

Über die Kompression von feuchtem Pulver fester Körper und die Formbildung der Gesteine.¹⁾

Von
W. Spring.

Durch eine grosse Zahl von Versuchen habe ich gezeigt, dass viele feste Körper die Eigenschaft besitzen, sich unter der Wirkung eines genügend grossen Druckes zusammenzuschweissen, so dass sie Massen bilden, deren Festigkeit und Härte mit der Natur der dem Versuch unterworfenen Substanzen variiert. Im allgemeinen lassen die weniger harten Substanzen sich gut aneinanderschweissen, während die anderen nur mangelhafte Resultate geben; einzelne schliesslich, wie Kohle, Schwerspat etc. liefern nicht einmal ein Konglomerat, sondern ihr Pulver bleibt vollkommen locker.

Ich habe schon²⁾ auf den Zusammenhang zwischen diesen Thatsachen und der Härte der Felsen in vielen Gegenden hingewiesen, und habe zeigen können, wie man sich in der Natur die Bildung kompakter Massen aus ursprünglich pulverförmiger Materie ohne sichtbare Dazwischenkunft irgend eines Bindemittels erklären kann.

Ich werde nicht auf diesen Punkt zurückkommen; ich möchte vielmehr die Aufmerksamkeit auf Phänomene lenken, welche die vorhergehenden ergänzen und mit diesen vielleicht dazu beitragen können, uns die Entstehung mehrerer geologischer Formationen zu erklären; ich will von den Beobachtungen bei der Kompression feuchter Pulver sprechen.

Unter diesen Bedingungen schweissen gewisse Pulver sich unvergleichlich viel besser zusammen, als im trockenen Zustande; andere dagegen widerstehen bei Gegenwart einer Spur Wasser jeder Verbindung; einzelne Substanzen schliesslich, wie der Thon, erlangen unter dem Einfluss von ein wenig Wasser eine erstaunliche Bildungsfähigkeit, während sie im trockenen Zustande ausserordentlichen Druck ertragen können, ohne sich merklich zu deformieren.

Bei meinen ersten Versuchen über die Kompression pulverförmiger

Substanzen habe ich beobachtet, dass eine Spur Feuchtigkeit oder allgemeiner irgend einer fremden Flüssigkeit im höchsten Grade das Zusammenschweissen pulverförmiger Metalle hindert. Indem man z. B. durch die ein wenig fettigen oder feuchten Finger Blei-, Wismut- oder Zinnfeilicht gleiten lässt, nimmt man demselben zum guten Teil seine Eigenschaft, sich unter starkem Druck zusammenzuschweissen. Die so erhaltenen Massen bleiben leicht zerreibbar, während in dem Falle, wo das Feilicht frisch hergestellt und gut gereinigt ist, das Zusammenschweissen so vollkommen vor sich geht, dass man die durch den Druck erzeugten Stücke feilen, hämmern und selbst walzen kann.

Man kann diese Beobachtung mit einer den Mechanikern wohlbekannten Thatsache vergleichen, dass nämlich eine Feile ein Stück Eisen, welches man einfach mit der feuchten Hand überstrichen hat, viel schwerer angreift. Es muss gewissermassen einige Anstrengung angewendet werden, um von neuem die Zähne der Feile in das Metall eingreifen zu lassen.

Man konnte sich fragen, ob dies Hindernis, welches sich dem Zusammenschweissen der festen Körper unter Druck, d. h. unter dem Einfluss des innigen Kontakts entgegensetzt, nämlich die Gegenwart eines flüssigen Körpers, eine allgemeine Thatsache, oder, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, von der chemischen Natur der angewandten festen Körper abhängig ist.

Zu diesem Ende habe ich unter einem Druck von etwa 6000 Atmosphären das feuchte Pulver einer grossen Anzahl chemisch verschiedener Substanzen komprimiert. Um so weit als möglich immer mit demselben Grad von Feuchtigkeit zu operieren, habe ich jedes Mal zwei Tropfen Wasser einem Kubikzentimeter Pulver beigemischt.

Folgendes ist eine Zusammenfassung der gewonnenen Resultate:

Die Gegenwart von Wasser äussert sich verschieden je nach der Natur der festen Körper. Bei einigen scheint sie mehr oder weniger vollständig die Fähigkeit, sich zusammenzuschweissen, zu vernichten, und bei andern erleichtert sie dieselbe auf eine überraschende Weise.

Indem man die Körper nach der Grösse des Einflusses, welchen sie von Seiten des Wassers erfahren, ordnet, ergiebt sich leicht der physikalische Faktor, wovon die Veränderung des Phänomens abhängt.

Man bemerkt zuerst, dass alle Metalle sich gleich verhalten; ihr feuchtes Feilicht lässt sich nur dann zusammenschweissen, wenn das Wasser vorher durch die Kompression ausgetrieben ist. Da nun dies durchaus nicht vollständig stattfand, so sieht man, dass das Ergebnis nicht konstant und vollständig sein konnte.

¹⁾ Nach dem Manuskript übersetzt von W. Nernst.

²⁾ Bulletin de l'Acad. roy. de Belg. (2) 49, Nr. 5. 1880.

Der Grund des Phänomens besteht indessen nicht ausschliesslich in der Unlöslichkeit der Körper in Wasser. Die löslichen Körper verhalten sich auch verschieden. Die einen, wie Kaliumjodid, Chlorammonium, lassen sich viel besser im trocknen als im feuchten Zustande zusammenschweissen. Die feuchten Pulver geben immer leicht zerreibbare Massen. Andere, wie das Kaliumnitrat, Natriumchlorid, Kupfersulfat etc. lassen sich im feuchten Zustande soweit zusammenschweissen, dass sie festere und mehr homogene Massen liefern, als wenn sie durch Schmelzen erhalten wären.

Man sieht leicht, auf welche physikalische Eigenschaft man das verschiedene Verhalten der beiden Kategorien von Körpern zurückführen kann. Die ersteren bilden eine Lösung, deren Volumen grösser ist als die Summe der Volumina des Lösungsmittels und des löslichen Körpers; bei den zweiten hingegen ist das Volumen der Lösung kleiner als die Summe der Volumina der einzelnen Stoffe.

Nun hat Herr Sorby¹⁾ 1863 nach den Arbeiten von Bunsen über die Erhöhung oder Erniedrigung des Schmelzpunktes der Körper durch Druck, je nach der Vermehrung oder Verminderung des Volumens infolge der Verflüssigung, nachgewiesen, dass die Löslichkeit auf dieselbe Weise unter dem Einfluss eines genügend grossen Druckes zu- oder abnimmt.

Die Körper, welche der ersteren oben erwähnten Kategorie angehören, sind im Wasser unter Druck weniger, die der zweiten hingegen mehr löslich. Wenn man also feuchtes Chlorammonium komprimiert, so muss aus dem in den Bruchstücken des Salzes eingeschlossenen Wasser, welches durch den Druck nicht herausgepresst werden können, ein Teil der vorher gelösten Substanz herausfallen; wenn der Druck aufhört, löst sich ein Teil der Substanz von neuem und man erhält nur eine mehr oder weniger lockere oder bröckliche Masse. Andere Stoffe hingegen, wie feuchtes Kaliumnitrat, welches unter Druck besser löslich ist, nehmen, wie der Gyps, das Wasser in sich auf, wenn der Druck abnimmt oder aufhört. Man sieht ferner, dass diese Substanzen unter Druck sich wie halbfüssig verhalten, d. h. sich leicht formen lassen und mehr oder weniger den Charakter plastischer Körper annehmen müssen.

Die spezifische Wirkung des Wassers wurde ferner dadurch geprüft, dass man an Stelle dieser Flüssigkeit Benzin und Chlorkohlenstoff anwendete; dann fand kein Festwerden der Massen mehr statt.

Nachdem diese Ergebnisse erhalten waren, fragte ich mich, wie sich feuchte Pulver von Substanzen verhalten würden, welche unter gewöhn-

lichen Bedingungen für unlöslich gelten. Hier variierten die Resultate ebenfalls mit der chemischen Natur der Körper.

Mennige (Pb^3O^4), Quecksilberoxyd (HgO), Eisenoxydhydrat schweissen sich soweit zusammen, dass sie wenigstens an der Oberfläche und den Rändern ein glasiges, durchsichtiges Aussehen als deutliches Zeugnis einer beginnenden Verflüssigung gewannen. Bei anderen Stoffen, wie Bleisuperoxyd (PbO^2), Kupferkarbonat, Calciumkarbonat (pulverisierter Marmor), Kieselerde waren die Resultate unvollkommener. Aber verglichen mit denen, welche dieselben Substanzen trocken lieferten, bleibt über den thatsächlichen Einfluss der Gegenwart von Wasser kein Zweifel mehr übrig.

Wahrscheinlich also beginnen diese Körper unter starkem Druck an der Oberfläche der Körnchen ihres Pulvers sich aufzulösen wie die löslichen Stoffe der zweiten Kategorie.

Thon, der durch Verwitterung von Schiefer entstanden war, ist behufs Vergleichung trocken und feucht komprimiert worden. Im trockenen Zustande erhielt ich nur ein wenig festes Konglomerat, welches sich zwischen den Fingern zerreiben liess; aber im feuchten kittete er sich zu einem Produkt zusammen, welches zwar nicht in eine Masse von derselben Festigkeit, wie ein Stück Schiefer, zurückverwandelt, aber doch so hart war, dass der Fingernagel nach völligem Trocknen es nur mit einiger Anstrengung ritzte.

Ich will noch hervorheben, dass dieser feuchte Thon so plastisch ist, dass er zum grossen Teile durch die Fugen am Rande des Stempels, obwohl dieser kaum einige Zehntel-Millimeter Spielraum hatte, herausgedrückt wurde, so dass mehrere Centimeter lange Streifen sich bildeten, ein Umstand, welcher das Arbeiten mit diesem Körper einigermaßen beschwerlich machte.

Die erwähnten Thatsachen werden vielleicht zur Erklärung mehrerer geologischer Phänomene dienen können, worauf hier einzugehen nicht nötig ist. Vielleicht ist selbst die Bildung der Pisésteine aus feuchtem Thon, welcher der Entwässerung unter gewöhnlichem Druck unterworfen ist, nur eine Form der obigen Phänomene im kleinen Massstabe.

¹⁾ Jahresbericht für Chemie etc. 1863, S. 97.