

Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen.

2. Fortsetzung.

Von Otto Ampferer.

Mit 18 Zeichnungen.

In der 1. Fortsetzung dieser Arbeit — Jahrbuch 1924, Heft 1-2 — wurde die Hypothese aufgestellt, daß die mediterranen Faltschlingen durch ausgedehnte Verbiegungen von ursprünglich annähernd parallelen Faltensträngen entstanden seien, welche durch ein breiteres Mittelfeld voneinander getrennt waren.

Solche Verbiegungen sind nur möglich, wenn das Mittelfeld entsprechend durch mächtige Verengerungen und Verbreiterungen umgeformt wird, was wieder nur mit Hilfe von Unterströmungen ausführbar erscheint. Von diesem Standpunkte aus erkannten wir den gesetzmäßigen Wechsel von Verengerungs- und Verbreiterungszonen in dem Schlingenbild und sahen, wie die ersteren mit hohen Aufpressungen, die letzteren mit Versenkungen, Zerreißen und reichlichem Aufsteigen von Magmen in die Lücken verbunden sind.

Betrachtet man das Schema der mediterranen Faltschlingen nach Kober in Fig. 1, so liegen auch heute noch die höchsten Gebirgsaufpressungen innerhalb der Verengerungszone, ebenso wie die Versenkungen, Zerreißen und Vulkane die Bereiche der Verbreiterungszone einnehmen.

Ohne die Bedeckung durch das Meer würde der Gegensatz zwischen den geschlossenen Faltensträngen und der gewaltsamen Umformung des bald hochgepreßten, bald tiefgesenkten und aufgelockerten Mittelfeldes noch viel anschaulicher sein.

Nach dieser Auslegung tritt auch die einzigartige Stellung der Alpen innerhalb der ganzen mediterranen Faltschlingen als engste Zusammenstoß- und Verschweißungsstelle in wunderbarer Klarheit vor unser geistiges Auge.

Nur hier kommen sich die zwei großen Faltenstränge auf eine längere Strecke derartig nahe, daß man von einer symmetrischen Anlage reden kann.

E. Sueß hat zuerst den tiefen Schnitt erkannt, welcher die Südalpen von den Zentral- und Nordalpen scheidet.

Er dachte indessen ebenso wie Kober nicht an große Verschiebungen im Streichen.

Mit der Umformung des Mittelfeldes zwischen den sich verbiegenden Faltensträngen ist das ganze Bewegungssystem aber noch lange nicht erschöpft.

Es ist dazu auch noch die entsprechende Mitwirkung der Außenfelder nötig, welche die Faltenstränge im N und im S begleiten.

Diese Mitwirkung ist indessen nur noch in größeren Umrissen nötig, und wir sehen auch, daß die Faltenstränge tatsächlich weithin, z. B. über ihr nördliches Vorland hinausgewandert sind.

Wir haben also nicht nur die Umformung des Mittelfeldes, sondern bis zu einem gewissen Grade auch noch diejenige der Außenfelder im Zusammenhang mit den Verbiegungen der leitenden Faltenstränge zu betrachten.

Wie ich schon im September 1924 bei dem Vortrag über die Tektonik der Alpen anlässlich der 88. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Innsbruck hervorgehoben habe, wird dadurch das Ausmaß der zusammengehörigen Umformungen bereits so groß, daß es sich wohl um „Kontinentdeformationen“ handelt. Hier ist es angemessen,

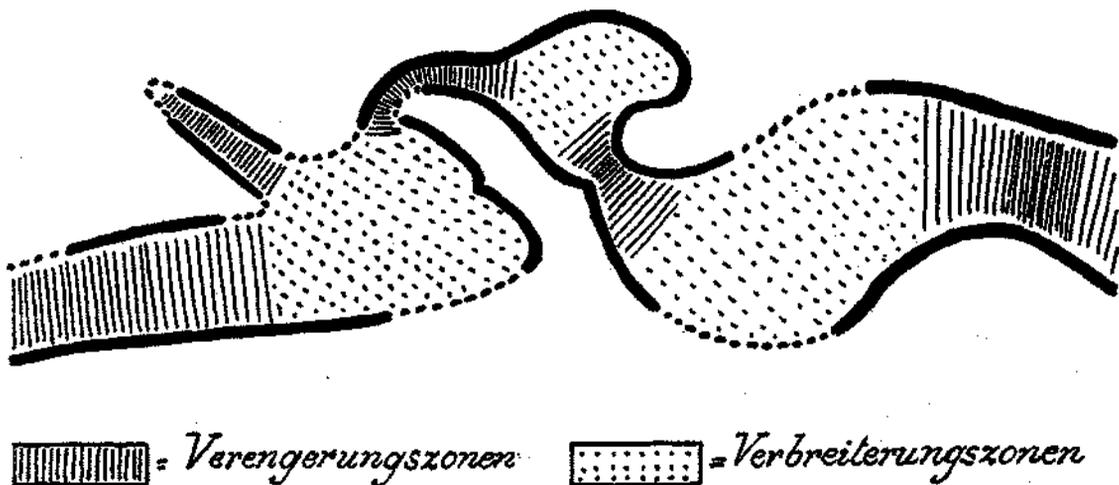


Fig. 1. Umformung des Innenfeldes der mediterranen Faltenzonen.

einen Anschluß an die Vorstellungen von Wegener über die Kontinentverschiebungen zu vollziehen. Es ist dies vom Standpunkte der Hypothese der Unterströmungen aus sehr einfach, da man ja nur Unterströmungen als die Träger der Kontinentverschiebungen einzuführen braucht.

Unabhängig von diesem Ideenkreis hat sich in den Westalpen eine neue geotektonische Weltanschauung herausgebildet, anschließend an die kühnen Gedanken von Pierre Termier.

Die neueste Ausgestaltung dieser Ideen verdanken wir Emile Argand, an dessen ausgezeichnete Darstellung ich mich hier halte.

Für Argand, dem sich auch Rudolf Staub angeschlossen hat, bedeuten die kleineren und auch die großen Bögen der mediterranen Faltenstränge keine Verbiegungen, sondern Hinausflutungen der von S. her andrängenden Massen in die freien Räume zwischen entgegengesetzten Hemmungszonen.

So stellt er sich z. B. den Bogen von Alpen + Karpathen als eine gewaltige, weit voreilende Faltungswelle und Überflutung des Vorlandes vor, welche seitlich durch die hemmende Wirkung von

französischem und bulgarischem Massiv zurückgebremst wurde, etwa wie Fig. 2 schematisch zu erkennen gibt.

Argand geht aber wie früher Termier noch weiter und glaubt sogar die Falten der Dinariden lediglich als Gebilde eines sekundären Rückflutens etwa im Sinne von Fig. 3 deuten zu können.

Mit dieser Deutung der tertiären Faltenzonen als Stoßstreifen an der Stirne des über Eurasien vorrückenden Gondwanalandes verläßt Argand mit seiner Schule den engen Rahmen der Kontraktionshypothese und leistet ebenfalls der Hypothese von Wegener über Kontinentverschiebungen größten Stiles Gefolgschaft. So sehr mir das Aufgeben der viel zu eng gefaßten Kontraktionshypothese gefällt, so vernag ich doch meine geologische und mechanische Erfahrung mit diesen überaus kühnen Gedanken nicht in Einklang zu bringen.

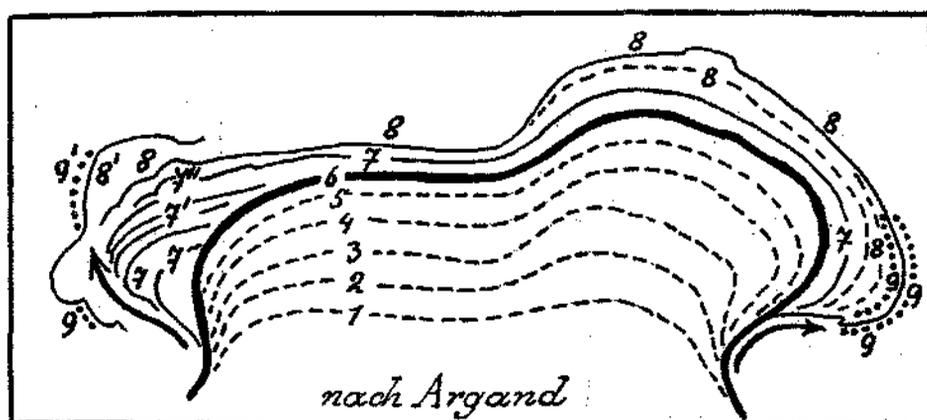


Fig. 2. Progression des fronts alpino-carpathiques. ca. 1:17,000,000
1 à 9, progression des fronts du Jurassique au Quaternaire. 1 à 6, progression au Jurassique et à l'Éocretacé. 6, front des nappes au moment du premier paroxysme. 7 à 9, nappes à paroxysme tertiaire. 7, 7', 7'', progressions au Nummulitique. 8, au Néogène. 9, au Néogène supérieur et au Quaternaire. Les flèches indiquent le sens des dérives. 8', 9', progressions frontales du Jura. 8', au Néogène moyen. 9', au Néogène supérieur et au Quaternaire.

Das Bild eines solchen Vorlaufens der Faltenbögen zwischen seitlichen Hemmungen setzt ein derartiges Maß von einheitlichem Schwung und von Geschwindigkeit der Formgebung voraus, wie es den gebirgsbildenden Vorgängen nicht zur Verfügung steht.

So etwas kann durch plötzlichen Stoß auf eine freischwingende, breiige Flüssigkeit entstehen, nicht aber durch den langsamen Vorschub einer Kontinentscholle über den Rand einer anderen.

Die Formen des „Voreilens“ können nur bei einer raschen Gestaltung entstehen. Sie setzen einen mächtigen und einheitlichen Schwung voraus und lassen sich nicht durch eine große Reihe von kleinen Verschiebungen innerhalb einer langen Zeitstrecke ersetzen.

Diese Formen sind also nicht aus kleinen getrennten Wirkungen beliebig summierbar. Außerdem würde eine solche Erklärung, z. B. auf den Bogen von Alpen + Karpathen angewendet, eine ganz enorme Streckung der Faltenbündel erfordern (Fig. 4). Sie beträgt nach der Zeichnung von Argand (Fig. 2) nahezu 100 Prozent.

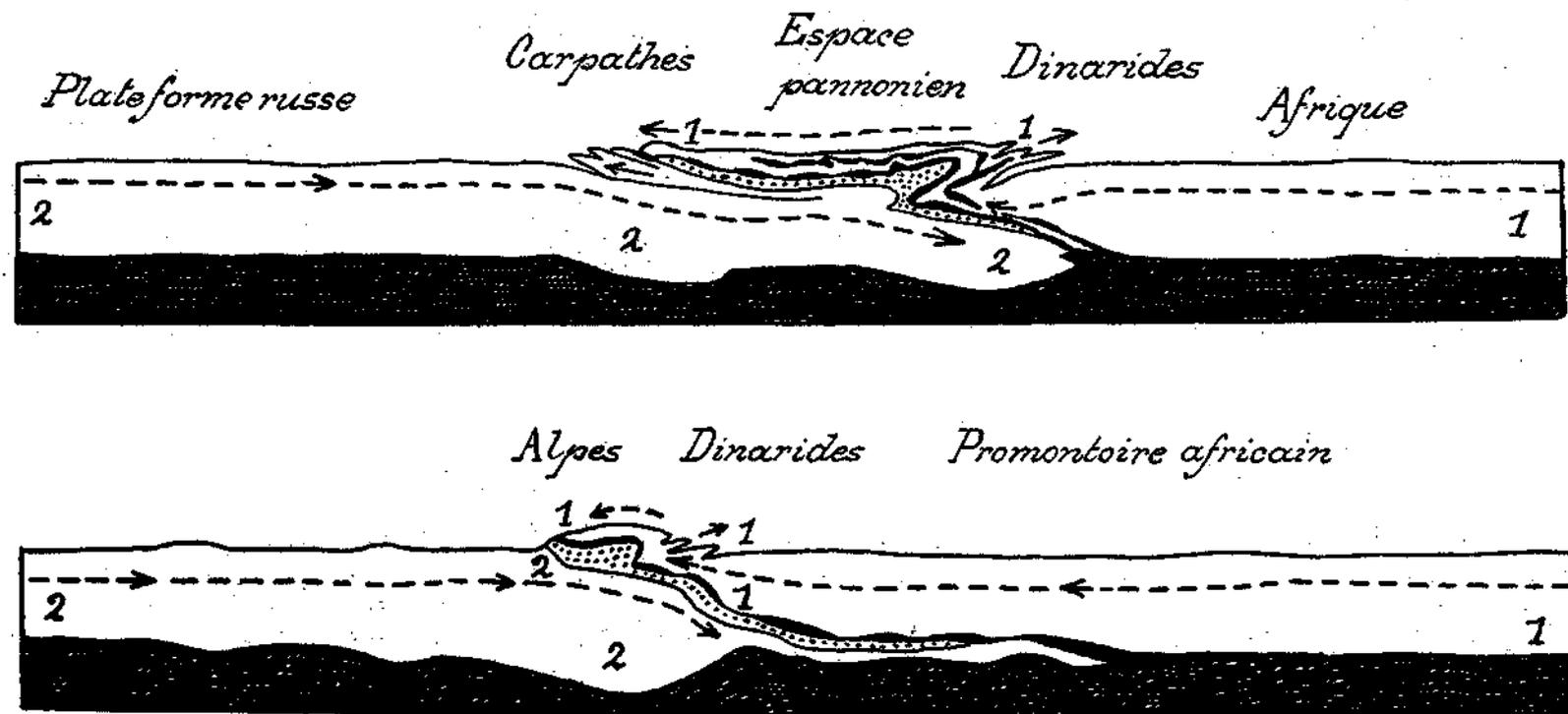


Fig. 3. 1 = Africa-Gondwana-Masse, 2 = Eurasien.

Das heißt der Faltenbogen soll sich hier durch Voreilen zwischen den Hemmschuhen nahezu auf die doppelte Länge gestreckt haben.

Für eine derartige gigantische Streckung größten Stiles sind aber weder in den Alpen noch in den Karpathen geologische Beweise da.

Ebenso unmöglich scheint mir die mechanische Deutung der Dinariden als sekundäre Rückstoßwelle innerhalb einer gewaltigen nordwärts gerichteten Vorflutung zu sein. Die Dinariden sind, wie Sueß und Kober mit Recht betont haben, nur ein kleiner Teil eines gewaltigen Faltenstranges, welcher deutlich eine südwärts gerichtete Baubewegung zur Schau trägt.

Sie stehen den nordbewegten Alpiden als ein völlig ebenbürtiges, großes Strukturelement der Erde gegenüber. Der Gedanke, daß durch

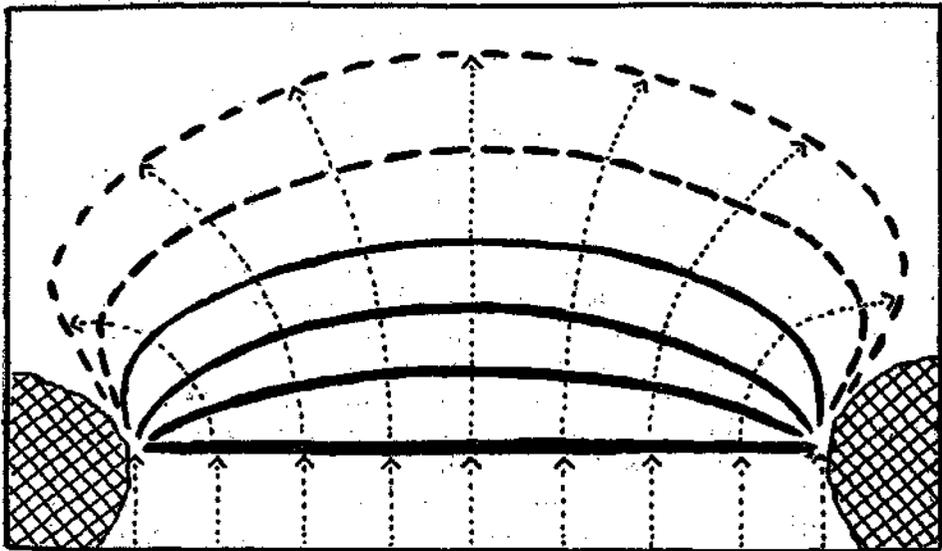


Fig. 4. Schema des Vorlaufbogens in verschiedenen Stadien. Ergebnis der Streckung = Verdoppelung der Ausgangslänge.

ungleiche Reibung innerhalb einer Bewegungsmasse große Unterschiede geschaffen werden, welche zu wichtigen Umformungen Anlaß geben, ist ohne Zweifel für die Tektonik von hoher Bedeutung und ausgedehnter Anwendbarkeit. Auf ihm beruht ja auch die Wirbelmechanik. Ich glaube aber nicht, daß man in der Tektonik damit über jene Bereiche hinausgreifen darf, die sich noch als Erzeugnisse einer relativ raschen Gleitung begreifen lassen.

Man kann zwar noch für einzelne Schubmassen oder Teile derselben die nötigen Gefällsstrecken finden, nicht mehr aber für Bogen von dem Ausmaß von Alpen + Karpathen. Hier versagt die Deutung als Gleitgebilde ebenso wie jene als Stoßgebilde.

In einer viel vorsichtigeren Weise hat sich auch Koßmat mit der Frage der Entstehung der mediterranen Faltschlingen beschäftigt.

Als alter Gegner des Nappismus, welcher immer klar zwischen den wirklichen Fortschritten und den maßlosen Übertreibungen desselben zu unterscheiden wußte, ist er auch hier der historischen Betrachtungsweise treu geblieben.

Für ihn ist die Adria nicht eine nach der Hauptfaltung versunkene „adriatische Masse“, durch deren Einsinken die „sekundären Rückfaltungen der Dinariden“ erst entstanden, sondern eine seit dem älteren Mesozoikum bis heute von mächtiger Sedimentation erfüllte Geosynklinale.

Für ihn sind die Dinariden ein den Alpiden völlig gleichwertiges Bauelement, und er erkennt die Unmöglichkeit, die mediterranen „Faltenschleifen“ durch einfache Erdkontraktion oder Magmaaupressungen zu erklären.

So gelangt er zu dem Ergebnis, daß die starren, großen Schollenfelder der Erde, welche die beweglichen Faltenbänder zwischen sich zusammenschieben, von tieferen Magmabewegungen getragen werden.

Dabei kommt man nicht etwa mit einer einfachen N-Bewegung von Afrika gegen und über Europa aus, vielmehr müssen sich auch große seitliche Verschiebungen damit verbinden.

Diese Vorstellungen Koßmats sind den hier abgeleiteten bereits so ähnlich, daß es der besonderen Versicherung bedarf, daß diese Ergebnisse von mir und Koßmat auf ganz verschiedenen Wegen, mit verschiedener Erfahrung, mit verschiedener Beweisführung und weitgehender Unabhängigkeit erreicht worden sind.

Hält man sich diese Umstände vor Augen, so wird diese Übereinstimmung inmitten einer so widerspruchsvollen Gegenwart zu einem tröstlichen Hinweis auf die Möglichkeit eines endlich doch gewinnbaren Zusammenwirkens getrennter Geistesströmungen.

Nach dieser Fühlungnahme mit den wichtigsten Arbeitsnachbarn versuche ich, auf dem mir innerlich vorgezeichneten Pfade hier wieder einige Schritte nach vorwärts zu machen.

Bei der Betrachtung der mediterranen Faltenschlingen fällt immer wieder auf, daß nicht nur die großen Elemente bogenförmig angeordnet sind, sondern vielfach innerhalb von diesen auch noch die kleineren Bauelemente.

Ich erinnere hier nur kurz an die schönen Weyrerbögen, an die Knickungen im Unterinntal und an die Bögen an der Grenze zwischen West- und Ostalpen.

Merkwürdigerweise fallen diese Verbiegungen im Streichen gerade in ein sonst ziemlich geradliniges Stück des großen Alpenbogens. Sie zeigen uns mit Deutlichkeit, wie man auch bei einer Erklärung der kleineren Bauformen mit einem einheitlichen Schub von S gegen N nicht das Auslangen finden kann und Verschiebungen, die mehr minder im Streichen erfolgen, doch hin und hin zu erkennen sind.

Soweit es mir bekannt wurde, sind diese Verschiebungen im Streichen stets jünger als die Hauptfaltungen und Überschiebungen senkrecht zum Gebirgsstreichen.

Dieses Ergebnis der Detailaufnahmen wird durch die hier vorgelegte Auflösung des Bewegungsbildes der mediterranen Faltenschlingen vollauf bestätigt.

Auch hier wird man zu der Anschauung geführt, daß zuerst weit hinstreichende Faltenzüge durch Bewegungen geschaffen wurden, welche in meridionaler Richtung faltend und schiebend wirkten.

Erst diese bereits fertigen Gebilde wurden dann durch gewaltige Bewegungen im Streichen zu jenen Schlingen verbogen, welche heute vor unseren Augen liegen.

Es ist also ein mindestens zweimaliger Wechsel im ganzen Bauplan vorhanden, der sich ebenso im großen wie im kleinen zu erkennen gibt.

Wir werden aber sehen, daß noch ein ganz junger dritter Wechsel des Bauplanes vollzogen wurde, der vor allem aus morphologischen Beobachtungen abzulesen ist.

Wenn sich die mediterranen Faltschlingen auf einem vorher noch nicht gefalteten Stück der Erdhaut ausgebildet hätten, so würde man mit dieser Aufeinanderfolge von Beanspruchungen eine wahrscheinlich ausreichende Erklärung für die hier vorhandenen Großformen finden können. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall, sondern der Untergrund unserer Faltschlingen war bereits der Schauplatz verschiedener wesentlich älterer Faltungen.

Diese Faltungen durchzogen wohl schon das ganze Gebiet und haben ihm also eine ausgesprochene tektonische Struktur verliehen. Eine rein sedimentäre Struktur ist nur jenen Schichtgruppen noch zu eigen gewesen, die erst nach der Herzynischen Gebirgsbildung hier zum Absatz gelangten.

Unter diesen jüngeren Schichtmassen ist aber der Untergrund wohl allenthalben von alter tektonischer Struktur beherrscht. Wo immer die alten Gesteinsmassen im Innern der Alpen oder in ihrem Vorland auftauchen, treffen wir auf solche Altstrukturen oder Tiefengesteine. Eine ähnliche Meinung hat auch vor kurzem H. P. Cornelius in seiner inhaltsreichen Arbeit zur Vorgeschichte der Alpenfaltung, Geologische Rundschau, Band XVI, 1925, ausgesprochen. Ich nehme also an, daß solche alte Strukturen auch dort vorhanden sind, wo heute jüngere Schichtmassen mit junger Tektonik darüberlagern.

Aus dieser Annahme folgt aber weiter, daß die alten Strukturen der Tiefe von dem neuen Bauplan überwunden und demselben bis zu einem gewissen Grade auch angepaßt worden sind.

Wenn dies der Fall ist, so ist auch das Verhältnis der jungen Faltenzonen zu ihrem Umland ein wesentlich anderes, als es z. B. nach dem geologischen Weltbild von E. Sueß erscheint. Die jungen Faltenzonen sollen danach zwischen den sogenannten alten starren Massiven entstehen und können sich nur an diese schon vorgegebenen Umrisse anschmiegen.

Nach der hier vertretenen Anschauung haben aber die jungen Faltungen und Verbiegungen die alten Strukturen ihres Untergrundes überwältigt und ihrem Baustil einverleibt. Es ist daher auch wahrscheinlich, daß sie die alten Strukturen ihres Umlandes, wo immer sie ihnen im Wege standen, überwältigt und der neuen Formung eingefügt haben. Wenn wir wieder die Alpen als das bestbekannte Bogenstück ins Auge fassen, so sehen wir in den Westalpen verschiedene sogenannte alte Massive stecken, die zum Teil die Anzeichen alter Gebirgsbildungen noch in Spuren gut erkennen lassen.

Im großen und ganzen sind aber diese Massive sehr gut dem neuen Bauplan der Alpen eingefügt.

Auch in den Ostalpen haben wir in ziemlicher Verbreitung noch alte Strukturen erhalten. Es ist nun von Wichtigkeit, daß diese Strukturen gegen Osten zu mit dem Auseinandertreten von Alpen und Dinariden sowohl an Ausdehnung als auch an Deutlichkeit gewinnen. In der Steiermark haben wir schon große und mächtige Bereiche von alten Gebirgsstrukturen, welche bei weitem nicht mehr so gut dem Alpenbau angepaßt sind, wie etwa in den enggepreßten Westalpen.

Es tritt hier eine großzügige „Querstruktur“ zutage, und wir haben im Leib der Alpen ein Stück des alten Untergrundes, das vom Neubau offenbar nicht mehr so weitgehend überwältigt und gut verdaut wurde, wie in den westlicheren enger gepreßten Zonen.

Während in den alten Massiven der Westalpen die Abweichungen der Streichrichtungen der alten Strukturen und der heutigen Alpen nur geringfügig sind, treffen wir hier noch auf stark abweichende selbständige Altstrukturen. Solche Abweichungen haben sicherlich auch zwischen den einzelnen Massiven der Westalpen und dem heutigen Alpenstreichen bestanden. Durch entsprechendes Hereindreuen und Zusammenpressen wurden aber hier die stärker abweichenden Altstrukturen in den Neubau streng eingeordnet.

Dazu fehlte am Ostende der Alpen offenbar schon die nötige Richtungskraft, weil wir uns bereits im Übergangsbereiche von der Verengerungs- in die Verbreiterungszone befinden.

Wenn innerhalb des tertiären Faltengürtels ältere Faltenstrukturen zutage treten, so ist dies in seiner Mittelzone weitaus am wahrscheinlichsten. Solche ältere Faltenstrukturen werden sowohl in den Verengerungs- wie in den Verbreiterungszonen eine Anpassung an die Neuordnung zeigen müssen. Diese Anpassung wird aber in den Verengerungszonen eine viel gewaltsamere und genauere als in den Verbreiterungszonen sein.

Vor allem werden wir in den Verengerungszonen eine weitergehende Anpassung an die neue Streichordnung zu erwarten haben als in den Verbreiterungszonen.

Fig. 5 soll im Schema die Wirkung einer solchen Anpassung auf eine einfache Altstruktur zeigen.

Innerhalb der Verbreiterungszonen werden sich die vorhandenen Altstrukturen trotz der Zerreibungen und dem Aufsteigen ausgedehnter Magmamassen in ihren Streichrichtungen leichter behaupten können.

Die Umformungen der Altstrukturen in dem Mittelfeld von jungen verbogenen Faltensträngen lassen sich auf diese Weise in ihren Grundzügen wohl verfolgen.

Schwieriger ist es, die Umformungen der Altstrukturen in den Außenfeldern von solchen Faltensträngen zu überschauen.

Es ist eine Eigentümlichkeit der irdischen Faltungen, daß die jüngeren Faltenstrukturen sehr häufig quer oder schräg zu den älteren verlaufen. Von vornherein wäre es ebensogut denkbar, daß die jüngeren Faltungen parallel mit den älteren verlaufen würden.

Sie könnten in diesem Falle entweder die schon vorhandenen älteren Falten einfach verstärken oder aber an diese Faltengebiete neue ähnliche anschließen.

In Wirklichkeit haben wir es aber vielfach mit einer Durchkreuzung älterer und jüngerer tektonischer Strukturen zu tun:

Das jüngere Faltungs- oder Verbiegungssystem zwingt dann das ältere, sich seinem Baustile anzupassen.

Diese Anpassung der älteren Strukturen an die jüngeren gibt uns ein Mittel an die Hand, die Ausdehnung eines solchen Verbiegungseinflusses annähernd zu bestimmen.

Wenn man die mediterranen Faltenschlingen als Verbiegungen durch eine ostwestlich gerichtete Unterströmung auffaßt, so folgt daraus, daß

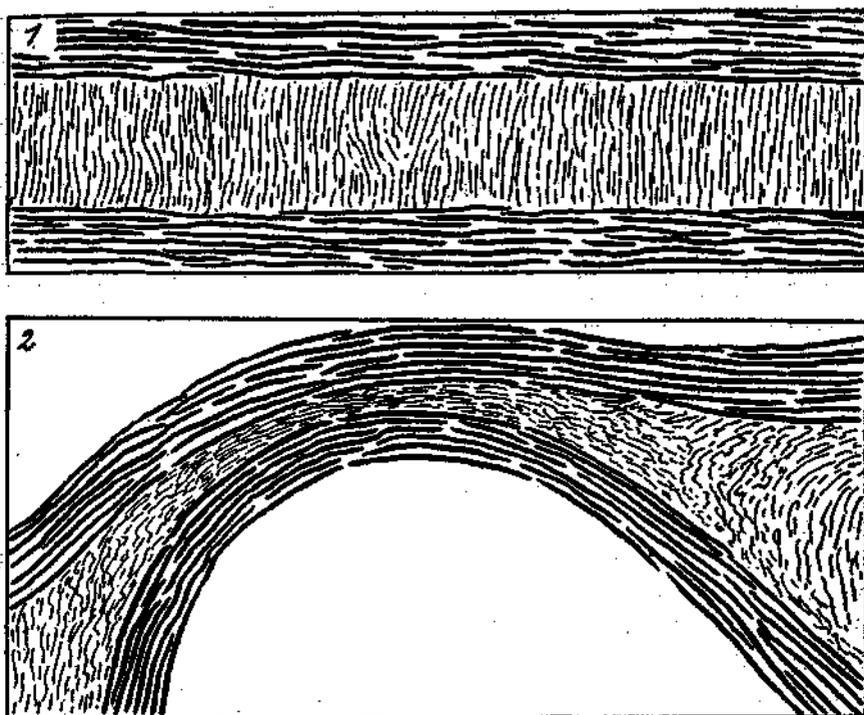


Fig. 5.

1 = 2 Faltenstränge mit einem Innenfeld mit Altstruktur. 2 = Verbiegung dieses Systems und entsprechende Umformung der Altstruktur.

auch die anschließenden und benachbarten Altstrukturen in demselben oder doch in einem ähnlichen Sinne mitverbogen und mitverschoben sein müssen.

Es gehört also zu den mediterranen Faltenschlingen ein wahrscheinlich ziemlich weit ausgreifendes System von gleichsinnigen und gleichzeitigen Störungen in ihrem ganzen Umland, durch deren Mitwirkung erst die Entstehung der Faltenschlingen ermöglicht wurde.

Wenn es sich zeigt, daß z. B. die ganzen mediterranen Faltenschlingen eine zusammengehörige Bewegungseinheit bilden, so ist damit auch in zeitlicher Hinsicht eine bequeme Übersicht gewonnen.

Es würde dies für eine riesige Summe von sonst nicht genauer datierbaren geologischen Ereignissen eine großartige Übersicht und zeitliche Klarstellung schaffen.

Bei der erdumspannenden Ausdehnung der tertiären Faltenzonen und ihrer Verbiegungen würde man so zu einer „tektonischen Zeitvergleichung“ von zahlreichen, heute noch unübersehbaren Ereignissen gelangen.

Man würde so gleichsam das „Zeitnetz der jüngsten Verbiegungen“ auch für die zugehörigen Störungen in ihrem ganzen Umland mit verwenden können.

Es ist wohl zu betonen, daß sich eine solche tektonische Zeitvergleichung nicht auf geradlinige Faltenstränge, sondern vielmehr erst auf ihre nachfolgende Verbiegung begründen kann. Die Bildung von annähernd geradlinigen (natürlich nur in der Kartenprojektion gemeint) Faltensträngen muß zwar die beiderseitig angrenzenden Außenfelder gegeneinanderverschieben, braucht aber keine weiteren Strukturänderungen in denselben hervorzurufen. Anders steht es jedoch bei der Bildung von größeren Faltenschlingen.

Eine solche kann nicht entstehen, ohne auch die innere Struktur der anschließenden Außenfelder mit zu verändern.

Infolge dieser stärkeren tektonischen Beeinflussung ihrer weiteren Umgebung erlangen die Faltenschlingen für die Entzifferung der ganzen angrenzenden Strukturfelder eine wichtige Rolle.

Mit ihrer Hilfe wird es möglich sein, einen breiten Streifen der Erdhaut auf seine inneren Zusammenhänge hin genauer zu erforschen.

Aus diesen Überlegungen geht auch hervor, daß jede ältere Struktur, sofern sie mit einer jüngeren zusammentrifft, außer der Eigenstruktur auch noch eine Beeinflussungsstruktur besitzt.

Es werden daher die ältesten Strukturen unter sonst gleichen Bedingungen die meisten fremden Einwirkungen enthalten und nur die Jungstrukturen davon noch frei sein (Fig. 6).

Es sind also die verschiedenaltigen, miteinander in Fühlung tretenden Faltungssysteme in der Weise geordnet, daß nur das jüngste für sich besteht, während die älteren auch noch die Wirkungen der jüngeren Verbiegungen, wenn auch nur abgeschwächt mit enthalten.

Daher werden die älteren Systeme mehr Verbiegungen und Störungen aufweisen als die jüngeren.

Auch werden unter ähnlichen Bedingungen die älteren Strukturen kurzwelligere Verbiegungen und häufigere Störungen zeigen als die jüngeren. Das Erkennen dieser Gesetzmäßigkeit verhindert in der Natur vielfach der Umstand, daß die älteren Strukturen durch ihre enge Pressung, welche zu einer Vertikalstellung aller Schichtglieder führt, einen großen Teil ihrer Empfindlichkeit und Ausdrucksfähigkeit für weitere Störungen verlieren.

Die vertikale Schichtstellung ist zunächst einmal die beste „Schutzstellung“ gegen weitere horizontal angreifende Pressungen und Faltungen. Sie ist aber auch gegen vertikale Störungen so eingerichtet, daß man dieselben nur schwer mehr erkennen kann.

Durch starke Pressungen werden alle kleineren und oft sogar auch große Schichtdiskordanzen ausgeglättet, es werden Konglomerate und Breccien so geplättet, daß sie einander ähnlich werden.

Ungeschichtete Gesteine werden durchschiefert.

Kurz und gut, die frisch geborenen horizontalen Schichtfolgen besitzen ein „Höchstmaß von Abbildungsfähigkeit für tektonische Einwirkungen“, das aber mit jeder Benutzung ein Stück von dieser Fähigkeit einbüßt.

Daher werden die alten Strukturen bei weitem mehr an Detail enthalten, als man an ihnen heute noch abzulesen vermag.

Wir haben also bei einem Vergleich der alten Strukturen mit den jungen vor allem mit der Verminderung, ja sogar mit dem Erlöschen der tektonischen Abbildungsfähigkeit zu rechnen. Nach der Darstellung

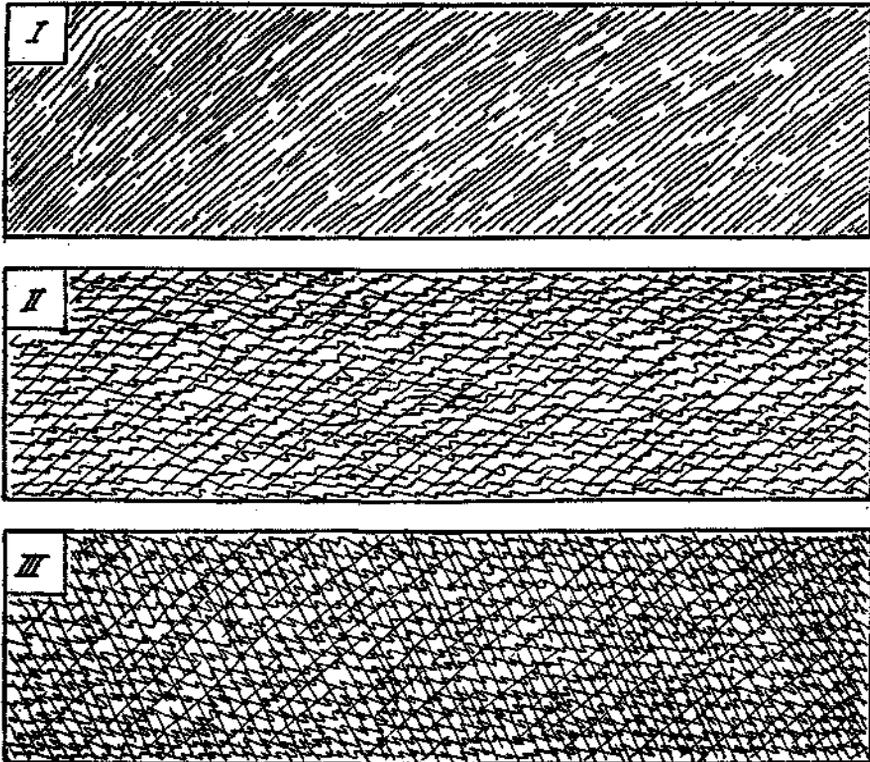


Fig. 6.

I = Störungsfeld der jüngsten Faltung. *II* = Kombination mit einem älteren Störungsfeld. *III* = Kombination mit zwei älteren Störungsfeldern.

von Argand besteht zwischen den Altstrukturen im Umland der mediterranen Faltenschlingen und diesen selbst keine engere Beziehung.

Die Faltenschlingen sind in ihrer Gesamtheit mittels einer Riesenüberschiebung von über 1000 km Förderweite auf die Kontinentscholle von Europa + Asien aufgeladen worden, wobei die südwärts überfalteten Gebirgsstränge nur als Rückflutungen bei diesem ungeheuren Vorstoß des „Gondwanalandes“ bezeichnet werden.

Es fällt auf, daß trotz dieser gewaltigen Überschiebung die nur wenig hervortretenden sogenannten starren Massive doch in stande gewesen sein sollen, das Anrollen dieser ungeheuren Steinfluten aufzuhalten und umzubremsen.

Zwischen dieser Riesenüberschiebung und diesen so bescheidenen Bremsklötzen scheint mir keine richtige Übereinstimmung zu bestehen, wenn man bedenkt, daß doch der ganze auf zirka 1000 km Breite überfahrene Südrand von Eurasien ja auch nichts anderes als ein großes, altes Massiv bedeuten kann.

Ob dasselbe nun algonkisch oder kaledonisch oder herzynisch umgefaltet wurde, spielt dabei nur eine geringe Rolle.

Jedenfalls handelt es sich um altstruierte Gesteinsmassen, die in ihrer Gesamtheit da überfahren sein sollen.

So sicher der Nordrand von Alpen + Karpathen über sein Vorland in wahrscheinlich ganz ungleichen Beträgen verschoben wurde, so unmöglich erscheint mir z. B. die Annahme, daß Karpathen und ungarisches Becken und Dinariden auf einer und derselben Riesenschubbahn liegen sollen.

Ebensowenig vermag ich weiter zu verstehen, warum der Rand einer flachen, schräg aufwärts steigenden Schubmasse so unglaublich reich in einander überrollende Deckfalten gegliedert sein soll.

Die zahlreichen, allerdings weit bescheideneren Schubmassen, die wir heute genauer kennen, zeigen nirgends derartig reich bewegte Stirnbildungen, sondern nur einfache Einrollungen oder Zerschuppungen.

Mit der Schubweite kann aber die Reichgestaltigkeit der Stirnränder nicht zusammenhängen, da sie z. B. an demselben Nordrande der Alpen von den Westalpen zu den Ostalpen hin so außerordentlich stark abnimmt.

Es steht der einfache Mechanismus einer großen und einheitlichen schrägen Aufschiebung mit der unglaublich lebendigen Zerschlitung an der Schubstirne in keinem erkennbaren Zusammenhang.

Nachdem es sich weiter um eine riesige „Heraufschiebung“ handelt (siehe Abb. 3), ist es auch nicht vorstellbar, wie bei einer solchen Aufwärtsbewegung an der Stirne der Schubmasse ein Voreilen der Falten zustande kommen kann.

Das wäre doch nur bei einer Abwärtsbewegung, also etwa bei einer großen freien Gleitung mechanisch ausführbar, aber doch nicht bei einem Heraufschieben der Gesteinsmassen über eine schiefe Ebene.

Der Zusammenhang zwischen den tertiären Faltungszonen mit ihrem Vorland wäre also nach Argand lediglich der eines Überschiebens oder eines Zusammenstoßens.

Mit dem Rückland aber besteht überhaupt keine weitere engere Beziehung, als wie sie eben zwischen den vorderen und hinteren Teilen jeder Schubmasse automatisch vorhanden ist.

Ich glaube nicht, daß diese Vorstellung den Verhältnissen in der Natur entspricht.

Wenn wir die bisherigen Ausführungen noch einmal überblicken, so können wir sagen, daß sich bei der Erklärung der mediterranen Falten-schlingen und wahrscheinlich auch bei jener der übrigen ähnlichen irdischen Schlingen zwei Auslegungen unvereinbar gegenüberstehen, in einem Fall ein Voreilen an freien Stellen zwischen Hemmungen, im anderen Fall mindestens zwei zeitlich getrennte Vorgänge, zuerst mehr geradlinig vorschreitende Faltung und Schiebung, dann erst Verbiegungen

im Streichen im Einklang mit einer entprechenden Schollentrift der ganzen Umgebung.

Die innere Struktur der gebogenen Faltenstränge spricht gegen die Deutung als mächtige Voreilungen, weil die für eine solche Struktur nötigen riesigen Streckungen nicht vorhanden sind.

Es ist hier aber zu erwähnen, daß Argand eine weit zurückgreifende historische Entwicklung bis zur Ausbildung der heutigen Gebirgsstrukturen sehr wohl anerkennt und dieselbe für die Westalpen sogar in eine lange Reihe von einzelnen Phasen gegliedert hat.

Schon im Jahre 1916 hat Argand dort nicht weniger als zwölf Phasen des Alpenbaues von der herzynischen Gebirgsbildung bis zur heute vorliegenden unterschieden.

Ihre zeitliche Anordnung ist folgende:

- | | |
|---|--|
| 1. Phase <i>insubrienne</i> | } <i>Le paroxysme orogénique.</i> <i>Oligocène moyen.</i> |
| 2. Phase <i>d'affaissement adriatique</i> | |
| 3. Phase <i>Mont-Rose</i> | |
| 4. Phase <i>Dent-Blanche</i> | |
| 5. Phase <i>Saint-Bernard</i> | |
| 6. <i>Oligocène inférieur — Mésonummulitique.</i> | } <i>Le développement embryonnaise du Trias à l'Oligocène inférieur.</i> |
| 7. <i>Néocrétacé — Mésocrétacé.</i> | |
| 8. <i>Jurassique supérieur.</i> | |
| 9. <i>Jurassique moyen.</i> | |
| 10. <i>Lias.</i> | |
| 11. <i>Trias moyen.</i> | |
| 12. <i>Fin du Carbonifère moyen. — Les ébauches herzyniennes de la chaîne alpine.</i> | |

Argand geht so weit, die bereits in der Trias gebildeten Faltenkeime bis in die jüngste Phase herauf in ihrem Wachstum zu verfolgen.

Alle Hauptelemente sollen bereits in so früher Zeit in Keimen angelegt und dann immer weiter ausgebildet worden sein.

In Abb. 2 ist zugleich im Schema die Verwendung der wichtigsten Phasen in ihrem Verhältnis zum heutigen Alpen-Karpathen-Bogen dargestellt.

Ich verstehe nicht, wie sich eine derartig lang andauernde Faltenbildung mit dem Begriff des Vorauseilens vereinigen lassen soll.

Geht die Faltenbildung langsam vor sich, so gibt es doch kein Vorauseilen, geht sie aber zwischen langen Ruhepausen sprungweise vor sich, so muß doch in den Ruhezeiten die Erosion die jeweils aufgetürmten Falten abgetragen und zerstört haben.

Dann ist es aber unwahrscheinlich, daß sich dieselben Falten von der Trias bis in die Jetztzeit weiterbilden, weil ja ihre Zusammenhänge längst von der Erosion zerschnitten worden sind. Die zerschnittenen Falten mußten sich aber bei der Weiterbildung in einfache schuppenförmige Überschiebungen auflösen.

Argand hat den Begriff der „Vorauseilungen“ aber auch auf die innere Struktur der Alpen angewendet und R. Staub hat diesen

Gedanken in seinem großen Werke — Bau der Alpen, Bern 1924 —
— noch weiter ausgebaut und auch auf die Ostalpen übertragen.

Die genauere vergleichende Einsicht in den tektonischen Bau der Alpen hat ergeben, daß die Achsen des Faltenbaues nicht horizontal angeordnet sind, sondern ziemlich stark auf und abgebogen erscheinen.

Diese Verbiegungen der Bauachsen werden in der Schweiz als Kulminationen und Depressionen des alpinen Deckengebäudes bezeichnet, und R. Staub kommt zu dem Urteil: „Hinter jeder Kulmination des Vorlandes, hinter jedem Zentralmassiv steht eine entsprechende Kulmination der Decken. Vom Meer bis an den Rhein erscheinen überall hinter den Massiven die mächtigsten Kulminationen, hinter den Lücken zwischen denselben die tiefen, deckenerfüllten Senken, die Depressionen im alpinen Deckengebäude. Die Achsenschwankungen der Deckenflut finden aber am Rhein nicht ihren Abschluß nach O.

Gewaltiger als je heben und senken sich die Achsen der großen tektonischen Einheiten im Verlaufe ihres Streichens von Bünden bis nach Wien.

Vier riesige Kulminationen erkennen wir im Deckenkörper der Ostalpen selbst. Die Fenster der Ostalpen—Unterengadin—Tauern—Semmering sind bedingt durch axiale Kulminationen des Vorlandes, durch in der Tiefe begrabene Äquivalente der westlichen autochthonen Massive. Die Kulmination der Tauern ist wie die der lepontinischen Alpen zweigeteilt, in eine westliche, die des Großvenedigers, und eine östliche, die des Hochalpmassivs. Dazwischen liegt die Depression des Großglockners.“ Das ist eine für die Mechanik der Alpen so wichtige Angelegenheit, daß auch ich mich hier mit derselben näher beschäftigen will.

Zunächst ist aus dem Befunde der Achsenschwankungen nur zu schließen, daß auch im Streichen ziemlich starke Verbiegungen der Faltenstränge vorhanden sind.

Sie sind auch als Quersfaltungen ohne weiteres verständlich, können aber auch anderer Entstehung sein.

Verdächtig sind nur die ungeheuren Erosionsbeträge, zu denen man mit diesen Konstruktionen gelangt und für die im Vorland der Alpen die dazugehörigen Aufschüttungen nicht vorhanden sind.

Ich glaube aber, daß hier doch die Konstruktionen nicht genügend verläßlich sind, um solche Abtragungssummen sicherstellen zu können. Ich habe schon in der Einleitung zu dieser Arbeit im Jahrbuch 1923 zu zeigen versucht, daß man vielfach an der Stelle von vollständigen Falten nur mit einzelnen Faltennudeln oder gar nur mit Bahnflächen zu rechnen hat.

Dadurch vermindert sich die Höhe des zur Erklärung nötigen Deckengebäudes bereits ganz wesentlich.

Ich werde weiter auch in dieser Abhandlung eine Reihe von Beobachtungen vorbringen, die es nahelegen, daß sich die Höhenverhältnisse der verschiedenen Gruppen und Gipfel der Alpen auch in jüngster Zeit noch wesentlich verschoben haben. Auch dadurch lassen sich die zur Erklärung der Bauformen nötigen Abtragungsmassen erheblich vermindern.

Was dann noch übrigbleibt als Unterschied zwischen der Abtragung der Ost- und Westalpen in der Zeit seit der jüngsten Gebirgsbildung, kommt wohl auf Rechnung einer stärkeren jungen Heraushebung der Westalpen sowie auf jene der verschiedenen Darstellungsarten zu setzen, welche heute in diesen beiden Alpentteilen üblich geworden sind.

In der Schweiz ist das sogenannte „Sammelprofil“ zu einem viel benutzten geologischen Anschauungsmittel geworden.

Es beruht auf dem Bestreben, in ein bestimmtes Profil nicht nur die in demselben wirklich sichtbaren geologischen Angaben einzutragen, sondern dieselben nach oben und nach unten mit Hilfe der im Streichen auftauchenden weiteren Bauelemente zu ergänzen.

Ein solches Verfahren ist gewiß in vielen Fällen lehrreich und kann dazu führen, das Höchstmaß der jeweils möglichen Komplikationen zu umspannen.

Man darf aber nicht vergessen, daß es doch nur eine Summation von Dingen ist, welche in der Natur nicht übereinander, sondern nur nebeneinander lagern.

Es handelt sich dabei ja auch nicht um einfache stratigraphische Schichtfolgen, welche, wenn es z. B. Meeresablagerungen sind, tatsächlich meist eine sehr große Verbreitung besitzen.

Es handelt sich hier vielmehr nur um mechanische Einheiten, d. h. um Schichtkomplexe, welche bei der Überfaltung und Überschiebung gegenüber ihrer Umgebung relativ als Einheiten bewegt worden sind.

Solche Einheiten tragen den Charakter hoher Veränderlichkeit schon in sich und sind weder im Alpenstreichen noch senkrecht dazu von gleichartiger und länger anhaltender Entwicklung. Vor allem gilt das von den tieferliegenden Deckeneinheiten, die nur zu häufig lediglich als Walzfalten oder Schubkeile ausgebildet wurden und lebhaft miteinander abzuwechseln pflegen.

Sie lösen einander vielfältig ab, überholen sich, verschwinden, tauchen wieder auf, zerteilen sich, vereinigen sich und schwanken in der Mächtigkeit ganz außerordentlich.

Da natürlich auch die Faziesgrenzen unmöglich damit irgendwie Schritt halten können, wird eine Identifizierung und Gleichwertung getrennter, mechanischer Strukturelemente wohl oft zur Unmöglichkeit.

Eine größere Ausdehnung kommt wohl nur den hangenden Schubmassen zu, die auch viel mächtiger sind und unter deren Last sich das Auf- und Abrollen der tieferen Bewegungsmassen vollzogen hat.

Es ist auch gar nicht einmal wahrscheinlich, daß sich weithin dieselben trennenden Schubflächen entwickelt haben sollen.

Wo immer bisher in den Alpen die tektonischen Verhältnisse genauer verfolgt worden sind, zeigt sich die Unbeständigkeit und der lebhaft Wechsel sowohl bei den Falt- als auch bei den Schubstrukturen.

Ich habe den Eindruck, daß in der Gleichstellung von oft weit getrennten tektonischen Strukturelementen hier viel zu weit gegangen wird und rein künstliche Zusammenhänge herauskonstruiert werden von Dingen, die entweder nie zusammengehörten oder doch ganz eigene Bahnen

beschrieben haben. Es verlohnt sich, etwas näher auf diese Frage einzugehen.

Wenn z. B. (Fig. 7) eine und dieselbe durchstreichende basale Gebirgsmasse gegeben ist und auf diese im östlichen und westlichen Teil je

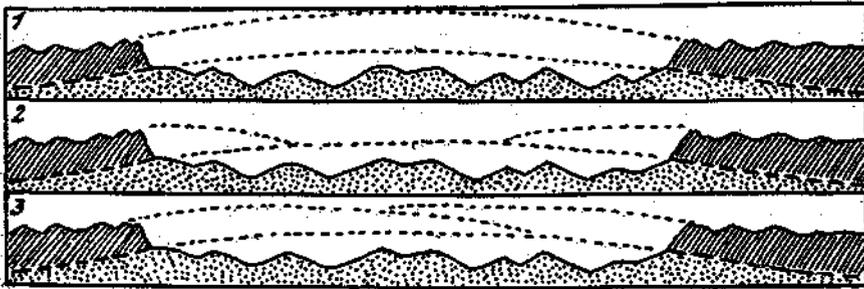


Fig. 7. Punktiert = tektonisch einheitliches Grundgebirge. Schraffiert = darauf liegende Schubmassen. 1 = Kombination zu einer Schubdecke. 2 = Kombination zu zwei ganz getrennten Schubdecken. 3 = Kombination zu zwei einander übergreifenden Schubdecken.

eine gleichartige Schubmasse aufgeschoben liegt, so wird im allgemeinen an der tektonischen Zusammengehörigkeit dieser beiden Schubmassen nicht weiter gezweifelt.

Es ist dies aber durchaus nicht so sicher und so einfach.

Wie Fig. 7 im Schema vorführt, sind hier eine Reihe von anderen tektonischen Beziehungen ebensogut möglich. Aus der Tatsache, daß

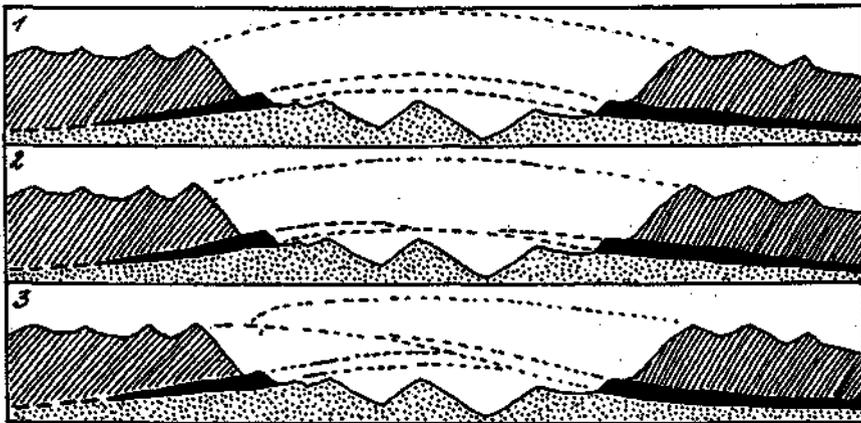


Fig. 8. Punktiert = tektonisch einheitliches Grundgebirge. Schwarz und schraffiert = Schubmassen die darauf lagern. 1 = Kombination zu zwei je zusammenhängenden Schubdecken. 2 = Kombination von zwei getrennten liegenden, mit einer hangenden Schubdecke. 3 = Kombination von je zwei sich übergreifenden Schubdecken.

zwei Schubmassen von ähnlicher Beschaffenheit auf derselben Gebirgsmasse lagern, folgt weder unbedingt, daß sie einmal als Schubmasse zusammenhingen, noch auch, daß sie gleichzeitig aufgeschoben wurden.

Wenn diese beiden getrennten Schubmassen noch außerdem von einer hangenden Schubmasse überfahren sind (Fig. 8) brauchen sie ebenfalls weder zusammengehörig noch selbst als Schubmassen von gleichzeitiger Entstehung zu sein.

Haben wir noch kompliziertere getrennte tektonische Strukturfolgen zu vergleichen, wie z. B. in Fig. 9, so müssen wir offen gestehen, daß hier für eine Parallelisierung in strengem Sinne weder die getrennten Schubbahnen noch die einzelnen Schubmassen, ja schließlich nicht einmal das Über- und Untereinanderliegen der Schubflächen und Schubkörper wirklich eindeutig zu gebrauchen sind.

Man hat doch schon in allem Ernst darangedacht, tiefer liegende Decken als jüngere Einpressungen aufzufassen und das vielverwendete Hilfsmittel der „Deckeneinwickelungen“ bedeutet ja ebenfalls eine zeitliche Umkehr des Übereinanderliegens.

Wenn man also bei der Parallelisierung der einzelnen, getrennten Schubmassen oder Decken in der Weise vorgeht, wie Fig. 10 angibt,

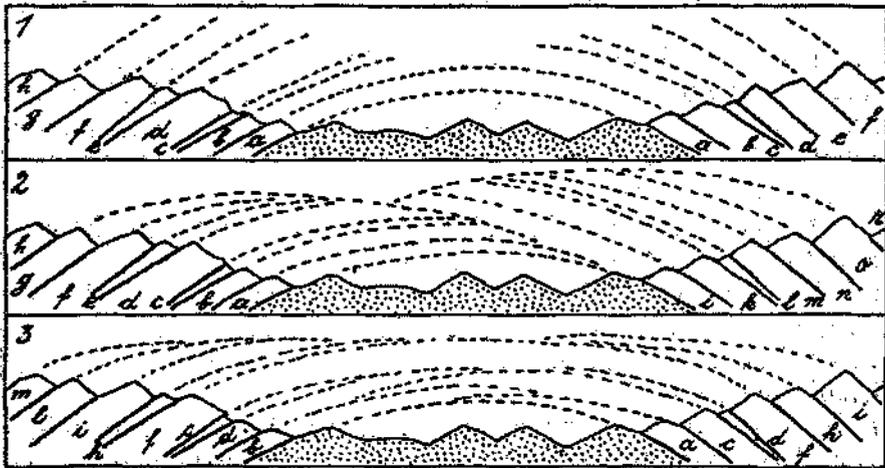


Fig. 9. Punktirt = tektonisch einheitliches Grundgebirge. a — r = einzelne Schubdecken. 1 = Kombination mit paarweiser Gleichstellung. 2 = Kombination als 2 getrennte sich übergreifende Deckensysteme. 3 = Kombination mit mehrfach abwechselndem Übergreifen.

so erhält man durch eine solche Zählung nicht nur die größte mögliche ehemalige Höhe des Deckengebäudes, sondern zugleich auch eine gewaltige Umkehrung des ganzen Hauptreliefs, indem die früheren Mulden heute oft höhere Gipfel bilden, als die einstigen riesigen Aufwölbungen.

Sowohl diese riesigen Aufwölbungen, welche erst in geologisch junger Zeit wegerodiert sein sollen, als auch diese merkwürdigen Reliefumkehrungen scheinen mir wenig innere Wahrscheinlichkeit zu besitzen.

In der Richtung quer zum Alpenstreichen haben wir in schöner Ausbildung die regelmäßige Verknüpfung von Schwellen, Gleitfalten, Deckschubmassen erkannt (Jahrbuch 1923).

Etwas Ähnliches kann ja auch hier im Streichen des Alpenbogens auf den Seiten der Kulminationen zur Entfaltung gekommen sein.

Eine von den Kulminationen gegen die Depressionen gerichtete Verschuppung oder Überfaltung ist auch imstande, eine Vervielfachung der Schubkörper und der tektonischen Kontakte hervorzurufen. Es handelt sich, wie das Schema Fig. 11 vorlegt, hier ja auch um einzelne Bewegungseinheiten, aber eben nur um lokal bedingte, welche nicht über die ganzen oder die halben Alpen hin beliebig verlängert werden dürfen.

Die hier vorgelegte Erklärungsmöglichkeit verbindet die Kulminationen ursächlich mit den an ihren Abhängen auftretenden tektonischen Komplikationen. Beide werden als zusammengehörig betrachtet.

Es ist aber auch denkbar, daß die Kulminationen erst nach der Ablagerung der Deckenfolgen entstanden sind und also Verbiegungen der bereits fertigen Deckenfolgen bedeuten.

Auch in diesem Falle ist eine Ausgangsstruktur der Deckenfolge mit vielfachen Auskeilungen und Abwechslungen, wie Schema Fig. 12 zeigt, wahrscheinlicher als ein streng regelmäßiges weithin paralleles Übereinanderliegen.

Wird nun eine solche reichgegliederte Deckenfolge später stark verbogen, so kommt man mit einer einfachen Parallelisierung ebenfalls wieder zu einem falschen, und zwar unbedingt zu einem zu hohen Bilde.

Wenn man also beim Studium der schweizerischen Sammelprofile zu dem Eindruck kommt, daß hier eine möglichst große Fülle von tektonischem Detail gleichsam hineingepreßt wird, so machen sehr viele der ostalpinen Profile im Gegensatz dazu den Eindruck einer künstlichen Verarmung an solchem Detail.

Die westalpinen Profile sind förmlich mit Tektonik überfüttert, die ostalpinen leiden geradezu Hunger daran.

Zum Teil liegt dies sicher an der viel einfacheren Tektonik der schwerfälligen, dicken Kalk- und Dolomitmassen sowie an den weniger tiefen Aufschlüssen des niedrigeren Gebirges. Es bleibt aber trotzdem ein prinzipieller Unterschied bestehen.

Man braucht, um das zu verstehen, nur z. B. den von mir und Hammer 1911 veröffentlichten Alpenquerschnitt neben dem gleichlaufenden Querschnitt zu betrachten, den R. Staub der Geologie der Schweiz von A. Heim beigegeben hat.

Trotz einer im wesentlichen übereinstimmenden Darstellung der sichtbaren Teile dieses Profils kommt Staub zu einer Ergänzung desselben bis 5000 m u. d. M., welche wir uns trotz genauerer Kenntnis des Gebietes auch heute nicht zu zeichnen getrauten.

Die Ergänzung ist dabei mit einer guten mechanischen Einfühlung und einem eleganten Bewegungsschwung vollzogen und außerdem so reich an Detail, daß sie nicht mehr als eine schematische Darstellung empfunden werden kann.

Man bemerkt mit Staunen, daß in der unzugänglichen Tiefe vielfach sogar ein noch komplizierterer Bau eingetragen ist, als ihn etwa die oberirdischen Aufschlüsse bieten.

Ich möchte aber dieser Darstellungsart nicht Gefolgschaft leisten, weil man durch eine so präzise und so hoch komplizierte Darstellung der geologischen Verhältnisse des unzugänglichen Untergrundes einen Schein von Sicherheit und Aufklärung vortäuscht, der gewiß nicht berechtigt ist.

Diese Darstellungen nehmen unsere Phantasie zu stark gefangen, sie drängen zu sehr nach einer bestimmten Richtung und können recht leicht irreführen.

Ich glaube, daß man hypothetische Ergänzungen nicht tatsächlichen Verhältnissen so täuschend als möglich ähnlich machen, sondern im

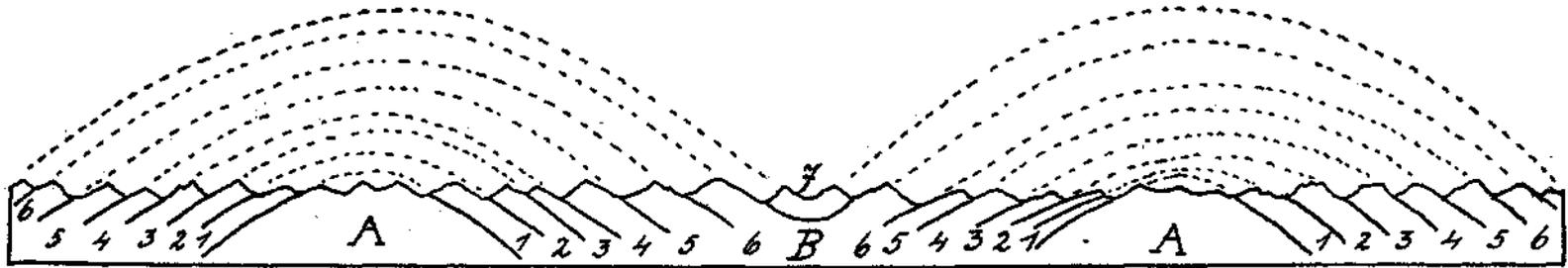


Fig. 10. *A* = Kulmination, *B* = Depression von Decken. Diese Art von Zählung und Parallelisierung der Decken ergibt ein Maximum für die theoretisch nötige Höhe der Kulminationen und erfordert eine riesige Abtragung.



Fig. 11. *A* = Kulmination, *B* = Depression von Decken. Durch die Annahme von seitlichen Abgleitungen der Decken von den Kulminationen läßt sich sowohl die Zahl als die Ausdehnung der einzelnen Decken sowie die Erklärungshöhe der Kulmination stark vermindern.



Fig. 12. *A* = Kulminationen, *B* = Depressionen von Schubdecken. Durch ein vielfaches Auskeilen und Ablösen der einzelnen Schubmassen entsteht in jeder Depression eine von den anderen Depressionen unabhängige Struktur.

Gegenteil ihren schematischen Charakter so deutlich als nur möglich ausdrücken soll.

Ich verwende daher zu diesen Zwecken immer einfache geometrische Formen, welche nicht mit Gebilden der Wirklichkeit zu verwechseln sind.

Wie schon mehrmals erwähnt worden ist, sollen die mächtigen Kulminationen von Decken jeweils hinter stauenden Schwellen des Grundgebirges gleichsam als Anschoppungen entstanden sein, während in den Lücken dazwischen die Decken ungehindert bis ins Vorland voreilen konnten. Es ist dies derselbe Gedanke, den ich bei der Schilderung der „Reliefüberschiebungen“ in unserem Jahrbuch 1924 mit den Fig. 4 bis 5 schematisch zur Anschauung gebracht habe.

Versucht man aber diesen Gedanken auf die Verhältnisse der streichenden Kulminationen und Depressionen zu übertragen, so ergeben sich beträchtliche Unstimmigkeiten.

Zunächst bemerken wir, daß die Komplikationen im Bereiche der Kulminationen und der Depressionen so ziemlich von derselben Rangordnung sind. Das ist aber bei dieser Erklärung nicht zu erwarten, weil doch hinter den Staumassiven eine stärkere Verfaltung und Verschuppung entstehen sollte als in den freien Lücken.

Dann sehen wir keine einzige Decke aus den zentralen Depressionen wirklich bis ins Vorland voreilen.

Die Deckenreste, welche tatsächlich im Vorland liegen, gehören ja schon zu viel höheren Decken, z. B. zu der unterostalpinen, welche in den zentralen Depressionen ja gar nicht mehr enthalten ist. Der Rand dieser unterostalpinen Deckenreste aber beschreibt im übrigen von den Préalpes über die Klippen bis zum Rätikon eine dem Alpenbogen ganz gut angepaßte, über 300 km lange Linie. Die große vorgeschobene Deckenschubmasse der Préalpes zeigt außerdem zu beiden Seiten des Genfersees eine größere Längserstreckung als überhaupt der Lücke zwischen Aarmassiv in NO und Montblanc-Aiguilles-Rouges-Massiv im SW entspricht.

In den Ostalpen kann man ebenfalls nirgends ein Voreilen der zentralalpiner Decken aus den Depressionen gegen das Vorland bemerken. Im Gegenteil, es verläuft sogar die S-Grenze der Nördlichen Kalkalpen vom Arlberg bis zum Semmering in einer auffallend geradlinigen Richtung.

Der Zusammenhang zwischen zentralen Kulminationen und Depressionen mit vorgelagerten Schwellen und Lücken des alten Grundgebirges und aus den Lücken voreilenden Decken scheint mir den wirklichen Verhältnissen nicht zu entsprechen oder mindestens nicht darin zum Ausdruck zu gelangen.

Wir haben bisher vor allem den Einfluß von älteren Strukturen auf das Bewegungsbild der mediterranen Faltenschlingen betrachtet.

Es ist aber auch untersuchungswert, ob sich in diesen Gebirgen nicht wesentlich jüngere tektonische Strukturen befinden und welche Beschaffenheit dieselben innehaben.

Solche jüngere tektonische Umformungen sind schon seit langer Zeit bekanntgeworden.

Ich erinnere hier nur kurz an die Erklärung der alpinen Randseen von A. Heim durch ein Rücksinken des Alpenkörpers.

Ich selbst habe seit 1906 junge Verbiegungen als die Ursachen der großen diluvialen Aufschüttungen in den Alpentälern und im Vorland angenommen. Ich dachte dabei schon nicht mehr an eine einheitliche Bewegung der ganzen Alpen, sondern an reicher gegliederte Verbiegungen mit zahlreichen also viel kleineren Wirkungsbereichen.

Die Ergebnisse mehrfacher Bohrungen unterstützen heute diese Hypothese.

In derselben Richtung bewegen sich auch die Ergebnisse der modernen morphologischen Untersuchungen der alpinen Formenwelt.

Auch hier ist die Annahme von jungen Hebungen und Verbiegungen zu einem wichtigen Mittel für das Verständnis der heute vorliegenden Bauformen geworden.

Es ist nun zu fragen, stellen diese mannigfachen jungen Senkungen, Hebungen, Verbiegungen nur ein sanftes Ausklingen der großen tertiären Gebirgsbewegungen vor oder handelt es sich dabei um eine davon getrennte, neue Phase von tektonischer Lebendigkeit.

Nach meiner Einsicht ist eher das letztere der Fall, wofür ich folgende Überlegung ins Feld führen möchte.

An der N-Seite der Alpen haben wir im Miozän und Oligozän eine reiche Schutttausstrahlung im Vorland liegen.

Im Pliozän schrumpft dieselbe sehr zusammen, um dann im Diluvium wieder ein Maximum zu erreichen.

Die mächtige Schutttausstrahlung im Miozän-Oligozän kann man nun ungezwungen mit den großen Gebirgsbewegungen in Verbindung bringen. Die Lücke in der Ausstrahlung im Pliozän wäre als Ausdruck einer weitgehenden Erniedrigung und Einrundung des Gebirges wohl verständlich, wogegen die starke Steigerung der Schutttausstrahlung im Diluvium mit einer jugendlichen Hebung des eingerundeten Alpenkörpers zusammenhängt.

Ich habe in den Arbeiten „Verhältnis von Aufbau und Abtrag in den Alpen — 1923 und Verwendung der Schutttausstrahlung zur Erkennung von Gebirgsverschiebungen —, 1924“ zuerst auf die Lücke in der alpinen Schutttausstrahlung aufmerksam gemacht und eine tektonische Erklärung durch Annahme eines Vormarsches des Alpenbogens versucht. Der gewaltige Erosionseinschnitt zwischen den hochgelegenen tertiären Altflächen in den Ostalpen und den tiefen Tälern dazwischen, in welchen bereits die alten Glazialablagerungen ruhen, schien mir mit einer so auffallenden Abnahme der Schutttausstrahlung nicht vereinbar. Nun ist es aber durch neuere Untersuchungen wahrscheinlich geworden, daß es sich hier vielfach gar nicht um eine so gewaltige Tiefenerosion zu handeln braucht, sondern vielmehr um ganz „junge Heraushebungen“ der Plateaus, welche eben die hohen Altflächen tragen.

Die ersten hiehergehörigen Beobachtungen habe ich soeben in der Zeitschrift für Geomorphologie zur Veröffentlichung gebracht.

Die ganze Angelegenheit würde dadurch also etwa folgende neue Wendung erfahren.

In den Ostalpen darf man die heutigen Reliefformen nicht einfach mit der tertiären Tektonik in Zusammenhang bringen.

Die tertiären Hochformen waren bereits tief erniedrigt und weitgehend verrundet. Erst eine Jungtektonik schuf durch neue Heraushebungen die Grundanlagen für die heute noch vor uns liegenden Hochformen.

Dabei machen nicht etwa die Alpen als Gesamtheit eine solche Hebung mit, sondern nur sehr viele einzelne Teile derselben, und zwar in verschiedenen Beträgen.

Auf diese Weise kommt dann eine sehr enge Beziehung zwischen der Morphologie und dieser Jungtektonik zustande.

Man kann diese Angelegenheit aber auch von einer ganz anderen Seite her betrachten. Wir haben in den Alpen mehr minder komplizierte tektonische Bauwerke vor uns, welche zumeist erst durch die Einschnitte der Erosion unserer Beobachtung zugänglich geworden sind.

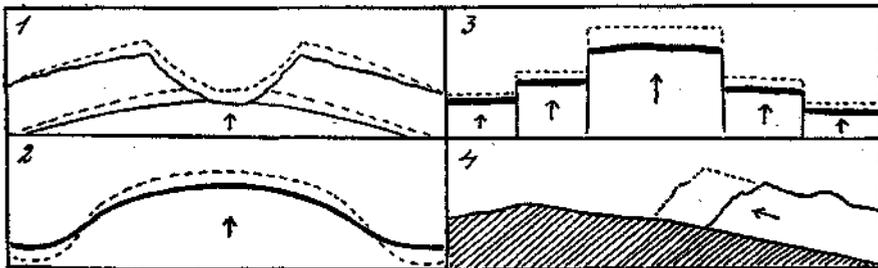


Fig. 13. Beispiele von Jungtektonik im Sinne des alten Baustils. 1 = Weiterbiegung eines zerschnittenen Gewölbes. 2 = Verstärkung der Herauswölbung. 3 = Verstärkung der Staffelung. 4 = Weiterschub einer Schubmasse.

Man hat sich nun vielfach auf den Standpunkt gestellt, diese tektonischen Gebilde seien bereits fix und fertig gewesen, bevor sie von der Erosion angeschnitten wurden.

Ein Beweis dafür ist wohl schwer zu erbringen. Die westalpinen Geologen stehen auch heute noch, soweit es mir bekannt ist, auf diesem Standpunkt. Man kann sich aber auch auf den Standpunkt stellen, daß nur ein Teil der Tektonik älter als die sichtbaren Erosionseinschnitte, ein anderer aber mit diesen gleichaltrig sei.

Es ist wahrscheinlich, daß der weitaus größte Teil der Tektonik älter als die heute sichtbaren Erosionseinschnitte ist, immerhin aber besteht daneben doch ein jüngerer Anteil, welcher mit dieser Erosion noch Hand in Hand gegangen ist und vielleicht auch noch weiter geht. Ich will diese Anschauung mit Hilfe einiger Beispiele kurz zu erläutern versuchen.

Zunächst gibt es keine tektonischen Bauformen, an denen theoretisch eine jüngere Verstärkung oder Schwächung im Sinne ihres älteren Baustils etwa ausgeschlossen wäre.

Fig. 13. legt im Schema einige hiehergehörige Hauptformen vor.

Es können sowohl ebene als auch gebogene Schicht- oder Deckensysteme noch eine Jungtektonik enthalten, deren Vorhandensein sich aus der Tektonik allein nicht sicher erweisen läßt. Solche noch ganz

dem älteren Baustil folgsame Neubewegungen sind meist nur an etwaigen morphologischen Wirkungen zu erkennen.

Daneben gibt es aber auch junge Störungen, welche dem älteren Baustil nicht mehr folgen, sondern denselben irgendwie durchkreuzen. Die Bezeichnung „Störung“ ist hier ganz am rechten Platz.

Solche Jungtektonik ist natürlich viel leichter herauszulesen.

Am auffallendsten sind hier vertikale Störungen in einem Baustil, der vor allem von mehr horizontalen Bewegungen geschaffen wurde.

Wenn z. B., wie Fig. 14 vorführt, liegende Falten oder flache Schubbahnen von Störungen zerschnitten werden, so ist klar, daß nicht nur die eine Bauweise die ältere, die andere die jüngere ist, sondern daß diese Formen sich gegenseitig in ihrer Weiterentwicklung völlig ausschließen. Umgekehrt könnten auch vertikale Strukturen die älteren und horizontale oder schräge Störungen die jüngeren sein.

In Wirklichkeit scheint dieser Fall jedoch weit seltener als der erstere zu sein.



Fig. 14 = Jüngere Verwerfungen stören einen älteren Bau von Liegfalten.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal einer mit der Morphologie eng verbundenen Jungtektonik ist dann in einer weitergehenden Selbstständigkeit des Aufbaues einzelner Bergkämme und Berge gegenüber ihrer weiteren Umgebung zu sehen. Während die großen gebirgsbildenden Überschiebungen und Überfaltungen eben doch große Teile des Gebirges durchdrangen und in eine zusammengehörige Bewegungsmasse verwandelten und dadurch Strukturen erzeugten, welche unabhängig von der späteren Zerteilung weit über Berg und Tal hin sich ausspannen, findet sich daneben oft eine bescheidene, rein lokale Tektonik, welche zu der älteren, großzügigeren nicht zu passen scheint.

Sie umgrenzt nur kleinere, morphologische Gebirgseinheiten, hebt diese aber unabhängig von der weiteren Umgebung durch einen selbstständigen Baustil hervor.

Die Mittel für eine solche „Verselbständigung“ sind ziemlich verschieden, und ich will im folgenden einige häufigere und einfachere Fälle beschreiben. Wohl das meist verwendete Mittel für eine tektonische Abgrenzung kleinerer Einzelbereiche gegen eine größere umgebende Masse sind vertikale Störungen.

Wir sehen hier durch vertikale Störungen einen älteren Überschiebungsbau zerschnitten und in eine „Staffelgruppe“ umgewandelt.

Noch deutlicher als bei rein vertikalen Störungen (von denen man übrigens nicht weiß, ob sie sich in größerer Tiefe nicht umbiegen) tritt die Selbstständigkeit einer Bauweise bei der Verwendung von schräg geneigten Verschiebungen hervor.

Wie Fig. 15 vorlegt, ist in einem solchen Falle sowohl bei konvergierenden als auch bei divergierenden Störungen eine deutliche Beziehung zu einem „Mittelkörper“ gegeben. Dies gilt ebenso, ob nun dieser Mittelkörper eine Versenkung oder eine Heraushebung vorstellt. Es gilt weiter ebenso, ob die Versenkungen und die Heraushebungen an Schubflächen stattfinden oder durch Faltung bewerkstelligt werden. Als ein Beispiel für „Heraushebung“ an Schubflächen führe ich ein Profil durch das Kaisergebirge (Fig. 16) und als Beispiel einer mächtigen

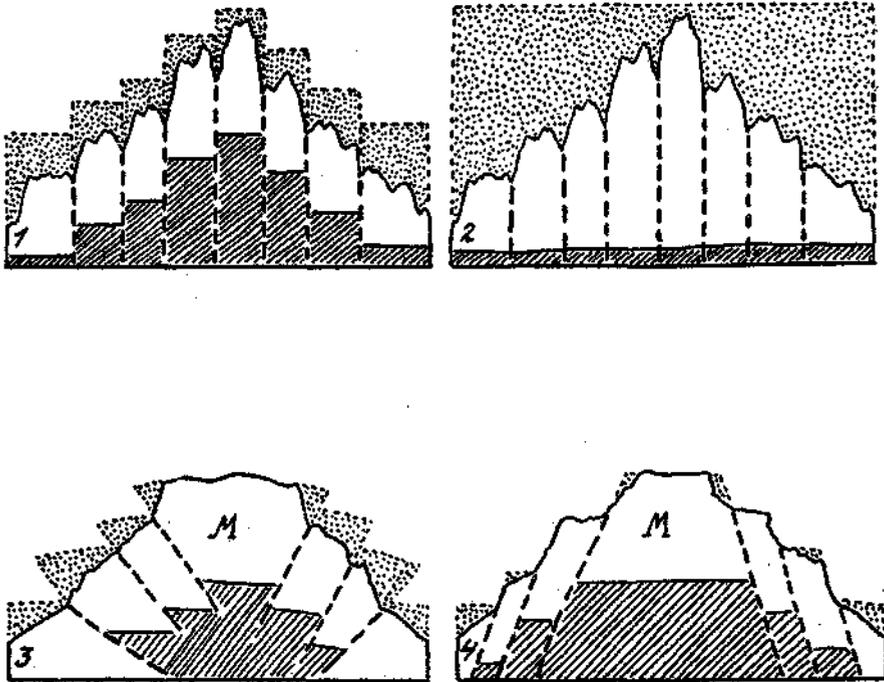


Fig. 15. Schraffiert = unterer, Weiß = oberer Teil einer Schichtfolge. Punktiert = die von der Erosion bereits entfernten Massen. 1 = Zerlegung mit vertikalen Schubflächen. Vertikalverschiebungen. 2 = Zerlegung mit vertikalen Schubflächen. Horizontalverschiebungen. 3 = Zerlegung mit konvergierenden Schubflächen. 4 = Zerlegung mit divergierenden Schubflächen. *M* = Ausbildung eines bevorzugten Mittelteiles.

„Herauswölbung“ eine Kopie des Montblanc-Profiles (Fig. 17) aus der Geologie der Schweiz von A. Heim hier an. Der Befund, daß eine derartige Tektonik offenbar jünger als die tertiäre Gebirgsfaltung ist, erledigt aber noch keineswegs das Verhältnis dieser Jungtektonik zur heutigen Morphologie. Es kann eine solche Jungtektonik immer noch älter als die heutige Morphologie und von dieser ganz unabhängig sein.

Erst wenn diese Jungtektonik in einem strengen Zuordnungsverhältnis zu den heutigen Hoch- oder Tiefformen des Reliefs steht, ist ihre Gleichaltrigkeit damit wahrscheinlich.

Das heißt also mit anderen Worten, daß die Tiefe der Täler und die Höhe der Berge nicht ein reines Werk der einschneidenden Erosion, sondern daß vielfach auch die Tektonik durch gleichsinnig mitwirkende Heraushebungen und Einsenkungen an dieser „Reliefspannung“ mitbeteiligt ist.

Es ist wahrscheinlich, daß die Jungtektonik als ein wesentlicher Faktor der „Reliefverstärkung“ eine große Bedeutung im heutigen Gebirgsbau innehat.

Ordnet man derartige einfache und doch selbständige Bauformen in Reihen zusammen, so erkennt man gleich, wie sehr durch eine solche Mitwirkung der Jungtektonik die zur Erklärung der heutigen Relief-formen nötige Abtragsmasse ausgiebig vermindert wird (Fig. 18). Man sieht aber auch weiter, daß sich solche Bauformen in die horizontal wirksame Überfaltungs- und Überschiebungsmechanik nur widerwillig einfügen lassen.

Auch das Mittel des Rückfaltens oder Rückstoßens wirkt hier nicht, weil man es doch nicht auf jede einzelne Bergkette für sich wieder anwenden kann.

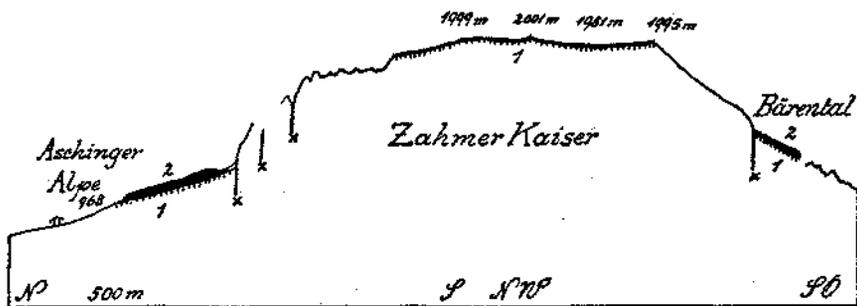


Fig. 16. 1 = Reste einer alten EinrundungsOberfläche. 2 = Gehängebreccien.
x = junge Schubflächen, an denen die Heraushebung des Gipfelkörpers vollzogen wurde.

Es ist überhaupt sehr fraglich, ob die Vorstellung des Vor- und Rückflutens sich mit der geringen Plastizität der Gesteinsmassen vereinigen läßt.

Die Formen der sogenannten Rückfaltung können vielfach auch durch die wahrscheinlichere Annahme erklärt werden, daß es sich hier um Ausweichungen aus einer tiefer wirksamen starken Pressung handelt.

Das würde aber selbstverständlich nie auf derartig große Verhältnisse anwendbar sein, wie sie etwa Alpen und Dinariden aufweisen. Hier steht ein nord- und ein südbewegter Faltenstrang sich in jeder Hinsicht ebenbürtig gegenüber, und es ist aussichtslos, dies leugnen zu wollen.

Wir haben erkannt, daß es untersuchenswert ist, welcher Anteil der alpinen Tektonik noch ganz jungen Alters sein kann.

Ein solcher junger Anteil kann die ältere Tektonik durchkreuzen, so daß sie als Einheit aufgefaßt unverständlich wird.

Dies gilt z. B. von den merkwürdigen keilförmigen Bauformen, die im Rahmen der großen Überschiebungen und Überfaltungen fremdartig bleiben.

Es kann aber auch eine junge Tektonik geben, welche nur in den Bahnen der älteren weiterwandelt.

Ein solcher Anteil ist dann im allgemeinen nur schwer abzutrennen.

Wahrscheinlich ist ein solches Zusammenfallen der Bewegungsbahnen von älterer und jüngerer Tektonik ziemlich häufig vorhanden.

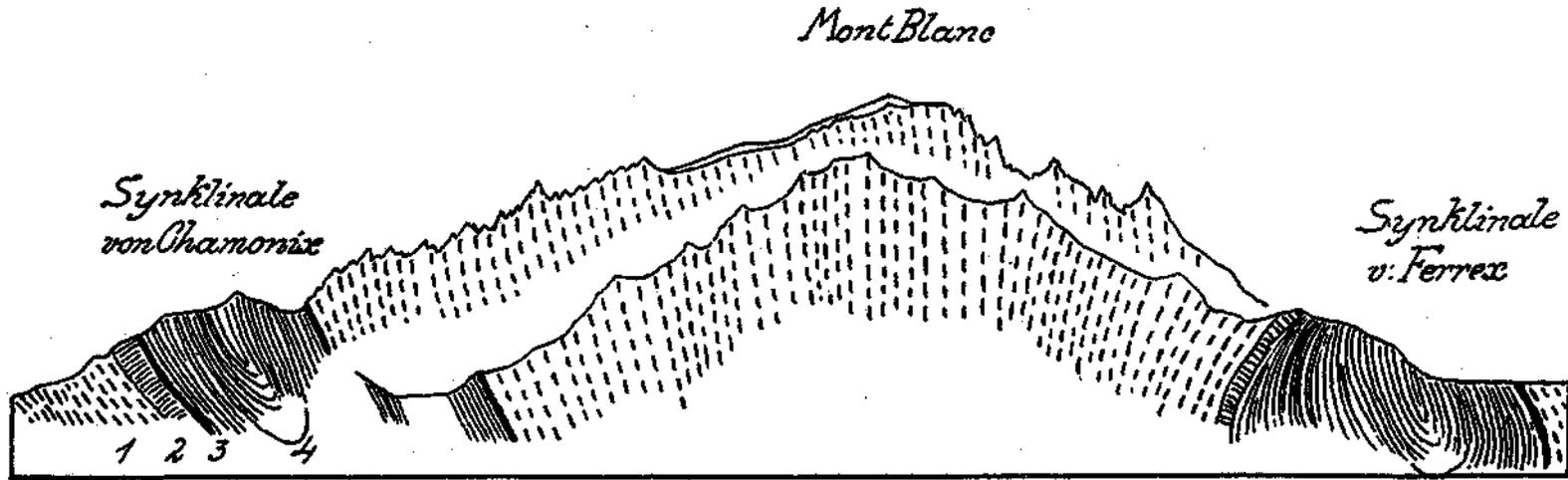


Fig. 17. Schematische Kopie des Montblanc-Profiles in der Geologie der Schweiz von A. Heim. 1 = Granit und kristalline Schiefer, 2 = Carbon, 3 = Trias, 4 = Jura.

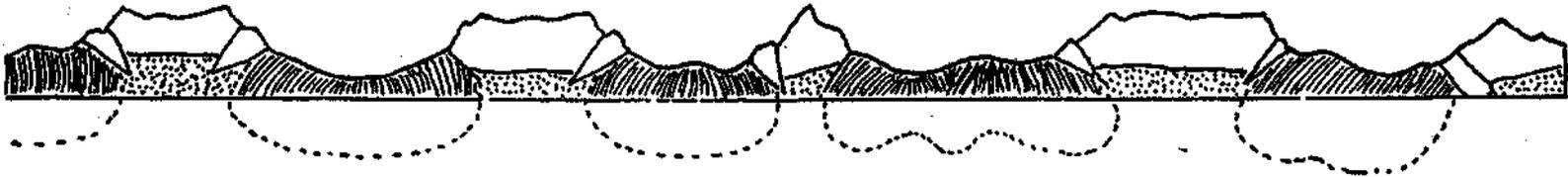


Fig. 18. Reihung von selbständigen Sattel- und Muldenformen. Deutliche Beziehung der Bauformen zur vorliegenden Morphologie. Die Tektonik hat vertiefverstärkend mitgewirkt. Punktiert = unterer, weiß = mittlerer, schraffiert = oberer Teil einer Schicht- oder Deckenfolge.

Die Möglichkeit einer derartigen jungen Verschiebbarkeit an den Bau-
fugen spielt vor allem für die Morphologie eine große Rolle. Vielfach
sind aber die zeitlich getrennten Vorgänge doch wieder grundverschieden
voneinander. Dazu kommt noch, daß meist die Bauwerke einer älteren
Periode schon von der Erosion zerschnitten sind bevor die neue Periode
einsetzt.

Das ergibt automatisch wesentlich andere Wirkungen (Kerbwirkungen).

Durch diese Zerschneidungen kann dann auch jene merkwürdige,
tektonische Selbständigkeit von einzelnen Berggruppen und Bergformen
zustande kommen, die sonst oft unverständlich bleibt. Soweit sich diese
Frage heute überblicken läßt, handelt es sich bei diesen jungen Um-
formungen nicht mehr um ausgedehntere Überschiebungen und Über-
faltungen, sondern mehr um vertikal sich auswirkende Bewegungen. Es
ist wichtig, daß die Tektonik, je jünger sie ist, desto näher sich an die
heutige Morphologie anzuschließen scheint.

Wien, Anfang Februar 1926.

