© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Vorträge und Abhandlungen.

Ueber Schieferung.

Von

Dr. H. Loretz.

Mit Benutzung zweier Vorträge, gehalten vom Verfasser in den wissenschaftlichen Sitzungen der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft.

Einleitende Bemerkungen.

Die Gesteinsmassen, aus denen die äussere Erdkruste besteht, haben seit der Zeit ihrer Entstehung bis zu ihrem jetzigen Zustande eine Reihe von Umwandlungen und Umgestaltungen durchgemacht, welche sich deutlich als das Resultat grossartiger mechanischer Kraftäusserungen zu erkennen geben. Der Grösse dieser Kräfte entsprechend sind auch ihre Wirkungen überaus mächtig; sie beziehen sich zunächst auf die absolute und die gegenseitige Lage der Gesteinsmassen; sie erstrecken sich sodann aber auch auf die Structur und überhaupt die physikalischen und chemischen Eigenschaften derselben; sie haben, wie wir es auch ausdrücken können, Bewegungen im grössten und kleinsten Massstabe, Verschiebungen der grössten Gesteinskörper oder Schichtenmassen, wie auch in letzter Instanz der kleinsten Theilchen, der Moleküle, hervorgerufen.

Im Ganzen betrachtet besteht bekanntlich die äussere Erdkruste aus einem sehr mächtigen, vielgegliederten Systeme von

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Schichtenmassen, von schichtenförmig neben und auf einander ausgebreiteten Gesteinskörpern; welchem Systeme sich vor Allem die unter Mitwirkung von Wasser zum Absatz gelangten Gesteine einfügen, sehr gewöhnlich aber auch die im Zustand eines heissen Flusses aus der Tiefe emporgedrungenen Massen, indem sie sich, oben angelangt, decken- oder lagerförmig, oft wiederholt über einander ausbreiteten, und später wieder von im Wasser abgesetzten Sedimenten überdeckt wurden.

Dieser schichtenförmige Aufbau der Erdkruste ist nun aber in hohem Grade maassgebend und bestimmend gewesen für ihr jetziges Aussehen, wie dasselbe als Resultat jener mechanischen Umgestaltungen vorliegt. Alle jene Hebungen und Senkungen, Steilstellungen, Auf- und Abbiegungen, Sättel und Mulden, Falten, Verwerfungen und wie die sonstigen Unregelmässigkeiten heissen mögen, von welchen sich der uns zugängliche Theil der Erdkruste betroffen zeigt, konnten, so wie sie beschaffen sind, sich nur an einem im grossen Ganzen schichtweise aufgebauten Körper ausbilden.

Es ist aber nicht nur diese Art des Aufbaues, sondern zugleich auch die verschiedene Gesteinsbeschaffenheit, oder m. a. W. die verschiedenen physikalischen und mineralogischen Eigenschaften der die einzelnen Schichten und Schichtensysteme bildenden Gesteine, welche für das Resultat der Umänderung auf mechanischem Wege von grösstem Einfluss waren.

Namentlich in den Fällen mussten die verschiedenen physikalischen Eigenschaften und unter ihnen besonders die Cohäsionsverhältnisse zur Geltung kommen, wo die Kraftwirkungen sich bis ins Innere des Gesteins erstreckten und Aenderungen in der Lage der kleinsten Theile des Gesteins, Structur-Aenderungen hervorriefen.

Eine der wichtigsten derartigen Aenderungen, welche in grösster Verbreitung durch ganze Schichtensysteme und Gebirgsmassen hindurch als Folge mächtiger mechanischer Einwirkungen zur Entwicklung gelangt ist, ist die sog. Schieferung, die den Gegenstand der folgenden Betrachtungen bilden soll.

Was die Art und Weise sowie die Ursache jener Kraftäusserungen in der Erdkruste betrifft, so sollen sie hier ausser Betracht bleiben. Wir beschränken uns darauf zu bemerken, dass das Studium der Gesammtheit aller jener mechanischen Wirkungen auf die Vorstellung eines mächtigen Seitendruckes (Lateral-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

druckes) geführt hat, welcher in dem die äussere Erdkruste bildenden Schichtengebäude zur Wirkung gelangt, doch nicht allenthalben und zu allen Zeiten gleichmässig; derselbe wird auch oft als Horizontalschub (oder Tangentialschub) bezeichnet, weil er im Allgemeinen normal auf den Erdradius gerichtet anzunehmen ist.

Am richtigsten braucht man diese Ausdrücke wohl so, dass man unter »Seitendruck« den die Aufrichtung und Faltung, sowie die Schieferung der Schichten direct erzeugenden, rechtwinklig auf die Schieferung oder die Faltenaxen zu denkenden Druck oder Schub versteht, unter »Horizontalschub« die Projection des letztern auf die Horizontalebene, welche Projection uns das Streichen oder die Orientirung zu den Weltgegenden angibt.

Definition der Schieferung. Allgemeines über das Vorkommen derselben. Transversal-Schieferung im Gegensatze zur Schichtung.

Man versteht in der Geologie unter Schieferung (auch secundäre oder transversale Schieferung) eine besonders bei gewissen geschichteten Gesteinen häufig und auffällig ausgebildete Structur, bei welcher diese Gesteine nach einer ganz bestimmten Richtung hin mehr oder minder leicht in Platten und Tafeln spaltbar sind; welche Richtung sich als unabhängig von der Lage der Schichtung erweist, mithin späterer Entstehung ist, und gewöhnlich auf längere, mitunter sehr bedeutende Erstreckung constant bleibt. Gerade diese Constanz über grössere Strecken hin, diese Selbständigkeit und Unabhängigkeit von der Schichtung sind die charakteristischen Merkmale der Schieferung. Während die Schichtflächen oft in der mannigfaltigsten Weise durch die gebirgsbildenden Kräfte aufgerichtet und verbogen sind, Sättel, Mulden, Falten bilden, und dabei ihr Streichen fortwährend ändern, kann doch in diesem unregelmässig aufgestauten Schichtenganzen ein und dieselbe Schieferungsrichtung, stets derselben Ebene im Raum parallel, herrschen. Diese Richtung kann in einem ganzen Gebirge dieselbe bleiben; in andern Fällen sind in verschiedenen Gegenden eines Gebirges verschiedene Schieferungsrichtungen mehr oder weniger von einander abweichend ausgebildet.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

In der angegebenen Weise findet sich die Schieferung ganz besonders bei der Gruppe der Thonschiefer, nebst den diesen nahe stehenden und häufig mit ihnen wechsellagernden Schieferarten, Grauwackeschiefern, gewissen quarzitischen und phyllitischen Schiefern ausgebildet, und herrscht dementsprechend auch ganz vorzugsweise in den von solchen Gesteinen gebildeten, meist den alten Formationen angehörigen und steil aufgerichteten Schiefersystemen resp. Gebirgsmassen. Allerdings ist der Vollkommenheitsgrad der Schieferung bei den genannten Gesteinen verschieden.

Aber auch jüngeren Formationen angehörige Schichtgesteine, wie Schieferthon, sandige, kalkige und mergelige Schiefer sind fähig Schieferung anzunehmen, mitunter recht vollkommene; auch bei diesen Gesteinen stellt sich die Schieferung besonders, wenn nicht ausschliesslich, da ein, wo die Schichtensysteme steile Aufrichtung und Zusammenschub erfahren haben.

Weniger dagegen ist die Schieferung in dem bezeichneten Sinne einer gewissen andern, sehr alten Gruppe von Schichtgesteinen eigen, welche ebenfalls mit dem Namen »Schiefer« belegt werden, nämlich den sog. »krystallinischen«, auch »metamorphischen« Schiefern, wie Gneiss, Glimmerschiefer, Hornblendschiefer etc., an welche sich wohl auch die sericitischen und phyllitischen Schiefer reihen. Die bei diesen Gesteinen allerdings vorhandene, oft ziemlich vollkommene Spaltbarkeit fällt eben meistens mit der Richtung der Schichtung zusammen und erscheint durch letztere bedingt, was bei der eigentlichen Schieferung nicht der Fall ist. Es ist indess zu bemerken, dass auch bei dieser Gruppe von Schiefergesteinen wirkliche, von der Schichtung unabhängige Schieferung vorkommen kann und hie und da thatsächlich vorkommt.

Da, wo die oben genannten jüngeren Schichtgesteine aus der Gruppe der Schieferthone, sandigen, kalkigen und mergeligen Schiefer ihre ursprüngliche horizontale Lage mehr oder weniger ungestört beibehalten haben, pflegen sie ebenfalls, oft in ganz dünnen Lagen und Platten spaltbar zu sein, aber nur in der Richtung der Schichtung; die Spaltbarkeit ist durch die Schichtung bedingt.

Ueberall, wo letzteres der Fall ist, pflegen wir die Spaltbarkeit nicht als Schieferung, höchstens als »ursprüngliche Schieferung« zu bezeichnen; während »Transversal-« oder »secundäre Schieferung«, dafür aber meist »Schieferung« schlechthin,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die von der Schichtung unabhängige, im Gestein durch spätere mechanische Vorgänge entwickelte Spaltbarkeit bezeichnet, welche allerdings local einmal mit der Richtung der ursprünglichen Schichtung zusammenfallen kann. Wir verstehen in der Folge unter »Schieferung« immer die secundäre oder transversale, von der Schichtung unabhängige Spaltbarkeit.

Mit der Bezeichnung oder Endigung »Schiefer« benennt die Sprache überhaupt ein in einer gewissen Richtung leicht spaltbares Schichtgestein. (1)

Verhältniss von Schieferung und Schichtung in den Thonschiefergebirgen.

Wandert man — um zunächst das Auftreten der Schieferung an den Thonschiefern und verwandten Gesteinen zu besprechen, wo sie am meisten verbreitet ist und sich am leichtesten zu erkennen gibt — durch ein Thonschiefergebirge, so ist immer das, was am anstehenden Gestein zunächst ins Auge fällt, alle die an Felsen und Wegen etc. vorstehenden, bald dickeren, bald dünneren Tafeln, nach welchen das Gestein spaltet, abblättert und verwittert, nichts anderes als Schieferung; oder m. a. W. die Blätter und Tafeln des Gesteins liegen in der Richtung der letzteren und sind durch sie bewirkt. Man überzeugt sich bald, in welch verschiedenem Grade der Vollkommenheit die Schieferung ausgebildet sein kann; das höchste Maass derselben geben die in grossen und dünnen ebenflächigen Platten spaltenden Dachschiefer; sehr wenig entwickelt zeigt sie sich in den nur kürzere, dickere, kaum mehr parallele und geradflächige Stücke liefernden festen Grauwacke- und quarzitischen Schiefern; dazwischen sind alle Grade vertreten.

Neben der Schieferung gibt sich im Thonschiefergebirge, manchmal ziemlich auffällig, in andern Fällen erst bei aufmerksamer Betrachtung, ein streifenweise verlaufender Wechsel in der Färbung und den sonstigen physikalischen und chemischen Eigenschaften des Gesteines, namentlich auch der Härte und Verwitterbarkeit zu erkennen. Derselbe kann local mit der Richtung der Schieferung zusammenfallen, meist wird er ganz unabhängig von derselben andere Richtungen verfolgen und dabei sehr häufig seine Richtung ändern, wellenförmige, auf- und absteigende

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

faltenartige u. s. w. Anordnung zeigen. Man überzeugt sich leicht, dass dieser in parallelen Streifen verlaufende Wechsel nichts anderes darstellt als die Lage der ursprünglichen Schichtung; seine mannigfachen Richtungsänderungen sind darin begründet, dass die Schichten durch den mächtigen Seitendruck, welcher sie zu Gebirgssystemen aufstaute, in Biegungen und Falten gelegt worden sind. — Besonders deutlich wird die ursprüngliche Schichtungsrichtung dann hervortreten, wenn die Gesteinsmischung der verschiedenen Schichten sehr verschieden ist, wenn z. B. homogene mit gröber gemischten Lagen wechseln.

Entsprechend der verschiedenen Fähigkeit, welche die einzelnen petrographisch verschiedenen Gesteinsarten für die Ausbildung und die Vollkommenheit der Transversalschieferung besitzen, wird man sich dann auch leicht überzeugen, dass die Schieferung jenen streifenweise angeordneten Wechsel zwar sich selbst parallel aber in verschiedenem Grade der Ausbildung durchschneidet; der eine Streifen wird vollkommener transversal schiefrig sein als der andere, und gerade dieses Verhalten wird dazu beitragen, den genannten, die ursprüngliche Schichtung bezeichnenden Wechsel noch besonders deutlich zu machen, wo er sonst vielleicht, etwa wegen mangelndem oder sehr geringem Farbenunterschied nicht auffallen würde. Wo jedoch in irgend einem kleineren oder grösseren Aufschluss im Gebirge ein solcher Wechsel nach Farbe, Härte, Schieferungsgrad sich nicht bemerklich macht, wo also ein homogenes und deswegen auch für die Ausbildung der Schieferung sich gleichmässig verhaltendes Gesteinsmaterial in grösserer Mächtigkeit aufgehäuft vorliegt, da wird es auch schwierig, unter Umständen unmöglich sein, die Richtung der ursprünglichen Schichtung ausfindig zu machen. Solche Fälle kommen vor; mitunter liegt die Sache so, dass es mit Hülfe von, wenn auch sehr geringen und schmalen Aenderungen der Continuität, welche in der Richtung der Schichtung liegen, soeben noch möglich ist die letztere neben der Schieferung zu erkennen. Um so vollkommener letztere, um so schwieriger kann diese Erkennung werden. Denn es muss hier noch hervorgehoben werden, dass das Wesen der Schieferung geeignet ist, auf Verwischung der Schichtung hinzuwirken. Der Grund ist der, dass die die Schichtung repräsentirenden Flächen (im Durchschnitt Linien) durch den Vorgang der Schieferung vielfach aus

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ihrer Lage geschoben werden, nicht im Ganzen, sondern in einer unendlichen Zahl kleinster Theile, wie dies später noch eingehender erläutert werden soll. (2)

Verhalten der Schieferung beim Durchsetzen durch verschiedenes Schichtenmaterial.

Es wurde schon darauf hingewiesen, dass die Schieferung die aus verschiedenartiger Gesteinsmasse bestehenden Schichten nicht in gleichem Grade der Ausbildung durchsetzt; am vollkommensten ist sie stets in homogenem, nicht zu hartem Thonschiefermateriale; weniger vollkommen, oder ganz unvollkommen in härterem und quarzigem Gestein, wo sie, z. B. in reinem Quarz und Quarzit auch ganz fehlen kann; ebenso pflegt sie in gröber gemengten Lagen, seien dieselben nunmehr klastischer, z. B. conglomeratischer, oder mehr krystallinischer Natur, weit unvollkommener ausgebildet zu sein, oder unter Umständen ganz zu fehlen. Dies hindert nicht, dass die Schieferung jenseits der genannten Lagen wieder in grösster Vollkommenheit fortsetzt, wenn die Gesteinsmasse dazu geeignet ist.

Abschwächung oder Verstärkung ist indess nicht die einzige Aenderung, welche die Schieferung beim Durchsetzen durch heterogenes Schichtenmaterial erfährt. Sehr zu bemerken sind daneben locale Richtungsablenkungen, welche ebenfalls durch Wechsel im Material hervorgerufen werden können, in der Regel übrigens nicht bedeutend, und wie es scheint nicht nothwendig sind. Nach D. Sharpe sind Richtungsablenkungen um 2, 3° häufig, seltener solche bis 10°.

Häufiger noch ist ein eigenthümlich modificirtes Abstossen der Schieferung an den unvollkommenen oder gar nicht schieferbaren Schichten; dieses Abstossen geschieht wohl so, dass nächst der Grenze der beiderlei Schichten die schräg dagegen heranlaufende Schieferung nach der Seite des stumpfen Nebenwinkels umbiegt, sich an die Grenzlinie, richtiger Grenzfläche, anlegt und auf der entgegengesetzten Seite in correspondirender Weise wieder weiter setzt; dies scheint, abgesehen von dem Einfluss des Winkels zwischen Schieferung und Schichtung besonders dann einzutreten, wenn die Schicht, an der das Abstossen stattfindet, so gut wie nicht schieferbar ist. In andern Fällen jedoch sieht die Grenze

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

solcher, in ungleichem Maasse für die Schieferung zugänglichen Lagen so aus, als wenn die Schieferung in das weniger leicht schieferbare Gestein einzudringen gesucht hätte, es ergibt sich ein aus- und einspringender oder einigermaassen zickzackförmiger Grenzverlauf, der auch manchmal etwas einfacher, treppenförmig erscheint.

Recht eigenthümlich wird das Aussehen, wenn in verschiedenem Grade für die Schieferung qualificirte Gesteine in wenig mächtigen bis ganz dünnen Lagen mit einander wechseln, wie dies nicht nur in alten Schiefergebirgen, sondern auch manchmal bei jüngern stark aufgerichteten und gepressten Schichtensystemen vorkommen kann, beispielsweise bei den Bündner- und Eocän-Schiefern der Schweiz; namentlich dann, wenn die stärker geschieferten Streifen dünner sind als die andern, wenn sich ausserdem vielleicht ein in angegebener Weise modificirter Verlauf der Grenzflächen zwischen härtern und weicheren Lagen hinzufindet, oder wenn zu der Hauptschieferungs-Richtung noch eine zweite untergeordnete, etwa auf ein griffeliges Zerfallen der Schiefermasse hinwirkende Richtung hinzutritt.

Schieferung oder Spaltbarkeit nach mehreren Richtungen.

Es kommt nämlich vor, dass neben einer Haupt-Schieferungsrichtung noch eine zweite, untergeordnete ausgebildet ist, nach welcher eine minder vollkommene Spaltbarkeit stattfindet als nach der ersten. Von diesem Verhalten lässt sich mitunter praktischer Gebrauch machen, indem den nach der vollkommensten Schieferungsrichtung gespaltenen Dachplatten auch die zweite Dimension durch Spalten gegeben werden kann; die dritte muss aber dann künstlich durch Sägen bewirkt werden. Ist die Schieferung oder überhaupt die Spaltbarkeit nach zwei Richtungen ziemlich gleich stark ausgebildet, so kann daraus ein griffelförmiges Zerspalten und Zerfallen des Gesteines hervorgehen, welches besonders bei gewissen Thonschiefern, den »Griffelschiefern« vorkommt und diesen bei genügender Homogenität und Weichheit des Materials die bekannte Verwendbarkeit zu Schreibgriffeln verleiht.

Es ist indess zu bemerken, dass eine zweite Spaltbarkeit nicht nothwendig einer zweiten Schieferung entsprechen muss, sondern auch der ursprünglichen Schichtungsrichtung entsprechen kann,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nach welcher ja bei vielen Gesteinen Spaltbarkeit stattfindet, namentlich bedingt durch in kleinen oder grösseren Intervallen sich wiederholende Einlagerungen lamellarer Mineralien, wie Glimmer, aber auch durch Druck, wovon später. Solche doppelte Spaltbarkeit, sei sie durch Schieferung nach zwei Richtungen, oder durch Schieferung und Schichtung bedingt, bewirkt bei vielen Gesteinen ein Zerfallen in scheitförmige oder parallelepipedische Stücke; begünstigt wird dies, wenn noch eine oder mehrere Richtungen hinzukommen, nach welchen das Gestein zerklüftet ist.

Das Streichen der Schieferung in seinem Verhältniss zu dem der Schichtung.

Die Unabhängigkeit der Schieferung von der Schichtung wurde schon mehrfach hervorgehoben. Dabei besteht jedoch immer noch der bemerkenswerthe Unterschied, dass die Schieferung auf grössere Strecken hin oder auch in ganzen Gebirgen dasselbe Streichen haben kann wie die Schichten, oder aber, dass sie selbst in der Streichrichtung sich vom Schichtenverlauf ganz unabhängig zeigt. Das erste Verhalten kommt z. B. in den alpinen Schichtensystemen, wie in andern jüngeren Kettengebirgen deutlich ausgebildet vor, wird aber auch in den alten Schiefergebirgen öfters beobachtet. (3)

Häufig findet sich in letzteren aber auch das andre Verhalten, dass Schieferung und Schichtung auch dem Streichen nach mehr oder weniger differiren. In diesen azoischen und paläozoischen Schiefergebirgen sind die Schichtensysteme nicht selten nach mehr als einer Richtung, meist zweien, in Falten zusammengeschoben, und es interferiren dementsprechend auf beschränktem Raum manchmal zwei solcher Faltensysteme und also auch Streichrichtungen. In einem solchen Gebiet kann dann eine sehr deutliche Schieferung nach einer dritten Streichrichtung ausgebildet sein; in andern Fällen beobachtet man, dass selbst da, wo auf grössere Erstreckung die Schichten nur nach einem der beiden Faltungssysteme, also mit derselben Streichrichtung angeordnet sind, die Schieferung mehr oder weniger abweichend von diesem Streichen orientirt ist. Besonders auffällig gestaltet sich das Verhalten da, wo die deutlich kenntliche Schichtung auf beschränktem Gebiete nach mehreren Streichrichtungen in Wellen und Falten gelegt erscheint, welche

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

von der constant einer besonderen Richtung folgenden Schieferung geschnitten werden.

Bei solchem Verhalten, wie es bei dem complicirten Schichtenbau mancher älteren Schiefergebirge leichter sich einstellt als bei der im Ganzen einfacheren Anordnung der jüngeren Kettengebirge, tritt die Schieferung mit besonderer Deutlichkeit als eine selbständige und von den Schichtungsverhältnissen unabhängige Erscheinung hervor, die eben deshalb, weil sie offenbar mit der Schichtung nichts zu thun hat, nur secundärer Entstehung sein kann und offenbar erst an dem zum Gebirge aufgestauten Schichtenkörper, nicht an dem ursprünglich abgelagerten, zum Vorschein gekommen ist.

Die Schieferung durch Druck erzeugt; der Druck rechtwinklig zu ihr.

Man hat daher auch schon längst die Schieferung auf den mechanischen Vorgang der Schichtenaufrichtung und der Zusammenstauung eines mächtigen Systemes aufgerichteter Schichten zu einer Gebirgsmasse zurückgeführt und sie geradezu als hervorgerufen und bedingt gedacht durch den mächtigen Seitendruck, welcher bei jenen Vorgängen in Wirksamkeit gewesen sein muss. (4)

Die Transversalschieferung ist eine Druckerscheinung. Sie ist unabhängig von der Art der Aufstauung, sie kann an einfach aufgerichteten, wie an in verschiedenster Weise gefalteten Schichten vorkommen, und bindet sich nicht an den Verlauf dieser Falten und Biegungen; sie kann mit der Richtung der Schichtung zusammenfallen, local oder auf grössere Strecken, aber dieses Zusammenfallen ist kein nothwendiges und nur durch die Richtung des die Schieferung erzeugenden Druckes bedingt.

Der die Schieferung erzeugende Druck ist auf die Ebene derselben rechtwinklig gerichtet; auch dieser Satz ist schon lange in der Geologie eingebürgert.

Die genannten theoretischen Vorstellungen über die Natur der Schieferung stehen mit den Thatsachen und mit den Resultaten gewisser näher zu besprechender Experimente in bester Uebereinstimmung.

Naturgemäss kann der die Schieferung erzeugende Druck nur in jenem gewaltigen Horizontal- oder Seitenschub gefunden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

werden, welchem wir die Aufstauung anfänglich horizontal ausgebreiteter Schichtenmassen zu Gebirgen zuschreiben müssen. Es ist hiermit ganz in Einklang, wenn wir die Schieferung besonders in jenen Systemen entwickelt finden, wo sich die Wirkung des Horizontalschubes in den Steilstellungen, Ueberfaltungen etc. der Schichten besonders stark und deutlich ausspricht. Ebenso steht damit in Einklang, dass in den einfach nur nach einer Richtung aufgestauten Kettengebirgen die Schieferung dasselbe oder ungefähr dasselbe Streichen besitzt wie der Verlauf der Falten, der Sättel und Mulden, nämlich rechtwinklig zum Druck.

Wenn wir die Ebene der Schieferung zwar meistens steil, aber doch nicht vertikal finden — wie es bei Ableitung der Schieferung vom Horizontalschub auf den ersten Blick vielleicht erwartet werden könnte — so ist zu bedenken, dass bei der verschiedenartigen Zusammensetzung der Schichtenmassen, welche dem Horizontalschub unterliegen, aus den ungleichen Festigkeits- und Cohäsions-Verhältnissen derselben anders gerichtete Resultirende sich entwickeln und den schliesslich die Schieferung bewirkenden Druck bestimmen werden; der Horizontalschub kommt eben erst modificirt zur Geltung. — Ebenso ist mit der oben angegebenen Theorie recht wohl auch jener Fall vereinbar, wo sich die Wirkung des Horizontalschubes nach zwei Richtungen hin, in zwei kreuzenden Systemen von Falten u. s. w. ausspricht, und die Schieferung eine Richtung befolgt, die mit keinem derselben im Streichen zusammenfällt.

Experimente, um die Schieferung künstlich hervorzurufen.

Man hat wiederholt die Schieferung auf experimentellem Wege an verschiedenerlei Material hervorzurufen gesucht, um so die Theorie praktisch zu controliren. Die Resultate der Versuche sind durchaus der Theorie entsprechend; und diese Uebereinstimmung zwischen natürlicher und künstlicher Schieferung verdient besonders hervorgehoben zu werden, weil die Analogie mit der Natur keineswegs bei allen zur Controle geologischer Erscheinungen angestellten Versuchen so einfach herzustellen und zu erkennen ist wie hier. Sorby, Tyndall, Daubrée sind es besonders, welche sich mit solchen Experimenten beschäftigt haben. Wir beabsichtigen hier nicht eine ausführliche Darstellung des

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

von den genannten Forschern eingeschlagenen Verfahrens zu geben und beschränken aus darauf, Methode und Hauptresultate dieser Versuche kurz anzuführen. Einiges nähere in der Anmerkung. (5)

Das nach verschiedenen Richtungen modificirte Verfahren bestand darin, dass man Körper von grösserer oder geringerer Plasticität, wie Wachs, Blei, namentlich aber Thonarten, letztere in verschiedenem Grade der Trockenheit oder Feuchtigkeit, einem starken Druck aussetzte, meist mit Hülfe von hydraulischen Pressen und sie zum Austreten, entweder seitlich unter Pressplatten, oder aus verschieden geformten Oeffnungen zwang. Die genannten Massen wurden entweder rein für sich dem Versuch unterworfen, oder nachdem man Körper von lamellarer oder länglicher Gestalt, wie Eisenglanz, Glimmer, kleine Bleicylinder, längliche Krystalle etc. mit der Masse vermischt hatte. Nach Beendigung der Versuche hatte die Masse ein schiefriges Gefüge angenommen, oder m. a. W., es hatte sich in derselben eine Richtung des geringsten Zusammenhaltes entwickelt, und zwar normal auf die Richtung des angewandten Druckes. Blatt- und stabförmige Körperchen, welche in die Masse eingeknetet worden waren, hatten sich sämmtlich in die Richtung der Schieferung eingestellt. Hervorzuheben ist, dass das Zustandekommen der letztern nicht von der Anwesenheit solcher Körper abhängig ist, und auch bei ganz homogenen Massen, z. B. Wachs, durch geeigneten Druck hervorgerufen werden kann; sowie auch, dass der mehr oder minder vollkommene Grad der Schieferung, wie zu erwarten, mit dem Materiale wechselt, und z. B. bei verschiedenen Trockenheitszuständen des Thones verschieden ist.

Theoretisches über das Zustandekommen der Schieferung.

Nachdem durch die Experimente die früher schon ausgesprochene Theorie der Schieferung bestätigt ist, handelt es sich nur noch um die physikalische Erklärung des Zustandekommens dieser Structur unter dem Einfluss des auf ihr normal stehenden Druckes; gleichviel ob bei natürlich vorkommenden Schiefergesteinen, oder bei künstlich schiefrig gewordenen Substanzen.

Wird eine Masse in der oben angegebenen Weise einem Druck unterworfen, so findet ein seitliches Ausweichen der Massentheilchen vor dem Druck statt, und es liegt in der Natur der

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

hier ins Spiel kommenden mechanischen Bedingungen, dass das Ausweichen in einer zum Druck normalen Richtung erfolgt. Es ist klar, dass dieses Ausweichen um so leichter und vollkommener erfolgt, je mehr sich der gepresste Körper einer plastischen oder ductilen Beschaffenheit nähert, denn um so mehr werden seine Massentheilchen unter starkem Druck dem zunächst nur für flüssige Körper gültigen Gesetze der gleichmässigen Fortpflanzung des Druckes unterliegen. (6)

Mit dem Ausweichen ist eine Umformung des Körpers verbunden, in der Art, dass eine Abnahme der einen Dimension auf Kosten der beiden oder einer der beiden andern stattfindet, im Ganzen wie in allen Theilen. Denkt man sich einen durch Druck schiefrig werdenden Körper durch Ebenen normal auf die Druckrichtung geschnitten, so ist klar, dass in einer und derselben Schicht, zwischen zwei benachbarten solcher Ebenen, die möglichen Differenzen in der Ausweichungsbewegung der Massentheilchen nach Richtung und Grösse geringer sein müssen, als zwischen zwei angrenzenden Schichten, und dass demzufolge die bestehenden Cohäsionsverhältnisse durch den Vorgang des Ausweichens in derselben Schicht weniger afficirt werden, als zwischen zwei angrenzenden solcher Schichten; bei einem sehr vollkommen schieferbaren Körper muss man sich unendlich viele jener Ebenen und unendlich dünne Schichten denken, weil wegen der relativ grossen Plasticität und der damit verbundenen Uebertragbarkeit des Druckes auf alle Massentheilchen das Ausweichen in unendlich dünnen Schichten erfolgen kann; bei einem weniger leicht schiefrig werdenden Körper modificirt sich die Vorstellung dementsprechend.

Das Resultat gipfelt in einer Verminderung der Cohäsion in der Druckrichtung, und es hat sich ein Zustand hergestellt, der entschieden an die ungleiche Cohäsion der Krystalle nach verschiedenen Richtungen erinnert, ein Vergleich, den schon Daubrée anstellt. Wie bei solchen Krystallen die Spaltungsflächen latent sind und erst durch äussere Einwirkung zum Vorschein kommen, so auch bei der Schieferung. Im Fall der Krystalle ist aber die ungleiche Cohäsion ein Resultat des Krystallisationsprozesses, eines inneren Vorganges; im Fall der Schieferung dagegen hat sich die Wirkung des äusseren Druckes in eine bleibende Cohäsionsänderung der Massentheilchen, in einen Zustand dauernder Spannung zwischen denselben umgesetzt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Es ist nach dem Obigen einleuchtend, wie auch ganz homogene Körper, z. B. Wachs, schiefrig werden können. Ferner erhellt leicht, warum blatt- und stabförmige Körper, die sich in einer Masse wie Thon u. dgl. befinden, in die Richtung der Schieferung gedreht werden müssen: denn erst wenn sie sich in dieser Richtung befinden, sind sie in ihrer ganzen Erstreckung in einer Schicht, wo die ausweichende Bewegung eine möglichst einheitliche ist, während sich vorher aus den Differenzen in der ausweichenden Bewegung verschiedner Schichten, in denen sie sich mit ihren Enden befanden, immer drehende Kräfte entwickeln und auf sie einwirken mussten. Nicht minder ist klar, dass nachgiebige heterogene Körper innerhalb der schiefrig gewordenen Masse abgeplattet und in der Schieferungsrichtung verlängert werden müssen; sie verhalten sich hierin gerade so, wie die Gesammtmasse selbst.

Mechanische Theorie der Schieferung.

Wir können unsre Vorstellung über das Zustandekommen der Schieferung etwas anders und in mechanischem Sinne präciser auch so formuliren: Der die Schieferung erzeugende Druck wirkt auf einem gewissen Wege und leistet dabei eine gewisse Arbeitsgrösse; es resultirt infolge dieser Arbeit eine Spannung der kleinsten Massentheilchen in der Richtung des Druckes, in der Art, dass dieselben in dieser Richtung etwas über die Entfernung, in welcher sie durch die ihnen zukommende molekulare Abstossung erhalten wurden, genähert sind, ohne dass dabei die Elasticitätsgrenze überschritten wurde; diese Spannung ist gleichbedeutend mit einem neuen Gleichgewichtszustand; aber dieser neue Gleichgewichtszustand ist weniger stabil als der vorige, wodurch er sich eben als Spannung offenbart; Cohäsion ist entschieden noch vorhanden, aber sie ist verringert; sobald durch eine geeignete äussere Einwirkung in Form eines Stosses, Schlages etc. der neue Gleichgewichtszustand erschüttert wird, kommt die Spannung zur Geltung, die verringerte Cohäsion wird überwunden und die Trennung erfolgt; in der mechanischen Arbeit, welche dieser Trennung entspricht, erscheint jene wieder, welche auf die Herstellung der Spannung verwendet worden war, vermehrt um die auf den Stoss oder Schlag verwendete. (7)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Von den besonderen Cohäsionsverhältnissen und der Art und Weise der Zusammensetzung der dem Druck unterliegenden Massen, resp. Gesteine ist nun abhängig: einmal das absolute Maass, welches die angegebene Umsetzung einer äussern Druckwirkung in innere Veränderungen überhaupt erreichen kann, und ebenso die mehr oder weniger gleichmässige Vertheilung derselben in der Masse oder dem Gestein; so können denn sehr verschiedene Grade der Schieferung zu Stande kommen.

Anzeichen und Maass für stattgehabte Bewegung und Streckung bei der Schieferung.

Bei den Experimenten ist die Bewegungsgrösse der ausweichenden Masse und die Differenzen dieser Grösse bei den einzelnen Theilen der Masse zum Theil sehr beträchtlich, was an der gewöhnlich grossen Plasticität der zum Experiment benutzten Substanz, Thon etc., und der im Verhältniss zur Masse jener gewöhnlich sehr grossen Druckkraft liegt; über die Grösse der erfolgten Ausdehnung geben die Experimente Daubrée's mit Belemniten-Modellen ein Anhalten. (S. Anmerkung 8.) Weniger leicht als bei diesen Versuchen lässt sich in der Natur der Grösse der erfolgten Ausdehnung nachrechnen, es müsste denn durch verlängerte oder gestreckte und gebrochene Petrefakten oder Krystalle ein Maass hierfür gefunden werden, wie dies manchmal vorkommt. Dass aber überhaupt bei dem Vorgang der Schieferung Bewegungen und Verschiebungen erfolgt sind, dafür liefern die geschieferten Gesteine mancherlei Anzeichen. Zunächst sind hierfür die eben erwähnten verzogenen und verzerrten Gestalten von Versteinerungen zu nennen, welche gar nicht so selten in den geschieferten Gesteinen vorkommen. Obgleich diese Erscheinung selbstverständlich an keine bestimmten Arten oder Formen von Versteinerungen gebunden ist, so mögen doch als besonders charakteristische Typen solcher verzogenen organischen Gestalten die Trilobiten in den paläozoischen Schiefern und die Belemniten und Ammoniten in den mesozoischen hervorgehoben werden. (8)

Ein weiteres Anzeichen für Bewegungen bei dem Schieferungsvorgange liegt in den mitunter vorkommenden zerbrochenen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Krystallen, welche ähnlich zu beurtheilen sind wie die Petrefacten, besonders die Belemniten.

Auch die manchmal vorkommenden abgeplatteten oder gequetschten, und in einer Richtung verlängerten Einschlüsse heterogener mineralischer Substanzen deuten Bewegung und Verschiebung im Schiefergestein an. Sharpe beschrieb derartige Einschlüsse von etwas abweichend beschaffener thonschieferiger Substanz, welche in der Haupt-Schiefermasse als ursprünglich beigemengte klastische Bestandtheile eingebettet liegen; dieselben sind alle auffallend nach einer und derselben Richtung in der Schieferungsebene verlängert. Eine solche Parallelität der längern Dimension in der Schieferungs- resp. Streckrichtung ist entweder durch Drehung der ursprünglich in der Schichtungsebene liegenden Körper in jene Richtung zu verstehen, oder durch Umformung derselben, oder auch beides; ersteres mehr bei harten und starren Körpern, letzteres bei weicheren, und so auch im erwähnten speciellen Falle. Sharpe hebt hervor, dass die Richtung, in welcher der Körper gedehnt oder gestreckt erscheine, die Richtung des Einfallens der Schieferung ist, in der That ist auch dies die einzige Richtung, in welcher ein Ausweichen vor dem die Schieferung erzeugenden Drucke nach oben möglich war; nur in dieser Richtung ist die Schichtenmasse in einer gewissen Entfernung aufwärts eine begrenzte, während nach allen andern Richtungen der Raum von fester, Widerstand leistender Masse erfüllt ist. (9)

Ein weiteres Anzeichen für stattgehabte Bewegung und Verschiebung innerhalb der geschieferten Masse liegt in dem schon erwähnten eigenthümlich modificirten Grenzverlauf zwischen leichter schieferbaren Schichten einerseits und starren, nicht schieferbaren Gesteinen andrerseits, an solchen Stellen, wo eine derartige Grenze nicht in der Schieferungsrichtung liegt, sondern quer oder schräg dagegen läuft. Die hier stattfindenden Discontinuitäten, welche besonders an nicht zu breiten Streifen härterer Lagen hervortreten, der treppenförmige oder aus- und einspringende Grenzverlauf sind gleichbedeutend mit einer Minderung und Aufhebung des Zusammenhanges in nicht mit der Schieferung zusammenfallenden Richtungen und mit Verschiebung und Bewegung die in der Schieferungsrichtung erfolgt und local an solchen Stellen abgelenkt werden kann. (10)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Da wo die Schieferung an einer härteren Lage ganz absetzt und längs der Grenze etwas umbiegt oder auslenkt, haben wir ebenfalls einen sehr deutlichen Ausdruck für die Verlängerung oder Streckung der geschieferten Masse in der Richtung der Schieferung. Ohne die Anwesenheit der härteren Lage würde diese Streckung auch weiterhin in der allgemeinen Schieferungsrichtung verlaufen und sich gleichmässig in dieser Richtung vertheilen. Die härtere Lage jedoch, in welche die Schieferung nicht eindringt, unterbricht die Continuität und Gleichmässigkeit dieses Vorganges und bewirkt Intervalle für die Vertheilung der Streckung. Aehnlich ist auch der andere Fall zu beurtheilen, wo die Schieferung innerhalb einer heterogenen Schicht zwar fortsetzt, aber in ihrer Richtung etwas abgelenkt wird. Auch dies läuft auf eine Modification in der Gesammtvertheilung der Streckung hinaus, welche die Schieferung in dazu überhaupt fähigen Massen bewirkt.

Das Vorige lässt sich auch so ausdrücken: durch die locale Ablenkung der Schieferung längs oder innerhalb einer heterogenen Lage wird die Streckung in der Hauptschieferungsrichtung von beiden Seiten her gegen genannte Lage begünstigt, resp. ermöglicht; man braucht sich nur die mit der Schieferung verbundene Streckung nicht einseitig, sondern nach entgegengesetzten Richtungen vorschreitend zu denken, womit man der Wirklichkeit näher kommen wird, so ist leicht zu ermessen, dass sich von Strecke zu Strecke solche Ablenkungen oder Auslenkungen der Schieferungsrichtung von selbst herstellen müssen, damit dem Vorgang der Streckung genügt werden könne; an den Stellen, wo heterogene Schichten sind, werden sich diese Auslenkungen am leichtesten entwickeln, entweder in den heterogenen Schichten, wenn deren Masse sich leicht schiefert, oder längs derselben, wenn dies nicht der Fall ist.

Dasselbe, was beim Schieferungsvorgange an den Grenzen alternirender, leicht und schwer schieferbarer Schichten vorgeht, geht bei einem ungleichartigen, aus harten und weichern Theilen (z. B. aus Quarzkörnern und Thonschiefermasse) zusammengesetzten Gesteine an sehr vielen Punkten in der ganzen Masse vor; es müssen sich fortwährende Ablenkungen der Schieferung ergeben, daher denn solche Gesteine auch nur unregelmässige und gekrümmte Schiefer- oder Spaltflächen liefern können.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Wie die mit der Schieferung verbundene Bewegung und Streckung, sowie auch deren Richtung durch die Abplattung und Verlängerung von organischen und mineralischen Einschlüssen bewiesen wird, so wird sie in manchen Fällen auch durch eine streifige Linearstructur erwiesen; diese ist durch das gegenseitige Eingreifen der Theilchen benachbarter Lagen, besonders bei Unterschieden in der Härte, bedingt, und erinnert insofern an die sog. Rutschflächen; dadurch aber, dass die Richtung dieser Streifung mit der Einfallrichtung der Schieferflächen zusammenfällt, wird diese Richtung deutlich als diejenige bezeichnet, in welcher das Ausweichen stattfand. In der That war, wie wir oben schon sahen, nur in dieser Richtung ein Ausweichen möglich. (11)

Verhältniss der Schieferung zur Schichtenaufstauung und Faltung; Structur des Schiefers im Zusammenhang damit.

Einen weitern Abschnitt unserer Betrachtung bildet das Verhältniss, in welchem die Schieferung zur Aufrichtung und Faltung der Schichtensysteme, in welchen sie sich zeigt, steht, wodurch wir weiter auf die Betrachtung der Streichrichtung von Schieferung und Schichtung geführt werden. — Die Aufrichtung, Biegung und Faltung der Schichtensysteme führen wir auf den in der Erdkruste sich äussernden Seitendruck zurück; demselben Drucke schreiben wir aber auch die Schieferung zu. Beiderlei Wirkungen zeigen sich nun sehr gewöhnlich neben einander in ein und demselben aufgerichteten System oder Gebirge. Sind dieselben gleichzeitig oder nach einander entstanden?

Wir werden annehmen dürfen, dass die nächste Wirkung des Horizontalschubes in Aufrichtung, Faltung und Ueberschiebung etc. der Schichten bestand, und der Vorgang der Schieferung erst nach diesem Prozesse, oder doch erst in den späteren Stadien desselben begann. Solange noch ein Ausweichen vor dem Druck durch Aufrichtung und Faltung möglich war, wird dies erfolgt sein; aber diese Formveränderungen, die sich hauptsächlich auf Gestalt und Lage des Ganzen und grösserer Theile beziehen, werden ihre Grenze gefunden haben — wir könnten als äusserstes nie ganz zu erreichendes Ziel derselben die Steilstellung aller vorher horizontal liegenden Schichten bezeichnen — mit welcher Grenze

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

eine vollständige Versteifung des Systemes eingetreten sein müsste. Wenn nun der Horizontaldruck nicht in demselben Maasse wächst, als der Widerstand gegen seinen bisherigen Wirkungsmodus, muss ein Gleichgewichtszustand in dieser Richtung eintreten; fortdauernder gleichgrosser oder auch etwas schwächerer Horizontaldruck wird dann einen andern Wirkungsmodus entwickeln können, indem er sich mehr und mehr auf die kleinsten Massentheilchen wirft, zunächst vielleicht noch kleine Falten und Fältelungen in den hierfür geeigneten Gesteinspartieen bewirkt, dann aber den Vorgang der Schieferung — unter Umständen und bei gewissen Gesteinen auch Klüftung — hervorrufen.

Wenn also Schichtenaufrichtung und Faltung einerseits und Schieferung andrerseits, beide auf den Horizontal- oder Seitenschub der Erdkruste zurückzuführen sind, und insofern beide Druckerscheinungen sind, so sind sie dennoch unabhängig von einander und bedingen sich gegenseitig nicht nothwendig; sie gehen nach einander und z. Th. neben einander her; der wesentliche Unterschied liegt eben darin, dass bei der Schieferung die Wirkung des Druckes in der Verschiebung der kleinsten Massentheilchen zum Ausdruck kommt, bei der Aufrichtung und Faltung der Schichten dagegen in der Verschiebung grösserer Massen.

Beide Vorgänge sind nicht nothwendig nur als successive aufzufassen. Es ist sehr wohl denkbar, dass während der Schichtenaufstauung, namentlich während des späteren Verlaufes derselben, die Schieferung schon eingeleitet wurde. Es ist ferner denkbar, dass anfänglich entstandene Schieferungsflächen mit noch fortgesetzter Bewegung oder Drehung der betreffenden Schichtensysteme in eine andere Lage gekommen sind.

Insofern Kleinfältelungen als die letzten und am weitesten getriebenen derjenigen Aeusserungen des Seitendrucks erscheinen, welche sich in Aufrichtungen und Faltungen der Schichten zu erkennen geben, ist es nur zu erwarten, dass sich von ihnen Uebergänge zu dem andern Wirkungsmodus finden, der sich in Verschiebung der kleinsten Theilchen äussert und Schieferung hervorruft; eine scharfe Grenze wird hier nicht vorhanden sein; noch mögen Falten im kleinsten Maassstab sich entwickeln und schon werden Verschiebungen rechtwinklig zur Druckrichtung, welche also Schieferung sind, erfolgen und die Fältchen auseinander ziehen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Im weiteren Verlauf der Druckwirkung können die Falten ganz verschwinden und ganz reine Schieferung hervortreten; wo jedoch durch dünnschichtigen Gesteinswechsel von härteren und weicheren Lagen die Schieferung nicht vollkommen werden kann, oder wo der Prozess zur Ruhe kommt, da wird jener Zwischenzustand zwischen Faltung resp. Fältelung und Schieferung zu einem dauernden und erscheint besonders bei wechselnden Lagen verschiedenen Materials sehr deutlich. Es kommt dann jene Structur zu Stand, welche in azoischen und paläozoischen Schiefergebieten ausserordentlich häufig vorkommt und streckenweise fast an jedem aufgelesenen Handstück zu sehen ist, wo hellere härtere und dunklere weichere Schichtlagen, erstere meist schmäler als letztere, wechseln, die kleinen Falten hell auf dunklem Grunde im Querbruch sehr deutlich hervortreten und durch fortwährend wiederholte Verschiebungen abgeschnitten werden, womit in der Regel noch eine derartige Verschiebung der Masse verbunden ist, dass die ursprünglich ohne Zweifel ziemlich gleich dicke Platten bildenden, nun gefalteten Streifen abwechselnd anschwellen und sich verschmälern, letzteres an den Stellen, wo sie in der Richtung des Ausweichens, normal zum Druck liegen, oder in diese Richtung einbiegen. (12)

Wie bemerkt bedingen Schichtenstauung und Faltung einerseits und Schieferung anderseits sich nicht nothwendig. In der Regel aber werden geschieferte Systeme auch Aufrichtung und Faltung zeigen. In welcher Weise der Horizontal- oder Seitenschub an einem System oder einem grössern Theil der Erdrinde sich zunächst äussert, das hängt von dessen Gestalt und Zusammensetzung ab; meistens wird ein grösseres System von Schichten vorliegen, welches gleichzeitig vom Horizontaldruck ergriffen wird, und es ist zu erwarten und erscheint naturgemäss, dass sich ein System auf einander geschichteter heterogener Platten, namentlich wenn dasselbe in der Richtung des Druckes eine im Vergleich zu seiner Höhe ausserordentlich grosse Erstreckung hat — und dies wird meistens der Fall sein — zunächst in Falten legt. Eine grosse, compacte und homogene, nicht oder unvollkommen geschichtete Masse, etwa eine Scholle von Eruptivgestein, oder mächtige Kalk- oder Dolomitmassen, wird bei weitem nicht die Tendenz zum Falten besitzen wie ein dünner geschichtetes, mehr heterogenes System; jene Masse befindet sich von vornherein dem Seitendruck

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gegenüber schon in der Lage, wie dieses System, nachdem es zusammen gefaltet und geschoben ist; in der Lage nämlich, Schieferung — resp. auch Klüftung — anzunehmen. Ausserdem aber wird es für jede dem Seitenschub unterliegende Masse auf das Verhältniss ihrer Mächtigkeit zu ihrer Längenerstreckung in der Richtung des Schubes ankommen, ob sie und wie lange sie zusammengeschoben, gefaltet und gestaucht wird, ehe sich die Wirkung des Druckes auf die kleinsten Massentheilchen wirft und Schieferung hervorbringt.

So wird auch eine homogene, ungeschichtete, nicht zu starre Masse einfach und wiederholt gefaltet werden können, wenn sie nur im Verhältniss zu ihrer Mächtigkeit in horizontaler Richtung sich weit genug erstreckt; die Schichtung erscheint nicht als nothwendige Vorbedingung zur Faltung. (13)

Andrerseits ist es sehr wohl denkbar, dass weichere Massen, z. B. Thonschieferarten, welche an sich leicht falten, doch durch ihre Dimensionsverhältnisse und ihre Lage zur Druckrichtung in den Fall kommen Schieferung anzunehmen, ehe sie Gelegenheit hatten in Falten und Fältelungen gelegt zu werden. Dieser Fall kann z. B. eintreten, wenn eine Thonschieferschicht zwischen festen, mächtigeren, nicht leicht faltenden Systemen eingeschaltet zur Aufrichtung gekommen ist und starkem Seitenschub, welcher ihr durch diese festeren Massen übermittelt wird, ausgesetzt bleibt. Solche Schiefer können dann ein völlig homogenes Ansehen besitzen, ohne eine Spur von jenen Fältelungen und verschobenen Fältchen zu zeigen, wie sie oben beschrieben wurden. — Andrerseits ist zu bemerken, dass wohl auch manche sehr homogene Schiefer den Zustand der Fältelung durchgemacht haben mögen; fortgesetzte Druckwirkung muss dazu geeignete Massen über den Zustand der Fältelung hinaus führen und vollkommen transversalschiefrig machen. — Uebrigens gibt es auch weiche Thonschiefer, welche, ohne härtere Zwischenlagen, gefältete Structur zeigen; solche mögen in diesem Stadium stehen geblieben sein. (14)

Bei denjenigen Schiefergesteinen, welche, wie gewiss viele Griffelschiefer, eine doppelte Schieferung zeigen, d. h. nach zwei Schieferungsrichtungen spalten und zerfallen — nicht etwa nach einer Schieferungsrichtung und der Schichtungsrichtung — wird man zunächst an zwei Druckwirkungen und Richtungen denken, die successive, oder vielleicht durch eine längere Periode getrennt,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auf das Gestein gewirkt haben; den bei gleichzeitigem Wirken dieser Kräfte hätten sie sich zu einer Mittelkraft combinirt und, wie gewöhnlich, nur eine Schieferungsrichtung bewirkt. Dennoch erscheint es nicht ausgeschlossen, dass unter Umständen aus einer einzigen Druckwirkung zweierlei Richtungen geringster Cohäsion hervorgehen hönnen, wenn man gewisse von Daubrée angestellte Versuche berücksichtigt. (15)

Faserige Structur mancher Schiefer.

Bemerkenswerth ist noch die faserige Structur, welche manchmal an Schiefergesteinen, meist nicht in grösserer Erstreckung vorkommt; sie ist mitunter so ausgesprochen, dass sie an faseriges Holz erinnert. Wie schon erwähnt, ist sie von Daubrée unter gewissen Umständen bei seinen Schieferungsversuchen erhalten worden. Diese Structur ist sozusagen ein höherer Grad der oben erwähnten, mitunter auf den Schieferungsflächen hervortretenden Linearstructur, in der Art, dass letztere nicht nur in der einen Richtung der Schieferung, sondern auch quer dagegen, durch die ganze Gesteinsmasse hindurch, zur Ausbildung gelangt ist, ob diese Wirkung nun successiv thätigen Schieferungskräften zuzuschreiben ist, oder gleichzeitig zu Stande gekommen ist, wie bei jenem Experimente. Es ist fast zu erwarten, obwohl hierüber noch keine ausreichenden Beobachtungen vorliegen dürften, dass sich diese Structur im Gebirge besonders an solchen Stellen einstellen wird, wo zwei oder mehrere Druck- und Schieferungsrichtungen interferiren, und dieselbe Gesteinspartie den beiderseitigen Wirkungen unterlag. Stellenweise mögen hierbei auf eine Gesteinsmasse ähnliche Wirkungen erfolgt sein, wie auf eine Masse, welche beim technischen Auswalzen eine runde Oeffnung passirt, wobei auch ein faseriges Gefüge erzielt werden kann; ähnlich bei dem angeführten Experimente Daubrée's. — An Stellen im Schiefergebirge, wo im Gefolge von Verwerfungen oder überhaupt local eine besonders starke mechanische Inanspruchnahme des Gesteins stattfand, finden sich mitunter Schieferstücke, welche das Gepräge einer derartigen Wirkung sichtlich an sich tragen, z. B. Torsion (windschiefe Drehung ganzer Faserbündel) zeigen, oder scharf geknickt sind.

Was die einfach faserige Structur betrifft, so ist andrerseits

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auch darauf hinzuweisen, dass sie unter Umständen der schon berührten kleingefältelten Structur sehr nahe stehen und nur eine geringe Modification derselben darstellen kann, die local an solchen Stellen zu Stande kommen wird, wo die durch den Druck erzeugten, ausweichenden kleinen Bewegungen und Verschiebungen im Gestein fast in die Längsrichtung der Fältchen fallen; die kleinen Flächen, an denen das Ausweichen sich vollzieht, werden dann die Fältchen unter sehr spitzem Winkel schneiden, und letztere wiederholt abgeschnitten werden. Im Allgemeinen wird diese Art der faserigen Structur das Merkmal haben, dass die Längsrichtung der Fasern etwa parallel zur Schichtung liegt, nicht in die Einfallrichtung der Schieferung fällt. (16)

Das Streichen der Schieferung als Folge des Seitendruckes.

Wenn während der ganzen Zeit der Aufrichtung, Faltung und Schieferung von grösseren Schichtensystemen die Richtung des Seitendruckes, oder genauer deren Projection auf die Horizontalebene dieselbe blieb, so werden Schieferung und Schichtung kein verschiedenes Streichen angenommen haben, ein Fall, der wie schon bemerkt, vielfach, besonders in einfacheren Kettengebirgen vorkommt. Wirkte bei Entstehung der Schieferung ein anders gerichteter Horizontaldruck als bei der Schichtenaufrichtung und Faltung, so wird das Streichen der Schieferung und das der Schichtensysteme von einander abweichen.

Es ist nämlich nicht zu erwarten, dass der später anders gerichtete Horizontaldruck etwa eine Umänderung des Streichens der Schichten, m. a. W. eine Umlegung der schon vorhandenen Falten zu Wege bringen werde, denn er wirkt auf ein schon versteiftes, kaum mehr zu drehendes System; wohl aber kann sich nun seine Wirkung in oben schon angegebener Weise auf Verschiebung der kleinsten Massentheilchen werfen und Schieferung hervorrufen, deren Streichrichtung dann von der der Schichten und Falten abweichen wird.

In der That stimmt denn auch in den Schiefergebirgen das Streichen der Schichtensysteme und der Schieferflächen nicht immer überein; es finden sich manchmal auf grössere Strecken mehr oder minder erhebliche Abweichungen.

Es ist sehr verständlich, dass sich solche Abweichungen be-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sonders in denjenigen Gebirgssteinen finden, wo schon in der Anordnung, im Streichen der Schichtenzüge und Falten ein Wechsel des Horizontaldruckes sich zu erkennen gibt und wo demnach Falten und Aufstauungssysteme nach verschiedenen, meist nach zwei Richtungen verlaufen und mit einander interferiren. Namentlich in der Gegend der Interferenz solcher Systeme wird auch die Schieferungsrichtung ein besonderes Verhalten zeigen.

Derartige Fälle kommen z. B. nach den Beobachtungen des Verfassers im thüringischen Schiefergebirge vor. Die Abweichung des Schieferstreichens von dem der Schichtenzüge ist in gewissen Partieen dieses Gebirges sehr merklich. Fast scheint es, dass die Lage der Schieferung stellenweise durch eine Mittelkraft bedingt sei, welche hervorging aus nach zwei Richtungen anhaltend fortwirkenden Horizontal-Druckkräften, die auf schon fertig gefaltete Systeme wirkten. — Auch aus andern Gebirgen, z. B. englischen Schiefergebirgen, werden Abweichungen des Schieferstreichens von dem der Schichtensysteme angeführt. Ueberhaupt verhalten sich in dieser Hinsicht die alten Schiefergebirge vielfach complicirter als manche jüngere Kettengebirge, z. B. die alpinen Systeme.

Das Abweichen der Schieferung im Streichen von der Richtung, in welcher die Schichtensyteme hinziehen, stellt im Grossen, auf der Oberfläche des Terrains, dieselbe Erscheinung dar, welche uns in kleinerem Maassstab an irgend welchen Aufschlüssen im Schiefergebirge, selbst an einzelnen Gesteinsstücken entgegentritt. Solange man dort die Schieferung noch nicht als solche erkannt hat, befremdet es, wenn man, in der Richtung der Platten und Tafeln weitergehend, dieselben plötzlich an einem ganz heterogenen Gestein abstossen sieht, welches eben dem nächstfolgenden Schichtensystem angehört und der Schieferung gegenüber sich ganz anders verhalten kann. Aus- und einspringende Grenzen und sonstige Unregelmässigkeiten können sich hier auf der Terrain-Oberfläche im Grossen in ähnlicher Weise wiederholen, wie sie früher beschrieben wurden. In einem nicht schieferbaren Systeme, z. B. einem Kalk-Complex kann in der Richtung der Schieferung eine Art von Klüftung erscheinen, welche einer Schichtung zum Verwechseln ähnlich werden kann und in ihrem Verlauf quer zu dem Verlauf des Complexes auf den ersten Blick höchst befremdend erscheint.

Ganz eigenthümlich gestaltet sich die Sache auch in gewissen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

für die paläozoischen Schieferformationen charakteristischen Knollenkalkschichten, welche aus Thonschiefer mit oft massenhaft eingelagerten Kalkknollen von etwa linsenförmiger oder sphäroidaler Gestalt bestehen. Hier können sämmtliche Kalkknollen mit ihrer Längsaxe, infolge der Wirkung der Schieferung in der Richtung derselben liegen, was die Täuschung, dass man es mit Schichten und Bänken zu thun habe, wo doch Schieferung vorliegt, vermehrt. Es ist dieselbe Erscheinung, welche wir weiter oben schon kennen lernten, z. B. an den von Sharpe angeführten, in der Schieferungsrichtung verlängerten heterogenen Einschlüssen im Schiefer. Ein näheres Eingehen auf diese Verhältnisse, wie sie alle in dem vom Verfasser aufgenommenen Theile des thüringischen Schiefergebirges vorkommen, kann indess hier nicht beabsichtigt werden. (17)

Cohäsionszustand des Gesteines bei Entstehung der Schieferung.

Wir dürfen die Frage nicht übergehen, ob zu der Zeit, als mit den Schichtensystemen jene bedeutenden, auf mechanischem Wege erfolgten Umgestaltungen vorgingen, zu welchen ja auch die Transversalschieferung gehört, das Gesteinsmaterial sich schon in demselben Zustande der Festigkeit und Starrheit befand, m. a. W. schon dieselben Cohäsionsverhältnisse besass wie jetzt. Im Hinblick auf die ausserordentlich grosse Veränderung, die in der gegenseitigen Lage der Schichten, im Ganzen sowohl wie bis in die einzelnen Theile in vielen Fällen so deutlich sich vollzogen haben, von der grossartigsten Schichtenbiegung bis zur kleinsten Fältelung, von der mächtigsten Verschiebung ganzer Systeme bis zur Ausweichung der kleinsten Theile des Gesteines an einander, kann man sich nicht wundern, dass öfters ein weicher, noch nicht völlig verfestigter Zustand der Gesteine angenommen wurde, um die genannten Erscheinungen erklärlich zu finden. Dennoch sind dieselben bei genauerer Erwägung auch bei einem starren Zustande der Gesteine, so wie sie ihn gegenwärtig besitzen, ganz verständlich, ja es sprechen gegen die Annahme eines weichen, förmlich plastischen Zustandes der Gesteine so gewichtige Gründe, dass wir von einem solchen absehen müssen.

Eine ausführliche Erörterung dieser Frage würde uns indessen allzuweit von unserm Thema ableiten und wir müssen uns auf einige Hindeutungen beschränken.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Vor allem ist Folgendes leicht einzusehen. Man denke sich die Schichtensysteme oder Gesteinsmassen, welche den Wirkungen des Horizontaldruckes, resp. des daraus abgeleiteten etwas anders gerichteten Seitendruckes ausgesetzt waren, als noch halbwegs weiche und plastische Massen, so wie sie unmittelbar oder kurz nach ihrer Sedimentirung gewesen sein mögen, oder auch etwa in dem Zustande wie jene Thonmassen, welche bei den künstlichen Experimenten über Schieferung angewendet wurden; hätte in diesem Falle, den genannten gewaltigen Druckwirkungen gegenüber, nicht jede Spur der ehemaligen Schichtung verwischt werden und die vollkommenste Transversalschieferung eintreten müssen, häufig verbunden mit einem vollständigen Ineinanderwirken der Theilchen der einzelnen, namentlich der dünneren Lagen, und dies alles durch die gesammte Masse hindurch? Statt dessen sehen wir aber, im Allgemeinen gesprochen, Schieferung und Schichtung deutlich neben einander; in manchen Systemen (besonders den krystallinischen Schiefern, wovon weiter unten) sehen wir Schichtung ohne Schieferung; und selbst in sehr deutlich und vollkommen transversal geschieferten Systemen und Gebirgspartieen meist noch Spuren von Schichtung, die um so deutlicher werden und nicht mehr als blosse Spuren bezeichnet werden können, wo ein rasch sich wiederholender Wechsel von in verschiedenem Grade schieferbarem Materiale eintritt. Wir sehen dann die Vollkommenheit der Schieferung geradezu durch diejenigen Cohäsionszustände des Materials bedingt, welche gegenwärtig vorliegen; der jetzt weichere Thonschiefer ist weit vollkommener geschiefert als der jetzt härtere Grauwacke- oder Quarzitschiefer; nothwendig müssen also dieselben, mindestens sehr ähnliche Cohäsionsunterschiede wie jetzt, schon zur Zeit der Entstehung der Schieferung geherrscht haben, denn es ist kein Grund verhanden, warum noch weicher, d. h. noch nicht krystallinisch erstarrter Quarzit und dgl. nicht ebenfalls hätte vollkommen schiefrig werden können.

War aber der, für die Schieferung meist ganz unzugängliche Quarzit zur Zeit jener mechanischen Einwirkungen schon starr, so ist kein Grund an der völligen Verfestigung der mit ihm wechsellagernden Thonschiefer- und sonstigen Massen zu zweifeln. Wohl mag die Zeit von der Sedimentirung bis zur völligen Erhärtung bei verschiedenen Gesteinen etwas verschieden gewesen sein; keinenfalls aber so verschieden, dass bei mit einander

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wechselnden Gesteinslagen von petrographischer Verwandtschaft und vielfach nur quantitativer Verschiedenheit der constituirenden Bestandtheile, wie dies in den Thonschiefergebirgen so gewöhnlich ist, nur einzelne Zeit gehabt hätten zu festem Gestein zu werden, in dem langen Zeitraum, welcher von der Sedimentirung bis zum Eintritt der mechanischen Umgestaltungen und der Schieferung verfloss.

Andrerseits lassen sich auch manche directe Beweise dafür beibringen, dass die Gesteine zur Zeit der mechanischen Einwirkungen und der Entstehung der Schieferung sich im Zustande von Festigkeit und Starrheit befanden. Den unzweideutigsten Beweis geben sie uns selbst dadurch, dass sie ausserordentlich gesteigerten Druckwirkungen gegenüber sich verhielten wie starre Körper, nämlich zerbrachen. Auch hier bestätigt sich, dass derselbe Unterschied in den Cohäsions- und Festigkeitsverhältnissen, den wir gegenwärtig bei verschiedenen Gesteinen finden, auch zur Zeit ihrer mechanischen Beanspruchung vorhanden gewesen sein muss. Starre, spröde Gesteine, wie Quarzit, Kalkstein etc. zeigen sich weit häufiger infolge übermässiger Druckwirkungen zersprungen, gebrochen, die einzelnen Theile verschoben, als solche, die ein grösseres Maass von Nachgiebigkeit und Verschiebbarkeit der kleinsten Theilchen innerhalb der Elasticitätsgrenze besitzen. (18)

Parallelstructur der krystallinischen (metamorphischen) Schiefergesteine.

Es ist eine bemerkenswerthe, in den verschiedensten Gegenden übereinstimmend beobachtete und häufig erwähnte Thatsache, dass diejenige Classe von Schiefergesteinen, welche den ältesten zugänglichen Theil der äusseren Erdkruste bilden und die ältesten (»archäischen«) Formationen zusammensetzen, die sogenannten krystallinischen oder metamorphischen Schiefer die Erscheinung der Transversalschieferung in weit geringerem Maasse zeigen, als die etwas jüngeren eigentlichen Thonschiefer und diesen nahestehende gleichalterige oder auch jüngere Gesteine. Zu jener Classe gehören vor allem der Gneiss in seinen verschiedenen Abänderungen, sodann die Glimmerschiefer, Sericit- und Phyllitschiefer, gewisse quarzitische, amphibolitische Schiefer, die Granulite u. a. m. Es hat bei diesen Gesteinen der archäischen For-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mationen keineswegs an den mächtigen mechanischen Einwirkungen des Horizontal- oder Seitenschubes gefehlt, welche wir in ihren Aeusserungen am Thonschiefer etc. kennen gelernt haben. Im Gegentheil zeigen auch jene archäischen Schiefer Aufrichtungen, Verbiegungen und Faltungen in ähnlicher Weise wie die Thonschiefer; manchmal beobachtet man an ihnen sogar bis ins Einzelne gehende enge Faltungen (z. B. am sächsischen Granulit und Gneiss), die auf ein sehr unerwartetes Maass von Biegungsfähigkeit, starken und lange andauernden Druckkräften gegenüber schliessen lassen. Hierbei bleibt jedoch meistens die Wirkung der Druckkräfte stehen, und jene bis in die kleinsten Massentheilchen reichende Verschiebung und Anordnung, wie sie bei der eigentlichen Transversalschieferung anzunehmen, ist meist nicht erreicht worden. Die bei den archäischen »Schiefern« vorhandene »Schieferung« oder Spaltbarkeit (Foliation, Lamination) ist daher meist der Schichtung, dem Gesteinswechsel parallel, durch Schichtung und Gesteinswechsel bedingt, eine ursprüngliche Schieferung, ähnlich der mancher Sandsteine und Kalksteine. Der Umstand dass bei diesem Gesteinswechsel die lamellaren Mineralien der Glimmergruppe so gewöhnlich betheiligt sind, trägt wesentlich mit zur Erhöhung dieser blätterigen Spaltbarkeit bei.

Ganz fehlt indess die Transversalschieferung bei den archäischen oder »krystallinischen« Schiefern nicht. Aus verschiedenen Gegenden werden Beispiele erwähnt, wo derartige Gesteine quer zur Schichtung nach Flächen spalten, welche, wenn auch nicht gerade eine vollkommene Transversalschieferung, doch eine dieser verwandte Plattung oder Ablösung darstellen.

Wenn wir nach dem Grund fragen, warum bei den krystallinischen Schiefern die Transversalschieferung meist nicht zu Stande gekommen ist, so liegt es nahe denselben eben in der krystallinischen, resp. phanerokrystallinischen Beschaffenheit dieser Gesteine zu suchen, eine Beschaffenheit, die sich nicht auf einzelne der das Gestein constituirenden Mineralien beschränkt, sondern alle betrifft. Einzelne krystallisirte Mineralkörper in einer amorphen, nachgiebigen Masse (man denke an die Experimente, bei denen Krystalle in Thon eingeknetet wurden) würden das Entstehen der Transversalschieferung nicht verhindern, in ihrem Innern von derselben gar nicht betroffen werden und nur ihre Lage derselben accommodiren; anders, wenn das Gestein durch und durch krystal-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

linisch ist und so jedes Massentheilchen einem oder dem andern krystallisirten Mineralkörper angehört und durch sehr bestimmte, durch die Krystallisation bedingte Cohäsionsverhältnisse an seinem Platz erhalten wird; es wird sich hieraus eine so bedeutende Summe von Widerständen gegen Verschiebung ergeben, dass es schon besonderer Umstände bedürfen wird, um den Zustand engerer Faltung zu erreichen, der doch immer noch ein geringeres Maass von Verschiebung aller Theilchen im Innern des Gesteines bedingt als Transversalschieferung.

Selbstverständlich können wir dann bei diesen krystallinischen Schiefersystemen noch weniger als bei den Thonschiefersystemen einen Zustand von Weichheit oder förmlicher Plasticität für die Zeit der Beanspruchung durch den Seitendruck annehmen. Schieferung hätte dann Regel werden müssen, während sie in Wirklichkeit als Ausnahme und dann auch gewöhnlich minder ausgebildet als bei den Thonschiefern auftritt. (19)

Die krystallinischen Schiefergesteine werden öfters auch als metamorphischer Natur, hervorgegangen aus der Umwandlung klastischer Sedimentgesteine betrachtet und speciell als »metamorphische Schiefer« bezeichnet. Ein derartiger Metamorphismus auf rein mechanischem Wege — in der Art also, dass durch den Seitendruck oder infolge von chemischen, aus dem Seitendruck abgeleiteten Wirkungen, die klastischen Sedimente in krystallinische Gesteine übergegangen wären — ist ausgeschlossen, weil auch in diesem Falle Transversalstructur oder Schieferung, Anordnung der krystallinischen, namentlich der lamellaren Bestandtheile normal zur Druckrichtung zu erwarten wäre; ein solcher Metamorphismus könnte nämlich deswegen in Frage kommen, weil thatsächlich einzelne chemische Wirkungen und Umwandlungen als Folgen (Umsetzungen) mechanischer Arbeit des Seitendruckes beobachtet worden sind. Anders, wenn man den Metamorphismus, so wie es z. B. besonders die amerikanischen Geologen wollen, in grosser Tiefe an durch säculare Bewegungen gesenkten Sedimenten sich vollziehen lässt und annimmt, dass erst die fertig krystallinisch umgewandelten Straten infolge weiterer Bewegungen die Wirkung des Seitendruckes erfuhren.

Die Entscheidung, ob die Parallelstructur der krystallinischen Schiefer Schichtung oder Schieferung, ist übrigens in manchen Fällen nicht so einfach, als es nach dem Obigen scheinen könnte.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Namentlich machen die krystallinischen Schiefer der alpinen Central-Massive in dieser Beziehung Schwierigkeiten. (20)

Die Entscheidung wird da unbedenklich zu Gunsten ursprünglicher Schichtung ausfallen, wo die Straten der krystallinischen Schiefer in ähnlicher Weise, wie wir dies für die Thonschiefer beschrieben, deutliche Umbiegungen und Falten, Sättel, Mulden erkennen lassen und die Parallelstructur oder Spaltungsflächen des Gesteins stets conform mit jenen verlaufen; anders aber, wo weit und breit keine solche Falten etc. sind, und wo dieselbe Orientirung, dasselbe Streichen und (meist steile) Fallen die Straten der krystallinischen Schiefer beherrscht und ganz ebenso auch die Parallelstructur verläuft: hier können allerdings Zweifel entstehen, ob nicht die ganze Masse einem grossartigen Seitendruck ausgesetzt gewesen, der jene Structur im Ganzen und Einzelnen erzeugt habe; so oder doch ähnlich verhält es sich aber bei den alpinen Central-Massiven.

Durch die Schichtung bedingte Spaltbarkeit oder Schieferung; Erklärung derselben.

Wir hatten schon Gelegenheit darauf hinzuweisen, dass bei manchen Gesteinen, wie Sandsteinen, Kalkschiefern, Mergeln u. a. eine Spaltbarkeit conform oder parallel mit der Schichtungsrichtung vorliegt, welche eben durch den Schichtungsvorgang bedingt ist, aber mit spätern Druckwirkungen nichts zu thun hat und also auch nicht als transversale Schieferung bezeichnet werden kann, dagegen ursprüngliche Schieferung genannt werden könnte. Dieselbe wird ausserordentlich häufig bedingt oder befördert durch sehr dünne, aus lamellaren Mineralien, besonders Glimmer bestehende Zwischenlagen, so bei vielen Sandsteinen und Sandsteinschiefern, oder durch äusserst dünne, manchmal nur hautartige, thonige oder mergelige Zwischenlagen, wie bei manchen Kalksteinen. In je kürzeren Zwischenräumen sich solche Lagen wiederholen, um so vollkommener wird diese Spaltbarkeit ausfallen. Dieselbe steht so mit dem Vorgang der Schichtung in innigstem Zusammenhang, ist eine directe Folge desselben, und rührt aus der Zeit der Entstehung dieser Gesteine her.

Die Gesteine, welche diese Art von Spaltbarkeit oder Schieferung besitzen, sind äusserst verbreitet; sie kommen besonders in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den Formationen jüngern und mittlern Alters vor, sind aber keineswegs auf diese beschränkt, sondern können auch den alten Formationen angehören. Ja gerade bei den Gesteinen der ältesten, archäischen Schieferformationen tritt eigentlich ganz dieselbe Art von Spaltbarkeit oder Schieferung wieder als vorherrschend vor der transversalen auf, wie wir oben bei der Beschreibung der Parallelstructur der krystallinischen Schiefergesteine sahen, indem diese Parallelstructur meistens auch conform der Schichtung verläuft und aus der Zeit der Entstehung dieser Gesteine herrührt. — Auch bei den Thonschiefern, bei welchen Transversalschieferung vorherrschend ist, kann ausnahmsweise einmal Parallelstructur nach der Schichtung soweit erhalten sein, dass danach gespalten werden kann.

Wenn jüngere Sandsteine, Kalkschiefer, Schieferthone etc., wie dies ganz gewöhnlich ist, nur nach der Schichtung und nicht transversal spalten, so liegt dies eben einfach daran, dass sie keinem starken Seitendruck ausgesetzt waren. Wo aber letzteres der Fall war (alpine Systeme z. B.), da zeigen sie auch Transversalschieferung, die ebenso stark ausgebildet sein kann, wie bei den ältern Thonschiefersystemen.

Wir bemerkten, dass die Schieferung in der Schichtungsrichtung durch den Gesteinswechsel, namentlich durch Glimmer- und feine Mergel-Zwischenlagen sehr befördert wird. Man kann nicht sagen, dass sie hierdurch nothwendig bedingt würde. Auch diese, mit der Schichtung Hand in Hand gehende Schieferung ist nämlich bis zu einem gewissen Grade eine Druckerscheinung, so gut wie die Transversalschieferung. Bei dem Vorgang der Schichtung muss sich für irgend einen Horizontalschnitt das Gewicht aller aufwärts folgenden jüngeren Schichten als Druck äussern, der so lange wirkliche Compression, also kleine Bewegungen und ausweichende Verschiebungen in den sedimentirten Massentheilchen ausüben, mechanische Arbeit leisten kann, als noch nicht das Gleichgewicht zwischen ihm und der völlig comprimirten und erhärteten, resp. krystallinisch erstarrten Masse hergestellt ist. Infolge dieses mechanischen Vorganges wird sich eine schiefrige Structur in ganz analoger Weise herausbilden, wie wir dies bei der theoretischen Erklärung der Transversalschieferung fanden. Ist dieser Vorgang schnell beendigt, wie dies z. B. bei verhältnissmässig rasch krystallinisch erstarrenden Kalksteinen der Fall sein

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wird, so kann schiefrige Structur weit weniger zur Ausbildung gelangen, als wenn er eine Zeit lang andauert. Ein Beispiel für das letztere geben uns die bituminösen Liasschiefer von Schwaben und Franken; dieselben bieten einerseits sehr deutliche Anzeichen einer successiven Compression — plattgedrückte Ammoniten — welche übrigens ohne weiteres aus der Natur dieses Sedimentes erschlossen werden kann, andererseits zeigen sie sich in der Richtung der Schichtung thatsächlich sehr schiefrig. (21)

Dafür dass die Spaltbarkeit in der Schieferungsrichtung nicht nur durch eingelagerte Glimmerlamellen etc. zu Stande kommt, sondern mehr noch als Druckerscheinung aufzufassen ist, spricht auch das Verhalten solcher Sandsteinbänke, welche die bei Sandsteinen so häufig vorkommende sog. »discordante Parallelstructur« oder kürzer »Diagonalschichtung« besitzen. Solche Sandsteinbänke pflegen nicht nach der diagonalen Richtung zu spalten, in welcher doch zahlreiche glimmerreiche Lagen verlaufen; letztere bewirken meist nur ein oberflächliches, bis zu geringer Tiefe gehendes Ablösen oder Abspringen, im Uebrigen aber spaltet die Bank conform der Schichtung, und nur deswegen können solche Bänke zu Werkstücken verarbeitet werden.

Transversalschieferung bei Gesteinen von grösserer Festigkeit und Starrheit.

Dass auch bei solchen Gesteinen, welche an Festigkeit und Starrheit die vollkommen schieferbaren, z. B. den Thonschiefer, erheblich übertreffen, nicht selten eine Parallelstructur hervortritt, welche entweder geradezu als Transversalschieferung bezeichnet werden kann, oder derselben doch sehr nahe steht, hatten wir schon mehrfach Gelegenheit zu bemerken.

Wir denken hier zunächst an den so häufig sich wiederholenden Fall, wo, etwa in einem azoischen oder paläozoischen von Transversalschieferung beherrschten Schiefergebirge die in den weicheren Materialien vollkommen ausgebildete Schieferung in weniger vollkommener Weise auch in den härteren zu finden ist. Zu den letzteren gehören quarzitische Schiefer, sandige und Grauwackenschiefer, Sandstein resp. Grauwacken, auch wohl Kalksteine. Die der Schieferung entsprechende Parallelstructur solcher Gesteine gibt sich indess viel-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

fach mehr durch parallele Trennungsfugen, durch eine Art von Klüftung zu erkennen, als durch eine wirkliche, deutliche Spaltbarkeit in dieser Richtung, wenn schon letztere nicht ausgeschlossen ist. In den Cohäsionsverhältnissen der genannten Gesteine erscheint es auch ganz begründet, dass bei ihnen die im Wesen der Schieferung liegende Lockerung des Zusammenhanges oder Schwächung der Cohäsion in der Druckrichtung sich nicht schon zwischen unendlich dünnen Lagen, sondern erst zwischen stärkeren Parallelmassen oder Platten zeigt. Jene Trennungsfugen brauchen dabei nicht schon beim Vorgange der Schieferung selbst entstanden zu sein, — so wenig wie die in der Schieferungsrichtung verlaufenden, im Gebirge wirklich schon vorhandenen Ablösungen beim Thonschiefer, — sondern mögen bei irgend welchen späteren, mechanischen Einwirkungen auf die gesammte Gesteinsmasse, besonders vielleicht bei Erschütterungen des betreffenden Theiles der äussern Erdkruste entstanden sein. (22)

Durch die genannten Trennungsfugen oder Ablösungen kann mitunter ein Ansehen von bankförmiger Schichtung hervorgerufen werden, welches dann besonders zu Täuschungen Anlass geben kann, wenn die wirklichen Schichtungsfugen durch den Vorgang der Schieferung mehr oder weniger verwischt worden sind. (23)

Als besonders merkwürdig verdienen noch solche Fälle näher betrachtet zu werden, wo sich Transversalschieferung in völlig krystallinischen Gesteinen zeigt. Hierher gehört das Auftreten derselben im Kalkstein, worüber wir namentlich Sorby sehr eingehende Beobachtungen und Untersuchungen verdanken. (24)

Wir wollen hier die in der angegebenen Literatur (Anm. 24) ausführlicher beschriebenen, sehr interessanten Erscheinungen an den geschieferten Kalksteinen nicht im Einzelnen vorführen, sondern Alles zusammenfassend nur bemerken, dass diese Gesteine eine auffallende Streckung in der Schieferungsrichtung zeigen, welche namentlich an den eingeschlossenen Versteinerungen, z. B. Crinoideen-Gliedern hervortritt, aber selbst die krystallinischen Partikel, ja rhomboëdrisch gestaltete Individuen derselben afficirt. Mit grosser Deutlichkeit macht sich demnach hier ein Ausweichen der Partikel, oder der Moleküle, aus der Richtung des Druckes und ein Ansammeln derselben in der Richtung der Schieferung, quer zum Druck geltend. Sorby zeigte wie hierbei die Umsetzung des Druckes, bezw. der durch den Druck geleisteten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Arbeit in chemische Thätigkeit eine wesentliche Rolle spielt: in der Druckrichtung lösen sich die Partikel des Calciumcarbonates unter Vermittelung von kohlensäurehaltigem Wasser oder Feuchtigkeit und setzen sich in der andern Richtung wieder an. Dies zeigte sich beispielsweise sehr schön an einer aus Crinoideengliedern bestehenden dünnen Kalklage, die zwischen stark geschieferter Masse eingelagert eng gefaltet war, und zwar so, dass die Kalksubstanz sich an den Umbiegungsstellen der Falten angehäuft hatte; die einzelnen Crinoideenglieder waren in der Druckrichtung in einander gepresst, und die dadurch entfernte Substanz derselben in der Richtung quer dazu an den Rändern wieder ankrystallisirt. Andrerseits zeigten sich aber auch in den von Sorby untersuchten Kalksteinen kleine Zerbrechungen als mitwirkend bei den Verschiebungen. Was in Bezug auf das Letztere und auf die relativ leichte Löslichkeit unter starkem Druck für den kohlensauren Kalk gilt und die Verbiegungen und Schieferung des Kalksteins verständlich macht, muss nun natürlich keineswegs in demselben Maasse für alle möglichen anderen krystallinischen Gesteine gelten. (25)

Der andre der zu betrachtenden Fälle, wo Transversalschieferung oder doch eine dieser sehr verwandte Parallelstructur in durchaus krystallinischem Gestein erscheint, bezieht sich auf krystallinische Massengesteine und ist besonders vom Granit schon lange bekannt. Es kommt nämlich öfters vor, dass dieses Gestein nach ganz bestimmten Richtungen merklich leichter zu spalten ist als nach allen andern, ein Verhalten, welches von den Arbeitern praktisch benutzt und mit besondern Namen bezeichnet wird. Es wird dies von Graniten der verschiedensten Gegenden berichtet. (26)

Diese Erscheinung beim Granit lässt sich durchaus mit der Transversalschieferung vergleichen, insofern sie eben keine Klüftung, sondern eine von jedem Punkte aus zu verwirklichende Spaltbarkeit darstellt, und ein Minimum von Cohäsion, eine Spannung in der dazu normalen Richtung voraussetzt. Es fragt sich nun, ob wir diese Art von Transversalschieferung als Druckerscheinung oder genauer als Folge eines äussern Druckes auffassen dürfen, so wie bei den eigentlichen Schiefergesteinen; es könnte dann durchaus dieselbe theoretische Erklärung gegeben werden, wie oben bei der mechanischen Theorie der Schieferung.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das Bedenken, diese Erklärung zu geben, ist begründet durch die so durchaus krystallinische Structur des Granites bis in die kleinsten Theile; gerade diese krystallinische Structur liess uns bei Gesteinen wie Gneiss, Glimmerschiefer u. s. w. das so häufige Fehlen der Transversalschieferung begreiflich erscheinen. Man könnte hier freilich einwenden, dass bei letztern Gesteinen die planparallele oder lineare Gestalt und Anordnung der constituirenden Bestandtheile darauf hinwirkt, dass sich der äussere Druck zunächst in Biegungen und Faltungen erschöpft und dann erst, wenn er nur lange genug und intensiv genug fortwirkt, Transversalschieferung erzeugen würde, welche ja auch thatsächlich bei diesen Gesteinen nicht durchaus fehlt; und ferner, dass der Granit infolge seiner gleichmässig körnigen Beschaffenheit nicht gebogen und gefaltet werden kann, und auch nicht unter Vermittelung chemischer Thätigkeit, nach Art des Kalksteins, Streckung seiner Bestandtheile erfahren kann, und dass eben deshalb bei diesem Gesteine die Wirkung des äussern Druckes, immer als intensiv genug vorausgesetzt, alsbald in derjenigen mechanischen Form im Innern des Gesteines erscheinen werde, welche eine Spannung, in der früher mehr erwähnten Art hinterlässt.

Man hat aber die genannte Erscheinung beim Granit auch aus einer andern Ursache zu erklären gesucht, nämlich aus den Erstarrungsverhältnissen des sich verfestigenden Gesteines. Sie wäre dann analog zu beurtheilen wie die bei vielen Eruptivgesteinen bekanntlich gar nicht selten vorkommende Parallelstructur, welche sich meist als Parallelklüftung, manchmal in recht dünne Platten, darstellt, und unzweifelhaft mit dem Vorgang des Erstarrens der anfänglich im Schmelzfluss befindlichen Masse zusammenhängt; nur dass hier eine wirklich vollzogene, dort eine latente Klüftung vorliegt. Indess läuft auch diese Erklärung darauf hinaus, dass ein Zustand von Spannung infolge einer inneren mechanischen Arbeit erscheint, nur dass letztere aus einer andern Quelle abgeleitet wird; und in sofern dürften beide Erklärungen zulässig sein. Der zweiten Erklärung wird man dann den Vorzug geben, wenn sich weit und breit keine sonstigen Wirkungen mächtigen Druckes, des Horizontalschubes nämlich, in aufgerichteten Schichtensystemen u. s. w. zu erkennen geben. (27)

Beim Granit nicht nur, sondern auch bei Eruptivgesteinen verschiedenster Art kann eine Richtung geringerer Cohäsion während

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

des noch weichen Zustandes durch den eigenen Druck ganz so zu Stande gekommen sein, wie dies bei manchen Sedimentgesteinen während des noch nicht erhärteten Zustandes des Sedimentes erfolgt ist, was wir weiter oben etwas näher ausführten (ursprüngliche Schieferung). Besonders bei horizontaler Lage der Richtung geringerer Cohäsion wird hieran zu denken sein, sowie überhaupt, wenn die Eruptivmasse ein concordantes Zwischenlager in einem System von Sedimentmassen bildet und jene Richtung der Schichtungsrichtung parallel ist.

Verstärkt wird diese Art von Parallelstructur bei den Eruptivmassen noch durch das Fliessen oder über einander weg Gleiten der Theilchen bei der seitlichen Ausbreitung der flüssigen Masse; dazu kommt ferner noch, dass die successive über einander sich lagernden, flüssigen Schichten nicht selten in ihrer chemisch-mineralogischen Constitution differenzirt sind, was natürlich auch auf Verminderung der Cohäsion in derselben Richtung, zwischen den einzelnen Lagen hinwirken wird. — Aehnliches kann ja auch bei künstlich hergestellten Massen, welche den Prozess des Ausgiessens und Fliessens durchgemacht haben, vorkommen. (28)

Parallelklüftung, ihr Verhältniss zur Schieferung.

Die letzten Betrachtungen haben uns schon mehrfach auf den Zusammenhang und die Verwandtschaft der Schieferung mit einer andern Erscheinung hingeführt, welche dieselbe allgemeine Verbreitung in den Gebirgskörpern besitzt als jene, nämlich der parallelen Zerklüftung oder Klüftung schlechthin (joints; jointing). Auch die Klüftung ist, wie die Schieferung, eine Art von Parallelstructur der Gesteine, bedingt durch Flächen geringsten Zusammenhanges. Wir können jedoch Folgendes als unterscheidendes Moment für beide Erscheinungen hinstellen: während bei der Schieferung die Trennung normal zur Richtung der geringsten Cohäsion im Allgemeinen noch nicht erfolgt ist, dagegen von jedem Punkte aus leicht bewerkstelligt werden kann, liegt die Trennung bei der Klüftung bereits vollendet vor, und beschränkt sich auf ein System von parallelen Trennungsflächen, welche in kürzern oder längern, meist ziemlich gleich grossen Intervallen folgen; wobei die so gebildeten Platten nicht nothwendig in derselben Richtung weiter spaltbar sein müssen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die Klüftung kann nach vorstehender Definition auch in der Richtung der Schieferung liegen; dies geschieht besonders in jenem Fall, wo in einer transversal geschieferten Gebirgsmasse härtere und weichere Schichten wechseln, und die Parallelstructur in letztern als Schieferung, in ersteren mehr als Klüftung ausgebildet ist. — Wenn wir dem Begriff der Klüftung eine möglichst weite Fassung geben wollen, könnten wir derselben auch die in vollkommen geschieferten Massen, wie Thonschiefer, in der Schieferungsrichtung factisch schon vorhandenen Trennungsfugen zurechnen, sowie andrerseits auch die Schichtfugen.

Im Allgemeinen erscheint aber die Klüftung der Richtung nach unabhängig von Schieferung und Schichtung. Sie trägt in Verbindung mit den beiden letzten wesentlich dazu bei, die Gesteinskörper in parallelepipedische oder polyedrische Theile von grösserem oder kleinerem Volumen zu zerlegen.

Charakteristisch ist für die Klüftung der Parallelismus ihrer Flächen oft auf grössere Erstreckung und über grössere Massen hin, sie gleicht hierin der Schieferung, die in dieser Beziehung jedoch meist noch grössere Constanz zeigt. Ferner ist für die Klüftung die schon erwähnte ziemlich gleiche Stärke der Theilplatten charakteristisch, welche wenigstens sehr häufig beobachtet wird; je nach dem Gestein können diese Platten recht dünn werden. Weit allgemeiner jedoch als bei der Schieferung ist bei der Klüftung das Verhalten, dass sie nach mehr als einer Richtung das Gestein durchsetzt, m. a. W. dass verschiedene Klüftungssysteme zur Ausbildung gekommen sind.

Wie die Schieferung tritt die Klüftung an den verschiedensten Gesteinen auf; allein sie zeigt sich in ihrem Ausbildungsgrade oder ihrer Vollkommenheit (wenn wir dieselbe hauptsächlich nach der Schärfe und Ebenheit der Trennungsflächen, weniger nach ihrer Anzahl in einer gewissen Breite beurtheilen) viel weniger als die Schieferung abhängig von der physikalisch-mineralogischen Natur der Gesteine, und weniger veränderlich als jene; sie kommt bei Sediment- wie Eruptivgesteinen, bei fein- und grobgemischten weichern und härteren Gesteinen vor.

Schieferung und Klüftung schliessen sich gegenseitig nicht aus; völlig geschieferte Thonschiefer können ausserdem, und dies ist sogar gewöhnlich, noch von einem oder mehreren Systemen von Klüften nach ganz andern Richtungen wie die Schieferung durchsetzt sein.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bemerkenswerth ist die Schärfe und Ebenheit, mit welcher die Flächen der Klüftungssysteme in so vielen Fällen das Gestein, und zwar sowohl weichere als härtere Gesteine, durchschneiden; gerade in den aufgerichteten Schiefersystemen der ältern Formationen fällt dies oft sehr auf; es geht so weit, dass selbst Gerölle in Conglomeraten von Kluftflächen entzwei geschnitten werden. Immerhin können, wie selbstverständlich, Unterschiede in der Ausbildung der Klüftung stattfinden.

Bei aller Ebenheit sind die Flächen der Klüfte vielfach nicht glatt, sondern matt, zum Anzeichen, dass keine Bewegungen und Verschiebungen längs dieser Flächen stattgefunden haben, solche müssten Glätte und Streifen bewirkt haben, wie sie bei den sog. Rutschflächen oder Harnischen stets vorkommen; in diesem Falle bedeuten also die Flächen der Klüftung nichts weiter als Aufhebung des Zusammenhanges. In andern Fällen können aber auch längs der Klüfte oder längs einzelner, nach Aufhebung des Zusammenhanges später noch einmalige oder wiederholte Verschiebungen stattgefunden haben, was sich an der Beschaffenheit der Flächen selbst, an verschobenen Theilen von mineralischen Einschlüssen oder Versteinerungen u. s. f. erkennen lassen wird.

Im Vorstehenden haben wir die am meisten in die Augen fallenden Merkmale der Klüftung angegeben. Wir können nun an dieser Stelle, wo wir die Klüftung nur anhangweise bei der Schieferung erwähnen, auf keine ausführlichere Darlegung aller Verhältnisse eingehen, welche bei dieser in den Gesteinen so verbreiteten Erscheinung in Betracht kommen, und mit alle dem, was sich zur Erklärung anführen liesse, ein besonderes Thema für sich bilden würden. Eine solche ausführlichere Darstellung würde nicht nur die in planparalleler Anordnung erfolgte Klüftung sondern die Zerklüftung überhaupt zu berücksichtigen haben, welche ja vielfach in sehr unregelmässiger Weise erfolgt ist und sehr verschiedenartigen Urprungs sein kann. (Contraction beim Erstarren aus dem Schmelzfluss bei Eruptivgesteinen; Schrumpfen bei der Verfestigung mancher Sedimente; mechanische Beanspruchung mit Ueberschreitung der Cohäsion, auf die mannigfachste Art.) Schon die uns hier zunächst interessirende Parallelklüftung, welche eine besondere Art der Zerklüftung überhaupt darstellt, kann in verschiedenen Fällen und bei verschiedenen Gesteinen auf verschiedenen Ursprung zurückgeführt werden und ist

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

nach ihrem Entstehen und Auftreten schwieriger zu beurtheilen als die Schieferung.

Sehen wir nun ab von derjenigen Art von Parallelklüftung, welche sich, wie bei den Eruptivgesteinen, auf Erstarrungsvorgänge zurückführen lässt, so erübrigt noch Einiges zur Erklärung der durch mechanische Beanspruchung grösserer Gesteinskörper zu Stande gekommenen Parallelklüftung zu sagen.

Wir hätten hier zunächst nochmals an denjenigen Fall zu erinnern, wo die Parallelklüftung nur als eine besondere, an gewissen festeren oder mehr krystallinischen Gesteinen haftenden Ausbildungsart der Schieferung erscheint, welche weiterhin in gewöhnliche vollkommenere Schieferung übergehen kann; dieser Fall ist weiter oben schon erörtert worden. Wir suchten ihn so zu erklären, dass in den betreffenden Gesteinen, infolge ihrer besonderen Cohäsionsverhältnisse, die infolge des Druckes angestrebte seitliche, ausweichende Bewegung erschwert ist, in der Art, dass das Gestein derselben nicht in unendlich dünnen Lagen, sondern erst in stärkeren Schichten von Strecke zu Strecke folgen kann; unter Umständen wird gar kein wirkliches Ausweichen erfolgen, wohl aber infolge des Druckes eine Spannung in der Richtung desselben zwischen den kleinsten Massentheilchen im Gestein vorhanden sein, welche, wenn noch eine andere Wirkung, z. B. biegende Kräfte, oder eine Erschütterung des betreffenden Gebirgstheiles dazukommt, Aufhebung des Zusammenhanges in Form von Klüftung herbeiführen wird.

Eine derartige Erklärung dürfte nun auch für manche der zahlreichen Fälle gültig sein, wo durch mechanische Wirkung erzeugte Parallelklüftung ganz unabhängig von Schieferung ist, in andern Richtungen als diese verläuft, oder ganz ohne solche auftritt, überhaupt als selbständige Erscheinung dasteht.

Wird in der angegebenen Weise der Zusammenhang beim Eintritt der Klüftung aufgehoben, so brauchen längs der Kluftflächen keine merklichen Verschiebungen stattzufinden, doch können die Kluftflächen, oder einzelne derselben bei Gelegenheit späterer Bewegungen die gegenseitigen Verschiebungen der Gebirgstheile und Gesteinsmassen erleichtern.

Wir wollen indess nicht behaupten, dass die angegebene Erklärung, welche Klüftung in ähnlicher Weise entstehen lässt wie Schieferung, für alle Fälle von Parallelklüftung ausreichend oder

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gültig sei. Nehmen wir z. B. den sehr gewöhnlichen Fall, wo transversal geschieferte Thonschiefermassen nach einer oder mehreren Richtungen von Parallelklüften durchsetzt werden; um auch diesen Fall in der angegebenen Weise zu erklären, müsste angenommen werden, dass die Cohäsionsverhältnisse solcher Massen durch die Entwicklung der schieferigen Structur soweit geändert wären, dass sie sich späteren Druckkräften gegenüber so verhielten, wie Gesteine von grösserer Festigkeit oder mehr krystallinischer Beschaffenheit von vorn herein; eine Annahme, die ihre Bedenken hat. (Es lässt sich dagegen anführen, dass manche der Schieferung überhaupt fähige Gesteine nach zwei Richtungen schiefrig geworden sind, sowie auch, dass in manchen Fällen sehr wahrscheinlich eine ursprüngliche Schieferungsrichtung infolge anders gerichteten Seitendruckes einer andern, zweiten Schieferungsrichtung ganz gewichen ist.)

Ebenso dürfte die schon angeführte grosse Regelmässigkeit und Ebenheit der Kluftflächen, welche sie beim Durchsetzen durch verschiedenartiges Gesteinsmaterial, selbst durch Conglomerate, so oft besitzen, auf eine besondere Entstehungsweise deuten, welche von der der Schieferung abweicht; ist doch letztere in ihrer Ausbildung von dem Gesteinsmateriale durchaus abhängig.

Der erwähnten Eigenschaft der Kluftflächen entspricht besser die Vorstellung von einer plötzlichen Entstehung, resp. einem plötzlichen Aufreissen derselben durch eine grössere Gesteinsmasse hindurch; diese muss gleichzeitig in ihrer Gesammtheit von ein und derselben mechanischen Kraftäusserung ergriffen und von derselben in allen ihren Theilen bis zur Ueberschreitung der Elasticitätsgrenze angespannt sein, damit eine solche plötzliche Aufhebung des Zusammenhanges, wie sie obige Vorstellung von der Klüftung involvirt, zu Stande kommen könne. Dass diese plötzliche Aufhebung des Zusammenhanges Parallelklüftung erzeugt, in solcher ihren Ausdruck findet, muss eben in der Natur, in den Cohäsionseigenschaften der Gesteine überhaupt, rasch wirkenden Kräften gegenüber begründet sein; solchen Kräften gegenüber werden sich Gesteine im Allgemeinen als spröde Körper verhalten. (Vergl. das unten über die Daubrée'schen Versuche Angeführte.)

Es könnte hier allerdings noch die Frage aufgeworfen werden, ob überhaupt grössere Massen der äussern Erdkruste, welche

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

doch niemals ein einheitliches oder homogenes Ganze darstellen, in erwähnter Weise gleichzeitig von derselben Kraftäusserung ergriffen werden können. Da jedoch diese Frage nicht leicht direct in positivem oder negativem Sinne zu beantworten ist, könnte man eher dahin neigen, die Klüftung als Anzeichen in positivem Sinne zu nehmen. Offenbar war vor Eintritt derselben eine weit grössere Geschlossenheit und Compactheit des betreffenden Gebirgstheiles vorhanden als nachher, und konnte entsprechend eine grössere Masse gleichzeitig von derselben Kraft ergriffen werden. Als weiteres Anzeichen in positivem Sinne kann das rasche Aufreissen von Spalten (sehr gewöhnlich in paralleler Richtung) angeführt werden, welches bei Erderschütterungen vorkommt. Die von Vielen getheilte Auffassung der letzteren als Folge der Auslösung von starken Spannungen, in welchen grössere Partieen der Erdkruste sich gegen einander befinden, setzt ebenfalls voraus, dass sich in solchen grösseren Partieen gleichzeitig dieselbe Kraft äussern könne.

Was die Kräfte betrifft, als deren unmittelbares Resultat die Parallelklüftung erscheint, so müssen wir hier noch darauf hinweisen, dass wir nicht nothwendig die Vorstellung von Seitendruck festhalten müssen, wie bei der Schieferung. Ohne Zweifel können aus den mannigfachen Zerlegungen des Horizontaldruckes in den Schichtenmassen sich auch solche Combinationen ergeben, dass einzelne Partieen auf Zug, auf relative, auf Torsions-Festigkeit in Anspruch genommen werden. (29)

Sehr bemerkenswerth sind in dieser Beziehung die Experimente von Daubrée, mit deren kurzer Besprechung wir unsere Betrachtungen schliessen wollen. Daubrée suchte Zerklüftung künstlich hervorzurufen und benutzte zu diesem Ende Spiegelglas-Platten, in Gestalt eines Rechtecks, welche mit einer Seite eingespannt waren und an der entgegengesetzten gedreht, also auf Torsion in Anspruch genommen wurden. Das Resultat waren Parallelsprünge, welche sich in zwei, unter verschiedenen Winkeln sich schneidenden Richtungen oder Systemen gruppirten. Verschiedene, dabei noch hervortretende Besonderheiten und Unregelmässigkeiten übergehen wir hier. (30)

Die Analogie der künstlich hervorgerufenen Sprungsysteme mit den natürlich vorkommenden, ebenfalls sehr häufig in zwei Systemen angeordneten Parallelklüften ist nicht zu verkennen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und Daubrée verfehlt nicht, dieselbe hervorzuheben und eingehend zu discutiren. Gegen eine zu weit gehende Uebertragung der künstlich erhaltenen Resultate auf die Verhältnisse in der Natur spricht namentlich der Umstand, dass mit einem einerseits sehr homogenen, andrerseits sehr spröden Körper experimentirt wurde, der sich in beiden Hinsichten von dem Gesteinsmaterial der äusseren Erdkruste entfernt. Wenn man auch also zugibt, dass das letztere in grössern Partieen von derselben plötzlich wirkenden Kraft erfasst werden kann, und sich dieser gegenüber im Allgemeinen als spröder Körper verhält, so wird immerhin die Wirkung hier sich unregelmässiger gestalten als beim Experiment.

Der Versuch Daubrée's scheint uns besonders nach folgenden Gesichtspunkten von Werth zu sein: 1. er macht auf die Torsion als mitwirkenden Factor bei den möglichen Beanspruchungen der Gesteinsmasse aufmerksam; 2. er zeigt, dass durch ein und dieselbe Kraftwirkung gleichzeitig Aufhebung des Zusammenhanges nach mehr als einer Richtung stattfinden kann; 3. er zeigt (was wir oben noch nicht anführten), dass diese Parallelsysteme anfänglich noch nicht vollständig in Form wirklicher Klüfte ausgebildet sein müssen. Viele dieser Parallelklüfte sind nämlich anfänglich noch gar nicht sichtbar, oder nur angedeutet, und kommen erst bei späterer Gelegenheit, durch Stoss etc. zum Vorschein. Letzteres Verhalten findet unzweifelhaft seine Wiederholung in der Natur, und so mögen auch viele Klüfte zunächst nur in der Anlage vorhanden gewesen und erst später durch Erschütterungen des betreffenden Gebirgstheiles zu wirklichen Klüften geworden sein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Bericht über die Senckenbergische naturforschende Gesellschaft

Jahr/Year: 1880

Band/Volume: 1880

Autor(en)/Author(s): Loretz Heinrich

Artikel/Article: Vorträge und Abhandlungen. Ueber Schieferung. 61-102