

B. COTTA: der innere Bau der Alpen (GIEBEL und SCHALLER, Zeitschr. f. populäre Natur-Kunde 1854, 46 ff.). Die Alpen-Kette bildet in ihrer gesammten Ausdehnung nur ein harmonisches Gebiet, gleichsam ein geologisches Individuum. Sie besteht nicht aus einzelnen, zufällig zusammengehäuften, unabhängig nebeneinander gebildeten Bergen oder Gebirgen, sondern es findet in ihr ein allgemeiner Zusammenhang des inneren Baues statt, jeder ihrer Theile ist von den anderen und von dem Ganzen abhängig. Wenn man auch diesen ganzen Theil *Mittel-Europa's* bis zum Meeres-Spiegel abrasiren könnte, so dass nichts als eine ebene und nackte Gesteins-Fläche übrig bliebe, so würde immer noch die einstige Existenz dieser merkwürdigen Gebirgs-Kette aus der Verbreitung bestimmter Gesteine und aus der Stellung der Schichten sich erkennen lassen. So ist es bei den meisten grösseren Gebirgen, hier aber vorzugsweise deutlich. Die Trennungen und speziellen Benennungen ihrer einzelnen Theile, welche man aus einer Art von geographischem Bedürfniss vorgenommen hat, lassen sich allerdings zum Theil auch geologisch rechtfertigen; wir werden sehen, wie sie mit dem inneren Bau zusammenhängen. Aber sie verhalten sich im Grunde doch alle nur wie die Glieder zu einem grossen Organismus.

Um die allgemeine Übersicht des in seinen Einzelheiten oft sehr verwickelten inneren Baues der Alpen einigermassen zu erleichtern, beginne die Darstellung mit einem Querschnitt der ganzen Kette an einer Stelle, wo sie sich gerade von besonders einfachem und sogar sehr symmetrischem Bau zeigt; das ist zwischen *Rosenheim*, *Kufstein* und *Tolmezzo*. Aber selbst dieser einfache Querschnitt soll zunächst in sehr idealisirter Weise vorgelegt werden, da in Wirklichkeit die Manchfaltigkeit der Gesteine und ihrer Lagerungs-Verhältnisse auch an dieser Stelle immer noch so gross ist, dass eine genaue Darstellung nur schwierig auszuführen seyn würde.

Zwischen den genannten Orten finden wir eine zentrale Haupt-Kette, bestehend aus krystallinischen Schiefen: Gneiss, Glimmerschiefer, Talk- und Chlorit-Schiefer, mit Einlagerungen von körnigem Kalkstein und Serpentin, hier und da durchsetzt von Granit.

Zu beiden Seiten dieser krystallinischen Haupt-Kette, welche man geographisch als die Kette der *Tauern* zu bezeichnen pflegt, sind breite und tiefe Längen-Thäler ihr parallel eingeschnitten oder aufgespalten, welche vorzugsweise den etwas leichter zerstörbaren Gesteinen der Grauwacken-Formation folgen. Durch diese der Haupt-Kette parallelen Depressionen werden beiderseits nördliche und südliche Kalk-Alpen abgesondert, deren ersten z. B. als *Salsburger Alpen* bekannt sind. Über den Grauwacken-

Schichten finden wir zunächst eine rothe Sandstein-Bildung, welche dem sogenannten Bunten Sandstein *Norddeutschlands* zu entsprechen scheint; dann aber erheben sich als eine mächtige Platte zu beiden Seiten die oft dolomitischen Kalk-Alpen. Ihre Fels-Wände sind besonders schroff gegen die innere Haupt-Kette gekehrt; sie sind aber auch nach aussen so vielfach von gewaltigen Thal-Spalten durchschnitten und erheben sich so plötzlich aus den benachbarten Ebenen, dass dadurch ihr gesammter Oberflächen-Charakter ein ungemein zerrissener und felsiger wird.

Diese 4—6000' mächtige stark zerrissene Fels-Platte besteht vorherrschend nur aus Kalkstein und Dolomit; die Einlagerungen von thonigen und sandigen Gesteinen, von Gyps und Steinsalz, welche sie enthält, treten dagegen als sehr untergeordnet zurück. Es entspricht aber diese Kalk-Platte — der sogenannte Alpen-Kalkstein — wie aus den hie und da darin gefundenen Versteinerungen hervorgeht, sechs bis sieben derjenigen Flötz-Formationen, welche man im übrigen *Deutschland* deutlich von einander unterscheiden kann. Sie umfasst nämlich in sich wahrscheinlich: Muschelkalk, Keuper, Lias, Jura, Neokomien, Quader und Kreide. Das Alles auf beiden Seiten ungefähr symmetrisch.

Versucht man jedoch, diese Formationen geographisch von einander zu trennen, dann zeigen sich sogleich einige der grossen Schwierigkeiten, welche sich in den Alpen überhaupt aller geologischen Forschung entgegenstellen. Die Gesteine dieser Abtheilungen sind nur wenig und vielleicht überhaupt nicht konstant von einander verschieden, ihre Lagerung ist ausserordentlich gestört, die Schichten sind vielfach gebogen, zerbrochen und ineinander geschoben. Viele Stellen sind schwer oder gar nicht zugänglich. Deutliche Versteinerungen findet man nur an einzelnen Punkten und diese lassen sich aus obigen Ursachen oft kaum auf eine sichere Weise miteinander verbinden. Dazu kommt aber noch, dass ein Theil der alpinischen Versteinerungen sehr abweicht von denen, welche man nördlich von den Alpen in den wahrscheinlich entsprechenden Formationen gefunden hat. Ja diese Abweichung ist sogar so gross, dass man eine Zeit lang glaubte, in diesen Ablagerungen seyn überhaupt die Gesetze der Vertheilung organischer Reste entweder gar nicht befolgt, oder wenigstens ganz andere als die, welche man anderwärts beobachtet hatte.

Zu beiden Seiten der Alpenkalk-Zone treten dann am äusseren Rande gewöhnlich sogenannte tertiäre Ablagerungen auf, aber keineswegs immer den Alpenkalk überlagernd, sondern wenigstens am Nord-Rande sehr oft unter diesen einschliessend, was offenbar nur eine Folge gewaltsamer Störungen der ursprünglichen Lagerungs-Verhältnisse seyn kann, mögen diese nun in gewaltigen Faltungen, in Verwerfungen oder Überschiebungen bestanden haben.

Die tertiären oder Molassen-Bildungen der Alpen bestehen vorherrschend aus Nummuliten-Gesteinen, Molasse-Sandstein (zum Theil Wiener Sandstein und Macigno), Nagelflue und kalkig-thonigen Schichten mit Kohlen-Einlagerungen. Dem Alter nach hat man sie, wie überhaupt die Tertiär-Gebilde, geschieden in:

Formationen.
Eocän-Gebilde
Miocän-Gebilde
Pliocän-Gebilde .

Diese bestehen in den Alpen-Gegenden aus:
Nummuliten-Gesteine und zum Theil Flysch.
Molassen-Sandstein, Nagelflue und Kohlen.
Gewissen Kalksteinen.

Aber auch die Trennung dieser Formationen ist in einzelnen Fällen ausserordentlich schwierig.

Wir sind genöthigt, vorauszusetzen, dass da, wo sich jetzt die Alpen-Kette zu den Wolken erhebt, zur Zeit, als der Alpen-Kalkstein sich abgelagerte, ein ungemein tiefes Meeres-Becken vorhanden war, in welchem nach der Bildung des Bunten Sandsteins in einer langen Periode vorherrschend fast nur kalkige Schichten abgelagert wurden, während in derselben Zeit im nördlicheren *Deutschland* in einem weniger tiefen Meere die Natur der Ablagerungen mehr wechselte und auch etwas andere Organismen lebten.

Darauf, und vielleicht schon während der letzten Alpenkalk-Ablagerungen, begann in dieser Erd-Region eine lange fortdauernde Gebirgs-Erhebung. Nachdem diese den Boden des Wasser-Beckens um etwas erhöht und vielleicht schon einzelne Inseln emporgeschoben hatte, lagerten sich möglicher Weise während fortdauernder periodischer Erhebung die eocänen Schichten ab. Ehe aber die Miocän-Ablagerungen folgten, ragte schon eine mächtige Berg-Kette aus dem Wasser hervor; jene konnten sich nur noch an deren Rändern und in ihren Fiord-ähnlichen Buchten absetzen und sind daher in dem östlichen Alpen-Gebiet nirgends mehr deutlich durch eine lokale Hebung aus der ursprünglichen Stellung gebracht, wie das in den westlichen Alpen allerdings sehr oft der Fall ist.

Aber weit später, nach der sogenannten Diluvial-Zeit, muss durch sehr allgemeine kontinentale Hebung, ohne spezielle Zerstörungen, noch der grössere Theil unseres ganzen Welttheils mit den schon vorhandenen Gebirgs-Ketten in ein höheres, in sein jetziges Niveau heraufgerückt worden seyn, wenn man nicht etwa ein allgemeines Zurückweichen des Wassers in der nördlichen Hemisphäre, durch grossartige Senkungen in der südlichen veranlasst, annehmen darf.

Wir haben da nun also einen Querschnitt der Alpenkette, und zwar den wahrscheinlich einfachsten, ungefähr kennen gelernt. Das hier Gefundene wird uns bei weiterer Betrachtung des Baues der anderen Alpen-Gegenden überall einigermassen zum Anhalten dienen können; denn es sind wirklich nur starke Modifikationen dieses Normal-Baues, welchen wir anderwärts begegnen.

Weiter östlich spaltet sich noch vor *Grätz* die einfache Kette in zwei Arme, deren einer gegen *Pressburg* gerichtet ist, während der andere sich südöstlich wendet, allmählich gegen *Illyrien* und *Dalmatien* den alpinischen Charakter verlierend, schon deshalb, weil jenseits *Cilli* und *Pettau* alles krystallinische Gestein fehlt. Dabei wird auch die Erhebung beider Arme nach und nach immer geringer. Den südlichen Arm hat man geographisch nochmals in die *Karnischen* und *Julischen Alpen* geschieden.

Gegen Westen wird dagegen die Erhebung durchschnittlich grösser, die zentrale krystallinische Achse, in welcher immer mehr granitische Gesteine bis zur Oberfläche reichen, wendet sich theilweise nach dem Südrande, bildet diesen unmittelbar vom *Lago maggiore* an bis jenseits *Turin*; zugleich spaltet sie sich; ihre Wirkung wird dadurch nicht nur einseitiger, sondern auch komplizirter. Sie verschwindet auch wohl theilweise ganz unter minder metamorphischen Bedeckungen, oder es treten gesonderte Theile derselben sowohl hinter als neben einander hervor. Dabei wendet sich die ganze Kette mit einem starken Bögen aus ihrer Haupt-Richtung, ONO.—WSW., mehr nach S. und endlich sogar nach SO. Darum hier mehr gesonderte Ketten, wie die *Berner Alpen*, die *Tessiner Alpen*, die *See-Gebirge*, die *Walliser Alpen*, die *West-Alpen*, die *Grajschen Alpen*, die *Cottischen Alpen* und endlich die *Meer-Alpen* und *Ligurischen Alpen*, welche das obere *Po*-Becken Halbkreis-förmig einschliessend sich bei *Genua* mit den *Apenninen* verbinden, während von der konvexen Seite dieser grossen Krümmung aus alpinisches Gebirgsland südlich bis nach *Nizza* und *Toulon* hinabreicht.

Mit der stärkern und höhern Erhebung wird die Zerrissenheit der Oberfläche und die Störung der ursprünglichen Schichten-Lage grösser und grösser. Die älteren Ablagerungen der Grauwacke und der Trias-Gruppe (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper) verschwinden wenigstens von der Oberfläche gänzlich. Westlich vom *Comer-See* und von den *Rhein-Quellen* sind sie nicht mehr bekannt. Die neueren Ablagerungen vom *Lias* aufwärts sind dagegen so ausserordentlich gefaltet, zerbrochen und durcheinander geschoben, dass es trotz ihrer hier in Vergleich zu den *Ost-Alpen* etwas manchfaltigeren Gesteins-Zusammensetzung noch schwerer geworden ist, sie zusammenhängend auf Karten einzutragen als dort. Die Erhebungen sind aber hier nicht nur bis zur *Montblanc-Gruppe* bedeutender oder energischer und manchfaltiger gewesen, sondern sie haben auch länger gedauert. Auch die miocänen Schichten sind von ihnen mit betroffen worden, und in die allgemeine Verwirrung dieser Lagerungs-Störungen hineingezogen.

Ein Theil der in den *West-Alpen* gehobenen Schichten scheint durch plutonische Einwirkungen so stark verändert zu seyn, dass es bei mangelnden Versteinerungen bis jetzt noch nicht möglich gewesen ist, ihr relatives Alter zu bestimmen; nur aus Gründen der Analogie vermuthet man, dass sie grösstentheils zur Jura- und Kreide Gruppe gehören; wahrscheinlich wird man aber noch lange für sie die unbestimmten Ausdrücke *Flysch*, *Valorsin* und *Alpenkalk* anwenden müssen.

Die Natur der Gesteine in den Flötz-Ablagerungen ist überhaupt in den *Alpen* grossentheils eine sehr viel andere, als im übrigen *Deutschland*, und zwar in der Weise eine andere, dass man sie desshalb lange Zeit für weit älter gehalten hat, als sie wirklich sind. Wahre Thonschiefer, die man zum Dachdecken benützen kann, Glimmerschiefer-ähnliche Gesteine und feste graue Kalksteine, von vielen *Spath-Adern* durchzogen, ganz wie der *Harszer* Grauwacken-Marmor, ja selbst halb-krystallinische Kalksteine

sind hier nach und nach durch die wenigen darin gefundenen, noch deutlichen organischen Reste als Jura- und Kreide-Bildungen erkannt worden. In den Ansichten der Geologen ist dadurch die Bildung der *Alpen* allmählich eine immer jüngere geworden, man hat ihre Gesteine anfangs für viel zu alt gehalten, weil sie stärker umgewandelt sind, als die gleichalten Schichten in anderen Erd-Gegenden.

Diese Metamorphose der Gesteine, zeigt sich ganz besonders auffallend auch an allen Kohlen-Ablagerungen. Im Innern der *Alpen* treten an einzelnen Stellen noch kleine Kohlen-Ablagerungen auf, die wir früher, um das Bild möglichst zu vereinfachen, unberücksichtigt liessen, und welche man nach den darin enthaltenen Pflanzen-Resten als der Steinkohlen-Formation zugehörig erkannt hat. So z. B. an der *Stangenalp* in *Steiermark* und im nördlichsten Theil *Savoyens*. Die Kohlen-Lager dieser Schichten bestehen aber nicht aus Steinkohlen, sondern aus Anthrazit, von dem man früher glaubte, dass er nur in Grauwacken-Bildungen auftrete. Ebenso sind die Kohlen-Lager in den tertiären Schichten am äussern Rande der *Ost-Alpen* grösstentheils nicht Braunkohlen, denen sie ihrem Alter nach entsprechen, sondern Bitumen-ärmere Schwarzkohlen (Steinkohlen). In beiden Fällen haben also die Kohlen eine Beschaffenheit angenommen, wie man sie gewöhnlich nicht in gleich-alten, sondern nur in älteren Schichten kennt. Ihr Bitumen-Gehalt ist ein geringerer.

Mitten in der mehrfach gespaltenen krystallinischen Zentral-Kette, an der *Furka* und am *Neuffen* findet man sogar, zwischen deutlichem Gneiss eingelagert, kalkige Schiefer, welche oft für Glimmerschiefer gehalten worden sind und hier noch erkennbare Belemniten enthalten. Aber diese Belemniten weichen dadurch von allen anderen bis jetzt bekannten ab, dass ihre faserige Scheide nicht mehr faserig ist, sondern aus körnigem Kalkstein besteht.

Wohl in keinem andern Gebirge der Erde zeigen sich bei der Thal-Bildung die Wirkungen der Hebung und Spaltung der Erosion durch Wasser und durch Eis so deutlich nebeneinander als hier. Wahre Systeme von Längenthälern durchziehen ziemlich parallel der Hauptachse unsere Gebirgs-Kette. In den *Ost-Alpen* zu beiden Seiten der Zentral-Kette; in der *Schweitz* sogar mitten in derselben, in Folge einer grossen zentralen Haupt-Spalte. In diesen Thal-Systemen oder grossen Längen-Depressionen (Spalten) laufen oft mehre Flüsse theils nach derselben Richtung hinter einander, wie die *Salza* und die *Enns*, theils nach entgegengesetzten Richtungen, wie die *Drau* und die *Riens*, theils sogar nebeneinander, durch verhältnissmässig flache Rücken geschieden, wie die *Salza* und *Saalbach*. Am merkwürdigsten ist aber jene zentrale Thal-Spalte, die in der *Schweitz* fast geradlinig von *Chur* bis *Martigny* verläuft. In ihr fliessen der *Rhein* gegen Ost, die *Reuss*-Quellen von Ost gegen West und von West gegen Ost, dann aber wieder die *Rhône* gegen West.

Letzte Fluss-Richtung ist übrigens in den *Alpen* im Allgemeinen die seltener; die meisten Flüsse laufen in den alpinischen Längen-Thälern dem allgemeinen Aufsteigen der Oberfläche, der *Donau* und dem

Po entsprechend, von West nach Ost. Alle diese Längen-Thäler sind offenbar keine freiwillig vom Wasser gewählten und ausgefurchten Wege; nur durch vorhandene Zerspaltungen konnte es in so unnatürliche Richtungen gezwungen werden, die es dann, sobald sich in einer Queerspalte Gelegenheit darbot, wie z. B. im Pass *Lueg*, gewöhnlich unter ziemlich rechtem Winkel verlässt.

Wenn aber auch die Wege dem Wasser meist durch Zerspaltungen vorgeschrieben waren, so hat es doch diese später ausgeweitet und vielfach umgestaltet. Enge Fels-Schluchten wurden erweitert; in den stark geneigten breiten Thal-Boden schnitt es zuweilen mehre Hundert Fuss tiefe kleinere und gekrümmtere Thal-Rinnen ein. Tiefe Löcher, Folgen der Zerspaltung oder unterirdischer Auswaschung, füllten sich als See'n; diese aber werden durch Einschwemmungen noch jetzt stets kleiner und kleiner, und Hunderte von ihnen sind im Alpen-Gebiet schon gänzlich verschwunden mit Zurücklassung eines sehr ebenen und breiten Thal-Bodens; so zwischen *Bad Gastein* und *Böckstein*, bei *Hof* oberhalb *Meiringen* und an unzähligen anderen Stellen.

Aber nicht nur das Wasser, auch das Eis einst viel grösserer Gletscher, die vom *Gotthardt*, vom *Berner Oberland* und von den *Walliser Alpen* bis zum *Jura* hinüber reichten, hat die Thäler ausgefurcht und ausgeschliffen mit Zurücklassung zuweilen spiegelblank geschliffener oder fein gekritzter Fels-Oberflächen und unzähliger *Moränen-Blöcke* oder vollständiger alter End-Moränen, Erscheinungen, die man nirgends deutlicher beobachten kann, als zwischen *Meiringen* und dem *Unteraar-Gletscher*.

So sind die Alpen durch Wirkungen von unten und von oben nach und nach das geworden, was sie sind. Uermessliche Zeiträume müssen nach ihrer vollständigen Erhebung, die einer verhältnissmässig sehr neuen geologischen Periode angehört, noch verstrichen seyn, ehe ihre Oberfläche in den jetzigen Zustand versetzt werden konnte.

Die Eruptiv-Gesteine, welche in den Alpen hervortreten, sind in der Regel und vorherrschend nur granitische, und es scheint, dass diese hier in sehr neuer Zeit heissflüssig aus dem Erd-Innern emporgepresst wurden, da die hie und da an sie angrenzenden Kalksteine sowohl der Trias als der Jura-Gruppe in *Süd-Tyrol* und im *Berner Oberlande* in körnige Kalksteine umgewandelt sind. Die letzten Hebungen der Kette stehen aber in keiner Beziehung zu solchen an der Oberfläche nachweisbaren Eruptiv-Gesteinen. Basaltische und trachytische Gesteine fehlen im Innern der Alpen fast gänzlich und damit auch ihre eigenthümlichen Kegel-Berge. Dieser Umstand ist indessen kein ausnahmsweiser; es verhält sich ähnlich beim *Schwarzwald*, *Thüringer-Wald*, *Harz* und vielen anderen Gebirgen der Erde, deren letzte Hebung ebenfalls nicht mit bestimmten, in ihnen auftretenden Eruptiv-Gesteinen in Beziehung gebracht werden kann.

In einem Theile der *Alpen-Kette*, und zwar in *Süd-Tyrol*, finden wir allerdings ausnahmsweise ausser den granitischen Gesteinen auch Quarz-Porphyre und sogenannte Melaphyre in grosser Ausdehnung emporgedrun-

gen. Dadurch scheint hier sogar eine Verbreiterung der ganzen Kette bewirkt worden zu seyn, und ihr allgemeiner symmetrischer Bau ist einigermaßen gestört. Man kann diese Gegend als durch besondere Vorgänge modifizirt betrachten, welche nicht die ganze Kette betrafen. Damit in Beziehung steht offenbar das Hervortreten des kleinen und selbstständigen *Euganeen-Gebirges* im Süden der *Alpen*. Auch die äusseren Formen sind dadurch wesentlich modifizirt. Das Felsen-reichste Gebiet der *Alpen* ist dadurch veranlasst in den Umgebungen des *Fassa-Thales*, wo 2000—4000' hohe Dolomit-Felsen wirklich senkrecht, ja an der *Marmolata* sogar überhängend zum Himmel aufragen.
