

Die Entstehung der Eisenerze.

Von

Dr. GUSTAV TSCHERMAK.

Vortrag, gehalten in der Generalversammlung des
Vereines am 4. Jänner 1864.

Das Eisen, eines der wichtigsten Culturmittel, gewinnen wir aus einigen wenigen Steinarten, die in allen Ländern in grösseren oder geringeren Mengen verbreitet sind. Es ist wohl der Mühe werth, der Frage nachzugehen, woher denn diese unterirdischen Schätze stammen, auf welche Weise dieselben gebildet und an ihre gegenwärtigen Lagerorte gebracht wurden?

Die Erforschung der Erzbildung und der Gestein-entstehung überhaupt ist eine der wichtigsten aber schwierigsten Aufgaben der Geologie. Sie ist erst neueren Datums. In den Handbüchern wird man noch wenig darüber finden. Die ältere Geologie besass noch nicht jene Mittel, welche ihr Chemie und Physik jetzt bieten; sie hatte übrigens vollauf damit zu thun, den Schichtenbau der Erdrinde zu ermitteln. Ueber die Bildung des Bodens musste die Phantasie mehr als die Beobachtung Aufschluss geben. Die Frage ward mit dem geringsten Aufwande so erledigt, dass die älteste Meinung, die Alles aus dem

Wasser entstehen liess, mit einer späteren verbunden und demnach alles Gestein, das Thierreste führt, als Bodensatz des Wassers, das übrige als Product des Feuers angesehen wurde.

Die neue Forschung musste die Methode gänzlich ändern. Nicht von vorn herein darf der Weg festgesetzt werden, welchen zu gehen der Natur erlaubt wird, wann sie Neues schafft. Wir müssen der Natur nachgehen, wir müssen die Gesetze ihrer Wirkungen im Steinreiche zu ermitteln suchen, unbekümmert darum, ob diese Gesetze dem Phantasiegemälde entsprechen, das uns die frühere geologische Anschauung von der Erdbildung entworfen.

Diese offenbar einzig richtige Methode wird von der bis nun herrschenden Geologie häufig missverstanden. Sie sieht den alten Glauben stürzen ohne dass ein neuer aufgerichtet wird. Sie sieht überall Fragen und Zweifel entstehen, wo vordem Alles klar, Alles abgeschlossen erschien. Sie sieht dort Bewegung nachgewiesen, wo vordem Alles ruhig schien seit Millionen von Jahren. — Der Träger dieser fortwährenden Bewegung im Steinreiche kann nur das allverbreitete Wasser sein. — Also fort mit der neuen Lehre, so meint jene; sie führt uns ja wieder zu dem uralten Glauben vom wässrigen Chaos!

Die neue Forschung, durch fortwährende Kämpfe gekräftigt und geläutert, führt uns zum Wissen.

Sie hatte noch nicht die Zeit, um Alles umzugestalten, doch sie schreitet sicher vorwärts durch Beobachtungen und Versuche.

Ein Beispiel hergenommen von einigen bekannten Steinarten soll zeigen, welcher Art die Ergebnisse ihrer Bemühungen seien.

Der Bergmann unterscheidet im Allgemeinen vier Arten von Eisenerz und er weiss dass in jedem Erze ausser dem Eisen noch andere Stoffe enthalten seien, die bei der Verhüttung weggeschafft werden, damit das gediegene Eisen gewonnen werde. Alles Eisen, das wir gebrauchen, ist aus diesen vier Erzen hervorgegangen. Ausser diesen giebt es aber noch einen eisenhaltigen Stein, der an manchen Orten in grösserer Menge vorkömmt, folglich als Eisenerz benutzt werden könnte. Der Bergmann verachtet ihn. Für unsere Frage ist er indess wichtig.

Es ist der gelbe, glänzende Schwefelkies oder Eisenkies, dieser neckende Kobold, der schon Manchen für einige Augenblicke zum Krösus machte, so lange der Glaube währte, Gold gefunden zu haben. Er soll heute vor den Erzen den Vorrang behalten. Freilich ist er auch der schönste von den Gästen, die ich Ihnen heute aufführe.

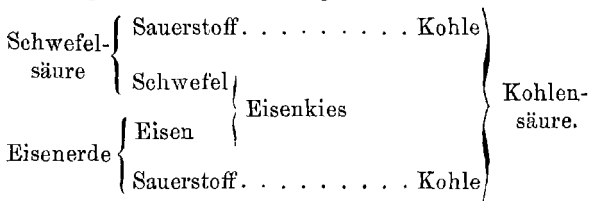
Sein goldähnliches Aussehen muss Jeden bestechen; doch kann man sich leicht überzeugen, dass nur sein Kleid so edel sei, denn beim Daraufschlagen

zerspringt er in Stücke; er lässt sich zu Pulver zerreiben, das eine schwärzliche Farbe zeigt; beim Erhitzen fängt er Feuer und brennt einige Zeit mit Schwefelgeruch. Da sich nun der Schwefel von dem anderen Bestandtheil, dem Eisen nicht leicht vollständig entfernen lässt, das schwefelhaltige Eisen aber brüchig ist, so wäre die Eisengewinnung aus diesem Steine viel zu kostspielig; daher seine Werthlosigkeit ja seine Schädlichkeit für die Eisenerzeugung. Er wird dagegen zur Bereitung von Schwefel, Schwefelsäure, Eisenvitriol, Eisenroth benutzt.

Der Schwefelkies ist sehr verbreitet. Allerorts findet er sich in grösserer oder geringerer Menge. In dem Tegel auf dem zum Theil unsere Hauptstadt steht, wird er häufig getroffen. Erst vor Kurzem hat er einen Brunnenmeister Wien's in Aufregung gebracht, der ein Goldlager entdeckt zu haben meinte, jedoch in höchst uneigennütziger Weise den Ertrag den Staatsfinanzen widmen wollte.

Die Entstehung hat man bereits bei verschiedenen Gelegenheiten beobachtet. Man fand den Eisenkies als frisch gebildeten Niederschlag von Quellen wie zu Achen, man traf ihn in Sümpfen und moorigen Gegenden als neu entstandenes Product; man beobachtete ihn überall, wo eisenhaltige Wässer, die zugleich schwefelsaure Salze führen, mit kohligen Substanzen, ob diese nun von Pflanzen oder von Thieren herrühren, zusammentreffen. Die Schwefelsäure lässt sich nämlich in Schwefel und Sauerstoff zerlegen, die Eisenerde,

welche in den Wässern aufgelöst ist, kann in Eisen und Sauerstoff zerfällt werden. Beide Vorgänge finden zugleich statt, sobald kohlige Stoffe hinzutreten, wie folgende Uebersicht zeigt:



In solchem Falle werden Eisenkies und Kohlensäure gebildet, ein Vorgang, deren Allgemeinheit und Wichtigkeit besonders von Bischof dargethan worden ist.

Nun wissen wir uns über das Auftreten des Eisenkieses Rechenschaft zu geben. Wir erklären uns nun leicht, woher es kommt, dass der unangenehme Gast so häufig in den Steinkohlen vorhanden ist, und das Heizen mit Steinkohlen in Wohnungen zuweilen verleidet. Es wundert uns nicht mehr, dass man öfters Pflanzenstengel in Schwefelkies umgewandelt, oder wie man sich ausdrückt, verkiest findet, ebenso Fischreste, Schnecken u. s. w. Hat man doch schon beobachtet, dass bei dem Zusammentreffen der vorgenannten Umstände Mäuse, ja einmal sogar der Leichnam eines Bergmannes zu Eisenkies geworden! Es ist nun leicht begreiflich, dass der Eisenkies fast aller Ortes anzutreffen ist; denn jedes Wasser enthält schwefelsaure Salze, jede Thon-

oder Sandschicht, jede Ablagerung enthält Pflanzen- und Thierreste; das Eisen ist allverbreitet. Trennen wir uns nun, nach einer flüchtigen Bekanntschaft von dem „Hanns in allen Gassen“, wie ihn ein alter Mineraloge nennt, um zu den eigentlichen Eisenerzen zu kommen.

Fast bei jedem Spaziergange, den wir in der hügeligen Umgebung der Hauptstadt unternehmen, bemerken wir einen Sandstein, der in den Alpen und Karpathen weit verbreitet ist und bei uns Wiener Sandstein genannt wird. Er hat im frischen Zustande eine bläuliche oder grünliche Farbe, der Luft ausgesetzt wird er gelblich oder gelblichbraun. Diese Farbenänderung rührt von einem beigemengten Eisenerze her, das bei der Verwitterung sich zersetzt. Dasselbe Erz findet sich an vielen Orten auch gesondert im Sandstein in Lagern von geringer Mächtigkeit. Es hat eine weisse oder grünlichgelbe Farbe, die beim Verwittern in braun oder schwarz übergeht. Oft ist es mit Kalk gemengt und es theilt mit diesem die Eigenschaft, beim Zusammentreffen mit einer Säure aufzubrausen und dabei Kohlensäure-Gas zu entwickeln. Entfernt man durch Glühen bei Luftabschluss die Kohlensäure, so bleibt eine schwarze Eisenerde zurück, welche neben dem Eisen weniger Sauerstoff enthält als jede andere Eisenerde, jede andere Sauerstoffverbindung des Eisens. Dieses Erz ist also die Kohlensäureverbindung einer sauerstoffarmen Eisenerde. Es wird Spatheisenstein, Ei-

senspath, von den Bergleuten Weisserz, auch Flinz genannt. Im Gemenge mit Thon gibt es den Thoneisenstein. In den Alpen ist es besonders am Nordrande im Gebiete des älteren Sandsteines zwischen Gloggnitz bis nach Schwatz in Tyrol häufig, fast immer in Gesellschaft von Kalkstein. Der Erzberg bei Eisenerz in Steiermark ist ein bekannter Punkt, wo dieses Erz in grosser Menge angehäuft ist. In den Karpathen findet es sich an vielen Orten in dünnen Lagern in dem Wienersandstein (Karpathensandstein) eingeschlossen.

Es scheint auf der Hand zu liegen, wie man sich die Entstehung des Weisserzes zu denken habe, denn jedes Quellwasser enthält nebst Kohlensäure auch Eisen, welches sich als Kohlensäureverbindung daraus absetzt; manche Wässer enthalten eine beträchtliche Menge Eisen, wie z. B. eine Quelle bei Mauer unweit Wien. Es bilden sich nun allerdings solche Absätze bei Quellen, doch bleiben sie in der Regel nicht unverändert. Der Sauerstoff der Luft wirkt zerstörend, die Kohlensäure entweicht und es entsteht ein braunes Eisenerz daraus. Anders verhält es sich in sumpfigen Gegenden, wo durch zuströmende Quellen und Bäche fortwährend Eisen zugeführt, zugleich aber durch die verwesenden pflanzlichen Stoffe der Sauerstoff der Luft zur Kohlensäurebildung in Anspruch genommen und so das entstandene Weisserz vor Zerstörung geschützt wird. Dann können sich Ablagerungen von Weisserz bil-

den. Ja noch mehr; wenn sich in einer solchen sumpfigen Gegend bereits jenes braune Eisenerz gebildet hat, so kann es geschehen dass durch die verwesenden Pflanzenstoffe jenem Erze wieder Sauerstoff entzogen, und Kohlensäure gebildet wird, welche mit der so entstandenen sauerstoffarmen Eisenerde Weisserz bildet.

Es erklärt sich daraus das Auftreten der Weisserze in der Steinkohlenformation als Begleiter der kohlenführenden Schichten, das Vorkommen dieser Erze in den Sandsteinen und Thonschichten, die Pflanzenmoder enthalten, die Gesellschaft mit Eisenkies, die Erscheinung der sogenannten Kohlenspiegel bei den karpathischen Weisserzen u. s. w.

Ausser den vorgenannten ist jedoch noch eine andere Entstehungsweise zu betrachten, die dem Uneingeweihten besonders auffallen muss: Aus einem Kalkstein, der anfänglich gar kein Eisen enthielt, entsteht mit der Zeit Weisserz. Wenn nämlich eine eisenhaltige Quelle mit Kalkstein in Berührung kömmt, so erfolgt ein Austausch. Ein Theilchen des Kalksteines wird aufgelöst, ein Theilchen Weisserz dafür abgesetzt. So entsteht ein Gemenge beider oder schliesslich reines Weisserz. An der unregelmässigen Lagerung im Gebirge erkennt man in solchen Fällen bald, dass man es mit keiner unmittelbaren Bodensatzbildung zu thun habe.

Die Bildung der Weisserze erfolgt seltener auf dem erstangeführten Wege durch völlig unmittel-

baren Absatz; häufiger durch Sauerstoffentziehung und durch Umwandlung des Kalksteins, wie Volger nachgewiesen hat.

Allgemeiner bekannt als das eben besprochene und viel häufiger ist das gewöhnlichste aller Eisenerze, das Brauneisenerz. Jedermann kennt die braune Farbe vieler Ackererden, die gelbe Farbe des Lehmes, vieler Steine und fast aller verwitterten thonigen oder sandigen Ablagerungen. Es ist ein gelbbraunes Eisenerz, das so allgemein in der Natur auftritt und an vielen Orten in grösseren Anhäufungen vorkömmt. Die Meisten welche sich sonst nicht mit der Unterscheidung der Steinarten abgeben, erkennen die hierhergehörigen Erze leicht von weitem. Sie sehen hier mehre lichte Braunerze; diese enthalten viel Thon beigemengt; die übrigen dunklen sind reinere Braunerze. Die Bestandtheile derselben sind leicht zu ermitteln. Beim Erhitzen gibt das braune Erz Wasser ab, und es bleibt eine rothe Eisenerde zurück. Daher rührt die rothe Farbe aller gebrannten Thonwaaren, die aus einem gelblichen Thon bereitet wurden. Die Brauneisenerze sind also Verbindungen von Eisenroth (Eisenoxyd) mit Wasser. Sie sind in allen Erdschichten von den ältesten bis zu den jüngsten verbreitet, da ihre Bildung von weniger Umständen abhängt als die der andern Eisenerze und da sie durch Umbildung aus allen übrigen hervorgehen. Betrachten wir zuerst die Bildung bei unmittelbarer Ablagerung.

An vielen Orten in Torfmooren, in Landseen, Bächen, im Untergrunde feuchter Wiesen, Aecker und Wälder bilden sich allmählig zusammenhängende Ablagerungen von Brauneisenerz, die nach ihrem Lagerorte Seeerz, Sumpferz, Wiesenerz, Raseneisenstein, Quellerz, Morasterz u. s. w. genannt werden. Solche Lager beobachtet man in den Niederungen zwischen dem Rhein und der Elbe, zwischen Elbe und Oder, auch in Polen, Jütland, Skandinavien, Russland. In unserm Vaterlande kommen sie nur hie und da in feuchten Niederungen in geringer Ausdehnung vor. Die Entwicklungsgeschichte dieser Bildungen hat in letzter Zeit Senft in Eisenach wie keiner vor ihm gefördert und zur Klarheit gebracht.

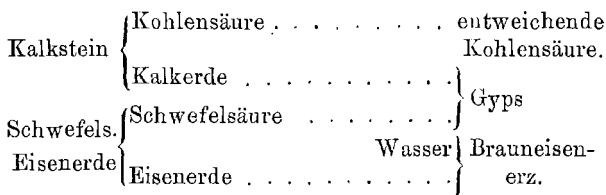
Jene Erze bilden sich meist in nassen Gegenden in eisenhaltigem Sandboden, wobei die Feuchtigkeit, der Sauerstoff der Luft und vor allem die Pflanzen im Leben und bei der Verwesung thätig sind. In jedem Torfmoor, in jedem Sumpfe werden nämlich sowol durch den Lebens- als durch den Zersetzungsprocess der Pflanzen gewisse Säuren gebildet. Diese dringen mit dem Wasser in den Untergrund und lösen die in den sandigen Schichten vorhandene Eisenerde auf. Die so entstandene eisenhaltige Auflösung ist nunmehr durch die ganze Sumpf- und Torfgegend verbreitet. Der Sauerstoff der Luft so wie der bei dem Lebensprocess der Pflanzen ausgeschiedene Sauerstoff bringen sodann beständige Zersetzungen darin hervor. Es entstehen schleimige

Eisenverbindungen, die alles überziehen, den Boden so wie die Stängel und Wurzeln unter der Wasseroberfläche. Durch weitere Einwirkung des Sauerstoffes wird endlich die aus pflanzlichen Stoffen hervorgegangene Säure zu Kohlensäure umgewandelt, diese entweicht als Gas, die früher vorhandene Eisenverbindung ist zerstört; es bleibt braune Eisenerde zurück die sich meist in Knollen zusammenzieht und erhärtet. Die von der Eisenauflösung durchdrungenen Pflanzenreste verwesen allmählig, bis zuletzt der Pflanzenstoff verschwunden ist und Eisenerde in der Form von Blättern, Stängeln, Wurzeln zurückbleibt. Daher finden sich in den Sumpferzen eine Menge vereiselter Pflanzenstängel, in sandigem Boden vereiserte Weidenwurzeln, ja in manchem feuchten Ackergrunde zuweilen Eisenerzknollen, die nichts anderes als vererzte Kartoffeln sind.

Nun erklärt sich die Entstehung jener Eisenerzlager leicht, die Abdrücke von Blättern, vereiserte Pflanzenstängel u. s. w. führen wie das Lager von Auwal bei Prag, viele in Deutschland, im Ural u. s. f. Die Bildung solcher Lager besteht nach dem Gesagten in dem Aufsammeln und Anhäufen der im Boden vertheilten braunen Eisenerde durch die Lebens- und Verwesungsprocesse der Pflanzen. Man hat auch gemeint, dass zuweilen durch den Lebensprocess von Infusorien Eisenerze entstehen, doch sind es nur die kalkigen oder kieslichen Gehäuse solcher und anderer Thiere die nach deren Absterben die mittelbare Ver-

anlassung des Absatzes von Eisenerde werden können, wie sich im Späteren ergeben wird.

Unter den noch zu besprechenden Bildungsweisen der Braunerze ist wiederum die Entstehung durch Kalkstein die merkwürdigste. Wenn man braune oder rothe Eisenerde nimmt, diese in einer Säure auflöst und nun in diese klare Lösung ein Stück Kalkstein legt, so bekommt der Kalkstein bald eine braune Rinde, während Kohlensäure-Bläschen aufsteigen. Die Rinde verdickt sich und es kömmt schliesslich dahin, dass man an der Stelle des Kalksteins ein Stück Brauneisenerz liegen hat. Bei diesem Vorgange zerlegte sich der Kalkstein: die Kohlensäure entwich, der zweite Bestandtheil der Kalkerde vereinigte sich mit der Säure, an welche vorhin die Eisenerde gebunden war, und geht in Lösung. Die braune Eisenerde bleibt an der Stelle des Kalkes zurück, wie in dem Beispiel:



Dieser Vorgang ist in der Natur häufig. In den Spalten des Wiener Sandsteins bemerkt man oft Krystalle von Kalkspath mit gelber Rinde, eigenthümlich schillernd. Dies ist der Anfang. Auch fernere

Stufen der Veränderung sind zu finden. Es bildet sich eine braune, zuweilen lederartige Rinde, die Krystalle sind nicht mehr zu erkennen, endlich bleiben nur hie und da Kalkspath-Körner unter dem Braunerze, und auch diese verschwinden zuletzt. Man kennt übrigens manche Gegenden, wo dieser Vorgang so günstig verlief, dass nach der Umwandlung das entstandene Braunerz vollständig die Form der früheren Kalkspath-Krystalle behielt.

Viele Brauneisenerze, besonders von den nicht lagerförmig vorkommenden, sind auf solche Weise gebildet. In ihrer Gesellschaft erscheint oft Gyps (schwefelsaure Kalkerde), Baryt (schwefelsaure Baryterde); was man sich nach dem vorigen Schema leicht erklären kann. Es erscheinen demnach Theile von Kalkbergen oder Kalkstein führenden Schichten in Brauneisenerz umgewandelt, so im Harz, in Nassau, wo Grandjean auf den besprochenen Vorgang aufmerksam machte, in Kurhessen, wo ihn Ludwig erkannte, in Oberschlesien, im Ural u. a. O. Es ist eine alte Wahrnehmung, dass Braunerze oft mitten zwischen eisenhaltigen kieslichen Gesteinen, z. B. Porphyren, Grünsteinen und merglichen, also kalkführenden Schichten lagern. In diesen Fällen sieht man also auf der einen Seite die Quelle, die das Eisenerz lieferte, auf der andern den Stoff, der es niederschlug.

Es erklärt sich nun auch das Vorkommen vieler Bohnerze. Es sind dies Anhäufungen von rundlichen,

zuweilen bohnenförmigen oft schalig zusammengesetzten Stücken von Braun- oder Rotheisenerz.

Nun kommen oft braune Bohnerze in trichterförmigen, sack- oder schlauchartigen Höhlungen im Kalkgebirge vor. Aufsteigende Quellen waren es, die an solchen Stellen empordrangen, Kalksteintrümmer abrundeten und durch ihren Eisengehalt Erze daraus schufen. Daher findet man bei den Bohnerzen oft vererzte Muscheln, die auch im umgebenden Kalkgebirge als kalkige Versteinerungen vorkommen. Im Karst, bei Olomutschan in Mähren, im Juragebirge sind solche Bildungen bekannt. Die Entstehung mancher lagerartigen braunen Bohnerze erklärt man sich nun auch ohne Schwierigkeit, andre solcher Lager sind jedoch durch Zersetzung von Weisserz- oder Schwefelkies-Knollen entstanden, oder durch Anhäufung abgerollter Braunerz-Stücke hervorgegangen.

Häufig gibt die Veränderung des Weisserzes Anlass zur Braunerz-Bildung. An jenen Stellen, wo dasselbe der Einwirkung des Sauerstoffes der Luft ausgesetzt ist, oder von Gewässern die an der Luft Sauerstoff aufgenommen haben (Tagewässern) durchdrungen wird, entweicht allmählig der eine Bestandtheil, die Kohlensäure, der andere zieht Sauerstoff und Wasser an sich und bildet Braunerz. Auf diesen Vorgang hat besonders Haidinger die Aufmerksamkeit der Geologen gewendet und es sind viele hierhergehörige Fälle aus unserem Vaterlande bekannt

geworden. Ich nenne blos das Eisenerz von Pitten in Niederösterreich, die Braunerze von Hüttenberg und Lölling in Kärnten, in den älteren Gebirgen Böhmens. Manche dieser Erze haben noch einen Kern von unverändertem Weisserz, manche zeigen eine schwarze Farbe (Schwarzerze) in Folge einer Beimengung von Mangan-Erde.

Wenn das ursprüngliche Weisserz, wie es häufig der Fall, aus Kalkstein hervorgegangen war, so ist die jetzt erwähnte Bildung nur eine mittelbare Entstehung aus Kalkstein.

Eine fernere Bildungsweise des Braunerzes beruht auf der Zersetzung der Eisenkiese durch Sauerstoff. Wann nämlich derlei Kiese mit Tagewässern in Berührung kommen, so nimmt der eine Bestandtheil, der Schwefel, Sauerstoff an und es bildet sich Schwefelsäure, auf gleiche Weise entsteht aus dem Eisen Eisenerde. Diese beiden neu entstandenen Stoffe bilden nun mit einander eine Verbindung, die in Wasser auflöslich ist und in vielen Fällen dadurch weggeführt wird. Sobald indessen an ihrem Entstehungsorte ein Stoff vorhanden ist, der die Schwefelsäure an sich nimmt z. B. Kalkerde, so geschieht dasselbe, was vorhin bei der Entstehung des Braunerzes aus Kalkstein erwähnt wurde: Es bleibt Braunerz zurück, während schwefelsaure Kalkerde (Gyps) sich bildet. Oft geschieht der ganze Vorgang allmählig: in demselben Maasse als der Eisenkies verwittert, wird die entstandene Schwefelsäure durch die sonst im Wasser aufgelösten Stoffe hinweg-

genommen und Eisenerde zurückgelassen, so dass das entstandene Braunerz die Form des Eisenkieses vollständig behält. Häufig findet man im Innern so entstandener Braunerz-Stücke noch einen Kern von Eisenkies. Obgleich der ganze Vorgang in kleinerem Maassstabe ein sehr gewöhnlicher ist, so gibt es doch nicht viele grosse Erzmassen, die so gebildet worden, weil eben auch der Eisenkies nicht häufig so grosse Massen an einem Punkte bildet. Im Banat und in Kärnten fand man indessen nicht unbedeutende Mengen solcher Erze.

Ueber die Bildungsarten des Braunerzes muss endlich noch erwähnt werden, dass zuweilen auch aus den beiden folgenden Eisenerzen, dem Rotheisenerz und dem Magneteisenerz durch Verwitterung Braunerze hervorgehen. Man sieht aus all dem Gesagten, dass die Bedingungen für die Entstehung des Braunerzes sehr häufig gegeben sind, dass es auf vielen Wegen sich bilde und dass es häufig das Endergebniss einer Reihe von chemischen Vorgängen in der Erdrinde darstelle. Desshalb findet man es auch so häufig an dem Ende verschiedener Erzgänge gegen die Erdoberfläche zu, wo sich durch die Verwitterung der eisenhaltigen Kiese und durch andere Vorgänge solche Anhäufungen desselben bilden und zu dem Sprichworte des Bergmannes Veranlassung geben: Es ist der Gang nicht gut, er hat denn einen eisernen Hut.

Wir wenden uns nun zu einem anderen, wieder sehr gewöhnlichen und allgemein bekannten Erze. Schon bei einer früheren Gelegenheit war von der rothen Eisenerde die Rede, welche aus der braunen entsteht, sobald diese erhitzt, und das darin enthaltene Wasser weggeschafft wird. In der rothen Eisenerde sehen wir blos Eisen und Sauerstoff als Bestandtheile. Sie ist in der Natur sehr verbreitet. Die rothen Erden, die rothen Kalk- und Sandsteine verdanken ihr diese Färbung. Grössere Anhäufungen derselben sind die sogenannten Rotheisenerze. Diese bilden sich aus den Braunerzen indem der Wassergehalt verschwindet, wie Haidinger nachgewiesen hat. Doch geschieht dies nicht etwa durch Erhitzung, sondern durch einen sehr allmäligen Vorgang bei gewöhnlicher Temperatur der sich zuweilen unter unseren Augen vollzieht. In Folge seiner Abstammung vom Brauneisenerze geht das Rotheisenerz auch auf mittelbarem Wege aus dem Weisserz und dem Eisenkies hervor.

Man kennt Eisensteingruben wo man alle diese Erze neben einander findet: Unten Weisserz mit Eisenkies, welche beide aus den angeführten Ursachen in Gesellschaft auftreten; weiter oben gegen die Erdoberfläche zu Braunerze und Rotheisensteine in denen sich hie und da auch die Umrisse der früher vorhandenen Eisenkies-Krystalle finden.

Ebenso leicht begreiflich wie dieses Zusammenkommen ist uns nun auch die Umwandlung des

Kalksteins zu Rotheisenerz. So wie sich Theile von Kalksteingebirgen in Braunerz verwandelt finden und die darin enthaltenen Versteinerungen aus Braunerz bestehen, so trifft man auch häufig Rotheisensteine die mittelbar von Kalkstein abstammen und rothe vererzte Schalen von Muscheln und Schnecken, endlich Rotheisenstücke enthalten, welche noch die Form von Kalkspathkrystallen zeigen; Beispiele von allen diesen Erscheinungen sehen Sie unter den eben vorgewiesenen Stücken. Das rothe Erzkleid, der Harnisch, in welchem die Schnecken-Versteinerungen in unseren Kalkalpen so häufig auftreten, war früher Perlmutter, hierauf Kalk, dann Weisserz, dann Braunerz, endlich nahm es die rothe Farbe an.

Das Vorkommen rother Bohnerze ist nach dem Gesagten auch nicht schwer erklärlich.

In den älteren Gebirgen haben die Rotheisenerze häufig nicht mehr jenes erdige oder steinartige Ansehen und die rothe Farbe, woran sie sonst so leicht erkannt werden. Sie erscheinen dann glänzend, metallisch aussehend, eisenfarbig. Erst wann sie zerrieben werden, tritt die rothe Farbe wieder hervor. Viele dieser Erze sind durch einen Krystallisations-Vorgang aus dem Rotheisenerz entstanden. Theilweise kömmt ihnen jedoch eine selbständige Bildung zu, besonders wo sie in geringer Menge und in Krystallen auftraten. An einigen Orten endlich kommen Rotheisenerze vor, deren Aeusseres beweist, dass sie vordem Magnetstein gewesen seien.

Als das letzte der vier gewöhnlichen Eisenerze hat nun noch das **Magneteisenerz** Anspruch Ihnen heute vorgeführt zu werden. Es hat, wie Sie sehen, schwarze Farbe. Auch wenn es zerrieben wird, verläugnet es dieselbe nicht. Es ist so wie das Eisenroth, eine Eisenerde, ein Eisenrost; doch enthält es neben dem Eisen weniger Sauerstoff als das rothe Erz, denn es besteht nur zum Theil aus Eisenroth, zum Theil aber aus jener sauerstoffarmen Eisenerde, die im Weisserz vorkömmt. Der Rost, welcher beim Erhitzen des Eisens entsteht, und beim Schmieden abspringt, der sogenannte Hammerschlag ist demselben in der Zusammensetzung sehr ähnlich. Bei der Verwitterung bekömmt der Magneteisenstein öfters die Eigenschaft, Eisen an sich zu ziehen und festzuhalten, er wird ein natürlicher Magnet. Solche Stücke haben zur Entdeckung des Magnetismus geführt und dem Erze den Namen verliehen.

Es gibt mancherlei dunkelfarbige Gesteine, welche ihre tiefe Färbung der Magneteisenerde verdanken, wie die Basalte, schwarzen Porphyre, Hornblendegesteine, Grünsteine, die dunklen Trachyte. Theils findet sich Magneteisenerz darin, theils eine Verbindung der Erde mit Kieselerde und andern Stoffen. Bei der allmäligen Zersetzung und Verwitterung scheidet sich öfters die Magneteisenerde von der Verbindung und es entsteht in solcher Weise eine grössere Menge von Magneteisenerz in solchen Gesteinen, worin früher wenig oder gar keines auftrat; ein Vor-

gang, welcher besonders durch Bischof erkannt worden. Demgemäss finden sich viele Magneteisenerzlager in derlei dunklen Kieselgesteinen, wie z. B. im Grünstein bei Taberg in Schweden, im Ural; im Hornblendeschiefer bei Arendal in Norwegen, in Ungarn. Ebenso trifft man das Magneteisenerz in lichterem kieslichen Gesteinen, wie im Chloritschiefer in den Alpen, in Böhmen, Mähren. Es gibt auch Fälle in denen dieses Erz in Verbindung mit Braunerzen vorkömmt wie in der Bukowina oder mit Weisserzen, wie im Banat. Dies deutet darauf hin, dass das Magneteisenerz an jenen Orten aus Braunerz und mittelbar aus Weisserz entstand, welcher Vorgang bei kleineren Mengen in der Natur bereits nachgewiesen ist.

So sehen wir das rothe Erz und das Magneteisenerz häufig auf eine mittelbare Entstehung angewiesen, indem sie aus anderen Erzen hervorgehen. Oft kehren sie aber auch wieder zu den ersten Zuständen zurück und es durchläuft das Eisen verschiedene Stadien in gesetzmässiger Reihe, wie dies von Volger so sinnreich dargelegt worden.

Nachdem wir uns mit dem Einzelnen beschäftigt, werfen wir nun einen Blick auf den Vorgang der Eisenerzbildung im Grossen und Ganzen.

Die Erscheinung besteht im Allgemeinen in dem Auflösen und Weiterführen der kleinen Eisenerztheilchen, die sich allenthalben in den Gesteinen zerstreut finden und in dem Anhäufen dieser Theil-

chen an einzelnen Orten. Die erste Rolle spielt dabei das Wasser, welches überall die Gesteine durchdringt, mit den einzelnen Theilchen dasselben in engste Berührung kömmt und mit Hilfe der Kohlensäure, die es aus der Luft, dem Humusboden, den Gesteinen mitgebracht, zuweilen auch mittelst anderer Säuren auflöst. Im Uebrigen sind es die Pflanzen, Thiere, die atmosphärische Luft, welche bei dem Vorgange mit wirken. Die Pflanzen sind nicht blos in jener Weise thätig wie wir es bei der Bildung des Brauneisenerzes, des Weisserzes, des Eisenkieses gesehen haben, sondern indem sie im Leben und nach dem Tode Kohlensäure liefern, endlich dadurch, dass manche derselben zur Entstehung von Kalkstein-Ablagerungen Anlass geben, welche, wie wir gesehen haben, öfters die Bildung von Weisserzen und Braunerzen hervorrufen. In der letzteren Hinsicht werden sie jedoch bei Weitem von den kalkabsondernden Thieren, den Korallen, Muscheln, Schnecken u. s. w. übertroffen, durch welche alle Kalksteingebirge, welche wir kennen, entstanden sind. So hat auch das Thierreich einen mittelbaren Antheil an der Erzbildung. Die atmosphärische Luft wirkt nicht nur durch ihren Gehalt an Kohlensäure mit. Der Sauerstoff derselben wird von dem überall verbreiteten Wasser aufgenommen und in die Tiefe geführt. Er verwandelt den in den Gebirgsschichten verbreiteten Pflanzen- und Thiermoder in Kohlensäure, er verändert die verschiedenen darin vertheilten Eisenverbindungen und macht

sie für die Auflösung geeignet, er verwandelt endlich die schon angehäuften Erzlager, das Weisserz in Braunerz, in Rotheisenstein u. s. w.

Aus dieser flüchtigen Hindeutung werden Sie bereits den Zusammenhang erkennen der zwischen den Erscheinungen im Steinreiche, in der Atmosphäre, dem Pflanzen- und Thierleben besteht; Sie werden auf den beständigen Kreislauf aufmerksam geworden sein, der die ganze Natur umfasst. Ich will dies nicht weiter ausführen, und doch werden Sie leicht einsehen, dass dasjenige was für die heute aufgeführten Stoffe gilt, für alle Steinarten, für die ganze unbelebte Natur gelten muss. Nur durch das Zusammenwirken der verschiedenen Kräfte in dem Belebten und Leblosen ist der Stein geworden, ist unsere Erdoberfläche geworden was sie ist und beständig geht der Kreislauf in derselben Weise fort. Und wenn wir nun ein einzelnes Stäubchen im Steinreiche oder, um bei dem heutigen Beispiele zu bleiben, wenn wir uns ein einzelnes Erztheilchen in der allgemeinen Bewegung denken: In welcher unstäter Wanderung erblicken wir es im Geiste; wie es von dem quellenden Wasser aufgelöst, emporgeführt, hier als Weisserz abgesetzt, dort in Kies verwandelt wird. Es rostet und wird zu Braunerz, die Thätigkeit der Pflanze sammelt es auf, wieder wird es gelöst, dort durch Kalk gefällt, oder in eine Kieselverbindung aufgenommen, bei deren Zersetzung es von Neuem wandert u. s. fort. Welche Fülle, wel-

ches Gewirr von Erscheinungen, die dennoch einfachen Gesetzen gehorchen! Und doch wäre diess nur ein kleiner Theil dessen, was uns die Natur wirklich bietet. Ich habe blos von den gewöhnlichsten Vorgängen bei einigen Eisenverbindungen gesprochen, welche sich am häufigsten bilden, am häufigsten vorkommen. Hunderte von anderen Verbindungen gibt es in der Natur, welche Eisen führen; in den Pflanzen- und Thierkörpern ist es verbreitet. Unbeschreiblich mannigfaltig wird vor unsrem Blick die endlose Zahl der Vorgänge, welche diesen einen Stoff betreffen. Das Gleiche gilt aber auch für alle in der Natur häufig auftretenden Stoffe, wie Kiesel, Kohle, Kalk, Bittererde u. s. w. Unsre Phantasie vermag kaum einen Theil des Bildes zu fassen, das bei der Anreihung all' der gleichzeitig im Boden ablaufenden Erscheinungen entstände. Die Vorgänge sind allmälige, langen Zeiträumen entsprechend; doch sie sind allgemein. Allerorts in der Erdkruste regen sich die Stoffe, es herrscht Wechsel und Bewegung. So hatte es sich die ältere Geologie nicht gedacht. Die Erde war ihr ein abgestorbener Leib, an dem noch hie und da eine krampfhaftige Zuckung vorkömmt. Die heutige Forschung hat diesen Leib belebt, seinen gesetzmässigen Bau erkannt, den Kreislauf der Stoffe in ihm nachgewiesen. Sie hat in die Betrachtung des Steinreiches Geist gebracht.
