©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Ueber Gebirgsbildungshypothesen.

Von Dr. **Walter Schmidt**, Leoben.

Mit 2 Textfiguren.

Unter den Anschauungsgegensätzen, die zwischen den westalpinen und einem Großteil der ostalpinen Geologen herrschen, spielt der über den Vorgang der Gebirgsbildung selbst eine nicht geringe Rolle.

Schon bei der geologischen Einzelbeschreibung ist es unvermeidlich, daß zu diesen Gedankenreihen gehörige Vorstellungen in das Bild hineingeraten, da die auch im Hochgebirge noch beschränkte Aufschlußgröße eine Ergänzung des Bildes durch persönliche Vorstellungen bedarf.

Zu je umfassenderen Darstellungen man schreitet, desto größer ist der Anteil solcher Grundanschauungen an dem Bilde, bis sie zuletzt, wie in Kobers „Bau der Erde" derart vortreten, daß alle Ergebnisse eigentlich von der Richtigkeit dieser Grundlagen abhängen.

Es ist der Kampf um die Kontraktionshypothese, der sich hier abspielt.

Von den meisten westalpinen Geologen wird an ihr festgehalten, in jüngster Zeit noch findet sie in Alb. Heims Geologie der Schweiz begeisterte Vertretung.

Wir sehen demgegenüber von verschiedener Seite, darunter besonders von ostalpinen Geologen bewußte Ablehnung und das Streben anderes an ihre Stelle zu setzen, ich nenne hier nur die Namen Ampferer, Andree, Daqué, Schwinner. Ist letzteres Streben auch nicht zu einer einheitlichen Anschauung gekommen, so erfolgt doch die Ablehnung der Kontraktionslehre unter demselben Gesichtspunkte, nämlich aus der Ueberzeugung von der mechanischen Unzulänglichkeit der Hypothese.

In Ampferers Arbeit „Ueber das Bewegungsbild der Faltengebirge", Jahrb. d. Geol. R.-A. 1906, haben die Gründe dieser Ablehnung eine überaus anschauliche Darstellung gefunden.

Wenn ich im folgenden versuche, nochmals diese Beweisführung darzulegen, so geschieht dies deshalb, weil gerade die vorhin genannten Werke von Heim und Kober den unmittelbaren Anlaß gaben, und um zugleich zu versuchen, unsere in bezug auf die Ablehnung gemeinsamen Anschauungen in noch schärfere Form zu bringen.

An der Darstellung Ampferers ist auszusetzen, daß er einen zu speziellen Fall herangezogen hat, indem er durch seine Unter-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

suchungen am Erdgewölbe sich gegen die Kontraktionshypothese selbst wandte. Zu leicht gewinnt dabei der Leser den Eindruck, als ob die Gewölbeform dabei ein Hauptpunkt sei.

Es läßt sich die Sache viel allgemeiner so fassen:

Es ist unmöglich, daß eine Scholle von einigermaßen tektonisch brauchbarer Länge durch eine Einzelkraft in einer solchen Weise bewegt wird, wie sie die Tektonik eines Ueberschiebungsgebirges fordert. Um so mehr gilt dies natürlich für die Kontraktionshypothese, die ja Schollenlängen vom halben Erdumfang fordert. Es ist diese Problemstellung nicht neu, sie findet sich bei Ampferer und den anderen genannten, aber meist in etwas verhüllter Form, so daß es gut tun wird, gerade diese einmal besonders zu beleuchten.

Der gemeinsame Ablehnungsgrund ist gegeben mit der „Unmöglichkeit der Summierung von Druckkräften". Wir wollen gerade diese Vorstellungsgruppe im folgenden genauer untersuchen und uns zunächst die Folgen klarmachen, die entstehen, wenn an einer ausgedehnteren Scholle eine von außen wirkende Kraft an einer engbegrenzten Fläche angreift. Wir stellen uns die Kraft als den Druck der seitlich an die Scholle anschließenden Gesteinsmasse vor; wir sehen dabei zunächst, daß die Abgrenzung dieser Scholle willkürlich ist, wir könnten die Grenze mit selbem Recht anderswohin legen.

Jedenfalls wirkt aber für unsere abgegrenzte Scholle die Kraft als Einzelkraft. Wir wollen ihr horizontale Richtung zuschreiben.

Ferner greift noch an der Unterlage der Scholle die Reibung an. Es ist nun zunächst ersichtlich, daß, wenn es zu einem Gleiten der Scholle auf der Unterlage kommen soll, die Außenkraft gleich sein muß der Summe der Reibungskräfte.

Je größer die Länge der Schubscholle ist, desto größer wird die Summe der Reibungskräfte, die durch die Außenkraft überwunden werden muß. Dies ist die Summierung der Druckkräfte.

Diese Druckkräfte müssen im Endquerschnitt übertragen werden, und nun lautet der Einwand: Bei dem beschränkten Flächeninhalt entstehen dabei solche Beanspruchungen, daß die Festigkeit des Gesteines überschritten wird, das Gestein, die Schubscholle wird an der Wurzel zertrümmert.

Das Ungünstige an dieser Darstellungsform ist, daß in der Gleichung den Reibungswerten einerseits die Gesteinsfestigkeit anderseits gegenübergestellt erscheint und nirgends auf den nahen Zusammenhang beider Werte hingewiesen ist; dadurch kann immer die gegnerische Anschauung die Beweisführung entkräften, indem sie die Reibung als beliebig klein gegenüber der Festigkeit hinstellt, wie dies zum Beispiel von Heim in der Kritik der Ampferer'schen Anschauungen, Geol. d. Schweiz, II, Heft 9, geschehen ist.

Wir müssen den Beanspruchungszustand einer derartigen Scholle noch schärfer untersuchen.

Zu den schon besprochenen Kräften treten noch Normaldrücke seitens des Untergrundes und die Schwerkraft dazu.

Die Wirkung der letzteren allein können wir durch einen Spannungszustand beschreiben, der sich von einem hydrostatischen sehr wenig unterscheidet, können also von ihm vollkommen absehen, wollen

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

seinen Einfluß nur darin sehen, daß Zugspannungen, nicht zu beachten sind, da sie von den hydrostatischen Druckspannungen überlagert werden.

Ich muß hier auf einen inneren Widerspruch in den Anschauungen Alb. Heims hinweisen. Es entspricht einer vollkommen richtigen Anschauungsweise, daß er die Schwerkraft schon in verhältnismäßig geringer Tiefe ein allseitiges Beanspruchungsfeld erzeugen läßt. In derselben und noch weit größerer Tiefe läßt er durch tektonische Kräfte gerichtete Spannungen entstehen. Das geht doch nicht. Denn welcher Art die Beanspruchung ausfällt, hängt nur von der Art des Körpers ab und von der Größe der Kräfte, und in letzter Beziehung ist gegen die tektonischen Kräfte, wie Heim sie verlangt, wahrlich nichts einzuwenden. Welcher Ursache eine Kraft entspringt, weiß ein Gesteinsteilchen nicht, kann daher auf die eine nicht anders antworten, als auf die andere. Also wenn die Schwerkraft hydrostatisch wirkt, wirkt auch die tektonische Kraft so.

Damit ist die Beweisführung gegen die Kontraktionshypothese eigentlich schon erledigt.

Da ich mir aber vorgenommen habe, die weiteren Folgerungen aus den Darstellungen zu ziehen, bin ich genötigt, dem inneren Widerspruch dadurch zu entgehen, daß ich die Schwerewirkung als hydrostatisch weglasse. Ich könnte höchstens die Untersuchung für eine Scholle in so geringer Tiefe vornehmen, daß die Gewichtsbeanspruchung noch nicht allseitig wirkt, wäre mir dabei aber bewußt, nicht die für die Großtektonik zutreffenden Verhältnisse gewählt zu haben, bin auch der Ueberzeugung, daß die Gewichtsbeanspruchungen dabei so gering ausfallen, daß sie gegen die anderen wieder unbeträchtlich erscheinen.

Wenn ich im folgenden mich bemühe, den Spannungszustand in einer derartigen Scholle genauer zu bestimmen, so tue ich dies deshalb, um nicht auf Grund unzulässiger Vereinfachungen etwa den Vorstellungen der Kontraktionshypothese zu ungünstige Verhältnisse zugrunde zu legen.

Allerdings muß ich eine Reihe von Hypothesen mitheranziehen, bin aber sicher, daß durch keine derselben eine Verschiebung der Ergebnisse zu meinen Gunsten hervorgebracht wird.

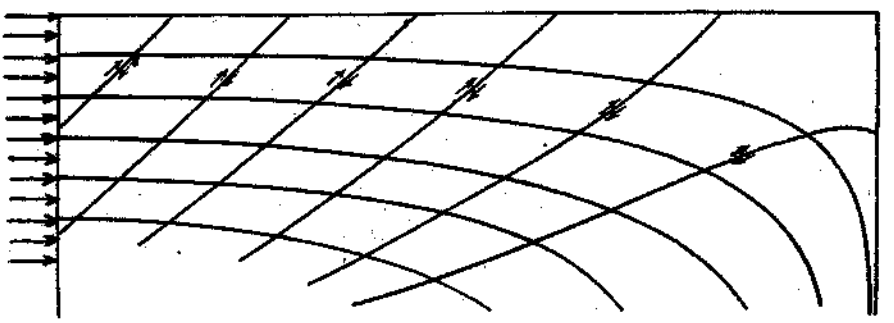
Zur Bestimmung der örtlichen Kraftverteilung in einem beanspruchten Körper ist die Ermittlung einer derartigen Anzahl von Unbekannten erforderlich, daß die Angabe der äußeren Kräfte nicht genug Gleichungen liefert. Die Technik ist hier in den meisten Fällen, wo eine Berechnung sie interessiert, gut daran, indem sie noch eine Reihe Gesetze mitheranzieht, um die nötige Gleichungsanzahl zu erhalten, insbesondere das Elastizitätsgesetz. Auch ich will zunächst diesen Weg beschreiten, also die Grundannahme machen, daß das Gestein eine Elastizitätsgrenze besitzt, daß es einer Minimalkraft bedarf, um eine bleibende Umformung zu erzielen. Ich kann auf Grund dieser Annahme den Spannungszustand erschließen, den der Gesteinskörper besitzt, wenn die Außenkraft diese Größe übersteigt, und daraus die Art der ersten Formänderung, die ja durch ihre Anlage alle weiteren bedingt.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Wenn man unter Zugrundelegung dieser Annahmen an die Aufgabe herantritt, sieht man zunächst, daß der Fall der Scholle, die noch am Untergrund klebt, mit seitlichem Angriff der äußeren Kräfte eigentlich den Fall eines einseitig eingemauerten Balkens darstellt, eines Pfahles, der in der Erde steckt und durch seitliche Kräfte auf Biegung beansprucht wird, nur ist in diesem Falle der Pfahl außerordentlich dick im Vergleich zu seiner Höhe.

Nach den Methoden der Biegungslehre wurden denn auch die Druckkraftlinien in der Fig. 1 ermittelt.

Fig. 1.



Die Ermittlung geschah durch Berechnung der Neigungen der Kurve an den einzelnen Punkten, nicht durch Berechnung der Kurven selbst, da die Differentialgleichungen nicht integrierbar waren. Die Kurven wurden dann freihändig durchgezogen. Es sind daher Ungenauigkeiten nicht vermeidbar gewesen, insbesondere kann aus dem Abstand der Kurven kein Schluß auf die Größe der Kraft gezogen werden.

Die Figur sagt nur über die Richtung der Kraft an jedem Punkte aus, nichts über deren Größe. Diese nimmt von der Wurzel nach rechts allmählich ab.

Die Hauptdruckkräfte haben aber für uns weniger Bedeutung. Die Deformationen von durch Druck beanspruchten Körpern werden ja durch Gleitung hervorgebracht, die Verteilung der Scherkräfte geht uns also vornehmlich an. Es sind daher in die Figur auch die Flächen größter Scherspannung eingetragen, jene, die die Hauptdruckspannungen unter 45° schneiden; von diesen hat wieder, was in der Figur nicht zum Ausdruck kommt, die dem Kraftangriff zunächst gelegene die größte Scherkraft.

Wird daher die Festigkeit überschritten, so kann es nur an dieser steil in der Richtung des Kraftangriffes aufsteigenden Fläche sein. Nicht die geforderte horizontale Gleitfläche ist es also, an der die erste Deformation erfolgt, sondern eine steile kurze an der Wurzel.

Bei der Anwendung der gewöhnlichen Biegungslehre wurde allerdings eine Vereinfachung gemacht, die hier sicher nicht zutrifft. Sie nimmt nämlich an, daß Querschnitte senkrecht zur Stabachse, also in unserem Falle Horizontalschnitte, bei der elastischen Deformation eben bleiben. Es folgt daraus auch, daß die neutrale Faser ohne

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

axiale Beanspruchung durch die Mitte des Querschnittes geht. Daß diese Annahme hier nicht zutreffen kann, sieht man schon daraus, daß wir die Mitte des Querschnittes gar nicht bestimmen können, da, wie oben erwähnt, die Abgrenzung der Scholle durchaus nicht feststeht. Demgemäß kann dieser Querschnitt nach der Belastung keine Gerade sein, sondern etwa eine Potentialkurve, sie muß auf Seite des Kraftangriffes viel stärker hinaufgebogen sein als im übrigen Teile. Es ergibt sich daraus eine Verzerrung des Kräftebildes in dem Sinne, daß der rechte Teil des Bildes gegenüber dem linken sich ausdehnt, dafür werden in ihm die Kraftlinien viel lockerer, die Größe der Beanspruchung sinkt in ihm, das heißt die in Wurzelnähe gelegenen Teile nehmen größeren Anteil an der Beanspruchung, als es nach unserer Berechnung erscheint. Ich habe daher keine unzulässige Vereinfachung gemacht, als ich die gewöhnliche Biegungslehre anwandte.

Wenn wir aber die Möglichkeit einer rein elastischen Beanspruchung nicht anerkennen, wie steht die Sache dann? Wie ist zunächst die Spannungsverteilung in unserer Scholle? Das Wesentliche ist, daß sie sich in den allgemeinen Zügen nicht viel von der bei elastischer Beanspruchung unterscheiden kann. Denn die Druckkraftlinien müssen vom Kraftangriff in horizontaler Richtung ausgehen, sie müssen wieder an einer Grenze einmünden, die Druckkräfte übernehmen kann, das ist in unserem Falle nur mehr die Unterlage; es ist ferner kein Anlaß vorhanden, für diese Kraftlinien eine unschlichte Form anzunehmen, wir werden also auch hier die sich nach unten krümmenden Kurven haben.

Früher haben wir nur eine mögliche Scherfläche gehabt, die der maximalen Scherspannung, an der die Scherfestigkeit überschritten war. Jetzt sind aber alle Flächen, an denen überhaupt Scherkräfte auftreten, „mögliche Scherflächen", auch die horizontale, die von der Hypothese geforderte Gleitfläche erscheint als mögliche Scherfläche. Sie verläuft zwar an der Wurzel gleich mit den Druckkraftlinien, steht am anderen Schollenende normal zu ihnen, hat also an diesen Punkten sicher keine Spannung, wir wollen dies aber nur als Schönheitsfehler bezeichnen, da sie an allen anderen Punkten die Kraftlinien schräg schneidet, wenn gleich sie dies nur an einem Punkte unter 45° tut, dem Winkel, wo sie dann die für den betreffenden Punkt größtmögliche Scherspannung aufweist.

Wir haben also die Aufgabe, unter all diesen möglichen Gleitflächen die zu wählen, die die wahrscheinliche ist, diejenige, die tatsächlich in Tätigkeit tritt.

Im allgemeinen sind in einem beanspruchten Körper eine Unzahl Gleitflächen möglich. Ich habe mich in meiner Arbeit „Mechanische Probleme der Gebirgsbildung" (Mitteil. d. Geol. Gesellsch., Wien 1915) mit der Frage beschäftigt, welcher von diesen die größte Wahrscheinlichkeit zukomme. Ich kam damals zu einem Kriterium, das sich auf die äußeren Kräfte bezog. Es kommt die Gleitfläche zur Ausbildung, die den Körper so in 2 Teile teilt, daß der Bewegung des einen Teiles möglichst wenig Reaktionskräfte entgegenstehen. Reaktionskräfte sind in diesem Falle solche, deren Größe bei Verschiebung

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

des Angriffspunktes gegen ihren Sinn zunimmt. Es ergibt sich daraus für jeden Augenblick die größtmögliche äußere Arbeitsleistung.

Ich erkenne jetzt, daß dieses Kriterium aber die Frage nicht erschöpft, denn es gibt Fälle, wo eine große Anzahl von Flächen dieser Bedingung genügt, wie gerade unser Fall. Sämtliche Flächen, die, von der Horizontalen beginnend, im Sinne der äußeren Kraft ansteigen, zerlegen den Körper in 2 Teile, an deren oberem außer der Druckkraft nur noch die Schwerkraft angreift, die keine Reaktionskraft ist. Flächen dagegen, die im Sinne der geforderten Bewegung nach rechts abfallen, schneiden in den Untergrund ein; an dem Teile, der die aktive Schubkraft enthält, greifen also noch die Kräfte der Unterlage an, die wir als Reaktionskräfte bezeichnen müssen.

Wir müssen also unter den Gleitflächen der ersten Gruppe noch auswählen, und dazu unser Kriterium erweitern.

Wir wollen wieder den Satz anwenden, daß die erzielten äußeren Arbeiten möglichst groß werden sollen.

An den verschiedenen möglichen Gleitflächen ist im allgemeinen die Summe der die Verschiebung fordernden Kräfte, die Summe der Scherkräfte verschieden groß, verschieden groß ist auch der Widerstand gegen die Verschiebung, die Summe der Reibungskräfte.

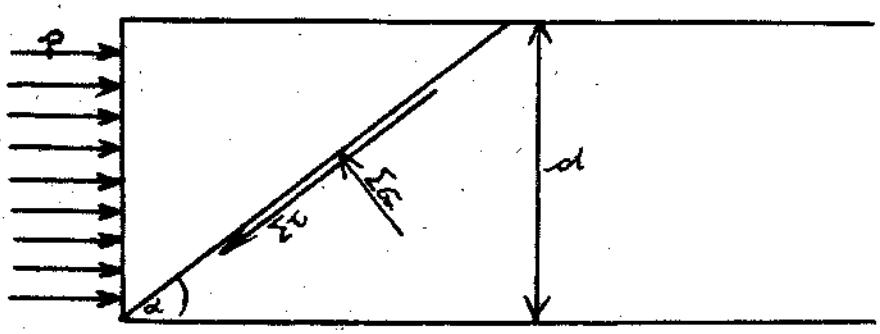
Diejenige Fläche, bei der die Scherkraftsumme am meisten die Reibungssumme übersteigt, wird die wahrscheinlichste Gleitfläche sein.

Wir wollen uns zunächst eine Uebersicht über die Summen der an den einzelnen Flächen wirkenden Scherkräfte verschaffen.

Jedenfalls werden Flächen in der Nähe der Wurzel hier anderen Flächen vorausgehen, da dort die Absolutwerte der Spannungen größer sind.

Wir untersuchen daher Flächen verschiedener Neigung an dieser Stelle, wobei wir der Einfachheit halber die Kraftlinien als gerade und horizontal voraussetzen wollen. Fig. 2. Betrachten wir nun den durch eine derartige Fläche abgetrennten Teil der Scholle, so greifen

Fig. 2.



an seinen Begrenzungsflächen an: die äußere Kraft, die wir uns über die Seitenfläche gleichförmig verteilt denken, anderseits die Reibungen und die Normaldrücke an der Gleitfläche.

Es ist daraus ersichtlich, daß im Gleichgewicht die Summe der Scherkräfte gleich $dp \cos \alpha$ ist, wobei d die Mächtigkeit, p die Außen-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

kraft auf die Flächeneinheit und α der Neigungswinkel der Fläche gegen die Horizontale ist.

Man ersieht daraus, daß die größte Scherkraftsumme die horizontale Fläche besitzt, obwohl an ihr die Scherkräfte nicht das Maximum darstellen.

Alle steileren Flächen haben geringere Scherkraftsummen, die Abnahme erfolgt nach dem cos des Neigungswinkels.

Wenn wir nun im Gegensatz dazu die Summe der Reibungen für die einzelnen Flächen bestimmen wollen, so wollen wir zunächst das Gestein als richtungslos ansehen. Nehmen wir einmal die Reibung auf der Flächeneinheit als unveränderlich an. Dann ist die Reibungssumme von der Länge der Fläche abhängig. Die Fläche ist aber gleich d/ sin α, die Reibungssumme daher = d. r/ sin α.

Wir sehen daher, daß die Reibungssumme mit wachsendem Neigungswinkel auch abnimmt, aber viel rascher als die Scherkraftsumme; denn der cos sinkt von 0 bis 90° von 1 bis 0, 1/ sin aber sinkt im selben Bereich von unendlich bis 1.

Daher wird, trotz der größten Scherkraftsumme, nicht die Horizontale die wahrscheinliche Gleitfläche sein, sondern eine steilere. Um deren Lage zu bestimmen, stellen wir uns p allmählich wachsend vor und suchen, für welchen Neigungswinkel zuerst die Scherkraftsumme die Reibungssumme erreicht. Es ist dies also dort, wo zuerst pd cos α = rd/ sin α wird, oder sin α cos α = r/p.

Es wird dies beim Maximum dieser Funktion eintreten, dies ist für $\alpha = 45^0$. Dabei wird $p = 2r$.

Es ist diese Untersuchung für eine unendlich lange Scholle gemacht. Dabei ist es ja eigentlich klar, daß die unendlich lange Gleitfläche eine unendliche Reibung besitzen muß, daß sie daher als Gleitfläche nicht in Betracht kommt. Wir wollen aber noch sehen, wie kurz die Scholle sein darf, daß noch immer die 45°-Ebene den Vorzug vor der horizontalen Gleitfläche hat, oder wie kurz die Horizontale sein muß, damit für $p = 2r$ an ihr Gleiten eintritt. Es ist dann $dp = rl$ oder $2rd = lr$ oder $1 = 2d$. Also, wenn die Schollenlänge die doppelte Dicke übersteigt, dann ist die Gleitfläche unter 45° wahrscheinlicher als die horizontale Gleitfläche.

Es sind das allerdings unter sehr starken Vereinfachungen gewonnene Resultate.

Ich habe die Reibung an der Flächeneinheit als unveränderlich angenommen. Es ist dies nicht richtig, sie ist auch eine Funktion des Normaldruckes. Doch haben die Versuche Karmans (Zeitschr. d. Ver. d. Ing., 1911, Nr. 42) gezeigt, daß diese Abhängigkeit bei Beanspruchungen tektonischer Größe gering ist, ich habe mich daher für berechtigt gehalten, diese Vereinfachung einzuführen.

Der Punkt, wo der Widerspruch gegen meine Ableitungen einsetzen wird, ist, daß ich das Gestein als richtungslos angenommen habe, ihm in jeder Richtung die gleichen Reibungseigenschaften zugeschrieben habe, wo wir doch geneigt sind, gerade kristallinen Schiefern ausgezeichnete Reibungsrichtungen zuzuschreiben.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Doch möchte ich hierauf folgendes erwidern:

Wir wollen doch ein Gedankengebilde schaffen, das uns die Vorstellung ermöglicht, daß auch aus einem ungerichteten Granit eine Schubdecke werden kann.

Ferner sind die meisten geschieferten Gesteine gefaltet, ihre Richtungen kleinster Reibung liegen durchschnittlich durchaus nicht in der Lage, daß gerade die horizontale Gleitfläche begünstigt wird.

Ferner möchte ich doch einer zu großen Ueberschätzung des Einflusses dieser Schieferung warnen. Ich glaube, daß gerade im Bereich kristallinischer Mobilisierung, den wir für die Geburtstätte der Decken voraussetzen dürfen, bei der allgemein geringen Reibung der Unterschied der verschiedenen Richtungen durchaus nicht so groß ist, um wesentliche Verschiebungen in den Größenordnungen hervorzurufen. Denn wenn selbst die Horizontale 10mal begünstigt ist, kommen wir erst zu einer Schublänge von $1 = 20\,d$, womit wir tektonisch immer noch nichts anfangen können.

Ich glaube in der Anschauung, daß die Beanspruchung sich weitaus mehr im Wurzelgebiet entwickelt, daß die ferneren Teile daran bedeutend weniger Anteil nehmen, als es zum Beispiel uns bei unserer Berechnung erschien, einen solchen Sicherheitsfaktor in der Aufstellung zu haben, daß dieser Einwand mir nicht berectigt erscheint.

Fassen wir die Ergebnisse zusammen, so haben wir: Schon bei einer verhältnismäßig geringen Länge der Schubscholle findet, wenn nur eine horizontale Kraft auf sie einwirkt, kein Gleiten auf der Unterlage mehr statt, sondern ein Gleiten an annähernd unter 45° ansteigenden Gleitflächen, die sich besonders in der Nähe der Wurzel entwickeln. Fast immer wird dieses Gleiten nicht an einer einzigen Fläche vor sich gehen, sondern an einer ganzen Schar gleichlaufender, es wird eine Differentialbewegung eintreten, die Folge davon ist ein Schwellen der Schubscholle an der Wurzel.

Der Vorgang, den ich hier geschildert habe, ist nun nichts anderes als die Erscheinung, die früher mit den Worten geschildert wurde, die Festigkeit der Decke wird an der Wurzel überschritten, es tritt dort Zertrümmerung ein. Hier wurde aber noch die Anschauung aufgenommen, daß die Druckfestigkeit nichts anderes ist als der Widerstand gegen Gleiten, da bei jeder Ueberschreitung der Druckfestigkeit Deformation durch Gleitflächen erfolgt. (Siehe Schmidt l. c.) Es steht daher hier beim Vergleich verschiedener Flächen Reibung gegen Reibung, diese Größe hebt sich bei richtungslosem Gestein aus der Gleichung fort und es ergibt sich die Ueberlegenheit der kurzen steilstehenden Gleitflächen im Wurzelgebiet vor weitgreifenden flachen Ueberschiebungen.

Es ist Heim im Unrecht mit seinem temperamentvollen Angriff auf Ampferer (Geol. d. Schweiz II, Heft 9), wenn er der Oelfarbenhaut auf dem Globus eine sehr geringe Reibung auf der Unterfläche im Vergleich zur Festigkeit beimessen will, ihre Festigkeit ist wieder genau dieselbe Reibung, und Ampferer hat sicher recht mit seiner Behauptung, daß die Haut sich runzeln und nicht an einer einzigen Stelle ein Faltengebirgsmodell erzeugen wird.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Die Natur hat einige sehr schöne Experimente gemacht, um diese Verhältnisse zu zeigen.

Das schönste sind die berühmten Profile der nordschottischen Ueberschiebung. Dieses Bild ist mit seiner fortwährenden Ablösung der Schubflächen ersten Grades durch steiler stehende Flächen zweiten Grades, diese wieder durch steilere derart verschieden vom Bilde einer normalen alpinen Ueberschiebung, daß dieser Endzustand sicher auf Mitwirken eines anderen Vorganges zurückzuführen ist.

Es ist das ein Bau aus dem Absterben einer auf andere Weise entstandenen Schollenüberschiebung, wo zum Schluß nur mehr von der Wurzel her eine Kraft wirkte, auf die die Scholle sogleich durch Ausbildung steilstehender Gleitflächen antwortete. Und da ein jeder dadurch abgetrennte Schollenteil wieder gleich von außen beansprucht wurde, entstanden wieder neue noch steilere Gleitflächen usw. Im übrigen ist die Schottische Ueberschiebung unter Umständen entstanden, wo die Bewegung nur zum Teil sich in Differentialbewegung auslöste, der größte Teil als Einzelbewegung.

Ganz ähnliche Beispiele, aber mit stetigerer Verteilung der Deformation sind die Bilder aus der Brandungsregion von Decken in den Alpen.

Säntis, Pilatus etc. sind Teile von Schubdecken, in denen nur mehr Druck von der Wurzel her wirkte, da in den wahrscheinlich ansteigenden Ausläufern der Deckenbahnen andere Kräfte nicht mehr wirksam sein konnten.

Und auch hier wieder das Auftreten nach vorn steil auffahrender Gleitflächen, die aber hier andere Bilder erzeugten infolge der stetigen, aber ungleichförmigen Verteilung der Deformation auf viele gleichlaufende Flächen, nämlich einen ungleichseitigen Faltenbau. Ich habe (Verh. d. Geol. R.-A. 1913) gezeigt, daß liegende Falten in der Regel nicht als „Gewölbe“ aufzufassen sind, sondern als Er-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Sie muß frei sein von der Summierung der Druckkräfte, die Kraft, die die Reibungswiderstände überwinden soll, darf nicht in der Ferne angreifen.

So wie die Reibungswiderstände differentiell über die Schubbahn verteilt sind, müssen es auch die aktiven Kräfte sein; wenn jedes Reibungsdifferential sich an Ort und Stelle mit einem Scherkraftdifferential ins Gleichgewicht setzen kannn, fehlt jeder Anlaß einer Krafteinwirkung auf vorliegende oder rückliegende Querschnitte.

Es gibt Kräfte, die derart wirken.

Als erste solche nenne ich wieder die Reibung, aber als aktive Kraft, die an der Oberseite der Scholle angreift, die Reibung einer darübergehenden anderen Scholle. Diese erfüllt natürlich gut die Bedingungen, da ihre Verteilung eben denselben Gesetzen folgt wie die hemmende Reibung an der Schollenunterseite. Dieser Vorgang ist der der Entstehung „passiver Decken", eine Bildungsweise, die so klar ist, daß weitere Erörterungen wohl überflüssig sind.

Ich möchte hier zufügen, daß scheinbar mit Reibung als Kraftübertragung noch bei anderen Hypothesen gearbeitet wird, gewisse Fassungen der Unterströmungshypothesen (Ampferer und Schwinner) scheinen diese Art im Auge zu haben, daß nämlich Strömungen des Untergrundes die Schollen des oberen „Stockwerkes" durch Reibung mit sich nehmen und auf das Vorland aufschieben.

Aktiv sind also Reibungen an der Unterfläche der Scholle, Widerstand gleichfalls Reibung an der Unterfläche, aber das eine im „Wurzelgebiet", das andere im „Aufschiebungsgebiet". Es ist klar, daß auch hier Summierung der Spannungen eintreten muß. Diese Fassung der Hypothese unterliegt für mich daher auch denselben begrifflichen Schwierigkeiten wie die Kontraktionshypothese.

Die „Kristallokinetischen Theorien", Lachmann etc., hier auf ihren Kräfteplan zu untersuchen bin ich nicht in der Lage, da sie bis jetzt noch nicht in Formen vorliegen, die ein Eingehen in die Mechanik gestatten.

Eine andere Kraft, die ausgezeichnet die Forderungen, die wir oben aufgestellt haben, erfüllt, ist die Schwerkraft oder besser gesagt Massenkraft.

Sie greift ja an den einzelnen Massenteilchen selber an, die Forderung nach differentieller Verteilung des Kraftangriffes ist also auf das vollkommenste erfüllt.

Wir kommen damit zu den Gleithypothesen, die von Mellard Reade und Reyer aufgestellt, von Schardt, Ampferer und anderen in ihre Vorstellungen aufgenommen wurden.

All diese Vorstellungen laufen darauf hinaus, daß ein Gefälle vorausgesetzt wird, eine Neigung der Erdoberfläche gegen die Niveaufläche, so daß die Komponente der Schwerkraft entlang der Erdoberfläche genügt, um die Reibung zu überwinden.

Wir sehen auf diese Weise derzeit die größten Massenbewegungen vor sich gehen, die des Wassers und die der Gletscher. Besonders die Bewegung der letzteren ist ein weitgehendes Gleichnis für die Deckenbewegung, ein Experiment der Natur, das in der Größenordnung, wenn wir zum Beispiel an die Inlandeismassen

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

denken, Deckenschübe sicher übertreffen wird. Dabei möchte ich noch darauf hinweisen, daß beide Vorgänge zum großen Teil bei homologen Temperaturen vor sich gehen (Ludwik), Temperaturen, die zur absoluten Schmelztemperatur im gleichen Verhältnis stehen, so daß weitgehende technologische Aehnlichkeit der Bewegungsvorgänge vorausgesetzt werden kann.

Der Punkt, in welchem die Gleithypothesen angegriffen werden, ist der: Wo nehme ich das zum Gleiten nötige Gefälle her? Im Unterbewußtsein spielen dabei immer Vorstellungen über Gefälle an der Erdoberfläche mit, wie sie zum Beispiel von Bergstürzen, Bergschlipfen etc. bekannt sind.

Es kommt hier darauf an, welchen Wert man der inneren Reibung zuzuschreiben hat.

Es ist sicher, daß die innere Reibung von der Geschwindigkeit abhängt, derart, daß sie bei kleinen Deformationsgeschwindigkeiten geringer ist als bei großen.

In dieser Beziehung sind die Untersuchungen Ludwiks an Zinn und Zink („Elemente der technologischen Mechanik") von großer Bedeutung. Es kommt besonders darauf an, ob in der Formel der Reibung nach der Deformationsgeschwindigkeit ein konstantes Glied enthalten ist oder nicht. Im ersteren Falle haben wir bei der Deformationsgeschwindigkeit 0 eine endliche innere Reibung, im anderen Falle ist diese 0-Reibung, wie wir sie nennen können, selbst 0.

Ludwiks Versuche bei gewöhnlichen Verhältnissen haben durch Extrapolierung allerdings einen positiven Reibungswert bei der Deformationsgeschwindigkeit 0 ergeben, er hatte aber nur einen Bruchteil der Größe bei höheren Geschwindigkeiten. Leider müssen wir noch einer größeren Reihe von Versuchen, insbesondere solcher bei hohen Temperaturen entbehren.

Gerade für die Verhältnisse der kristallinen Mobilisierung glaube ich aber mit sehr geringen Werten der 0-Reibung rechnen zu dürfen, da sich da immer Körner finden dürften, die, in Umlagerung begriffen, gern bereit sind, auch den leisesten Anstößen nachzugeben.

Wir wollen nun geradeso wie früher auch für die Gleithypothesen den Spannungszustand untersuchen.

Vorausgesetzt sei also eine Scholle auf der Erdoberfläche, letztere habe eine gewisse Neigung gegen die Niveaufläche, an jedem Teilchen der Scholle greift die Schwerkraft an, außerdem an der Unterfläche die Reaktionskräfte. Ferner entstehen bei jeder Bewegung Reibungskräfte.

Diese Kräfte erzeugen einen Spannungszustand in der Scholle, der besonders in den tieferen Teilen der Scholle von einem hydrostatischen nur wenig abweichen wird, abweichen im wesentlichen so weit, daß die Horizontale und Vertikale als Gleitfläche nicht in Betracht kommen.

Der Spannungszustand ist also um die Vertikalachse rotationssymmetrisch, alle Flächen mit Ausnahme der obengenannten zeigen Scherkräfte in der Richtung ihres Gefälles.

Welche Flächen können nun zum Gleiten kommen?

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Wir können uns bei der Untersuchung auf den Vertikalschnitt beschränken, der durch die Richtung des größten Gefälles der Erdoberfläche gelegt ist. Alle Flächen, die steiler stehen als die Erdoberfläche, schneiden in den Erdkern ein. Bei Bewegung an ihnen muß also gegen die Reaktionskräfte des Untergrundes Arbeit geleistet werden; sie fallen daher nicht unter die möglichen Gleitflächen.

Es bleibt als möglich nur das Bündel Ebenen, das zwischen der Horizontalen und der Neigung der Erdoberfläche liegt.

Von diesen ist die Horizontale die Fläche mit der geringsten Scherkraft, nämlich von der Größe 0, mit wachsender Neigung wächst die Scherkraft, da wir immerhin eine kleine Abweichung vom hydrostatischen Zustand angenommen haben. Die parallel zur Erdoberfläche laufende Gleitfläche wird daher die größte Scherkraft aufweisen. Diese Fläche ist also die wahrscheinliche Scherfläche.

Es ist ein Vorzug der Gleithypothesen vor den anderen, daß die Länge der Gleitfläche keine Rolle spielt. Natürlich ist die Parallele zur Erdoberfläche auch hier die längste Fläche, die Reibungssumme an ihr die größte. Aber im selben Maße wachsen auch die aktiven Kräfte, da ja ober der längeren Fläche mehr schwere Masse liegt als über einer kürzeren.

Es ist also auf diesem Wege möglich, sich die Massenbewegung vorzustellen unter einem Beanspruchungszustand, der kein anderer ist als der, unter dem die Erdkruste immer steht. Die Verhältnisse in der Natur werden von diesem idealen Bilde natürlich abweichen. Wir können nicht überall gleiche Gefällsverhältnisse voraussetzen, auch werden die Reibungen an der Unterlage nicht überall gleich sein. Es werden daher Beanspruchungszustände auftreten, die von dem skizzierten abweichen, insbesondere werden Längsspannungen auftreten, die die Unterschiede ausgleichen, die in den einzelnen Stellen zwischen Reibung und der Längskomponente der Schwerkraft vorhanden sind. Doch sind diese Größen in dem Falle Differenzen, sie sind also klein im Vergleich zu den Längsspannungen, wie sie die Kontraktionshypothese fordert.

Für die Untersuchung, wie sich die Geschichte des Spannungszustandes beim Auftreten solcher Unregelmäßigkeiten gestaltet, wollen wir zunächst annehmen, daß die 0-Reibung den Wert 0 hat. Dann ergibt sich die bemerkenswerte Tatsache, daß der weitere Vorgang ein selbstregulierender ist. Ein jedes Auftreten von solchen „abnormalen" Längsspannungen führt sofort zu der Ausbildung steilstehender Gleitflächen, nach denselben Grundsätzen, wie wir sie eingangs abgeleitet haben, der Gesteinskörper schwillt an, so lange, bis die Gewichtsbeanspruchung an der Stelle die Größe erlangt hat, daß jene Längsbeanspruchung sich ihm normal einfügt. Nach dieser Anschauung kann es in einem derartigen Gestein auf die Dauer überhaupt keinen anderen Beanspruchungszustand geben als den durch das Gewicht bedingten, eben weil sich das Gewicht anpaßt. Es sind das Zustände, wie sie zum Beispiel in einem Gletscher verwirklicht sein dürften.

Es ist dies die Anschauung vom vollkommenen „Fließen des Gesteins". Wenn wir auch nur für Gesteine, für welche die 0-Reibung verschwindet, annehmen können, daß sich der Beanspruchungs-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

zustand einer Flüssigkeit in ihnen einstellt, so weicht der Bewegungszustand eines Gesteines, in dem diese Forderung nicht vollkommen erfüllt ist, doch nicht weit vom Bewegungszustand einer Flüssigkeit ab. Denn wenn in einem derartigen Gesteinskörper eine Längsspannung auftritt, die mit seiner Gewichtsbeanspruchung nicht im Einklang steht, so ist diese entweder klein und tritt nicht in Erscheinung, oder sie ist größer, dann treten aber wahrscheinlich wieder die steilen Gleitflächen auf, es kommt wieder zu einem Schwellen und dadurch zu einem wenigstens teilweisen Angleich an den Schwerebeanspruchungszustand, wir haben also auch dann im wesentlichen denselben Bewegungsvorgang, den wir für ein reibungsloses Gestein gezeichnet haben. Nur in Grenzfällen kann eine solche Längsspannung eine Gleitbewegung selbst hervorrufen. Wenn nämlich die Unterlage der Scholle nahezu die Neigung hat, die zu einem Gleiten genügt, dann kann es sein, daß durch das Hinzutreten geringer Längsbeanspruchungen diese Gleitfläche zur wahrscheinlichen wird. Leider ist es aber ganz aussichtslos, diese Fälle von solchen unterscheiden zu wollen, bei denen schon von vornherein die nötige Neigung vorhanden war.

Diese Ueberlegung ist aufgestellt für solche Längsspannungen, die durch Unregelmäßigkeiten der Reibung und des Gefälles entstanden sind. Natürlich gilt sie aber auch für Fälle, wo eine Kraft von außen einwirkt, wie zum Beispiel in neuerer Zeit von dem Einfluß eindringender Magmenkörper behauptet wird. (Walter Penck.) Wenn wir einem solchen Eruptivkörper die Fähigkeit zur Kraftausübung zuschreiben, so ist höchst wahrscheinlich, daß der daraus entstehende Bewegungsvorgang derart sein wird, daß zunächst in der Umgebung des Herdes ein Anschwellen des Gesteines erfolgen wird, bis das Gefälle soweit gewachsen ist, daß ein Abfließen erfolgen kann. Es wird daher ein Hauptkriterium einer solchen Krafteinwirkung eines Magmas sein, daß in seiner Umgebung eine Zone der Schwellung zu finden ist.

Ich stehe also weitgehend auf dem Standpunkt, daß der Bewegungsvorgang der Gesteine ein „Fließen" sei, selbst wenn der Spannungszustand sich mehr oder weniger von dem einer Flüssigkeit unterscheidet.

So wäre die Ansicht vom Gleiten der Gesteine eine ideale Vorstellung für die Bildung eines Gebirges, es bleibt aber immer, auch wenn man die Reibungsgröße als sehr niedrig annimmt, die Frage nach der Ursache der Entstehung des nötigen Gefälles bestehen.

Die Versuche, diese Ursache aufzudecken, sind mannigfach, sie zeigen bisher alle den gemeinsamen Zug, das Gefälle durch Deformation des Erdkörpers zu erstellen, entweder durch tektonische Deformation oder durch thermische Ausdehnung.

Ich möchte hier darauf hinweisen, daß auch der andere Weg gangbar ist, ein Gefälle kann auch entstehen durch Deformation der Niveauflächen bei ungeänderter Gestalt der Oberfläche, eine Deformation, die man sich zum Beispiel durch Verlagerung von Massen im Erdinnern erklären könnte.

Allerdings ist man auf Grund der derzeitigen Messungen geneigt, dem Geoid recht schlichte Formen zuzuschreiben.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Ich möchte hier aber auf eine Bedingung hinweisen, die, gleichgültig ob es sich um Deformation der Erdkunde oder des Geoids handelt, erfüllt sein muß. Die Neuangleichung der Erdoberfläche an die Niveaufläche muß, wenn Gebirgsbildung stattfinden soll, lieber durch Horizontalverlagerung als durch Vertikalverlagerung erfolgen. Also muß entweder das isostatische Verhalten der beteiligten Teile der Erdkruste ein sehr träges sein, die Gebirgsbildung wäre dann mit zwei Forderungen belastet, erstens die Verstellung und zweitens die Forderung der isostatischen Trägheit, oder die Entstehung des Gefälles muß derart sein, daß ein isostatischer Angleich überhaupt nicht eintreten kann. Letzteres ist zum Beispiel der Fall bei den Erklärungen, welche das Gefälle durch thermische oder kristalloblastische Ausdehnungen entstehen lassen.

So gut die einfachen Gleithypothesen die Einzelerscheinungen erklären können, so erwecken sie doch aus verschiedenen Ursachen, deren wir später noch kennen lernen werden, ein unbefriedigendes Gefühl mangelnder Leistungsfähigkeit.

In ganz ähnlicher Ueberlegungsweise wie Ampferer (Mitt. d. Geol. Gesellsch., Wien, 1920, S. 150) kommt man daher zu den Vorstellungen, die Notwendigkeit einer „Landtrift" anzunehmen, Vorstellungen, wie sie insbesondere von Wegener in seiner Hypothese über Kontinentalwanderungen ausgebaut sind.

Wenn ich im folgenden für diese Hypothesen eintrete, so möchte ich von vornherein meine Zustimmung zu ihnen abgrenzen. Eine wesentliche Vorstellung erscheint mir der Gegensatz zwischen mächtigen salischen Kontinentalmassen und den Ozeanen mit Salmangel. Ich halte es aber für eine überflüssige Belastung der Hypothese, völlige Freiheit der Urozeane von salischer Bedeckung zu verlangen, meiner Ansicht nach dürften im Ausgangszustand alle Uebergänge von der Mächtigkeit der damaligen Kontinentalscholle zu der Mächtigkeit 0 oder einer Minimalmächtigkeit vorhanden gewesen sein. Auch für die Sekundärozeane kann eine salische Bedeckung von wechselnder Mächtigkeit ganz ruhig angenommen werden, ohne den Vorstellungswert zu ändern, diese dürfte dann aus dem Sockel der darübergeglittenen salischen Scholle stammen.

Die zweite wichtige Vorstellung ist die Möglichkeit der Wanderung dieser Kontinentalschollen mit ihrer Bedeutung für die Gebirgsbildung.

Es ist die Behandlung der Wegenerschen Hypothese im Rahmen dieser Studien allerdings dadurch erschwert, daß sie bis jetzt hauptsächlich kinematisch durchgearbeitet ist, ihre Dynamik ist sehr unentwickelt.

Welche Leistungen hat die Anschauung von der Landtrift vor den übrigen voraus?

Sie liefert einmal die Möglichkeit eines außerordentlich leistungsfähigen Vorganges.

Eine Gebirgsbildung ist im allgemeinen ein Arbeitsvorgang, Kraft mal Weg.

Nun haben sich die meisten Gebirgsbildungshypothesen mit der Beschaffung der Kraft befaßt, weniger mit der des Weges, sind haupt-

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

sächlich dynamisch vorgegangen nicht kinematisch. Nur die Kontraktionshypothese hat den umgekehrten Weg beschritten, sie hat die Bewegungsvorgänge untersucht, ohne sich genauer mit der Möglichkeit der Kraftwirkung auseinanderzusetzen.

Nun stehe ich nach dem vorhergegangenen auf dem Standpunkt, daß die zu einer Gebirgsbildung gehörige Kraft im entsprechenden Maßstab gemessen, durchaus nicht so groß ist, daß es schwierig ist, sich Vorgänge vorzustellen, die solche Kräfte hervorbringen; schwierig ist es aber, solche Kräfte ausfindig zu machen, die auch die nötige Arbeitsfähigkeit haben, also solche, die auch bei einer bedeutenden Bewegung des von ihnen betroffenen Körpers aufrecht bleiben.

Im allgemeinen verändern Kräfte ihre Größe, wenn ihr Angriffspunkt sich verschiebt; sehr häufig tritt der Fall ein, daß sie kleiner werden, bei einer Verschiebung des Angriffspunktes in ihrem Sinne. Es gibt nun in diesem Verhalten der Kräfte außerordentlich viele Abstufungen, man denke nur einerseits an die Schwerkraftfelder, die auf Verschiebungen des Angriffspunktes auf hunderte von Kilometern nicht mit wesentlicher Aenderung der Kraft antworten, anderseits an die sogenannten Reaktionskräfte, wie zum Beispiel den Druck eines Widerlagers, der schon bei einer Bewegung, die nach Millimetern gemessen wird, auf 0 sinkt.

Wenn man nun aus der kinematischen Erkenntnis der Fernüberschiebungen unter den zur Verfügung stehenden Kräften zu wählen hat, wird man zu solchen greifen, die genügende Arbeitsfähigkeit haben.

Hierin zeigen die verschiedenen Hypothesen ganz verschiedene Eignung.

Als kinematisch durchgearbeitete Hypothese steht da die Kontraktionslehre recht gut da. So unmöglich uns die Kraftwirkung selbst erscheint, ein genügender Wirkungsbereich läßt sich recht ansprechend erweisen. Denn die Kraft sinkt erst auf 0, wenn die Verkürzung des Erdumfanges das der Verkürzung des Erdradius entsprechende Maß erreicht hat, etwa das 6fache desselben. Und da die Annahme einer genügenden Verkürzung des Erdradius in der Größenordnung 100 *km* scheinbar keine Gedankenschwierigkeiten macht, erscheint eine genügende Reichweite der Kraft gesichert.

Schlechter sind hierin die anderen Hypothesen daran, die sich hauptsächlich mit der dynamischen Seite befaßten, so insbesondere die Gleithypothesen, so ansprechend sie in ihrem Kräfteplan sind.

Der Arbeitsbereich der Kraft, die Schubweite ist hier vollkommen von der Länge der Gefällsstrecke abhängig; sobald die Schubscholle den Gefällsbereich verlassen hat, ist auch die Kraft auf 0 gesunken. Nun ist die Vorstellungsmöglichkeit einer Gefällsstrecke, aus der ein Gebirge hervorgehen soll, immerhin beschränkt, da man sonst zu Abweichungen der Erdoberfläche vom Geoid kommt, die besonders im Hinblick auf die Isostasie schwer haltbar sein dürften. Die normalen Gleithypothesen leiden also unter mangelhafter Arbeitsfähigkeit.

Demgegenüber hat die Vorstellung von der Landtrift den Vorteil außerordentlich großer Arbeitsfähigkeit.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Als kinematisch entstandene Hypothese hat sie ja die Vorstellungen der Wanderung der Schollen unter ihren Grundlagen, Wanderungen, die über wesentliche Teile des Erdumfanges hinweggehen. Es ist außer jeder Frage, daß diese Bewegungen weitaus ausreichend sind, alle Schübe, die wir zur Erklärung des Baues unserer Gebirge benötigen, ausreichend zu decken.

So steht diese Hypothese kinematisch günstig da. Ueber ihre Dynamik ist bis jetzt noch nicht viel festgelegt. Wir können hier im wesentlichen 2 Kraftgruppen erkennen, die zur Erklärung der Landtrift herangezogen werden, Unterströmungen und Kräfte, die aus der Erdrotation entstammen.

Ich habe gegen die Unterströmungshypothesen schon meine Bedenken vorgebracht und werde mich hier also mit der letzteren Gruppe beschäftigen. Es sind jedenfalls Kräfte, die ihre Ursache im Unterschied zwischen salischer Scholle und dem Gebiete des Salmangels haben, genauer gesagt darin, daß die leichtere Scholle über die schwerere hinausragt. Die Kräfte können daher nur in diesem Ueberstande der salischen Scholle angreifen, ihr Angriffsbereich ist allseitig unstetig gegen die Umgebung abgegrenzt.

Die Folge davon ist, daß diese Kräfte sich nicht im Kraftfeld der Umgebung ausdrücken, sie können daher auch nicht durch eine isostatische Deformation ausgeglichen werden. Die Schwierigkeit, die aus dem betreffenden Absatz für die Gleithypothesen herauszulesen ist, gilt also für diese Hypothese nicht.

Dadurch, daß die horizontalen Kräfte nur im „Ueberstande" angreifen, erklärt sich vielleicht auch noch eine andere Eigenart der Gebirge, daß so häufig der Erdkruste gleichsam die Haut abgezogen und zum Gebirge zusammengefaltet erscheint, eine Erscheinung, die vielleicht doch nicht bloß in der verschiedenen Festigkeit der höheren und tieferen Krustenschichten begründet ist, sondern darin, daß auch die Kraft nur an den höheren Schichten angriff, die tieferen nur durch Reibung mitnahm.

Dabei ist für diese Kräfte unsere aufgestellte Forderung des differentiellen Angriffes erfüllt, die Bewegungsformen werden sich so abspielen, wie sie für die Gleitungen aufgestellt wurden.

Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, daß diese Darlegung nur für die Annahme gelten, daß es aus der Erdrotation stammende Kräfte sind, die die Bewegungen hervorrufen, daß sie für die Unterströmungshypothese also nicht in dem Sinne gelten.

Ueber die Art dieser Kräfte ist noch nicht viel gearbeitet worden, grundsätzlich möchte ich über deren Wirkung soviel aussagen, daß wir in der Erdgeschichte scheinbar 2 Phasen unterscheiden müssen: Eine der Sammlung der salischen Kruste auf einer Seite der Erde mit weitgehender Verdünnung bis vielleicht zum vollkommenen Schwund auf der Gegenseite. Auf diese Erscheinung scheint mir insbesondere die allgemeine Faltung der ältesten Schichten der salischen Scholle hinzuweisen. Eine zweite Phase scheint wiederum auf gleichmäßige Verteilung des Sals hinzustreben, wenn dies auch bis jetzt nur unvollkommen erreicht ist.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Mit Hinblick auf diese Erscheinung stehe ich der Pickeringschen Ansicht durchaus nahe, daß diese Erscheinungen vielleicht mit der Geschichte des Erdmondes in Zusammenhang stehen, daß die Salansammlung auf einer Erdseite aus der Zeit stammt, wo die Erde Birnenform hatte, aus deren Uebertreibung die Ablösung des Mondes stammt. Die entstandene Umlaufsdifferenz hatte nun die Folge, daß der Mond später nicht mehr als ein wenn auch abgetrennter Teil der Birne wirkte, damit verlor auch die Birnengestalt der Erde ihre Bestandfähigkeit. Da infolge der großen Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde ihre Lage zu den Einflüssen des Mondes sehr rasch wechselt, läßt sich erschließen, daß derzeit nur eine rotationssymmetrische Gestalt der Erde den Gleichgewichtsbedingungen genügt, nämlich eine, bei der auch alle Dichtigkeitsgrenzen Rotationskörper, Rotationsellipsoide sind. Dies fordert aber auch eine gleichmäßige Verteilung des Sals über die ganze Erde. Und die Annäherung an diesen Gleichgewichtszustand begreifen wir eben als die „tektonische Geschichte".

Daß dieser Vorgang sich unstetig abspielt, ist in den Ungleichmäßigkeiten des Sals, vielleicht auch noch in anderen Ursachen, wie Polschwankungen, begründet.

Eine andere Leistung der Landtrift ist, daß sie auch Vorstellungen über die tektonischen Entblößungen gibt. Ampferer hat auf die notwendige Forderung hingewiesen, daß für jede tektonische Verlagerung eines höheren Teils der Erdkruste auch der entsprechende Untergrund zu „versorgen" ist, daß über seinen Verbleib Vorstellungen gemacht werden müssen. Besonders empfindlich dagegen sind die reinen Gleithypothesen, bei denen ein jeder Abschub eine Entblößung von der Weite des Schubes schafft, die nachzuweisen wohl in den meisten Fällen unmöglich ist. In der Anschauung von der Landtrift finden wir diese Entblößungen versorgt, sie erscheinen gesammelt als Sekundärozean hinter der wandernden Scholle.

Rechnet man dazu die anderen Leistungen der Hypothese, insbesondere die Befreiung von den Landbrücken, die, aus zoogeographischen Gründen gefordert, immer das Kopfschütteln der Tektoniker erregten, so sehen wir eine Vorstellungswelt, die gerade den Bedürfnissen der Forscher, deren Aufgabe es ist, die Vorstellung von Fernüberschiebungen zu vertreten, in einer Weise entgegenkommt, daß sie unbedingt ihre größte Teilnahme verdiente.

Von einer derartigen Anteilnahme ist aber bis jetzt wenig zu sehen. Und selbst dort, wo, wie es zum Beispiel Kossmat in seiner Arbeit über Schweremessungen und junge Faltengebirge tat, Schollenwanderungen angenommen werden, wird die andere notwendige Voraussetzung, die Vorstellung isolierter Salschollen in einer Umgebung mit Salmangel, doch nicht anerkannt. Diese Forderung ist aber unerläßlich, da sich sonst die „Stoffbilanz" des Vorganges nicht aufstellen läßt, die Gebirge viel größer ausfallen müßten. Es müßte ja das Gebirgsvolum dann gleich sein dem ganzen Querschnitt der Salscholle mal der Verschiebungsweite, eine kleine Verschiebung müßte schon zu einem ansehnlichen Gebirge führen.

Die Beachtung, die diese Hypothese bis jetzt erfuhr, beschränkte sich auf der Seite der Geologen hauptsächlich auf eine Bekämpfung.

©Geol. Bundesanstalt, Wien; download unter www.geologie.ac.at

Mich erinnert diese Behandlung sehr an die Zeit, da es galt, zur Frage der Fernüberschiebungen Stellung zu nehmen. Auch wir brachten gegen sie eine große Anzahl Gründe vor, von denen ein jeder genügt hätte, um diese Hypothese zu erledigen, und doch mußten wir erkennen, daß entweder diese Gegengründe sich nicht gegen den Kern der Anschauung wandten oder daß wir das Gewicht der Gründe falsch eingeschätzt hatten.

Dabei war ein Großteil unserer Argumente durchaus nicht falsch, es zeigte sich aber, daß die Widersprüche sich durch größere oder kleinere Aenderungen der Hypothese aufheben ließen; diese Arbeit hat ja eigentlich auch den Zweck, einen derartigen Ausgleich zu bewirken.

So wird derzeit die Hypothese Wegeners von vielen Geologen mit schwerem Geschütz angegangen, doch möchte ich darauf hinweisen, daß die meisten dieser Gegengründe die Anwendungseinzelheiten betreffen, und hier hat Wegener in seiner Erklärungsfreudigkeit vielleicht zu reichlich Anlaß gegeben.

Und so schwer diese Gründe auch sind, so weiß ich nicht, ob sie ausreichen, die Hypothese zu stürzen.

Denn die Belege Wegeners, die Höhenverhältnisse der Erdkruste, die magnetischen Erscheinungen, die Ergebnisse der Untersuchungen über die Erdbebenwellen sprechen doch eine gewichtige Sprache. Die auffallenden Züge in der Begrenzung der Kontinentalmassen fordern eine Erklärung. Und der Gedanke, daß ein paar genaue Gradmessungen genügen können, um alle Gegengründe zu werfen, hätte doch Kober hindern sollen, die Hypothese in einer derartigen Weise zu behandeln, wie er es im „Bau der Erde" tat.

Recht schwerwiegend erscheint mir auch, daß die meisten Geophysiker diesen Anschauungen recht wohlwollend gegenüberstehen.

Derzeit gewinnt man bei diesem Kampf die Anschauung, daß weder die Hypothese selbst, noch die Gegengründe genügend durchgearbeitet sind, um eine Abwägung zuzulassen. In einem solchen Zeitpunkt kann die Beachtbarkeit einer Hypothese nur nach ihrer heuristischen Leistung bemessen werden und diese ist hier für die Tektonik, wie ich mich im Vorhergehenden zu zeigen bemüht habe, wirklich eine ganz bedeutende.

Es ist ja der Zweck der Arbeit, zu zeigen, daß die bisherigen Anschauungen über Gebirgsbildung unzulänglich sind, daß insbesondere ein Beharren bei der Kontraktionslehre unmöglich ist. Vielleicht bietet die Lehre von der Landtrift einen Weg, um zu befriedigenden Vorstellungen auch des Großvorganges der Gebirgsbildung zu gelangen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt

Jahr/Year: 1922

Band/Volume: 72

Autor(en)/Author(s): Schmidt Walter

Artikel/Article: Ueber Gebirgsbildungshypothesen 1-18