

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern
Band: 3 (1946)

Artikel: Probleme der Gebirgsbildung
Autor: Günzler-Seiffert, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-319427>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.11.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

H. Günzler-Seiffert

Probleme der Gebirgsbildung

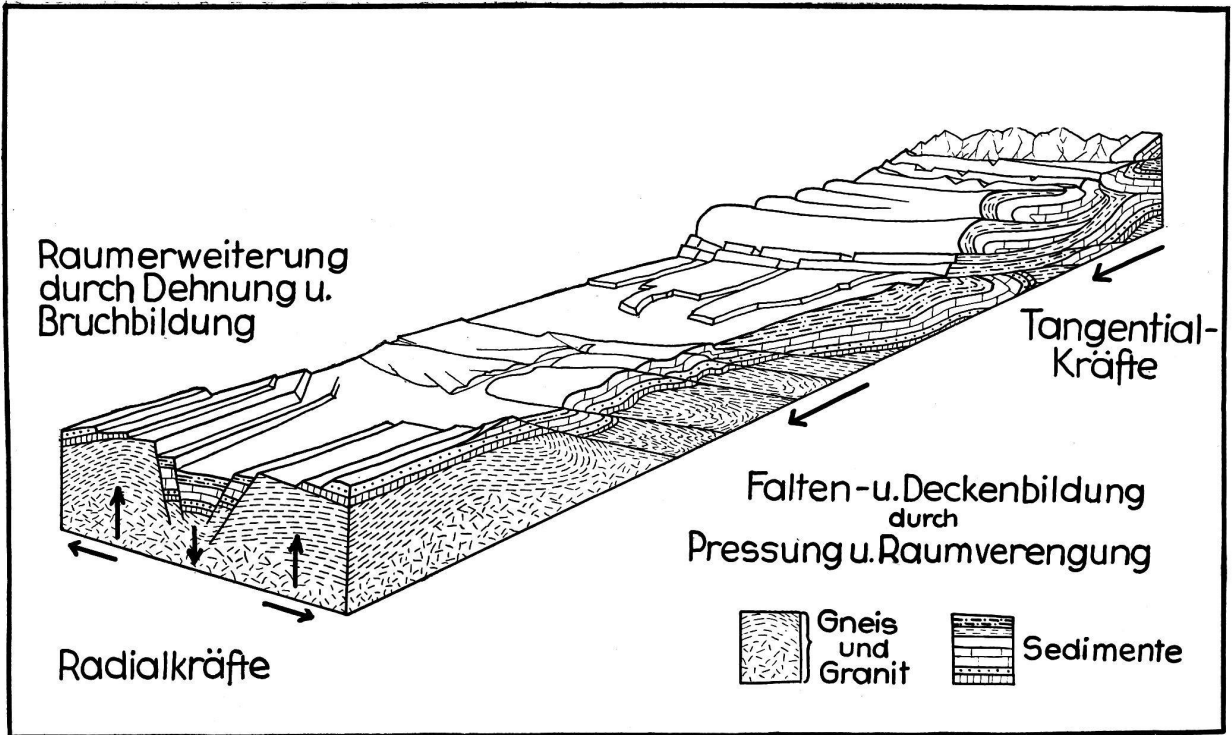
Antrittsvorlesung, gehalten am 2. Dezember 1944.

Gebirge sind Aufragungen der Erdkruste, die ausser einer gewissen und recht wechselnden Höhe auch eine beträchtliche Längserstreckung aufweisen müssen, um in geographischem Sinne als Gebirge zu gelten. So sind etwa der Uetliberg bei Zürich oder der Gurten bei Bern wohl überragende Aussichtspunkte und aus der Masse der Molasse herauspräparierte Einzelberge, Gebirge aber sind sie nicht.

Anders der Jura und vor allem die Alpen. Sie entstanden nicht durch die auswaschende und abtragende Wirkung von Flüssen und Gletschern, wie die Berge des schweizerischen Mittellandes, sie verdanken den geheimnisvoll wirkenden Erdinnenkräften ihr Dasein und werden in geologischem Sinne Falten- und Deckengebirge genannt, Bezeichnungen, die sich aus den auftretenden Strukturen ergeben, seien es Gewölbe, liegende Falten oder übereinander gepackte Gesteinsdecken.

In diesem Zusammenhang mag es nicht überflüssig sein, den Nichtfachmann darauf aufmerksam zu machen, dass unsere heutigen Gebirge meist aus Schichtgesteinen bestehen, entweder ganz, wie der Jura, oder zum Teil, wie die Alpen. Schichtgesteine aber sind überwiegend alter Meeresschlamm, der sich in weiten Becken abgelagert hat und bei seiner Entstehung horizontal gelegen haben muss, wie jeder Niederschlag, den man im Becherglas des Laboratoriums herstellt. Die primäre Schrägstellung in Küstengebieten ist meist gering und unschwer am Wechsel der Gesteinsarten zu unterscheiden.

Wenn also in Gebirgen bruchzerrissene, aufgerichtete, gefaltete oder zu Gesteinsdecken verschuppte Schichten auftreten,



Figur 1.

dann ist die Schlussfolgerung ebenso einfach wie unwiderlegbar, dass hier Kräfte besonderer Art Verstellungen und Aufwölbungen, Verschuppungen und Faltung verursacht haben, und weiter ist leicht einzusehen, dass diese Kräfte dem Erdinnern entstammen.

Seit den frühesten Tagen wissenschaftlicher Geologie weiss man, dass zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Kräften wirken (vgl. Fig. 1). Erstens kennt man den in Richtung parallel zur Erdoberfläche wirkenden Tangentialdruck, der die Gewölbe, Falten und Deckenbildungen verursacht, zweitens lassen sich senkrecht dazu andere Kräfte unterscheiden, welche die Schichten der Erdkruste zerbrechen und gegeneinander verstellen, sei es nach aufwärts oder abwärts. Bewirken Tangentialkräfte eine Raumverengung, so umgekehrt Radialkräfte zumeist eine Dehnung und Raumerweiterung. Dass zwischen diesen Extremen jede Möglichkeit der Kombination mit Scheer- und Torsionswirkung besteht, sei hier nur angedeutet.

Die erste Denkgrundlage für die Einteilung in faltende und zerrende Kräfte war die, dass unser Planet sich abkühlt und schrumpft: Kontraktions-Theorie. Der äussere Gesteinsmantel wird der Erde zu weit und legt sich in Falten, weil er freischwebend über dem Kern nicht ausdauern kann. Dort aber, wo Faltung unwirksam ist, brechen Schollen nieder, sie bewegen sich in Richtung des Erdradius dem Erdmittelpunkt ein Weniges entgegen. Musterbeispiel für diese Ueberlegungen waren unsere Alpen mit ihren Strukturen als Stauungsregion, mit der Poebene und grossen Teilen des Mittelmeeres als niedergebrochenem Rückland.

Im Laufe der Zeit musste diese einleuchtende, aber zu einfache Konzeption ergänzt werden, denn schon vor bald hundert Jahren hatten amerikanische Gelehrte gefunden, dass in Gebirgen die Gesteinsfolge wesentlich lückenloser und mächtiger ist, als in den umgebenden Flachländern, es bestehen Mächtigkeitsunterschiede, die in die tausende von Metern gehen. So enthält der unterste Jura oder Lias des Juragebirges 30 m an Schichten, im Berner Oberland sind es bereits etwa 200 m, und im Wallis und Graubünden mehr als 2000 m. Dabei ist der Gesteinstypus gerade dort nicht so abwechslungsreich, wie im Juragebirge, sondern eine monotone Schieferserie, die etwa aus Flyschgebieten hinreichend bekannt sein dürfte.

Die Zufuhr von Material ins Meer solcher Schiefer muss demnach während langer geologischer Zeiten gleichartig und gleichmässig gewesen sein, und trotzdem muss stets das gleiche Milieu eines flachen Meeres geherrscht haben, ohne dass es zugeschüttet worden wäre. Diese verblüffende Tatsache ist nur so zu erklären, dass der Meeresboden entsprechend seiner Belastung durch Schlamm immer wieder sank, und zwar durch Jahrhunderttausende hindurch.

Solche Sammeltröge von Schichtmaterial geben zu erkennen, dass die Gebirgsbildungen nicht ein kurzer revolutionärer Vorgang sind, sondern die Folge von Entwicklungen während ganzer geologischer Zeiten, und weiter zeigen sie, dass nur sie die Geburtsstätte von Kettengebirgen sein können. Dazu kommt weiter, dass sie nicht örtlich begrenzt auftreten, sondern den ganzen Erdball umkränzen, und zwar in relativ schmalen, lang sich hinziehenden Streifen. Diese Tatsache lässt sich aus jeder geographischen Weltkarte herauslesen, denn „alpines“ Gebirge ist nicht auf die Alpen beschränkt, es umsäumt nach Westen mit Apennin, Atlas und der Betsischen Cordillere Spaniens das westliche Mittelmeer. Nach Osten umfasst es die Karpathen, dann die Dinarischen Alpen und die kleinasiatischen Gebirgsketten, welche nach Persien streichen. Weiter säumt die ehemalige alpine Geosynklinale die Tiefebene von Indien in den Hochgebirgen des Himalaya, um endlich über Burma in die gebirgige Inselwelt zwischen Asien und Australien einzumünden, von wo aus sie den Pazifischen Ozean umgürtet.

Schon beim flüchtigen Betrachten fällt der schlängelnde Verlauf der Kettengebirge auf, und weiter das Vorhandensein von ungefalteten Klötzen zwischen den Gebirgsgirlanden, sei es nun die Tief-Ebene Ungarns oder ein Hoch-Land, wie Tibet. Selbst Meeresbecken können die Funktion solcher sogenannter Zwischengebirge ausüben (lit. 12), wie die Adria zwischen Dinarischen Alpen und Apennin, oder das westliche Mittelmeer inmitten der Gebirge des Apennin, des Atlas und der südspanischen Ketten. Andere Gebiete dagegen, wie z. B. das französische Zentralplateau, die Vogesen und der Schwarzwald, dazu die grosse Masse von Böhmen und Mähren wirkten offensichtlich als Widerstände, über welche die leichter beweglichen Regionen nicht hinwegkamen, und die sie nicht umgehen konnten. Es gibt

also auf der Erde weite, unbewegliche oder immobile Regionen und schmale, bewegliche oder mobile Zonen (lit. 14), nämlich die Geosynklinalen.

Was nun die immobilen Teile betrifft, so verraten ihre geologischen Strukturen, dass es sich um ehemals gefaltete und längst wieder abgetragene Gebirge handelt. Sie gehörten bei der alpinen Faltung schon der Vergangenheit an, es sind Gebirgsrümpfe, oder, wenn sie wieder aufragen: Rumpfgebirge.

Seit der Zeit, da Schichten in der Erdkruste die erste Fülle von Lebensformen darbieten, seit dem Kambrium also, unterscheidet man mehr als 20 Perioden der Gebirgsbildung, die sich in vier Grossperioden aufteilen lassen (vgl. Tafel 1). Das sind:

1. Die kaledonische, mit den Gebirgen von Schottland und Skandinavien, um nur den europäischen Anteil zu nennen.

2. Die variscisch-herzynische, deren bekanntester Strang von Wales über Südengland durch Belgien und das Ruhrrevier führt, um über Schlesien nach Polen weiterzuziehen.

3. Die mesozoische, deren Auswirkung sich im Westen der Neuen Welt und im Nordosten von Asien am meisten bemerkbar macht, während in Europa nur die kimmerische Halbinsel (= Krim) stärker betroffen wurde.

4. Die alpine, die in den erdballumschlingenden, jungen Kettengebirgen ihren Paroxysmus bereits überschritten hat und durch ihre Zeit der Vereisungen gegangen ist, die aber weit davon entfernt bleibt, beendet zu sein, sonst wären unsere Berge nicht mehr so hoch, wie sie tatsächlich sind. Vielmehr haben die abtragenden Kräfte noch lange zu tun, die immer wiederholten Hebungen zu überwältigen.

Gehört somit die alpine Region noch heute zu den mobilen Erdrinde-Streifen, so bilden die Schauplätze älterer und eingeebneteter Gebirgsbildungen die immobilen Partien der Erdkruste. Sie sind versteift und einer weiteren Faltung unzugänglich geworden, weil sie bereits einmal gefaltet waren. Das möge aus dem Vergleich mit einem Wellblech erhellen, welches schräg oder senkrecht zu seiner Faltungsrichtung andere Deformationen als Zerschneidungen kaum erlaubt, dagegen in der alten Biegerichtung wohl angegriffen werden kann, wenn auch nur in bestimmtem Ausmass.

Die Tatsachen mögen durch diesen Vergleich wohl einigermaßen umrissen sein, das Problem dagegen ist damit noch nicht erfasst, denn die Frage drängt sich fast unwillkürlich auf, und sie steht offen, warum bestimmte Streifen der Erdrinde gerade dort mobil sind oder waren, wo sie heute liegen (vgl. Tafel 1).

Im Falle des Pazifischen Ozeans oder des Polarmeeres wissen wir, dass die Geosynklinalen ein Meeresbecken umkränzen; was Nordamerika betrifft, so legen sie sich unmissverständlich um einen Kontinent als Kern. In Europa ist bei gutem Willen das gleiche Prinzip wieder zu erkennen, wenn auch weniger deutlich, denn hier waltet das Wachsen von Nord nach Süd auffällig vor, ein Wachsen, das den uralten Kern von Finnland, Skandinavien und der russischen Tiefebene durch Gebirgsstreifen vergrösserte und mit kleineren alten Massen verband.

Anders dagegen Asien, dessen grösste Kernregion im östlichen Sibirien liegt und schon am Ende des Erdaltertums durch den Ural mit Europa verschmolz. Dadurch wurde die später folgende alpine Gebirgsbildung gezwungen, sich südlich an die entstandene Grossmasse Eurasiens anzulagern, ohne zu einer Umschlingung zu gelangen.

Betrachtet man nun auch die Südkontinente, dann ergibt sich, dass Südamerika nur im Norden und Westen Gebirge jüngeren Alters aufweist, Afrika hat den Atlas im Norden und das Kapgebirge im Süden, und endlich Australien enthält Gebirge nur im Osten. Ein kontinentumschlingender Gebirgskranz besteht demnach nirgends, er wird dazu erst, wenn man sich die Erdteile der südlichen Hemisphäre zur Einheit zusammengeschoben denkt.

Diese Tatsache mag für den auf einer Forschungsreise in Grönland gestorbenen Alfred Wegener der erste Anstoss zu seiner Kontinental-Verdriftungs-Theorie gewesen sein, sie wurde zudem dadurch unterstützt, dass die Ostküste von Südamerika in ihrer Linienführung der Westküste von Afrika entspricht, mit andern Worten, wenn man Südamerika gegen Afrika schiebt, dann passen beide recht gut aneinander (lit. 16).

Daraus wurde im Laufe der letzten 30 Jahre die Theorie entwickelt, dass alle Kontinente ursprünglich eine einzige grosse Landmasse bildeten und im Laufe der Erdgeschichte auseinanderdrifteten. Der Kern der Theorie liegt in der Tatsache, dass die Kontinente aus leichten Gesteinen bestehen, wie Kalken, Sand-

steinen, Tonschiefern und vor allem aus Graniten. Die Ozeanböden dagegen weisen schwere Gesteine auf, etwa vom Typus der Basalte. Daraus entstand die Annahme, die Kontinente könnten Eisbergen gleich im oberflächlich erstarrten Basalt schwimmen und durch Kräfte der Erdrotation, wie Polflucht und Westdrift bald einander nahe kommen, bald ferner voneinander liegen, im ganzen aber beim Wandern vom Pol zum Aequator die Meere zwischen sich einengen, so dass ihr Inhalt an Schichtgesteinen zusammengeschoben, gefaltet und geschuppt wird, bis er endlich als Gebirge dem verdrängten Meer entsteigt.

Der Glaube an diese Theorie wurde stark gestützt durch unmögliche Annahmen, welche ihre Gegner, die Anhänger der Kontraktionstheorie machten. Besonders bot die Behauptung manche Angriffsfläche, die Erdkruste bilde um den schrumpfenden Kern ein Gewölbe, welches, ehe es niederbreche, zuerst einmal den Gewölbedruck auf bestimmte Regionen übertrage, nämlich die Geosynklinalgebiete, welche durch diesen Druck zu Gebirgen sich falten sollten. Eine derartige Konzentration der Kräfte auf die langhinziehenden Streifen der Kettengebirge und vor allem die Uebertragung der unvorstellbar grossen Kräfte durch Kalotten aus irdischen Gesteinen, wie Kalken, Tonschiefern, Sandsteinen, ja selbst Graniten, ist unmöglich, da schon vor Beginn des Faltungsprozesses die ganze Erdkrustenhaube in Trümmer und Splitter gehen müsste.

Ein andersartiges, aber ebenfalls schwerwiegendes Argument war die Besiedelung der Kontinente mit Landtieren und Pflanzen, weil sie eine Verbindung nicht nur von Norden nach Süden verlangt, wie sie heute vorwiegend vorhanden ist, es muss zudem auch eine E-W-Verbindung bestanden haben mit der Möglichkeit freier Bewegung von Pflanzen und Tieren. Die Anhänger der alten Schrumpfungstheorie waren daher gezwungen, sogenannte Brücken-Kontinente anzunehmen, die wie Platos sagenhaftes Atlantis auftauchten, um die Wanderung der Lebewesen zu ermöglichen und untergingen, ohne deutliche und deutbare Spuren im Antlitz der Erde zu hinterlassen.

Am wahrscheinlichsten ist heute noch eine einstmalige Verbindung zwischen Asien und Nordamerika an Stelle der heutigen Beringstrasse, denn die jetzige grösste Tiefe übersteigt 90 m nicht und wird zudem von den Diomedesinseln unterbrochen. Eine

Brücke zwischen Nordamerika und Europa ist ebenfalls noch vorstellbar über Grönland, Island und England, und zwar dort, wo heute die atlantische Schwelle das Polarmeer vom Atlantik trennt. Auf ähnliche Weise mag auch Asien mit Australien durch die heutige Inselwelt von Niederländisch-Indien verbunden gewesen sein.

Hingegen zeigt die Kontinentalmasse von Südamerika, Afrika und Indien keine Spur einer Brücke, und doch muss eine Verbindung vom einen zum anderen geführt haben, denn nicht allein die Schichtgesteine sind einander erstaunlich gleich, und es sind Festlandsablagerungen, selbst die Flora der Vergangenheit ist so gleichartig, dass man seit dem berühmten Wiener Geologen Eduard Suess von einem Gondwanaland redet, welches von Indien bis nach Australien und gegen Westen über Afrika nach Südamerika gereicht haben soll. Auch hier sind es wieder die Südkontinente, welche einer einfachen Einsicht widerstehen, auch hier bietet scheinbar die Wegenersche Theorie die einzig plausible Lösung, um durch ein einstiges Beisammensein der Kontinente die Hypothese der Brückenkontinente überflüssig zu machen.

Lassen die Tatsachen auf der südlichen Halbkugel unseres Erdballs die Begeisterung für diese Theorie begreiflich erscheinen, wir Bewohner der nördlichen Halbkugel haben allen Grund, ihr skeptisch gegenüberzustehen, obgleich viele Tektoniker von heute sich nur schwer von ihr werden trennen können. Warum sollten Kontinente von den Polen her nicht gegeneinander prallen und den schichtigen Inhalt der Mittelmeere zwischen sich zu Gebirgen auspressen, wie zwischen den Backen eines Schraubstocks ein Bleiklotz ausquillt?

Aber es gibt nicht nur mittelmeerisch orientierte, West-Ost verlaufende Gebirge. Die Nord-Süd verlaufenden Ketten im Westen von Amerika verlangen gleichfalls Einordnung in die Theorie. Weil hier ein Gegenkontinent als Widerlager oder Gegenspieler nicht in Anspruch genommen werden kann, musste der Pazifikboden dessen Rolle übernehmen, als bewegende Kraft wurde die sogenannte Westdrift aller Erdteile angenommen.

Diese Westdrift sollte durch die Bewegung von Grönland gegen Nordamerika bewiesen sein, doch wehrt sich die Geodäsie dagegen, da sämtliche Angaben über gemessene Verdriftungsgrößen

im Rahmen der möglichen Messfehler liegen und deshalb keinerlei Beweiskraft besitzen (lit. 10). Geophysikalische Gründe kommen hinzu, so dass heute selbst ein leidenschaftlicher Anhänger Wegeners wie Rudolf Staub in Zürich, von der Westdrift der Kontinente abrückt (lit. 13). Trotzdem hält er an der Nord-Süd-Bewegung (= Polflucht) der Kontinente fest, um die alpine Gebirgsbildung zu erklären.

Hiergegen ist einzuwenden, dass der Vorgang des Zusammenpralls von Nord- und Süd-Kontinenten nicht nur zur Zeit der Alpenentstehung stattgefunden haben kann, falls man diese Erklärung für die Gebirgsbildung für richtig hält, sondern dass, wie schon gesagt, seit dem Kambrium vier grosse Gebirgsbildungsperioden in mehr als 20 Unterperioden unsere Erde heimsuchten (lit. 14). Es ist aber recht unwahrscheinlich, dass die Kontinente, nachdem sie durch Gebirge an ihren Rändern vergrössert worden waren, stets wieder in die gleiche Ausgangsstellung an den Polen zurückkehrten, um auf gleiche Art und mit immer dem gleichen Erfolg wieder gegen einander zu driften.

Weiter erweisen die sehr einlässlichen Berechnungen der Geophysiker (lit. 9), dass die tatsächlich vorhandenen Polfluchtkräfte viel zu klein sind, um Schollen von der Grösse unserer Kontinente in Bewegung zu bringen, geschweige denn Widerstände zu überwinden, die sich im Untergrund der Mittelmeere befinden. So wird denn die Zeit nicht mehr fern sein, in welcher die Anhänger der Verdriftungstheorie ihre faszinierenden Ideen aufgeben müssen. Was aber ihre Hypothese ersetzen wird, ist eine andere Frage, denn neue Erfahrungen auf dem Gebiet des Gebirgsbaus zwingen zu neuen Konzeptionen und revolutionieren das geologische Denken ebenso stark, wie die täglich neuen Tatsachen, die von den übrigen Naturwissenschaften verarbeitet werden müssen. Sollte trotzdem die alte Schrumpfungstheorie in Ehren bleiben, dann müsste sie sich sicher verschiedene Ergänzungen und Modifikationen gefallen lassen.

Dazu gehören vor allem die in den letzten Jahren als wahrscheinlich erwiesenen Strömungen im Untergrund.

Die Ausströmungen von glühendem Gesteinsbrei aus Vulkanen belehren uns, dass unter der festen Gesteinsrinde unseres Planeten Zustände herrschen, die wir im Laboratorium nur scheinbar nachahmen können. Das wird daraus ersichtlich, dass dieser

Gesteinsbrei, das Magma, nicht allenthalben flüssig sein kann, denn die Erdbebenwellen geben zu erkennen, dass abgesehen vom allerinnersten Kern der Erdball sich elastisch verhält wie Stahl.

Und doch muss unter der zugänglichen Kruste ein Zustand bestehen, auf welchen die Bezeichnung „flüssig“ zutrifft. Dafür sprechen folgende Gründe:

1. Reagiert die Erdkruste auf den Durchgang des Mondes mit einer kaum merklichen, aber doch erkennbaren Ebbe und Flut, zwar unendlich viel schwächer, aber immerhin gleich wie das Meer.

2. Lehren schon seit langem die Petrographen, dass die Trennung von leicht und schwer, die Mischung von warm und kalt in Konvektions-(=Ausgleichs-)Strömungen unter der Erdkruste erfolgt.

3. Lässt die Lagerung der Gesteine an der Oberfläche auf Strömungen in der Tiefe schliessen.

Eines der überzeugendsten Beispiele für die letzte der drei Angaben ist der Rheintalgraben zwischen Basel und Frankfurt, begrenzt im Westen von Vogesen und Hardt, im Osten von Schwarzwald und Odenwald. Die flankierenden Gebirge enthalten Granit und seine Derivate, nach aussen legen sich Schichtgesteine aus dem Erdmittelalter an (vgl. Vorderseite von Figur 1), so dass der Querschnitt ein Gewölbe darstellt, von welchem der Schlussstein abgesunken ist und damit die heutige Rheinebene zwischen den Bergen bildet. Als Ganzes genommen ist der Graben und seine weitere Umgebung eine schildförmige Aufwölbung, deren Hochregion infolge von Ueberdehnung riss, eine lange und schmale, Nord-Süd verlaufende Scholle wurde zwischen Brüchen frei und sank. Gerade dieses Absinken aber dürfte den flüssigen Zustand des Untergrundes beweisen, denn in ein festes Medium hätte eine Oberflächenscholle schwerlich eindringen können. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die Randregionen des Schildes durch vulkanische Erscheinungen mit Aufstößen von Gesteinsbrei markiert sind, begonnen beim Kaiserstuhl im Süden des Grabens selbst, weiter mit den Hegau-Vulkanen, dann in der Schwäbischen Alp mit dem Ries, im Nordosten des Schildes mit Basaltgängen bei Bayreuth, im Norden aber ausgezeichnet durch die erloschenen Vulkane der Rhön und des Vogelsbergs. Das Phänomen findet in den Maren der Eifel ein Ende, wie das Hans Closs in Bonn überzeugend gezeigt hat (lit. 6).

Von besonderem Interesse ist der Verlauf der Bruchregion an den Enden: Im Süden verbreitert sich das System aufsplitternd zwischen der Burgundischen Pforte im Westen und dem Gebiet von Rheinfelden-Säckingen im Osten. Im Norden geschieht ein Gleiches durch das Rheintal zwischen Mainz und Köln im Westen, während östlich die oberhessische Bruchregion bis zum Leinetal bei Göttingen die Aufsplitterung beweist.

Ganz ähnliche Verhältnisse bestehen, gleichfalls nach H. Closs, in Ostafrika, wo der abgesunkene Schluss-Stein eines Schildes durch die berühmten Seen von Niassa, Tanganjika, Eduard und Albert gekennzeichnet ist, die Höhe des Schildes jedoch den Viktoria-See trägt.

Weiter spiegelt das Rote Meer eine andere, durch Zusammenströmen von Magma im Untergrund verursachte Aufwölbung mit abgesunkenem Mittelstreifen. Hier besteht die grösste Aehnlichkeit mit dem Rheintalgraben, da die Bruchzone des Scheitels nach Norden in die Golfe von Suez und Akaba aufsplittert, während sie im Süden in den Golf von Aden und das Bruchgebiet von Somali einmündet.

Bei all diesen Beispielen fällt die beinahe streng eingehaltene Nord-Süd-Richtung auf, sei es in Europa, in Afrika oder auch in Vorderasien, wo das Jordantal und das Tote Meer in einem Bruchgraben liegen. Das soll nun nicht heissen, dass einzig Nord-Süd-Gräben oder -Brüche vorkämen, man kennt anders verlaufende Brüche als landschaftsbedingende Faktoren z. B. in Mitteleuropa, von wo der Begriff der bruchbegrenzten Mittelgebirge geradezu als *germanotyp* bezeichnet wird, im Gegensatz zu den *alpinotypen*, faltig gebauten Kettengebirgen. Immerhin kann es kein Zufall sein, dass gerade diejenigen Grabenbildungen Nord-Süd verlaufen, welche im Antlitz der Erde besonders stark ausgeprägt sind und eine eigene Art der Gebirgsbildung darstellen. Warum aber Magmamassen im Untergrund zusammenströmen und schildförmige Beulen bilden, so dass darüber die Erdhaut reissen muss, warum dieses Reissen nur in der Richtung Nord-Süd erfolgt, warum endlich die Beulen gerade dort auftreten, wo sie sind, das alles sind Probleme, welche man noch lösen muss.

Leichter erklärbar sind Wärme-Ausgleichsströmungen in den Randregionen zwischen Meeren und Kontinenten, da in der durchschnittlichen Tiefe der Meere von 4300 m eine Temperatur um

null Grad herrscht, während in der gleichen Tiefe unter den Kontinenten je nach Durchschnittshöhe und geothermischer Tiefenstufe sich Temperaturen zwischen 130 und 230 Grad errechnen lassen. Wenn dieses Temperaturgefälle bis in Regionen anhält, in denen Gesteine schmelzen — und es besteht kein Grund, diese Annahme zu bestreiten, — dann müssen Ausgleichsströme eintreten, deren Wirkung man an den Kontinentalrändern suchen muss, etwa in den Inselbögen Ostasiens, welche als werdende Gebirge dem Meere entsteigen, bekrönt von zahlreichen Vulkanen.

Wohl jede Gebirgsbildungstheorie hat dieses Beispiel für sich in Anspruch genommen, auf keine jedoch antworten diese Brandungsumspülten Cordillerengipfel so erfreulich, wie auf die Strömungstheorie. Dies um so mehr, als dort neuerdings Erdbeben festgestellt wurden mit Herdtiefen bis zu 600 und 700 km, und herrührend von scheerenden Bewegungen an Brüchen.

Abgesehen von der bisher niemals für möglich gehaltenen Tiefe sind diese Bruchbildungen u. a. auch deshalb von grundlegender und weittragender Bedeutung, als man noch zur Zeit von Albert Heim († 1937) die These verfocht, Kettengebirge mit Faltenstrukturen stünden unter Dauerdruck, der das Aufreissen von Bruchspalten erst erlaube, nachdem die Gebirgsbildung beendet und abgeklungen sei, im übrigen könnten die Brüche solcher Gebiete nur eine Angelegenheit der oberflächennahen Krustenteile unserer Erde sein, keinesfalls aber in grössere Tiefen reichen. Das Gegenteil ist schon seit einiger Zeit u. a. in der Coast Range von California erwiesen, wo man im Gebiet von San Francisco Bewegungen von Schollen noch heute beobachten kann und eine ganz junge Gebirgsbildungsphase nach der Typlokalität Pasadena benannt hat. Hier geht der Streit der Meinungen um die Frage, sind diese Bewegungen durch Strömungen im Untergrund bedingt, oder sind sie die Folge eines Ausgleichs von Spannungen am Rande eines Kontinentes (lit. 4 und 14). Wie dem auch sei, die Tatsache bleibt und ist wichtig, dass Brüche im Grenzgebiet zwischen Kontinent und Meer entstehen können und parallel zur Küstenlinie verlaufen.

Da dieser Gesichtspunkt helfen soll, gewisse Strukturen im Berner Oberland zu erklären, sei ein wenig weiter ausgeholt.

Wie schon gesagt, sind Geosynklinalen die Sammeltröge für die Sedimentmassen künftiger Gebirge mit absinkenden Trog-

böden. Mag dieser Vorgang auch ruckweise vor sich gegangen sein, wie Paul Arbenz, mein unvergesslicher Lehrer und Vorgesetzter schon 1919 nachgewiesen hat (lit. 3), im ganzen dauert das Absinken Jahrhunderttausende und wird deshalb von amerikanischen Geologen *h o m o g e n - m o b i l* genannt.

Im nordamerikanischen Geosynklinalgebiet des Westens, in der soeben genannten Coast Range konnte aber nachgewiesen werden, dass im Erdmittelalter ein ständiger Wechsel zwischen mächtigen Schlammablagerungen und Abtragung von Sediment stattfand, und dass weiter dieser Wechsel die Folge von bald Dehnung, bald Pressung in Verbindung mit Hebungen und Senkungen gewesen ist, dass also der Untergrund nicht *h o m o g e n - m o b i l*, sondern *h e t e r o g e n - m o b i l* war und ist (lit. 4).

Man glaubte lange, in Nordamerika das einzig unbestrittene Beispiel dieser Art zu besitzen. Nun gelang es aber in den letzten zehn Jahren, die gleiche Erscheinung in den helvetischen Decken unserer Schweizeralpen mit dem Kiental als Typlokalität festzustellen und nachzuweisen, dass es Brüche in dem gefalteten Deckengebiet gibt, deren Alter nicht mit der jugendlichen Entstehung des Gebirges übereinstimmt, sondern um Millionen von Jahren höher ist (lit. 7).

Diese Alt-Strukturen konnten trotz ihrer Ueberwältigung durch alpine Deformationen vom Wildhorn bis in die Zentralschweiz verfolgt werden, und immer wieder war ein Wechsel zwischen Ablagerung von Sediment mit nachheriger Wiederabtragung festzustellen auf eine Strecke von vorläufig rund 100 km im Streichen des Gebirges. Diese langandauernden und zeitraubenden Untersuchungen wurden mir drei Jahre lang ermöglicht durch die Stiftung zur Förderung der Wissenschaft an der Universität Bern, und später erlaubten Aufträge der Geologischen Kommission S. N. G., durch Kartierungsarbeiten im Kiental, die letzten Beweise für das Alter der Bruchregionen zu fixieren. Beiden Instanzen meinen Dank hier öffentlich auszusprechen, ist mir daher inneres Bedürfnis.

Durch die Feststellung eines Stückes alter und bisher unbeachtet gebliebener Geschichte innerhalb von jungen Strukturen erscheint der alpine Gebirgsbau in einem neuen Licht, denn das Spiel zwischen Dehnung und Pressung, zwischen Ablagerung und nachheriger Wiederabtragung (graphisch dargestellt in lit. 7 und

8), setzte bereits in der Jurazeit ein, für welche zwei verschiedene Phasen unterschieden werden können: die alt-kimmerische zwischen Bajocien und Callovien, und die jung-kimmerische oder nevadische an der Grenze zwischen Jura- und Kreidezeit.

Für die Kreidezeit ist die Einstufung ins Schema der Gebirgsbildungsphasen noch nicht beendet, da weitere Erfahrungen gesammelt werden müssen, besonders in den Grünsanden der mittleren Kreide, deren Fehlen an manchen Stellen (z. B. Dreispitz-West im vorderen Kiental) auf die austrische Phase schließen lässt. Das Vorhandensein von Seewerkalk in längsstreichenden Gräben, überdeckt von transgressivem Tertiär ist altbekannt und wurde schon immer für laramisch gehalten, ohne dass man bisher allerdings mehr als eine lokale Erscheinung in dem Phänomen zu sehen gewagt hätte.

Diese längsstreichenden Brüche, die derartige Vorkommnisse begrenzen, müssen zur Kreidezeit die gleichen gewesen sein, wie zur Jurazeit, die Zusammenhänge sind heute aber nur noch am Wildhorn einigermaßen gewahrt.

Endlich sei nochmals betont, dass die Brüche eine Richtung gehabt haben, welche den Verlauf der helvetischen Alpen vorausnahm, laufen doch die Spuren noch heute diesem Streichen parallel. Zudem sind sie zur Zeit der Faltenbildung, also zu Beginn der eigentlichen alpinen Gebirgsbildung echte Verwerfungen gewesen, deren Nordflügel grundsätzlich hochstanden, weil sie dem von Süden her wirkenden Tangentialdruck Widerstand boten und die werdenden Faltenstirnen zwangen, sich an ihnen emporzuwölben (lit. 7). Anders wäre unverständlich, dass Falten vom Wildhorn bis in die Ostschweiz aushalten, eine Tatsache, welche bereits im Jahr 1834 unser berühmter Bernhard Studer in seiner Geologie der westlichen Schweizeralpen feststellte, obgleich Abklingen oder Formwechsel bis zur Unkenntlichkeit wesentlich leichter vorstellbar wäre. Begreiflich wird aber das Aushalten durch die mechanischen Bedingungen, welche die altangelegten Brüche der Faltung vorschrieben.

Weil all dies sich aus den Strukturen unserer Kalk- und Schieferalpen herauslesen lässt, sind auch einige bedeutsame Schlussfolgerungen abzuleiten.

Zu diesem Zweck muss gesagt sein, dass die soeben als „Kalk-

und Schieferalpen“ bezeichneten Regionen vor dem eigentlichen Hochgebirge liegen und aus Gesteinsdecken bestehen, die nicht dort verwurzelt sind, wo sie sich heute ausbreiten. Sie stammen aus südlicheren Gegenden.

Das ist in aller kürzester Form der Inhalt der Deckenlehre, die in ihrem Tatbestand bis heute unerschüttert blieb. Einzig der Transport der Decken aus dem Gebiet südlich der jetzigen aar-massivischen Hochgebirge nach Norden hat Anlass zu Diskussionen gegeben.

Als man noch glaubte, breite Streifen der Erdrinde könnten Tangentialdruck übertragen, nahm man an, die Decken seien aus Falten entstanden und hätten mit ihren Gewölbeschenkeln von der Heimat im Rhein-Rhone-längstal bis an den Alpenrand gereicht, ja sie hätten tektonische Kräfte bis dorthin übertragen, also auf eine Entfernung, die für das Berner Oberland von Brig im Wallis bis Thun rund 50 km entspricht.

Die Uebertragung des Faltungsdrucks von Süd nach Nord auf eine solche Strecke ist in Anbetracht der Gesteine und der geringen Mächtigkeit der Decken an und für sich schon zweifelhaft, sie wird durch die neu gefundenen, längslaufenden Brüche völlig unglaubwürdig. Es sei aber darauf hingewiesen, dass bereits lange vor dem Nachweis solcher Brüche viele Geologen zu der Ueberzeugung gekommen waren, dass die alte Faltungshypothese nicht mehr zeitgemäss sei, sie suchten nach neuen Erklärungen für die Wanderung der als Decken bezeichneten Gesteinsfladen.

Seit 1907 vertritt Otto Ampferer in Wien die Meinung, dass Strömungen im Untergrund der Motor für alpine Bewegungen seien (lit. 1, 2) und er hat viele Anhänger gefunden. Später wollte Erich Haarmann in Berlin (lit. 11) die Gravitation in Anspruch nehmen, er postulierte tumorartige Anschwellungen im Untergrund der Alpen, an deren Hängen die Decken abgeglitten sein sollen. Beide Gelehrte waren sich darüber einig, dass Deckenbewegungen eine passive Reaktion auf aktive Vorgänge im Untergrund seien, und das ist der Teil ihrer Thesen, welchem man folgen kann. Ein weiterer Teil, der die Entstehung der Falten in Decken als Begleiterscheinung oder Folge ihrer Wanderung ansieht, kann nicht mehr als gültig angesehen werden, vielmehr ist dem die These gegenüberzustellen, dass die hauptsächlichsten und im Streichen lange aushal-

tenden Falten in ihrer Heimat entstanden und von dorthier mitgenommen wurden: sie sind transportierte Strukturen, wie das für einen Teil von ihnen im Glarnerland bereits Ampferer behauptet hatte.

Mit dieser Feststellung ist eine erste Schlussfolgerung auf die gebirgsbaulichen Zustände und Vorgänge in der Heimat der Decken gezogen und weitere sind möglich.

Schon angedeutet wurde, dass die Decken Heimat lange vor der Deckenbildung in Längsstreifen zerteilt war durch Brüche parallel zum Alpenstreichen. Diese Streifen müssen sehr beweglich sowohl nach aufwärts, wie nach abwärts gewesen sein, weil sie während des ganzen Erdmittelalters und noch viel länger mobil blieben. Woraus sich ergibt, dass die Brüche nicht nur die schichtigen Gesteine durchrissen haben, sondern tief darunter hinab in den kristallinen und gneisigen Untergrund reichten, auf welchem die Schichten sedimentiert waren. Erdbebenforschung und Erfahrungen aus anderen Gebieten bieten eine willkommene Bestätigung für diese These (Rheintalgraben, ostasiatische Inselbögen).

Die Frage, warum solche Brüche entstehen mussten, ist auf dem Wege der vergleichenden Tektonik zu beantworten.

Das Material der helvetischen Decken lagerte sich in seinen nördlichen Teilen noch ausserhalb der grossen alpinen Geosynklinale ab, es sind kontinentnahe Flachsee-Sedimente. Erst die südlichen Teile gehören der Geosynklinale an, die Bruchregion aber liegt zwischen beiden in der Trogwand des Sammelbeckens für die monotonen Schichtgesteine, demnach zwischen dem Kontinentalsockel (= Schelf) und dem ständig und ruckweise sinkenden Trogboden. Die Aehnlichkeit mit der Coast Range von Kalifornien ist augenscheinlich, sie wird mit Pasadena offenbar, sobald man den Abfall von Hoch zu Tief als tertium comparationis gelten lässt.

Damit erscheinen die Brüche in jedem der Fälle als die Folge eines Ausgleichs von Spannungen in oder nahe der Geosynklinal-Trogwand, in Kalifornien laufen sie der Küste parallel, im Berner Oberland parallel zur Kante des flachseeüberspülten Kontinentalsockels. Strömungen im Untergrund, welche den Trogboden der Geosynklinale nach unten zwangen, mögen den Wechsel von bald Dehnungs-, bald Pressungs-Effekt verursacht haben.

Zudem war im Berner Oberland die Willigkeit des Untergrun-

des beteiligt, für den man alte Deformationen annehmen darf, also das Wellblechprinzip, nach welchem in einer bereits benützten Biegerichtung weitere Bewegungen leichter stattfinden, als in anderen.

Diese Idee lässt sich ohne weiteres aus der Decken Heimat ableiten, aus dem kristallinen und vielfach gneisigen Aarmassiv zwischen den Hochgipfeln der Titlis-, Jungfrau- und Doldenhorngruppe im Norden und dem oberen Rhonetal im Süden.

Die tektonischen Linien sind dort durchgehend steilstehende Ausweichflächen mit alpinem Streichen und einer gewissen Bewegungsmöglichkeit nach aufwärts und abwärts, genau wie die alten Brüche in den helvetischen Kalk- und Schiefergebirgen es verlangen. Nur sind aus den wenigen Flächen der Vorzeit unzählig viele geworden als Folge alpiner Einengung. Nichts spricht dagegen, diesen Gebirgsteil als Heimat der Gesteinsmassen anzusehen, die heute als Decken und Schuppen nördlich davon liegen und ihren kristallinen Untergrund nach einem Akt der Abscheerungen verliessen.

Die Einengung erfolgte zuerst im Süden, wo bereits ein Deckenhaufen aus weiter südlich gelegenen Geosynklinalgebieten angelangt war, den Untergrund belastete und ihn mobilisierte. Zuerst reagierten die alten Brüche durch Aufsteigen ihrer Nordflügel, dann wurden die Südflügel hochgefaltet, gleichzeitig aber stiegen Kristallinlamellen aufwärts, zusammengedrängt durch Seitendruck von Süden her. Dadurch erfolgte eine Hebung, und zwar im Süden stärker, als im Norden, wodurch sich für den Deckenhaufen die Abgleitmöglichkeit nach Norden bot. Die neu entstehenden Decken aber wurden am Zerdriften gehindert durch das Ueberlagernde, sie blieben ein Ganzes, obgleich sie von Längsbrüchen durchzogen waren.

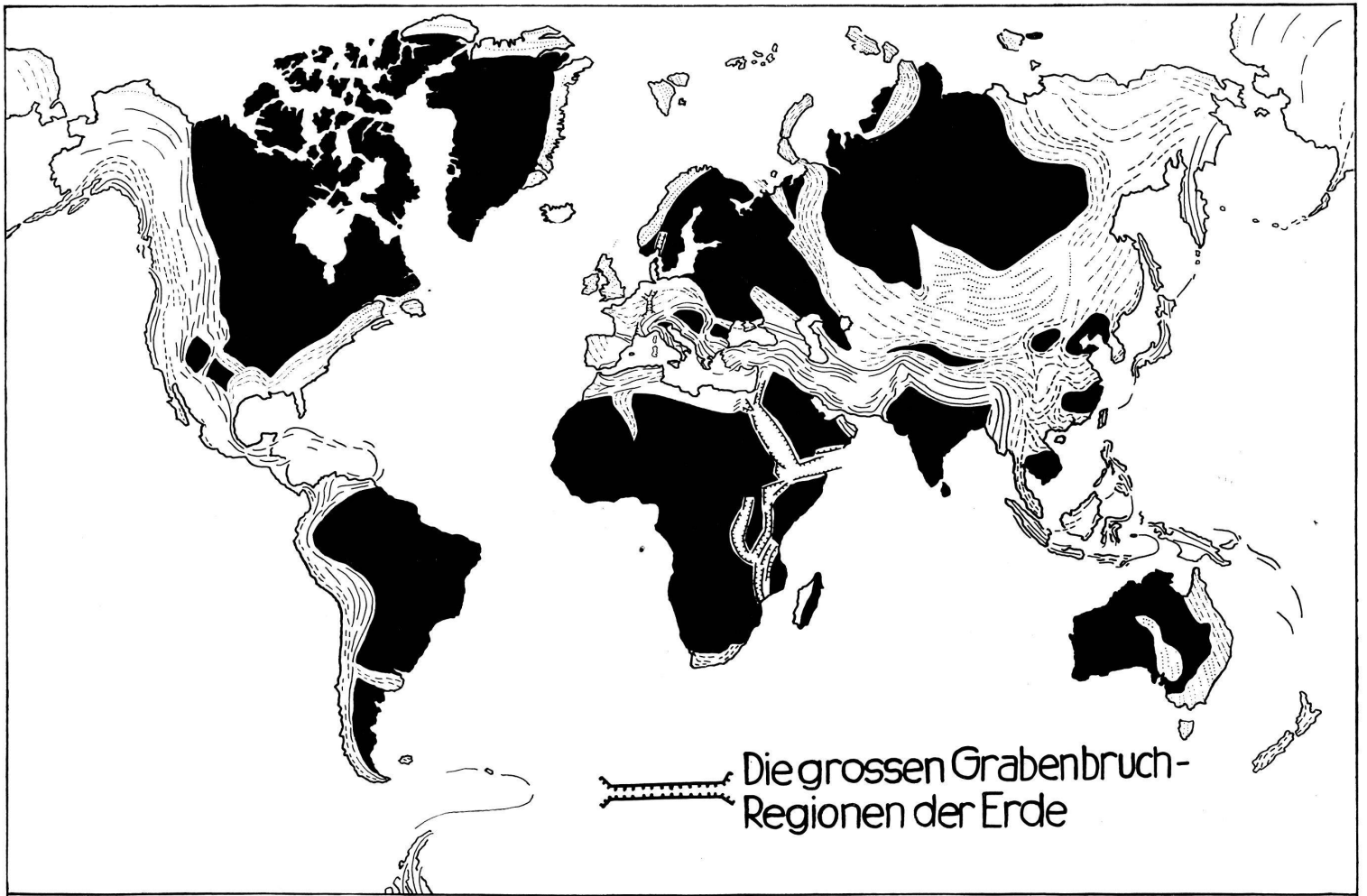
Es würde sich lohnen, die Gesamtheit der Vorgänge in einem Film festzuhalten, dazu aber genügt ein Einzelner nicht, die Entwicklung wurde daher in zehn Phasen aufgeteilt und in Tafel 2 wiedergegeben, beginnend mit der Faltung der Wildhorn-Decke in ihrer Heimat und endend mit ihrer mise-en-place im engeren Berner Oberland. Man erkennt, dass die wandernden Decken mit ihrer Last immer wieder einen Erdrindestreifen niederdrückten, dass unter gleichzeitigem Seitendruck Lamelle auf Lamelle des Untergrundes aufstieg, sie alle hoben die drückende Last. So

konnten die Decken nach Norden wandern und Heimat nebst Wanderweg ohne deckendes Sediment hinterlassen. Mögliche Reste wurden der Abtragung ausgesetzt und fielen ihr anheim. Diejenigen Teile jedoch, welche nicht nach aufwärts, sondern nach abwärts auswichen, gerieten in die Aufschmelzzone der Gesteine und nährten Konvektionsströme, welche im Untergrund den Seitendruck unterstützten. Den Anteil solcher Ströme auch nur annähernd abzuschätzen, ist bislang vollkommen unmöglich, man wird daher demjenigen kein durchschlagendes Argument entgegenhalten können, welcher behauptet, die Schrumpfung der Erde genüge vollauf, um das Zusammenknittern ihres Gesteinsmantels zu erklären, sobald für die Uebertragung der Kräfte nicht riesig lange und unmögliche Gewölbeschenkel von Falten verlangt werden, und man statt dessen den Tangentialdruck auf steilstehende Gesteinslamellen verteilt, welche sehr wohl verschoben werden können, wie ein Stoss aufrechtstehender Bücher, während die liegenden Bände beim gleichen Verfahren auseinander driften müssten und aufblättern.



Literaturverzeichnis

1. **Ampferer, O.** — Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. — Mehrere Fortsetzungen in: *Jahrb. geol. Bundesanstalt Wien*, 1923—1931.
2. — — Ueber einige Grundfragen der Gebirgsbildung. *Jahrb. geol. Bundesanstalt, Wien*, Bd. 87, 1937.
3. **Arbenz, P.** — Probleme der Sedimentation und ihre Beziehungen zur Gebirgsbildung in den Alpen. — *Vierteljahrsschr. natf. Ges. Zürich*, Bd. 64, 1919 (Heim-Festschrift).
4. **Bucher, W. H.** — *The deformation of the Earth's Crust. An inductive approach to the problems of diastrophism.* — Princeton University Press, 1933.
5. **Cloos, H.** — Einführung in die Geologie. Ein Lehrbuch der inneren Dynamik. — Bornträger, Berlin, 1936.
6. — — Hebung — Spaltung — Vulkanismus. Elemente einer geometrischen Analyse irdischer Grossformen. — *Geol. Rundschau*, Bd. 30, 1939.
7. **Günzler-Seiffert, H.** — Persistente Brüche im Jura der Wildhorn-Decke des Berner Oberlandes. — *Eclogae geol. Helvetiae*, vol. 34, 1941.
8. — — Ueber den Mechanismus einiger liegender Falten. — *Eclogae geol. Helvetiae*, vol. 37, 1944.

9. Gutenberg, B. — Handbuch der Geophysik, Bd. 3, Lfg. 1. — Bornträger, Berlin, 1930.
10. Guyot, E. — Contrôle géodésique de la théorie des translations de Wegener. — Ann. Guéhard-Séverine, vol. 10, 1934.
11. Haarmann, E. — Die Oszillationstheorie. Eine Erklärung der Krustenbewegungen von Erde und Mond. — Enke, Stuttgart, 1930.
12. Kober, L. — Tektonische Geologie. — Bornträger, Berlin, 1942.
13. Staub, R. — Die Gebirgsbildung im Rahmen der Erdgeschichte. — Verh. schweiz. natf. Ges. 1944.
14. Stille, H. — Einführung in den Bau Amerikas. — Bornträger, Berlin, 1940.
15. Umbgrove, J. H. F. — The pulse of the Earth. — Nijhoff The Hague, 1942.
16. Wegener, A. — Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. — 4. Aufl. Vieweg, Braunschweig, 1929.



Die Hauptfaltungsphasen der Erde

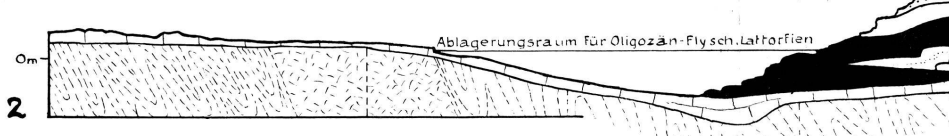
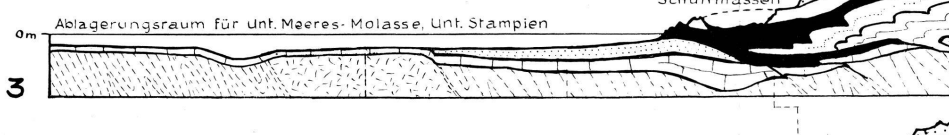
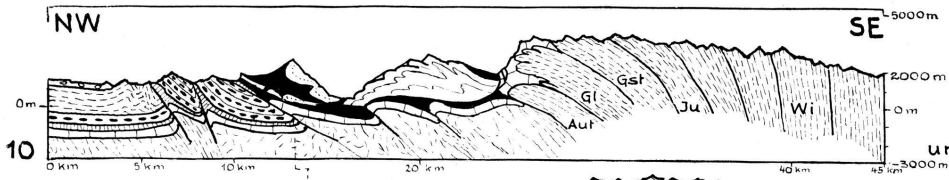
 Känozoisch
  Mesozoisch
  Variscisch
  Kaledonisch

 Präkambrisch

z.T. nach J.H.F. Umbgrove

Das Werden der Wildhorn-Decke im östlichen Berner Oberlande unter Anwendung der Gleitungs-Hypothese.

Von H. Günzler-Seiffert



Phase 1-3: Die Wildhorn-Decke entsteht nach Art autochthoner Falten u. Schuppen. Das Überlagernde:
 a. die präalpinen Decken
 b. das Ultrahelvetikum kann gleiten.

Phase 4-7: Die Wildhorn-Decke gleitet samt ihrer Überlagerung, gehoben und N-wärts getrieben von entstehenden Schuppen im autochthonen Untergrund.

Phase 8-9: Die Kreide trennt sich in passiver Tektonik vom Jura, sie wird gleitend und N-wärts überkippend von autochthonen Elementen des Untergrundes in aktiver Tektonik getragen und zur Aufbrandung auf Molasse gebracht.

Phase 7-10: Aktive Tektonik der Molasse, anfänglich in Verbindung mit isostatischer Senkung, die die Aufschiebung von Deckenmassen ermöglicht, später Hebung bei Überschiebungen und Nachdrängen der Wildhorn-Decke (in passiver Tektonik), die ihren Antrieb von S her erhält.

Molasse

- Tortonien
- Vindobonien
- Aquitanien
- Stampien
- Unter-Stampien

Autochthon

- Flysch
- Tertiär u. Mesozoikum
- Kristallin } herzynisch alpin metamorph
- Granit

Decken

- Breccien- u. Simmen-D.
- Klippen-D.
- Ultrahelvetikum
- Wildhorn-D. } Tertiär u. Kreide Jura

Wurzeln

- Wi Wildhorn-Decke
- Jungfrau-Lappen = Ju
- Gstellhorn-Lappen = Gst
- Gleckstein-Lappen = Gl
- Basales Autochthon = Aut nach Franz Müller

Später Unterlage von Molasse u. Helvet. Decken

Später Falten d. Autochthonen = Aut, Gl, Gst, Ju

Parautochthone Schuppen ev. Äquivalente von Doldenhorn-D., Diablerets-D. der Westschweiz

Wi Wildhorn-Decke Ultrahelvet

1953/54