

# Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen.

(1. Fortsetzung.)

Von **Otto Ampferer.**

Mit 24 Zeichnungen.

In der Ausgangsarbeit — Jahrbuch 1923 — wurde unter anderem eine Gruppe von alpinen Bauformen mit Hilfe der Annahme erklärt, daß Schubmassen über eine Schwelle in einen Senkraum geschoben wurden.

Mit dieser Annahme einer glatten Überschiebung, vielleicht auch Abgleitung, kann man eine Reihe von Formen gut verständlich machen, für eine andere Reihe von tektonischen Gebilden erscheint dieselbe jedoch nicht ausreichend, sondern erfordert noch eine wesentliche Ergänzung.

Diese Ergänzung besteht nun darin, daß man statt einer einfachen, glatten Überschiebungsbahn, eine unregelmäßige, rauhe in die Betrachtung einführt.

Wie im folgenden gezeigt werden soll, läßt sich damit der Erklärungsbereich außerordentlich erweitern.

Mit der Gegenüberstellung von glatter und rauher Schubbahn soll dabei nicht der Unterschied zwischen glatteren und rauheren Schichtflächen, sondern der Gegensatz zwischen einer von der Erosion noch nicht und einer bereits davon bearbeiteten Fläche betont werden.

Die zweite Art von Überschiebungen kann man auch einfach als „Reliefüberschiebungen“ bezeichnen.

Wenn eine Schubmasse mit der entsprechenden Gewalt über ein Relief hingeschoben wird, so haben wir sowohl an dem Relief als auch an der Schubmasse erhebliche mechanische Veränderungen zu erwarten, die natürlich in einer bestimmten Abhängigkeit von der Eigenart des Reliefs und der Schubmasse stehen.

Ich setze voraus, daß es sich dabei zunächst nicht um ein Hochgebirgsrelief sondern nur vielleicht um Mittelgebirgs- oder noch niedrigere Formen handelt und daß weiter die darüber gehende Schubmasse etwa von einer Zusammensetzung sei, wie sie in den nördlichen Kalkalpen häufig ist, also eine Schichtserie von den Werfener Schichten bis zur unteren Kreide.

Auch die Schichtfolge des Grundreliefs möge ungefähr dieselbe stratigraphische Spannweite besitzen, wenn auch vielleicht in einer anderen faziellen Ausbildung, obwohl dies für den Gang unserer Überlegungen ziemlich unwesentlich bleibt.

Das vorliegende Grundrelief wird durch den Anschlag der heranwandernden Schubmassen zu einer einfachen Falte, also zu einem Gewölbe und einer anschließenden Mulde verbogen.

Diese einfache Falte bildet die Grundform, mit deren Ausgestaltung wir uns nun weiter zu beschäftigen haben.

Dieses Grundgewölbe sei von einfacher weiter Wölbung und besitze eine oder mehrere Erosionskerben.

Es wird nun bei der Überschiebung zunächst von Wichtigkeit sein, in welcher Richtung diese Kerben zu der Richtung der Überschiebung stehen.

Verlaufen dieselben parallel zu der Schubrichtung, so werden sie je nach ihrer Größe einen verschiedenen Einfluß ausüben.

Kleine parallele Furchen dürften einer Überschiebung keine wesentlichen Hindernisse bereiten, sie wirken auf dieselbe etwa wie Geleise oder Führungsrillen ein.

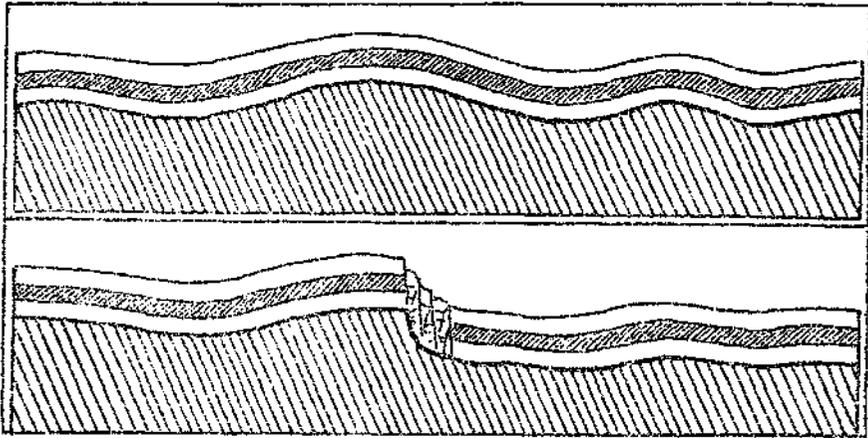


Fig. 1. Das Grundrelief ist schraffiert. Die Bewegung der Hangendschubmasse erfolgt senkrecht zur Bildebene. Im oberen Fall wird durch das Grundrelief in der Hangendschubmasse ruhige Faltung, im unteren eine Verwerfung erzwungen.

Dies gilt nur solange, als sich die Richtungen der Furchen mit der Richtung der Schubmasse vollständig decken.

Verlaufen die Furchen aber schräg zur Schubbahn, so tritt sogleich „Feilwirkung“ auf und es wird zu einer Ausfüllung der Furchen mit „Feilgut“ kommen, das im allgemeinen der untersten Lage der Schubmasse entnommen wird.

Durch diese Ausfüllung der Furchen mit Feilgut wird wieder eine ziemlich glatte Schubfläche hergestellt, über die hinweg nun die Schubmasse ungehindert den Weiterweg nehmen kann. Sind die Furchen aber nicht schmal, sondern z. B. im Verhältnis zu der Dicke der Schubmasse von beträchtlicher Weite und Tiefe, so tritt auch bei Parallellage der Richtungen eine den Furchen folgende Verbiegung der Schubmasse ein.

Es kann dann durch ein Grundrelief eine scheinbare Faltung der Hangendschubmasse erzwungen werden, welche von einer Pressungsfaltung jedoch grundverschieden ist.

Die Verbiegungsachsen — Fig. 1 — laufen in diesem Falle mit den Furchen des Grundreliefs und der Bewegungsrichtung parallel.

Erfolgt die Aufschiebung schräg zu der Furchenrichtung, so kann es sowohl zu Abteilungen wie auch zum Faltenwerfen kommen.

Während aber bei der Parallellage die Faltenachsen auch im Fortlauf der Überschiebung dieselben bleiben oder, mit anderen Worten, die Mulden als Mulden, die Sättel als Sättel weitergebildet werden, müssen bei der Schräglage die Mulden und Sättel fortlaufend ihre Rolle wechseln.

Es entsteht dadurch, wenigstens solange als die Furchen noch nicht ausgefüllt sind, ein unruhiges Auf- und Abwogen der Hangendschubmasse, was sich gewiß in einer durchgreifenden Zerrüttung und Zerschollung der Gesteinsmassen ausdrücken muß.

Während die Parallellage von Grundfurchen auf die Überschiebung durch Steigerung der Reibung ziemlich gleichmäßig einwirkt, kommt es bei einer Schräglage unbedingt zu einer ungleichen Reibung und damit auch zu einer ungleichen Verzögerung der Gleitbewegung.

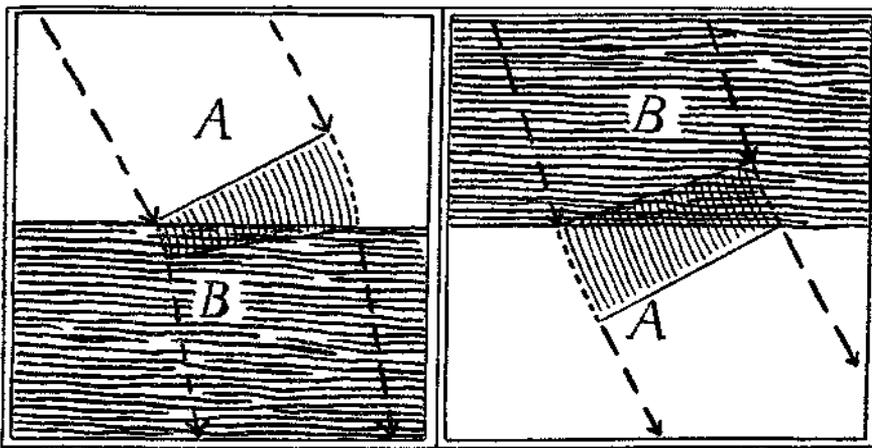


Fig. 2 *A* = glatte Grundfläche, *B* = furchige Grundfläche. Links Beugung der Bewegungsstrahlen beim Übergang von der glatten auf die furchige Fläche zum Lot, rechts beim Übergang von der furchigen auf die glatte Fläche vom Lot.

Damit stehen wir vor einer tektonisch sehr wichtigen Erscheinung, die man als „Brechung oder Beugung der Bewegungsrichtung“ bezeichnen kann.

Setzt man statt Lichtstrahlen Bewegungsstrahlen ein, so ist die Analogie mit der Optik eine überraschende.

Stoßen z. B., wie Fig. 2 angibt, parallele Bewegungsstrahlen schräg auf ein Furchenfeld, so wird der linke Strahl zuerst gehemmt. Diese Hemmung tritt gegen rechts immer später ein, was zur Folge hat, daß diese Strahlen eine Weile leichter und rascher vorwärts dringen.

Die Wirkung wird, sofern nicht eine Zerreißung der Gleitmasse eintritt, in einer Abschwenkung gegen links, also einer Strahlenbeugung zum Lot bestehen.

Wenn umgekehrt eine Gleitmasse aus einem Furchenfeld schräg auf eine glatte Schichtfläche austritt, so wird, wie Fig. 2 zeigt, gerade umgekehrt unter günstigen Verhältnissen eine Brechung vom Lot die Folgeerscheinung sein.

Es ist naheliegend, daß sich eine derartige Abschwenkung von der ursprünglichen Bewegungsrichtung bei einer schmäleren Gleitmasse

viel leichter und ungestörter vollziehen kann als etwa bei einer sehr breiten und beim Gleiten leichter als beim Schieben.

Im letzteren Falle kann die Hemmung durch die beiderseits benachbarten und nicht gleich abgelenkten Massen eine so starke sein, daß die Schwenkung der Mittelmasse teilweise oder ganz unterdrückt wird.

Es ist aber auch möglich, daß eine Zerreißung der breiten, ursprünglich einheitlichen Schubmasse stattfindet und der abschwenkende Teil zum Beispiel teilweise auf einen benachbarten, nicht schwenkenden Teil aufgeschoben wird.

Damit stehen wir wieder vor einer tektonisch wichtigen Erscheinung, nämlich der Zerspaltung von ursprünglich einheitlichen Schubmassen infolge der Einwirkung eines überfahrenen Grundreliefs.

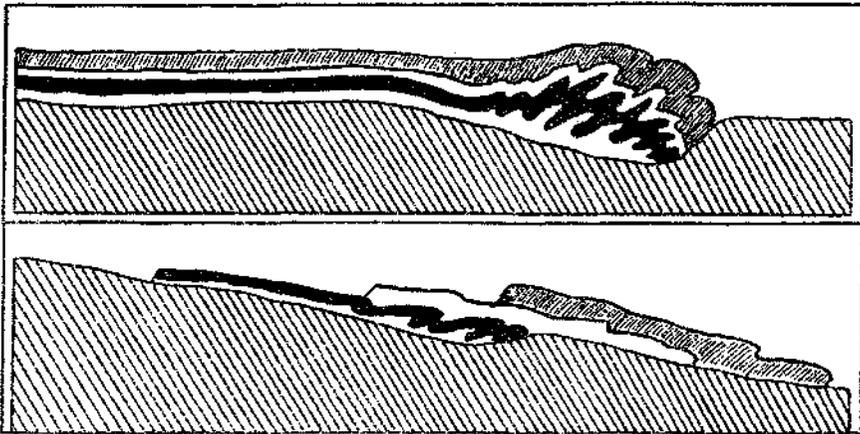


Fig. 3. Das Grundrelief ist schraffiert. Die Bewegung der Schubmassen erfolgt von links gegen rechts. Im oberen Fall staut sich die ganze Schubmasse an der Kerbe. Im unteren staut sich nur der Liegendteil an der Kerbe und die Hangendteile überschreiten dieselbe in freier Gleitung.

Auf diesem Gebiete sind die Erfahrungen, welche uns durch die Bewegungen von großen Eismassen vermittelt werden, in vieler Hinsicht auch für die Mechanik von bewegten Gesteinmassen lehrreich. Dabei darf man allerdings nicht vergessen, daß die Mächtigkeiten der Schubmassen gegenüber dem von ihnen überschrittenen Relief ganz andere waren als etwa die Mächtigkeiten der größten diluvialen Eisströme der Alpen gegenüber diesem Hochgebirgsrelief.

Hier ist ein Vergleich mit dem nordischen Inlandeis sicherlich weit zutreffender.

Durch die mächtig gesteigerte Reibung an einem Grundrelief ist es bei entsprechendem Bau der darüber wandernden Schubmasse sehr gut möglich, daß eine durchgreifende Zerteilung durch eine neu einreißende Schubfläche statthat, welche die liegenden zurückbleibenden Teile von den hangenden, weniger gehemmten Teilen trennt.

Diese Erscheinung erfordert indessen noch eine genauere Beleuchtung.

Haben wir, wie Fig. 3 lehrt, z. B. eine Schubmasse vor uns, die von der Rückseite her gleichmäßig in ihrer ganzen Masse vorgeschoben wird, so kann es trotz der großen Bodenreibung nicht zu

einer solchen Zerlegung und zu einem Zurückbleiben der unteren Teile in großem Stile kommen.

Es wird infolge der großen Reibung die Gesamtbewegung der ganzen Masse verzögert, eventuell sogar zum Stillstand gebracht werden.

Dagegen ist eine solche Zerlegung z. B. bei einer im Schweregefälle frei gleitenden Schubmasse ohne weiteres möglich.

Es ist also eine solche Zerlegung nur bei abfallender Bahn möglich, nicht aber bei ebener oder ansteigender.

Dabei ist von vornherein die Annahme festgehalten, daß es sich um eine einzelne Schubmasse handelt, nicht aber etwa um mehrere übereinander hin gleitende Massen.

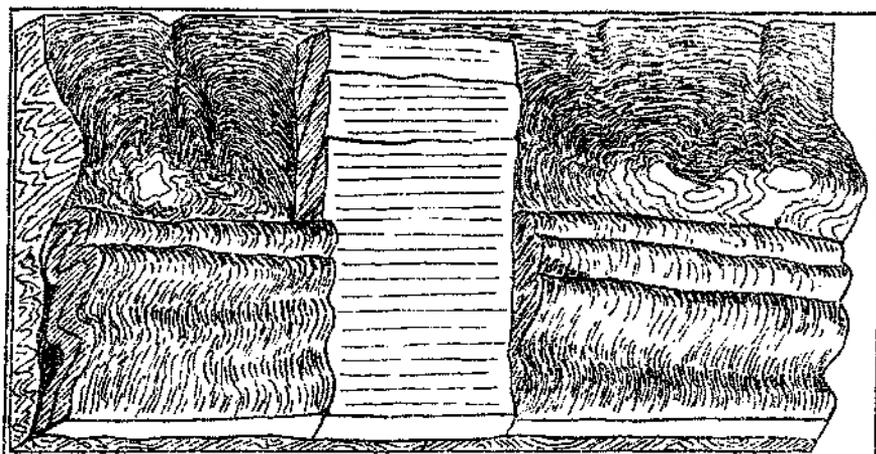


Fig. 4. Zerlegung einer einheitlichen Schubmasse durch Stauung der Seitenteile an Erhebungen des Grundreliefs. Die Bewegung der Hangendschubmasse erfolgt von unten gegen oben.

Wenn es sich also, wie vorausgesetzt, nur um eine über ein Relief wandernde Schubmasse handelt, so zeigt uns eine durchgreifende Zerlegung in eine zurückbleibende liegende und eine vorgehende hangende Schubmasse das Eingreifen von freier Gleitbewegung in einem Schweregefälle an.

Etwas entfernt Ähnliches kann auch entstehen, wenn z. B. eine erste Schubmasse infolge von zu großer Reibung oder aus anderen Gründen stecken bleibt und nun eine neue zweite oder der abgespaltene hintere Teil der ersten sich darüber hin in Bewegung gesetzt hat.

Diese beiden Fälle sind aber von dem früher beschriebenen insofern leicht zu unterscheiden, als es sich hier um eine Übereinanderschichtung von zwei Schichtserien, dort jedoch nur um die Zerlegung einer einzigen Serie handelt.

Endlich ist auch noch der Fall zu erwägen, daß eine untere Schichtmasse durch eine darübergehende höhere so beeinflußt wird, daß ihre hangenden Teile mitgeschleppt werden, während die liegenden zurückbleiben.

Dieser Fall ist gewiß gar nicht selten vorhanden und er soll bei den Einwirkungen auf das Grundrelief noch genauer besprochen werden.

Wir halten hier also das Ergebnis fest, daß die durchgreifende Zerlegung einer einheitlichen Schubmasse durch eine zur Bahnfläche mehr minder parallele Schubfläche unter Umständen sehr wichtige Aussagen über Freibeweglichkeit und ehemaliges Bahngefälle in sich bergen kann. Außer einer Zerlegung durch Schubflächen, die ungefähr parallel zur Bahnfläche eingreifen, können, wie wir bereits erkannt haben, auch dazu senkrechtstehende Flächen neu gebildet werden.

Es tritt dies z. B. bei gewissen Abschwenkungen ein. Wenn eine breite Schubmasse ein von der Erosion schon kräftig zerschnittenes Gewölbe überschreitet, so kann durch eine entsprechende Verteilung von tieferen Kerben gleichsam ein Kamm gebildet werden, dessen Zähne die Schubmassen zurückhalten, während seine Lücken ihren Vormarsch gestatten.

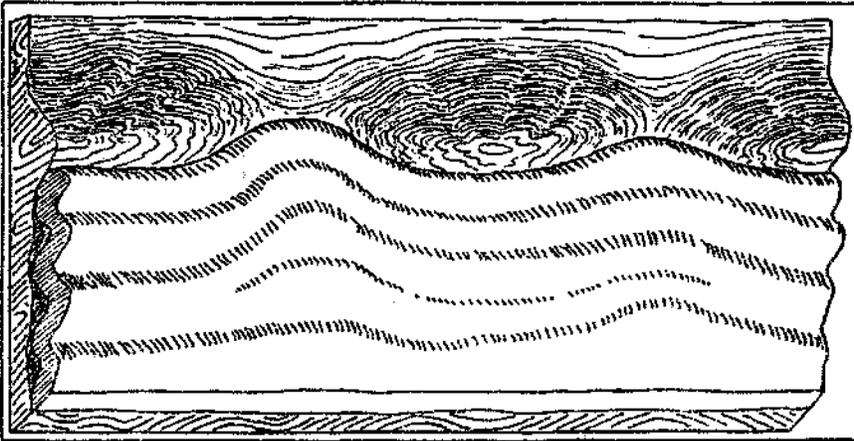


Fig. 5. Faltung der Hangenschubmasse bei ungleicher Hemmung durch das Grundrelief. Die Bewegung der Hangenschubmasse erfolgt von unten gegen oben.

Zur Verwirklichung dieses Vorganges sind vor allem sehr breite und tiefe Kerben nötig, welche dann ähnlich wie offene Schleußentore wirken.

Wie Fig. 4 veranschaulichen soll, ergibt sich hier eine streifenweise Zerlegung der großen Schubmasse längs ungefähr vertikaler Schubflächen. Hier sind übrigens viele Möglichkeiten zu Abweichungen eröffnet, zu denen schließlich auch der Grenzfall gehört, wo es zu keinen Zerreibungen, sondern nur noch zu Verbiegungen mit horizontalen Achsen (Fig. 5) kommt. Solche Formen müssen natürlich streng von ähnlichen Gebilden einer Querfaltung unterschieden werden.

Wir haben bisher erst ein mit der Schubrichtung paralleles und ein dazu schräges Furchenfeld untersucht und gehen nun zur Betrachtung eines dazu senkrechten über.

Sind die Furchen, welche hier der Schubbewegung begegnen, sehr flach, so werden sie diese Bewegung nicht wesentlich behindern.

Dabei spielt die Form der Kerben eine große Rolle. Ist der der anrückenden Schubmasse nähere Kerbenhang steiler als der gegenüberliegende, so wird dies der Schubbewegung weniger hemmend sein als der umgekehrte Fall (Fig. 6).

In beiden Fällen ist die Abscherung, beziehungsweise Hereinstauung von basalen Schubmassen vielleicht bis zur Ausfüllung der Kerbe sehr wahrscheinlich.

Die innere Struktur dieser Füllmassen wird in den beiden eben getrennten Fällen insofern eine verschiedene sein, als in dem ersten Fall hinter der steilen Kerbenwand eine „Schonzone“, im zweiten Fall vor der steilen Kerbenwand eine „Schoppungszone“ gebildet wird.

Beide Fälle ermöglichen unter günstigen Umständen eine sichere Ableseung der erzeugenden Schubrichtung.

Eine querlaufende Furche kann bei entsprechender Form die darübergehende Schubbewegung derart hemmen, daß die seitlich benachbarten und davon nicht mehr betroffenen Teile der Schubmasse einen Vorsprung erlangen können.

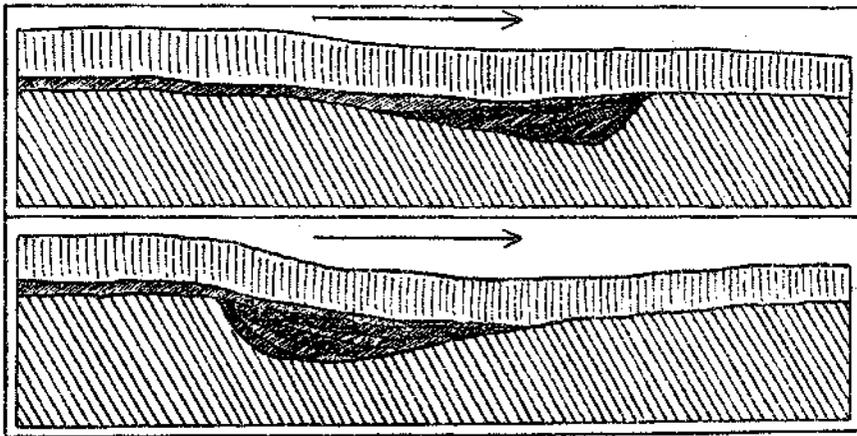


Fig. 6. Im oberen Fall erfolgt die Ausstopfung einer Kerbe durch Anschoppung von Basalmaterial vor der Steilwand einer Kerbe, im unteren durch Anhäufung hinter der Steilwand einer Kerbe.

Dabei ist es wahrscheinlich, daß der Streifen hinter einer solchen Sperrkerbe in Falten gestaut wird, während die seitlichen Teile der Schubmasse ungefalted bleiben.

Wir haben bisher entweder einzelne oder doch unter sich parallele Kerben der Untersuchung vorgelegt.

Es bleibt nun zu bedenken, welche Wirkungen von kon- oder divergierenden Kerben zu gewärtigen sind.

Eine stärkere Einwirkung ist hier vor allem von Kerben voraussehen, welche sich ungefähr in der Bewegungsrichtung vereinigen oder trennen.

Gerät eine vorrückende Schubmasse z. B. in den Bereich von zwei konvergierenden Furchen, so kann dies unter zuträglichen Umständen zur Bildung einer Wölbung oder doch einer Runzelung (Fig. 7) führen.

Im entgegengesetzten Fall, also bei einer Divergenz von Kerben (Fig. 8) kann eine entsprechende Zerreißung eingeleitet werden.

Diese und ähnliche Einwirkungen von verschiedenen gerichteten Kerben auf eine darübergehende Schubmasse brauchen keine dauernden zu

bleiben, sondern können im weiteren Verlauf der Überschiebung wesentlich verändert oder auch ganz ausgelöscht werden.

So kann z. B. eine Abschwenkung gegen links durch eine neue Furchenschar wieder nach rechts, also in die ursprüngliche Richtung zurückgewiesen werden oder es kann eine Querfaltung durch eine entgegengerichtete Zerrung wieder ausgeglättet werden.

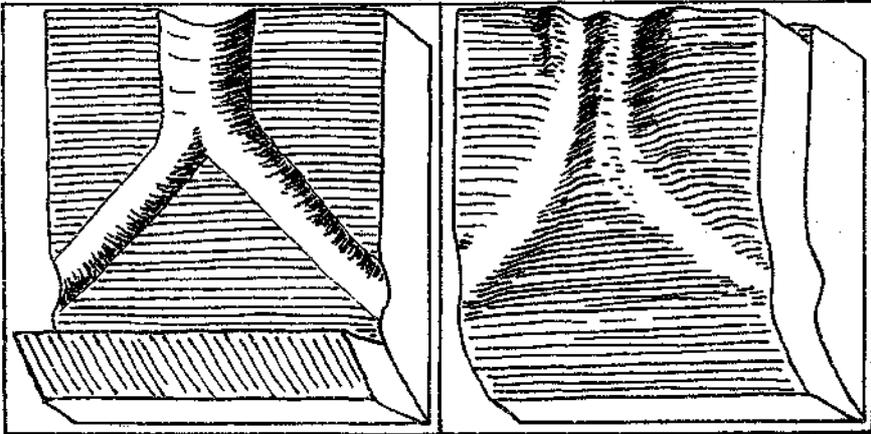


Fig. 7. Wirkung einer konvergierenden Furche des Grundreliefs auf eine Hangend-schubmasse. Die Überschiebung erfolgt von unten gegen oben.

Im allgemeinen wird jedoch weder die Zahl der Kerben so groß noch auch ihre Anordnung gerade so sein, daß solche vollkommene Umkehrungen oder Auslöschungen zustande kommen könnten. Immerhin

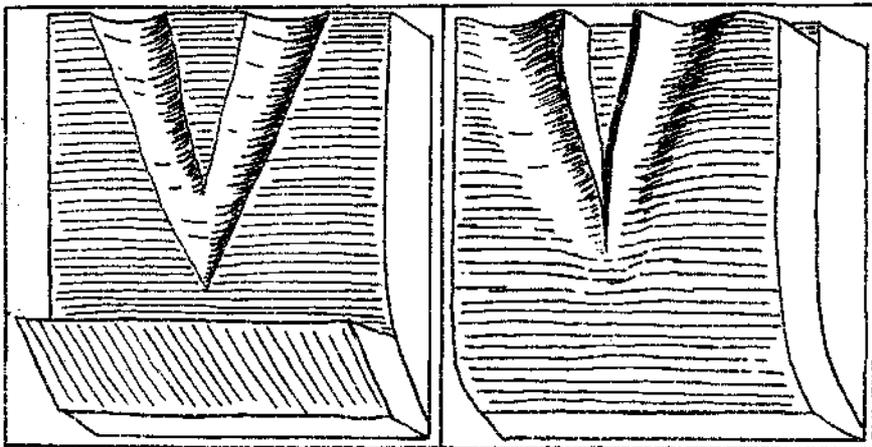


Fig. 8. Wirkung einer divergierenden Furche des Grundreliefs auf eine Hangend-schubmasse. Die Überschiebung erfolgt von unten gegen oben.

ist aber mit ihrer Möglichkeit zu rechnen. Dieser großen Veränderlichkeit der Wirkungen auf die Struktur der bewegten Schubmasse steht eine geringere Veränderlichkeit der Umgestaltungen des Grundreliefs gegenüber, mit der wir uns nun noch näher abgeben wollen.

Es ist auch hier wieder sinngemäß, die Richtungen der Kerben im Verhältnis zur Schubbewegung für eine rasche Übersicht als Leitfaden zu benutzen.

Bei einer Parallelschaltung von Kerben wird die Einwirkung der Schubmasse auf den Untergrund insoweit von Bedeutung sein, als es hier im allgemeinen nicht zu einer schützenden Ausfüllung der Kerben, sondern vielmehr zu einer fortlaufenden Ausschleifung derselben sowie einer starken Abnützung der dazwischenliegenden Rücken oder Kämme kommt.

Bei einer Schrägschaltung tritt schon die Einfüllung mit „Feilspänen“ ins Spiel und damit auch eine Scheidung des Untergrundes in geschonte und abgenützte Gebiete.

Es ist dies, wenn auch in viel größeren Dimensionen, doch ein wesentlich ähnlicher Vorgang wie bei der Einwirkung der Gletscher auf ihren Felsgrund. Man kann auch hier mit gutem Grund von einem typischen „Schleifbild“ und von einer „Schleiflandschaft“ reden, nur ist dieselbe wohl kaum irgendwo mehr restlos erhalten und infolge ihrer gewaltigen Dimensionen auch nicht so leicht zu überschauen.

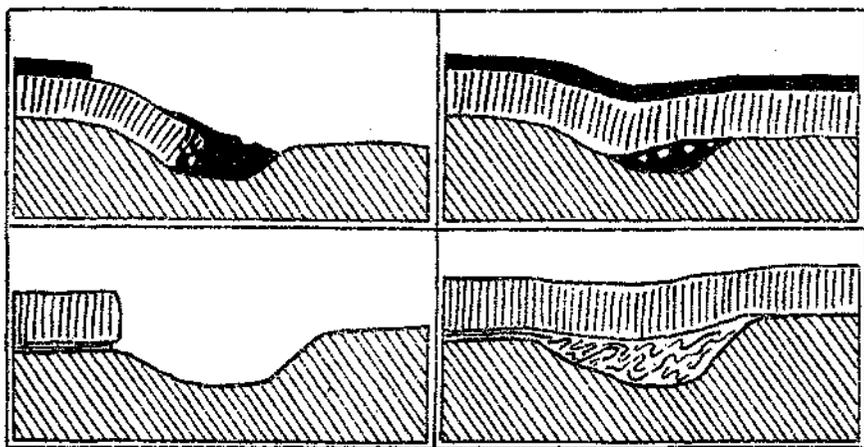


Fig. 9. Im oberen Fall Ausstopfung einer Kerbe durch abgerutschtes Hangendmaterial einer Schubmasse, im unteren Fall durch angeschopptes Liegendmaterial. Die Bewegung der Schubmassen erfolgt von links gegen rechts.

Bei einem senkrechten Verlauf der Kerben zur Marschrichtung der Schubmasse hebt sich die „Füll- und Schonwirkung“ natürlich am klarsten hervor.

Es ist ja übrigens gewiß nur einer solchen tektonischen Ausfüllung von alten Kerben mit Feilspänen zu verdanken, wenn uns, wie wir später sehen werden, auch heute noch solche uralte Erosionszeugnisse erhalten geblieben sind.

Die Möglichkeiten, mit denen eine vorrückende Schubmasse eine Querkerbe überwinden kann, sind ziemlich mannigfach und hängen sehr vom Formdetail der Kerbe und der Innenstruktur der Schubmasse ab.

Es sollen hier nur einige ausgezeichnete Fälle zu einer schematischen Darstellung (Fig. 9) gelangen.

Ist die Querfurche für die Ausmaße der vorrückenden Schubmasse entsprechend breit und tief, so kann der Fall verwirklicht werden, daß die vorderen Teile der Schubmasse in die Furche hineinsinken, hier eine Weile festgehalten werden und so eine Stirnfalte aufgestülpt wird.

Es setzt dies in erster Linie ein genügend fein geschichtetes und gut biegsames Material in der hangenden Schubmasse voraus.

Besteht dieselbe aber z. B. aus einer ungeschichteten spröderen Gesteinsmasse, so wird sich statt einer Falte eher eine keilförmige Abspaltung entwickeln. Werden hinwieder etwa die liegenden Teile der Schubmasse aus plastischen, leicht verschiebbaren Massen zusammengesetzt, so ist es wahrscheinlich, daß sich dieselben in der Kerbe ansammeln und so eine Ausfüllung derselben bewirken. Bei diesem letzteren Vorgange ist die Möglichkeit zu Gesteinsvermischungen in ziemlichem Ausmaße gegeben.

Eine solche Vermischungszone hat hier zwei Bezugsquellen, und zwar einerseits Gesteinsmassen und Trümmer aus dem Leib der Schubmasse, andererseits solche aus dem Grundrelief.

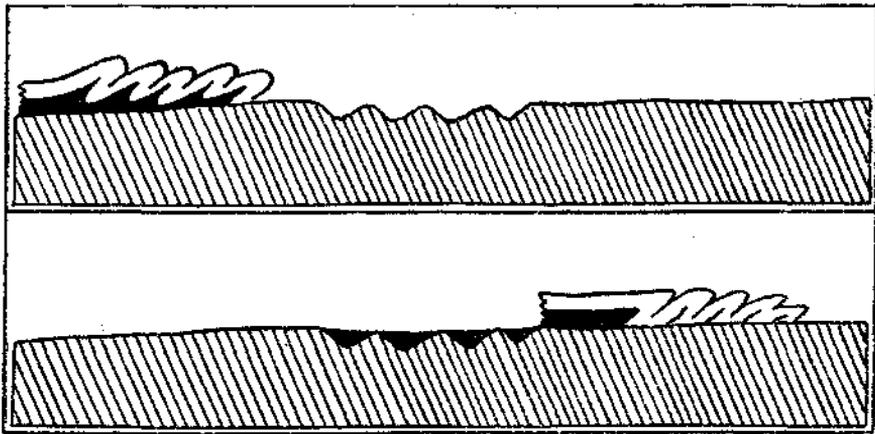


Fig. 10. Abheilung einer Hangendschubmasse an Grundkerben und Ausstopfung derselben mit Feilgut. Die Bewegung der Schubmasse erfolgt von links gegen rechts.

Während die ersten z. B. bei unseren nordalpinen Verhältnissen vor allem den Werfener Schichten, dem Haselgebirge, kurz der unteren Trias entstammen, werden die zweiten in der Hauptsache den jüngsten Schichten, also der Kreide oder dem Jura angehören.

So entstehen recht merkwürdige Mischungen, charakterisiert durch ein Vorherrschen der beiderseitigen Endglieder unserer Schichtreihe bei einem gleichzeitigen Zurücktreten der mittleren Glieder.

Nicht selten gesellen sich dazu noch exotische Schollen, die, an der Basis der Schubmasse von einer entfernten Lagerstätte hergeschleppt, endlich in einer Kerbe ihre Ruhestätte gefunden haben.

Es ist begreiflich, daß solche Stellen im Gebirge eine Buntheit und Fremdartigkeit, eine Regellosigkeit zur Schau tragen, welche mit dem einfachen Begriffsinventar der älteren Tektonik nicht zu entziffern war.

Sind die Querschnitte, welche von der Schubmasse zu überschreiten sind, geräumig und steilwandig, so liegt die Möglichkeit für eine ausgiebige Abscherung vor.

Ich habe in der Ausgangsarbeit — Jahrbuch 1923 — einen solchen Fall, die Abscherung einer Mulde, wie er etwa bei der „Kaisergebirgsdecke“ verwirklicht ist, gezeichnet und beschrieben.

Es ist weiter möglich, daß in einer genügend breiten Kerbe oder in einem Furchenfeld sich mehr als eine Falte anstaut und endlich abgesciert wird. Daraus würde sich dann etwa eine Form von gefalteter Schubdecke ergeben, wie sie in Fig. 10 schematisch angedeutet ist.

Mit solchen Formen ist in der Tektonik schon häufig gerechnet worden, zumeist jedoch ohne irgendeine Rechenschaft über den Wegfall und Verbleib solcher basaler Bestandteile.

Ich habe die hiergehörigen Erscheinungen als „Abschrägungen“ zusammengefaßt und dieselben für Anzeichen von ausgedehnten Überschiebungen genommen. Solche Abschrägungen finden nun nicht bloß in der Bewegungsrichtung einer Schubmasse, sondern auch senkrecht zu derselben statt.

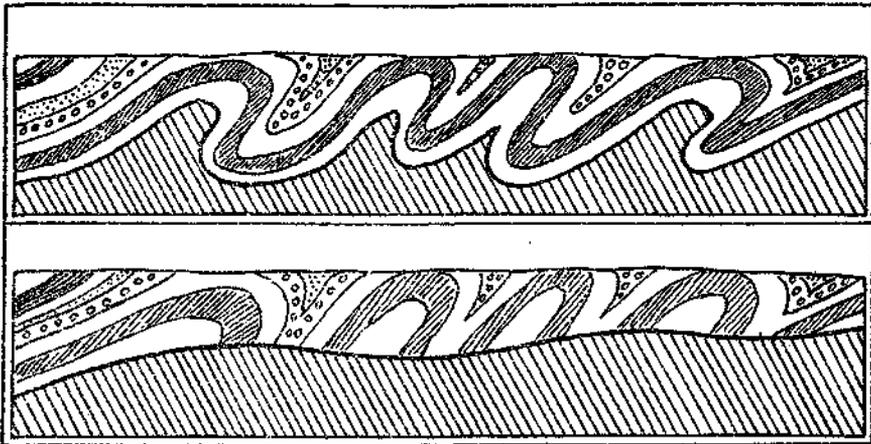


Fig. 11. Das Grundrelief ist schraffiert. Im oberen Fall ist die Schubbahn mit der Hangendschubmasse verfaltet, im unteren Fall schneidet die Faltenstruktur der Schubmasse an der Schubbahn ab. Nur der untere Fall ist noch weiter schubfähig.

Bis zu einem gewissen Grade ist überhaupt das Auftreten einer gefalteten Schubmasse auf einer annähernd ebenen oder wenig gebogenen Schubfläche nur mit Hilfe von Abschrägungen erklärbar.

Wie Fig. 11 zeigt, könnte ja eine lebhafter gefaltete Schubmasse ohne Abschrägungen nur auf einer gleichsinnig damit verbogenen Schubfläche liegen, und dies würde automatisch ihre Bewegung zur Unmöglichkeit machen.

So folgt mit Notwendigkeit, daß unter einer kräftig gefalteten Schubmasse eine wenigstens in der Bewegungsrichtung weit weniger gekrümmte Schubfläche liegt, was nur mit Hilfe von entsprechenden Abschrägungen ausführbar ist.

Dabei wird eine eventuelle spätere, gemeinsame Verfaltung von Schubmasse und Schubfläche hier als Erklärung gar nicht in Betracht gezogen.

Die ebenso interessante wie tektonisch wichtige Frage, bei welcher Verkrümmung eine Schubmasse von bestimmten Dimensionen und Eigenschaften eine Schubfläche noch ohne Abscherungen befahren könne, ist bisher weder experimentell, noch auch mathematisch zu einer Lösung gediehen.

Wie ich in der Zeitschrift für Gletscherkunde — B. IX., 1915 — gezeigt habe, ist diese Frage auch für die Lehre der Eiserosion von entscheidender Bedeutung.

Als Erklärung für Abschrägungen kommt natürlich neben der Abscherung in geeigneten Kerben des Untergrundes auch eine Abschleifung und Abnützung infolge der Grundreibung überhaupt in Betracht. Obwohl auch hier keine aufklärenden Versuche zu meiner Kenntnis gelangt sind, so möchte ich doch dem Betrag einer solchen Abnützung vorläufig noch keine tektonische Bedeutung zumessen.

Wie schon erwähnt, begegnet man neben den Abschrägungen oder Abhobelungen in der Schubrichtung nicht selten auch solchen senkrecht dazu. Sie geben sich als ein schräges Ausfallen von Schichtgliedern oder Schichtmassen in der Streichungsrichtung zu erkennen und sind unschwer von den Bildern von Transgressionen zu trennen.

Am ganzen Südrande der nördlichen Kalkalpen können sie als eine häufige Erscheinung beobachtet werden.

Ihre Erklärung bietet von unserer Grundlage aus keine Schwierigkeit sondern ist im Gegenteil, da ja die Kerben sehr wahrscheinlich eine größere Längs- als Querstreckung besessen haben, damit schon gegeben.

Ist die Längserstreckung senkrecht zum Vormarsch, so erfolgt eine eventuell eingreifende Abschrägung parallel zu einem durch die Kerbe erzwungenen Faltenwurf. Dies gilt aber nur solange, als die Kerbe ungefähr denselben Querschnitt behält. Verschmälert sich der Querschnitt, so nimmt auch die Abschrägung ab. So werden wir also statt einer gleichmäßigen Abschrägung eine ungleichmäßige haben.

Dies wird sogar in der Regel der Fall sein, weil aller Voraussicht nach die Kerben eine unregelmäßige Gestalt besitzen.

Zu den Einwirkungen einer vorrückenden Schubmasse auf ein Grundrelief werden weiter in geeigneten Fällen auch Verschiebungen, Umstürzungen, Abbröckelungen, Verdrehungen von einzelnen durch die Erosion isolierten Schollen sowie auch mannigfaltige Runzelungen und Faltungen einzelner Schichtstreifen gehören.

Es liegen hier viele interessante Einzelgebilde vor, deren Eigenarten jeweils engstens mit lokalen Besonderheiten verbunden und nur mit deren Kenntnis restlos aufzuklären sind. Die Verschiebungen . . . sowie die Faltungen dieser Art werden vor allem durch eine streng lokale Begrenztheit charakterisiert.

Die Verschiebungen umfassen relativ kleine Schollen und die „Schleppfaltungen“ klingen trotz großer Lebhaftigkeit sehr rasch aus.

Sie sind zum Teil unter der Bezeichnung „Gipfelfaltungen“ schon vielfach erwähnt und beschrieben worden.

Mit dieser gedrängten Übersicht will ich die Beschreibung der Umgestaltungen im Wölbungsgebiete des Grundreliefs beschließen und nun noch einige Lichter auf die anschließende Muldenzone zu werfen versuchen. Hier sind gleich zwei verschiedene Grundbedingungen auseinander zu halten.

Entweder ist die Bildung von Gewölbe und Mulde erst nach dem Eingreifen der Erosion erfolgt oder die Verbiegung ist das ältere und war eben der Anlaß zum Eingreifen der Erosion.

Gilt der erste Fall, so haben wir im Bereiche von Sattel und Mulde so ziemlich denselben Schichtbesitz und auch ähnliche Erosionseinschnitte zu erwarten, gilt dagegen der zweite Fall, so wird das Gebiet von Sattel und Mulde sowohl durch verschiedenen Schichtreichtum als auch durch verschiedene Erosionswirkungen ausgezeichnet sein.

Der erste Fall ist von keinem besonderen Interesse und ist bereits durch eine sinngemäße Anwendung unserer Ableitungen für das Gewölbe zu erledigen.

Um so interessanter ist der zweite Fall, weil er unsere Einsicht unter günstigen Umständen besonders über die Zeitverhältnisse der Überschiebungen wesentlich ergänzen kann.

Macht man also die Voraussetzung, daß die Aufwölbung samt der daranschließenden Einmündung erst die Arbeit der Erosion ermöglicht hat, so kann einem Gebiet der Abtragung ein Gebiet der Aufschüttung gegenüberstehen.

Das ist keine Notwendigkeit, sondern der für unsere Untersuchung geeignetste Fall. In diesem ausgezeichneten Falle bestehen zwischen der Bildung der Kerben im Bereiche der Aufwölbung und der Sedimentation im Bereiche der Einmündung innige Wechselbeziehungen. War der Schichtbesitz auch vor der Faltung in beiden Bereichen derselbe, so wird nun der eine Teil auf Kosten des anderen vermehrt. Aus den abgetragenen Gesteinsmassen der Wölbung können sich neue Schichten in der Mulde bilden, welche bei nicht allzulangen Transportwegen ihre Gesteinsverwandtschaften zu bewahren vermögen.

Erfolgt nun über ein solches Gebiet hinweg eine große Überschiebung, so können uns einerseits die Kerben Bestandteile dieser Schubmasse aufbewahren, andererseits können wieder durch Reste derselben Schubmasse in dem Muldengebiet die jüngsten Schichtglieder vor der Zerstörung geschützt werden.

Wir haben also zwei wichtige Funktionen, die sich gegenseitig ergänzen, nämlich auf dem alten Grundgewölbe durch „tektonische Ausstopfung“ die Erhaltung von alten Erosionsformen, in der Grundmulde dagegen durch Bedeckung mit der Schubmasse die Aufbewahrung der vollen Sedimentfolge.

Eine derartige „Schirmwirkung“ der Schubmassen ist übrigens eine weltweit verbreitete Erscheinung.

Damit gehe ich zu einigen Anwendungen über, und zwar will ich mit dem also vermehrten tektonischen Werkzeug nun gewisse Formengruppen der nördlichen Kalkalpen auf ihre Mechanik hin untersuchen.

Ihr Aufbau aus mehreren übereinander geschobenen Schubmassen (nicht Liegfalten!) ist heute im wesentlichen aufgeklärt, wenn auch über das Detail der Abgrenzung der einzelnen Schubkörper noch Unsicherheiten vorhanden sind, deren Beseitigung durch die Neuaufnahmen bevorsteht.

Bei einer Musterung der Schubmassen, welche am Südrande unserer Kalkalpen austreichen, fällt eine öfter wiederkehrende Form auf, ein mächtiges Gewölbe, das in einer oder mehreren Furchen Reste viel älterer Schichten trägt.

Es handelt sich um das in der Einleitung ausführlich beschriebene Grundgewölbe mit seinen alten Einkerbungen.

Wenn wir unsere Musterung im Westen beginnen, so tritt uns diese Form am Stanserjoch bei Schwaz in Nordtirol zuerst in voller Deutlichkeit entgegen.

Hier hat schon Adolf Pichler, vielleicht als Erster, im Jahre 1863 die Überschiebung unzweideutig erkannt und mit Einsicht beschrieben.

Bei der Aufnahme des Karwendelgebirges durch Rothpletz und seine Mitarbeiter wurde dieselbe durch erfundene Verwerfungen verunstaltet, was endlich in den Jahren 1901—1902 bei der Neuaufnahme durch den Verfasser wieder berichtigt worden ist. Ich kam damals zwar zu einer klaren Erkenntnis der großen „Karwendelüberschiebung“, ohne indessen die volle Bedeutung der großartigen Aufschlüsse des Stanserjochs zu verstehen.

Die geologische Beschreibung des Stanserjochs liegt in unserem Jahrbuch 1903, Seite 201—207, die zugehörige Karte bildet Blatt „Innsbruck—Achensee“, das leider durch den ungeschickten, viel zu breiten Aufdruck der Störungslinien um die Feinheit seines tektonischen Bildes gebracht wird.

Das Wetterstein K+D-Gewölbe des Stanserjochs ist ähnlich wie ein Gletscherschliff durch die hangende Grundmoräne, so durch die hangende Schubmasse vor der Zerstörung bewahrt geblieben und zeigt uns über der Waldgrenze in der klarsten Weise eine uralte Erosionsfurche, die mit hineingestautem Buntsandstein, Raichwacken und Reichenhaller Schichten ausgestopft und dann überfahren wurde.

Weil die Abbildungen in meiner Karwendelarbeit, Jahrbuch 1903, wohl allzuklein geraten sind, füge ich hier nach den damaligen Befunden ein etwas größer gezeichnetes Profil — Figur 12 — bei.

Es ist hier nicht der Raum, um auf die prachtvollen tektonischen Feinheiten dieses Gebietes näher einzugehen.

Als nordwärts diesem alten Grundgewölbe zugeordnete Muldenzone fasse ich das Sonnwendgebirge auf, dessen herrliche Gipfelfaltung leicht als „Schleppfaltung“ unter der darüber vorgehenden Karwendelschubmasse zu verstehen ist.

Aus diesem schönen Gebiete ist aber auch noch manche andere tektonische Belehrung zu schöpfen. So steht die Sedimentation des Sonnwendgebirges mit der „Hornsteinbreccie“ in einem wohlbegreiflichen Verhältnis zu einer südlich davon gelegenen Abtragungszone, deren Kerben, wie uns das Stanserjoch beweist, bereits bis in den Wettersteinkalk hinab eingeschnitten waren.

Da ist es auch ganz wahrscheinlich, daß diese Erosion schon zur Zeit der Hornsteinbreccie ihre Arbeiten eröffnet hatte.

Die Gosau Ablagerungen schmiegen sich bereits in ein tief ausgeschnittenes Relief des Sonnwendgebirges hinein und überzeugen uns aufs neue, daß die erste große nordalpine Überschiebung ein weit höheres Alter besitzt.

Wie wir dann an der Südseite des Sonnwendgebirges klar erkennen, wurde auch die Gosau noch überschoben, wobei es jedoch zu keiner Überschreitung des Gebirges in großem Stile mehr gekommen ist.

Auf dem Weiterweg gegen Osten sind dann im Gebiete des Funtensees sehr schöne hierherpassende Aufschlüsse vorhanden, die ich jedoch noch nicht persönlich begangen habe und also vorläufig übergehe.

Einen prachtvollen Einblick in diese Verhältnisse hat dann der mächtige Durchbruch der Salzach eröffnet.

Hier haben wir insbesondere an dessen Westseite ein Profil, das bereits in der Geschichte des Nappismus eine hervorragende Rolle gespielt hat. Ich meine das Profil vom Hagengebirge über das Torrener Joch und den Hohen Göll zum weiten Plateau des Roßfeldes.

Es liegt mir fern, hier auf die verschiedenen Auslegungen dieses wichtigen Profils einzugehen, die in unserer Literatur bereits aufbewahrt liegen, sondern füge denselben gleich eine neue Deutung hinzu, welche durch das schematische Profil, Figur 13, erläutert werden soll.

Das Profil verbindet das gegen Norden eintauchende Großgewölbe von Hagengebirge—Hohem Göll mit der Kreidemulde des Roßfeldes und zeigt außerdem in einer klaren Weise die Reste einer auflagernden Schubmasse.

Diese Schubmasse ist im wesentlichen in zwei getrennten Stücken vorhanden, einerseits in der tiefen Furche des Torrener Grabens, andererseits auf der weiten, schönen Hochfläche des Roßfeldes. Ich erkenne nun in der Furche des

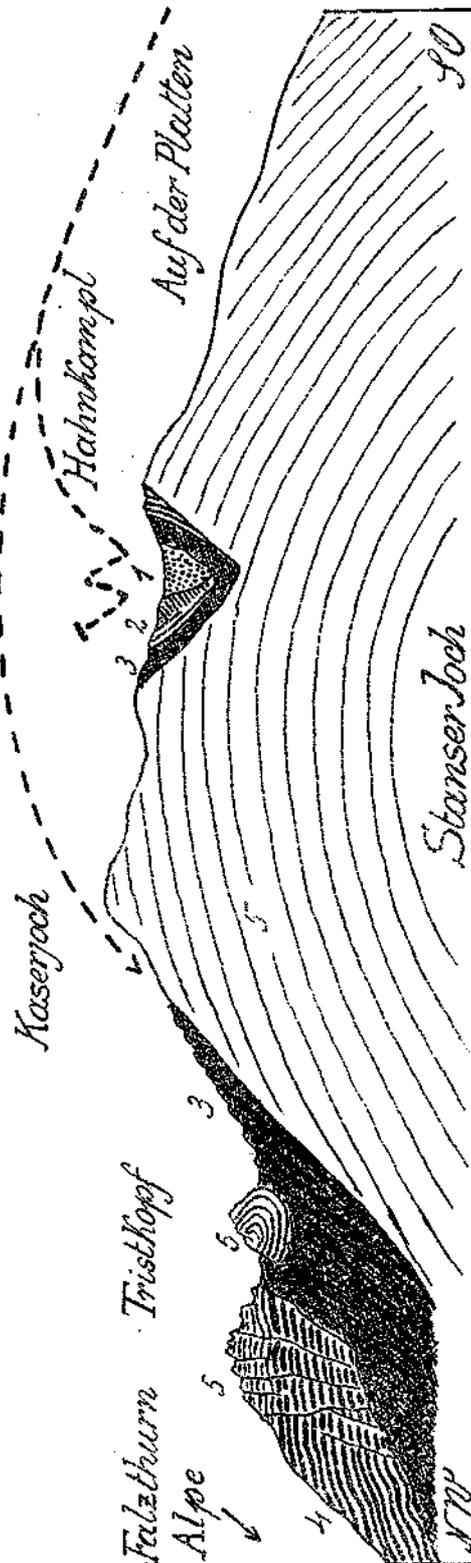


Fig. 12. 1 = Buntsandstein. 2 = Reichenhaller Kalke. 3 = Rauchwacken-Mylonitmassen. 4 = Muschelkalk. 5 = Wettersteinkalk, an der Nordseite des Stanserjochs Wettersteindolomit. Wahrscheinlich handelt es sich bei der „Karwendelüberschiebung“ um eine mehrfache Überschiebung.

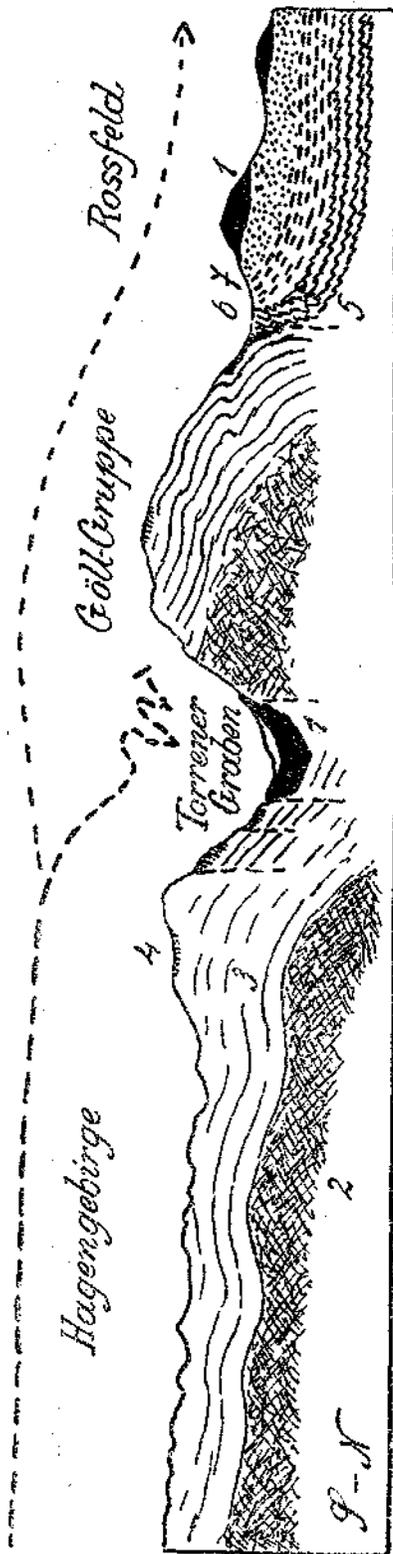


Fig. 13. 1 = Weifener Sch. + Haselgebirge + Ramsau D. + Muschelkalk + Hallstätter Sch. 2 = Ramsau D. + Raibler Sch. 3 = Dachsteinkalk — Dachsteindolomit — Dachsteinriffkalk. 4 = Lias. 5 = Oberalm Sch. 6 = Schrambach Sch. 7 = Roßfeld Sch.

Torrener Grabens eine alte Kerbe in dem Gewölbe des Hagengebirges, welche bei der Großüberschiebung mit Basalmaterial derselben Schubmasse ausgestopft wurde, deren weiter vorgedrungene Teile als Deckschollen auf der Kreidemulde des Roßfeldes erhalten geblieben sind.

Diese Auffassung der Sachlage ermöglicht nun sowohl eine ausreichende Erklärung für die Schoppungsmechanik der Alttriasfalten in dem Torrener Graben als auch eine genauere, zeitliche Einordnung dieser Großüberschiebung.

In der Mulde des Roßfeldes haben wir nämlich recht mächtige Ablagerungen der Unterkreide, welche durch die Einschaltung von Sandsteinen und Breccien als ufernahe Bildungen ausgezeichnet sind.

Ich habe schon bei der Besprechung des Sonnwendgebirges gezeigt, daß sich dort die Einschaltung der Hornsteinbreccien mit der Aufwölbung und Abtragung des südlich davon liegenden Gebietes (Stanserjoch . . .) in eine unmittelbar verständliche Beziehung bringen läßt.

Dasselbe ist auch hier der Fall.

Wir haben im Bereiche des Hagengebirges eine alte Aufwölbung und tiefe Zerschneidung, in der zugehörigen Vordermulde dagegen die Einschwemmung und Anhäufung von Abtragungsschutt.

So kann man die Schaffung der Kerbe des Torrener Jochs mit der Gros sedimentation der Unterkreide in der Roßfeldmulde in engste Verbindung setzen.

Die Überschiebungsmasse des Roßfeldes liegt nun, soweit meine Einsicht reicht, ohne Zwischenschaltung von jüngeren Schichten unmittelbar auf den neokomen Roßfeldschichten.

Das würde für unsere Großüberschiebung ein „Unterkreidealter“, wenn auch nicht sicher, so doch wahrscheinlich machen.

Natürlich wurde auch hier das einfache Leitverhältnis von Gewölbe-, Kerbe-, Mulde-, Deckschubmasse bei den späteren Bewegungen, besonders an seinen empfindlichen Stellen durch Verschiebungen und Verbiegungen mannigfach umgestaltet.

Gehen wir weiter nach Osten, so lassen sich, wie ich glaube, auch die tektonischen Geheimnisse des Salzkammergutes mit diesem Schlüssel öffnen.

Die Kerbe des Torrener Grabens dürfte sich in das Lammergebiet fortsetzen, dabei aber verbreitern und komplizieren. Vielfach tritt hier die starke Verbreitung der Gosau Schichten als hinderliche Verdeckung der älteren Tektonik auf.

Bei Hallstatt haben wir durch die schöne und sorgfältige Arbeit von E. Spengler eine wohl erhellte Stelle im Gebirgsbau, welche manche Einsicht gewährt.

Die komplizierte Schubmasse des Plassen liegt samt dem Hallstätter Salzstock in einer Furche des großen Dachsteingewölbes.

Dieselbe Erscheinung läßt sich nun von Hallstadt und Ischl mit einem sehr bunten und im Detail außerordentlich wechselnden Baustil über Aussee—Grundlsee, Mitterndorf ins Ennstal an die

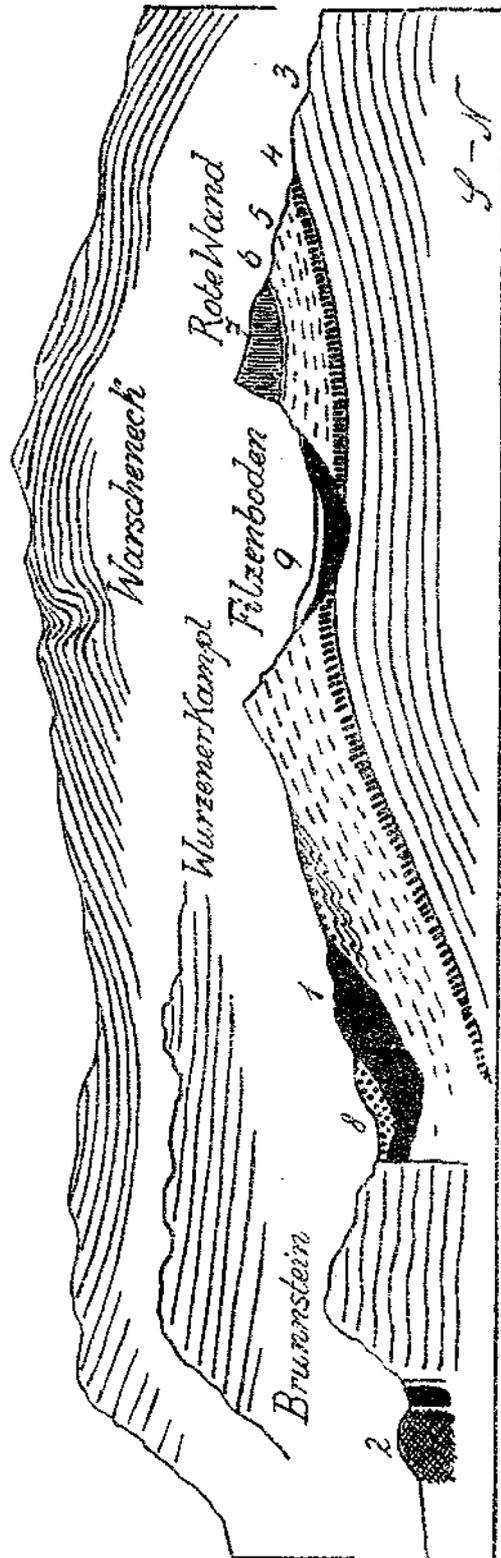


Fig. 14. 1 = Werfener Sch. + Haselgebirge. 2 = Unterer Dolomit. 3 = Dachsteinkalk. 4 = Hierlitzkalk + Liasmergel + Klauskalk. 5 = Hornsteinkalk. 6 = Oberalm Sch. 7 = Plassenkalk. 8 = Gosau Sch. 9 = Moränen + Torfmoor.

Südseite des Toten Gebirges verfolgen. Es handelt sich ersichtlich um alte Tiefenlinien und Furchen, in welche bei der Großüberschiebung bunt gemischte Schichtmassen hineingefüllt wurden. Diese alten Ausstopfungen verfielen dann wieder der vorgosauischen Ausräumung, so daß das Gosaumeer bereits wieder imstande war, seine Sedimente wenigstens vielfach in dieselben uralten Furchen zu legen. Eine genauere Einsicht in den Aufbau dieser mehrfach komplizierten Zonen verdanken wir insbesondere G. Geyer, welcher hier Blatt „Liezén“ herausgegeben und in mehreren Arbeiten wertvolle Detailangaben dazu geliefert hat.

Im Toten Gebirge, in der Warscheneckgruppe und weiter in den Ennstaler Alpen ist die unserer Betrachtung zugrunde gelegte Leitform des alten Gewölbes mit seinen Kerben und den tektonischen Ausstopfungen derselben prachtvoll verwirklicht. Ich verweise hier nur vorüberstreifend auf das beiliegende Profil (Fig. 14) und meine Arbeit über die Ennstaler Alpen, Jahrbuch 1921.

Das Profil ist ein Sammelprofil in dem Sinne, daß von links und rechts benachbarte wichtige Befunde in die Profillinie hereingerückt sind, um in dieser die Verarmung des Baudetails durch zufällige Erosionslücken auszuschließen.

Für die östlich anschließende Hochschwabgruppe ist die Vollendung der Neuaufnahme von Blatt „Eisenerz—Wildalpen“ durch E. Spengler abzuwarten.

Für das Ötschergebiet und Blatt „Schneeberg—St. Ägyd“ habe ich meine Neuaufnahmen zwar nicht abgeschlossen, aber immerhin so weit gefördert, um den beiliegenden Charakterschnitt Fig. 15 liefern zu können. Auch er ist ein Sammelprofil nach der eben angegebenen Definition.

Die Verhältnisse verschieben sich hier insofern, als vom Ötscher ostwärts das Grundgewölbe viel breiter wird und zugleich wesentlich tiefer liegt. Daher finden wir hier viel ausgedehntere Reste der alten Schubmassen noch erhalten, die sich insbesondere im Süden in mächtigen, aneinanderschließenden Massen, wie z. B. Schneeberg—Rax—Schneealpe . . . einstellen. In den Fenstern von „Hengst“ und „Ödenhof“ kommt da noch östlich vom Schneeberg das Grundgewölbe knapp vor dem Einbruch des Wiener Beckens zum Vorschein. Die Erosion hat also hier im Osten die Grundgewölbe lange nicht so tief angeschnitten wie im Westen.

Dagegen sind hier die alten Schubdecken nicht nur in großen Massen erhalten, sondern zeigen auch, wie ich bereits 1918 beschrieben habe, einen mehrteiligen Aufbau. Wir finden nämlich z. B. am Gahnplateau, auf der Rax und der Schneealpe noch Reste von höheren Schubmassen an günstigen Stellen aufbewahrt. Ganz im Westen würde dies em Befunde, z. B. im Arlberggebiet, die „Krabachjochdecke“ entsprechen.

Überblicken wir kurz die hier an Einzelheiten beschriebenen tektonischen Verhältnisse, so geht daraus wohl unabweisbar hervor, daß wir am Südrande der heutigen nördlichen Kalkalpen die Gebilde einer uralten Erosion noch stellenweise vor uns haben, Hohlräume, welche

nur durch weitgreifende Überschiebungen und damit verbundenen Ausstopfungen erhalten geblieben sind.

Beide Tatsachen, einerseits ein wohl am ganzen Südrande der Kalkalpen vorhandenes Erosionsrelief, andererseits wahrscheinlich noch weit darüber gegen N vordringende, riesige Überschiebungen, beides Vorgänge von prägosauischem Alter, können bei einer Erklärung der alpinen Mechanik nicht nur nicht übergangen werden, sondern müssen geradezu einen Brennpunkt des Interesses und der Überlegungen auf diesem Forschungsgebiete bilden.

Versuchen wir nun, uns ihre tektonische Bedeutung genauer klar zu machen.

Zunächst mag betont werden, daß alle Bewegungsunterschiede verschiedener Massen nur als relative betrachtet werden.

Wenn also z. B. von einer Überschiebung der Masse *A* durch eine ursprünglich südlichere Masse *B* die Rede geht, so soll dies nicht heißen, daß die Masse *A* zur selben Zeit sich in Ruhe befand, sondern nur, daß in der angegebenen Richtung das Ausmaß der Bewegungen der beiden Massen um einen bestimmten Betrag verschieden war.

Zur Beurteilung der gegenseitigen Lagebeziehungen vor und nach der Überschiebung kann man sich mit Vorteil des beiliegenden Schemas Fig. 16 bedienen.

Wir unterscheiden drei Massen und zwar das im N liegende Grundrelief *A*, die südlich davon lagernde Schubmasse *B* und eine beiden Massen zugrunde liegende Massen-anordnung *C*.

Die vollständige Trennung von *A* und *B* ist wahrscheinlich, aber nicht sicher erweisbar.

Aus dieser einfachsten Ausgangsgruppierung ist nun die heute vorliegende Umgruppierung abzuleiten.

Den kürzesten Weg scheint hierzu eine teilweise Hebung von *C* zu bieten, eine Hebung, welche das nötige Schweregefälle herstellt, um die Masse *B* als Gleitdecke in Bewegung zu versetzen und auf die tiefer liegende Masse *A* anzuladen.

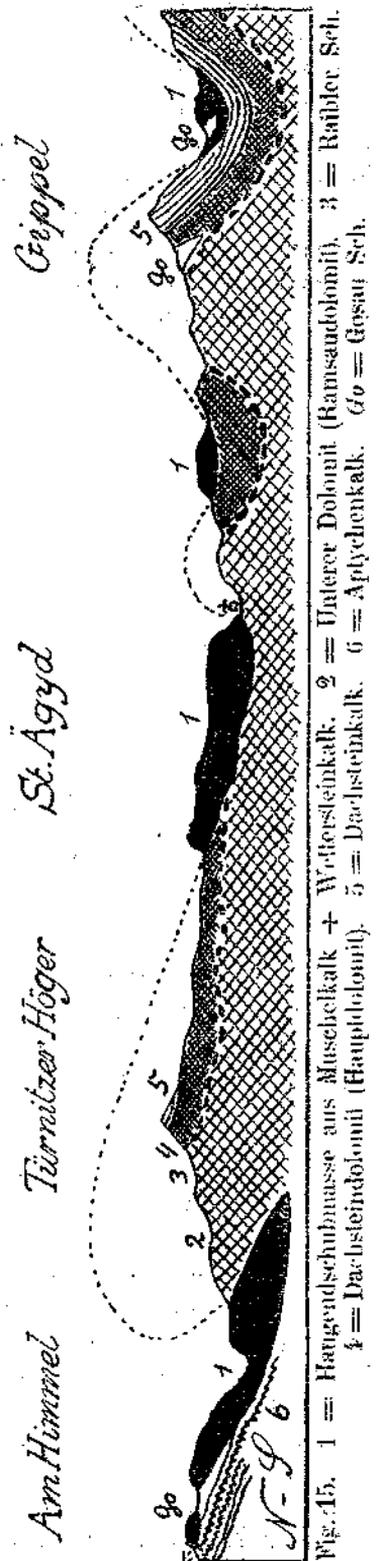


Fig. 15. 1 = Hangendschubmasse aus Muschelkalk + Wettersteinkalk, 2 = Unterer Dolomit (Ramsau Dolomit), 3 = Ralber Sch., 4 = Dachsteindolomit (Hauptdolomit), 5 = Dachsteinkalk, 6 = Aptychenkalk, 60 = Gosau Sch.

Die mechanische Möglichkeit einer solchen Ableitung ist wohl nicht zu bezweifeln, doch reicht diese Erklärung nicht hin, die Forderungen der Beobachtungen ganz zu befriedigen.

Wenn man als heimatliche Unterlage der nordalpinen Trias-Jura-Kreidemassen die Grauwackenzone nimmt, so würde eine solche Erklärung eine große ehemalige Breite dieser Zone voraussetzen, so daß ihre heutige Schmalheit noch eigens zu deuten bleibt.

Für unsere Schubmasse *B* sind wir genötigt, eine erhebliche Anfangsbreite einzusetzen die durch eine Abgleitung wahrscheinlich nicht einmal wesentlich verändert würde.

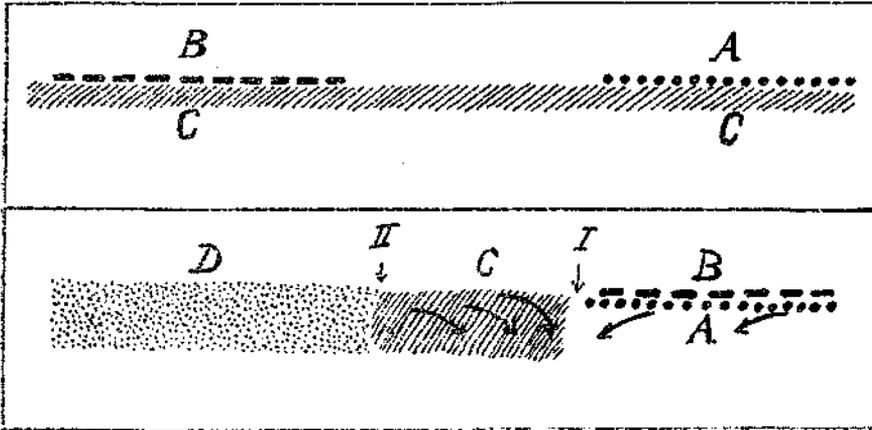


Fig. 16. Das obere Schema stellt die einfachste Ausgangsgruppierung der Massenordnungen *A*, *B* und *C* vor. Nach Vollzug der Bewegungen liegt die Umgruppierung des unteren Schemas vor. *A* = nördlichere kalkalpine Massen. *B* = südlichere kalkalpine Massen. *C* = Grauwackensockel. *D* = Kristallin. *I* = Verschluckungszone. *II* = Hebungszone.

Es stehen bei einem solchen Vorgang den Erscheinungen von Zusammenstauungen, Faltungen, anderseits wieder Auflockerungen und Zerteilungen gegenüber, welche sich gegenseitig so ziemlich in ihrer Wirkung aufheben können.

Läßt man die Schubmasse *B* also von einem Grauwackensockel abgleiten, so muß dieser wohl oder übel noch breiter als unsere Schubmasse gewesen sein.

Eine solche Breite ist heute bei weitem nicht mehr vorhanden, ja im Westen verschwindet die Grauwackenzone bekanntlich fast ganz und es stößt Kristallin und Kalkalpin hart aneinander.

Dabei würde die relativ viel höhere Lage, welche die Grauwackenzone gegenüber den Kalkalpen heute inne hat, mit der Grundvorstellung einer Abgleitung gut zusammenpassen.

Bei genauerem Zusehen stellen sich jedoch dieser einfachsten Ableitung verschiedene Schwierigkeiten in den Weg.

Für die Kalkalpen ist die schon oft erwähnte Verbiegung und Überschiebung das erste große tektonische Erlebnis.

Zur Zeit der Abgleitung können wohl auch für den Grauwackensockel außer solchen einfachen Verbiegungen nur noch prätriasische Verfaltungen in Betracht kommen.

Heute stellt die Grauwackenzone, als Ganzes besehen, ein Gebiet von intensiver Durchbewegung vor, das in bezug auf Unregelmäßigkeiten im Streichen und Falten, Schwankungen der Zusammensetzung und Existenzbreite, Schichtwiederholungen, Ausquetschungen . . . den Nachbarstreifen der Kalkalpen bei weitem übertrifft.

Hier darf man sich keiner Täuschung hingeben, wenn auch die weichen, einförmigen Erosionsformen des Schiefergebirges gegenüber den unregelmäßigen, zerrissenen Kalkfelsen eine scheinbare Einfachheit vorspiegeln.

Der Aufbau der Kalkalpen ist von einem Ende zum andern viel ebenmäßiger als jener der Grauwackenzone.

Dies würde noch weit deutlicher in die Augen fallen, wenn jene breiten, ostwestlichen Auf- und Abbiegungen nicht wären, welche die einst gleichmäßig ausgebreitete Hangendecke weithin der Zerstörung überliefert haben.

Dazu tritt uns im Bereiche der Grauwackenzone bereits die „Tektonitbildung“ in einem Umfang und einer Intensität entgegen, welche den Kalkalpen hin und hin fremd bleibt.

Wenn man also auch für die Abgleitung der Schubmasse *B* mit einer einfachen Hebung der Grauwackenzone *C* das mechanische Auslangen finden könnte, so versagt diese Mechanik vollständig für eine Erklärung der gewaltigen regionalen Durchbewegung der Grauwackenzone. Diese Erscheinungen aber etwa ganz auf die Rechnung von paläozoischer Gebirgsbildung zu schieben, wird wohl keinem modernen Kenner der Verhältnisse gefallen.

Sie sind und bleiben in einer anderen tektonischen Atmosphäre eine der kalkalpinen Tektonik im wesentlichen gleichzeitige und zugeordnete Erscheinung.

Damit steht man aber auch unmittelbar vor der Notwendigkeit, das teilweise oder völlige Verschwinden des Grauwackensockels zu erklären. Ich habe bereits in den Verhandlungen 1920, von ganz anderen Überlegungen ausgehend, die hier vornehmlich in Betracht kommenden Bewegungsformeln zu einer schematischen Darstellung gebracht, an die ich hier unmittelbar anschließen kann.

Wenn also die Schubmasse *B* auf *A* geschoben wird und dies nicht als eine reine Abgleitung von *C* aufzufassen ist, so muß auch mit *C* eine Veränderung vorgenommen werden, welche der neuen Raumordnung genügt.

Dies ist nur möglich, wenn ein entsprechend breiter Streifen der Grauwackenzone in die Tiefe gezogen wurde.

Es ist nun die Frage, ob die tatsächlich vorhandenen Strukturen der Grauwackenzone einen solchen Schuß unterstützen oder zur Unmöglichkeit verurteilen.

Die intensive Durchbewegung samt allen ihren Begleiterscheinungen ist bei einer solchen Einrollung und Überfaltung unter einem Druck einer mindestens 3000 Meter mächtigen Schubmasse ohne weiteres verständlich.

Ebenso bieten die gewaltigen Abschrägungen bis zum vollständigen Verschwinden der ganzen Zone nicht die geringste Schwierigkeit.

Entlang der „Verschluckungs- oder Einsaugungszone“ ist theoretisch das Auftreten einer Mischungszone aus Trümmern und Fetzen der Triasschubmassen und der paläozoischen Gesteine zu erwarten.

Auch diese Forderung ist weitgehend erfüllt und an zahlreichen Stellen an der Grenze von Grauwackenzone und Kalkalpen deutlich zu verfolgen.

Ich erinnere hier nur zum Beispiel an das prachtvolle „Mischungs- und Mylonitisierungsprofil“ der Semmeringzone.

Man kann hier aber noch einen guten Schritt vorwärts machen und einer solchen Einsaugungszone von vornherein die Funktion einer „Erzförderzone“ zusprechen.

Entlang einer Zone von so ausgedehnten Teufenbewegungen sind Aufreißungen und Drucklüftungen bis in große Tiefen hinab eine sehr wahrscheinliche Begleiterscheinung.

Solche Zerreißen werden nun unter dafür günstigen Umständen, wenn nicht gerade dem Magma, so doch hochgespannten Gasen und Flüssigkeiten einen Weg zur Oberfläche eröffnen, der sonst innerhalb eines Gebietes von mehrfach übereinander liegenden Schubmassen schwer verschlossen erscheint.

Mit dem Aufsteigen von entspannten heißen Gasen und Lösungen ist aber auch die Möglichkeit einer Erzförderung aus der Tiefe gegeben.

Auch diese theoretische Forderung ist entlang der Grenzzone von Grauwacken-Kalkalpen in der schönsten Weise verwirklicht.

Ich werde in einer anderen Arbeit ausführlicher auf diese Erscheinungen eingehen, als es im Rahmen dieser Übersicht gestattet ist.

Mit der Aufstellung dieser Wahrscheinlichkeitsbeziehung, welche nicht nur eine ziemlich genaue zeitliche Einordnung der Vererzungen, sondern auch eine tiefere Einsicht in den Bau solcher erzführenden Zonen überhaupt eröffnet, soll keineswegs etwa das Vorhandensein älterer oder auch jüngerer Erzlagerstätten, die davon unabhängig sind, irgendwie bezweifelt werden.

Immerhin aber bietet dieser zunächst rein geometrisch erschlossene Zusammenhang eine ganze Reihe von Anwendungsmöglichkeiten und Vereinfachungen für das Verständnis der alpinen Mechanik.

Die durch aufsteigende Gase und Lösungen herbeigeführten Vererzungen werden rein mechanisch zunächst den eingesenkten und mitgerissenen paläozoischen Schiefen und Kalken zugeleitet werden.

Es werden aber daneben auch die klüftigen Kalke der Trias, wenn sie in eine geeignete Lage zu dieser Förderzone geraten, ihren Anteil davon erhalten.

Auch hier ist von vornherein eine Vererzung der unteren Trias weit wahrscheinlicher als eine solche der hangenden Obertrias- oder gar der Jurakalke.

Es ist weiter recht wahrscheinlich, daß unsere Schubmasse *B*, welche diese Einsaugungs- und Vererzungszone zu überschreiten hat, bei diesem Vorgang eine Vererzung ihrer Liegendmassen erfährt und nun diese vererzten Massen weiter nach N verschleppt.

Eine solche Verschleppung der Vererzung scheint mir zum Beispiel bei den Blei-Zinklagerstätten im Wettersteinkalk der Inntaldecke und bei den Eisenerzen im Muschelkalk der Krabachjochdecke vorzuliegen.

Erweist sich dieser Zusammenhang als begründet, so würde das eine wichtige Zerteilung der nordalpinen Schubmassen in solche, welche diese Vererzungszone überschritten, und in solche, welche immer nördlich derselben gelegen waren, ermöglichen.

Dabei darf man allerdings nicht übersehen, daß diese Vererzungszone wahrscheinlich ein Streifen von sehr wechselnder Breite sein wird und auf lange Strecken auch keine namhaftere Erzförderung besaß.

Das trägt in die Scheidung zwischen vererzten und unvererzten Schubmassen eine gewisse Unsicherheit hinein.

Immerhin soll aber dieser Fragestellung bei der Weiterforschung auf diesem Gebiete Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Für die Einsaugungshypothese als „Aufräumungsproblem“ bedeutet die Ausstattung solcher Zonen mit dem „Metallinventar“ größerer Erdtiefen eine wichtige geologische Bestätigung.

Ob nun die von S her über die Verschluckungszone vorgetriebenen Schubmassen dabei mit Erzen geadelt wurden oder nicht, sie haben jedenfalls einen viel weiteren Weg, eine eigene Mechanik und eine andere Herkunft als die immer nordwärts von dieser Zone gelegenen Triasmassen.

Dabei ist es gewiß recht wahrscheinlich, daß zum Beispiel die Zone B von Figur 16 nur eine südliche Fortsetzung der Zone A vorstellt und nicht etwa einem ganz anderen Ablagerungsbereiche angehörte.

So sind wir nun zu einer wichtigen Trennung der nordalpinen Schubmassen in solche, welche die Verschluckungszone überschritten haben, und in solche, welche von jeher nordwärts von derselben ihren Stammsitz hatten, gekommen.

Dabei wird es sich bei beiden Gruppen voraussichtlich nicht um je eine, sondern wohl um mehrere, sich gegenseitig ablösende Massen handeln.

Diese Trennung der kalkalpinen Schubkörper gilt in der eben vorgeführten Weise zunächst nur für die prägosauischen Überschiebungen.

Für die postgosauischen Überschiebungen sind weitere Untersuchungen und Überlegungen einzuschalten. Es kann diese erneute Belegung der großen Massenbewegungen wieder nach dem gleichen oder nach einem anderen Bauplan zur Ausführung gelangen. Soweit ich derzeit die Verhältnisse zu überschauen vermag, scheint es nirgends mehr zu einer Fernzulieferung neuer Massen von S her gekommen zu sein.

Auch für ein Neuaufleben der Verschluckungszone sind keine Anzeichen vorhanden.

Wohl aber ist es an vielen Stellen zu Verschiebungen teils an schon einmal benutzten, teils an neugeschaffenen Schubbahnen gekommen.

Man kann mit einem gewissen Vorbehalt die ersten Großüberschiebungen als eine Fernzulieferung von Massen mit Hilfe einer Verschluckungszone, die zweiten Überschiebungen dagegen als eine intensive

und tiefergreifende Neuumschauung der alten Massen ohne Zuführen von S her bezeichnen.

Sofern diese Beurteilung der tektonischen Verhältnisse das Richtige trifft, bleibt die früher vorgeschlagene genetische Zerlegung der nordalpinen Schubmassen auch bei den weiteren jüngeren Verschiebungen in ihrem Wesen bestehen.

Wie sehr übrigens schon die ersten Einkerbungen des prägosauischen Reliefs für alle späteren tektonischen Gestaltungen mitbestimmend blieben, geht deutlich aus einer Betrachtung der heutigen Verteilung der Gosauablagerungen hervor.

Ein sehr großer Teil derselben enthüllt bei genauerem Einblick folgende geotektonische Geschichte. Wir haben eine uralte Einkerbung gegeben. In diese wird als Feilgut der ersten Großüberschiebung eine Masse von Werfener Schichten — Haselgebirge, allerlei Triassplittern, hineingestaut.

Aus der „Ausschneidelandschaft“ wird so gleichsam eine tektonische „Einlegelandschaft“ gemacht, wobei die Kerben in den bleichen Triaskalken mit den bunten Massen der Werfener Schichten angefüllt werden.

Es entsteht eine erste nordalpine prächtige „Intarsiaarbeit“. Im Verlauf einer weiteren langen Erosion werden die weichen Einlegemassen wieder vielfach zwischen den harten Kalkmassen herausgeschält und so kann sich endlich das Gosau Meer weithin in denselben uralten Räumen ausbreiten und sie neuerdings mit einer noch bunteren, diesmal aber sedimentären Einlegearbeit verzieren.

Die neuerlich einsetzenden tektonischen Umformungen tragen zwar keine neuen Schubmassen mehr von S herbei, wohl aber führen sie zu gewaltigen Pressungen, in deren Wirksamkeit vielerorts die Ränder starrer Massen über die weichen Muldenfüllungen hereingeschoben werden.

Diese Geschichte gibt uns auch eine Erklärung, einerseits für das schon oft beschriebene merkwürdige Zusammenfallen der Verbreitung von Werfener Schichten—Haselgebirge—Hallstätter Klippen mit Gosauschichten, anderseits für das hier vorhandene Doppelspiel großer und innerlich verschiedener Schubmechanik. Das Eingreifen der zahlreichen nachgosauischen Bewegungen ist wohl auch die Ursache gewesen, daß diese ersten Großüberschiebungen trotz ihrer gewaltigen Dimensionen so lange nicht erkannt worden sind.

Kehren wir noch einmal zu dem Schema Fig. 16 zurück.

Durch rein geometrische Überlegungen sind wir dazugekommen, mit der Überschiebung von B auf A eine Überrollung und teilweise Verschluckung von C zu verbinden.

Der Verschluckungszone konnte mit Wahrscheinlichkeitsrecht der Charakter einer Erzförderzone zugesprochen werden. Die Schubmasse B dürfte in großer Breite die Grundmasse A überdeckt haben, wobei vorerst noch freizubehalten bleibt, ob die Masse A zu dieser Zeit mit ihrem Sockel noch zuständig verbunden oder bereits selbst zur Schubmasse geworden war.

Die Auflagerungen der Schubmasse *B* sind uns heute einerseits als Ausstopfungen von alten Kerben, anderseits als Fremdkörper in tiefen Mulden oder in Einfaltungen noch erhalten.

Durch die Erosion wurde natürlich diese Hangendecke in erster Linie betroffen und zerstückelt.

Diese oft weit und breit völlig isolierten Reste dieser alten Hangendecke sind dann bei den späteren Schub- und Fallbewegungen oft in Lagen gebracht worden, in denen man heute ihre ehemalige Freizügigkeit nur schwer mehr zu erkennen vermag. Wie ich schon im Jahrbuch 1922 bei der Beschreibung des Unterinntaler Tertiärs erwähnt habe, bilden z. B. die Schubmassen der Vilsener Alpen ein solches randliches Stück der ehemals viel breiteren „Inntaldecke“, das heute in völliger Abgetrenntheit und mit reicher Eigentektonik am Nordrand der Alpen liegt.

Dieses Beispiel steht aber nicht allein, sondern hat entlang des Nordsaumes der Ostalpen zahlreiche ebenbürtige Geschwister, deren alter Bewegungsadel heute oft tief verborgen ruht.

Einzelne solche abgelöste Schollen dieser alten Schubmassen sind aber nicht nur nach der Gosauzeit, sondern auch noch nach dem Alttertiär verschoben worden, so daß man an ihnen unter Umständen ganz jugendliche Schubränder entdeckt.

Dies ist z. B. sehr schön an der „Kaisergebirgsdecke“ zu sehen, die noch einige Kilometer über die Angerbergschichten vorgeschoben wurde.

Theoretisch wäre hier ja sogar der Fall möglich, daß eine alte Schubmasse, die zuerst vielleicht auf Unterkreide geschoben wurde, allmählich ganz davon weg auf Gosauschichten und endlich ganz auf Tertiär verladen wurde.

So sehr vielleicht eine solche zweimalige scheinbare Verjüngung einer Schubmasse als Unwahrscheinlichkeit gelten mag, so häufig dürfte der Fall einer einmaligen Verjüngung verwirklicht sein.

Als Umkehrung dieser Erscheinung wäre der Fall zu bezeichnen, wenn eine junggebildete Schubmasse auf ältere Sockelschichten aufgeschoben wird, wenn also z. B. eine in der Tertiärzeit bewegte Schubmasse so auf Unterkreide gebettet würde, daß der Eindruck einer viel älteren Überschiebung erweckt würde.

Dies wäre eine scheinbare Veraltung der Überschiebung. Endlich muß hier der Vollständigkeit wegen noch der Fall erwähnt werden, daß eine Schubmasse auf eine ganz gleichartige, liegende Gesteinsmasse so aufgeladen wird, daß die Anzeichen einer Überschiebung nicht mehr lesbar sind. Auch mit dieser Möglichkeit ist bei der Reichhaltigkeit der alpinen Komplikationen zu rechnen.

Jedenfalls ist nach diesen Überlegungen bei einer Altersbewertung der Überschiebungen die Gefahr einer „Zujungschätzung“ ziemlich naheliegend, während jene einer „Zualtschätzung“ weit unwahrscheinlicher bleibt.

Wenn man das angegebene genetische Prinzip für eine Scheidung der nordalpinen Schubmassen verwenden will, so stößt man auch heute

noch in einzelnen Gebieten mangels genügend genauer Feldaufnahmen auf Unsicherheiten.

In groben Umrissen ist jedoch eine solche Scheidung unschwer durchzuführen.

Überblicken wir die Nordalpen von W gegen O, so begegnen uns etwa folgende Massen, welche die Verschluckungszone überschritten haben dürften: Krabachjochdecke, Inntaldecke, Kaisergebirgsdecke, im N dazugehörig Vilser Decken, Benediktenwand, Wendelstein, Kampenwand, Berchtesgadener Decke, die vorgosauischen Schubmassen im Lammergebiet, im Salzkammergut, im Bereiche des Toten Gebirges, im Becken von Windischgarsten, in den Ennstaler Alpen, im Hochschwab-, Dürrenstein-, Ötschergebiet, die Deckenreste um die Fensterreihe von Türnitz, Klein Zell bis zum Schwechater Fenster bei Baden. Auch die Schubmassen Hohe Wand—Schneeberg—Rax—Schneealpe dürften hierhergehören.

Diese Aufzählung ist wie gesagt weder erschöpfend, noch auch derzeit allgemein anerkannt.

Natürlich waren diese Massen bei weitem größer, wenn auch nicht etwa in einem Ausmaß wie dies die Phantastiker des Nappismus für die Westalpen anzugeben gewöhnt sind.

Man wird mit der Abtragung einer 2000 bis 3000 m mächtigen Gesteinsschichte über der heutigen Gipfelfur der Nordalpen wohl das Auslangen finden können.

Das ist kaum ein Zehntel der z. B. von A. Heim für die Schweiz angenommenen Abtragsmassen.

Die Reste dieser Decken haben sich entweder als Ausstopfungen in alten Kerben oder aber als größere Massen in Einsenkungszonen erhalten. Beide Erhaltungsformen sind durch eigenartigen Bau ebenso wie durch fremdartige Schichtführung ausgezeichnet.

Die letztere Eigentümlichkeit wird am auffallendsten durch das häufige gemeinsame Auftreten des salzführenden Haselgebirges und der fossilreichen Hallstätter Kalke beleuchtet.

In diesem Sinne haben die Bezeichnungen „Salzdecke“ und „Hallstätter Decke“ unbestreitbar eine gewisse Berechtigung.

Sämtliche alpinen Salzlagerstätten dürften wohl den „Ultradecken“ angehören, wenn man mit dieser Bezeichnung zunächst die Gesamtheit jener nordalpinen Schubmassen zusammenfassen will, welche von S aus dem Bereiche der Grauwackenzone abgestoßen wurden und dann die Verschluckungszone überschritten haben.

Allgemeiner könnte man als „Ultradecken“ alle jene Schubmassen bezeichnen, welche nicht in derselben „Bauzone“ beheimatet sind, sondern von einer benachbarten herbeigeführt wurden.

Sämtliche typischen Vorkommen von Hallstätter Kalken dürften ebenso Eigentum der Ultradecken sein, wenn man auch gewiß nicht übersehen darf, daß sich Anklänge der Hallstätter Entwicklung auch am Südrand unserer Grundgewölbe da und dort in voller Deutlichkeit erkennen lassen. Es ist dies, wie insbesondere F. Hahn mit Recht betont hat, ein beachtenswerter Wink, daß eben die Ultradecken nahe dem Süd-

rand der Grundgewölbe einzureihen und gewiß nicht etwa von den Südalpen abzuleiten sind.

Was nun weiter die Gemeinsamkeit des Auftretens von Haselgebirge und Hallstätter Schichten betrifft, so kann dies vielleicht eine zufällige, stratigraphische Gruppierung, möglicherweise aber auch eine mechanisch begründete Erscheinung bedeuten. Es fällt z. B. gleich auf, daß die Massen des Haselgebirges wohl in der ganzen Schichtreihe der Nordalpen den gleitfähigsten Horizont bilden. Ebenso liefert die typische Hallstätter Entwicklung mit ihrem gesteigerten Ammonitenreichtum und einer enormen Gesteinsverarmung in der ganzen Triasausbildung wohl die dünnsten und schwächsten Bausteine. Es ist dies insbesondere gegenüber jenen riesigen Kalk- und Dolomitmassen der Fall, welche nach unseren früheren Schilderungen vorzugsweise für den Bau der oft erwähnten Südkuppel des Grundreliefs Verwendung fanden.

Die Benützung von Haselgebirge und Hallstätter Schichten für eine Glättung der Schubbahn und die Ausfüllung von darin befindlichen Kerben ist also mechanisch leicht begreiflich, doch ist dies eine Funktion, welche erst bei der Ausführung der Überschiebungen, nicht aber bei der Abgrenzung der tektonischen Bereiche zur Geltung kommen kann.

Für eine solche Abgrenzung könnte man eher die Sonderstellung der ganzen stratigraphischen Ausbildung dieser Zone, den raschen Wechsel zwischen Seicht- und Tiefwasserbildungen, etwa in dem Sinne der Abbildung eines relativ beweglichen Untergrundes heranziehen.

Ich habe nicht die Absicht, hier näher auf diese Frage einzugehen.

Mit der Beziehung der „Ultradecken“ von einem benachbarten, heute versenkten „Grauwackensockel“ ist der Bau der nördlichen Kalkalpen wieder zu einer Angelegenheit der tektonischen Verknüpfung von Nachbarzonen geworden.

Die Annahme einer Mitwirkung von Fernzonen, also hier etwa im Sinne des Nappismus von den Südalpen über die Zentralalpen herüber erscheint überflüssig und unangebracht.

Wir kommen im Gegenteil bei einem schrittweisen getreuen Anschmiegen an die Eigenarten jeder Zone vielmehr zu der Einsicht, daß die Hauptzonen der Ostalpen und wohl auch der Westalpen bis zu einem hohen Grade Gebilde eigener Baubereiche vorstellen und nicht aus einem Topf abzuleiten sind.

Der Nappismus hat das große Verdienst, die tektonische Freizügigkeit der einzelnen Zonen erkannt und geotechnisch benützbar gemacht zu haben.

In der Freude dieser Erfindung sind seine Anhänger vielfach zu weit gelaufen und haben die näherliegenden Verknüpfungen teils übersehen, teils als zu geringfügig verachtet.

Heute liegen die Irrtümer bereits klar zutage, man braucht nur z. B. in der neuen Geologie der Schweiz das Querprofil durch die Ostalpen von R. Staub zu betrachten, um das volle Ausmaß des Unwahrscheinlichen, ja Unmöglichen zu verspüren, das sich hier durch fortwährende Übertreibungen endlich ergeben mußte.

Die Ableitung der Schubmassen von ausgequetschten Falten, die Gegenüberstellung von Decken- und Wurzelland ist mechanisch verfehlt und trifft nicht das Richtige.

An ihre Stelle ist das Verhältnis von Anhäufungs- und entsprechenden Fehlzonen zu setzen, die gewöhnlich durch eine Schwelle von einander getrennt sind.

Diese Schwelle zeigt in den nördlichen Kalkalpen, wie wir beweisen konnten, bereits die Wundmale einer sehr alten Erosion.

Ob sich dies auch in der Schweiz wiederholt, wage ich aus der Ferne nicht zu entscheiden. Die Anhäufungszone enthält wenigstens um das zuviel, was umgekehrt der zugehörigen Fehlzone mangelt, und zwar eben deshalb, weil hier Massen aus dem einen Bereich in den anderen über eine Schwelle hinübergefördert wurden. Damit sind diese drei Bereiche — Anhäufungszone — Schwelle — Fehlzone — aber noch lange nicht in ihrer mechanischen Charakteristik erschöpft.

Die Anhäufungszone kann auch eine gesteigerte Verfaltung oder Verschuppung von heimatlichen Massen besitzen, die Schwelle kann außer der Überschreitungsstruktur noch davon unabhängige ältere und jüngere Strukturen aufweisen und die Fehlzone hat endlich nicht nur oberflächlich Massen abgestoßen, sondern sie ist von einer intensiven Überfaltungs- und Walzungsstruktur durchdrungen und hat wesentliche Bestandteile in die Verschluckungszone versenkt.

Es ist wohl vorstellbar, daß mit dieser gleichsam „eingeleisigen“ Mechanik eine volle Gebirgszone hergestellt werden kann.

In den Alpen ist dies jedoch nicht der Fall, denn diese sind sowohl in den Ost- wie auch in den Westalpen „zweigeleisig“ ausgebaut.

Es wiederholt sich in gewissem Sinne der Bauplan der Nordalpen in den Südalpen.

So gut wie an der Grenze der nördlichen Kalkalpen und der nördlichen Grauwackenzone eine Verschluckungszone sich einschaltet, ist dies auch zwischen der südlichen Grauwackenzone und den südlichen Kalkalpen der Fall.

Es liegt mir ferne, hier etwa eine spiegelbildliche Ähnlichkeit anzunehmen. Vielmehr kann es sich nur um eine Ähnlichkeit in den tieferen Baubedingungen handeln, deren Detailausführung unter Umständen eine recht verschiedene sein kann.

Die südalpine Verschluckungszone ist in der geologischen Literatur schon seit geraumer Zeit als eine wichtige Fuge des Alpenbaues bekannt.

E. Suess hat längs derselben die Grenze zwischen Alpen und Dinariden gezogen und für L. Kober bedeutet diese „Narbe“ das harte Aneinanderstoßen eines nord- und eines südbewegten Faltenstranges, die sonst im allgemeinen durch ein sogenanntes „Zwischengebirge“ voneinander getrennt sind.

Wenn ich die Ausführungen von L. Kober, wie er sie insbesondere in seinem Buche „Bau der Erde“ ganz allgemein als Erklärung der

Mechanik der irdischen Gebirgsbildung verwendet hat, recht verstehe, so benützt er hiezu die Konstruktion Figur 17.

Will man diese Konstruktion auf ihre Möglichkeit, das heißt auf ihre Bewegungsfreiheit prüfen, so kann man dies dadurch erreichen, daß man dieselbe im Geiste gleichsam eine kleine Vorwärts- oder Rückwärtsbewegung ausführen läßt.

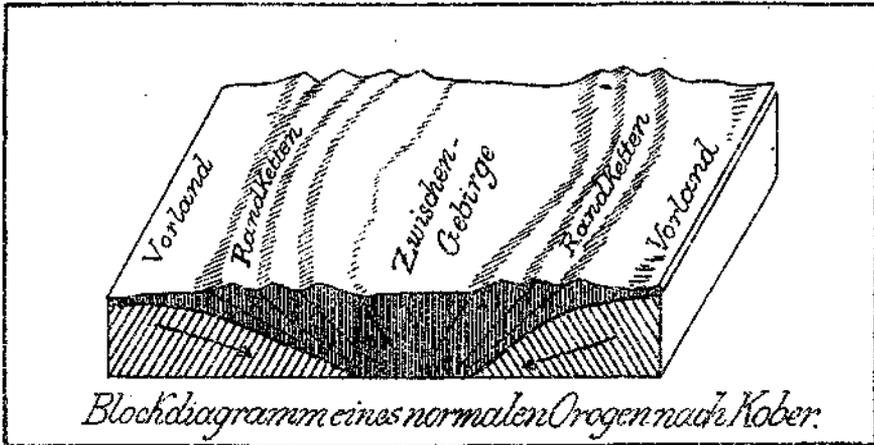


Fig. 17.

Machen wir das mit der vorliegenden Konstruktion, so ergibt sich das Bild von Figur 18.

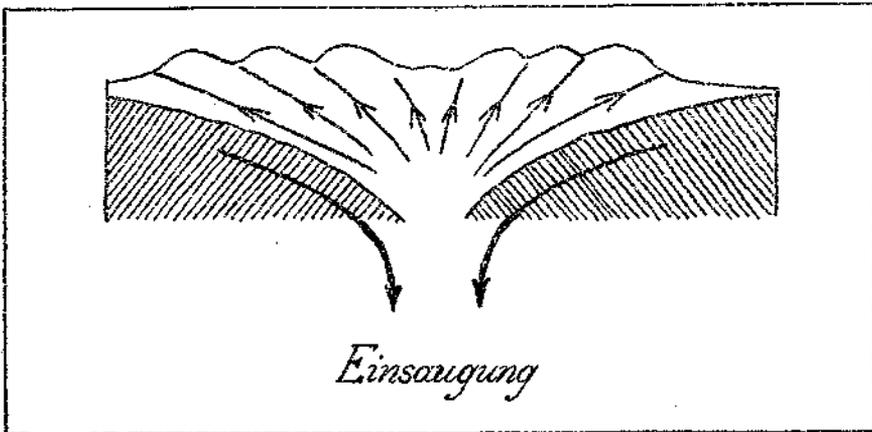


Fig. 18.

Das heißt, in Worte übertragen, die beiden Widerlager können nur gegeneinander im Sinne dieser Konstruktion vorrücken, wenn zwischen und unter ihnen die entgegenstehenden Massen lokal entsprechend entfernt werden. Das ist wieder mit anderen Worten genau dasselbe, was ich bereits im Jahre 1911 in voller Deutlichkeit im Alpenquerschnitt als die geometrische Forderung einer „Verschluckungszone“ zuerst ausgesprochen und definiert habe.

Natürlich wird die ganze Ableitung ausführlich ohne die leiseste Erwähnung der Verschluckungshypothese mit den Geberden einer Entdeckung vorgetragen.

Es könnte dies ein begründeter Anlaß zum Ärger sein, wenn nicht gleichzeitig die Komik der ganzen Situation darüber weghelfen würde.

Kober bekennt sich in engem Anschluß an E. Suess und A. Heim als eifrigen Anhänger der Kontraktionslehre und bemerkt dabei nicht, daß er mit seiner eigenen Gebirgsbildungshypothese gerade das Gegenteil davon beweist.

Die Kontraktionslehre geht davon aus, daß die bereits abgekühlte Erdhaut im weiteren Verlauf des Wärmeverlustes ihr Volumen nur mehr unmerklich verändere, während bei den viel wärmeren tieferen Schichten noch eine stärkere Schrumpfung stattfindet.

Die Folge dieser ungleichen Volumänderung soll nun sein, daß allmählich die Erdhaut gleichsam zu groß für den Erdkern wird und nun unter gewaltiger Zusammenpressung von Zeit zu Zeit sich dem schwindenden Kern anpaßt.

Festzuhalten bleibt hier auf alle Fälle, daß für die Kontraktionslehre der Betrag der Schrumpfung eines Meridians eine Summe aus unendlich vielen kleinsten Beiträgen des ganzen Erdumfangs vorstellt, welche für jeden beliebigen Meridian ungefähr dieselbe bleiben muß.

Infolgedessen kann die Stelle für die Aufwerfung einer Faltung nur durch eine lokale schwächere Stelle des betreffenden Erdhautringes bestimmt werden. Das ist zum Beispiel auch die Meinung von A. Heim, der sich darüber vielleicht am klarsten geäußert hat.

Verfolgt man nun aber mit Hilfe dieser Grundannahmen, die tatsächlich auf der Erde vorhandenen Faltungsstreifen, so zeigen dieselben sowohl nach ihrer Größenordnung als auch nach ihrem inneren Gefüge Bewegungsbilder, die damit nicht vereinbar sind.

Ich habe im Jahre 1906 diese Verhältnisse ausführlich dargestellt und mich seitdem von dieser Form der Kontraktionslehre abgewendet.

Meine Stellungnahme war weiterhin von der Erkenntnis geleitet, daß die Gebirge nicht an Stellen entstanden sind, wo sich zufällig Schwächungen der Erdhaut befanden, sondern, daß dieselben Abbildungen von tiefer liegenden Bewegungsvorgängen des Erdinnern bedeuten.

Wer nun die Konstruktionen Kobers betrachtet und auf ihren Sinn eingeht, wird zugestehen müssen, daß sich Kober damit auf meine Seite gestellt hat und eine Ableitung gibt, die nur verstanden werden kann als eine Abbildung von unter der Gebirgszone liegenden, lokal gesteigerten Massenbewegungen.

Über die Art dieser Bewegungen habe ich die Möglichkeiten zunächst offen gelassen.

Dies ist sehr wesentlich, weil mit der Annahme, daß die Gebirgsbildung eine Abbildung von tiefer liegenden Bewegungen vorstelle, noch keineswegs eine Ablehnung der Erdkontraktion ausgesprochen ist.

Im Gegenteil kann ja doch die im Jahre 1911 veröffentlichte Hypothese der „Verschluckungszonen“ auch eine Form der Erdkontraktion bedeuten, nur ist an die Stelle einer gleichmäßigen Kontraktion eine zonenförmig ungleichmäßige und lebhaft gesteigerte gesetzt.

Dabei ist allerdings auch mit der Möglichkeit zu rechnen, daß lokale Einschrumpfungen durch lokale Ausdehnungen wieder ausgeglichen werden können oder daß es sich überhaupt nur um Strömungen handelt.

Die Eigenart des Kober'schen Bewegungsbildes der Erdoberfläche kommt nun aber erst durch die Verbindung dieser oben besprochenen Konstruktion mit der Kombination seiner „orogenen Ringe“, welche die sogenannten „starrten Massen“ umgürten, zustande.

Sieht man hier von einer Menge neuer Namen ab, so hat man wieder nackt das Problem von „Scholle und Faltenring“ vor sich, das ich ebenfalls schon 1906 in seiner Bedeutung und mit seinen Raumbeziehungen untersucht und beschrieben habe.

Hier stehen wir bei Kober vor zahlreichen mechanischen Unrichtigkeiten und Unmöglichkeiten, welche ich hier nicht entwirren kann.

Vielleicht wird der Autor selbst im Laufe der Zeit zu einer Verbesserung und Richtigstellung gelangen.

Kehren wir nach dieser Abschweifung wieder zu den Alpen heim.

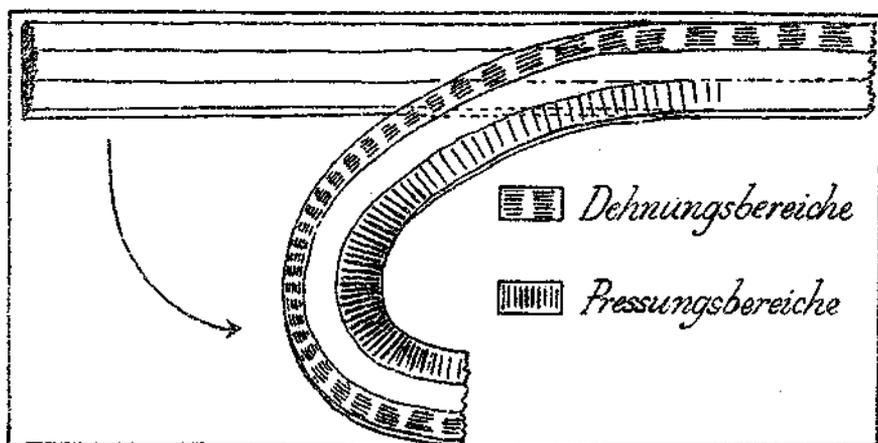


Fig. 19. Vergleiche dazu die Abbildung eines verbogenen homogenen Streifens nach B. Sander. Verhandlungen 1909, Seite 359.

Wir haben der Annahme des Nappismus von einer einheitlichen Überfaltung der Alpen, also einer Ableitung der Nordalpen aus einer südalpiner Pressungswurzel, die Annahme gegenübergestellt, daß alle Zonen der Ostalpen eine relative Selbständigkeit und Eigenart ihres Aufbaues besitzen und daß hauptsächlich Nachbarzonen wechselweise miteinander in Verknüpfung stehen.

Es wären dies von N nach S die Gruppen: (Nördliche Kalkalpen — nördliche Grauwackenzone) — (Nördliche — zentrale — südliche Grauwackenzone — zentrale Kalkalpen — Kristallin) — (Südliche Grauwacken — Paläozoikum — südliche Kalkalpen).

In der Mittelzone herrscht nicht nur die reichste Kombination, sondern auch der größte Tiefgang der Massenbewegungen. Infolgedessen treffen wir auch hier in großem Ausmaße auf jene Gesteinsstrukturen, wie sie nur bei hohem Druck und hoher Wärme zustande kommen können.

Unzweifelhaft gelangt bei dieser Erklärung wieder jene großzügige Symmetrie zu ihrem Rechte, welche die Ostalpen trotz aller Umdeutungen klar und unverwischbar besitzen.

Ich nehme, wie Fig. 19 angibt, einen dreifaserigen Gebirgstreifen von geradem Verlaufe zunächst als naturgegeben an und untersuche

nun, welche Formen etwa bei einer Verbiegung dieses Streifens in der Kugelfläche der Erde entstehen. Da die Krümmungen dieser Fläche für die hier betrachteten Dimensionen noch ziemlich bescheiden sind, so kann man sich bei entsprechender Vorsicht auch der Projektionen auf einer Ebene bedienen.

Denkt man sich diesen Streifen z. B. an einem Ende festgehalten und am anderen so verschoben, daß sich eine kräftige Verbiegung ergibt, so wird bekanntlich die Mittelfaser in ihrer Länge ziemlich unverändert bleiben, während die Außenfaser stark verlängert, die Innenfaser stark verkürzt wird.

In einem derartig verbogenen Gebirgsstrang hätten wir also von Außen nach Innen eine Zone von starker Streckung, eine ziemlich unveränderte Mittelzone und endlich eine Zone von Pressung und Quersfaltung zu erwarten (Fig. 19). Es liegt auf der Hand, daß in den Alpen nirgends eine solche Anordnung der Zonenstrukturen verwirklicht ist.

Da aber die Verbiegung des Alpenstranges eine sehr lebhafte ist, so müßten diese Strukturunterschiede zwischen Innen- und Außenfaser ja außerordentlich deutlich entwickelt sein. Sie sind bestimmt nicht vorhanden.

Also hat entweder überhaupt keine Verbiegung stattgefunden und die Alpen waren von Geburt aus krumm oder es hat sich die Verbiegung unter ganz anderen Bedingungen vollzogen. Eine solche Möglichkeit ist vorhanden, wenn z. B. die einzelnen Fasern jede die Biegung für sich und ziemlich unabhängig von der Nachbarfaser ausführen kann.

Dies ist nur zu erreichen, wenn an der Grenze der einzelnen Fasern gegeneinander weitgehende Verschiebungsmöglichkeiten gestattet sind.

Es findet dann keine einheitliche Verbiegung der ganzen Zone, wohl aber eine solche der einzelnen Fasern statt, wobei dieselben gleichsam aneinander vorbeigleiten.

Es ist für ein derartiges Verbiegungsgebilde vielleicht der Vergleich mit einer dicht von Eisschollen bedeckten Flußschlinge, also mit einer ungleichen Strömung, näherliegend als der mit einer Falte mit vertikaler Achse.

Um nun aber so mächtige Verbiegungen auf diese Weise erklären zu können, ist man gezwungen, sehr bedeutende gegenseitige Verschiebungen an den Fasergrenzen in die Rechnung einzusetzen. Ein Überblick über die mediterranen Gebirgsschlingen nach L. Kober — Bau der Erde — Fig. 20 — zeigt uns sofort die riesigen Dimensionen und die weitausgreifenden Folgen einer solchen mechanischen Auslegung der Schlingenbildung. Daher ist vermehrte Vorsicht bei diesen Überlegungen am Platze.

Zur Prüfung dieser Hypothese stehen uns verschiedene Wege offen, von denen wir einige nun begehen wollen.

Wenn es sich bei dieser Schlingenbildung im wesentlichen um ein ungleiches Nebeneinanderverschieben von Nachbarzonen handelt, so müssen die einzelnen Fasern auch nach der Verschiebung noch so ziemlich dieselbe Gesamtlänge wie vorher innehaben. Eine flüchtige Aus-

messung ergibt hier zwischen der ausgestreckten Länge von Bel. Kordillere—Pyrenäen—Alpen—Karpathen—Balkan—Kaukasus und jener vom Atlas—Apennin—Dinariden—Helleniden—Taurus—Iraniden einen Unterschied von zirka 4 Prozent.

Das kann vielleicht nur ein Unterschied sein, der ganz innerhalb der hier vorhandenen Fehlergrenze liegt.

Ich folge bei dieser Überiegung dem Vorbild von L. Kober, welcher nach meinem Dafürhalten hier zum erstenmal eine richtige Verbindung der einzelnen Gebirgszüge zu einem einheitlichen mediterranen Schlingenbild entworfen hat. Jedenfalls führt die ausgestreckte Länge der beiden Gebirgsfasern zu einem auffallend ähnlichen Wert, was man in gewissem Sinne als eine erste Bestätigung für eine zutreffende mechanische Deutung nehmen kann.

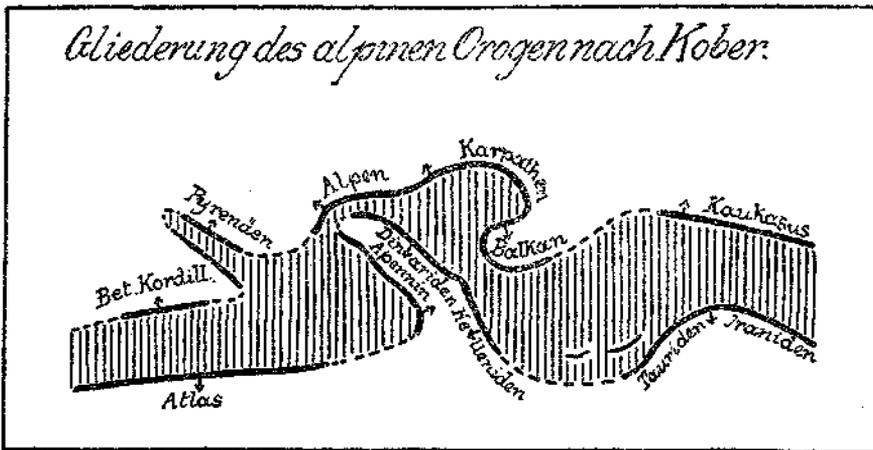


Fig. 20.

Zuviel Gewicht möchte ich aber auf diesen Beweis nicht legen, weil schließlich die Verbindungen der einzelnen Bogenstücke nur hypothetisch ergänzt und große Strecken auch heute noch sehr unvollkommen bekannt sind.

Eine andere mechanische Forderung unserer Ableitung besteht dann in der Häufigkeit von Verschiebungen parallel zum Gebirgsstreifen und von quer dazu aufgeworfenen Faltungen.

Diese Forderung ist wenigstens in den Alpen weitgehend erfüllt und ihre Bedeutung tritt bei jeder genaueren Neuaufnahme Schritt für Schritt ständig klarer hervor.

Etwas Ähnliches ist auch in den anderen Bogenstücken ziemlich wahrscheinlich.

Bevor wir nun weiterschreiten, ist es von Vorteil, neben der Zerlegung eines Gebirgsstranges in mehrere Fasern auch noch das Bild von mehreren zueinander annähernd parallelen Gebirgssträngen zu berücksichtigen, welche durch ungefaltete Streifen oder Streifen anderer Bauart voneinander getrennt sind.

Der Einfachheit halber bediene ich mich nur eines „doppelgeleisigen“ Faltenstranges (Fig. 21). Versucht man nun, ein solches Gebilde in der Ebene seiner Hauptausdehnung zu verbiegen, so gelingt das nur, wenn nicht nur die gefalteten, sondern auch die ungefalteten Teile entsprechende, zusammenpassende Bewegungen ausführen.

Die Bedingungen dafür sind allerdings sehr verschiedene. Während die gefalteten Schichtstreifen der Faltenstränge gerade in dieser Ebene unschwer verbogen werden können, ist dies z. B. bei horizontal liegenden Schichten, die hier als „Versteifungen“ wirken, in derselben Weise unmöglich.

Das System ist also, falls die Zwischenstreifen nicht nachgiebig sind, unverbiegbar.

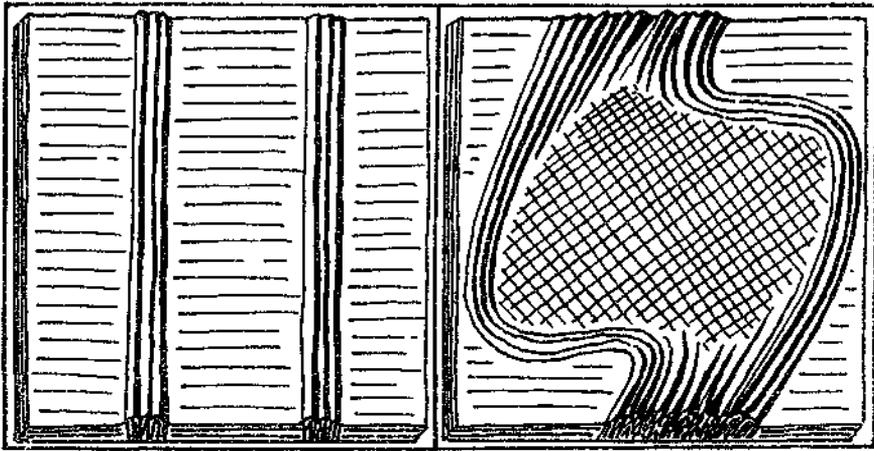


Fig. 21. Links: Ausgangsform zwei parallele Faltenstränge, welche durch ein Mittelfeld getrennt werden. — Rechts: Verbiegung dieses Systems, wobei das Mittelfeld entsprechend verengert und verbreitert wird.

Machen wir also die Annahme, daß nicht nur die Faltenstränge verbiegsam, sondern auch ihre Einfassungen entsprechend nachgiebig seien. Ist dies der Fall, so können Verbiegungen zustande kommen, wobei sich gleich zwei Arten derselben unterscheiden lassen.

Es sind dies einerseits Verbiegungen, wobei die ursprünglich ziemlich parallelen Faltenstränge auch nach der Verbiegung noch miteinander abstandsgleich verlaufen, andererseits solche, wo nach der Verbiegung die Zwischenabstände zwischen den Strängen verschiedene geworden sind.

Der erste Fall kann hier seiner Seltenheit wegen flüchtig gestreift werden. Er könnte, wie Fig. 22 zeigt, am leichtesten durch ungleiche Differentialverschiebungen senkrecht zum Streichen herbeigeführt werden. Dabei bleiben die Zwischenabstände der Stränge unverändert. Eine solche Entstehung ist im Erdbild nirgends vorhanden.

Läßt man aber die Verbiegungen durch Schub parallel der Streichrichtung entstehen, so ist eine derartige Regelmäßigkeit in der Ausführung nicht zu erreichen. Noch weniger ist dies möglich, wenn die Verbiegungen durch ungleiche Strömungen parallel zu den Strängen

herbeigeführt werden. Weit reichere Anwendungsfähigkeiten wohnen dem zweiten Fall inne.

Für diesen ist die größte Abweichung von der Regelmäßigkeit erreicht, wenn den Mulden des einen Stranges die Sättel des anderen und umgekehrt zugeordnet erscheinen (Fig. 23).

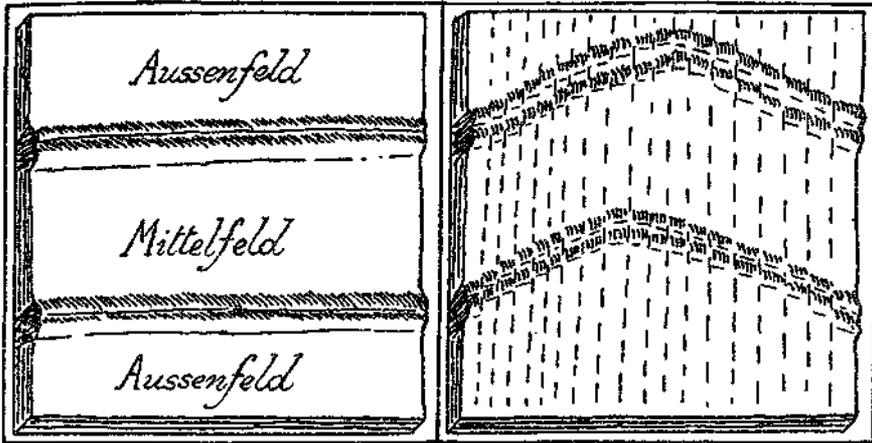


Fig. 22. Links: Ausgangsform zwei parallele Faltenstränge, welche durch ein Mittelfeld getrennt werden. — Rechts: Bogenförmige Verlagerung der Faltenstränge durch Differenzialverschiebungen.

Denkt man sich die Verbiegungen als Wellen, so würde dieser Fall bei einem Unterschied von einer halben Wellenlänge zustande kommen. Es ist wichtig, daß auch in diesem Falle die Größe der Fläche des Zwischenfeldes dieselbe geblieben und nur eine Umformung eingetreten

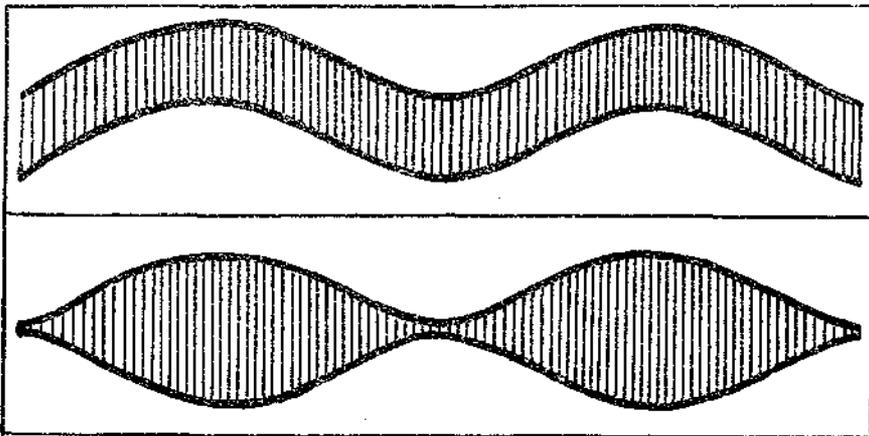


Fig. 23. Im oberen Schema ist das Mittelfeld zwischen den verbogenen Faltensträngen gleich breit, im unteren sind durch Verschiebung im Streichen Verengungen und Verbreiterungen des Mittelfeldes bei gleichem Flächeninhalt entstanden.

ist, in der Weise, daß die Verschmälerungen dieser Zone durch entsprechende Verbreiterungen wieder ausgeglichen werden.

Wie kann sich nun geologisch eine solche Umformung der Zwischenzone zu Verschmälerungen und Verbreiterungen herausbilden?

Eine geringe Verschmälerung kann schon durch Einsenken, eine stärkere durch Faltung und Überschiebung herbeigeführt werden.

Schwieriger steht es mit der Herstellung von Verbreiterungen. Die Gesteine besitzen eine sehr geringe Dehnbarkeit und antworten auf starken Zug mit Zerreißen. Diese Zerreißen entlasten die tieferen Zonen und führen zum Auftrieb des Magmas, welches die Lücken leicht auszufüllen vermag.

Mit diesem Mittel zur Verschmälerung und Verbreiterung ist unser Problem aber noch nicht erledigt, da ja das Wesentliche in einer Ausgleichung von Verlust und Gewinn innerhalb des Zwischenfeldes besteht, das heißt, es muß aus dem Gebiet der Verschmälerung Masse in das Gebiet der Verbreiterung überliefert werden. Dies ist jedoch an oder nahe der Oberfläche bei festen Gesteinen in dem hier nötigen Umfang nicht zu erreichen. Es kann nur auf dem Wege eines tiefer liegenden Massenausgleiches bewerkstelligt werden. So gelangen wir auch bei diesem Problem wieder zu der Unterströmungshypothese.

Wir sind also bereit, für die Herausbildung von solchen Verschmälerungen und Verbreiterungen zwischen weithin ziehenden, kräftig verbogenen Gebirgssträngen die Mitwirkung der Unterströmungen heranzuziehen.

Durch die ungleiche Verbiegung von ursprünglich annähernd parallelen Faltensträngen werden Bereiche von Verschmälerungen und von Verbreiterungen neu geschaffen, zwischen denen Massenausgleichungen mit Hilfe von Unterströmungen eingeleitet werden. Diese Unterströmungen müssen aus den Bereichen der Verschmälerungen gegen die Verbreiterungen zu fließen.

Sie wirken im ersteren Gebiet unterirdisch einsaugend, versenkend, im zweiten aufsteigend und auseinanderschiebend.

Betrachten wir nach diesen geometrischen Überlegungen das mediterrane Schlingengebiet, so muß man wohl zugestehen, daß die Anhäufungen von Einbrüchen, Senkungsfeldern und vulkanischen Ergüssen ungefähr an jenen Stellen liegen, welche nach den obigen Ausführungen dafür in erster Linie in Betracht kommen.

Es sind dies innerhalb des gewaltigen Bogens der Karpathen die große Einsenkung des ungarischen Beckens mit seinen reichen vulkanischen Ergüssen, innerhalb des noch mächtigeren Bogens von Atlas-Apennin die Versenkungszone des Tyrrhenischen Meeres mit ihren Vulkanen, innerhalb des Bogens von Helleniden-Tauriden die Versenkungszone des Ägäischen Meeres mit ihren Vulkanen.

Es handelt sich hier um gewaltige Auflockerungen des ganzen Gefüges bis in große Tiefen hinunter und um das Aufsteigen von glutflüssigen Massen in die durch die „Verbreiterungszonen“ geschaffenen Lücken.

Dabei hat es weiter den Anschein, als ob zu enge Schlingen der Faltenstränge, wie z. B. jene von Dinariden-Apennin schon wieder dem Aufsteigen von großen Eruptivmassen eher ungünstig und in den Raumverhältnissen dafür zu beschränkt seien.

Wie man diese Erscheinungen auch in die Hand nehmen mag, der Gedanke eines innigen Zusammenhanges zwischen den benachbarten Abschnürungen und den Ausweitungen eines ursprünglich ziemlich gleich breiten Mittelfeldes zwischen parallelen Faltensträngen erweist

sich als ein Führer zu weiten, neuen Einblicken in die Struktur der Erdoberfläche. Von diesem Standpunkte aus wird auch das Verhältnis der Ostalpen zu dem ungarischen Becken in mancher Hinsicht aufgeklärt. Fig. 24.

Die zentralen Ostalpen öffnen sich wie eine Trompete gegen das ungarische Becken, während im Norden wie im Süden ihre Außenfasern mit kräftigen Verbiegungen weiterziehen. Das erweckt nach den vorhergehenden Überlegungen den Eindruck, daß die Zentralalpen mit dem ungarischen Becken in der Verwandtschaftsbeziehung von „Verengung-Verbreiterung“ stehen.

Das heißt mit anderen Worten, daß die Zentralalpen ein stark zusammengepreßtes Stück eines alten Mittelfeldes, das ungarische Becken dagegen ein stark erweitertes Stück derselben Zone vorstellen.

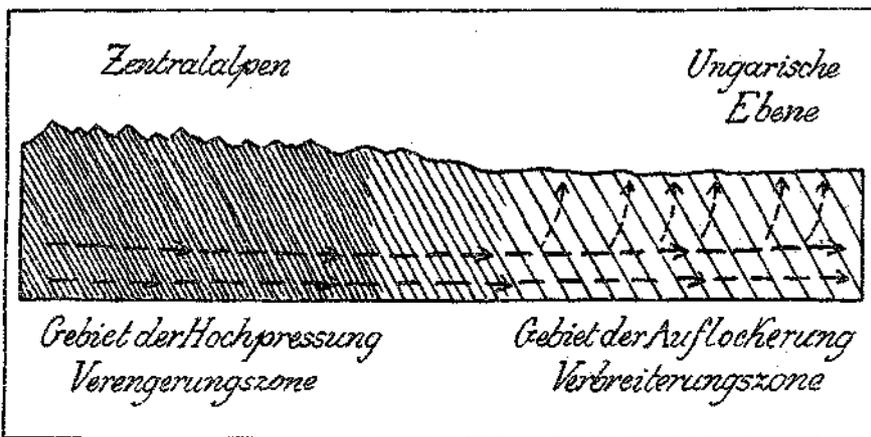


Fig. 24. Die Pfeile sollen den Lauf der „Unterströmung“ und die Einfüllung von Magma in die Fugen der Verbreiterungszone andeuten.

Wir haben also zu erwarten, daß unterirdisch von den Zentralalpen eine Massenabströmung gegen das ungarische Becken stattgefunden hat. Die Schwere messungsbefunde lassen sich damit in eine gute Übereinstimmung bringen, Massenabgang in den Zentralalpen gegen Osten zu allmählich übergehend in den Massenüberschuß der großen ungarischen Tiefebene.

Der Übergang der Zentralalpen in das ungarische Senkungsfeld mit seinen reichen vulkanischen Ergüssen wird durch eine Reihe von vermittelnden Absenkungen und Eruptiveinschaltungen prachtvoll geologisch illustriert.

Folgt man dieser Auffassung der inneren Zusammenhänge, so würden hier die beiden Außenfasern, also die Nord- und Südalpen, in ihrer ersten Anlage zueinander annähernd parallele Faltenstränge vorstellen, die durch ein anders gebautes, ziemlich breites Mittelfeld voneinander getrennt waren.

In einer späteren Zeit wurde nun dieser tektonische Primärverband derart deformiert, daß die beiden Faltenstränge zu ungleichen Schlingen verbogen und das Mittelfeld im Einvernehmen damit bald verengt, bald verbreitert wurde.

Die stärkste Verengung des ganzen mediterranen Systems ist in den Alpen vorhanden, wo das alte Mittelfeld zu den heutigen Zentralalpen aufgefaltet wurde, während in den Verbreiterungen andere Teile desselben Feldes auseinander gerissen, versenkt und mit Eruptivmassen überschwemmt wurden.

Große Strecken dieser Verbreiterungszonen werden heute naturgemäß vom Meere, andere von Tertiärablagerungen bedeckt.

Der Übergang von einem engstens aufgepreßten zu einem stark erweiterten Mittelfeld ist wohl nirgends so schön wie zwischen Ostalpen und ungarischem Becken zu erkennen.

Lenken wir noch einmal unseren Blick von dieser Fernsicht auf die tektonischen Ergebnisse an der Grenze zwischen Nordalpen und nördlicher Grauwackenzone zurück, so lassen sich dieselben unschwer mit diesen allgemeineren Befunden in Übereinstimmung bringen.

Die alte präzenomane Faltung und Erosion würde wenigstens für die Nordalpen das hohe Alter dieser „Aussenfaser“ und ihre relative Selbstständigkeit bezeugen.

Die gewaltigen, von Süden her später eingetretenen Großüberschiebungen, welche die „Ultradecken“ auf die Nordalpen luden, wären dann vielleicht mit der enormen Verengung des alten „Mittelfeldes“ zwischen Nord- und Südalpen in Verbindungen zu bringen. Wenn das stimmt, so haben wir auch in den Südalpen eine ähnliche Struktur wie in den Nordalpen zu erwarten. In den westlichen Südalpen ist die Existenz von großen Überschiebungen, verbunden mit drehenden Bewegungen, bereits seit 1894 von Maria Ogilvie Gordon durch sorgfältige Feldbeobachtungen festgestellt und vertreten worden.

Diese, wie mir scheint, sehr wichtige Entdeckung und glückliche mechanische Deutung wurde insbesondere durch den Einfluß von E. Suess ganz in den Hintergrund gedrängt.

Ich hebe diese Tatsache hier besonders hervor, einerseits um der Entdeckerin zu ihrem Rechte zu verhelfen, andererseits um die Bedeutung der „Torsionsstruktur“ zu erläutern. Was Ogilvie Gordon besonders in ihren Arbeiten 1899 und 1910 als „Torsionsstruktur“ beschrieben hat, gehört zu derselben Gruppe von Bewegungsbildern, für welche ich die Bezeichnung „Wirbel mit vertikaler Achse“ gewählt habe. Mit gewisser Einschränkung könnte man auch noch allgemeiner von einer „Beugung von Bewegungsstrahlen“ sprechen.

Die Einzelercheinungen sind von Ogilvie Gordon sehr klar beschrieben worden.

Die Großeinordnung fällt mit der Bogenform der Südalpen zusammen, was, wie ich glaube, auch immer die Meinung von Ogilvie Gordon gewesen ist.

In den östlichen Südalpen hat wohl Kossmat zuerst Überschiebungen in großer Ausdehnung nachgewiesen.

Hier haben wir insbesondere von seinem Nachfolger Winkler wichtige neue Angaben zu erwarten. Daß auch im Bereiche der Julischen Alpen vielleicht mit „Ultradecken“, also hier von Norden her über die „Verschluckungszone“ gewanderten Schubmassen, zu rechnen ist,

scheinen mir die von F. Teller auf dem Pokljuka Plateau entdeckten Schubmassen nahezulegen.

Es sind dies aber zunächst nur Vermutungen, die erst einer feldmäßigen Prüfung unterzogen werden müssen. Daher sollen auch diese Ausführungen hier keinerlei Vorwegnahmen, sondern nur Arbeitshypothesen bedeuten.

Wohl aber führt diese geometrische Arbeitsmethode zu einer entschiedenen Ablehnung des Nappismus und damit auch zu einer solchen der primitiven Kontraktionslehre (siehe auch Sander — Jahrbuch 1923 primitiver Nappismus).

Was wir heute sowohl bei der Struktur der Faltengebirge (Schubgebirge) wie auch bei jener der großen Faltengebirgsschlingen von diesem Standpunkte aus mit Sicherheit erkennen können, ist ein sehr großes Ausmaß von Bewegungen, die sich aber nicht zu dem Bilde einer stetig oder unstetig fortschreitenden Kugelkontraktion zusammenfügen lassen. Wie gerade wieder der hier vorgelegte Gedanke der Umformung eines Mittelfeldes zwischen parallelen Faltensträngen zu Verengerungs- und Verbreiterungszonen nahe legt, handelt es hier vielmehr um großartige Verschiebungen, und zwar sowohl um Massenverschiebungen an der Oberfläche als auch um noch ausgedehntere in der Tiefe, welche wohl auch die Träger der ersteren sein werden.

Es ist denkbar, daß derartige Faltungen und weiter auch Verschlingungen von Faltensträngen bei gleichbleibendem oder sogar sich noch vergrößerndem Erdumfang zustande kommen. Die Kontraktion der Erde ist dazu nicht erforderlich. Damit soll aber weder ihre Möglichkeit noch auch ihr Vorhandensein geleugnet werden.

Es wird eine Aufgabe der Fortsetzung dieser Arbeit sein, diese Methoden noch weiter auszubauen, und neue Anwendungen derselben zu zeigen.

Wien, Jänner 1924.

