

Über einige Grundfragen der Gebirgsbildung.

Von **Otto Ampferer**.

Mit 5 Zeichnungen.

Als ich vor mehr als 30 Jahren den gebräuchlichsten Erklärungsweg der Erdkontraktion für die Gebirgsbildung verließ, war ich mir der Bedeutung dieses Schrittes nicht voll bewußt.

Ich hatte die Lehre der Gebirgsbildung aus der Zwangsjacke der Erdkontraktion herausgelöst, aber nicht geahnt, welche Dimensionen diese Lösung in der Folgezeit annehmen sollte.

Sechs Jahre nach meiner ersten Arbeit über das Bewegungsbild der Faltengebirge war Alfred Wegener mit seiner Hypothese der Kontinentdrift gekommen, die alle bisherigen Anschauungen von Horizontalbeweglichkeit in der Erdkruste durch ihre gewaltigen Ausmaße über den Haufen warf.

Freilich war meine Annahme einer Unterströmung und seine Annahme einer Drift durchaus nicht gleichbedeutend, aber, wie schon die Bezeichnungen Strömung und Drift verraten, doch innerlich verwandt.



Fig. 1. Vorbereitung des Untergrundes für die Gebirgsbildung.

Um die lebhaften Faltungen der dünnen Oberschichte räumlich zu ermöglichen, muß eine mehrfach dickere starre Unterschichte entfernt oder verflüssigt werden, deren ungefähres Ausmaß in diesem Schema mit Kreuzschraffen angedeutet ist.

Es ist nicht meine Absicht, hier auf die feineren Unterschiede dieser beiden Anschauungen einzugehen, vielmehr will ich in kürzester Fassung ungefähr den Weg zeigen, den ich selbst in dieser Angelegenheit zur weiteren Klärung des Problems beschritten habe. Während ich in der Ausgangsarbeit vor allem alle Störungen in der Erdhaut als Abbildung von Bewegungsvorgängen in dem tieferen, heißen und impulsreichen Erdinnern aufgefaßt hatte, drängte sich bei der weiteren Befassung mit den Formen der Gebirgsbildung die Erkenntnis auf, daß die außerordentlich komplizierten Verfaltungen und Verschiebungen der obersten Gebirgszone unmöglich in größere Tiefen hinabreichen können.

An den uns zugänglichen Teilen der Gebirge ist überall auf der ganzen Erde als Gesetzmäßigkeit eine sehr bescheidene Fassungskraft der tektonischen Bauelemente zu erkennen.

Es gibt keine Falten, die vielleicht 10.000—20.000 m Schichtfolge umspannen, es gibt aber auch keine Schub- und keine Gleitmassen von solchen Dimensionen. Zumeist sind die tektonisch zu einheitlichen Bauformen verarbeiteten Schichtdicken etwa zwischen 1000—4000 m mächtig.

Diese Erkenntnis der geologischen Feldaufnahmen, die sich fortlaufend immer wieder neu bestätigt, führte mich nun im Jahre 1911 zur Aufstellung des Begriffes der Verschluckungszonen (Fig. 1).

Die Verschluckungszone bedeutet die Wegräumung oder zumindest Flüssigmachung einer bestimmten Stoffmenge im Untergrund des Gebirges, wodurch erst die innigen Verfaltungen und Verschiebungen der dünnen, obersten Zone räumlich ermöglicht werden.

Wie die Wegräumung der Unterlage der Faltungsgebirge im Detail zustande kommt, ist heute noch nicht genauer bekannt. Möglicherweise ist schon eine Aufschmelzung und Verflüssigung großen Stiles dazu ausreichend.

Wir haben derzeit noch keine Mittel, solche voraussichtlich doch sehr langsame Umformungen der Tiefe zu erkennen, wohl aber bietet uns die Erdoberfläche selbst die Gelegenheit, verschieden tief abgetragene Gebirge miteinander zu vergleichen. Dieser Vergleich belehrt uns darüber, daß gegen die Tiefe zu das Eindringen von Schmelzkörpern immer mehr Raum gewinnt.



Fig. 2. Die Erosionskerben der Oberfläche lösen die Schichtzusammenhänge und führen bei weiteren Deformationen Erleichterungen und Leitungen für Verbiegungen und Verschiebungen herbei.

An der Unterseite der Erdkruste können durch unregelmäßig aufsteigende Einschmelzungen ebenfalls Kerbwirkungen großen Maßstabes entstehen.

Ob es sich dabei um ein Absinken schwerer Schmelzen und ein Aufsteigen leichter handelt oder ob ein Einschmelzen des Gebirgssockels vorliegt, ist wohl noch kaum zu entscheiden.

Es ist auch eine offene Frage, ob nicht schon das Aufsteigen einer Wärmewelle mit ausgedehnten Einschmelzungen die Einleitung für die Ausbildung von Verschluckungszonen bedeutet.

Ein weiterer Fortschritt der Einsicht in die Mechanik der Gebirgsbildung war dann mit dem Begriff der Kerbwirkung verbunden (Fig. 2).

Wenn in ein Schicht- oder Massensystem Einkerbungen erfolgen, so verlaufen alle nachfolgenden Verbiegungen oder Verschiebungen in einem anderen Sinne. Die Kerben erleichtern z. B. die Biegungen starrer Platten außerordentlich und zeichnen den Verschiebungen geöffnete Wege vor. Man kann ganz allgemein behaupten, daß entsprechend tiefe Kerben den Verlauf der Lokalttektonik entscheidend beeinflussen.

Es wäre noch besonders darauf hinzuweisen, daß nicht nur die Kerben an der Oberfläche des Gebirges, sondern auch umgekehrt Kerben an seiner Unterfläche tektonisch sehr wirksam werden können. Solche unterirdische

Kerben können z. B. durch ein zackiges Aufdringen von Schmelzflüssen gebildet werden.

Aus dem Begriff der Kerbwirkung ist dann der Begriff der Reliefüberschiebung leicht abzuleiten.

Unter Reliefüberschiebung versteht man eine Überschiebung, welche über ein Erosionsrelief oder über ein tektonisches Relief hin vordringt (Fig. 3).

Das heißt mit anderen Worten, die Reliefüberschiebung ist ein Beweis für zwei verschiedenalterige Phasen der Gebirgsbildung, zwischen denen eine mehr oder weniger ausgedehnte Erosionsperiode lag.

Heute sind derartige Zweiphasigkeiten der Gebirgsbildungen schon vielfach nachgewiesen worden. Es ist nun interessant, daß mit der Zweiphasigkeit anscheinend auch immer ein Wechsel in der Bewegungsrichtung verbunden ist. In den Nordalpen erfolgte z. B. der erste große Deckenschub auf dem Weg von S gegen N, dagegen sind die erst nach langer Erosion eingreifenden Reliefüberschiebungen in der Richtung von O—W vollzogen worden.

Charakteristisch für diese Reliefüberschiebungen ist ihre flache Auffahrt und ihr geringer Tiefgang. Im Vergleich mit der primären Gebirgsbildung und ihrer engen Verbindung mit Magmabewegung und tiefgreifenden Gesteins-



Fig. 3. Schema einer Reliefüberschiebung.

Vertikalschraffen = älteres Gebirgsrelief. Kreuzschraffen = Materialanschoppung in den überwältigten Furchen. Die Reliefschubmasse selbst ist in drei Schuppen zerlegt, die alle Stirneinrollungen zeigen.

umwandlungen fällt die seichte Form der Reliefüberschiebungen auf. Dieselben sind, soweit mir bekannt ist, nirgends mit stärkerer Metamorphose oder mit Magmaaufstiegen verbunden. Es bedeutet also die Zerlegung der Gebirgsbildung in mehrere Phasen trotz der zeitlichen Trennung doch ein Abklingen der Bewegungskraft vor allem in ihrem Tiefgreifen.

Über die innere Begründung dieser eigenartigen Form der Zerlegung des großen Vorganges in verschiedenen gerichtete Phasen sind wir noch ganz im Dunklen.

Es gibt aber neben dieser Zerlegungsform der Gebirgsbildung noch eine andere Zerlegung, deren Kenntnis ebenfalls erst in neuerer Zeit stärker gefördert wurde. Ich meine hier die Schlingenbildung oder die Verbiegung im Streichen.

Ich selbst habe bereits 1911 von einer Knickung des Alpenbogens gesprochen und später die Anschauung vertreten, daß die Krümmungen der Faltengebirgstreifen keine ursprüngliche, sondern eine erst später erworbene Eigenschaft sind.

Geht man von einer dreifaserigen, ursprünglich mehr geradlinigen Faltenanlage aus, so lassen sich aus ihrer späteren Querverbiegung eine Reihe von Erscheinungen der heutigen Gebirgsbögen unmittelbar ableiten.

Eine praktische Bedeutung für die Zerlegung der Alpentektonik haben aber erst die Auffindungen von ausgedehnten Schlingengebieten im Innern

der Alpen durch Sander und Graf Schmidegg gewonnen. Es liegt auf der Hand, daß man durch derartige geschlossene Schlingengebiete unmöglich Deckengrenzen hindurchziehen kann.

Ein Fortschritt der letzten Jahre ist dann die Erkenntnis der verschleppten Bauformen, d. h. von Faltformen, die nicht an Ort und Stelle entstanden sind, sondern als bereits fertige Modelle herbeigeführt wurden (Fig. 4).

Es hat sich gezeigt, daß nur das frische, tektonisch noch unverbrauchte Schichtmaterial imstande ist, eine höher komplizierte Faltform so auszuführen, daß Form und Inhalt gut zusammenstimmen.

Das heißt mit anderen Worten, man kann nur einmal die Schichten zu einem Faltenknäuel so verbiegen, daß alle Verdickungen und Verdünnungen sowie alle Zerrklüfte genau an den baurichtigen Stellen liegen.

Es sind nicht alle Faltformen für diese Art von Betrachtung gleich geeignet. Besonders gut anwendbar ist diese Methode vor allem auf extrem verdickte oder verdünnte Bugstellen oder auf solche, die reichlich mit Zerrklüften ausgestattet sind.

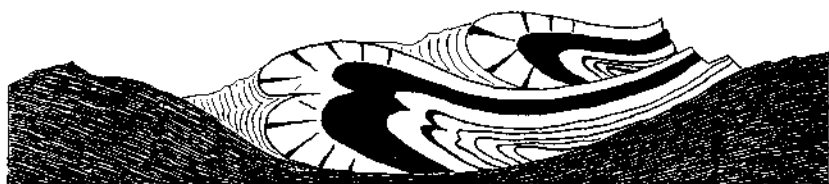


Fig. 4. Schema einer verschleppten Faltenstruktur.

Die Falten zeigen starke Verdickungen und Verdünnungen ihrer Gelenke sowie Zerrklüfte an den Bugstellen. Diese genaue Anpassung des Inhaltes an die Form kann nur bei einer ersten Verbiegung von frischem Schichtmaterial gelingen. In ihre heutige Lage wurden diese Falten durch Schiebung oder Gleitung verschleppt, wobei die Sohlen der fertigen Falten scharf abgeschliffen wurden.

Derartige Faltenknäuel sind dann für jede Weiterbildung unbrauchbar.

Es zeigt sich nun, daß solche totgefaltete Formen besonders häufig an den Stirnzonen der sogenannten Überfaltungsdecken auftreten. Sie beweisen uns, daß es sich hier nur um ganz kurze Einrollungen des vorher ungefalteten Materials handeln kann.

Wenn diese Stirnen der Decken nun wirklich große Wege zurückgelegt haben, so ist dies nur möglich, wenn sie als bereits fertige Modelle verschleppt worden sind, d. h. sie haben die Verfrachtung nicht als durchrollende Falte, sondern nur als Vorderteil einer Schub- oder Gleitmasse ausgeführt.

Es bildet daher die genauere Untersuchung solcher Faltformen für die Zukunft ein sehr brauchbares Mittel, um Gebilde der Fernverschleppung von solchen der Lokaltektonek zu unterscheiden.

Eine wichtige Frage betrifft ferner die Trennung von Schub- und Gleitmassen.

In den äußeren Formen können Schub- und Gleitdecken ein hohes Maß von Ähnlichkeit erreichen. Entscheidend ist vor allem das Vorhandensein einer Gleitbahn mit dem entsprechenden Gefälle. Solche Gleitbahnen großen Stiles sind nun in den Gebirgen ziemlich selten, jedenfalls weit seltener als Gleitmassen.

Man kann nun aus diesem Befunde zwei verschiedene Schlüsse ableiten. Entweder folgert man aus der Seltenheit großer Gleitbahnen auch die Seltenheit von Gleitdecken oder man muß die nachträgliche Verstellung und Zerstörung der Gleitbahnen als einen häufigen Fall bezeichnen.

Natürlich ist jede in eine Mulde hinabgeglittene und dort zusammengestauchte Gleitmasse in jeder Hinsicht viel erhaltungsfähiger als eine ausgedehnte, glatte und hoch ansteigende Gleitbahn.

Eine solche Bahn wird nicht nur von der Erosion scharf in Angriff genommen, sie ist auch gegen weitere Faltungen und Verstellungen höchst empfindlich.

Gelingt es aber, eine Gleitmasse aus ihrer inneren Struktur zu erkennen, so bietet das Fehlen der unbedingt zugehörigen Gleitbahn ein Mittel zur Weiterforschung und zur Erkenntnis großer Baumstellungen nach der Gleitung.

Mit Hilfe von Kerbwirkung, Reliefüberschiebung, Verschleppungsstrukturen, Gleitmassen gelingt es nun, den Störungsaufwand einer Gebirgsbildung auf ein viel bescheideneres und verständlicheres Maß herabzudrücken.

Man darf dabei nicht vergessen, daß die Wahrscheinlichkeit einer geologischen Konstruktion unbedingt steigt, mit je weniger Materialaufwand sie gelingt.

Wenn man eine heutige, beobachtete Form aus der ursprünglich geschaffenen mit der Entfernung von relativ wenig Abfall erklären kann, so ist dies eine viel wahrscheinlichere Lösung, als wenn dazu die Entfernung einer Riesenmasse notwendig ist.

Wie aus diesen Ausführungen leicht zu ersehen ist, wurde mein Weg zur Auflösung der Mechanik der Gebirgsbildung nur schrittweise und mit immer neuen Methoden der geistigen Betrachtung erkämpft. Es liegt auch heute nichts Fertiges vor, sondern nur eine lange Reihe von Versuchen, zu denen vielfach die eigentlichen Anwendungen noch nicht einmal durchgeführt sind.

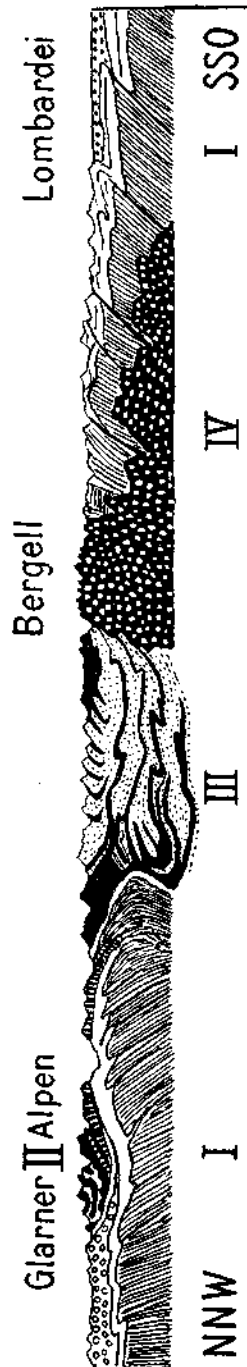


Fig. 5. Alpenquerschnitt nach einer Vorlage von Rudolf Staub (1926).

Bauwichtige Zonen:

- I = Große Isolierplatten gegen die Tief.
 II = Ausgestoßene Bauberschüsse.
 III = Senkungs- und Kernzone }
 IV = Junge Schmelzzone } gegen den Einfluß der Tiefe offen.

Um nun zu zeigen, wie sich etwa eine Anwendung dieser Betrachtungsweisen auf einen modernen Querschnitt der Alpen auswirkt, habe ich für diesen Versuch das schöne Profil von R. Staub ausgewählt, das von den Glarner Alpen übers Bergell an die S-Seite der Alpen leitet (Fig. 5).

Dieses Profil kann man nicht etwa als ein Normalprofil der Alpen überhaupt bezeichnen, weil es eben gar kein solches gibt.

Man müßte eine Reihe von Querschnitten vorführen, wozu hier vor allem der Raum fehlt.

Was dieses Profil jedoch auszeichnet, ist seine Klarheit in der Gliederung und Charakteristik der einzelnen Bauzonen, welche hier zu einem machtvollen Gebirge vereint sind.¹

Der Profilentwurf stammt aus dem Jahre 1926, und ich weiß nicht, ob R. Staub alle Einzelheiten dieser schönen und lebendigen Konstruktion auch heute noch aufrecht hält.

Übrigens kommt es bei dieser Übersicht auf eine Verschiebung von feinerem Detail gar nicht an.

Wie unschwer zu erkennen ist, kann man dieses Profil in vier natürliche Bauzonen zerlegen.

Es sind dies im N und im S je eine gewaltige Platte von flach liegenden Sedimenten, die auf alten, steilgefalteten kristallinen Gesteinen ruhen.

Diese Unterlage setzt sich aus alten, steilgefalteten Schichtserien zusammen, die allein durch diese energische Zusammenschiebung das Maximum von Festigkeit besitzen, das gefaltete Schichten überhaupt erreichen können.

Diese Struktur kann in große Tiefen hinabreichen und sie stellt als Ganzes eine Art von Isolierplatten gegen seitlichen Druck und gegen Verbiegungen vor.

Diese gewaltigen Isolierplatten sind sowohl im N als auch im S zu breiten, tiefen Einmuldungen verbogen. Es ist die wahrscheinlichste Annahme, daß vor der Bildung des Alpengebirges diese beiden Riesenplatten miteinander unmittelbar verbunden waren.

Daraus erkennen wir sofort, daß die Gebirgsbildung dieses Riesensystem von Isolierplatten durchbrochen hat.

Der zweite für sich selbständige Banteil ist die große Deckfaltenzone, welche an der N- und NW-Seite der Alpen auf den jungen tertiären Füllmassen des großen Vorlandtrog lagert.

Wir wissen heute mit Sicherheit, daß es sich hier um Decken handelt, welche fremd als Wanderer auf jungem Schichtland lagern und die von S, bzw. von SO her gekommen sind.

Auf der S-Seite der Alpen fehlt eine entsprechende Zone, und man hat, wie ich glaube, mit Recht den gegen NW zu gespannten Alpenbogen für die Ausstoßung dieser Zone verantwortlich gemacht.

Es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß wir hier eine Zone des Materialüberschusses vor uns haben, die beim Ausbau der Alpen im Innern überflüssig geworden ist und darum zum Ausstoß gelangte.

Wie sich diese Ausstoßung überflüssiger Massen vollzog, ob in Form von Schub- oder von Gleitdecken, ist derzeit noch nicht zur Entscheidung gebracht.

Wichtig bleibt die Einsicht, daß es sich hier um eine ausgesprochene Zone des Überschusses handelt. Sie ist im S genau mit der Erhaltung der darunter liegenden Isolierplatte abgegrenzt.

Dringen wir weiter ins Innere des Alpenkörpers vor, so stoßen wir nun auf eine völlig andersartige Bauzone. Sie ist dadurch ausgezeichnet, daß gewaltige liegende Falten mit Gneiskernen und Bündnerschiefer-Umwickelungen einen großen Raum erfüllen.

Die Struktur dieser Verfaltungen ist zuerst beim Bau des Simplon-Tunnels offenkundig geworden.

Wir sehen mit Staunen, daß im Kern der Alpen nicht etwa hochgehobene und steilgepreßte uralte Schichten zum Vorschein kommen, sondern eine ganz andere Struktur erscheint.

Statt steiler Engpressung breiten sich flachliegende Riesenfalten aus, und die Gneise, die hier auftreten, sind zu den umhüllenden Schiefen im wesentlichen konkordant.

Aus diesem höchst merkwürdigen Befund lassen sich folgende Schlüsse ohne weiteres ableiten.

Der Kern der Alpen stellt keine tektonische Hebungszone vor, er ist im Gegenteil eine Senkungszone.

Der Kern der Alpen zeigt keine steile Engpressung, sondern im Gegenteil flach gelagerte Riesenfalten.

Die Bildung dieser Falten erfordert unbedingt freie Entwicklungsräume, weil sonst steilstehende Formen entstehen müßten.

Diese liegenden Falten können auch keinen Druck von innen nach außen übertragen haben. Es ist also ganz ausgeschlossen, daß aus diesem Keller von flach liegenden Riesenfalten eine Ausstoßung von Material erfolgt sein kann.

Alle Anzeigen weisen im Gegenteil auf bedeutende Senkungen und ein seitliches Hereinströmen von Massen hin.

Der Kern der Alpen ist also kein Gebiet gewaltiger Pressung und Massenausstrahlung, sondern im Gegenteil ein solches der Senkung und Massenzuwanderung.

Von den drei bisher betrachteten Bauzonen besitzt weder die Überschußzone noch die Kernzone mit ihren liegenden Falten einen zugehörigen, gleichartigen Unterbau.

Die Überschußzone liegt auf fremdem Jungboden und die Kernzone ist gegen die Tiefe zu offen. Eine derartige Bildung von großen Falten mit relativ dünnen Kernen schließt ja jedes gleichartige Mitspiel tieferer Massen völlig aus.

Wir kommen nun zu Zone IV, welche sich als ein Aufsteigen junger Schmelzmassen zu erkennen gibt.

Diese Granite des Bergeller Massivs haben die angrenzenden Strukturen der Zonen III und I schroff durchbrochen und eingeschmolzen.

In der letzten Ausbildung muß daher ihr Vordringen jünger als der Bau der Alpen sein.

Es bleibt aber zu bedenken, ob dieses kraftvolle Aufwärtsdringen junger Schmelzflüsse nicht doch ein Anzeichen von regionalen Vorgängen bedeute.

Wenn wir uns erinnern, daß in unserem Querschnitte die beiden Isolierplatten im N und S gerade im Innern der Alpen fehlen, so liegt der Schluß ziemlich nahe, daß dieselben hier in großer Ausdehnung eben der Einschmelzung verfallen sind.

Was soll unter der Kernzone tiefenwärts liegen?

Es scheint mir bei weitem am wahrscheinlichsten, daß man da mit einer riesigen Einschmelzungszone rechnen muß.

In der Zone IV steigt die Einschmelzung bis zur heutigen Oberfläche des Gebirges empor.

Dieses letzte Hochsteigen ist freilich jünger, es zeigt uns aber anschaulich, wie nahe diese unwiderstehliche Gewalt der heißen Tiefe unter der scheinbar starren und kalten Kruste hier liegt.

Möglicherweise ist das Ausstoßen dieser Schmelzflüsse ebenfalls wieder als eine Herausbeförderung von überflüssigem Baustoff zu bewerten.

Wir sind mit unserer tektonischen Bauübersicht also zu dem Urteil gekommen, daß nur die Zonen III und IV mit dem heißen Erdinnern in unmittelbarer Beziehung stehen und so das motorische Herz der Gebirgsbildung enthalten. Von diesen lebendigen Bauzonen hat aber keine Ausstrahlung von Massen stattgefunden.

Daher kann man nicht daran denken, das Alpengebäude als eine Ausquetschung zwischen Schraubstockbacken zu deuten.

Eine weitere Eigentümlichkeit des Alpenbaues ist dann die gegenseitige scharfe Abgrenzung der einzelnen Bauteile gegeneinander.

Nirgends findet hier ein vermittelnder Übergang statt.

Stets stoßen an steilen Bewegungsflächen die fremden Bauzonen aneinander. Diese Grenzlinien der Bauzonen lassen sich weithin verfolgen, und man dachte und denkt noch immer daran, daß aus diesen Fugen große Faltenmassen herausgequetscht wurden, welche heute als wurzellose Zonen auf fremdem Untergrunde schwimmen.

Diese Annahme einer Ausquetschung zwischen zwei Bauzonen würde beiderseits mächtige Pressungszonen erfordern. Dies ist jedoch nicht verwirklicht.

Wohl aber finden wir in unserem Querschnitt eine Überwältigung des Aarmassivs durch darübergewanderte Massen klar und tief verzeichnet.

Die südwärts angrenzende Zone II zeigt jedoch nicht die entsprechende Pressungsstruktur, sondern lediglich große liegende Falten mit ihren z. T. sogar abwärts geneigten Köpfen.

So kommen wir vielmehr zu der Einsicht, daß diese Grenzlinien nicht nach oben ausgequetschte Zonen, sondern im Gegenteil nach unten verlorene Gebiete, also Verschluckungszonen zur Anzeige bringen.

Offenbar sind hier ausgedehnte Streifen in die Tiefe gesunken und dort wohl eingeschmolzen worden. Diese Darstellung, welche keineswegs mechanisch unwahrscheinlicher als eine Ausquetschung nach oben ist, ermöglicht auch die unbegreifbare Wurzelwirtschaft durch Verschluckungszonen zu ersetzen.

In den Verschluckungszonen haben wir richtige Fehlzonen vor uns. Darum lassen sich auch keine Schichtbereiche über diese Grenzen hinweg von einer Bauzone in die benachbarte hinüber verfolgen.

Wenn wir diese kurzen Ausführungen noch einmal überblicken, so lassen sich etwa folgende Ergebnisse festhalten, bzw. zur Weiterforschung verwenden.

Die Alpen stellen kein einheitliches, geschlossenes Faltengebirge vor. Im N und im S sind mächtige Schichtfolgen mit steilgefaltetem, kristallinem

Unterbau vorhanden, die zu breiten Trogformen verbogen sind. Diese Riesensysteme können mit ihrer Struktur sehr tief ins Erdinnere hinabreichen.

Zwischen diesen Isolierplatten klappt aber eine mächtige Lücke, welche nicht etwa mit hochgefalteten alten Schichten, sondern im Gegenteile mit einer Zone von flachen Liegfalten aus Gneisen und Schiefeln ausgefüllt erscheint.

Diese Kernzone der Alpen stellt also keine Hochfaltung von tiefliegenden Schichten vor, sondern muß als eine Senkungszone bezeichnet werden.

Von dieser Senkungszone mit ihren Flachfaltenstrukturen können keine Massenausstrahlungen ausgegangen sein. Vielmehr handelt es sich um die Zufüllung einer Senkungszone mit von der Seite zufließendem Material.

Die Nachbarschaft mit großen, noch jugendlich lebendigen Schmelzkörpern legt die Annahme nahe, daß zumindest unter der Kernzone der Alpen ausgedehnte Einschmelzungen lagern, deren Flüssigmachung erst die enorme Beweglichkeit der darüber befindlichen Deckzonen ermöglichte.

Wir haben nicht nur mit der Wegschaffung der starren Sockelmassen, sondern auch mit einer gesteigerten Beweglichkeit der erwärmten Massen zu rechnen.

Wenn man bedenkt, daß die Mächtigkeit der in das oberflächliche Faltenpiel eingefangenen Schichten nur höchstens 3000—4000 *m* beträgt, die Mächtigkeit der seitlichen Isolierplatten bis zur Erweichungsgrenze mindestens mit 20.000 *m* einzusetzen ist, so erkennt man gleich den gewaltigen Umfang des unterirdischen Anteils der Gebirgsbildung.

Wir haben daher unter den Alpen vielleicht mit der fünf- bis sechsfachen Massenbewegung zu rechnen, die hier irgendwie zum Abstrom gelangte.

So ungenau auch solche Schätzungen bleiben, so ist es doch auffällig, daß hier das Ausmaß der zur Gebirgsbildung notwendigen unterirdischen Massenbewegung von derselben Größenordnung ist wie die überirdische Massenbewegung, welche die nappistischen Baukonstruktionen verlangen. Diese Konstruktionen türmen über den heute bestehenden Alpen schon bereits abgetragene Deckenmassen von 20.000 bis 25.000 *m* Höhe auf.

In der Größenordnung des in Fluß gebrachten Baumaterials stellen also beide Theorien so ziemlich dieselben Anforderungen.

Ich möchte nun diese Überlegungen nicht abschließen, ohne darauf hinzuweisen, daß alle Profile, die man bisher in der Tektonik verwendet hat, eigentlich Profile sind, deren Bauglieder nur historisch bewertet sind.

Sie gehen letzten Endes darauf zurück, daß man einerseits aus den ruhig befundenen tatsächlichen Unter- und Überlagerungen sowie andererseits aus Reihen von Fossilfunden eine historische Schichtfolge gewonnen hat.

Diese so erhaltene Schichtfolge ist tektonisch für die Erkenntnis von Überschiebungen von entscheidendem Werte, in vielen anderen Belangen vermag sie jedoch keine Auskünfte zu geben.

Es ist z. B. klar, daß Gesteine gleicher Festigkeit und gleicher Beweglichkeit in den verschiedensten Perioden der Erdgeschichte auftauchen können. Die reine Altersbewertung gibt daher für viele tektonisch sehr wichtige Fragen keine Auskunft.

Solche Qualitäten von tektonischer Bedeutung sind die Bestimmungen von Festigkeit, Biegsamkeit, Gleitfähigkeit, Schwere, Feuchtigkeit.

Leider gibt es bisher noch keine auf solche technologische Eigenschaften hin durchgearbeiteten Profile.

So ist z. B. auch die alte und tektonisch hochwichtige Frage, ob es in der Erdkruste wirklich in großen Bereichen wesentlich festere oder weichere Gesteinsmassen gebe, noch nie technisch untersucht worden.

Aus dem Bewegungsbild einer kristallinen Scholle, um die gebogene Faltenstränge herumlaufen, ist nicht unbedingt zu schließen, daß die Scholle der Faltungskraft widerstanden habe.

Es ist dies nur eine der hier möglichen Erklärungen.

Ebensogut kann es sich auch darum handeln, daß die Unterströmung und Flüssigmachung in der Tiefe einen anderen Weg eingeschlagen hat.

Vom Standpunkte der Unterströmungslehre brauchen also Krümmungen der Faltenstränge gar nichts mit der Abgrenzung von angeblich festeren und weicheren Bestandteilen der Erdkruste zu tun haben.

Entscheidend für Anlage, Verlauf und Ausbau von Faltungszonen sind die unterirdischen Beweglichkeiten und Wärmeverteilungen.

Einer aufsteigenden Wärmewelle gegenüber sinken alle Gesteinsfestigkeiten zusammen, die dann bei absinkender Wärmewelle wieder an Bedeutung gewinnen.

Es geht aus diesen Überlegungen und Erfahrungen wohl hervor, daß die Unterströmungslehre in ihrem Erklärungswert nicht hinter der Kontraktionslehre zurücksteht.

Vergrößerung oder Verkleinerung des Erdumfanges spielt dabei keine entscheidende Rolle.

In der Frage der Gebirgsbildung stehen sich heute eine Anzahl von sehr verschiedenen Vorstellungen gegenüber.

Eine Entscheidung über ihren Wirklichkeitswert wird vielleicht noch lange nicht, vielleicht nie fallen.

Derzeit wird am Ausbau aller Hypothesen mit dem Einsatz der besten Kräfte gearbeitet. Alle neuen Beobachtungen finden sofort ihren Einbau und ihre Verwertung.

Dieser Zustand des Kampfes und der Unsicherheit mag vielen unerfreulich erscheinen. Mir selbst erscheint er als eine der lebendigsten Äußerungen des menschlichen Geistes, die fort und fort zu neuen Anstrengungen auffordert und alle Kämpfer reichlich mit Freuden und Leiden belohnt.