

Genetik der Orogene.

Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Gebirge.

Von Dr. Leopold Kober.

Vortrag, gehalten in der Geographischen Gesellschaft, 5. Mai 1919.

Eine der größten und vornehmsten Aufgaben der Geologie ist die Erforschung der Gebirge. Dieses Problem hat die Geologen stets beschäftigt, und eine Reihe von Erklärungsversuchen sind gegeben worden. Alle diese Versuche konnten nicht recht gelingen, da sie die Gebirgsbildung immer als ein lokales Phänomen behandelten. Einzelne Gebirge wurden auf ihre Genetik hin untersucht, und es wurden Erklärungen gegeben, die für jeden speziellen Fall ihre Gültigkeit besaßen. Aber sie boten keine allgemein anerkannten Gesetze. Eine Änderung trat ein, als E. Sueß die Lehre vom einseitigen Schub entwickelte. Dieser Erklärungsversuch löste eine Reihe von Erscheinungen und fand in der ganzen Welt Anerkennung. Die Lehre von Sueß fand in der letzten Zeit durch das intensive Studium der Alpen ihre weitere Bestätigung und Vertiefung in der Lehre vom Deckenbau der Alpen. Danach bestehen die Alpen und viele andere junge und alte Gebirgsketten aus einer Reihe mächtiger Überschiebungsmassen, die einheitlich nach einer Richtung, immer auf das Vorland, bewegt erscheinen. Und doch fanden sich wieder Verhältnisse, die mit der Lehre vom einseitigen Schub nicht recht in Einklang zu bringen waren. Das war besonders in den Südalpen der Fall. Die fortschreitende geologische Erschließung dieser Teile der Alpen zeigte immer klarer die selbständige Südbewegung der Südalpen. Sueß hat diesen Verhältnissen so Rechnung getragen, daß er die Südalpen als ein eigenes Gebirge, die Dinariden, abtrennte. Sie sind nach Sueß ein den Alpen gleichwertiges, aber diesen doch fremdes Gebirge. So wurde von Sueß selbst gleichsam das Prinzip des einseitigen Schubes in den Alpen, wo es entstanden war, durchbrochen.

Und doch war damit ein Fortschritt erzielt. Die Alpen sind ein Teil eines nach Nord gewanderten Gebirges, die Dinariden ein Stück südbewegten Gebirges.

Diese Erkenntnis ist von größter geologischer Bedeutung.

Ich habe bereits vom Jahre 1911 an in einer Reihe von Vorträgen und Schriften über die Bewegungsrichtung der alpinen Kettengebirge des Mittelmeeres zu zeigen versucht, daß die Gliederung in Alpiden und Dinariden für die ganze alpine Zone gilt, daß wir zwei Stämme¹⁾ zu unterscheiden haben, einen Stamm der stets auf das europäische Vorland bewegt ist, die Alpiden, und einen Stamm, der gesetzmäßig auf die afrikanische Tafel bewegt erscheint, die Dinariden. Die Grenze zwischen beiden Gebirgen bildet entweder eine Narbe, nach der Art der „dinarischen“, oder aber ein Zwischengebirge, wie das pannonische. Es schaltet sich zwischen Karpathen und Dinariden in Form einer weiten ebenen Fläche ein.

Aber das Ganze bildet zusammen eine Einheit, eine orogenetische Zone. Erst aus der Genetik der ganzen Zone könnten wir die Entstehung der einzelnen Gebirge der Erde viel besser verstehen.

Darum ist es notwendig, die orogenetischen Zonen der Erde systematisch auf ihre Genetik zu studieren. Auf diesem Wege erhalten wir Einblick in die Größe der Phänomene. Die regionale Betrachtung dieser Zonen auf der Basis der modernen Tektonik wird eine notwendige Aufgabe der Geologie und hängt mit einer Reihe von Fragen und Problemen zusammen, die sich auf den Bau der Erde im allgemeinen beziehen. Dadurch erweitert sich der Rahmen stetig und die Tektonik wird zur Geotektonik, zur allgemeinen Betrachtung des Baues der Erde.

Nur so können wir den großen Aufgaben der Geologie gerecht werden, wenn wir das geologische Bild der Erde als Ganzes betrachten. So wird die Geotektonik zu einer selbständigen Disziplin der Geologie, wie ich dies auch in einer kleinen Schrift vor kurzem darzulegen versucht habe.

Die Genetik der Orogene ist ein wichtiges Kapitel der Geotektonik.

Wir wissen, es gibt einen fundamentalen Unterschied im Aufbaue der Erdrinde, soweit sie der Beurteilung zugänglich ist. Das ist der Gegensatz zwischen den alten erstarrten Massen und den orogenetischen Zonen.

Die alten erstarrten Massen, wie die russische Tafel, der kanadische Schild, die afrikanische Tafel, sind vor dem Paläozoi-

¹⁾ Ähnlich auch A. Philipsson.

kum entstanden. Es ist ein altherwürdiger Bau, der in seiner Reinheit durch alle geologischen Perioden, durch alle Umwälzungen in der Erdrinde sich erhalten hat. Alle Sedimente, vom Paläozoikum an bis zur Gegenwart, liegen auf diesen Tafeln flach, fast ungestört ohne Metamorphose. Diese Teile der Erdrinde sind so starr, daß alle gebirgsbildenden Prozesse der Erde sie im Wesen nicht mehr verändern konnten.

Im scharfen Gegensatz dazu die orogenetischen Zonen. Sie sind die Zonen der Kettengebirge, ausgezeichnet durch die mächtige Auftürmung der Gesteinsmassen, durch die Aufhäufung der marinen Sedimente. Sie sind aus Geosynklinalen hervorgegangen. Die orogenetischen Zonen sind schmale Zonen, die sich zwischen den erstarrten Massen durchwinden, erdumspannend.

Ihre Genetik enthüllt uns das Problem der Gebirgsbildung, das Problem der Lebensäußerungen des Planeten. Es sind gewaltige Prozesse, die aus der Erkaltung der Erde hervorgehen, die nur auf die orogenetischen Zonen beschränkt sind und deren Erkenntnis einen Einblick gibt in den großen Werdegang der Natur. Wir erkennen aus der Genetik der Orogene, wie große ozeanische Becken im Laufe der Erdgeschichte zwischen den erstarrten (kontinentalen) Feldern ausgepreßt, zu wolkenragenden und erdumspannenden Gebirgszügen der Erde wurden.

Wir haben bereits in den alpinen Regionen das Grundprinzip der Genetik der Orogene kennen gelernt und wollen nun in kurzen Zügen das allgemeine Bild der jungen orogenetischen Zonen, oder wie wir kurz sagen wollen, der Orogene charakterisieren.

Morphologie.

In der alpinen Region des Mittelmeeres haben wir morphologisch zwei Stämme zu trennen. Dem Alpidenstamme gehören an: Betische Kordillere, Pyrenäen, Alpen, Karpathen, Balkan, Kaukasus. Dem Dinaridenstamme sind zuzuzählen: Atlas, Apennin, Dinariden, Helleniden, Tauriden.

Im alpin-karpathischen Bogen einerseits, im dinarischen andererseits kommt ein Typus der orogenetischen Zone prägnant zum Ausdruck. Wir sehen randliche, einheitliche, einseitig auf das Vorland bewegte Gebirge, die eine Ehene umwallen. Die Breite dieses Typus der orogenetischen Zone von der Küste der Adria

bis zur Molassezone in Galizien ist etwa 1000 km. Diesen Typus wollen wir hier den Zwischengebirgstypus, oder den erweiterten Typus nennen, weil zwischen den beiden Ketten ein weites Gebirgsland — im geologischen Sinne — liegt.

Anderer Art ist der Typus, der durch die Alpen und die Dinariden gebildet wird. Das Zwischengebirge fehlt. Beide Gebirgsteile schließen zu einer einheitlichen Kette zusammen. Geologisch scheidet sie die dinarische Narbe. Die Breite ist bedeutend geringer. Wir wollen diesen Typus den Narben-Typus oder den verengten Typus nennen.

Diese zwei Typen finden wir immer wieder auf der Erde.

Eine einheitliche Kette läuft in der Fortsetzung der Tauriden als Iraniden längs des Persischen Golfes. Weiter verfolgen wir die Ketten des Himalaya. Diese biegen im Knie des Brahmaputra nach Süden um, ihre Verlängerung sind die birmanischen Ketten.

Auf der anderen Seite setzt der Kaukasus fort in die turkestanischen Randketten, umgürtet in scharfem Bogen Pamir, nach Osten folgt der Kuenlün. Am Ho-angho biegen die Ketten nach Süden um, ihre Falten laufen durch Jünnan.

Das Hochland von Kleinasien bildet den erweiterten Typus zwischen der Verbindungskette des Balkan und des Kaukasus (Krim) und dem Taurischen Bogen. In Armenien treten die Stämme wieder zum verengten Typus näher aneinander, zwischen Kaukasus und Tauriden gelegen. Im Hochland von Iran haben wir wieder den erweiterten Typus vor uns, im Hochland von Pamir den verengten, im Hochland von Tibet den erweiterten, im birmanischen Bogen mehr den verengten Typus.

So wechseln diese 2 Typen, indem die ganze orogenetische Zone stellenweise eingeschnürt ist, dann wieder auseinanderfließt.

In den Rändketten liegen gerne die größten Höhen, die Zwischengebirge sind niedriger. Es sind umwallte Höfe, die von der ungarischen Tiefebene allmählich ansteigen. Das Hochland von Kleinasien liegt höher, das Maximum der Erhöhung liegt in Tibet. Von da senkt sich die ganze Zone wieder in die Tiefe.

Im Profil Kuenlün — Himalaya liegt die höchste Erhebungsaxe der Zone. Von hier gegen Westen und Osten senkt sich die Axe in die Tiefe und damit geht Hand in Hand eine Zertrümmerung und Deformation der orogenetischen Zone.

Im westlichen Mittelmeer sind große Teile eingebrochen. aber im Profil Atlas — Betisché Kordillere läßt sich der verengte Typus noch gut erkennen.

Regionale Tektonik.

Im Mittelmeere ist die allgemeine Großtektonik völlig klar, der Alpidenstamm ist nordbewegt auf das europäische Vorland, der Dinaridenstamm einheitlich auf das afrikanische Vorland. Der engere Bau der einzelnen Ketten wird durch große Überschiebungen, durch den Deckenbau beherrscht. Dieses Gesetz gilt für Atlas, Apennin, Dinariden, Helleniden, Tauriden. Es gilt aber auch für die Betische Kordillere, Pyrenäen, die Alpen, den karpathischen Bogen, für den Kaukasus.

Diese zwei Hauptbewegungsrichtungen gelten für die ganze östliche Zone. Tauriden, Iraniden, Himalayiden, die Ketten der Nikobaren, des Sunda-Archipel (bis zum Anschluß an Neuguinea) sind einheitlich südbewegt. Die Bewegung geht auf Indo-Afrika und auf den australischen Kontinent.

Auf der Nordseite sind die turkestanischen Randketten nordbewegt, im Mustagata geht die Bewegung gleichfalls nach Norden, im eigentlichen Kuenlün ist sie noch nicht bekannt. Daß sie existiert, geht aus den Bewegungen der alpinen Ketten in Jünnan hervor. Dort gehen sie wieder nach außen, und zwar nach Osten, auf das Vorland der sīnischen Masse.

Die ganze orogenetische Zone gibt in der Morphologie der Randketten mit überzeugender Ehrlichkeit den inneren Bau wieder. Das Überquellen über das Vorland wirkt sehr überzeugend.

Das Orogen als Ganzes ist zweiseitig, jeder Stamm für sich aber einseitig gebaut. Im Narbentypus ist die Auspressung die intensivste, weniger stark ist sie im Zwischengebirgstypus. Das Verhältnis der Breite zwischen beiden ist etwa 1 : 3.

Während der Deckenbau, überhaupt die großen Überschiebungen im Narbentypus, für die Alpen sicher, für die anderen gleichen Teile wahrscheinlich ist, ist es zur Zeit noch nicht möglich zu sagen, welcher Bau im engeren die Zwischengebirge beherrscht, ob hier auch Deckenbau besteht oder ob hier vielleicht ein größerer Teil der Erdrinde als Ganzes emporgewölbt worden ist. Wahrscheinlich scheint es, daß auch hier mit komplizierten Baustrukturen gerechnet werden muß.

Das Material (Faziesreihen).

Diese obige orogenetische Zone ist aus der Tethys hervorgegangen und ausgezeichnet durch die überwiegend echt ozeanische Entwicklung besonders der mesozoischen Formationen. Aber die einzelnen Formationen sind nicht einheitlich entwickelt, sondern in einer Reihe von Faziesentwicklungen, die nur an die orogenetische Zone gebunden sind. Solche Faziesreihen fehlen den erstarrten Massen vollständig. Es ist die abyssale, bathyale, neritische Entwicklung der Fazies des Mesozoikum, die gerade in den Alpen so klar in Erscheinung tritt.

Flyschfazies, Molasseentwicklung sind immer nur an die Orogene gebunden. Unter den Eruptivgesteinen kommt hierher die Serie der sogenannten „grünen Gesteine“ und im allgemeinen die pazifische Sippe.

Allgemeine Genetik.

Die Tethys gilt lange Zeit schon als ein Mittelmeer, als ein Ozean zwischen Asien und Indo-Afrika gelegen. Die Entwicklung der mesozoischen Formationen in den einzelnen Stämmen und Gebirgen in abyssaler (Tiefsee-), bathyaler (Hochsee-) und neritischer (Flachsee-) Fazies gibt die Berechtigung zur Vorstellung, daß in der Tethys in der Tat ein echter Ozean zu sehen ist, etwa von der Art des atlantischen. Dieser ganze Ozean ist ausgepreßt worden. Sein Boden bildet heute das Orogen. Nur geringe Teile sind der Auspressung entgangen, so die mesozoischen Teile Deutschlands u. a.

Der Deckenbau in den Alpen ist ein so bedeutender, daß für die Alpen eine vielfache Verkürzung angenommen worden ist. Wir wollen uns mit bescheideneren allgemein anerkannten Verkürzungsdimensionen in alpinen Ketten begnügen und eine Verkürzung 1:2—3 annehmen. Demnach war das heutige Orogen mit seiner durchschnittlichen Breite von 1000 km als Ozean 2000 km breit. Es sind gewaltige Ausmaße. Man kann sich nicht leicht in die Dimensionen dieses Geschehens finden. Aber wir werden hier, wie so oft, umlernen müssen und uns an die Vorstellung der Kontraktion der Erde, herbeigeführt durch die Orogene, die viele 100 km für einen orogenen Zyklus betragen, gewöhnen müssen. Das Bild vom Bau der Erde wird großartiger und doch wieder einheitlicher gestaltet.

Das Orogen steigt unter dem Drucke der sinkenden kontinentalen Felder in die Höhe, wird zusammengepreßt, die Schichten weichen nach oben aus, viele Teile der Zone kommen in Regionen hydrostatischen Druckes. Das ganze Orogen wird zur zäh fließenden Masse, die überquillt, wohin sie kann, das ist immer über das starre Vorland.

Die Deformation der Orogene.

Die Orogene als solche werden wieder großen Deformationen unterworfen. Das ganze Orogen versinkt gleichmäßig in die Tiefe. So können nur die Spitzen der Randketten aufragen. So bilden sich Inselbogen, aber sie haben die Breite der Orogene und sind als solche zu erkennen. Eine andere Art der Deformation ist folgende. Es wird nur ein Ast versenkt, während der zweite stehen bleibt. So lassen sich noch eine Reihe von Typen unterscheiden, die sich leicht vom Normaltypus ableiten lassen. Noch einen wichtigen Deformationstypus möchten wir hier festhalten.

Denken wir uns, das Orogen Karpathen-Dinariden wird weiter zusammen gepreßt und dabei steigen die Randketten in die Höhe, zugleich aber versinkt das ganze Orogen. Das Bild, das entsteht, kann folgend gedacht werden. Die Randketten bleiben als Inselkränze bestehen, immer außen begleitet von Vortiefen, nach Art der asiatischen, das Feld des Zwischengebirges wird zu einem versenkten Becken, das immer tiefer geht, ja wir können uns denken, daß es in die Tiefe der Erdrinde gedrückt wird und oberflächlich die beiden Randketten aneinander gepreßt werden. So entstünde ein einheitlicher Gebirgsstrang. Die Tiefe zwischen den Randketten möchten wir hier als Zwischentiefe bezeichnen und in scharfen Gegensatz zu den (Rand-) Vortiefen stellen. Dieser hypothetische Weg soll uns eine Vorstellung über den Entwicklungsweg vom erweiterten Typus zum verengten Typus geben.

Verfolgen der Typen auf der Erde.

In Nordamerika ist das Orogen gesetzmäßig gebaut: Die Rocky-Mts. im Osten, die Pacific-Ranges im Westen, dazwischen das Zwischengebirge, das Interior-Plateau, von Alaska bis zum Colorado zu verfolgen. Die Rocky-Mts. sind nach Osten bewegt, die Pacific-Ranges nach Westen. Überall wird der Bau der Randketten

von Überschiebungen beherrscht. Im Zwischengebirge herrscht ein anderer Bau, aber es ist die marine Serie vorhanden: Vielleicht ist der Schollenbau des Interior-Plateau nur der Bau der jüngsten Phase, der Oberflächenbau, während in der Tiefe des Gebirges Überschiebungsbau liegt. Wir wollen hier gleich anschließen, daß das gleiche auch für Alpentteile gilt, wo wir in der nachmiozänen Phase des Gebirgsbaues epirogenetische Bewegungen sehen, die das Deckengebirge der Alpen morphologisch zu einem Schollengebirge zerschneiden. Aber diese Bewegungen sind im Grunde orogenetische, nur erscheinen sie wegen der Kürze der Zeit als epirogenetische. Dies ist auch schon in anderen Teilen erkannt worden.

In Südamerika ist das Orogen deformiert. Wahrscheinlich ist nur ein Stamm vorhanden, und zwar der östliche, der auf die brasilianisch-argentinische Masse bewegt ist. Der westliche Stamm, auf den Südpazifik bewegt, ist versenkt. Die Insel Juan Fernandez ist vielleicht ein Stammstück. Die Tiefen von Atakama sind nicht Vortiefen, sondern Zwischentiefen.

Das australische Orogen ist weitgehend deformiert. Es zieht von Neuguinea nach Neuseeland. Zwei Inselkettenzüge in 1000 km Distanz lassen sich verfolgen. Sie können als die Kämme der Randketten gedeutet werden.

In Ostasien ist das Orogen schwierig zu entziffern. Vielleicht ist der Marianenbogen der Außenbogen, die Tiefe von Guam die Zwischentiefe. Die Ketten der Philippinen, Teile von Japan, dann die Ketten des Sichota Alin sind die auf Eurasien bewegten Randketten, die sich im Bogen von Werchojansk fortsetzen.

Orogene können ganz versenkt werden, so daß sie auf dem Boden der Ozeane nicht scharf hervortreten. Dann ist die Versenkung wahrscheinlich schon eine ältere. Je frischer die Bauform erhalten ist, desto jünger dürfte die Versenkung sein. Vielleicht sind die jüngeren Orogene nicht alle im gleichen Stadium.

Große Teile haben (mit Ausnahme von Philippinen-Marianen) gleiche Breite.

Guadalquivir	Südfall des südalgerischen Atlas	700 km
Rhone-Mündung	" "	1000
Karpathen	Mt. "Gargano"	1000
Balkan	Kreta	900
Krim	Cypern	1100

Wladikawkas	Syrien	800 km
Mangischlag	Bagdad	1000
Askabad	persischer Golf	1100
Merv	Oman	1200
Amudarja	indischer Ozean	1300
Kaschgar	Salt Range	800
Khotan	Himalaya	800
Lobnor	Sikkim	1200
Zaidam	Bhutan	1200
Jünnan	Assam-Vorland	1000
Sarawah (Borneo)	Java	1200
Neu-Mecklenburg	Neu-Guinea	1100
Paumotu-Inseln	Tubuai	1800
Philippinen	Marianen	2200
Haiti	Caracas	1200
Seward-Halbinsel	Kenai	900
Charlotten-Inseln	Rocky-Mts.	900
Pazifische Küste	Yellowstone-Park	1300
	Wahsatch-Gebirge	1300
	Praekordillern (Santa Fé)	1600
„	Sierra Oriental	1000 „

Die zwei letzten gehören nicht streng genommen in das alpine Orogen. Sie sind gehobene Vorlandsschollen, etwa nach Art des Riesengebirges gegenüber den Alpen.

Hier konnten nur kurz allgemeine Züge entwickelt werden. Sie gelten für die Gesamtheit der seit dem Mesozoikum entstandenen, aus Geosynklinalen hervorgegangenen Gebirgszonen. Diese Geosynklinalen sind z. T. nicht der ganze Ozeanboden, sondern nur Teile. Das Verhältnis von Geosynklinalen zu den Ozeanen wird verständlich, wenn wir etwa zur Karbonzeit Europa betrachten. Ein weites Meer bedeckte die alpinen Regionen, den Ural, und reichte bis nach England. Aus diesem Ozeanboden sind aber nur Teile zu Geosynklinalen, zu Orogenen, geworden, so der Ural oder die deutschen Mittelgebirge, England und Schottland. Wir sehen also von einem erdumspannenden Ozean nur Teile zur Geosynklinale (Orogen) werden. Die alte russische Tafel ist bald wieder landfest geworden, ohne eine Geosynklinale, ein Orogen, gewesen zu sein.

Diese großen Gleichmäßigkeiten der jüngeren Orogene werden sich auch in den alten aufzeigen lassen. Freilich ist es hier viel schwieriger, da die Deformierung noch weitgehender ist. Immerhin treten gewisse Ähnlichkeiten hervor. Jetzt werden wir verstehen,

warum die skandinavischen Gebirge nach Osten bewegt sein müssen, die Schottlands dagegen nach Westen. Bilden sie ein Orogen, dann gilt für sie das Orogengesetz.

Die jüngeren Orogene bezeichnen wir als Mesoiden, weil das charakteristische Baumaterial die mesozoischen Gesteine sind, Abkömmlinge von Ozeanteilen, die im Mesozoikum den orogenen Zyklus begonnen haben. Als Paläoiden bezeichnen wir die Gesamtheit aller im Paläozoikum entstandenen Ketten. Hierher gehören also die Altäiden, die Kaledoniden, die Sahariden, die variszisch-herzynischen Gebirge. Die alten erstarrten Massen nennen wir Archäiden. (Davon werden die Proteroiden, die Gebirgstheile, die im Proterozoikum entstanden sind, zu trennen sein.)

Die Erkaltung der Erde vollzieht sich in einheitlichem Zuge. Große orogene Zyklen entstehen. Diese beherrschen die Entwicklung der Erde. Diese ist ein kosmischer Prozeß, gewaltig in den Lebensäußerungen, aber einheitlich im Geschehen und konservativ im Festhalten einer einmal erworbenen Entwicklungstendenz.

Es sind noch große allgemeine Fragen, die die Geotektonik zu lösen hat. Hier war es unsere Aufgabe, die Probleme aufzuzeigen, sie in aller Schärfe hinzustellen, um die Bedeutung der Phänomene erkennen zu lassen. Auf einzelnes ist hier hingewiesen worden. Es ist nur ein kleiner Anfang. Nicht nur die Kontinente allein haben wir zu betrachten, sondern auch die ozeanischen Böden. Wir erkennen bereits gewisse Möglichkeiten, den Bauplan der ozeanischen Senken in seinen allergröbsten Umrissen wenigstens zu deuten. Damit erst kommen wir zu einem tieferen Einblick der Genetik der Erdrinde.¹⁾

¹⁾ Ausführlichere Darstellungen über diesen Gegenstand finden sich in meinem vor kurzem erschienenen Buche: „Der Bau der Erde“ Berlin 1921.

L. Kober, Die Aufgaben der Geotektonik. Mitt. Geol. Ges., Wien 1918. Heft 3/4. S. 249.

— Die Bewegungsrichtung der alpinen Deckengebirge des Mittelmeeres. Pet. Mitt., Bd. 1914, S. 250.

— Alpen und Dinariden. Geol. Rundschau, 1914, Heft 3, Bd. V. S. 175.