Blick auf die Geschichte der Alpen

Autor(en): **Heim, Albert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **54 (1871)**

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-89956

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Blick auf die Geschichte der Alpen.

Vortrag gehalten in der allgemeinen Sitzung der schweizerischen naturforschenden Gesellschaft in Frauenfeld, Mittwoch den 23. August 1871,

von

Albert Heim,

Privatdozent der Geologie am eidg. Polytechnikum und der Universität in Zürich.

Einleitung.

Die erste Frage, die der Drang nach Erkenntniss an eine Sache stellt, ist gewöhnlich eine solche, die gleich alles als Antwort haben will, denn sie ahnt nicht, dass sie ein Konglomerat von tausend Fragen ist, die zuerst mühsam einzeln erforscht und beantwortet werden wollen. Nachdem zufällige Beobachtungen oder Ansichten der grossen Einsicht gerufen hatten, dass die Erde eine Geschichte gehabt haben müsse, war das erste: „Wie sind Berge und Thäler, wie ist die ganze Erde entstanden?“ Durch Zergliederung dieser Frage in andere wurden eine Reihe scheinbar selbständiger Wissenszweige mit in die Geologie hineingezogen, und es schufen sich eine Reihe anfangs mehr beobachtender als erklärender Wissenschaftszweige neu, wie Mineralogie, Paläontologie, Petrographie, Stratigraphie.

Die Geologie kann schon eine grosse Zahl von bestimmten Antworten geben, aber noch mehr neue Fragen tauchen gleichzeitig immer auf. Indess ist es in jeder Wissenschaft ja so oft viel schwieriger, den richtigen Fragen nahe zu kommen, als, wenn sie einmal gestellt sind, sie zu lösen. Die Ueberzeugung, dass alles in der Natur nach unveränderlichen Gesetzen geht, dass also jede Erscheinung ihre natürliche Ursache, jede Frage ihre Antwort haben müsse, ist schon so in Fleisch und Blut der Naturforscher übergegangen und fast eine instinktartige Ueberzeugung geworden, dass das grösste Heer von Fragen nicht mehr geheimnissvoll abschreckend, sondern nur anspornend ist.

In Bergwerken und Gebirgen hat die Geologie ihren Anfang genommen, aber es wäre heutzutage unmöglich, eine nur einigermassen vollständige Geschichte z. B. der Alpen zu schreiben. Wenn ich Ihnen in aller Kürze eine Uebersicht von unserem Wissen und Nichtwissen über die Alpen gebe, so werden Sie erkennen, dass die Arbeit, die Resultate der einzelnen Zweige der Geologie zur grossen Antwort zusammen zu flechten, mit einigem Erfolg kaum begonnen hat.

Die Zeit lässt mir nicht zu, die Autoren, die ich benutzt, immer zu erwähnen und deren Beobachtungen und Ansichten von den eigenen getrennt zu halten.

Es musste zuerst erkannt werden, dass bei den Wasserabsatzbildungen, den Sedimenten, die petrographische Beschaffenheit (ob Sandstein, ob Kalkstein) von nur lokaler Bedeutung ist, dass die Sedimente nach ihrem Alter eingetheilt werden müssen, dass jede Altersstufe durch ganz bestimmte organische Einschlüsse im Ganzen unabhängig von der petrographischen Beschaffenheit charakterisirt ist, und an denselben auf der ganzen Erde wieder erkannt werden kann; und da Altersangaben in Zahlen noch ganz unmöglich sind, musste ein allgemein gültiges Schema der ganzen Schichtenfolge aufgeführt werden, um durch Vergleichung

mit dessen Stufen das geologische Alter einer jeden Schicht bestimmen zu können. Erst nachdem diese Grundlagen sich geschaffen hatten, war eine Entwirrung des Schichtenlabyrinths der Alpen möglich. Aber nicht nur mussten erst allgemeine Grundlagen geschaffen werden, es musste auch gegen manche wissenschaftliche Glaubensartikel, die sich unvermerkt eingeschlichen hatten, Zweifel geweckt werden. So z. B. gegen die Annahme, die heute noch spuckt, dass nothwendig petrographisch gleiche Gesteine auch genetisch gleich sein müssten.

Die Alpen aus der Ferne gesehen.

Die Alpen sind im Ganzen ein Kettengebirge, das in seinem westlichen Theil Süd-Nord, in seinem mittleren und östlichen etwa Süd-West-Nord-Ost streicht. Denken wir uns, wir nähern uns von Norden oder von Süden kommend den Alpen, und ersteigen bei reinem Himmel einen ihrer Vorgipfel mit freier Aussicht. Da steht vor uns eine unzählige Masse von einzelnen Gräthen und Kämmen und Spitzen, die alle einer hinter dem andern sich drängen. Wenn unser Standpunkt beherrschend genug ist, wird uns sogleich auffallen, dass trotz aller scheinbaren Selbständigkeit, die ein einzelner Gipfel zeigt, wenn wir ihn in der Nähe betrachten, doch alle diese Gipfel ein gewisses allgemeines Nieveau einnehmen. Nennt man eine Gruppe der Alpen, so werden wir gleich sagen können, wie hoch höchstens dort die Gipfel sein können. Die Gipfel der inneren Kämme sind die höchsten, näch den äusseren Ketten zu nehmen die Höhen stufenweise ab. Warum ist es unmöglich, dass der Sentis 3000 Meter hoch sei, und warum kann kein Kulminationspunkt der inneren Alpenkämme sich mit etwa 1000 Metern begnügen? Wir sehen, es muss die Hebung der Alpen eine einheitliche gewesen sein. Die gleiche Ursache muss etwa zur gleichen Zeit den Sentis wie den Monte-Rosa aufgethürmt haben, die einzelnen Gebirgsgruppen, die wir unterscheiden mögen, sind nicht genetisch unabhängig voneinander entstanden, und wir können schon weiter gehen und sagen, die hebende Kraft

hatte da ihren Sitz, wo die Erhebung die stärkste geworden ist, in den Centralkämmen.

Wandern wir also gleich dorthin!

Krystallinische Kerne.

Die inneren Alpenkämme sind zusammengesetzt aus einer Reihe von meist ellipsoidischen Massen von Urgesteinen, mit der grossen Axe in der Längsrichtung der Alpen. Diese sind rings mantelförmig von Sedimenten umgeben und haben zwischen sich, wo sie sich dicht ineinander drängen, Sedimente in Muldenform eingeklemmt. Die ganzen Alpen weisen an 35 solcher Centralmassen auf. Wo eine Centralmasse, wieder unter die Sedimente tauchend, verschwindet, taucht in etwas verschobener Fortsetzung gewöhnlich eine neue auf. Manchmal fallen auf der Nordseite der Centralmassen die Lagen dieser krystallinischen Gesteine steil gegen Süd, in der Mitte stehen sie senkrecht und auf der Südseite fallen sie nach Norden, während sie immer ungefähr in der Richtung der Längsaxe der Alpen streichen*). Der Querschnitt zeigt also fächerförmige Stellung der Schichten oder Platten des Urgesteines. Einige der besonders breiten Centralmassen, wie diejenigen von Tessin, enthalten auch Gneisse und Glimmerschiefer in wenig gestörter horizontaler Lagerung, oder mit vielen unregelmässigen kleinen und grössern Faltungen.

Früher hat man alles dieses Urgestein für erruptiven ächten Granit gehalten, aber jetzt wissen wir, dass eigentlich eruptive Gesteine, als ächter Granit, Syenit, Porphyr, Diorit etc. in den Alpen eine im Ganzen sehr untergeordnete Rolle spielen und in den meisten Gegenden gar nicht zu Tage getreten sind. Wir wissen freilich nicht, sollen wir uns die Schieferung vieler Alpengneisse durch heftigen Druck bei gleichzeitigen langsamen chemischen Umwandlungen entstanden denken, oder ist sie eine Flussstruktur, und sind dann diese krystallinischen Schiefer als die erste Erstarrungs-

*) Eine Ausnahme bildet das Massiv des Tambohornes.

kruste der Erde aufzufassen, oder endlich, ist sie gar die ursprüngliche Schichtung des Absatzes der Massen aus einem Urmeer? Die krystallinischen Kerne der Centralketten, will uns scheinen, müssen als aufgebrochene Gewölbe, die die ursprünglich horizontal gelagerten krystallinischen Schiefer, wie Gneiss, Hornblendeschiefer, Glimmerschiefer etc., zu werfen gezwungen worden sind, angesehen werden*). Es sind Falten in der Erdkruste, in ihrer Anordnung ganz ähnlich denen, die wir durch Zusammenschieben eines ausgebreiteten Tuches erhalten können, oder die die Haut eines vertrocknenden Apfels wirft. Ob, diesem letzteren Vergleiche noch genauer sich anschliessend, die krystallinischen Schiefer zu diesen Faltungen gezwungen worden sind, weil bei der fortdauernden Abkühlung des Erdkernes die feste Kruste für denselben zu weit wurde, oder ob andere die letzten Ursachen der Alpenhebung gewesen sind, lässt sich noch nicht entscheiden.

Denken wir uns die zahlreichen Biegungen der Felsen, wie sie uns ein Querprofil durch die Alpen zeigt, wieder in eine Ebene ausgebreitet, so erhalten wir eine zu grosse Fläche. Dieser Ueberfluss an Erdkruste spricht sehr gegen Erhebung durch Erruptionsgesteine, aber sehr für die erwähnte Ansicht.

Lagerungsverhältnisse zwischen Urgestein u. Sedimenten.

Die Lagerungsstörungen im Sedimentgestein, die wir betrachten werden, müssen wir uns aber alle unzweifelhaft vorstellen als Folge der Dislokationen seiner Unterlage, des krystallinischen Gesteines.

Theilweise liegen die ersten Sedimentgesteine auf den Schichtenköpfen der krystallinischen Schiefer, andern Ortes wieder den krystallinischen Schiefern parallel. Dass die krystallinischen Schiefer im erstern Fall in einer Art Gebirge

*) Es gibt im Berneroberland ganz lokal einige sonderbare Lagerungsverhältnisse, die mit dieser Theorie (aber auch mit den andern) bis jetzt noch nicht haben in Einklang gebracht werden können.

schon aufgerichtet waren, bevor die Sedimente sich darüber ablagerten, folgt nicht mit Nothwendigkeit. Man sieht die unten steil stehenden krystallinischen Schiefer im Kalfeuserthal, dann auch am Sandgrat und bei Erstfeld, unter die darauf waagrecht gelegten Sedimente nahe deren Grenze horizontal hineinbiegen, sich hineinknicken und auskeilen, und das scheint mir dafür zu sprechen, dass die Sedimente noch unbiegsam blieben, während darunter die krystallinischen Schiefer sich schon zu falten und aufzurichten begannen.

Indessen ist schon für andere Gebirge nachgewiesen worden, und es gilt auch für die Alpen, dass sie an einer Stelle stehen, wo schon wiederholt Lagerungsstörungen zu verschiedenen Zeitperioden stattgefunden haben. Ist eben die Steiffheit der Erdkruste an einer Stelle einmal überwunden worden, so äussert sich jeder neue Druck von der Seite oder von der Tiefe am leichtesten wieder an der schon wunden Stelle. Wir werden noch ein bis zwei mal Spuren von älteren Gebirgen an Stelle der jetzigen Alpen begegnen.

Sedimente. Werfen wir einen flüchtigen Blick auf die Sedimente der Alpen überhaupt und kehren wir hernach zu den Lagerungsverhältnissen derselben zurück.

Ungeheure Mächtigkeit bei nur stellenweise vorkommenden und gewöhnlich schlecht erhaltenen Petrefakten, das sind im Allgemeinen die Eigenschaften der alpinen Sedimente, die sie von ihren Verwandten in andern Gegenden unvortheilhaft unterscheiden. Die Gesammtmächtigkeit des alpinen weissen Jura ist wohl 2000 Fuss, die der Kreide wieder 2000 Fuss, und doch will es in diesen 2000 Fuss oberem Jura, im Gebiet von Vorderrhein, Thur, Linth und Reuss kaum gelingen, Stufen zu unterscheiden und mit dem allgemeinen Schema zu parallelisiren. Die alpine Kreide theilt sich sehr natürlich in vier Stufen ab, die an einzelnen Stellen reich an Petrefakten sind; aber würde der petrographische Charakter dieser Kalksteine nicht innerhalb gewisser Gebirgs-

gruppen ein ziemlich konstanter sein, so könnte man doch die Eintheilung nicht durchführen.

Weite Gebiete der Alpen, namentlich von Wallis und Bünden, bestehen aus grünen und grauen Schiefern, von denen aus Mangel an Petrefakten und aufgeschlossenen Lagerungsverhältnissen man nicht weiss, ob sie zum Theil paläozoisch, ob sie ganz liasisch oder eocen sind, und so bezeichnet man sie denn einstweilen mit dem Namen Bündnerschiefer. Diese Schiefer bilden gleichmässige Thalhänge und bis hinauf bewachsene Gräthe, während in den Jura- und Kreidealpen kahle Felswand und frisches Vegetationsband beständig terrassenförmig abwechseln. Der Bündnerschiefer verwittert in manchen Abänderungen leicht und bildet oft schlimme Waldbäche.

Beginnen wir mit den untersten Lagen.

Ob wir einen Theil der krystallinischen Schiefer der Centralmasse als veränderte Sedimente, oder Sedimente von abnormer Ausbildung der sillurischen oder vorsillurischen Stufe angehörig aufzufassen haben, ist eine nicht leicht zu entscheidende Streitfrage. — Ueber diesen krystallinischen Schiefern liegen an manchen Stellen unbestimmte Schiefer, am Nordabhange der Ostalpen ziemlich entwickelte Sillurformation. Dann folgt die Steinkohlenformation. Nutzbare Anthracitkohlen sind wohl darin, aber wenig. Im Wallis, wo sie ausgebeutet werden, sind auch Kohlenlandpflanzen gefunden worden, und so der Beweis geliefert, dass damals das Alpenland Festland war. Diese Formation zieht sich, freilich vielfach unterbrochen, vom Montblanc bis unter den Tödi, wo sie wohl 100 Fuss mächtig ist, aber nur einige wenige Lagen reinen Anthracites von Zolldicke enthält. — Weiter ist sie südlich vom Veltlin, in den carnischen Alpen und den julischen Alpen entwickelt.

Ueber ihr liegen wieder glimmerige, kalkige Schiefer, mit Konglomeraten vielerorts wechselnd, ohne eine Spur von

Petrefakten, trotz manchmal ungeheurer Mächtigkeit. In ihren untersten Lagen wird dieser sogenannte Verrucano der Centralalpen oft sehr gneissähnlich und mag dann an manchen Orten zum Theil sillurischen Alters sein. Viele Sillurgesteine des norwegischen Hochgebirges zeigen auffallende Aehnlichkeit mit den unteren Verrucanolagen. Gehört nicht alles, so gehört doch die grösste Masse des Verrucano über die Kohlenformation der Dyas oder Permformation an, nach manchen entspricht ihr oberster Theil sogar der unteren Trias, dem Buntsandsteine. Eine Reihe von Beobachtungen haben mir den Gedanken sehr nahe gelegt, dass Vieles, was als Verrucano petrographisch bezeichnet wird, durch Biegung mechanisch veränderter Gneiss ist.

Ueber diesen Lagen folgt die sichere Trias. Zu beiden Seiten der Alpen, östlich des Rheines, ist sie sehr mächtig entwickelt und stellenweise sehr reich an prächtig erhaltenen Petrefakten, die eine ganz seltsame Lokalfauna vorführen. Die gesammte, oft mehrere tausend Fuss mächtige Trias der Ostalpen schwindet westlich vom Rhein auf ein höchstens 200 Fuss mächtiges Lager von festem Kalk und Dolomit oder Rauhwacke zusammen, in dem aber bis jetzt keine Spur von Petrefakten gefunden worden ist. Petrographisch ist aber dieses Felsband ein sehr scharf bestimmter, in den Ostschweizeralpen durch seine rothgelbe Anwitterungsfarbe oft schon aus grosser Ferne leicht zu erkennender Horizont.

Lias und brauner Jura sind stellenweise recht reich an Petrefakten, in den Westalpen sind sie im Ganzen nicht sehr mächtig und in ihrer Entwicklung stark veränderlich; in den Ostalpen wird besonders der Lias auf weite Strecken zum herrschenden Gestein. Der weisse Jura, aus dunkeln Kalksteinen und Dolomiten bestehend, ist längs des Nordabhanges der Alpen, westlich vom Rhein, hauptsächlich mächtig; in den Ostalpen spielt er eine nur untergeordnete Rolle. Ueber ihm folgen, besonders am Nordabhang der Centralalpen, die

erwähnten vier Kreidestufen, dann folgt, mit schwer genau anzugebender Grenze, die Eocenformation. Sie ist leicht verwitterbar und daher der Vegetation sehr günstig, bildet aber auch leicht Rutschungen und schlimme Wildbäche. Am Nordabhang der Alpen ist sie besonders mächtig. Durch reiche Petrefakten ausgezeichnet sind die darin liegenden festen Nummulitenkalkbänke. Die grosse Masse des Eocenen aber sind Schiefer, oft mit Foraminiferen und in einigen Lokalitäten reich an Fischabdrücken. Eine sehr wundersame Erscheinung ist es, dass in den Eocenschiefern eingeschlossen sehr häufig Granitblöcke, oft von ungeheuern Dimensionen, gefunden werden, die ihresgleichen in den Alpen nicht haben; ferner Kalkblöcke, sehr reich an jurassischen Petrefakten, aber von einem Habitus, von welchem weit und breit nirgends in den Alpen Jura anstehend vorkommt. Vielleicht haben wir hier wieder Reste eines alten Gebirges vor uns, oder woher kommen diese Blöcke?

Ueber dem Eocenen folgt auf der Nordseite der Alpen, erst in groben Konglomeraten mit Mergel- und Sandsteinzwischenlagen, weiter nördlich in lauter Sandsteinbänken und Mergellagen, die Miocenformation. Zwischen Süsswasserablagerungen eingeschlossen sind marine Bänke. Die Miocensandsteine werden um so grobkörniger, je näher wir vom Norden her an die Alpen kommen, sie werden zu immer görberem Konglomerat. Am Speer, am Rigi sind die Geschiebe der Nagelfluh nicht selten kopfgross. Man sollte daraus bestimmt schliessen, dass Gewässer aus der nächsten Gegend der Alpen diese Geschiebe abgelagert hätten, aber wenn wir die Miocennagelfluh genau untersuchen, finden wir sie zu 80 % zusammengesetzt aus den Alpen ganz fremden Gesteinen, und nur sehr selten gelingt es, darin Geschiebe zu entdecken, die unzweideutig aus den jetzigen Alpen der Nachbarschaft stammen. Viele Kalke in der Nagelfluh des Rigi und viele rothe Kiesel derselben sind ähnlich manchen

liasischen Gesteinen der Ostalpen und manche Granite konnten nur mit nordischen Graniten verglichen werden. Freilich, es kann vieles von dem Festlande, das die inneren Alpen zur Miocenzeit gebildet haben, so verschwunden sein, dass anstehend jetzt nichts mehr davon zu finden ist, aber die Schwierigkeiten sind hiemit doch nur unvollständig gehoben.

Im Vorlande der Alpen folgen nun die diluvialen und die recenten Bildungen.

Also zurück zu den Lagerungsverhältnissen!

Lagerungsverhältnisse der Sedimentgesteine.

Zwischen den einzeln ungefähr parallel gehenden Centralmassen liegen Mulden von Sedimentgesteinen der älteren Abtheilungen; es scheint, dass nur diese tiefsten ältesten, unmittelbar an den krystallinischen anliegenden Sedimentlagen von den Faltungen des krystallinischen Gebirges vollkommen konnten mitgeschleppt werden, während die jüngeren den Biegungen nur theilweise zu folgen vermochten, oder mehr zu beiden Seiten an die Peripherie der Alpen geschoben wurden. So besteht die Mulde zwischen dem Massiv des Montblanc und den Aiguilles rouges aus keinen jüngeren Gesteinen, als der Steinkohlenformation, diejenige zwischen dem Finsteraarhornmassiv und Gotthardmassiv im Urserenthale enthält noch einige Fetzen unterjurassischer Schichten. Die Kreideformation dringt, so viel bekannt, gar nicht mehr zwischen die Centralmassive ein, noch weniger die Eocenformation. Die Molasse endlich ist den Hauptketten und ihren zwischenliegenden Mulden ganz fremd.*)

Wir dürfen uns aber nicht etwa vorstellen, dass die mittleren Alpenkämme schon bleibend eine Insel im Jura und Kreidemeer gewesen wären, denn die Kreideformation keilt

---

*) In den Ostalpen sind diese Verhältnisse in gewissen Gegenden etwas anders. Hier und im ganzen weitern Verlauf halte ich mich vorwiegend an die Schweizeralpen östlich der Aare, denn allein diese sind mir aus eigener Anschauung näher bekannt.

sich nicht gegen die Centralketten hin aus, sondern im Allgemeinen steigen die jüngeren Sedimente gegen die Centralketten an, dann brechen sie plötzlich ab und weisen unverkleinert in jähen Wänden ihre ganze grosse Mächtigkeit. Es entstehen dadurch Längsthäler, deren Grund und innere Thalwand aus krystallinischem Gebirge, oder älteren Sedimenten gebildet, aufsteigt, deren äussere in steilen treppenförmigen Wänden jüngerer Schichten zu hohen Kämmen sich erheben (Maderanerthal, Innthal etc.)

Die Sedimente in den Mulden zwischen den Centralmassiven sind petrographisch sehr verschieden von denjenigen der äusseren Alpenzonen, und doch müssen es nothwendig deren Fortsetzungen sein. Es ist das nicht nur durch Lagerungsverhältnisse, sondern auch durch einzelne Petrefakten, besonders Crinoiden und Belemniten, erwiesen. Die gleichalten Schichten ausserhalb der Centralmasse sind gewöhnlich Kalksteine, dann auch Thonschiefer, Dolomite, Sandsteine; ihre Fortsetzungen an den Grenzen der Centralmassive und in den Mulden zwischen denselben enthalten neben den Petrefakten undeutliche bis sehr schön ausgebildete Granaten, Stauroliten, viel Glimmer, der eher aussieht, wie an Ort und Stelle im Gestein gebildet, als bei dessen Bildung von weiter hergeschwemmt. Die Kalke sind meist stark krystallinisch geworden. Wir sagen, diese Schichten seien metamorphosirt worden, womit wir aber uns noch keineswegs zu dem Entstehen von „Granit“ aus Sandsteinen bekennen.

Ausserhalb der Centralketten folgt zuerst in den Ostalpen eine liasische Zone. In den Mittelalpen, die wir hauptsächlich betrachten wollen, ist diese Zone nur sehr rudimentär, dann folgt eine jurassische Zone, dann in den Ostalpen rudimentär eine cretacische, dann die Tertiärzonen — jede nach aussen folgende Zone in wieder niedrigeren Kämmen zu beiden Seiten der Alpen sich hinziehend.

Aber auch diese Ketten alle sind nicht einfach, sondern

mussten durch Faltenwerfen, als sie bei der Alpenhebung oben gesprengt und zum Theil bei Seite geschoben worden sind, sich verdoppeln, oft sogar vervielfachen. Diese Falten ziehen sich wohl nie ununterbrochen der ganzen Länge der Alpen nach; nach längerem oder kürzerem Verlauf können einzelne untersinken und aufhören und wieder neue auftauchen. Wie alte Sedimente in den Mulden des krystallinischen Gebirges liegen, so liegen Kreideschichten in einigen Mulden der jurassischen Alpenketten und in grosser Menge eocene Schichten in den Mulden der Kreidealpen. Die miocenen Lager aber grenzen in einer Linie scharf ab, und dringen nicht einmal bis in die Eocenmulden hinein.

Die Juraalpen zeigen einige sehr sonderbare Falten. Der Glärnisch verdankt seine zu seiner Lage sehr bedeutende Höhe einer Falte im Jura, die eine Verdopplung mancher Theile desselben hervorbringt. Dazu hilft dann noch durch Faltung mehr als doppelte Auflagerung der unteren Kreideschichten. Zwischen Thunersee und Genfersee taucht ausserhalb des normalen Juraalpenkammes der Jura noch drei Mal in zahlreichen Gewölben aus der sehr breiten Zone des Eocenen hervor. In diesen äussersten Jurawellen, im Stockhorn, weicht der Jura schon ziemlich stark von dem alpinen Charakter ab. Eine der merkwürdigsten Jurafalten ist diejenige, welcher der Kamm von den Windgällen an's Scheerhorn sein Dasein verdankt.*)

Am Nordabhang der Alpen beginnen nun die Kreidekämme, meist regelmässig vom Jura gegen Nord abfallend. Im einfachsten Fall biegt die Kreide dann wenigstens noch einmal in die Höhe und schliesst ab mit einem auf die Molasse nördlich übergelegten aufgebrochenen Gewölbe. So ist z. B. das Profil vom Neuenkamm über den Graustock, nur

---

*) Siehe Windgälle im beigegebenen Profil nach den Beobachtungen des Verfassers vom Spätsommer 1871.

ist dort in der Tiefe die Mulde vom Walenseethal durchschnitten. An anderen Stellen ist das Profil weit weniger einfach; es zeigt uns z. B. vom Walensee durch den Sentis vier grosse Kreidekämme, wobei die drei Ketten des Sentis allein aus sechs langgestreckten parallelen Gewölben gebildet werden. Aehnlich, wenn auch einfacher als der Sentis, ist der geologisch homologe Pilatus und der ganze Kamm bis zu den Umgebungen des Lac d'Annecy gebaut.

Die Hauptmasse des Eocenen liegt nicht selten erst zwischen einem inneren und einem äusseren Kreidekamm und ist zwischen dem Miocenen und der Kreide auf ein schmales Band vielerorts zusammengedrückt. Im Eocenen selbst sieht man gar oft hunderte von Falten und Biegungen, die manchmal sehr klein sind, so dass man Stücke der Biegungen im Handstück erhalten kann. Da es aber noch nicht gelungen ist, die ganzen Massen des Eocenen in Stufen einzutheilen, so kann man den Verlauf seiner Biegungen auch nicht ordentlich übersehen.

Wie die Kreide und das Eocene in überworfener Lagerung endigen, so sind die auswärts folgenden Molassenkonglomeratlager über sich selbst hinüber geschalten, übergekippt. Nach einer anderen Auffassung liegen sie normal und sind von der Kreide durch eine Verschiebungsspalte getrennt. Es ist nicht bestimmt erwiesen, welche Anschauung die richtige ist.*)

Die Miocenlager bilden eine Reihe von gegen das Vorland steil treppenförmig abgebrochenen Stöcken, die 2000 Meter Höhe nicht ganz erreichen. Dahin gehören Stockberg, Speer, Schänniserberg, Hirzli, Rossberg, Rigi. Gegen Westen verliert diese Kette an ihrer Bedeutung.

Die Wirkung der Alpen erstreckt sich aber noch weit

---

*) Biegungen können in Verschiebungsspalten übergehen, es ist keine absolute Grenze zwischen beiden; auch die letztern sind zahlreich.

in die Molasse hinein. Ihre Lagerungen weisen auf zwei bis drei nach aussen sanfter werdende Wellen hin. Im Ganzen erstrecken sich die Dislokationen am Nordabhang bis auf 50 Kilometer Entfernung von den nächsten Centralketten nach Nordwesten. Da ist die steile Stellung der Molasse allmälig in sanftes Nordfallen und schliesslich in ganz horizontale Lagerung übergegangen, und sie bleibt so bis in die Nähe des Jura, jenes sonderbaren Kettengebirges, das von den jurassisch-cretacischen Kämmen der Alpen, da, wo diese von Süden kommend sich östlich biegen, abzweigt.

Schon diese Art der Abzweigung weist auf einen genetischen Zusammenhang zwischen den Alpen und dem Jura hin, noch mehr der Umstand, dass die Juraberge um so niedriger werden, je weiter sie sich von den Alpen entfernen, und wir können kaum zweifeln, dass wirklich der Kettenjura ein Nebenprodukt der Alpenhebung ist.*)

Auf die vielen interessanten Lagerungsunregelmässigkeiten, die sich namentlich rings um die Enden einiger Centralmassen finden, können wir nicht mehr eingehen.

Die mechanischen Vorgänge bei Hebung der Alpen.

Das Biegen von hundert Fuss mächtigen Lagen von festen Gesteinen scheint uns so sonderbar, aber Fälle, wo man Kalkschichten gebogen sieht, die ganz absolut sicher früher nicht gebogen waren, sind unendlich zahlreich — die Thatsache besteht.

Wir können hervorheben, dass mancher Körper im Kleinen sehr spröde, im Grossen biegsam, elastisch ist, ich erinnere an Stahl und Glas. Wenn wir eine Schrattenkalkplatte von etwa zwei Stunden Länge mit gewaltiger Hand an beiden Enden fassen könnten, könnten wir sie wahrscheinlich auch recht stark biegen. Und denken wir uns, eine konstant wirkende Kraft habe nun das eine Ende in 100 Jahren um

*) Bis jetzt ist noch kein unwiderlegter Beweis hiergegen aufgeführt worden.

einen Fuss nach oben gebogen, so kann sich in der Zeit die Felsschicht molekular so akkomodirt haben, dass wir nun die gebogene Platte wie einen neuen, noch nicht künstlich mechanisch veränderten Körper auffassen können, und der Vorgang kann von Neuem beginnen. Uns kleinen, leichten Dingern mag die Erdkruste fest erscheinen, wie etwa ein dicker Brei oder ein Stück Kautschouk oder Leder einem darüber kriechenden Insekt fest erscheint, aber wir haben keine Beweise dafür, dass sie nicht jetzt vollkommen biegsam und weich genug ist, um, der Schwungkraft folgend, eine Abplattung der Erde an den Polen erzeugen zu können. Aus der Abplattung auf einst flüssigen Zustand zu schliessen, werden wir durch unsere Schwäche und Kleinheit versucht, gegen die eben die Erde sehr hart ist. Wir können uns daran erinnern, dass Stäbe von Eis, wenn in Luft über 0°, und ebenso solche von sprödem Siegellack, sich durch das eigene Gewicht, wenn hohl aufgelegt, langsam biegen.

Eine andere Möglichkeit für Biegung fester Felsen wäre die, dass sich Spalten in bestimmter oder in verschiedenen Richtungen werfen würden, nach denen nun Verschiebungen stattfinden könnten, und schliesslich werden die Spalten wieder von Calcit ausgefüllt. Es ist sicher, dass an tausend Orten Vorgänge der Art in grossem Massstabe stattgefunden haben. Die Kalksteine der Kreide- und Juraschichten zeigen oft unzählige Kalkspathadern, die oft Petrefakten durchsetzen und an denen gewöhnlich dann kleine Verschiebungen leicht nachzuweisen sind; und der Prozess kann sich wiederholen: Kalkspathadern der einen Richtung zeigen kleine Verwerfungen nach jüngeren Kalkspathadern einer andern Richtung u. s. w.

Aber alle diese Betrachtungen geben uns keine vollständige Erklärung für die vielen Fälle, wo Biegungen von ganz kleinem Radius vorhanden sind, ohne dass irgend welche Bruchspalten oder Adern in dem gebogenen festen Felsen

sichtbar sind. Die Gesteine im Innern der Erde sind immer mit Feuchtigkeit durchtränkt, und vielleicht übt diese auf alle Gesteine einen ein wenig erweichenden Einfluss, wie sie es auf stark thonige Gesteine nachgewiesenermassen thut. Dennoch aber machen sich molekulare Verschiebungen, wie sie dann noch bei solchen Biegungen stattgefunden haben müssen, nicht so schnell, die Biegungen sind gewiss ungeheuer langsam entstanden.

Mit den Faltungen Hand in Hand geht oft das Ausziehen einer sonst mächtigen Schichte in dünne Lagen, wo die Biegung eine grosse Streckung den auf der konvexen Seite liegenden Gesteinen zumuthet. So ist in dem merkwürdigen Gebiete des Linth-, Sernf- und Weisstannenthales, wo durch eine ungeheure Doppelfalte rings um das steil untertauchende Ostende der Finsteraarhorncentralmasse herum auf fünf Stunden Breite alle Schichten in verkehrter Reihenfolge aufeinander liegen, die gesammte Kreide- und Juraformation, da sie offenbar die weite Schlinge nicht mitzumachen vermochte, stellenweise auf ein Kalkband von bloss drei Fuss Dicke reduzirt worden. Mit dem einen Zipfel reicht diese Schlinge noch in unser Profil hinein.*)

An vielen andern Orten kann man oft sehen, wie Schichten auf eine gewisse Strecke dünn gequetscht sind und hernach wieder volle Mächtigkeit einnehmen.

Die Petrefakten, besonders Belemniten, Seeigel, Ammoniten, die man in den den Centralmassen nähern Sedimenten findet, sind sehr häufig in die Länge gestreckt und zerrissen und das Gestein in der gleichen Richtung schiefrig. Diese Erscheinung beweist, dass Streckungen im festen Gebirge, bei den enormen Faltungen, denen diese Gesteine folgen mussten, stattgefunden haben.

In zahlloser Menge, überall im Gebiete der dislocirten

---

*) Siehe Schächenthal im Profil.

Gesteine, finden wir Rutschflächen. An manchen Orten zeigt ihre Anordnung und die Richtung der Rutschstreifen, dass wie beim Biegen eines Stosses Papier die einzelnen Blätter sich übereinander etwas verschieben, so auch die einzelnen Felsbänke, wenn ganze Formationen gebogen werden. In diesen Fällen kann an der konvexen Seite keine starke Streckung entstehen, und dann fehlen auch die gestreckten Petrefakten. Nichts ist im Stande, uns die stattgehabten starken Differentialbewegungen in den Gesteinen klarer vor Augen zu führen, als die Rutschflächen. Zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Art gehören die Knickungen, Rutschflächen und Verschiebungen, die die Gerölle der dislocirten Nagelfluh mancher Gegenden aufweisen. Die horizontale Nagelfluh zeigt wohl die bekannten Gerölleindrücke, aber von diesen letzteren Erscheinungen, die offenbar mit der Hebung des Gebirges im Zusammenhang stehen, keine.

Jeder nicht mathematisch homogene Körper muss durch Ausziehen oder seitliches Ausweichen in Folge von Druck, weil dabei alle Unregelmässigkeiten in lamellare Formen ausgepresst werden, selbst schiefrig werden, und dass bei den Bewegungen der Gesteine ungeheure Pressionen gewirkt haben, ist unzweifelhaft. Der Druck, der auf einem Kubikmeter festen Gesteines, senkrecht unter dem Gipfel des Tödi, in der Höhe der Meeresfläche liegend, ruht, ist wenigstens fünfzig Mal grösser als derjenige, der den Würfel, wenn von nebenliegendem beisammenhaltendem Gestein befreit, zu Pulver zerquetschen würde. Es ist nicht daran zu zweifeln, dass, geologische Ruhe vorausgesetzt, die tieferen Gesteinslagen hoher Bergstöcke, besonders wenn sie nicht sehr spröde sind, langsam seitlich ausweichen und im Laufe der Jahrtausende horizontal schiefrig werden, während der Gipfel langsam sinkt. Diese Schieferung richtet sich dann nicht nach der Schichtung des Gesteines, sie kann sie schneiden, weil sie einfach senkrecht zur grössten Druckrichtung ent-

steht. Es ist eine noch nicht gelöste Aufgabe für die mechanische Geologie, den Zusammenhang all' dieser Erscheinungen genauer zu erforschen.

Wenn wir uns mit den engen Begriffen von Zeit und Kraft, die wir haben, eine Vorstellung im Kleinen vom Hergang bei Bildung der Alpen machen wollen, so müssen wir uns die Felsschichten weich wie Töpferthon vorstellen; in Wirklichkeit können sie es niemals gewesen sein, aber was an Weichheit fehlte, das ersetzten furchtbare Kraft und ungeheure Zeiträume.

Alter der Alpen.

Aus den Lagerungsverhältnissen können wir nun schliessen, dass die Alpen zur Eocenzeit vielleicht kaum eine Insel im Meere gebildet haben. Der Bifertenstock und das Scheerhorn, die in einer Höhe von 11,000 Fuss mit marinen Eocenablagerungen gekrönt sind, mussten damals noch unter der Meeresfläche gewesen sein. Vor der Miocenzeit mochte wohl eine kleine Hebung stattgefunden haben und an Stelle der inneren Alpen eine Art Gebirge gestanden haben, aber erst gegen Ende der Tertiärzeit, nach Ablagerung der Molasse, die noch von der Alpenhebung in Wellen geworfen worden ist, geschah die Haupthebung der Alpen.

Je älter die Gebirge, desto niedriger sind sie, sowohl von Anfang an, als durch Verwitterung erst nachträglich geworden. Je jünger sie sind, desto höher sind sie. Die hohen Alpen und der Himalaja sind in der Periode unmittelbar vor dem Einzug der Menschen in Europa entstanden.

Die Granite, Syenite, Porphyre, die in den Alpen gefunden werden, sind gewiss viel älter schon aufgestiegen, spättertiäre solche Gesteine kennt man nirgends in der Welt. Die Eruptivgesteine der Alpen gehörten wohl älteren zertrümmerten Gebirgen auf gleicher Stelle an, und wir müssen sagen, bei der Haupthebung der Alpen sind keine Eruptivgesteine von Bedeutung zu Tage getreten.

Wie haben nun aber die Alpen ihre jetzige Gestalt erhalten? Zwei Faktoren haben sie hervorgebracht. Der eine, der nur zu gewissen Zeiten stärker gewirkt hat, sind Schwankungen des Bodens, Hebungen, Senkungen, Faltungen, wie sie uns zuerst in der Steinkohlenzeit, dann fraglich vor dem Miocenen und endlich mit grosser Macht im Spättertiären, der Pliocenzeit, entgegen getreten sind. Ihnen verdanken die Alpen, dass sie ein Gebirge sind. Der zweite Faktor ist ein konstanter — vom Moment an, da die Alpen bleibend Festland wurden, wirkte ununterbrochen die Erosion. **Bildung des alpinen Reliefs.**

Es gibt in den Alpen tiefe eingeschnittene Querthäler, die die Sedimentketten durchbrechen; man kann sie aber kaum für Spalten erklären, indem das Wasser in ihrer Tiefe auf anstehendem Felsen fliesst, der keine Spur von einer Spalte zeigt, man muss sie für Erosionsthäler erklären. — Manchmal will es nicht gelingen, geologisch die beiden Seiten von Querthälern in direkte Verbindung zu bringen, und da liegt der Verdacht nahe, dass Verschiebungsspalten im Gestein dem Wasser wenigstens seine Richtung gewiesen haben.

Im Allgemeinen muss man wohl der Erosion fast ausschliesslich die Bildung von Querthälern zuschreiben, den Faltenbildungen bei der Hebung der Alpen hingegen die Bildung der Längsthäler. In Querthälern ist das Gefälle nothwendig grösser, als in Längsthälern, in Folge davon die Erosion auch eine viel raschere, und so kommt es, dass so oft die Querthäler die Gewässer der Längsthäler sammeln, und nicht umgekehrt. Wie rasch und tief sind z. B. das Reussthal und Linththal eingeschnitten, und auf wie lange Strecken dagegen sind die Thalsohlen des Inns und Vorderrheins in bedeutenden Höhen! Die Längsthäler sind „konservativer“ Natur, sie sind unveränderlicher aus Mangel an Gefälle, und daher in der Auskolkung und Bedeutung für die Entwässerung des Gebirges vielfach gegenüber den Querthälern zurückgeblieben.

Hätten die Alpen sich rasch gehoben und erst hernach die Erosion begonnen, so müssten die Querthäler eine grosse Seltenheit sein. Wir müssen uns vorstellen, dass gleichzeitig und ungefähr gleich rasch, wie die Alpen sich hoben, die Erosion die Thäler in dieselben einschnitt; vielleicht sind einige Thäler in ihren Anfängen schon vortertiär oder doch vormiocen. Mit den „Linien ursprünglichen Zusammenhangs“, wie sie das beigelegte Profil zeigt, will nicht gesagt sein, dass diese Gewölbe ganz vollständig je einmal in der Weise bestanden hätten, sondern währenddem die Massen gewölbartig herausgetrieben wurden, zerstörte sie vorne die Verwitterung. Das Querdurchsägen einer sich hebenden Längswelle durch einen Geschiebe führenden Fluss mag ihrem Steigen im Allgemeinen Stich gehalten haben. Wo ein Riegel quer durch ein Thal sich rascher hob, als der Fluss einsägte, musste sich ein See hinter demselben bilden. Alle See'n, die innerhalb der Zone der dislocirten Molasse liegen, verdanken wohl ihre Entstehung theilweise solchen Vorgängen. Seitdem haben aber unzählige See'n die Querriegel, die sie sperrten, durchnagt und sich entleert, und manches früher zusammenhängende Plateau ist in kleine Stücke in einzelne Berge allmälig zertrümmert worden, denn offenbar ist die Schichtenfaltung zu einem Stillstande gekommen und die Erosion überholte sie in ihrer Wirkung wieder.

Hand in Hand mit der Erosion ging die Alluvion in den Thälern und dem Vorland und Flachland der Alpen, sie bildete Schuttkegel, füllte alte Seebecken aus, trennte bestehende See'n in Stücke etc.

Mit noch so vielem Anderem, das uns theils schon entgegen getreten ist, deuten besonders die Querthalbildungen darauf hin, dass die Hebung der Alpen so langsam geschehen ist, dass Menschen, wenn solche damals schon die Alpen hätten bewohnen können (sie existirten wohl erst in tropischen Gegenden), kaum etwas von dem ganzen mächtigen

Vorgang gemerkt hätten. Hiefür spricht besonders noch der so merkwürdige Mangel vordiluvialer Bergstürze und anderes mehr.

Die Alpen zur Diluvialzeit.

In der gleichen Zeit, da die Alpen sich hoben, kühlte sich allmälig das Klima der Nordhalbkugel um etwa 4° ab und es sammelten sich in Folge davon in den Hochthälern Schnee und Eis in ungeheuren Massen. Mächtige Gletscher stiegen zur Tiefe hinunter und übersäten das Vorland beiderseits der Alpen mit Blöcken und Geschieben, deren Stammorte in den jetzigen Alpen gefunden werden. Der ganze Blocktransport ist jünger als die Thalbildung, selbst der Molasse, denn die Moränen folgen alle den Thalrichtungen und reagiren sogar auf unbedeutende Biegungen und Seitenbuchten derselben.*) Ueberall in den Alpenthälern haben die Gletscher der Diluvialperiode in Abrundung, Kritzung und Politur der Felswände an den Thalseiten und in zahlreichen Moränen ihre Spuren hinterlassen. Sie bildeten über den See'n eine Brücke für die Geschiebe, so dass die Ströme der Alpen weite Landstrecken in die Meere hinaus bauen konnten, ohne unsere Seebecken auszufüllen. Unter vielfachen Schwankungen haben sich dann die Gletscher in die hintersten Hochthäler zurückgezogen.

Unter dem liegenden Schnee hatten sich die sogenannten Karren oder Schrattenfelder (Lapiaz) gebildet, und an allen sanfteren Gehängen setzten sich endlich wieder Moose und die scharf mit den Wurzeln in die Felsen bohrenden Alpenpflänzchen an. Es bildete sich eine dünne Humusschicht, und vom Tiefland drang der Wald in die Thäler ein. In allen Schluchten arbeitete nnterdessen die Erosion weiter. Zu der Zeit schlug die erste Welle der Menschenwanderung

---

*) Es gibt auch Forscher, die sich die Thäler hauptsächlich von den Gletschern ausgehöhlt denken. Eine Menge Gründe gegen diese Ansicht bestimmen mich, derselben bloss in einer Anmerkung zu erwähnen.

nach Mitteleuropa hinüber und rings um die Alpen drangen von allen Seiten in ihre Thäler Menschen ein.

Die Alpen in der Gegenwart.

Sind jetzt Alpen und Jura im Gleichgewicht? Finden jetzt weder Hebungen noch Senkungen statt? Wir wissen es nicht. An Küstenländern, wo das Meer wie ein Index an einem Messapparat immer mit dem Finger auf gleiche Entfernung vom Erdmittelpunkte weist, sind Hebungen und Senkungen gar leicht zu beobachten, und bald sind mehr Küstenstriche bekannt, wo solche stattfinden, als wo Ruhe ist; aber in Binnenländern sind genaue, lange, durch Jahrhunderte wiederholte Nivellements zu deren Nachweis nöthig, und die stehen uns noch nicht zu Gebote. Wahrscheinlich war es in Folge einer Senkung im untern Theile, dass sich die Aare bei Bern so tief in ihre früheren Ablagerungen wieder eingeschnitten hat; — wird uns so etwas bei den Uebelständen im Rheinthal auch zu Hülfe kommen, oder uns entgegenarbeiten? Und wenn das Letztere der Fall ist, dann müssen wir auf ganz andere Mittel sinnen. Diess nur, um die technische Wichtigkeit der Erkenntniss von den langsamen Niveauschwankungen des Bodens zu zeigen, denen eine Gegend wie die Vorlande der Alpen ausgesetzt sein kann, — abgesehen davon, dass es diese Schwankungen sind, die beständig für andere Vertheilung von Land und Meer, und dadurch für Aenderungen in den Klimaten arbeiten. Die Kenntniss von den Errosions- und Alluvionsverhältnissen, den Quellverhältnissen etc. gehört zu denjenigen Punkten, wo die absolute Nothwendigkeit der manchmal scheinbar unpraktischen Wissenschaft zur Herbeiführung glücklicherer Zustände in der Menschheit gezeigt werden kann, schon ohne dass man auf einen höheren Standpunkt sich erhebend bekennen muss, dass nur unbegrenzt fortgesetzte Erkenntniss alle Vorurtheile und anderen Hindernisse, die der Entwicklung der Menschheit im Wege stehen, sprengen kann.

Wollen jetzt die Berge in die Thäler gleiten, so baut

Leere Seite
Blank page
Page vide

man Querriegel im Bachbett und sucht so das Material fest oben zu halten; wenn Flüsse nicht den rechten Weg gehen wollen, so kämpft man mit ihnen und zwingt sie, und wenn für den Verkehr um die Alpen der Umweg zu gross und über die Alpen zu mühsam ist, so sticht man an passender Stelle ein Loch durch. Was hätte der einzelne Mensch gegen den mächtigen Alpenkörper vermocht, und wie weit hätte er es in der Erkenntniss seiner Geschichte gebracht? All' sein siegreiches Vordringen auf jedem Gebiet verdankt er dem Prinzip der Assoziation. Eine über alle Nationalitätsgrenzen erhabene Assoziation aber musste zuerst auf dem Arbeitsfelde entstehen, wo für das Wohl der gesammten Menschheit gearbeitet wird, und darum reichen sich die Vertreter der Wissenschaft aller Nationen über Krieg und Frieden die Bruderhände.