert, so haben sie überdies das Gepräge eines Sedimentes. Endlich ist zu betonen, dass die den massigen Tieferuptionen angehörenden Tuffe begreiflicher Weise schon von Anfang an einen anderen Habitus haben mussten, als die Tuffe, welche wir heute am festen Lande sich bilden sehen.

Trotz dieser tiefgreifenden Unterschiede haben aber doch mehrere Autoren die Analogie gewisser alter Agglomerat-Gesteine mit den Tuffen unserer Vulcane richtig erkannt. Ich führe hier einige einschlägige Thatsachen und Erkenntnisse vor:

¹⁾ Bimssteintuffe der Trachitvulcane. Wenn man flüssige Ofenschlacken durch einen starken Luftstrom zerstäubt, erhält man Silicatkügelchen und Fäden. Dieser „künstliche Tuff“ wird in der Industrie mehrfach verwerthet. Vgl. Dingler's J. 1877, Bd. 223, p. 70: Ueber „Schlackenwolle“.

²⁾ Viele Andesittuffe. Penk. Z. geol. Gesell. 1879, p. 567 f.

³⁾ Reyer: Physik der Erupt. 1877, p. 103.

⁴⁾ Vgl. Rosenbusch, Mikr. II. 549 f.

De la Beche beschreibt (von Cornwall und Irland) Grünsteingebilde, welche mit silurischen und devonischen Schiefern durch Wechsellagerung und Uebergänge verbunden sind. Diese Lagen haben mitunter den Charakter eines aus Andesitsubstanz gebildeten Sandsteines.

Beche verweist auf die Analogie dieser Sedimente mit Tuffen und bezeichnet sie geradezu als solche¹⁾.

Einen gleichen Charakter und gleiche Genesis dürften viele mit Diabasen in Verband stehende klastische Gesteine haben. Diese Gesteine stellen bald Diabasbreccien dar, bald ist das Material feiner und wohlgeschichtet. Kalksubstanz ist oft beigemischt. Durch Uebergänge und Wechsellagerung stehen diese Diabastuffe und „Schaalsteine“ mit anderen gleichzeitigen Sedimenten (Grauwacke, Schiefer, Kalkstein) in Verband²⁾.

Lossen beschreibt neuerdings Gesteine vom Harz, welche er als die Tuffe von Diabasen (und Feldspathporphyren) bezeichnet³⁾.

Eine solche Auffassung der besagten Einlagerungen scheint mir den natürlichen Verhältnissen gut zu entsprechen, während der Versuch, jede abnorme Einlagerung schlechtweg als Product der Metamorphose zu deuten, wohl als misslungen bezeichnet werden muss. Wenn man annimmt, dass die Metamorphose bankweise verschiedene Textur und verschiedene mineralogische Zusammensetzung bewirkt habe, so erklärt sich schliesslich freilich alles; aber wir müssen uns zugleich auch gestehen, dass wir, statt eine Erklärung zu geben, nur einen deus ex machina geschaffen haben und ich glaube zur Ehre der modernen Geologie wohl annehmen zu dürfen, dass einer einfachen Erklärung mehr Gewicht beigelegt wird als einer gewaltsamen Zauberei. —

Ist die Analogie der erwähnten Gebilde mit Tuffen einmal erfasst, so liegt es wohl nahe, noch einen Schritt weiter zu gehen. Das submarin geförderte Tuffmaterial musste sich weit verbreiten, in grösserer Entfernung von der Eruptionsstelle wurde der feine Tuff abgesetzt — dort entstanden feinschichtige Sedimente, welche im Laufe der Zeit durch metamorphische Prozesse den Charakter von Schiefern annahmen.

Diese Schiefer können natürlich nicht als Tuffe angesprochen werden; wohl aber wird uns die mineralogische Analogie und der Verband mit den gleichzeitigen Eruptivmassen berechtigen, dieselben als tuffogene Sedimente zu bezeichnen.

¹⁾ Beche: Theoret. Geol. übers. v. Hartmann, 1836, p. 24 u. London geol. J. 1847, p. 85.

Beche: Observer (Vorschule der Geol., übers. von Dieffenbach, 1853, p. 486).

Macculloch und Murchison (Trans. geol. soc. (2) VI. 249) sind der gleichen Ansicht.

Rutley (Q. j. geol. soc. 1880, p. 285) weist nach, dass die Tuffe im selben Horizonte mit blasigen Grünsteinlaven (Andesiten) stehen.

²⁾ Stiff: Leonh. Zeitschrift für Mineral. 1825, p. 147, 236.

Dechen in Nöggeraths Westphalen, 1822. II., p. 71.

Hausmann. Harzgebirge. 1842, p. 23.

Sandberger: Nassau 1847, p. 35.

³⁾ Lossen: Gesell. naturforsch. Freunde. Berlin, 1880, p. 7.

Die angedeutete Beziehung besteht nach meiner Meinung zwischen den Diabasen, massigen Hornblendegesteinen und Serpentin¹⁾ einerseits und den grünen Schiefern, Chlorit-, Talk-, Diabas-, Diorit- und Hornblende-Schiefern andererseits (Centralalpen, Elba, Ural, Ostfranken, Fichtelgebirge, Cornwall, Erzgebirge, Norwegen).

Ein Umstand scheint in vielen der vorgeführten Fälle unserer Auffassung entgegen zu sein: In einem kleinen Stücke von sog. Tuffen oder tuffogenen Schiefern trifft man nicht selten Mineralgesellschaften und Anhäufungen, welche im entsprechenden Eruptivgesteine nicht vorkommen; insbesondere fällt es auf, dass die einzelnen Minerale schichtenweise zur Alleinherrschaft gelangen. Bei näherer Ueberlegung sehen wir aber, dass gerade diese Anordnung für unsere Anschauung spricht. Das zerstäubte Material sinkt ja langsam im Wasser nieder und muss sich demnach in der Natur gerade so wie in der Setzmaschine des Bergmannes nach Korngrösse und specifischem Gewichte sondern. Die Mineralien, welche im Eruptivgestein regellos gemengt sind, müssen also in den Tuffen schichtweise angereichert erscheinen. Das verlangt die Theorie und in der That finden wir diese Verhältnisse in der Natur oft scharf ausgeprägt²⁾.

2. Porphyrtuff.

Die sogenannten Thonsteinporphyre Sachsens, welche aus abwechselnden Lagen von grobem und zart aphanitischem Porphyrmaterial bestehen, werden wohl schon lange als Porphyrtuffe gedeutet³⁾. Ich möchte ferner auf jene porphyrtartigen Sedimente hinweisen, welche mineralogisch und tectonisch mit typischen Porphyren zusammenhängen. Derartige Gebilde trifft man in den Ardennen und Vogesen⁴⁾. Omalius hält sie für metamorph und Delesse glaubt, die benachbarten Porphyre hätten die Sedimente mit Feldspathsaft durchtränkt; so seien die Sedimente von Feldspathen durchsetzt und mithin den Porphyren ähnlich geworden⁵⁾.

¹⁾ Studer: Geol. der Schweiz 1851, I, p. 269, 317, 327, 343.

Theobald Graubünden.

Naumann: Geologie 1850, II, p. 88, 308, 408 f. 441, 485.

Zirkel Petrogr. I, p. 102, 325 f. II, p. 95 f.

G. v. Rath: Z. der geol. Ges., 1857, p. 240 f. u. 1870, p. 591 (Elba).

Lossen: Z. geol. Cesell. 1872, p. 707: Diabas und grüne Schiefer des Harz.

— Z. geol. Ges. 27, p. 194.

Ueber die Einlagerungen von körnigen und schieferigen Hornblendegesteinen in den Schiefern des österr. Erzgebirges berichten: Reuss: Min. Bemerk. über Böhmen 1801, p. 131; Paulus: Joachimsthal, 1820, p. 86 f. (erwähnt die porphyrische und schiefrige Structur, welche diese massigen Ellipsoide gegen die Peripherie annehmen).

Vgl. ferner Naumann: Erläuter. z. Karte von Sachsen, 1838, II, p. 222, 245, 272 f. und Jokely: Jb. d. Reichsanst. 1857, p. 29, 166, 559 f.

²⁾ Vgl. Beche: Theoret. Geol., übers. v. Hartmann, 1846, p. 46.

³⁾ Naumann: Geogn. von Sachsen, 1838, II, pag. 425, und Naumann: Geol. 1850, I, pag. 619, II, pag. 600 (Gerhard cit.).

⁴⁾ Schiefer mit eingestreuten Feldspathen und Quarzen. d'Omalius: J. des Mines 94, pag. 310. Beaumont: Explic. carte geol. I, pag. 260.

⁵⁾ Delesse: Bul. soc. geol. 1853. Bd. 10 und Bd. 16.

Nöggerath und Dechen beschreiben analoge Verhältnisse von Westphalen ¹⁾).

Credner beschreibt porphyroide Gesteine aus Nordamerika ²⁾), Lossen aus dem Harz.

Ich möchte derartige Gebilde, wenn sie im selben Horizonte mit analogen Eruptivgesteinen auftreten, als deren Tuffe bezeichnen; doch verwahre ich mich gegen eine unberechtigte Generalisirung; es ist ja wohl möglich, dass viele porphyroide Sedimente ihr Material nicht von zerstäubten Eruptivgesteinen erhielten; auch ist es denkbar, dass der Porphyrcharakter nur durch Metamorphose bedingt und erzeugt ist ³⁾).

Viele Autoren sind dieser Meinung; die einen denken an krystallinische Umlagerung der Sedimente, andere an die Ausscheidung von Stoffen aus den Eruptivgesteinen und Einfuhr dieser Stoffe in die benachbarten Sedimente. Einige gehen so weit, sogar die Eruptivgesteine selbst, welche mit den besagten Sedimenten oft durch Uebergänge verbunden sind, als Endproducte dieses metamorphischen Processes zu bezeichnen.

Dieser Gedankengang wird von Kayser wohl mit Recht verurtheilt ⁴⁾).

Richtig aber ist es, dass die besagten Sedimente in vielen Fällen bedeutende Wandlungen erlitten haben. Dies bedingt, dass man leicht bei oberflächlicher Beurtheilung zu falschen Resultaten kommt.

Lossen hat wohl zuerst den richtigen Weg eingeschlagen, indem er:

1. den geologischen Verband der fraglichen Gesteine untersucht;

2. zwischen den primären und secundären (durch Metamorphose erzeugten) Gemengtheilen der Gesteine unterscheidet.

Erst wenn diese zwei Grundfragen beantwortet sind, kann man im einzelnen Falle die Frage nach der Genesis zu beantworten suchen.

Gewiss ist es wünschenswerth, dass Petrographen, welche zugleich Geologen sind, die fraglichen Gebilde eingehend untersuchen und von Fall zu Fall entscheiden, ob die besagten Porphyroide als Tuffe aufgefasst werden können oder nicht. —

Zum Schlusse möchte ich auch die Hälleflinta und den Eurit als Gesteine bezeichnen, deren Charakter und Verband (mit Graniten und Porphyren) nicht selten zur Vermuthung anregt, diese Gesteine seien tuffigen ⁵⁾).

¹⁾ Nöggerath, Dechen in Karst. Arch. 1831, pag. 95; 1845, pag. 367: Versteinerungen wurden in den schieferigen Porphyren gefunden.

²⁾ Credner Leonh. Jb. f. Mineral. 1870, pag. 970.

³⁾ Beudant erwähnt Butzen eines porphyrtigen Gesteines im Sandsteine von Fünfkirchen (Beudant: Hongrie III., pag. 195). Aehnliche Gebilde beschreiben Credner, Gümbel, Kayser und Lossen. Im Harz trifft man die Porphyroide mit Gneissen und Schiefeln in Verband; doch fehlen Eruptivmassen, als deren Tuffe man die porphyroiden Einlagerungen deuten könnte (Z. geol. Ges. 1867, 1869, pag. 329). Diese letztere Thatsache ist bedeutungsvoll; doch glaube ich nicht, dass sie es absolut verbietet, die besagten Gebilde als Tuffe zu deuten. Man kennt ja doch auch Vulcane, welche nur Tuffmaterial und keine zusammenhängenden Ergussmassen gefördert haben.

⁴⁾ Kayser: Z.-geol. Ges. 1870, pag. 156.

⁵⁾ Vgl. Törnebohm: Jb. f. Mineral. 1874, pag. 136, 141 f. Diese Gesteine stehen in Schweden mit Granit, Gneiss und Schiefer durch Uebergänge in Verbindung.

3. Tuffe und tuffogene Sedimente der granitischen Gesteine.

Klastische Gesteine, welche aus den Materialien des Granit, Syenit etc. zusammengebacken sind und noch derzeit durch ihre mörtelartige Beschaffenheit ihre Genesis verrathen, trifft man selten. Lyell beschreibt einen Diorittuff aus den Pyrenäen¹⁾; GümbeI bezeichnet gewisse klastische Gesteine, welche aus den Mineralien des Granites bestehen, als Granittuff; ich selbst habe mehrere derartige Gesteine im Gebiete von Schlackenwald, Predazzo und Adamello angetroffen.

Das seltene Vorkommen solcher Tuffe ist natürlich, wenn man die tiefgreifende Metamorphose in's Auge fasst, welche die gleichzeitigen Sedimente ergriffen hat.

Wenn man aber von der Umwandlung absieht, findet man gerade im Bereiche der krystallinischen Schiefer viele Gesteine, welche mineralogisch und tectonisch in so inniger Beziehung zu den in gleichem Horizonte auftretenden Eruptivmassen stehen, dass ich sie füglich als tuffogene (und hoch metamorphe) Sedimente bezeichnen möchte.

Die sächsischen Geologen haben schon zu Anfang unseres Jahrhunderts Verwachsung und Uebergänge zwischen Schiefer, Gneiss und Granit mehrfach beobachtet. In der Folge wurden in anderen Gebieten viel grossartigere Erscheinungen dieser Art nachgewiesen.

Im Gebiete von Christiania geht an mehreren Orten der gemeine Schiefer in harten, dieser in eine aphanitische, felsitische Masse (oder in Hornsteinporphyr) über. Das Korn dieses Gesteines wächst in den folgenden Schichten und endlich geht das ursprünglich geschichtete Gebilde in Echten, gemeinen Granit über²⁾.

Charpentier beobachtet in den Pyrenäen häufig einen Uebergang der Schiefer und Gneisse in Granit, mit welchem diese Sedimente wechsellagern³⁾.

Paulus beobachtet im Erzgebirge gewisse, dem Granit ähnliche Gesteine, deren Plattung mit der Schichtung des Glimmerschiefers harmonirt⁴⁾.

Zinken beschreibt ausgezeichnete Uebergänge von Granit in Gneiss⁵⁾.

Studer⁶⁾, Delesse⁷⁾ beschreiben, wie die Granitmassen der Alpen gegen aussen in die um- und angelagerten Gneisse übergehen.

Macculloch und die nordischen Geologen bringen aus ihren Gebieten ähnliche Belege.

Ausser dieser Beziehung ist in vielen Fällen auch eine auffallende mineralogische Analogie der metamorphen Sedimente mit den gleich-

¹⁾ Vergl. Raulin, Compt. Rend. 1862, Bd. 55, pag. 669.

²⁾ Keilhau, Gaa Norvegica 1840, pag. 36, 45, 61, 74. Karst.-Arch. 1837, pag. 458.

³⁾ Charpentier, Leonhard's min. Taschenbuch 1815, pag. 151. — Charpentier, Pyren. 1823, pag. 481.

⁴⁾ Paulus, Joachimsthal 1820, pag. 69.

⁵⁾ Zinken, Karst-Archiv 1845, pag. 583.

⁶⁾ Studer, Geol. der Schweiz 1851, pag. 160 f.

⁷⁾ Delesse, Bul. soc. geol. (2) VI, pag. 230.

zeitigen Eruptivgesteinen zu constatiren: Die Talkgranite der Alpen sind immer von einer Hülle von Talkgneiss umgeben und mit derselben durch Uebergänge verbunden; die gemeinen Granite sind mit granitoiden Gneissen¹⁾ innig verwachsen und verbunden.

Die Syenite der krystallinischen Regionen hängen mit Syenitgneissen (und entsprechenden Schiefen), die Diorite mit Dioritgneissen, die Tonalite mit Tonalitgneissen zusammen²⁾. (Alpen, Pyrenäen, Ural, Böhmen u. s. f.)

Wie die Diabase mit Diabastuffen und Diabasschiefern, wie die Porphyre mit entsprechenden Tuffen zusammenhängen, so stehen eben auch die Granite, Syenite und Diorite mit mineralogisch zugehörigen — freilich oft stark metamorphen — Sedimenten in Verband. Die Analogie berechtigt hier also wohl zu der Frage, ob nicht vielleicht auch diese krystallinen Sedimente als tuffogene Bildungen aufzufassen sind?

Dies ist in der That von mehreren Seiten behauptet worden. Nachdem Beche das Vorkommen von Diabastuffen in den alten Schiefergebieten behauptet, versuchte Dana ganz allgemein die Gneisse als Tuffe des Granit zu deuten³⁾. A. Knop gibt zu, dass Gneisse aus Trachyt- bez. Granittuff, entstehen können⁴⁾. Murray⁵⁾ und Mojsisovics⁶⁾ glauben gleichfalls, dass vielfach Tuffmaterial am Aufbau der krystallinen Schiefer sich betheiligt habe. Natürlich darf man nicht so weit gehen wie Dana.

Gegen eine solche Verallgemeinerung wendet Naumann mit Recht ein, dass es weite Gneissgebiete gibt, in welchen die der Theorie nach zu erwartenden Granitmassen fehlen. Gewiss hat der Gneiss, wie ja so viele andere Gesteine, eine verschiedene Genesis gehabt; Lösungsniederschlag, Tiefseeschlamm, grober Detritus und Tuff von entsprechender Zusammensetzung, können zu Gneiss metamorphosirt werden; unter solchen Umständen muss natürlich die Entscheidung von Fall zu Fall wechseln, und gewiss wird jeder Forscher, welcher nur eine Genesis behauptet, den Vorwurf der Einseitigkeit verdienen. Ich selbst habe durchaus nicht die Absicht, die vorgebrachte Anschauung in unthunlicher Weise zu generalisiren; wohl aber scheint es mir wünschenswerth, dass der besprochenen Entstehungsweise mehr Aufmerksamkeit, als bisher, zugewendet werde.

¹⁾ Buch, Leonh. min. Taschenbuch 1824, pag. 393. — Studer, Fys. Geogr. 1844, pag. 331. — Lory, Comptes Rend. 1878, Bd. 86, pag. 996.

²⁾ Diese mineralogischen Analogien sind schon von vielen Autoren hervorgehoben worden. Neuerdings bringen Kontkiewics aus dem südlichen Ural, und Teller aus den Tiroler Alpen interessante Belege (Teller, Jb. d. Reichsanst. 1861). Die Uebereinstimmung zwischen diesen Eruptivgesteinen und den zugehörigen (tuffogenen) Sedimenten geht oft so weit, dass man dieselben accessorischen, seltenen Mineralien in ein und dem anderen Gestein, sonst aber nirgends im ganzen Gebiet antrifft.

³⁾ Dana, Americ. J. 1843, Bd. 45, pag. 127.

⁴⁾ Knop, Naturwiss. Verein, Karlsruhe 1871, pag. 37.

⁵⁾ Murray, Proc. Roy. Soc. Edinb. 1876, pag. 247.

⁶⁾ v. Mojsisovics, Dolomitriffe 1879, pag. 10.

4. Bedeutung der Uebergänge.

Es wurde hervorgehoben, dass die miteinander wechsellagernden und einander mineralogisch gleichenden Eruptivmassen und Sedimente nicht selten ineinander übergehen. Diese Erscheinung hat eine verschiedene Deutung erfahren und verdient eine besondere Besprechung.

Der Fall liegt hier, wenn man ihn allgemein fasst, folgendermassen: Man hat zwei verschiedene Gesteine vor sich, welchen angenommenemassen eine wesentlich verschiedene Entstehung zugeschrieben wird. Diese Gesteine von verschiedener Genesis hängen aber untereinander durch Uebergänge zusammen.

Was für eine Vorstellung bildet sich in uns, wenn wir diese Erscheinung erklären wollen?

Wie die Literatur zeigt, sind die folgenden drei Auflösungen möglich:

1. Man betrachtet die Genesis des Eruptivgesteins als unzweifelhaft und verfolgt nun die Uebergänge: man sieht, wie sich die Gemengtheile allmählig parallel anordnen¹⁾. Es entstehen geschichtete Eruptivgesteine, deren Grenze gegen die analogen echten Sedimente oft gar nicht nachgewiesen werden kann²⁾.

2. Geht man von der Betrachtung der Sedimente aus, so gelangt man begreiflicher Weise zu einer entgegengesetzten Anschauung: Man sieht, wie die Sedimente ein immer gleichmässigeres Korn bekommen; die Schichtung tritt zurück, das geschichtete Gebilde geht in ein massiges über, welches aber in Folge unseres Gedankenganges doch auch sedimentär sein muss.

Wir sehen: während wir früher die geschichteten Uebergangsglieder als eruptiv erklärt, kommen wir bei dieser Methode des Denkens zu dem Ergebnisse, dass die massigen Gesteine einen sedimentären Ursprung haben³⁾.

3. Die dritte Methode des Gedankenganges besteht darin, dass man von vornherein annimmt, dass die massigen Gesteine eruptiven, die geschichteten aber sedimentären Ursprung haben und dass die Uebergänge zwischen beiden erst im Laufe der Zeit durch Metamorphose bewirkt wurden. Macculloch⁴⁾ ist dieser Ansicht, und zwar glaubt er, dass die Hitze des Eruptivgesteines ein Um-

¹⁾ Dies kommt bei Eruptivgesteinen wirklich häufig vor (Plattung, Schlieren, Fluctuation).

²⁾ Diesen Gedankengang verfolgt Conybeare (Ann. of Phil. new ser. VI, p. 37). Er bezeichnet die geschichteten Uebergänge als textuelle Modificationen der Eruptivmassen. Auch Naumann (Jb. Mineral. 1844, pag. 444) betrachtet viele mit Granit verbundene Gneisse als faserige Kruste der Granite (vgl. Naumann, Geol. 1855, II., pag. 215).

³⁾ Diese Ansicht vertreten: Boase (Geol. of Cornwall, 1832, pag. 292), Keilhau (Gaa Norwegica, 1840, pag. 45, 61); Dana (Americ. J. 1843, Bd. 45, pag. 104); Virlet, Fournet, Erdmann (Z. geol. Ges. 1849, p. 131); Bischof (Geologie, 1. Aufl., II., pag. 1003); Ansted (Brit. Assoc. Rep. 1867, 2., pag. 54). Ein Theil dieser Forscher behauptet, das massige Glied sei in diesem Falle erst nachträglich durch Metamorphose aus den Sedimenten gebildet worden.

⁴⁾ Macculloch: Geol. 1831, I., pag. 211.

krystallisiren und Verschweissen der Sedimente mit den anlagernden Massengesteinen bewirkt habe.

Ich schliesse mich dieser Erklärung an und verweise auf meine bezügliche Auseinandersetzung, welche ich in der Abhandlung über Hangendcontact gegeben. Dort habe ich gezeigt, wie ein von Sedimenten (Tuff und Schlamm u. s. f.) überlagerter und durch Nachschübe heiss erhaltener Strom mächtige Wandlungen in den hangenden Sedimenten bewirken kann. Diese letzteren werden im selben Masse, als sie an Mächtigkeit zunehmen, von feuchter Gluth durchdrungen; es spielen sich dieselben Vorgänge ab, wie in Daubrées Glasröhre. Umlagerungen und Neubildungen werden platzgreifen; das lose Gebilde wird immer compacter, es wird endlich zu einem festen Gestein metamorphosirt. Die ursprüngliche Schichtung mag sich zum Theile erhalten; zum Theile aber wird sie gewiss in Folge der vielen sich abspielenden Umlagerungen verwischt und verlöscht.

Diese Umwandlung wird natürlich am stärksten im unmittelbaren Contacte sein. Fügen wir hinzu, dass die hangenden Sedimente häufig aus den Tuffen der unterlagernden Massengesteine bestehen, diesen also mineralogisch gleichen, so kommen wir zu dem Ergebnisse, dass im Contact zwei texturell und mineralogisch einander ähnliche Gesteine aneinandergrenzen müssen. Dass diese beiden Gebilde schliesslich ineinander verfließen können, ist wohl nicht minder klar. Die Kruste, welche ehemals bestand, wird ja in Folge der durchdringenden feuchten Hitze erweicht und diese Auflockerung kann wohl zu einer Verschweissung und endlich zu einer vollkommenen Verlöschung der ursprünglichen Grenzflächen führen¹⁾.

So entstehen nach meiner Meinung jene merkwürdigen Uebergänge zwischen Eruptivgesteinen und Sedimenten, über deren Genesis so verschiedene Meinungen und so viele Zweifel ausgesprochen worden sind. In der Praxis wird es gewiss oft unmöglich sein, die Grenze zwischen schlierigen und flaserigen Eruptivgesteinen und analogen Sedimenten scharf zu ziehen; die Betrachtung der tectonischen und der petrographischen Verhältnisse dürfte aber doch selbst in verwickelten Fällen zu einem befriedigenden Einblicke in die Genesis solcher Gebilde führen²⁾.

5. Uebergang der Eruptivgesteine in Kalk.

Brochant hat im Gebiete des Mt. Blanc ein aus Feldspath und Kalk bestehendes porphyrtiges Gestein nachgewiesen. De Drée

¹⁾ In einer grossen Zahl von mir beobachteten Fälle ist die Metamorphose allerdings nicht so weit gegangen.

²⁾ Von hohem Interesse scheinen mir gewisse durch Uebergänge mit dem Schiefer verbundene Einlagerungen von Granit im Schiefer. Ich glaube, dass hier oft sehr verschiedene Dinge unter einen Namen gebracht werden. Es ist möglich, dass man es mit eingelagerten Granitergüssen zu thun hat; auch können es Tuffeinlagerungen oder von Tuffen über- und unterlagerte Granitergüsse sein. Ob es derartige „Lagergänge“ gibt oder ob solche Gebilde gar durch schichtweise wirkenden Metamorphismus erzeugt werden können, wie mehrfach behauptet wird, lasse ich dahingestellt.

findet in der Bretagne Granite, welche an ihrer äusseren Grenze Kalk als Gemengtheil aufnehmen, wodurch ein Uebergang in die benachbarten Sedimente bewirkt wird; dieselbe Erscheinung beschreibt Cordier¹⁾.

Studer beobachtet in den Tessiner Alpen eine so innige Uebergangsverknüpfung von Granit, Gneiss und Kalksedimenten, dass er eine gleichzeitige Entstehung all dieser Gebilde anzunehmen geneigt ist²⁾ u. s. f.

Ich erkläre mir diese Erscheinungen im Anschlusse an die vorgehenden Ausführungen folgendermassen:

Der Massenerguss wurde von Tuff und Schlamm bedeckt. Auch Kalksedimente bildeten sich; die Kalktheile traten zuerst als isolirte Einstreulinge, dann in zusammenhängenden Bänken auf. Durch intrusive Nachschübe und durch Uebergüsse wurde der ganze Complex metamorphosirt, Tuff und Schlamm wurden zu Schiefern, Gneissen und granitoiden Gesteinen. Die Kalkbänke wurden zu Marmor, die Tuffschichten aber, in welchen nur wenig Kalk eingestreut war, wurden in granitoide Gesteine mit Calcit als wesentlichem Gemengtheil verwandelt.

Analoge Bildungen treffen wir begreiflicherwise auch in Verband mit Syenit- und Diorittuffen u. s. f.³⁾

6. Verwickelungen in Folge von Facieswechsel.

Wir haben bisher nur die Beziehungen der Tuffe und tuffogenen Gesteine zu den entsprechenden Eruptivmassen in's Auge gefasst. Nun muss hervorgehoben werden, dass diese zusammengehörigen Gesteine in der Natur oft in Verband stehen mit wesentlich anders gearteten Gebilden. Insbesondere erscheinen die basischen Massen häufig durch Uebergänge und Wechsellagerung mit kieselreichen Massengesteinen und Schiefern verbunden. In solchen Fällen scheint es auf den ersten Blick oft unmöglich, die Zusammengehörigkeit und Chronologie der verschiedenen Gebilde zu fixiren. Die folgende Ableitung befähigt uns aber in vielen Fällen zur Lösung der Frage:

Am Meeresboden werde Granit gefördert; als begleitende Facies bildet sich ringsum Tuffschlamm (Schiefer, Gneiss). Nun wird eine basischere Schliere nachgeschoben. Das entsprechende basische Tuffmaterial mengt sich dem kieselreichen Tuffschlamm bei und überlagert ihn. In der Folge kommt wieder granitisches Material und entsprechendes Sediment zur Herrschaft. Später wird das ganze System metamorphosirt; die Sedimente werden zu Schiefern und Gneissen. Da sehen wir nun einen der vorerwähnten Fälle, welche uns so häufig aufstossen, abgeleitet: Ein Gneiss-(Granit-)Gebiet mit eingeschalteten basischen Massengesteinen und Schiefern. Alle diese Gebilde mögen,

¹⁾ Cordier, *Observ. sur les subst. minerales.*

²⁾ Studer, *Geol. d. Schweiz* 1851, I., pag. 390.

³⁾ Ich rechne hierher die Pseudodiorite mit eingewachsenem Calcit, welche uns Behrens und Zirkel kennen gelehrt. — Behrens, *N. Jb. Mineral.* 1871, p. 460, Rosenbusch, *Mikr.* II., 247.

da sie einem einheitlichen Prozesse angehören, untereinander verbunden sein; trotzdem sind sie aber keine Einheit, sondern wir können ganz wohl einzelne Horizonte unterscheiden:

1. Aeltere Granite und entsprechende Schieferfacies;
2. basische Ergüsse und coordinirte basische Sedimentfacies;
3. jüngere Granite und Schiefer.

Die basischen Einlagerungen, obwohl durch Uebergänge mit dem Hangenden und Liegenden verbunden, können doch isolirt betrachtet werden; dann lösen sich die Schwierigkeiten ¹⁾).

¹⁾ In den Gneiss- und Granulitgebieten der Alpen und von Sachsen finden sich viele derartige Einlagerungen von Hornblende-, Augit- und Olivinegesteinen mit zugehörigen tuffogenen Sedimenten. Als solche fasse ich auf die grünen Schiefer, Hornblendeschiefer, Diorit- und Diabasschiefer, die Augitschiefer und sog. Trappgranulite, deren Zugehörigkeit zu den basischen Massengesteinen bereits mehrfach betont wurde. Vgl. Reuss, N. Jb. Mineral. 1840, p. 134. — Keilbau, Gaa, p. 129, über Hornblende-Einlagerungen. Ueber den sog. „Trappgranulit“ berichten Stelzner, Jb. Mineral. 1871, p. 244; Credner, Z. geol. Gesell. 1875, p. 194; Rosenbusch, Mikr. II., 48.