

Ueber die  
**Umwandlung der Gebirgsmassen.**

Von

DR. GUSTAV TSCHERMAK.

Vortrag, gehalten am 8. April 1861.



Den Bemühungen der Naturforscher, welche die Beobachtung der Veränderungen der Erdoberfläche zu ihrer Aufgabe machten, ist es bereits gelungen, eine Reihe von Erscheinungen in jenem Gebiete auf chemische Processe zurückzuführen. Die so gewonnenen Ergebnisse haben im Verein mit den Resultaten bezüglich der mechanischen Veränderungen der Erdkruste u. a. zu dem Schlusse geführt, dass die meisten der Gebirgsmassen früher nicht in jenem Zustande existirten, in dem sie sich gegenwärtig befinden, dass dieselben eine durchgreifende Veränderung, eine Umwandlung erfahren haben.

Die Gesteine der Erdoberfläche lassen sich in zwei Hauptgruppen sondern. Die einen bestehen aus schichtenweise gelagerten Massen, die anderen sind in der Regel ungeschichtet, massig und treten oft in Gängen auf. Die ersten führen häufig Versteinerungen, die letzteren sind immer versteinerungslos. Betrachtet man nun die gesteinebildenden Vorgänge auf der Erdoberfläche, so sieht man, dass von den heutzutage noch entstehenden Gesteinen die einen das Product des Absatzes der Quellen, der Anschwem-

mungen der Flüsse, See'n und Meere sind, dann geschichtet erscheinen und sehr häufig organische Reste einschliessen, während die anderen durch das Erstarren feurig-flüssiger Massen, die aus dem Erdinnern empordringen, gebildet werden und sich gänzlich versteinierungslos erweisen. Die Beobachtungen führen zu dem Schlusse, dass alle geschichteten versteinierungsführenden Gebirgsmassen durch Absatz von Gewässern gebildet wurden, während alle massigen versteinierungsleeren Gebirge aus ehemals feurigflüssigen Massen durch Abkühlen entstanden.

Dieses Ergebniss stösst jedoch auf bedeutende Schwierigkeiten, ja auf arge Widersprüche, sobald die Gesteine sämmtlich einer genaueren Untersuchung unterzogen werden. Der Umstand schon, dass Gesteine, an denen noch alle Zeichen vulkanischer Entstehung wie Kraterbildungen, das Vorkommen von Auswürflingen u. s. w. wahrgenommen werden, mehr oder weniger leicht schmelzbar sind, während andere, ältere Gesteinsarten, wie die meisten Granite, die Serpentine etc. kaum oder gar nicht schmelzen, macht es zweifelhaft, dass die letzteren derselben Entstehung seien wie die ersteren.

Widersprüche von solchem und von grösserem Gewichte ergeben sich auch bei genauerer Würdigung der chemischen und physikalischen Verhältnisse der einzelnen Gesteine. Folgende Beispiele werden dies anschaulich machen.

Ein bekanntes Massengestein, der Granit, besteht in der Regel aus den Mineralspecies Quarz, Feldspath und Glimmer. Bezüglich des Quarzes ist nun zu bemerken, dass derselbe aus Kieselerde besteht und krystallisirt ist, während die andere Art der Kieselerde, welche künstlich dargestellt werden kann, unkrystallinisch oder amorph erscheint.

Nun ist nach allen bisherigen Beobachtungen noch niemals Quarz auf feurigem Wege entstanden, alle Kieselerde, welche so entsteht, ist amorph. Ferner wird Quarz durch Glühen oder Schmelzen zu amorpher Kieselerde, gefärbte Quarze verlieren in der Hitze häufig ihre Farbe. Die künstliche Darstellung von krystallisirter Kieselerde, also von Quarz, ist bisher nur auf wässerigem Wege gelungen. Auch entsteht noch heutzutage Quarz als Absatz mancher Quellen. Häufig kömmt dieses Mineral in den Spalten der Massengesteine oder in geschichteten Gebirgen in einer Weise vor, welche blos die Annahme einer wässerigen Entstehung zulässt. Oft hat der Quarz bei seiner Bildung einen Hohlraum ausgefüllt, den zuvor ein Krystall eines andern Minerals eingenommen hatte; er zeigt in Folge dessen eine äussere Form, die ihm ursprünglich nicht zugehört; er tritt, wie man sich ausdrückt, pseudomorph auf. Von allen solchen pseudomorphen Bildungen weiss man aber mit Bestimmtheit, dass sie auf wässerigem Wege vor sich gegangen sind. Endlich finden sich manchmal in Quarzkrystallen Hohlräume, Bläschen, die mit

Flüssigkeiten, häufig mit Wasser, ganz oder theilweise ausgefüllt sind. Alles das Angeführte spricht also sehr entschieden dafür, dass der Quarz nur auf wässerigem Wege entstanden sei, was nunmehr auch für das ganze Gestein, den Granit gelten muss. Uebrigens sprechen auch noch die Beobachtungen bezüglich der ferneren Bestandtheile eben dafür. Feldspath ist zwar schon auf feurigem Wege als Hochofenproduct entstanden; er findet sich in unzweifelhaft vulkanischen Gesteinen, doch unterscheidet sich der Feldspath des Granites, auch wenn er dieselbe Species darstellt, sehr merklich von jenem durch die Verschiedenheit des Glanzes und die Ausbildung der Krystalle, auch erscheint er manchmal pseudomorph. Der letzte Bestandtheil, der Glimmer des Granites, unterscheidet sich noch mehr von seinen Verwandten, die als Hochofenproducte oder als Bestandtheile vulkanischer Gesteine bekannt sind, durch einen Gehalt an Wasser, Fluor etc. und durch seine physikalischen Eigenschaften. Pseudomorphosen von Glimmer sind nicht selten.

Dies Alles führt, offenbar im Widerspruche mit dem massigen Auftreten und der Versteinerungslosigkeit des Granits, zu dem Schlusse, dass der letztere sich auf wässerigem Wege gebildet haben müsse.

In einem anderen Falle, beim Serpentin, gelangt man zu einem ähnlichen Widerspruche. Derselbe enthält bis 14 pCt. Wasser, ist als solcher unschmelzbar, tritt häufig pseudomorph auf und zeigt sich in

jeder Beziehung als ein Product wässeriger Entstehung, obgleich er massig und versteinungsleer erscheint.

Die Lösung solcher Widersprüche wurde bisher auf verschiedenen Wegen versucht. Doch musste jedes Unternehmen missglücken, das sich nicht auf genaue Beobachtung der Natur stützte. Ein solcher unglücklicher Versuch war z. B. die Annahme, dass der Granit, Serpentin und andere Gesteine ehemals in Gestalt einer kalten, wässerigen Gallerte aus dem Erdinnern emporgedrungen und dann erhärtet seien. Dadurch glaubte man dem massigen Auftreten, dem Mangel an Versteinerungen, der wässerigen Entstehungsweise zugleich Rechnung zu tragen. Doch ist dies leere Hypothese. Noch nie ist in der Natur ein solcher oder ähnlicher Vorgang beobachtet worden.

Betrachtet man dagegen das Wirken der verändernden Kräfte in der Natur, so klären sich jene Widersprüche bald auf.

Die jüngsten Gesteine unzweifelhaft vulkanischen Ursprunges zeigen im Innern keine Spur von Quarz, Serpentin, wasserhaltigem Glimmer, überhaupt von Mineralien wässeriger Entstehung. An jenen Stellen hingegen, wo sie der Einwirkung von Luft, von Regen- und Quellwässern, von Dämpfen etc. ausgesetzt waren, bemerkt man häufig derlei Mineralien, und man sieht leicht ein, dass die Existenz derselben durch jene verändernden Einflüsse hervorgerufen wurde. Man wird daher sagen, dass solche Gesteine

stellenweise oder theilweise umgewandelt seien, von jenen Gebirgsmassen aber, bezüglich deren Entstehung vordem so grelle Widersprüche zu Tage traten, wird man demgemäss behaupten, dass sie gänzlich verän-  
pert, dass sie total umgewandelt seien. Dieser Schluss sagt nun, dass ganze ungeheure Gebirge, die sich ehemals so wie die jetzt noch entstehenden vulkanischen Producte gebildet hatten, durch unmessbare Zeiträume hindurch verändernden Einflüssen ausgesetzt, ihre mineralogische, ihre chemische Zusammen-  
setzung, ihre innere Structur so geändert haben, dass sie nunmehr von den vulkanischen Gesteinen heutiger Entstehung gänzlich verschieden erscheinen.

Die angedeutete Art der Folgerung ist nicht die einzige, welche durchgeführt worden, die genannte Art der Umwandlung nicht die einzig beobachtete, doch genügen diese Beispiele, um überhaupt deutlich zu machen, was man unter Umwandlung verstehe.

Die verändernden Einflüsse nun, welche dieses Phänomen hervorrufen, sind verschiedener Art. Zumeist sind sie wässriger Natur. Die Quellwässer, durch die Spalten und Klüfte des Gesteins sickernd, dann fliessend, üben ihre verändernde Einwirkung in der Weise, dass sie dem Gestein die leichter löslichen Bestandtheile entziehen, dasselbe auslaugen. Die Menge von Substanz, welche die Quellen dem Gebirge entfremden, ist bedeutend. Aus dem, was die Quellen eines grösseren Gebirges in einer Reihe von Jahren wegführen, könnte man ansehnliche Hügel

aufbauen. Es entstehen so durch die auslaugende Wirkung der Gewässer allmählig Höhlungen, die später einstürzen, es entstehen Erdfälle, Verschiebungen und Zertrümmerungen des Gesteines, und so arbeiten die nagenden Gewässer fort, sich wieder selbst neues Material schaffend. Neben der zerstörenden Einwirkung, welche die kalten und warmen Quellwässer üben, macht sich auch deren umbildender Einfluss auf die Umgebung geltend. Sie imprägniren das Gestein mit Stoffen, die sie oft aus grösserer Entfernung hergeholt und verändern dasselbe, setzen neuentstandene Mineralien in den Spalten ab, und wirken überhaupt fast am raschesten unter allen den Mitteln, deren sich die Natur bei der Umwandlung bedient.

Die Einwirkung des Wassers ist nur dann heftiger, wenn irgendwo Dampfströme fortwährend aus dem Erdinnern hervorbrechen, wie dies in manchen vulkanischen Gegenden der Fall ist.

Eine andere Einwirkung des Wassers, die sich dem Auge des Beobachters leicht entzieht und die bisher von Manchem nicht genügend gewürdigt worden, ist die Wirksamkeit desselben als Gebirgsfeuchtigkeit. Jeder Steinblock, der im Steinbruche oder in der Grube der Erde abgewonnen wird, zeigt sich feucht. Er ist anfangs von dunklerer Farbe, er ist weicher und lässt sich leicht bearbeiten, nach längerem Liegen an der Luft trocknet er aus, wird lichter und härter. In allen Bauen und natürlichen Höhlen herrscht grosse Feuchtigkeit, die Luft ist mit Wasserdampf

gesättigt, am Gestein, namentlich am Firste, hängen Wassertropfen. Sehr selten sind die Fälle, wo eine Gebirgspartie völlig trocken wäre, und auch dann lässt sich nicht behaupten, dass dies immer so gewesen sei. Ebenso ist nur sehr selten ein Gestein so wenig porös, wie z. B. der Obsidian, dass dem Wasser das Eindringen nicht gestattet wäre. So sehen wir denn die allverbreitete Flüssigkeit in den Canälen, welche die Gesteine zufolge ihrer Porosität darbieten, emporsteigen und sich verbreiten, so dass kaum ein Theilchen des Gesteins dieser Einwirkung entzogen bleibt. Ueberall herrscht eine langsame aber beständige Bewegung. Das Wasser wird hier aufgesogen und weitergeführt, dort verdunstet es wieder an der Luft, oder es sammelt sich in den Spalten und wird dem Zuge der Quellen zugeführt. Unterdess hat es, unterstützt durch seinen Gehalt an Kohlensäure, überall seine auflösende Wirkung geübt, hier Substanzen aufgenommen und weiter geführt, dort wieder abgesetzt, hier Verbindungen zerstört, dort neue gebildet. Das durch Wasser erweichte Gestein gestattet eine freiere Bewegung der Theilchen und man sieht daher oft mit Ueberraschung, dass ein ursprünglich feinkörniges oder dichtes Gestein dort, wo es jenen Einflüssen ausgesetzt war, nun aus einem Aggregate grosser, schöner Krystalle besteht. Dass öfters bei solchen Veränderungen nicht viel Substanz weggeführt worden, das lassen die Resultate chemischer Untersuchungen schliessen, die

gezeigt haben, dass z. B. viele Granite noch dieselbe Elementarzusammensetzung haben, wie manche Trachyte jüngster Entstehung.

Während nun in den vorerwähnten Fällen eine Bewegung, eine Umstellung der Theilchen des Gesteines durch Vermittlung des Wassers erfolgte, scheint in anderen Fällen auch eine solche Umstellung, eine Molekularbewegung auf trockenem Wege erfolgt zu sein. Wie z. B. geschmolzener amorpher Zucker sich nach längerem Liegen in krystallinischen, die amorphe arsenige Säure sich allmählig in krystallinische umwandelt, das Schmiedeeisen durch langdauernde Erschütterungen und Erwärmungen gross-krystallinisch wird, Arragonitkrystalle durch Temperaturerhöhung sich in ein krystallinisches Aggregat von Kalkspath verwandeln, so mag auch in der Natur manche vorhin amorphe, obsidian-ähnliche, manche dichte Gebirgsart in der Länge der Zeit mit oder ohne Einwirkung von Temperaturerhöhungen in ein gross-krystallinisches Aggregat umgewandelt worden sein.

So erkennen wir denn in der Umwandlung der Gesteinsmassen einen Process, der, bald mehr chemischer, bald mehr physikalischer Natur, überall auf der Erdoberfläche wirksam ist. Schon in der ersten Zeit, als die Erde, höchst wahrscheinlich zuerst einen feurig-flüssigen Ball darstellend, an der Oberfläche zu erstarren anfing, begannen auch schon jene verändernden Einflüsse ihr Spiel, und während auf der einen Seite immer neue Gesteine durch Absatz

des Abreibsels und der Gerölle oder durch chemische Fällung von Substanzen aus wässriger Lösung entstanden und fortwährend andere durch das Empordringen von Lavenmassen gebildet wurden, vermochte andererseits die beständige Einwirkung des wässrigen Elementes nach ungeheuren Zeiträumen den ursprünglich vulkanischen Producten ein total verschiedenes Aeusseres, eine veränderte Beschaffenheit zu verleihen, aber auch jene wässrigen Sedimente, die anfangs locker verbunden, den jetzigen neuesten Bildungen ähnlich sein mochten, zu festen oft krystallinischen Massen zu verwandeln. Und sobald heute ein Absatz aus dem Wasser sich gebildet, heute ein Strom Lava sich aus dem Vulkan ergossen hat, beginnt auch schon der Process der Umwandlung durch jenes allverbreitete Element.

Und so sehen wir denn, dass auch in der unorganischen Natur jene schöpferische Kraft, welche seit Milliarden von Jahren auf unserem Erdballe eine fortwährende Entwicklung, ein beständiges Fortschreiten vom Einfachen zum Mannigfaltigen hervorgerufen, auch heute noch unermüdet thätig ist, dass sie noch heute in unmerklicher und schwer zu überblickender Weise stets neue Veränderungen, neue Erscheinungen hervorbringt, so dass unser Erdkörper, den wir leblos nennen, stets in einer zerstörenden und bildenden Thätigkeit grössten Massstabes begriffen erscheint.

Schliesslich mag noch bemerkt werden, dass die zuvor besprochenen Folgerungen keineswegs die ein-

hellige Meinung der Geologen repräsentiren. Da nämlich bei derlei geologischen Fragen Beobachtungen in der freien Natur von Forschungen im physikalischen und chemischen Laboratorium unterstützt, Erfahrungen aus allen naturwissenschaftlichen Gebieten mit Verständniss gewürdigt und gegenseitig abgewogen werden müssen, so ist es unvermeidlich, dass die verschiedenen Forscher je nach ihrer Vertrautheit mit den verschiedenen Richtungen, nach ihrer Auffassungsweise, der grösseren oder geringeren Anhänglichkeit an ältere Meinungen der Frage über die „Umwandlung“ gegenüber einen verschiedenen Standpunkt einnehmen. Erfreulich ist es hingegen, darauf hinweisen zu können, dass gerade in diesem Gebiete sich immer mehr Anknüpfungspunkte für die quantitative Methode der Vergleichung darbieten, so dass dieser Theil der Geologie immer mehr an exakter Basis gewinnen wird.

---