

Stauungsmetamorphose
an Walliser Anthracit und einige Folgerungen daraus.

Von
Albert Heim.

Im Frühjahr 1892 beging ich das Gebiet der Anthracitformation des Wallis zunächst in bergtechnischer Beziehung. Die Anthracitflötze zeigen bei vollständiger Kontinuität einen auffallenden, plötzlichen und hundertfältigen Wechsel in ihrer Mächtigkeit. Derselbe ist nicht ursprünglich, sondern steht mit der ganzen Gebirgsmechanik in Beziehung und ist bei der Gebirgsstauung entstanden. Schon Gerlach (27. Lieferung der „Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz“) bezeichnete ganz richtig diese Unregelmässigkeiten als gebirgsmechanischen Ursprungs, indem er bald von „Zerdrückung“, bald von „Zusammenhäufung“ spricht, und diese beiden Dinge als sich gegenseitig bedingend annimmt. Aus diesen Erscheinungen lassen sich allgemeinere, gebirgsmechanische Gesichtspunkte gewinnen.

I.

Durch das Wallis geht das Karbonsystem in zwei Zügen. Der nördlichere kommt aus der Mulde nördlich des Montblancmassives vom Chamounixthale her, streift über Salvan, wird vom Rhonethal bei Vernayaz durchquert und setzt sich östlich noch ein Stück weit fort, bis er unter der jüngeren Decke der Kalkformationen verschwindet. Der südliche Zug, im Wallis über 50 km lang, kommt mit SN-Streichen von südlich des Montblanc her, geht über den St. Bernhard, kreuzt das Bagnethal, biegt mehr und mehr gegen ENE um, und streicht nun am Südrande des Walliserthalbodens bis Turtmann hinauf. Die karbonischen Gesteine sind hier vorherrschend Thonschiefer, dann Sericitschiefer, Sericitquarzite, Quarzitschiefer, Sandsteine, Grauwacken aller Abänderungen, Arkosen und Konglomerate in vielfachem Wechsel. Die letzteren

sind im nördlichen Zuge viel reichlicher als im südlichen entwickelt. Untergeordnet erscheinen Dolomit, Kalkstein, Gips und Anthracit. Wie stets in den inneren Alpen, so sind auch hier diese Gesteine in Umbildung viel weiter vorgeschritten, als die entsprechenden Gesteine, wo sie nicht faltengebirgisch dislociert sind. Oft sind sie zu Glimmerschiefer, Sericitschiefer, Sericitgneiss geworden, die man nur durch ihre Einlagerung von krystallinen Schiefen trennen kann. Der ganze Komplex der Karbongesteine hat hier wenigstens 1500 m Mächtigkeit. Dazu kommt noch Doppelung durch muldenförmige Lagerung. Im nördlichen Zuge stehen die Schichten steil bis senkrecht, im südlichen fallen sie in der Regel mit 20 bis 60° gegen SE ein. Anthracitflötze sind im Wallis an weit über 100 Stellen anstehend entblösst gefunden, an etwa 15 Stellen zeitweise ausgebeutet worden. An zahlreichen Orten wurde die Ausbeute vergeblich versucht. Ueberall trat der Wechsel in der Mächtigkeit hindernd in den Weg, und meistens war die Ausbeute ein Raubbau, bloss auf den momentanen Vorteil, nicht auf eine regelmässige Rendite sich vorsehend. Eine gute Ausnahme hiervon bildet die Mine von Gröne (Calpini). Einzelne Anthracitflötze von bestimmtem Charakter und begleitet von bestimmten Gesteinen wiederholen sich in grossen Distanzen in gleicher Weise, so dass kein Zweifel darüber bestehen kann, dass die Flötze in ursprünglich grosser Regelmässigkeit zusammenhängend durch den ganzen Karbonzug streichen. Noch niemals hat ein Bergwerk oder eine Schürfstelle einen Ort abgedeckt, wo ein Anthracitflötz sich wirklich auskeilen würde. Der Anthracit ist auffallend gleichartig. Uebergänge von Anthracit in anthracitische Schiefer, Anthracite von 30 bis 60 oder noch mehr Prozent Aschengehalt sind kaum zu finden. Vielmehr setzt der reine Anthracit meistens scharf ab am einschliessenden Gestein. Der Aschengehalt schwankt zwischen 2 % bloss und 25 % höchstens, beträgt meistens 6 bis 12 %. Der Anthracit selbst hat nach Abzug der Asche 95 bis 98 %, meist 96 % Kohlenstoff; er steht also oft schon dem Graphit sehr nahe und ist z. Teil abfärbendes Graphitoid. In einem Querprofil durch den ganzen Karbonzug treffen wir 3 bis 4 stärkere und 6 bis 12 schwächere, im ganzen also 9 bis 16 verschiedene Flötze. Durch die Doppelung infolge muldenförmiger Lagerung ist es wahrscheinlich, dass dabei das gleiche Flötz je zweimal erscheint. Die Ge-

samtmächtigkeit der verschiedenen Flötze summiert schätze ich auf 4 bis 6 m im Mittel. Das stärkste Lager erreicht im Mittel keinen vollen Meter. Die Anthracitflötze machen hier etwa $\frac{1}{500}$ der ganzen Karbonbildung aus. Nach den Pflanzenfunden von Arignon und Col de Balme gehört die Bildung ins Mittelkarbon.

Brüche mit Verstellung der beiden Ränder, d. h. Verwerfungen, wie sie in manchen Regionen der Erdrinde so häufig sind, fehlen hier fast vollständig. Weder an der Aussenfläche des Gebirges, noch in irgend einer der Kohlengruben konnte ich eine solche finden. Wenn sie vorkommen, sind sie jedenfalls eine seltene Ausnahme von ganz untergeordneter Bedeutung.

Verfolgt man ein Anthracitflötz durch Bergbau, so zeigt sich bald, dass es rasch, bald allmählich, oft ruckweise in seiner Mächtigkeit zusammenschwindet; glänzende Rutschflächen stellen sich in Menge teils innerhalb des Flötzes, besonders an seinen Begrenzungsflächen ein; bald hat das Flötz keine messbare Dicke mehr, aber die Spur der Schicht in Form anthracitischer oder graphitischer Rutschflächen bleibt stets sichtbar. Mit einiger Aufmerksamkeit kann man ohne Schwierigkeit der Flötzspur folgen. Oft schon nach wenigen Metern, oft erst nach 30, 40 und mehr Metern öffnet sich die Schichtfuge wieder, und wir gelangen fast plötzlich in eine Anschwellung des Flötzes hinein, wo der Anthracit schön gleichförmig auf 2, 3, 4 oder gar bis auf 6 m Mächtigkeit anschwillt. Diese Anschwellungen nennt man im Wallis „poches“, „Taschen“, das Flötz selbst, ob erhalten oder fast zerdrückt, wird fälschlich „filon“ (Ader statt Schicht oder Flötz) genannt. Die Anschwellung hält im Streichen und Fallen ein Stück weit an. In günstigen Fällen geschieht dies auf 10 bis 20 m, selten weiter. Dann hört sie wieder so unvermittelt auf, wie sie erschienen ist. Auch in den ergiebigsten Minen wie Chandoline, Collonges, Gröne kommt es vor, dass die besten Flötze streckenweise fast auf nichts verquetscht sind. An einigen Orten zählt man in einem streichenden Stollen auf 200 m Länge je 3 bis 5 solcher Anschwellungstaschen, die mit zerdrückten Flötzstellen abwechseln. Manchmal ist der Wechsel noch rascher und häufiger. Ganz entsprechend sind die Mächtigkeitswechsel, wenn man in der Fallrichtung oder irgend einer anderen vorgeht. Mir schien es, dass jeweilen auf lange Zerdrückungen auch grössere Taschen folgen.

Im südlichen Walliserzuge treffen wir in umgebenden Gesteine mehr oder weniger deutliches Clivage (Transversalschieferung) in ziemlich flacher Lage. Dieses Clivage ist wohl ursprünglich in steiler Lage entstanden und erst durch fortgesetzte Faltung mit Aufrichtung der Schichten dann in flachere Stellung gedreht worden. Dort kann man sehen, dass die Unebenheiten in den Begrenzungsflächen des Anthracites mit diesem Clivage im Zusammenhang stehen. Wie stets bei steil zur Schichtung stehendem Clivage die Schichtfugen gestaucht, gekräuselt oder gerippt uneben werden, so auch hier. Die am Gesteinswechsel noch er-

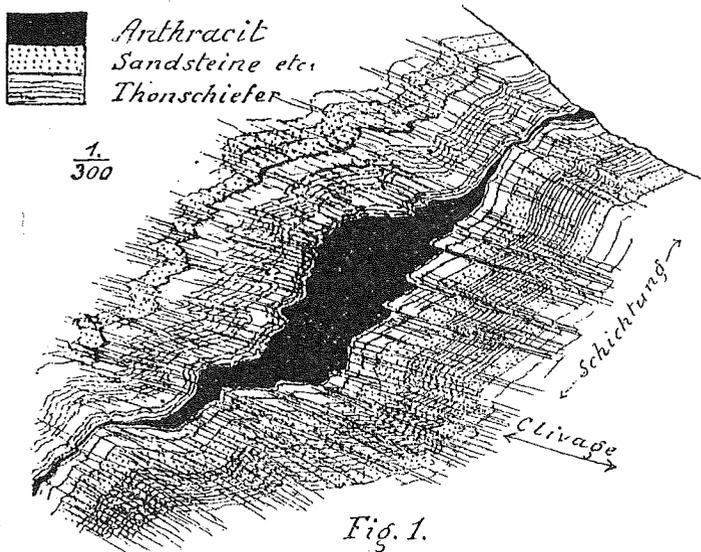


Fig. 1.

kenntlichen, nicht ganz verwischten Schichtfugen im Nebengestein laufen parallel der Grenze gegen das Anthracitflötz, beim letzteren aber ist keine Parallelität der beidseitigen Schichtfugen vorhanden, da fällt eben der Wechsel in der Mächtigkeit des Anthracites dazwischen (Fig. 1). Einzelne Querfugen im Nebengestein bilden sich oft zu Rutschflächen, oder wenn man dies so nennen will, zu kleinen Verwerfungen aus. Von solchen abgegrenzte Stücke des Nebengesteins treten in das Anthracitflötz vor, zwischenliegende bleiben zurück; in die dadurch gebildeten, grabenartigen Streifen dringt der Anthracit hinein (Fig. 2 stellt das Bild im streichenden Vertikalschnitt dar).

Wo keine Transversalschieferung vorhanden ist, oder wo die Quetschschieferung der Schichtung parallel läuft, wie an manchen Stellen im nördlichen Zug der Anthracitformation, da sind (Fig. 3) die Mächtigkeitswechsel der Anthracitflötze zwar auch vorhanden, und bewegen sich in ähnlichen Beträgen, sie sind aber dann viel allmählicher vermittelt, nicht so häufig und nicht so schroff wie bei einer scharf transversalen Schieferung. Je steiler der Schnitt von Clivage und Schichtung und je stärker ausgebildet das Clivage ist, desto wechselvoller ist das Flötz.

Die glänzenden Rutschflächen im Anthracit scharen sich stets gegen die Grenzflächen des Flötzes und meistens trennt sich bei

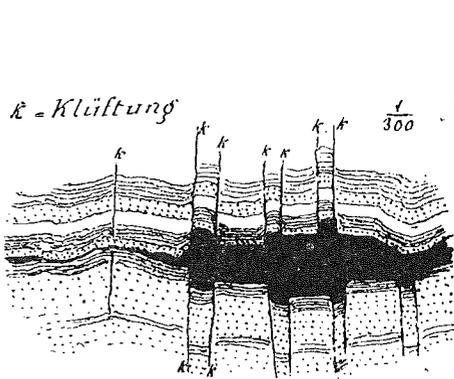


Fig. 2 (Horizontalschnitt)

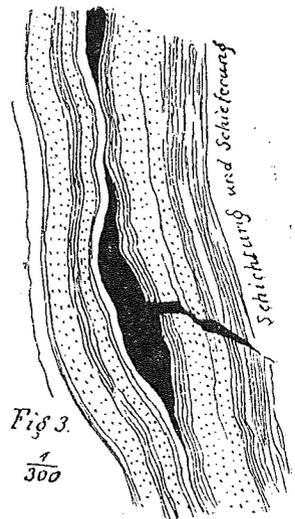


Fig. 3.

$\frac{1}{300}$

der Brecharbeit der Anthracit sauber nach Rutschflächen vom einschliessenden Gesteine ab. Man erkennt hieraus, dass überall starke Bewegungen des Anthracites in sich selbst und am Grenzgestein stattgefunden haben.

Zu dem Wechsel in der Flötmächtigkeit, den Beziehungen desselben zum Clivage und den Rutschspiegeln kommt als weitere Dislokationswirkung das innere Gefüge des Anthracites hinzu.

Der Walliseranthracit ist fast immer von ausgezeichneter, feinsten Breccienstruktur. Lauter feine, eckige Anthracitsplitter sind verkittet mittelst eines Anthracitstaubes. Die Splitter bleiben in der Regel unter einem halben Centimeter, meistens unter einem Millimeter Durchmesser; oft sind sie durch das ganze Flötz noch

viel kleiner, so dass das Gestein sammtartig aussieht wie ein geschwärztes, fein krystallinisches Gusseisen auf frischem Bruche. Erst die mikroskopische Prüfung zeigt, dass das Gefüge dasjenige einer Breccie, nicht eines krystallinischen Gesteines ist. Sie lässt zugleich auch erkennen, dass die Trümmerchen nicht durch ein fremdes Bindemittel, sondern durch zusammengeschwissenen Anthracitstaub verkittet sind, welcher alle Zwischenräume schliesst. Hieraus ist ersichtlich, dass der Anthracit des Wallis, so wie er vorliegt, eine im Innern des Gebirges durch Zermalmung bei der Gebirgsbildung entstandene Breccie, eine Dislokationsbreccie ist. Die Rutschflächen durchsetzen die Breccie, die Zermalmung ging also den fließenden und rutschenden Bewegungen voraus, welche dann die spiegelnden, gestreiften Flächen erzeugt haben. Selbstverständlich sind die noch erhaltenen Rutschflächen vorherrschend nur solche aus den letzten Phasen der Bewegung.

An einigen Stellen sah ich den Anthracit nach Art eines Injektionsganges in Spalten des Nebengesteines mehrere Meter weit hineindringen. Die Salbänder waren von glänzenden Rutschstreifen begleitet. An anderer Stelle war vom Nebengestein ein Stück am Eingang in eine Anschwellungstasche abgerissen und steckte dann in Mitte der Tasche ganz von der Anthracitbreccie eingebettet. An einer dritten Stelle sah ich eine Breccie aus Trümmern des Nebengesteins mit Anthracit als Bindemittel, bei Turtmann verband ein „Ueberläufergang“ zwei sonst getrennte Anthracitflötze. Noch andere ähnliche Erscheinungen, der Art, wie man sie früher ohne Zweifel als beweisend für die eruptive Natur des Anthracites gedeutet haben würde, sind hie und da zu finden.

Wir erkennen jetzt solche Erscheinungen als mechanische Deformationen bei der Gebirgsbildung und zwar in dieser Eigenart besonders entstanden als Folge der ungleichen Deformierbarkeit der miteinander bewegten und einander berührenden Gesteine — des unfesten und spröden Anthracites einerseits, des viel festeren und zäheren Thonschiefers, der Grauwacken und Konglomerate andererseits. Der Anthracit war leicht in Pulver zu quetschen und als Pulver leicht fließend verschiebbar, auch leicht Rutschflächen ausbildend. So hat die dem Gesteine aufgezwungene Deformation sich so viel als möglich immer durch die Bewegung des Anthracites auszulösen versucht. Wo der Druck stärker wurde, wurde der Anthracit weggequetscht; wo er geringer war, dorthin musste der

Anthracit strömen und sich dort häufen, bis die Druckdifferenzen wieder ausgeglichen waren. Am leichtesten bewegte er sich stets in seiner eigenen Schicht; ins Nebengestein einzudringen war nur da möglich, wo dasselbe ihm eine offene Spalte bot. So entstand die Breccienstruktur, so die Gleitflächen und der Mächtigkeitswechsel. Wie ein Schmiermittel, das wir zwischen unebenen und ungleich weichenden, festeren Massen pressen, stellenweise ausgequetscht wird, stellenweise sich anhäuft, so verhält sich der Anthracit. Er war hier völlig das Schmiermittel bei der Gebirgsdeformation. Und wie dort eine geschmierte Rutschfläche überall zurückbleiben wird, wo früher die Substanz des Schmiermittels in einer Schicht eingetragen war, so ist auch hier die Kontinuität der Anthracitflötze niemals total unterbrochen, vielmehr hängt stets eine Anthracittasche mit der andern durch die mit anthracitischen oder selbst graphitischen Rutschflächen bekleidete Schichtfuge zusammen. Der Anthracitanflug auf der Schichtfuge bedeutet das zerquetschte Flötz, er ist sein letzter, gebliebener Rest. Wenn eben eine gestaute Masse nicht homogen ist, so legt sich die Deformation so viel als möglich in die weniger resistenzfähigen — sei es plastisch, sei es durch Zermahlung leichter beweglicher Bestandmassen hinein: Diese haben am meisten zu leiden, die festeren weniger. Je grösser und unvermittelter die Differenz in der Festigkeit verschiedener Bestandteile eines Schichtenkomplexes ist, desto auffälliger wird die Differenz in der Deformation sein. Weiche Zwischenlagen werden zu blossen Häuten ausgequetscht und ausgeschürft oder zum mechanisch eingequetschten Bindemittel einer Dislokationsbreccie, die aus festeren Bruchstücken des Nachbargesteines gebildet ist, gezwungen. In solchen Weichlagen vollziehen sich die stärksten Verschiebungen. Diese Weichlagen geberden sich schliesslich wiederum wie die Schmiermittel; die beidseitigen Gesteine gleiten an diesen Flächen in verschiedenem Sinne, und manche kaum beachtete Thonschiefer- oder Sericitschieferhaut auf einer Ueberschiebungsfläche ist in der That eigentlich ein ausgewalzter, verkehrter Mittelschenkel, dessen festere Schichten zerrissen und in Linsen weiter geschleppt worden sind, während dessen weichere Schichten noch als Schmierhaut verteilt zurückgeblieben sind. Die Gebirgsstauung sucht sich stets diejenige Auslösung, bei welcher die Kohäsions- und Reibungswiderstände ein Minimum sind. Deshalb haben

die Walliser Anthracitflötze weit mehr gelitten, als das viel festere, umgebende Gestein und hierdurch haben sich die oben beschriebenen Erscheinungen ausgebildet.

II.

Warum sind die Walliser Flötze des Karbonsystems Anthracit und Graphitoid, stellenweise sogar Graphit geworden; warum sind sie nicht, wie es dem Alter entspräche, noch auf der Stufe der Steinkohle? Warum ist selbst die eocäne Kohle an den Diablerets bereits zu Anthracit geworden und warum sind überhaupt die Verkohlungsvorgänge in den Gebieten starker Gebirgsstauung meistens um ein gutes Stück weiter vorgeschritten, als es dem Alter der betreffenden Kohlen entspricht? Auch das scheint wiederum nur ein Glied in einer Kette paralleler Thatsachen zu sein. Nur in den intensiv gefalteten Zonen der Alpen sind oligocäne Thone schon zu Dachschiefeln geworden, in weniger gefalteten Regionen ist ein viel höheres Alter erforderlich, um Dachschiefer zu werden. Nur in den intensiv gefalteten Zonen der Alpen giebt es Granat- und Staurolithschiefer, Glimmerschiefer, Gneisse und Marmore von jurassischem Alter.

Schon im „Mechanismus der Gebirgsbildung“ habe ich (z. B. Bd. II, S. 97 etc.) darauf hingewiesen, dass die mechanische Deformation bei der Gebirgsbildung zu molekularen Umlagerungen führen kann, und dass für solche nicht notwendig immer Hitze oder Wasser verantwortlich gemacht werden muss. Die Umformung der Gesteine kann ins Molekul hineinreifen, kann im latent plastischen Zustande andere Krystallisationskräfte ins Spiel bringen. Manche haben experimentiert und aus ganz unzulänglichen, principiell falschen Experimenten die bruchlose Umformung bei der Gebirgsbildung gelehnet, obschon sie tausendfältig makroskopisch und mikroskopisch in ihren Resultaten direkt gesehen werden kann. Unterdessen aber sind eine Menge weiterer Thatsachen festgestellt worden. Ich will jetzt nicht von denen sprechen, die ich selbst seither wieder beobachtet habe. Die Petrographen haben die krystalline Umbildung bei der „Dynamometamorphose“ Schritt für Schritt verfolgt — nicht selten ohne dabei, trotz Streckung und Clivage, innere Zertrümmerung und Wiederverkittung in den umgeformten Gesteinen zu finden — oft aber auch von inneren Zertrümmerungsvorgängen begleitet. Kick und Spring haben ihre

Versuche weiter fortgesetzt. Beide haben noch nicht vollauf das erreicht, was die Gebirgsmechanik zu stande bringt; aber sie haben sehr wertvolle Annäherungen gewonnen. Mir scheint, wir dürfen heute in der Deutung der Stauungsmetamorphose, gleichgültig ob solche mit oder solche ohne innere Zertrümmerung, wieder einen Schritt weiter gehen.

Alle Metamorphosen, welche durch Gebirgsstauung herbeigeführt werden, geschehen unter enormem Druck, und zwar im Falle der bruchlosen Umformung, die indessen innere scheerende Verschiebungen selbstverständlich nicht ausschliesst, unter einem Drucke, welcher allseitig bedeutend höher sein muss, als die frei gemessene, rückwirkende Festigkeit des Gesteines ihm ertragen könnte. Es ist deshalb einleuchtend, dass die Stauungsmetamorphose die Herausbildung solcher Minerale fördern wird, welche aus den gleichen Substanzen wie das ursprüngliche Gestein gebildet sind, aber ein höheres spezifisches Gewicht besitzen. Ebenso wird sie Mineralbildungen befördern können, welche mit einem Substanzverlust durch Entweichen von Gasen oder Wasser verknüpft sind. In diesen Fällen ist die Umwandlung mit einer Volumenverminderung verbunden. Umgekehrt wird durch Stauungsmetamorphose die Herausbildung solcher Mineralien erschwert oder gar verhindert, welche weniger dicht sind als das ursprüngliche Mineral. Diese Vermutung ist von Spring experimentell bestätigt worden. Die vollständig trocken vermischten Pulver zweier fester Substanzen waren leicht durch Druck zur chemischen Reaktion oder Verbindung zu bringen, wenn die neuen Verbindungen ein kleineres Volumen einnehmen als die alten; im umgekehrten Falle hingegen war allenfalls das Pulver durch Druck zu schweissen, aber die chemische Reaktion trat nicht ein.

Braunkohle (spec. Gew. = 1 bis 1,5), Steinkohle (sp. G. = 1,2 bis 1,6) sind in Anthracit (sp. G. = 1,4 bis 1,7) und in Graphit (sp. G. = 2,2) umgewandelt worden. Hierbei ist eine bedeutende Volumenverminderung eingetreten, mehr noch, als sie sich im spezifischen Gewichte ausspricht, denn es hat gleichzeitig durch entweichendes Kohlenwasserstoffgas noch ein Substanzverlust stattgefunden. Das Gas mag hoch komprimiert beim Strömen der zermalnten Kohle durch deren Poren den Ausweg gefunden haben. Die Beförderung des Verkohlungs Vorganges durch die Gebirgsstauung ist also sehr wohl zu begreifen. Aehnlich steht es bei

der so häufigen, durch Stauung bedingten Umwandlung von Limonit in Hämatit und Magnetit (*Mechanismus etc.*“, Bd. I, S. 62 und Bd. II, S. 98). Ebenso bei vielen Prozessen der inneren Konsolidation durch fortschreitende, krystallinische Umlagerung, wie z. B. bei der Umwandlung von Thonen und Schieferthonen vom spec. Gew. 2,2 bis 2,4, in Thonschiefer vom spec. Gew. 2,8 bis 2,9 etc. Der Druck befördert offenbar alle Vorgänge, welche die Massen dichter machen.

Die weitaus verbreitetste und gewöhnlichste Ummineralisierung — man gestatte der Kürze halber den Ausdruck — durch Stauungsmetamorphose („Dynamometamorphose“) ist die Ueberführung von Alkalifeldspath in Sericit. Der erstere hat sp. G. = 2,53 bis 2,58, der letztere sp. G. = 2,8 bis 3,2; die Begünstigung dieser Umwandlung durch die Stauung ist also sehr natürlich. Es kommt bei der Sericitisierung noch ein weiteres Moment hinzu: der Sericit erleichtert durch seine feinschuppige Struktur, seine milde und schmiegsame Beschaffenheit jede weitere Deformation. Er ist wie ein Schmiermittel auf den inneren Verschiebungsflächen und Fasern gequetschter Gesteine. Der Feldspath hingegen war splittrig spröde und zu Deformationen schlecht geneigt. Es erscheint fast, als ob die Quetschung gerade die Bildung solcher Mineralien beförderte, welche den Gesteinsdeformationen günstig sind — fast erinnernd an eine „prädisponierende Verwandtschaft“. Oder ist es vielleicht umgekehrt: Kann diejenige Molekulargruppierung, die wir Sericit nennen, nur durch enorme Quetschung zu stande gebracht werden, kann vielleicht Sericit anders gar nicht entstehen? Dann wäre es einleuchtend, dass ein Mineral, welches nur durch innere Verschiebungen kleinster Teilchen unter ungeheurem Druck entsteht, auch diesem bei seiner Entstehung thätigen Vorgang angepasst ist — es ist, bildlich gesprochen, durch Akklimatisation der Moleküle an denselben gebildet; der Druck erzeugt das, was ihm dient?

Dass bei der Stauungsmetamorphose das von Spring formulierte Gesetz viel massgebender ist als eine solche Tendenz, durch Deformation ein der weiteren Deformation günstiges Mineral zu bilden, zeigt uns das Verhältnis von Chlorit, Talk und Serpentin zu Augit und Hornblende. Die ersteren drei können freilich auch aus den letzteren entstehen, allein offenbar nicht speciell durch Stauungsmetamorphose. Man sieht Chlorit, Talk und Serpentin nicht entfernt in der Weise überall die gequetschten Augit- und Hornblendegesteine durchsetzen, wie der Sericit die Ortho-

klasgesteine, und doch wären diese milden, zum Teil schuppigen Mineralien auch geeignet, als Schmiermittel bei der weiteren Deformation zu dienen. Sie nehmen aber alle ein grösseres Volumen ein als diejenigen Minerale, aus welchen sie entstehen könnten (sp. G. von Chlorit = 2,78 bis 2,95, Talk = 2,6 bis 2,8, Serpentin = 2,6, dagegen Augit = 3,4, Hornblende = 3,1 bis 3,3). Dies verhindert sie, die regelmässigen Quetschprodukte von Hornblende und Augit zu sein.

Ich meine nicht, dass es sich hier um ein durchschlagendes, ausnahmslos gültiges Gesetz handeln könne; es sind noch manche störende Komplikationen denkbar; allein ich glaube, den Satz in folgender Form aussprechen zu dürfen: die Stauungsmetamorphose befördert, wenn sie ummineralisierend wirkt, die Ausbildung der spezifisch schwereren Mineralien.

III.

Warum sollte nun bei diesen Stauungsmetamorphosen Wasser notwendig da sein? Die Experimente von Spring gelingen auch mit trockenen Substanzen.

Nur diejenigen Substanzen, welche in wässriger Lösung einen geringeren Raum einnehmen, als das Lösungsmittel mit der zu lösenden Substanz zusammengerechnet, sind unter Druck in Wasser leichter löslich, als ohne Druck. Sehr viele Körper nehmen als Lösung ein grösseres Volumen ein, als vorher Körper und Lösungsmittel zusammengerechnet. Bei diesen wird der Druck für die Ummineralisierung mit Hülfe von Wasser als ein Hemmnis wirken. Unter Umständen wird dann die Gegenwart von Wasser den Eintritt einer Ummineralisierung durch Gebirgsstauung erschweren, indem es dann nur den Kontakt der Substanzen erschwert, die, trocken gepresst, auf einander einwirken würden. Spring hat nun gefunden, dass nur die Pulver solcher Körper leichter in feuchtem als in trockenem Zustande unter Druck zu einer festen Masse zusammenschweissen oder chemisch auf einander einwirken, bei welchen die Lösung mit einer Volumenverminderung verbunden ist. Bei allen anderen sind Feuchtigkeit mit Druck ein Hindernis für die neue Vereinigung der Partikelchen. Die Metallpulver schweissen nur in trockenem Zustande unter Druck zusammen. Kalkpulver und Kieselpulver schweissen feucht ein wenig, aber nicht viel besser zusammen, als trocken. Gerade die für die Geologie wichtigsten

Stoffe sind auf ihre Lösungsvolumina noch kaum untersucht und überhaupt schwierig zu prüfen. Es handelt sich aber stets beim Schweißen von Pulvern durch Druck mit oder ohne chemische Reaktion nur um eine gewisse Erschwerung oder Beförderung durch Wasser, nicht um eine absolute Bedingung.

Angesichts dieser Thatsachen kommt es mir vor, dass man irrt, wenn man immer wieder von vorneherein bei allen stauungsmetamorphosen Vorgängen das Wasser als Umlagerer der Moleküle für notwendig hält. Dazu liegt gar kein Grund vor. Gewiss mag es in vielen Fällen sehr fördernd gewirkt haben, in anderen aber ist es ohne Belang, in wiederum anderen ist es hinderlich. Gerade die Aufnahme von Wasser in das Produkt dürfte wegen der damit bedingten Volumenvermehrung vielfach ein Hindernis für die Stauungsmetamorphose bilden. Wo es möglich ist, den Wassergehalt erst wegzuquetschen, d. h. wo dieser einen Ausweg finden kann, da wird die Stauungsmetamorphose eher ihr Objekt erst trocken pressen, bevor der chemische Prozess in Gang kommt. Es ist nicht einzusehen, warum das Wasser nötig gewesen sein soll zur Umlagerung von Orthoklas in Sericit, oder gar von Hämatit in Magnetit, von Steinkohle in Anthracit oder Graphit. Der allseitig ungeheure Druck nähert ja die Moleküle bis in die reaktionsfähige Drängung hinein, das Wasser ist dann zu diesem Zwecke nicht mehr so nötig. Man bleibe nur nicht zu sehr mit seinen Gefühlen an den gewöhnlichsten Laboratoriumsvorgängen hängen, sondern bedenke, dass eben ungeheure Pressung die Moleküle ohne Wasser in reaktionsfähige Annäherung und Labilität bringen kann, und der Druck ähnliche Umkrystallisierungen ermöglicht, wie sie ohne Druck nur mit Hilfe von Wasser möglich wären. Druck wirkt da wie Lösung. Das Wasser ist keine allgemeine, absolute Bedingung für den Eintritt von Stauungsmetamorphosen.

