

Spuren dieser Karte durch Piri Re'is erhalten seien, so ist eine solche Annahme doch sehr gewagt.

Die vielen Probleme der Darstellung im einzelnen können hier nicht erörtert werden. Schon die Lesung der türkischen Schrift, worin Kahle jedenfalls das Möglichste geleistet hat, bietet große Schwierigkeiten, wo es sich nicht um gebräuchliche türkische Wörter, sondern um Eigennamen handelt, die vom Zeichner vielfach mißverstanden oder entstellt wiedergegeben sind. Manche dieser Zweifel hat K. Kretschmer¹ in einer ausführlichen Besprechung¹ zu klären versucht. Im übrigen muß auf die Schrift von Kahle selbst verwiesen werden, wo die weitverzweigte Literatur zur Geschichte des Zeitalters der Entdeckungen mit gründlicher Sachkenntnis herangezogen worden ist. Die der Schrift beigegebenen Tafeln in Lichtdruck umfassen zunächst eine Wiedergabe der türkischen Karte in etwa $\frac{3}{4}$ des Originals und ein besonderes Blatt für den die Columbuskarte betreffenden Teil, eine Übersichtskarte der drei ersten Reisen des Columbus, die Toscanelli-Karte nach H. Wagner, die Kartenskizze nach Bart. Colombo 1503, ferner Ausschnitte aus den Karten von Juan de la Cosa 1500, Cantino 1502, Canerio 1504, Ruysch 1508, Waldseemüller 1516.

Nachdem inzwischen Kahle die Ergebnisse seiner Forschung auch in Geog. Review 1933 S. 621—638 zusammengefaßt hat, dürfen wir mit ihm hoffen, daß dadurch der in Aussicht genommenen großen Publikation, für welche eine Wiedergabe der türkischen Karte in Farben besonders erwünscht wäre, die Wege geebnet sind.

Ein Beitrag zur Frage der epiro- und orogenetischen Bewegungen.

Von Josef Keindl.

In den letzten Jahrzehnten ist die Erforschung der großen Bewegungen der Erdrinde doch um ein bedeutendes Stück weiter gekommen. So hat die Lehre von der Isostasie den fruchtbaren Gedanken von dem Streben nach dem Gleichgewicht des Druckes innerhalb der Erdrinde gebracht. Sehr wertvoll sind dann auch die Ansichten von O. Ampferer über Unterströmungen in einer tieferen zähplastischen Schicht, die Anlaß zu Hebungs- und Senkungsbewegungen geben. Alfred Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebungen gründet sich auf die Tatsache des Vorhandenseins einer Festlands- und einer davon merklich geschiedenen Tiefseetafel. Ausschlaggebend dafür war ferner die Erkenntnis

¹ Peterm. Mitt. 1934, S. 48 ff.

der Existenz der Sial- und Simamassen, die uns insbesondere als Gneise bzw. als basische Ergüsse bekannt sind, wodurch eine Bewegung der Festlandsmassen in einer Niveaufläche wahrscheinlich wurde. Die Deckenlehre und das Studium der in den Gebirgen vorherrschenden Bewegungsrichtungen hat ebenfalls wertvolle Aufklärungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung gegeben. Mit diesen Fragen haben sich zahlreiche Arbeiten beschäftigt, ohne dieses Gebiet auch nur annähernd erschöpfen zu können, was bei der Schwierigkeit des Problems auch nicht zu erwarten ist. Besonders die Theorie Wegeners hat eine riesige Zahl von Veröffentlichungen zur Folge gehabt, die sich mit ihr teils kritisch, teils weiterbauend beschäftigen. Die vorhin genannten Ansichten und Theorien geben für die folgenden Ausführungen, die sich mit epiro- und orogenetischen Bewegungen beschäftigen, die nötigen Grundlagen.

Es wird seit Airy allgemein angenommen, daß in einer obersten Zone der Erdkrinde, bis zu 120 oder wenigstens 60 km, seitliche Dichteunterschiede bestehen. Diese Zone ist nun aber die, die für die Krustenbewegungen, die wir auf der Erdoberfläche feststellen, in Betracht kommt.

Wie auch die Entstehung der Erde gedacht werden mag, das ist sicher, daß sich die junge Erde, deren Massen sich um den gemeinsamen Schwerpunkt sammelten und ihre Rotation erhielten, in chaotischerem, ungeordneterem Zustand befanden als jetzt. So konnten damals auch die Massen der Erdkrinde noch nicht den heutigen Gleichgewichtszustand erreicht haben. Es wird sich so wenigstens ein Teil der Sialmassen in dem Augenblick, als die äußerste Erdkrinde bereits erstarrt war, noch nicht an der Oberfläche befunden haben, sondern war noch in größerer Tiefe vom Sima eingeschlossen. Es ist unmöglich, daß sich bei der Erstarrung der obersten Erdkruste bereits eine völlig gleichmäßige, zonenweise Verteilung der Massen nach ihrem spezifischen Gewicht eingestellt hätte, da diese noch nicht einmal heute erreicht ist.

Auch aus dem folgenden Grunde ist es wahrscheinlich, daß leichtere Massen zur Zeit der Bildung der Erdkruste in schwerere eingesunken sind. Die meisten Gesteine der Erdkrinde haben im erstarrten Zustand ein größeres spezifisches Gewicht als im flüssigen. Während des Erstarrungsprozesses werden auch erstarrte Sialmassen, soweit deren spezifisches Gewicht es erlaubte, in flüssige Simaschichten eingesunken sein, ohne dabei zu schmelzen, da die Sialgesteine einen bei 200° höheren Schmelzpunkt besitzen. Auch dadurch konnte es also zu einer Durchmischung des Sima mit Sialmassen kommen, die nach Erstarrung des Sima Auftrieb bekamen. Andererseits erfordern, wie A. Stübel erklärt, die vulkanischen Ergüsse Einschlüsse von Simamassen im Sial.

Die ältesten Gneise und Granite schließen häufig ältere basische Intrusionen ein, so daß sich also in ihnen nachgewiesenermaßen Simamassen in sialischen befinden. A. Wegener wie auch Otto Ampferer¹ stellen sich Sial und Sima miteinander verzahnt vor. Daraus geht somit hervor, daß Sialmassen in Sima und Simamassen in Sial eingeschlossen sind, daß es also keine völlig reinliche und restlose Trennung gibt. Im folgenden wird aber auch noch dargetan werden, daß Sial und Sima selbst wieder auch nicht von völliger Einheitlichkeit sind, sondern daß es auch unter ihnen Unterschiede in der Dichte ihrer Massen gibt.

Die Scheidung der Massen der Erdkruste in Sial- und Simamassen ist infolge eines auffälligeren Dichteunterschiedes möglich. A. Wegener² mußte Sial und Sima einander schroff gegenüberstellen, um den grundsätzlichen Unterschied herausarbeiten und entsprechend begründen zu können. Er konnte damals noch keine Rücksicht auf Dichteunterschiede nehmen, die innerhalb des Sial und des Sima selbst bestehen. Neben diesem groben, sich leicht aufdrängenden Dichteunterschied bestehen aber, wie wir aus der Kenntnis der Gesteine der obersten Erdrinde wissen, kleinere, die sich ohne Zweifel auch in größeren uns nicht zugänglichen Tiefen bis zur isostatischen Ausgleichsfläche vorfinden. Die Schwereanomalien, die sich landschaftsweise beträchtlich ändern, weisen ebenso darauf hin, daß Unterschiede in der Zusammensetzung der Erdrinde nicht nur in vertikaler, sondern auch in horizontaler Richtung bestehen. Außer den Schwereanomalien lassen auch die magnetischen Anomalien Unregelmäßigkeiten in der Erdkruste erkennen, die in horizontaler Richtung wechseln. Man darf also sagen, daß innerhalb des Sial und des Sima Dichteunterschiede bestehen, die, wenn sie sich auch von einem Mittelwert nicht weit entfernen, doch von erheblicher Bedeutung sein können. Wahrscheinlich sind aber auch, wie schon ausgeführt, Sialmassen im Sima und umgekehrt eingelagert. Dadurch wird die gleichartige Zusammensetzung der Sial- und Simaschichten noch mehr gestört.

Wie uns ferner die vulkanischen Ergüsse lehren, kommt es in der Erdrinde vor, daß in Tiefen, wo sonst das Material fest ist, es auch geschmolzen, ja sogar leichtflüssig existiert. Wenn auch dieser Fall selten ist, so wird doch geschmolzenes Material in, wie vielfach angenommen wird, amorphem glasartigem Zustand viel häufiger vertreten sein. Dies führt uns ebenfalls dazu, daß innerhalb der Sialmassen das Material nicht überall von derselben Zähigkeit und Plastizität sein kann. Nach

¹ Otto Ampferer, Über Kontinentalverschiebungen. Die Naturwissenschaften, Berlin 1925.

² Alfred Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. 4. Aufl. Die Wissenschaft, Bd. 66. Braunschweig 1929.

A. Wegener ist das Sima plastischer als das Sial. Innerhalb der beiden Schichten sind aber wieder plastischere und weniger plastische Teile zu erwarten.

Nach Bridgman's Untersuchungen setzt das Sima der Kompression einen größeren Widerstand entgegen als das Sial. Das Sima ist also widerstandsfähiger gegen Volumsveränderung, das Sial aber gegen Formänderungen.

In der plastisch-zähflüssigen Erdrinde müssen sich auch diese kleinen Unterschiede der oben beschriebenen Art, wie sie im Sial und Sima vorkommen, in langen Zeiträumen auswirken. Die ganze Erdrinde macht die Rotationsbewegung mit, die keinerlei Veränderung hervorrufen würde, wenn diese wie ein absolut starrer Körper rotieren würde. Sie ist aber nur gegen kurz wirkende Kräfte vollkommen elastisch. Wenn sie sich aber gegenüber langdauernden Kräften plastisch genug verhält, müssen Veränderungen in der Massenverteilung der Erdrinde eintreten. Das Wesen der Plastizität besteht nun in einer mehr oder minder großen Fließfähigkeit. Die plastische Erdrinde ist daher als sehr zähe Flüssigkeit anzusehen. Je geringer die Fließfähigkeit eines Teiles der Erdrinde ist, desto mehr nähert sich diese dem absolut starren und vollkommen elastischen Körper. In der nicht absolut starren, sondern genügend plastischen Erdrinde muß es auch innerhalb homogen zusammengesetzter Rindenteile zu einer inneren Reibung kommen, da die fließfähige Erdrinde nicht einer idealen Flüssigkeit entspricht. Die plastischeren Massen müssen nun infolge der inneren Reibung mehr an Rotationsgeschwindigkeit einbüßen als die weniger fließfähigen. Es wird zu einer Strömung der plastischeren Massen relativ zu ihrer starrerem Umgebung kommen. Dabei muß zwischen den sich bewegendem Schollen gleitende Reibung eintreten, die die Rotationsgeschwindigkeit der schneller bewegten Massen verringert und die der langsamer bewegten erhöht. Die relative Bewegungsgeschwindigkeit wird dadurch ebenfalls vermindert. Die plastischeren Massen, die an Bewegungsgeschwindigkeit bereits verloren haben, können einen Druck auf andere weniger fließfähige Massen ausüben und dadurch auch diese zu einer relativen Bewegung bringen, die natürlich nur eine Abänderung der Rotationsbewegung ist. Es ist auch möglich, daß die plastischeren Massen durch die weniger plastischen aufgehalten werden oder daß sie an einer solchen Scholle zu beiden Seiten vorbeiströmen und diese in entgegengesetzter Richtung pressen.

Diese Veränderungen gehen, da die Erdkruste auch langdauernden Kräften gegenüber von geringer Plastizität ist, nur sehr langsam, wenn

auch ständig vor sich. Es wird durch solches Abwandern der plastischeren Massen, das anderenorts wieder ein Zuwandern ist, das Gleichgewicht einer Sial- oder Simascholle gestört werden, da sich die benachbarten plastischeren und starrereren Massen sicher auch durch ihre Dichte unterscheiden. Die daraufhin eintretende isostatische Bewegung wird naturgemäß zu einer langsamen Hebung oder Senkung führen. Durch wiederholte Veränderung der Dichte der Massen einer Scholle infolge Zubzw. Abströmens solcher leichterer und schwererer Massen müssen in einer Kontinentalscholle verschiedene Hebungen und Senkungen stattfinden. In Zonen, wo tektonische Bewegungen fast nicht auftreten, sind dagegen die Massen in der Tiefe offenbar sehr homogen und sehr wenig plastisch, während die große Beweglichkeit der Erdrinde an anderer Stelle wieder auf eine sehr ungleichmäßige Massenverteilung zurückzuführen ist, die gleichbedeutend ist mit der Anwesenheit besonders plastischer Massen neben sehr viel starrereren, d. h. sehr wenig fließfähigen.

Wenn es in ausgedehnten plastischen Rindenteilen auch genügend innere Reibung gibt und daher auch eine Einbuße an Rotationsgeschwindigkeit, so kann es doch innerhalb dieses Rindenstückes zu keinen Hebungen und Senkungen kommen, wenn es sehr homogen ist und nicht starrere mit plastischeren abwechseln. Es wird in diesem Fall nur zu einer relativen Bewegung dieses Rindenstückes zu anderen Schollen kommen können, wie weiter unten noch ausgeführt werden wird.

Die alten Tiefseeböden wie die des Stillen Ozeans haben eine größere durchschnittliche Tiefe als die jüngeren. Sie sind es, die, wie fast allgemein angenommen wird, infolge verhältnismäßig gleichförmiger Zusammensetzung aus schweren Massen ähnlich unverändert erhalten bleiben wie die großen Tafelländer. In sehr homogenen Gebieten wie Tafelländern und alten Tiefseeböden können also Hebungen und Senkungen wie auch die ursächlichen Strömungen nur in geringfügigem Maße auftreten. Dafür haben diese Rindenstücke eine relative Bewegung zu anders zusammengesetzten Rindenteilen und können unter Umständen einen Druck auf diese ausüben. Es sind also Bewegungen großer Schollen gegeneinander, wie sie A. W e g e n e r, R. S t a u b¹ und andere in ihren Theorien nachzuweisen suchen, anzunehmen.

Die jüngeren Meeresbecken, die ungleichmäßiger zusammengesetzt sein und auch leichtere Massen beherbergen dürften, können unter diesen Verhältnissen nach den obigen Darlegungen nicht so beständig und tief sein. Gleichmäßige Verteilung der schweren Massen, großes Alter und

¹ R. S t a u b, Der Bewegungsmechanismus der Erde. Berlin 1928.

Beständigkeit der Form gehören naturgemäß zusammen ebenso wie inhomogene Massenverteilung und Unbeständigkeit.

Da nun plastische Massen infolge der inneren Reibung dauernd etwas von ihrer Rotationsgeschwindigkeit einbüßen müssen, lassen sich die oben angeführten Sätze auch auf die Westtrift anwenden. Wenn nach A. Wegener das Sima plastischer ist als die Kontinentalmasse, muß das Sima mehr an Rotationsgeschwindigkeit verlieren als das Sial. Jenes wird daher nach Westen zurückbleiben. Wenn sich, wie im Fall Amerika—Alte Welt, eine Spalte gebildet und dazwischen Sima eingeschoben hat, muß der amerikanische Kontinent von den relativ gegen Westen zurückbleibenden Massen des Atlantik in dieser Richtung abgedrängt werden. Es handelt sich also bei der Westtrift Amerikas und Grönlands um eine relative Bewegung zur Alten Welt, wobei zu beachten ist, daß sie durch schnellere Abnahme der Rotationsgeschwindigkeit im Sima zustande kommt. Amerika und Eurasien bzw. Afrika haben ihre eigene Rotationsgeschwindigkeit; da sie sie langsamer einbüßen als das Sima, vermögen diese aber nicht in gleichem Maße dem Sima gegenüber durchzuhalten. Eurasien behält sie infolge seiner geschlossenen Masse, die auch die größere Trägheit besitzt, besser bei als Amerika und dieses bewegt sich daher relativ zu Eurasien nach Westen. Aus diesen relativen Bewegungen gehen neue hervor, die im folgenden behandelt werden.

Durch das Abrücken Amerikas von Europa-Afrika und die Abnahme des Abstandes der Westküste Amerikas von der Ostküste Asiens müssen Simamassen im Atlantik neu auftauchen, da ein seitliches Ausweichen in solchem Maße nicht möglich ist. Die Biegung der Südspitze Südamerikas nach Osten weist allerdings auf eine solche Strömung des Simas hin. Sie kann aber nur beschränkte Bedeutung besitzen. Wenn zwischen Europa-Afrika und Amerika eine Spalte entstand und hier Sima emporstieg, mußte dies, da es in Zonen kam, die vom Erdmittelpunkt weiter entfernt sind, durch die Corioliskräfte zurückgeworfen werden und nach Westen drängen. Sie müssen dadurch auf die Ostküste Amerikas einen Druck verursachen. Die auftauchenden Simamassen müssen eine Zufuhr von anderswo erhalten und der Theorie zufolge wird der Abstand zwischen Amerika und Asien in dem Maße vermindert, als der zwischen Europa und Amerika vergrößert wird. Es wird daher Sima unter Amerika in das atlantische Becken hindurch gepreßt. Dabei taucht Sima an der Westseite Amerikas in größere Tiefe und wird eine zu große Rotationsgeschwindigkeit mitbringen, damit also auf die Westseite Amerikas einen Druck ausüben. So wird dieser Kontinent von beiden Seiten unter Druck gesetzt. Da die Massen des Pazifik aus einem breiteren Becken

in das schmalere atlantische gepreßt werden, muß der Anstieg der Massen im Atlantik an Höhe den Abstieg im pazifischen Becken übertreffen. Nach Wegener sollen Amerika und Grönland eine Schwenkung ausführen, wobei der nördliche Teil die geringste, der südliche die größte Strecke zurückgelegt hat. Es ist naheliegend, diese beiderseitige Pressung des amerikanischen Kontinentalkörpers in Zusammenhang mit der gestreckten Gestalt Amerikas zu bringen, die ebenso wie bei Grönland bei dem am längsten bewegten Süden spitz zuläuft.

Da die nach Wegener weniger plastischen Massen Eurasiens infolge ihrer geringen Plastizität und großen Trägheit sich relativ zum Sima nach Osten bewegen müssen, wird das Sima des Stillen Ozeans durch Eurasien gezwungen, unterzutauchen oder zum Indischen Ozean abzufließen. Die untertauchenden Simamassen haben einen Geschwindigkeitsüberschuß und werden daher auf das im Osten befindliche Sima einen Druck ausüben, dagegen haben die Küsten Ostasiens Druckentlastung. Andererseits muß an den Küsten Europas Sima aufsteigen. Es bringt ein Minus an Rotationsgeschwindigkeit mit und bleibt daher zurück. Es hat also auch die Küste Europas Druckentlastung. Damit darf nun vielleicht auch die reiche Gliederung der europäischen und ostasiatischen Küste, andererseits die geringe Gliederung der amerikanischen, besonders der südamerikanischen Küste in Zusammenhang gebracht werden. Damit soll nicht gesagt sein, daß die Küstengliederung davon allein abhängt, der Aufbau der Kontinentalmasse ist natürlich wenigstens ebenso wichtig. Ein in vertikaler Richtung ganz ungegliederter Kontinentalblock, ein einheitliches Tafelland läßt auch keine horizontale Gliederung zu.

Die Pressung des Simas des Pazifik an der ostasiatischen Küste durch die Kontinentalmasse und die Druckentlastung infolge des Untertauchens der Simamassen zeigt sich in der lebhaften Erdbebenätigkeit dieses Gürtels besonders stark. Hier haben bekanntlich schon ganz außerordentlich beträchtliche Hebungen und Senkungen stattgefunden, die einen gewissen Höhepunkt bei dem Erdbeben um Tokio am 1. IX. 1923 erreichten. Nach diesem Erdbeben wurden in der Sagambucht von der japanischen Marine durch Lotungen Hebungen und Senkungen des Meeresbodens im Gesamtausmaß von 700 m festgestellt.

Die vorstehenden Erörterungen können auch zur Frage der Tiefsee-gräben etwas beitragen. Diese findet man immer in der Nähe von Festland, festlandsnahen Inseln oder wenigstens bei untermeerischen Rücken. Die tiefsten und meisten sind am Westrand des Pazifik vorhanden. Dort erteilt die Corioliskraft den absteigenden Simamassen eine Bewegung nach Osten, während sonst das Sima nach Westen zurückbleibt. Es muß

daher hier zu Grabenbildungen kommen, zu einem Auseinanderweichen innerhalb der Simaschollen. In einem solchen Graben muß nach dieser Erklärung eine Schwerekompensation nicht notwendig erfolgen, wie dies z. B. für den Tongrabben zutrifft. An der Westküste Amerikas rückt das absteigende Sima ebenfalls gegen Osten vor und trennt sich damit von dem gegen Westen zurückbleibenden Sima des übrigen pazifischen Beckens. An der Ostküste Amerikas hat das auftauchende Sima eine relative Bewegung nach Westen, die die des übrigen Simas übertrifft und also ebenfalls eine Grabenbildung herbeiführen kann.

Da das Sima sicher auch nicht wirklich homogen ist, werden die geschilderten Vorgänge im einzelnen noch verschiedenen Modifikationen unterworfen sein. Nach B. Gutenberg¹ wäre das Becken des Atlantischen Ozeans nicht zur Gänze mit Sima erfüllt, sondern bestände oben aus einer 20—30 km mächtigen Sialschicht. Wie dem auch sei, das Wesentliche der vorstehenden Ausführungen wird dadurch nicht berührt. Jedenfalls ist damit ein Weg gewiesen, auf dem sich wohl noch eine oder die andere morphologische Erscheinung wird aufhellen lassen.

Orogenetische Bewegungen.

Alle diese vorhin behandelten Bewegungen, die zu Hebungen und Senkungen in der Erdrinde führen, wirken langsam und ständig und in zu geringer Intensität, als daß sie im geologischen Sinne orogenetisch tätig sein könnten. Es handelt sich also um epirogenetische. Die bei den gewöhnlichen Kontinentalwanderungen tätigen Kräfte reichen nicht aus für orogenetische Bewegungen, wie sie die Kettengebirge widerspiegeln. Ganz anders verhalten sich die orogenetischen Kräfte. Diese sind anscheinend nicht ständig, sondern nur in rhythmischem Wechsel am Werk. Sie sind auch auffallend stark gerichtet, da die Falten- und Deckengebirge durchwegs entweder meridional oder annähernd dem Äquator der Entstehungszeit parallel verlaufen. Bei den Faltengebirgen übertrifft auch immer die Längs- die Breitenerstreckung ganz bedeutend. Otto Ampferer² suchte den Nachweis zu erbringen, daß „weder die Anordnung, die Linienführung, die Verzweigungen, die Umbeugungen, noch auch die innere Struktur der Gebirge die Annahme gestatten, daß dieselben Randerscheinungen von viel ausgedehnteren Schollen sind, welche sich gegenseitig verschieben“ (S. 597). Er kommt zu dieser Erkenntnis: „Die Faltengebirge müssen wesentlich als Streifen eigener Entstehungskräfte verstanden werden...“ (S. 597).

¹ B. Gutenberg, Der Aufbau der Erde. Berlin 1925.

² Otto Ampferer, Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. Jahrbuch der geologischen Reichsanstalt. Wien 1906.

Die Ansammlung großer Sedimentmassen zeigt, daß die Faltengebirge in Gebieten gebildet werden, wo die Erdkrinde sehr beweglich ist. Der Faltungsvorgang kann nicht wie die epirogenetischen Bewegungen durch ständig wirkende Kräfte erklärt werden. Hiefür müssen vorübergehend tätige Kräfte oder Richtungsänderungen vorhandener Kräfte herangezogen werden. Da nun für epirogenetische Bewegungen die Rotationsbewegung der Erde von ausschlaggebender Bedeutung ist, liegt es nahe, sie auch zur Erklärung orogenetischer Bewegungen heranzuziehen, da es sich dabei um eine wohlbekannte, durchaus nicht hypothetische Bewegung handelt. Freilich kann die normale Rotationsbewegung dafür nicht in Frage kommen, da sie den obengenannten Bedingungen nicht nachzukommen vermag. Eine Abänderung der Rotationsbewegung kann jedoch das Gewünschte leisten. Falls sich nämlich die Rotationsgeschwindigkeit in einem geologisch gesprochen kürzeren Zeitraum ändert, beschleunigt oder verzögert, muß dies bei den inhomogenen Sialmassen zu Faltungen führen, da die Massen wegen ihrer verschiedenartigen Plastizität und Dichte nicht in gleichem Maße die Beschleunigung oder Verzögerung mitmachen werden. Dabei braucht durchaus nicht, wie weiter unten ausgeführt werden wird, an eine Verlagerung der Rotationsachse der Erde gedacht werden, es genügen vielmehr Polwanderungen relativ zu den Kontinenten.

Als Folge der Geschwindigkeitsänderung entstehen also orogenetische Strömungen. Deren Existenz ist genügend glaubhaft gemacht worden. So schreibt K. A n d r é e¹: „Man befindet sich also auf dem Boden von Tatsachen, wenn man von Strömungen in der Lithosphäre spricht“ (S. 40). Schon vorhandene Strömungen, die sich bisher nur epirogenetisch auswirkten, werden sich bei einer Änderung der Rotationsgeschwindigkeit wesentlich erhöhen. Ob die Rotationsgeschwindigkeit abgebremst oder beschleunigt wird, jedenfalls muß infolgedessen die innere Reibung bedeutend zunehmen. Diese Strömung muß schließlich, wenn ein Widerstand in der Form starrer Massen, die daher nicht strömen, entgegentritt, zur Faltung und Überschiebung führen. Es ist aber wohl durchaus nicht immer nötig, daß eine außerhalb des entstehenden Gebirges liegende starre Scholle den Block bildet, an dem die Stauung erfolgt. Die strömenden Massen setzen sich, da sie doch sehr träge sind, selbst soviel Widerstand entgegen, daß Faltungen und Überschiebungen möglich sind. Bei verwickelter gebauten Deckengebirgen ist der zweite Fall zutreffender.

Ohne Zweifel ist es in erster Linie die wechselnde Plastizität des Materials, die diese Strömungen ermöglicht, weil es eben unter diesen

¹ K. A n d r é e, Über die Bedingungen der Gebirgsbildung. Berlin 1914.

Umständen zu einer inneren Reibung kommt, wie sie sonst in der Erdrinde nicht vorhanden sein kann. Dadurch werden aber Geschwindigkeitsunterschiede geschaffen. In diesem Fall der Geschwindigkeitsänderung darf aber wohl auch nicht das wechselnde spezifische Gewicht übersehen werden. Schwerere Massen, die nicht in bedeutender Tiefe in ähnlichen Massen verankert sind und nicht von diesen mitbewegt werden, sondern sich isoliert in leichteren befinden, werden infolge ihrer größeren Trägheit der Geschwindigkeitsänderung langsamer folgen als die leichteren. Auch dadurch werden Unterschiede in der Rotationsgeschwindigkeit hervorgerufen, die sich orogenetisch auswirken müssen. Es gibt also sowohl der Wechsel der Plastizität, als auch der des spezifischen Gewichtes in der Erdrinde die Möglichkeit zu orogenetischen Bewegungen.

Von solchen Strömungen tieferer Zonen können dann auch im Sinne O. Ampferer's die höheren Schichten erfaßt und mitbewegt werden, falls diese allein keine so heftigen Faltungsvorgänge gehabt hätten. Wenn man bei den heutigen Verhältnissen den sialischen Massen nicht die nötige Plastizität zuschreiben wollte, um solche Strömungen auszuführen, so wird man dies doch für die orogenetischen Bauzeiten der Erde zugestehen müssen, da während eines Wechsels der Rotationsgeschwindigkeit große Druck- und Zugkräfte frei werden, unter deren Einwirkung auch starrer Material plastisch wird. Wenn die Erdrinde als Ganzes plastisch genug ist, um das Rotationsellipsoid nach einer der von W. Köppen und A. Wegener begründeten Polverschiebungen der Verschiebung entsprechend anzupassen, muß sie in ihren Teilen um so mehr plastisch genug sein, um die behandelten Faltungsströmungen zu ermöglichen. Es ist sonach wahrscheinlich, daß in den orogenetischen Phasen der Erdgeschichte das Gesteinsmaterial bis nahe an die Oberfläche plastisch genug war.

Da sich nach A. Wegener das Sial in den Faltungszonen tiefer in das Sima hinabschiebt, muß zugleich mit dem Faltungsvorgang auch die isostatische Ausgleichshebung vor sich gehen. Diese vermag sich aber über die eigentliche orogenetische Phase fortzusetzen, da das isostatische Gleichgewicht kaum so schnell erreicht ist.

Gut stimmt mit den vorgetragenen Ansichten überein, daß sich auf der Außenseite der Faltengebirge häufig Hochländer befinden, an deren starrer Masse sich die Strömungen stauten, während die Innenseiten als Ursprungsländer Tiefländer sind, denen die leichteren Sialmassen zum Teil entzogen wurden, so daß hier die Sialzone weniger mächtig ist.

Die bisher besprochenen Strömungen werden Gebirge in mehr oder minder meridionaler Richtung erzeugen, wobei natürlich lokale Ablen-

kungen oft zu erwarten sind. Aus der Ursache für die Änderung der Rotationsgeschwindigkeit, die nun behandelt werden soll, ergeben sich aber auch Strömungen senkrecht zu den Parallelkreisen. Weiter oben wurde schon eine Änderung der Rotationsgeschwindigkeit vorausgesetzt. Diese braucht nicht durch die Annahme völlig unbekannter und bisher unbesprochener Vorgänge begründet zu werden. Sie ist eine notwendige Folge der schon oft behandelten und im Zusammenhang mit der Verschiebungstheorie von A. Wegener und W. Köppen begründeten Polverschiebungen im Laufe der geologischen Zeiten. Diese beiden Autoren haben insbesondere für die Karbon-Perm-Zeit und für das Tertiär weitreichende Polverschiebungen nachzuweisen versucht. Es handelt sich also gar nicht um eine absolute Änderung der Rotationsgeschwindigkeit, sondern nur um eine relative, die je nach der geographischen Breite anders ausfällt. Gegenden, die sich nahe einem Pol befanden und nun durch eine Polverschiebung in niedrigere Breite gelangt sind, erfahren eine beträchtliche Zunahme der Rotationsgeschwindigkeit, während umgekehrt Gegenden von niedriger Breite, die in höhere kommen, eine Abbremsung ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit erleiden. Zum Unterschied von einer Abnahme der Rotationsbewegung, wie sie in geringfügigem und für die Orogenese unzureichendem Maße durch die Gezeitenreibung erfolgt, erstreckt sich diese Änderung nicht über die ganze Erde in gleicher Weise, sondern ist in der einen Gegend eine Ab-, in der anderen eine Zunahme der Geschwindigkeit, je nach der Bewegungsrichtung des Poles. Es muß auch nicht die Rotationsachse der Erde sich verschieben. Eine Verschiebung der obersten Erdrinde ruft ebenso die besprochenen Ergebnisse hervor.

In der nicht völlig starren, sondern genügend plastischen Erdrinde müssen infolge der auftretenden inneren Reibung vorhandene überschüssige Kräfte im vorhin ausgeführten Sinn gebirgsbildend wirken. Diese Wirkung wird sich, wie ohne weiteres ersichtlich, zunächst annähernd meridional äußern, wobei allerdings zu beachten ist, daß sich der Verlauf der Meridiane mit dem wandernden Pol ändert. Aber auch parallel zu den Breitenkreisen gibt es orogenetische Kräfte. Da nämlich mit der Polverschiebung, der an den Polen abgeplattete, am Äquator aufgewulstete Erdkörper auch diesen Zustand ändert und sich somit auch die Abplattung und der äquatoriale Wulst verschiebt, müssen senkrecht zu den Breitenkreisen Zug- und Druckkräfte auftreten, die je nach der Plastizität der sialischen Massen zu geringeren oder größeren Bewegungen und schließlich zu Faltungs- und Überschiebungsströmungen führen. Sehr starre Massen setzen diesen Kräften natürlich auch einen größeren Widerstand entgegen als plastischere, die den Fliehkräften ihrer größeren

Plastizität zufolge leichter folgen können. Es geschieht also ein Fließen vom alten Äquator zum neuen, ebenso ein Abströmen vom neuen Pol gegen den Äquator, damit auch ein Einströmen in der Gegend des alten Poles.

Tatsächlich treten nun natürlich bei einer Polverschiebung sowohl die in meridionaler als auch die in der Richtung der Parallelkreise wirkenden Kräfte gleichzeitig auf und die tatsächliche Bewegung der sich faltenden und überschiebenden Massen muß die Resultierende daraus sein. Auch die nach dem B a e r'schen Gesetz möglichen Abweichungen werden vielleicht festgestellt werden können, falls sie nicht wegen der großen inneren Reibung in diesem Falle wirkungslos bleiben. Einen großen Einfluß auf die Verlaufsrichtung der entstehenden Faltungszonen nehmen wohl auch meist die umgebenden Schollen. Von ihrer Dichte und Plastizität, noch mehr aber von den Eigenschaften der sich faltenden Massen hängen Form und Bau des entstehenden Gebirges ab. Nach dem Vorhergehenden ist auch verständlich, warum die Faltungszonen besonders empfindlich sind gegen eingeschlossene oder vorgelagerte unbewegliche Schollen. Noch manches andere aus dem Bewegungsmechanismus der Gebirge, wie er von R. S t a u b ausführlich behandelt wurde, wird erklärbar. Auf solche spezielle Fragen soll jedoch hier noch nicht eingegangen werden. Es soll nur einmal das Grundsätzliche zur Diskussion gestellt werden.

Die obigen Darlegungen heben immer wieder die Existenz von Strömungen in der Erdkruste hervor und suchen ihre Bedeutung für epirogenetische und orogenetische Vorgänge zu erweisen. Es stehen uns nun glücklicherweise Mittel zur Verfügung, mit welchen wir dies überprüfen können. Da nämlich diese Strömungen sicherlich auch immer eine Änderung der Dichteverhältnisse in der Erdrinde mit sich bringen, müssen sie durch Schweremessungen feststellbar sein. Freilich wissen wir nicht, ob wir in einer orogenetischen Phase leben. Strömungen epirogenetischen Charakters müssen jedoch existieren. Tatsächlich ist darüber nach O. F i s h e r¹ bekannt geworden, daß die Schweremessungen in Indien innerhalb weniger Jahre so erhebliche Unterschiede ergaben, daß sie nur durch Schwereänderungen erklärt werden können. Diese Beobachtung hat aber wenig Beachtung gefunden. Es wird nötig sein, auch in anderen Gebieten, die eine lebhaftere Strömung erwarten lassen, solche Untersuchungen anzustellen. Es kann dadurch die Existenz solcher Strömungen bewiesen und vielleicht auch die Richtung, in der sie erfolgen, erkannt werden. Durch eine ständige Breitenüberwachung könnte ferner

¹ Osmond Fisher, Amer. journal of science, 4. ser. Bd. 21. 1906.

klargestellt werden, ob eine Polwanderung heute stattfindet. Damit würde auch die Frage geklärt, ob wir uns in einer orogenetischen Phase befinden oder nicht.

Da bei der Änderung der Rotationsgeschwindigkeit auch die innere Reibung zunimmt, werden die Simamassen eines Ozeanbeckens stärker als sonst gegenüber Festlandsmassen zurückbleiben und dabei möglicherweise auch ein Festland mit sich abdrängen. Die Westtrift und auch die epirogenetischen Bewegungen der Festländer werden also in orogenetischen Phasen stärker sein.

Die Gebirgsumrahmung des nordamerikanischen Kontinents.

Mit einer Karte im Text.

Von **Rudolf Schottenloher**.

Nordamerika und Eurasien stellen gegensätzliche kontinentale Bautypen dar. Der „zentrifugalen“ Natur Eurasiens tritt die „zentripetale“ Natur Nordamerikas gegenüber. Für die zentrifugale Anlage des asiatischen Gebirgsbaus ist uns eine einheitliche, verbindende Ordnung geläufig. „Man kennt gegen den Ozean hin keine Grenze der wunderbaren bogengebärenden Macht, welche vom eurasiatischen Scheitel ausgeht“, so hat uns Eduard Sueß die Einheit der asiatischen Gebirgsbildung zu kennzeichnen versucht (32, S. 187).

Von Nordamerika besitzen wir bisher ein entsprechendes Bild der Einheit nicht. Nicht nur sah man in den Gebirgen des Ostens und Westens einen schroffen Gegensatz des Alters — der Osten paläozoisch, der Westen mesozoisch-tertiär — und der Bauformen — der Osten alpinotyp, der Westen zirkumpazifisch: man teilte den Kontinent auseinander, wies die Appalachen dem Westflügel, die Rocky Mountains dem Ostflügel des eurasischen Gebirgssystems zu — die Enden der beiden kontinentumspannenden Flügel schienen sich hier als zwei verschiedene tektonische Welten ein Stelldichein am Gegenpol des eurasischen Ausgangspunktes zu geben. Man ging so weit, aus der Auffassung von der Unselbständigkeit des amerikanischen Ostens und seiner geologischen Anlehnung an Europa eine einstige Zugehörigkeit zu Eurasien zu konstruieren, die erst durch Wegdriften gelöst worden sei, und sah in diesem Falle die Kordilleren als Stauwulst an der Vorderfront der westwärtstreibenden Kontinentalscholle an.

Diese Gedankengänge teilen den nordamerikanischen Kontinent von Europa von Eurasien aus auf. Hätten die Begründer des tekto-