

Eingesendete Mitteilungen.

O. Ampferer. Ueber die tektonische Heimatsberechtigung der Nordalpen.

Noch am Ende des vorigen Jahrhunderts wäre eine Untersuchung unter obigem Titel nach der Meinung der erdrückenden Mehrheit der ostalpinen Geologen überflüssig und müßig gewesen. Der internationale Geologenkongreß vom Jahre 1903 brachte dann für Wien die große Ueberraschung der Einfuhr und sofortigen Anwendung der Ueberfaltungshypothese, welche inzwischen in den Westalpen, von uns so gut wie unbeachtet, aufgewachsen und groß geworden war.

Hatte früher das Dogma der Grundständigkeit aller größeren Gebirgszonen unerschüttert geherrscht, so trat nunmehr das Dogma der Wurzellosigkeit der meisten derselben an seine Stelle.

Es wäre aber ungerecht, wollte man mit dieser einfachen Formel den Wirkungsbereich der neuen Hypothese erschöpfen, deren wertvollste Leistung wohl in der Verwendung und Verfeinerung mancher neuen Methode und in der Flüssigmachung vieler zu früh erstarrter Begriffe besteht.

Diese neue Anschauung über die Entstehung der Gebirge zerlegte in der Folge die ostalpine Geologenschaft in 3 Gruppen, eine bedingungslos zustimmende, eine völlig ablehnende und endlich eine, die von der neuen Richtung zwar die neuen Methoden dankbar in Empfang nahm, ohne indessen auf das Recht der Kritik und Zurückhaltung gegenüber vielen Unrichtigkeiten und Uebertreibungen zu verzichten.

Heute sind nahezu $1\frac{1}{2}$ Dezennien vergangen, eine Zeit, in welcher auch in den Ostalpen eine ungeheure Aufnahmearbeit und eine intensive Vergeistigung derselben sich vollzog.

Sehen wir, wie sich dadurch das Bild unseres tektonischen Alpenerkennens wenigstens in den wichtigsten Zügen verändert hat.

Das Programm der Ueberfaltungslehre hatte Einheitlichkeit des Faltungsmechanismus, Einheitlichkeit der Faltungsrichtung, Einheitlichkeit der Schaffenszeit verkündet.

Alles aus einem Gusse!

Diese Forderungen müssen heute allesamt als beim Alpenbau nichterfüllte bezeichnet werden. Die Ostalpen mit ihrem Schatz an Cenoman- und Gosaubuchten, diesen vorzüglichen Führern in mancher geologischen Wirrnis, legten klar und bündig das Zeugnis ab, daß mindestens zwei große Faltungs- und Schiebungsperioden vorhanden waren, welche eine Erosion trennte, deren Ausmaß die seit der letzten Gebirgsbildung wirksame wohl noch wesentlich übertroffen hat.

Es hat weiter den Anschein, daß die ältere Faltung im Osten mächtiger als die jüngere war, während sich dieses Verhältnis gegen Westen allmählich umkehrt.

Die Einheitlichkeit der Faltungsrichtung zerschellte an der Erkenntnis der „rätischen Bögen“, deren Wiederholungen sich in den Nordalpen bis in die Gegend von Wien verfolgen lassen.

Neben den nordsüdlich gerichteten Bewegungen gehören nach unserer heutigen Einsicht ostwestlich gerichtete zu dem wichtigsten Bauinventar unserer Alpen.

Durch diese Sicherstellungen ist aber auch die Einheitlichkeit des Bewegungsmechanismus selbst ins Schwanken geraten.

Wurde die sogenannte alpine Geosynklinale bei der vorgosauischen oder bei der nachgosauischen Faltung oder in beiden Fällen ausgequetscht?

Diese Fragen sind berechtigt, weil die Nappisten gezwungen sind, die Ueberschwingung der kristallinen Ächsen der Alpen durch die nördlichen Kalkalpen im Osten der prägosauischen, im Westen der postgosauischen Faltung zuzuschreiben.

Wenn aber bei uns schon bei der vorgosauischen Faltung die Nordalpen über die Zentralalpen herübergeworfen wurden, was ist dann bei der nachgosauischen herübergekommen?

Die erschlossenen Ausmaße der Ueberschiebungen und die Intensität der gebirgsbildenden Vorgänge war ja in weiten Bereichen für beide Fälle dieselbe, also wären doch auch dieselben Hauptformen der Umwälzungen zu erwarten.

Die Vorstellung des Nappismus von der mit äußerster Energie betriebenen Ausquetschung der alpinen Geosyncline ist mit dem Nachweis einer zweimaligen und ungefähr gleichwertigen Gebirgsbildung schwer zu vereinen.

Man kann eine Mulde von flachen Sedimenten zu steilen Falten zerdrücken, aber man kann nicht ein schon zusammengepreßtes System nochmals im gleichen Sinne zusammenklappen.

Wer daher an dieser Vorstellung trotzdem festhalten will, ist gezwungen, von den beiden Faltungsperioden eine zur wesentlich unbedeutenderen zu verurteilen. Da die beobachtbaren Wirkungen bei beiden dieselben sind, so steht man hier vor einer schweren Wahl.

Die theoretischen, und zwar sowohl geometrischen als auch mechanischen Bedenken gegen die Mechanik der Ueberfaltungslehre, welche ich 1906 erhob, bestehen auch heute noch ungeschwächt und lassen sich sogar noch wesentlich vermehren.

Man ginge aber fehl, wollte man aus diesen Sätzen etwa die Ablehnung des Verfassers gegen die zahlreichen, ausgezeichneten Profile herauslesen, die uns den Bau der Westalpen in selten klarer Weise enthüllen helfen.

Ich stehe nicht an, meine Bewunderung dieser genauen Arbeiten auszusprechen, die gewiß zu den mechanisch folgerichtigsten Profilen gehören, die wir für das Verständnis eines hochkomplizierten Gebirgsbaues überhaupt besitzen.

Ihre Richtigkeit ist so einleuchtend wie die Richtigkeit einer sorgfältig konstruierten Maschine.

Ebenso halte ich die Deutung des Baues des Juragebirges als Abscherungsdecke für eine glückliche und weithin verwendbare Errungenschaft.

Man wird nun fragen, wie sich diese Meinungen zusammenreimen lassen.

Die Ueberfaltung der Nordalpen des Westens scheint mir nach den vorliegenden Profilen unabweisbar. Die Ueberfaltung der Nordalpen des Ostens schätze ich für unbeweisbar.

Dazwischen liegt aber die wichtige Grenze von Ost- und Westalpen, die trotz aller Entstellungen kein Erosionssaum, sondern eine gewaltige ostwestlich bewegte Querzone ist, deren Wirkung im Norden schon in den Vilseralpen beginnt.

Diese Grenze scheint mir aber keine zufällige, sondern eine die beiden Alpenflügel tief zerteilende zu sein. Jeder Flügel hat trotz der Zusammengehörigkeit im großen sein eigenes, oft recht verschiedenes Wachstum genommen.

Die breiten, gerade hinziehenden Ostalpen mit ihrer gegen Ungarn geöffneten Trompete und die schmäleren, scharf gebogenen Westalpen tragen diese innere Verschiedenheit offen genug zutage. Ich glaube, daß die Steigerung der Ueberschiebungen in den Westalpen bis zur Ueberfaltung der kristallinen Achsen wesentlich mit dieser scharfen Krümmung zusammenhängt.

Jedenfalls kann man heute noch viel mehr als beim Wiener Geologenkongreß mit Recht die Meinung verfechten, daß es nicht glücklich ist, zwei so verschiedene Dinge wie West- und Ostalpen über einen geistigen Leisten schlagen zu wollen.

Wenden wir uns nun der eigentlichen Aufgabe dieser Untersuchung zu.

Zwischen den Trias-Jura-Kreideablagerungen unserer Nord- und Südalpen besteht heute nirgends mehr ein unmittelbarer sedimentärer Zusammenhang. Daß wenigstens zeitweise eine solche Verbindung über die Zentralalpen hinweg bestand, kann wohl als sicher angenommen werden.

Wenn man sich aber die Sedimentation in der angegebenen Zeit so einfach als beinahe möglich, also in einem großen langgestreckten Meerestrog vorstellen will, so würden die Nord- und Südalpen die Ränder dieser Geosynklinale, die Zentralalpen die Mittelzone bilden.

Was wir heute an Trias- und Juraesten noch auf den Zentralalpen finden, spricht aber gewiß nicht für die Sedimentation in der tiefen, durch riesige Zeiträume ungestörten Mittelzone eines solchen Troges.

Hier hat nun die Ueberfaltungslehre eingesetzt, um aus dem Nichtvorhandensein dieser einfachen Rangfolge den Schluß zu ziehen, daß die Nordalpen nicht mehr an der Stelle ihrer Geburt befindlich seien. Ich will hier nicht untersuchen, ob durch die vorgeschlagene Rückversetzung der Nordalpen zu den Südalpen diese Forderung befriedigt werden könne. Jedenfalls bleibt deswegen zum Beispiel die Möglichkeit offen, daß die alpine Geosynklinale von Anfang an in ihrer Mitte nicht die tiefsten Stellen besaß, sondern sogar zeitweise durch Landrücken geteilt sein mochte.

Dadurch würden allerdings viel mannigfachere Ablagerungsreihen entstanden sein, was jedoch nach meiner Ansicht nur eine vorteilhafte Annäherung an die tatsächlich gegebenen Verhältnisse bedeutet.

Sehen wir nun zu, wie es mit den tektonischen Dokumenten der Heimatsberechtigung der nördlichen Kalkalpen steht.

Hier läßt sich einmal gleich nach unseren heutigen Erfahrungen feststellen, daß die Kalkalpen allüberall den Charakter einer komplizierten „Abscherungsdecke“ besitzen, indem zu ihrem Aufbau lediglich die Schichten von der unteren Trias aufwärts mit Ausschluß der tieferen Systeme zur Verwendung gelangten. Die Fetzen von älteren Gesteinen, welche vielfach an den Schubflächen der vorgosauischen Gebirgsbildung aus der Tiefe gefördert wurden, illustrieren ja in ihrer Winzigkeit nur die Vollkommenheit des tektonischen Abschlusses. Dieses Ergebnis kann von der Deckenlehre natürlich ohne weiteres als eine wichtige Unterstützung verzeichnet werden.

Eine Abscherungsdecke braucht aber nicht von der Ferne hergeschoben zu sein, sie kann ebensogut an Ort und Stelle zustande kommen.

Die genauere Betrachtung der Bauweise der nördlichen Kalkalpen ergibt dabei etwa folgende Aussichten.

Ueberschreiten wir die Nordalpen, so begegnen wir sowohl am Nord- als auch am Südrande derselben einer Häufung von Schubflächen, die zumeist unter steilen oder mittleren Winkeln einfallen.

Flache Neigungen sind auffallend seltener und wohl nur bei ausgedehnten Schubdecken vorhanden. Aber auch bei diesen schießen die Bewegungsflächen endlich steil ins Gebirge hinein.

Stellen wir uns auf den Standpunkt der Deckenlehre, wobei wir an Stelle von „Ueberfaltungen“ durchaus „Ueberschiebungen“ zu setzen haben, denn die ersteren spielen in den Ostalpen eine allzu geringe Rolle, so hätten wir mehrere parallel übereinander lagernde Schubdecken anzunehmen.

Die Großform, welche dieses Deckensystem angenommen hat, muß in erster Linie von der Form des Untergrundes abhängen, auf den sich dasselbe niederlegte.

Weiter ist aber auch zu erwägen, daß dieser so schwer belastete Untergrund sich wahrscheinlich entsprechend einbog. Außerdem wird aber die ursprüngliche Form noch durch jüngere Faltungen und Verwerfungen umgestaltet worden sein.

Schalten wir diese letzteren Veränderungen, so gut es angeht, aus, so können wir wohl annehmen, daß unsere Schubblättermappe etwa eine flach muldenförmige Gestalt gewann.

Im großen und ganzen entspricht die heutige Lage der nordalpinen Schubmassen dieser einfachen geometrischen Forderung.

Bei genauerem Zusehen ergeben sich aber recht wichtige Abweichungen.

Eine derselben ist schon erwähnt worden. Die beobachtbaren Schubflächen tauchen viel zu steil in die Tiefe.

Die Uebersichtsprofile, welche Uhlig und dann Kober für die Ostalpen veröffentlicht haben, gewähren dieser Erscheinung keine Beachtung und liefern so ganz unrichtige Bewegungsbilder.

Eine weitere Eigentümlichkeit ist, daß in den meisten Querschnitten die Zahl der gegen Süden einfallenden Schubmassen erheblich größer als jene der gegen Norden gerichteten ist.

Mit anderen Worten, es tauchen die im Norden vorhandenen Schubdecken am Südrande größtenteils nicht mehr auf.

Es besteht also kein tektonisches Gleichgewicht in dieser Muldenform, sondern ein schweres Uebergewicht des nördlichen über den südlichen Flügel. Wir machen dann weiter die Beobachtung, daß sich die Schubmassen im Norden und Süden, die keine sichtbare Verbindung mehr besitzen, auch nicht nach den Merkmalen der gleichen oder nahe verwandter Fazies zusammenfügen lassen.

Die stratigraphischen Eigenartigkeiten des Nordrandes kehren am Südrand kaum wieder und umgekehrt. F. Hahn hat in seiner Arbeit „Grundzüge des Baues der nördlichen Kalkalpen zwischen Inn und Enns (Mitt. d. Geol. Ges. Wien 1913, IV. Bd.)“ eine große Menge von hierhergehörigen Erscheinungen in ein gutes Licht gerückt.

So versagt der Versuch der Deckenlehre, die einzelnen Schubdecken mit bestimmten Faziesmerkmalen auszurüsten, bereits innerhalb der schmalen Zone der Nordalpen, wie vielmehr bei einer Ausdehnung über die ganze Alpenbreite.

Deshalb zögere ich aber nicht zu behaupten, daß die Hilfsmittel genauer Faziesvergleichung für das Studium der Tektonik innerhalb gewisser Grenzen und bei entsprechender Vorsicht viele wertvolle Aufschlüsse zu bieten vermögen.

Die großartige Versprechung der Deckenlehre, durch Zurückrollung der einzelnen Decken die einfache Sedimentationsregel einer großen Geosynklinale enthüllen zu können, ist bis heute unerfüllt geblieben, unerfüllbar, weil dieselbe trotz ihrer Annehmlichkeit für die Geologie eben leider nie bestanden hat.

Wir kommen nun zur Betrachtung der mechanischen Gesteinsumwandlungen infolge von Faltung und Schiebung.

Entsprechend der nicht sehr mächtigen Ueberlastung vollzogen sich die Deformationen überwiegend unplastisch mit brechender Anschmiebung.

Das auffallendste Produkt sind daher Mylonite. Auch hier kann man bei einer Uebersicht nicht zu dem Urteil kommen, daß etwa die Deformationen in den unteren Decken stärker als in den oberen sind. Es zeigt sich vielmehr, daß das Auftreten der Mylonitzonen allenthalben an die Einzeltektonik des Gebietes gebunden ist. In jeder Schubmasse sind die stärkst beanspruchten und deformierten Zonen in der Umgebung der Bewegungsflächen zu finden.

Dabei spielen die Eigenschaften des Materials neben der mechanischen Beanspruchung eine sehr wichtige Rolle, die man nirgends ausschalten kann.

Im allgemeinen sind die Ausmaße der Mylonitzonen entlang der Schubflächen im Verhältnis zur ganzen Schubmasse ziemlich bescheiden.

Eine stetige Zunahme der Deformationen ist also weder in vertikaler noch in horizontaler Richtung zu erkennen, sie haben eine typisch lokale und keine regionale Anordnung.

Wenn wir eine in allen Richtungen gleichartige Gesteinsmasse Deformationen unterwerfen, so wird ihre Form lediglich von der Richtung und Stärke der angreifenden Kräfte abhängen. Setzen wir aber eine sonst gleiche, aber geschichtete Gesteinsmasse denselben Wirkungen aus, so werden wir ein grundverschiedenes Ergebnis erhalten.

Jede vorhandene Struktur beeinflußt den Verlauf später hinzutretender Deformationen. Eine einmal gegebene innere Ordnung ist auch durch viele nachfolgende Umänderungen nicht mehr zum Verschwinden zu bringen.

Wer sich von dieser Gesetzmäßigkeit überzeugen will, braucht nur einige Blätter verschieden farbigen Wachses aufeinanderzupressen und dieses Paket nun zu kneten.

Es ist unmöglich, selbst bei vielfachem Kneten, die einzelnen Lagen so zu vermischen, daß vielleicht eine einheitlich gefärbte Masse daraus entstünde. Man erkennt in allen Windungen, in Verdickungen und Verdünnungen die ursprüngliche Farbenordnung wieder.

Hat so schon einfache Schichtung für jede Deformation einen wichtigen Einfluß, so wird dieser durch die Einschaltung verschiedener Schichten noch wesentlich verstärkt. Einschaltungen von leichter beweglichen Lagen ändern die ganze Ausführung der Deformation, indem sich soweit als möglich alle Verschiebungen zunächst auf Kosten dieser plastischeren Lage vollziehen.

Für diese Erscheinung bieten nun die Nordalpen unzählige ausgezeichnete Belege.

Soweit wir sehen, nehmen die Werfener Schichten mit Salz-, Gips-, Lehm-, Tonschiefer-, Sandstein- und Rauhwackenbeständen hierbei die führende Stellung ein.

In ihrem Bereich springt die Bauweise regelmäßig um.

Sie sind die Zone, in deren Masse nicht nur viele Schollen und Fetzen von älteren, sondern auch von jüngeren Schichten einverleibt wurden, deren Rauhwacken eine der deutlichsten Mylonitbildungen vorstellen.

Wie der Buntsandstein der Träger der ganzen Juratektonik ist, so sind auch unsere Werfener Schichten diejenigen der nordalpinen Tektonik.

Wir können sagen, der Bau der Nordalpen würde ein ganz anderes Gepräge erhalten haben, wenn an Stelle der Werfener Schichten zwischen der Kalktrias und dem Paläozoikum eine starre, ungefügte Schichtmasse eingeschaltet worden wäre.

Für die Deckenlehre sind die Werfener Schichten der Gleithorizont großen Stiles, die Seife bei dem Stapellauf ihrer Deckenflotte.

Auf alle Fälle aber bilden sie die Basis der uns sichtbaren nordalpinen Tektonik und damit die Ablösung von dem unbekanntem Bau des Untergrundes. Eine ähnliche, wenn auch weit bescheidenere Bedeutung haben dann noch die Raibler, Kössener Schichten und die Liasfleckenmergel.

Die Anhäufung der Werfener Schichten entlang dem Südrande der Nordalpen ist am einfachsten aus der Nähe der Grauwackenzone zu erklären, deren Bedeckung sie ja bilden.

Es nehmen dementsprechend auch die übrigen Glieder der unteren Trias da weitere Räume in Anspruch als etwa am Nordrand, wo hinwieder die jüngeren Ablagerungen ihre natürliche Vorherrschaft bewahren. Dieses vom Standpunkt der Zuständigkeit der Nordalpen selbstverständliche Verhältnis ist von jenem der Deckentheorie nicht so einfach zu verstehen.

Nimmt man nämlich an, die untere Trias sei beim Vormarsch im Süden zurückgeblieben, so hat man zwar für die Anhäufung der älteren Massen hier eine Erklärung. Damit ist aber wieder die geringe Zahl der Schubmassen am gleichen Rande, die als Ausquetschung gedeutet wird, wohl schwer zu vereinen.

Bei Fernzuschüben können die meisten der hier aufgezählten Unterschiede zwischen dem Nord- und Südrand unserer Kalkalpen nur den Charakter von Zufälligkeiten haben, mit dem man sich gewiß nur im Falle der Notwendigkeit zufrieden gibt.

Nach der Deckenlehre liegen die Nordalpen ortsfremd auf den lepontinischen und den helvetischen Decken.

Von den sogenannten lepontinischen Decken kommen nur unbedeutende Massen als Unterlage der Nordalpen in Betracht.

Dagegen werden zum Beispiel in den Uebersichtsprofilen von Kober den helvetischen Decken Massen zugewiesen, die an Ausdehnung dem Körper der Nordalpen gleichkommen oder ihn sogar übertreffen. Diese helvetischen Decken sollen endlich auf dem Grundgebirge lagern.

Die helvetischen Decken tauchen an der Westgrenze der Ostalpen unter die Nordalpen hinein.

Im weiteren Verlauf der Nordalpen sind sie aber nur am Nordsaum hauptsächlich in der Form des altbekannten Flyschbandes zu treffen.

Während man am Westende der Nordalpen wohl kaum an einer Unterlagerung durch die helvetischen Decken zweifeln kann, ist die Weiterleitung desselben Verhältnisses entlang der ganzen Nordalpen eine höchst unsichere und unwahrscheinliche Annahme. Für das Uebergreifen der Nordalpen an ihrer Westecke sind aber nicht so sehr die älteren, nordsüdlichen als vielmehr die jüngeren, ostwestlichen Ueberschiebungen im Bereiche der großen Alpenknickung verantwortlich zu machen.

Das ist auch bei der Betrachtung des Engadiner Fensters stets im Auge zu behalten, welches ebenfalls noch im Wirkungsbereich dieser mächtigen Querzone liegt. Der von mir und Hammer 1911 veröffentlichte Querschnitt vom Allgäu zum Gardasee fällt ebenso noch ins Gebiet dieser Zone und die Ausmaße der dort ermittelten Ueberschiebungen können deshalb nicht ohne weiteres für die normale Entwicklung der Nordalpen herangezogen werden.

Gibt man hier im Westen den ostwestlichen Bewegungen den ihnen gebührenden Verschiebungszoll, so dürfte von der vielbesprochenen Ueberlagerung der Westalpen durch die Ostalpen wenig genug mehr übrigbleiben.

Im Innern der Nordalpen oder an der Südseite tauchen nirgends mehr helvetische Schichten unter den ostalpinen empor.

Das ist eine vom Standpunkt der Deckenlehre recht befremdliche Tatsache, da ja die ostalpinen Decken angeblich weit über die helvetischen hingefahren sein sollen und bei dem steilen Einschließen der Schubflächen eine Förderung von solchen Schichten gewiß zu erwarten wäre.

Prüfen wir aber die an den Ausstrichen der großen Schubflächen verstreuten tektonischen Strandgüter, so machen wir die Beobachtung, daß es sich in den meisten Fällen entweder um kristalline oder eruptive Gesteinsschollen handelt, sofern es nicht Splitter aus dem eigenen Leib der Kalkalpen sind. Als vergleichbarste Heimat kommen für diese exotischen Klippen etwa das Grundgebirge und die Grauwackenzone in Betracht.

Daß diese Klippen schon bei den alten Ueberschiebungen gefördert wurden, kann man aus den großen Mengen gleicher exotischer Gerölle in den Konglomeraten von Cenoman und Gosau ableiten.

Bei der Annahme der Zonenbeständigkeit der Kalkalpen steht nichts im Wege, sich diese Schollen an den steilen Schubbahnen unmittelbar aus dem paläozoischen oder kristallinen Untergrund gehoben zu denken.

Für die Deckenlehre dagegen ist ein so einfacher Bezug ausgeschlossen.

Die Einschaltung von kristallinen Brocken aus dem voralpinen Grundgebirge ist bei nappistischer Deutung wohl kaum zu verstehen.

Die paläozoischen Schollen muß man aus dem Besitz der lepontinischen oder der unteralpinen Decken entnehmen, die anderseits aber zumeist wieder ausgequetscht sein sollen.

Die Entnahme von solchen Schollen aus dem Lepontin oder Unterostalpin ist aber nach der ganzen Anlage der ostalpinen Decke, deren Unterteilungen eigentlich doch nur Verfälschungen einer großen Schubmasse vorstellen sollen, schwierig zu begreifen. Jedenfalls muß man dazu die Schubflächen, welche die ostalpine Decke zerlegen, in tiefere Decken hinabgreifen lassen.

Noch bedenklicher wird dieser Abschluß gegen die ewige Teufe bei der Erklärung der Erzlagerstätten. Hier hat Granigg die nach Annahme der Deckenlehre notwendigen Schritte zur Entwurzelung der Lagerstätten gemacht.

Ich möchte ihm auf diesem Wege nicht Gefolgschaft leisten, denn mir scheint dieser Versuch so aussichtsvoll, als etwa das Aufziehen von jungen Bäumen nach Entfernung ihrer Wurzeln.

Gewiß sind die älteren Lagerstätten an vielen Stellen der Alpen durch jüngere Schubflächen zerschnitten und von ihren Zuführungswegen abgerissen worden, ebenso sicher aber haben die neuen Bewegungsbahnen auch wieder den Metallbringern die Wege gegen die Oberfläche geöffnet.

Dabei sind nach alter Erfahrung insbesondere die Kreuzungstellen verschiedener Bewegungsfächen reicher mit Erzen ausgestattet als etwa parallele Flächensysteme.

Die Bewegungsfächen, welche die Deckenlehre für die Ostalpen konstruiert hat, dürften schon wegen ihrer Flachheit und Länge sowie der Ableitung aus den heftig gepreßten Wurzelstreifen zur Erzförderung ganz unbrauchbar sein.

Man ist also gezwungen, die ganzen Erzlagerstätten für älter als die großen Ueberfrachtungen der Zentralalpen zu halten.

Das heißt nicht mehr und nicht weniger, als diese Lagerstätten auch ganz von der lokalen Tektonik abzulösen, die ja natürlich erst bei oder nach jenen gewaltigen Umwälzungen entstanden sein kann.

Für die tektonischen Erzfördersysteme kommen im allgemeinen wohl nur steile Bewegungsflächen in Betracht.

Dies allein macht schon eine engere Verknüpfung der Lagerstätten mit der ewigen Teufe von vornherein wahrscheinlich.

Aus dem Zerreißen dieses Verhältnisses ist aber wohl kaum ein Vorteil der Erkenntnis zu ziehen.

Die Nordalpen stoßen im Süden an die Grauwackenzone, mit der die Werfener Schichten weithin stratigraphisch verbunden sind.

Überschreitet man dann die Zentralalpen, so findet man in den Gailtaler Alpen wohl für die nördlichen Kalkalpen ein vergleichbares Gegenstück, aber zwischen diesen und dem kristallinen Gebirge fehlt hier jede Andeutung einer südlichen Grauwackenzone.

Wer aber die nördlichen Kalkalpen von den Gailtaler Alpen ableiten will, der muß die Grauwackenzone von ihrer Nordseite beziehen, weil sonst eine Durchkreuzung der Zufahrtslinien entsteht. Nach der Ueberfrachtungslehre müßten ja die beiden zugehörigen Kalkstreifen und die beiden Grauwackenzone symmetrisch an den Flanken der Zentralalpen liegen.

Da die Karnischen Alpen und die Karawanken aber erst südlich der Gailtaler Alpen liegen, sind sie leider nicht als Wurzeln für das nordalpine Paläozoikum zu gebrauchen.

Für die Beurteilung der tektonischen Selbständigkeit oder Abhängigkeit der Alpenzonen haben die großen und tiefreichenden Aufschließungen der neuen Alpentunnels, im Norden der Bosruck-, im Süden der Karawanken- und Wocheiner-Tunnel wichtige Einsichten geliefert.

Eine Durchbohrung der Gailtaler Alpen hat leider nicht stattgefunden und der Tauerntunnel ist ganz im Granit geblieben.

Wenn man diese drei von Geyer, Teller und Kossmat geschilderten Profile vergleicht, so treten manche gemeinsamen Züge deutlich genug hervor.

Die Aehnlichkeit des Baues ist trotz des recht verschiedenen Schichtmaterials eine überaus merkwürdige.

Wir sehen in diesen Profilen (Denkschriften d. kais. Akademie d. W. in Wien, 82. Bd.) einen keilförmigen, aus mehreren Stücken bestehenden Mittelteil, welcher durch steile Schubflächen von den seitlich angrenzenden Massen getrennt wird.

Diese seitlichen Teile sind ihrerseits wieder mehr minder steil gefaltet, so daß zusammen mit dem Mittelkeil eine gegen oben verbreiterte Form von der Art einer Eisenbahnschiene entsteht.

Den Querschnitt mit einer Pilzform zu vergleichen geht nicht an, weil letztere ja einen runden Stil und runden Hut besitzt.

Diese Schienenform ist einmal dadurch bemerkenswert, daß sie schon bei verhältnismäßig so schmalen Gebirgszonen auftritt.

Weiter ist unverkennbar, daß gerade durch diese mehr minder symmetrische Form, die ja auch bei den meisten Querprofilen durch die Alpen wiederkehrt, ein hoher Grad von tektonischer Selbständigkeit verraten wird.

Solche Schienenfalten müssen zu ihrer Entfaltung die Möglichkeit leichteren Ausweichens gegen oben nach den Seiten besitzen, können also weder unter schwerer Ueberlastung, noch innerhalb von scharf einseitiger Bewegung sich bilden.

Diese Schienenfalten zeigen uns also einerseits in ihrer Basalzone die Herrschaft eines sehr starken seitlichen Druckes an bei gleichzeitiger Möglichkeit, nach oben und seitlich demselben ausweichen zu können.

Folgt man dieser mechanischen Deutung, so sind die Mittelkeile natürlich nicht als Einsenkungen, sondern als Heraushebungen aufzufassen.

Ich führe dies hier an, weil es in Widerspruch zu der öfter vertretenen Meinung steht, welche in diesen Mittelkeilen Einsenkungen zu erkennen glaubt.

Daß es sich bei diesen Abspaltungen nicht um eine Senkung des schwereren Mittelstückes in die nachgiebigere Grundlage handelt, scheinen mir auch die neuen von Buxtorf genau studierten Jura-tunnelprofile, insbesondere jenes des Grenchenbergs zu beweisen.

Bei letzterem sehr interessanten Profil hat nämlich der Mittelkeil eine so flache Form, daß der Gedanke an eine Einsenkungsform sich von selber abweist.

Das wichtige Profil, das Geyer von dem Bosrucktunnel veröffentlicht hat, zeigt aber weiter, daß die jetzige Formgebung erst bei der nachgosauischen Faltung erreicht worden ist.

Zugleich sehen wir am Südrande der Nordalpen einen jener außerordentlich tiefen Erosionsschnitte vor uns, in welche später das Gosameer seine Sedimente legte.

Nur so ist diese tiefe Einfaltung der Gosau erklärlich. Auch das Profil des Wocheiner Tunnels, das Kossmat gegeben hat, zeigt uns im Norden einen tiefen Einschnitt, der mit alttertiären Schichten ausgegossen wurde, während wir im Süden die Oberkreide in sehr tiefer Lage treffen.

So legen uns diese Profile den Gedanken nahe, daß zur Ausbildung von solcher Schienenfaltung entweder eine von vornherein selbständige Aufwölbung oder ein von der Erosion freigesägtes Gebirgsstück erforderlich ist. In dem vorläufigen Bericht über Gosastudien in Niederösterreich habe ich für die letztere Erscheinung die Bezeichnung „Kerbwirkung“ vorgeschlagen.

Die nachgosauische Faltung in den Nord- und Südalpen fand in von der Erosion tief zergrabenes Land, wo die schon vorhandenen Einschnitte vielfach einen bestimmenden Einfluß auf die Gestaltung der lokalen Tektonik gewannen.

Mancherorts mag es bis zur Zerdrückung offener Talschluchten gekommen sein.

Sehr deutlich ist des weiteren zu sehen, wie das Bosruck- und Karawankenprofil einen ziemlich zweiseitig gleichwertigen Charakter besitzen, wogegen das Wocheiner Profil schon gegen Süden umgelegt erscheint.

Hätten wir im Norden auch ein dem Wocheiner Profil entsprechendes, so würde hier die Umlegung gegen Norden in die Augen springen.

Diese Abnahme der Einseitigkeit bis zur Gleichseitigkeit in den Bewegungsformen bei der Annäherung an die Zentralalpen ist meines Erachtens auch nur vom Standpunkt der Zonenbeständigkeit leicht zu verstehen.

Es ist übrigens auch der Bau der Zentralalpen im großen und ganzen nicht so ausschließlich einheitlich nordbewegt, wie die Anhänger des Nappismus vielfach in ihren schematischen Darstellungen annehmen.

Auch hier haben Fächerstrukturen und sogar südwärts gerichtete Ueberschiebungen ihren gerechten Anteil an den Bauformen.

Faßt man das zusammen, so kommt man zu dem Schlusse, daß sowohl die Nord- und Südalpen als auch die Zentralalpen jede für sich ein gewisses Maß von tektonischer Selbständigkeit und Eigenartigkeit vollauf beanspruchen können. Ja es kann tektonische Selbständigkeit bei geeigneten Bedingungen sogar einzelnen Bergkämmen und einzelnen Bergen verliehen sein.

Das muß bei jeder Zusammenfassung zu größeren tektonischen Gefügen wohl berücksichtigt werden. Die Ostalpen sind gewiß kein streng einheitlich geregeltes Gebirge und die Annahme einer solchen Einheit bedeutet eine Vergewaltigung zahlreicher, sicherer geologischer Geschichtsangaben.

Der Zusammenhang der großen Zonen der Ostalpen ist kein so inniger wie er nach der Vorstellung der Deckenlehre zu sein hätte.

Würden die Ostalpen tatsächlich aus mehreren riesigen, flach übereinander gebreiteten Schubmassen bestehen, so müßte dieser einfache Bau doch viel leichter und wirklich deutlich zu erkennen sein. Das ist jedoch an keiner Stelle der Fall. Die Ueberfaltungslehre reicht nicht aus, die Tektonik der Ostalpen zu erklären.

Ihre Grundformel, die Ausquetschung einer mächtigen Geosynklinale zu mehreren riesigen, nordwärts übereinander gleitenden Falten wird den Hauptzügen der ostalpinen Tektonik nicht gerecht, auch wenn man die Ueberfalten durch Ueberschiebungen ersetzt denkt.

Die Vorstellung der Zusammenpressung einer so breiten Schichtenmulde bis zu jener von der Ueberfaltungslehre verlangten Austreibung mehrerer riesiger Faltenzungen enthält schon viele geometrische und mechanische Unmöglichkeiten.

Auf einige derselben habe ich bereits 1906 die Aufmerksamkeit, wenn auch so ziemlich erfolglos, gelenkt.

Wenn ich heute wieder davon spreche, trotz des Bewußtseins, bei den westalpinen und manchen ostalpinen Geologen kein Gehör zu finden, so geschieht dies nur aus der inneren Verpflichtung heraus, erkannte Unrichtigkeiten trotz aller damit verbundenen Unannehmlichkeiten bis ans Ende zu bekämpfen. Möge niemand dieser unablässigen Gegnerschaft andere Motive unterlegen, denn ich wende mich im selben Augenblick und ohne Reue von jedem Standpunkt ab, wo mir dessen Unhaltbarkeit klar wird.

Stellen wir uns also vor, wie die breite Geosynklinale von den Seiten her allmählich zusammengepreßt und in Falten gelegt wird.

Diese Falten werden anfangs der Schichtdicke entsprechend klein und niedrig sein. Es ist wahrscheinlich, daß sich eine ziemlich große Anzahl von solchen kleinen Falten auf unserer großen Bühne entwickeln wird. Bei der vorschreitenden Zusammendrängung werden zunächst diese Falten steiler und enger werden, bis sie auf diese Weise dem weiteren seitlichen Druck nicht mehr gehorchen können.

Nun stehen zur Einengung verschiedene Wege offen. Entweder wird die ganze so gefaltete Zone noch einmal in Falten zweiter Ordnung gelegt oder einzelne größere Falten fangen an sich durch Aufzehrung der benachbarten stärker zu vergrößern oder es reißen Ueberschiebungen ein und die weitere Tektonik wird von ihnen geleitet.

Die Ueberfaltungslehre hat, wie ja ihr Name sagt, die mittlere Möglichkeit hauptsächlich ins Auge gefaßt. Wenn wir also das Bisherige kurz wiederholen, so kann man etwa sagen, daß sich bei der Zusammenpressung einer mehrere hundert Kilometer breiten und vielleicht ca. 5 *km* mächtigen Schichtendecke (mehr hat an den Ueberfaltungen wohl kaum Anteil genommen) sicherlich nicht bloß 3—4, sondern mindestens die 10fache Anzahl von Urfalten ausgebildet haben.

Aus diesen höchstwahrscheinlich ungleichen Falten sollen nun allmählich einige wenige größere ein führendes Wachstum erlangen.

Dies ist nur unter zwei Bedingungen möglich. Erstens müssen die Ueberfalten dazu die benachbarten Falten aufzehren und zweitens müssen diese ersteren von Anfang an in weiteren Abständen voneinander aufwachsen, damit sie sich nämlich nicht gleich selbst gegenseitig auffressen.

Die erste Forderung ist für das Verständnis der so reichlich verkannten Beziehung von Ueberfalte und Wurzel oder allgemeiner von Decken- und Wurzelland entscheidend.

Die Ueberfalte selbst ist nur als Uebertreibung eines Sattels verständlich.

Wenn nun diese Ueberfalte so mächtige Dimensionen erlangt, daß sie sich umlegt und vielleicht endlich durch Schweregleitung von ihrem Mutterschoß abreißt, so kann man fragen, sind als Wurzel der zurückgebliebene Sattelstumpf oder die diesem beiderseits anliegenden Mulden oder alle drei Elemente zusammen zu bezeichnen? Es ist klar, daß bei einem weiteren Anwachsen der Ueberfalte mit

Ausnahme vielleicht der nordseitigen Mulde die zwei anderen Elemente selbst wieder Teile der Ueberfalte geworden wären.

In diesem Sinne könnte man also beide, vielleicht alle drei Elemente als Wurzel bezeichnen.

Ich frage nun, was besteht für ein geometrischer oder mechanischer Unterschied zwischen Decken- und Wurzelland? Der auffälligste ist jener der Lagerung, dort flache Ausbreitung, hier steile Stellung.

Da der größte Teil der Ueberfalte aus aufgezehrten Sätteln und Mulden besteht, so hätten diese Schichten nicht bloß eine, sondern mehrere Umbiegungen oder Umbrechungen durchmachen müssen, bevor sie in die flache Lage eines Ueberfaltenschenkels gelangten. Diese mehrfache Umbrechung wäre aber nicht nur eine gleichsinnige, sondern dann wieder sogar eine entgegengesetzt gerichtete gewesen.

Bei diesem Wachstum der Ueberfalte wäre eine und dieselbe Stelle der Schichtdecke vielleicht einigemal zum Sattel, dann wieder zur Mulde verbogen worden. Was das in mechanischer Beziehung bei so spröden Materialien wie Gesteinen bedeutet, wird jeder begreifen, der einige technologische Erfahrungen besitzt. Man wird also gewiß nicht behaupten können, daß die Ueberfalte aus weniger gestörten Schichten als ihre Wurzelzone besteht, sondern das gerade Gegenteil zu erwarten ist.

Wenn wir heute in den Ostalpen etwa die Nordalpen mit den Gailtaler Alpen vergleichen, so finden wir in beiden Gebirgszonen ein sehr ähnliches Verhältnis von Faltungs-Schiebungsintensität und von mechanischer Gesteinsbeanspruchung.

Es ist nicht möglich, diese zwei Zonen als Decken- und Wurzelland einander gegenüberzustellen.

Ebenso wenig kann man aber auch zugeben, daß die Schubmassen der Nordalpen in ihrer Gesamtheit durch eine mehrfache Umbrechung gegangen sind. Dazu sind diese Schichtmassen bei weitem zu wenig und in einer mit solchen Umwälzungen ganz unvereinbaren Weise deformiert.

Wie viele Schichten und weite Gebirgsbereiche zeigen doch überhaupt das Fehlen jeder scharfen Durchbiegung an.

Wenden wir uns nun der anderen geometrischen Forderung zu, so muß man wohl eingestehen, daß die zur Erzeugung so riesiger Ueberfalten nötige Wachstumsdistanz zwischen denselben eine höchst seltsame und unwahrscheinliche Anordnung und Entwicklung der Falten im Raume der ehemaligen Geosynklinale voraussetzt.

Ich gehe hier so weit, zu behaupten, daß einheitliche Falten von solchen Dimensionen, aber ebenso auch gleichgroße einheitliche Schubmassen für die irdischen Verhältnisse höchst unwahrscheinliche Dinge sind.

Der tatsächliche Verlauf der durch die Deckenlehre ins Leben gerufenen sehr sorgsam. Neuaufnahmen hat aber auch in den Westalpen wie bei uns die anfänglichen großen Einheiten ausnahms-

los in eine Menge von viel kleineren Falten und Schubmassen zerschlagen.

Das ist aber nicht etwa erst das Ergebnis von späterer Lokaltettonik, sondern die typische Produktion jeder alpinen Gebirgsbildung, also ein durchaus regionaler Vorgang.

Betrachten wir nun die Wachstumsbeziehungen der Ueberfalten noch etwas genauer.

Wenn die zu Großfalten befähigten Urfalten sich auch in einer genügenden Distanz voneinander befinden, so ist ihr gemeinsames Wachsen des weiteren an die Forderung geknüpft, daß sie beiderseitig ungefähr gleich viel Kleinfalten aufzehren können.

Nur so können sie sich endlich nahe aneinanderschließen, wie es die Zeichnungen der Nappisten gewöhnlich malen.

Wie geht nun aber die Entwicklung bei dem ebenfalls immer vorausgesetzten stark einseitigen Schub aus Süden vor sich?

Dieser einseitigen Schubrichtung dürfte voraussichtlich auch ein einseitiges Wachstum entsprechen.

Bei einseitigem Wachstum gibt es aber keine Möglichkeit, die Ueberfalten eng aneinander zu reihen.

Man müßte dazu die eine Großfalte von der Süd-, die nächste von der Nordseite her füttern, damit sie endlich aneinanderwachsen können. Dieser Rhythmus dürfte sich wohl kaum erklären lassen.

Kurz, man kann die Sache drehen wie man will, es gibt hier keinen brauchbaren Ausweg. Dabei sehe ich an dieser Stelle von der Hauptschwierigkeit, nämlich dem Verhalten der tieferen Massen unter der Geosynklinale ganz ab, die an dem oberflächlichen Faltenspiel ja gar nicht teilnehmen können, aber leider auch nicht aus der Welt zu schaffen sind.

Die vielfach erhobenen Einwendungen haben nun zur Folge gehabt, daß die Vertreter des ostalpinen Nappismus, allen voran K o b e r, ihre Auslegungen der Deckenlehre schrittweise verändern mußten, häufig allerdings ohne die einzelnen Stadien dieses Rückzuges und die sie erzwingenden Arbeiten irgendwie zu nennen.

In der ersten Zeit war der Uebereifer vielleicht eine Entschuldigung, später aber kann man dies nicht mehr annehmen.

In dieser Hinsicht entspricht die geistvolle Antwort, welche Schwinner auf die letzte verworrene Darstellung Kobers über die Entstehung von Alpen und Dinariden in der „Geologischen Rundschau“ ¹⁾ gegeben hat, vollauf auch meiner Stellungnahme.

Wien, Ende Februar 1918.

¹⁾ Siehe daselbst Band VI, Heft 1, Leipzig 1916.