© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Zur Frage über die Ursachen geotektonischer Bewegungen.

Von **Dr. Karl Schneider** (Hohenelbe).

(Mit 3 Textfiguren.)

Gebirgsbildung, Erdbeben, säkulare Niveauverschiebungen und Vulkanismus gehören zu den tektonischen Erscheinungen der Erde. Sie sind die Schaffer der Rohformen im Antlitze der Erde. Äußere Kräfte sind es, welche aus diesen groben Zügen umformend gestalten. Untersucht man, welche Kraftrichtung jeweilig herrschend ist, so ergibt sich eine Dreiteilung, und zwar so, daß im allgemeinen immer eine Richtung als die vorherrschende anzusprechen ist, während die anderen in zweiter oder dritter Reihe stehen, oder überhaupt nur sekundärer Natur sind. Diese Dreiteilung ist folgende: 1. Eine vom Mittelpunkt der Erde sich in radialer Richtung auslösende (zentrifugal). Sie tritt am deutlichsten bei den vulkanischen Ausbrüchen auf und zeigt sich bei Zentralbeben. In beiden Fällen ist das Katastrophale in der Erscheinung beachtenswert. Sie findet sich bei Hebungen und läßt sich als eine bei der Gebirgsbildung beteiligte Kraft in Falten- und Bruchgebirgen erkennen. 2. Eine zum Mittelpunkt strebende Kraft. Sie tritt bei den Senkungen in die Erscheinung, desgleichen bei Bruchgebirgen. Bei Erdbeben ist sie eine häufig beobachtete sekundäre Erscheinung. 3. Die normal auf den Radius wirkende Tangentialkraft. Sie ist die herrschende Form bei Fernbeben und Faltengebirgen. Die Schubdecken sind ihr gewaltigster sichtbarer Ausdruck.

Mit der Richtungsform ist die Art der Kraftauslösung nicht gegeben. Die zentrifugale kann explosiv auftreten (und zwar nicht nur bei Vulkanen), aber auch langsam, in langen Zwischenräumen erst erkennbar. Das gleiche gilt für die zentripetale und tangentiale Kraft, deren langsam wirkende Tätigkeit in den unzweifelhaft festgestellten Verbiegungen ganzer Landschaftsstücke ersichtlich ist.

Ein wesentlicher Unterschied besteht aber zwischen 1 und 3. Die tangentialen Kräfte äußern sich immer über größere oder kleinere Flächen, sie sind nie lokal beschränkt wie die zentrifugalen (Vulkanausbruch, Lokalbeben), nur in den Niveauverschiebungen zeigen diese

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

flächenhafte Ausdehnung. Aber wo auch immer eine der Urkräfte zur Erscheinung kommt, sie alle haben das Gleiche, Gemeinsame: Es ist der kosmisch-universelle Zug, d. i. das immer gleiche der Form im Zeitlichen und Räumlichen. Ein Vulkanausbruch, welcher Ausbruchsphase er immer zuzuzählen ist, kann sich im Silur oder Devon nicht anders abgespielt haben als in der Gegenwart; er ist auf der Erde nicht anders als auf der Sonne oder dem Erdmonde vor sich gegangen. Die Erdbeben sind in früheren Perioden kaum anders aufgetreten als in der Jetztzeit, wenigstens haben sie vor Tausenden von Jahren auf den Menschengeist nicht anders eingewirkt als heutigentags, das zeigen die alten Berichte: die Sintflut, Sodom und Gomorrha u. a. Daß Gebirge früher kaum anders wurden als später, ist wohl ohne Zweifel anzunehmen.

Dieser kosmische Zug hindert aber nicht, daß von allem Anfange erdgeschichtlicher Zeitrechnung an alle diese Phänomene, insbesondere Gebirge, in zeitlicher und räumlicher Beziehung gewisse Regeln erkennen lassen. Wie die Sonnenflecken eine bestimmte geographische Verbreitung besitzen, so haben die Gebirge der Erde von allem Beginne an eine bestimmte Anordnung.

Das Kosmische, das den tektonischen Erscheinungen zugrunde liegt, deutet auf kosmische Ursachen. So verschieden in der Richtung und Form der Auslösung, so kann all den vier Gruppen nur eine gemeinsame Ursache zugrunde liegen. Wie die von außen schaffenden und umbildenden Kräfte der Erde letzten Endes nur eine Quelle ihres Seins haben, wie Wind und Wetter, Brandungswelle und Gletscher, Schnee und fließendes Wasser letzten Endes nur die verschiedene Wirkung der Kraft: Sonne ist, so kann letzthin auch der endogenen Kräfte letzte Ursache nur eine sein.

Allen Anforderungen hat der leichten Erklärung am besten die Schrumpfungstheorie entsprochen. Keine ist auf den ersten Blick so einleuchtend, bestechend und erklärt spielend, was bei anderen nur schwer faßbar erscheint. Als ihr eigentlicher Begründer ist trotz ähnlicher Vorläufer James Dwight Dana anzusehen. Sie geht ihrerseits wieder auf Vorstellungen über die Entstehung des Kosmos zurück. Sie ist die folgerichtige Gedankenentwicklung und Fortführung der Kant-Laplaceschen Theorie. Ist die Schrumpfungstheorie als Arbeitshypothese abzulehnen, weil sie den Anforderungen nicht entspricht, wie gezeigt wird, so kann sie nur dann als »historisch« angesprochen werden, wenn ihre Grundlage, die Nebulartheorie, als unrichtig abgelehnt werden muß und sich als nicht stichhaltig erweist.

Die Untersuchung geht nicht von der Absicht aus, eine streng historische Darstellung der Einwendungen und Widerlegungen zu geben, sondern will nur zunächst eine kurze Zusammenstellung aller der Entgegnungen bringen, um im weiteren nach dieser zerstörenden Arbeit eine neue Arbeitshypothese zu bieten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

I.

Die Nebulartheorie geht auf zwei Männer zurück, welche völlig unabhängig voneinander ihre Anschauungen über das Weltall gaben. Es sind dies Immanuel Kant, der Königsberger Philosoph, und Pierre Simon Laplace, der französische Mathematiker. Weder Kants »Allgemeine Naturgeschichte des Himmels«, Königsberg und Leipzig 1755, noch Laplaces: »Exposition du système du monde« vom Jahre 1799 haben zu ihrer Zeit Beachtung gefunden. Die kriegerischen Zeiten haben die tiefe Gedankenarbeit verdrängt. Kant wurde durch Al. v. Humboldt an die Öffentlichkeit gezogen[1]). Heute werden beide Anschauungen vereint und man spricht fälschlich von der Kant-Laplaceschen Nebulartheorie. Beide Anschauungen unterscheiden sich aber wesentlich:

Nach Kant war ursprünglich alle Materie, welche das Sonnensystem, Planeten und Kometen bildete, in ihre elementaren Grundstoffe aufgelöst und erfüllte den ganzen Weltenraum. Alle Teile dieser Urmaterie hatten eine Anziehungs- und Abstoßungskraft und befanden sich in einem labilen Gleichgewichtszustand. Die dichteren Stoffteilchen suchten sich infolge der Anziehungskraft zu einem Zentralkörper zu vereinigen. Infolge der verschiedenen Anziehung und Abstoßung ergaben sich Ablenkungen und Seitenbewegungen, die sich kreuzende Wirbel auslösten. Die sich zunächst nach allen Richtungen in beständigem Widerstreit gegeneinander bewegenden Wirbel wurden endlich nach einer Richtung gelenkt und kreisten endlich in konzentrischen Kreisen ungefähr in einer Ebene um einen Zentralkörper: die Sonne.

Innerhalb der einzelnen entstandenen Ringe begann das Spiel der Anziehung und Abstoßung von neuem, bis sich aus den Ringen zusammenhängende Klumpen bildeten, welche ihrerseits neue Anziehungsmittelpunkte schufen, um sich endlich als Planeten in ihrer ursprünglichen Ringbahn um die Sonne fortzusetzen. So bildete sich von innen nach außen fortschreitend das heutige Planetensystem mit den Monden und Kometen.

Diese Theorie hat G. Holzmüller damit gekennzeichnet, daß er bei ihrer Besprechung anführte: »Kant war ein mathematischer Dilettant, seine Theorie eine philosophisch angehauchte Dichtung, ein Naturepos, das nicht in wissenschaftliche Lehrbücher gehört«[2]).

Weiter griff Laplace. Er zeigte, daß alle Planeten mehr weniger in einer Ebene in der Richtung von West nach Ost um die Sonne und alle Monde in der gleichen Bewegung um die jeweiligen Planeten kreisen; die Sonne selbst führe die gleiche Bewegung um ihre Achse durch. Es muß daher eine Zeit gegeben haben, in der die jetzt leeren Planetenräume mit einer Materie von hoher Temperatur gleichmäßig erfüllt

---

[1]) Vgl. das Vorwort bei Karl Kehrbach: Im. Kants Allg. Naturg. Leipzig. Reclam.

[2]) Elementare kosm. Betrachtungen. Leipzig 1906.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

waren. Diese Substanz stellt gleichsam die Planeten und Monde in feinster Verdünnung vor. Diese Materie war aber nicht ruhig, sondern bewegte sich von allem Anfange von West nach Ost. In diesem Stoffnebel verdichtete sich zunächst die Sonne. In dem Urnebel verhielt sich anfangs Fliehkraft und Schwere in gleicher Weise. Mit der zunehmenden Verdichtung trat eine Schichtung ein. Die Fliehkraft gewann das Übergewicht. Infolgedessen sonderten sich Dunstringe ab, die sich in gleicher Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung weiter drehten. Infolge der verschiedenen Dichte zerrissen dabei die Ringe, die Masse ballte sich zu Rotationssphäroiden, die größeren Körper zogen kleinere an und so entstanden Planeten und Monde. Durch die Verdichtung erhielten die neuen Weltkörper eine erhöhte Temperatur, so daß sie selbstleuchtend wurden, ihre Wärme aber wieder an den Weltenraum abgaben, an ihrer Oberfläche abkühlten, sich dabei zusammenzogen, um zunächst von einer glühenden, später erstarrenden Kruste umgeben zu werden, welche im Innern noch den heißen Kern bewahrt. Gewisse flüchtige Teilchen der Sonnenatmosphäre umkreisen die Sonne und bilden das Zodiakallicht. Die Kometen gehören einem fernen Weltenraum an und haben sich nicht aus der Sonnenatmosphäre gebildet.

Die Schrumpfungstheorie ist die konsequente Gedankenfolge dieser kosmogonischen Anschauung. Ihre Darstellung wird später erfolgen. Aber die Kritik der Schrumpfungstheorie muß mit einer Kritik der Nebulartheorie einsetzen.

Die Einwände sind mechanisch-physikalischer und astronomischer Natur[1]).

1. In einer homogenen Gasmasse, wie sie die Laplacesche Theorie an den Anfang des Werdens stellt, gibt es keine Attraktion, sondern nur zwischen einzelnen unterschiedlichen Teilchen.

Es ist »ein leeres Phantasiegebilde«, daß aus unzähligen Stößen der feinsten zur Sonne sinkenden Teilchen eine Kreisbewegung hervorgehen müsse: »die exakte Mathematik steht bereits am Ende ihres Könnens, wenn sie die Wirkungen dreier Körper aufeinander feststellen will«.

2. Es ist mechanisch wahrscheinlicher, daß sich die äquatorialen Massen in einzelnen Teilchen nacheinander ablösten, kaum aber deutliche Ringe bilden konnten.

3. Die Teile, welche sich von der Hauptmasse ablösten, mußten bereits lange abgekühlt gewesen sein, ehe es zu einer Sphäroidbildung kommen konnte.

4. Moulton hat den mathematischen Beweis erbracht, daß einer Sphäroidbildung aus einem Ringe große mechanische Schwierigkeiten entgegentreten.

---

[1]) C. Chamberlin-D. Salisbury, Geology earth history. Vol. II. London 1906, S. 10ff. — P. Wagner, Grundfragen der Geologie. Leipzig 1912. S. 13ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

5. Bei einem so hoch erhitzten Zustand, wie die Laplacesche Theorie es fordert, ist die Molekulargeschwindigkeit der leichten Ringpaare so groß, daß sie nicht durch die Anziehung zusammengehalten, ja, nicht einmal durch die Schwerkraft des Gassphäroids beherrscht werden könnten.

Für jede Gasmasse gibt es eine äußerste Ausdehnungsgrenze, über welche hinaus keine Attraktion statthat. Würde man die Materie des Sonnensystems in Gasform über den ganzen Raum bis über die Neptunbahn hinaus gleichmäßig verteilt annehmen, so würde dieser Grenzpunkt längst überschritten sein.

6. Auf das mechanische Gesetz von Babinet über die Erhaltung der Flächen sich stützend, nach welchem bei einer Änderung des Radius der Inhalt der von den Radien in gleichen Zeiten bestrichenen Flächen konstant bleibt, zeigte See[1]), daß bei einer früheren Ausdehnung der Sonnenmasse bis zu den einzelnen Planeten, bzw. bei der der Masse der Planeten bis zu ihren Trabanten durchweg viel zu geringen Geschwindigkeiten kommen, als daß ein Abschleudern im Laplaceschen Sinne zu denken wäre.

7. Die strengste Prüfung der Laplaceschen Theorie liegt in der Untersuchung der Beziehungen zwischen Masse und der Größe des Antriebes (relations of mass and momenta). Es ist ein festbegründetes Gesetz der Mechanik, daß die Größe des Antriebes (moment of momentum) eines frei rotierenden oder kreisenden Systems, wie der in Frage stehende Nebel, konstant bleibt, wenn sie nicht von anderen beeinflußt wird, welche Änderungen das System auch immer erleiden mag. Mit Hilfe dieses Gesetzes läßt sich die Evolution des Sonnensystems überprüfen. Moulton hat gezeigt, daß das Sonnensystem, würde es in ein gasiges Sphäroid verwandelt, so ausgedehnt würde, daß es den Raum bis zum Neptunumfang erfüllte. Würde sich in diesem Sphäroid die Dichte so teilen, wie es den anerkannten Gasgesetzen entspräche, und bekäme dieses System jene Größe des Antriebes (moment of momentum), welche das Sonnensystem jetzt besitzt, so würde es keine genügende Drehungsgeschwindigkeit besitzen, um am Äquator Massen abzusondern, es würde diese Schnelligkeit vielmehr erst erreichen, wenn es sich bis auf den Umfang des innersten Planeten zusammengezogen hätte.

8. Würde die Annahme umgekehrt und gäbe man dem (obengenannten) Gassphäroid die Rotationsgeschwindigkeiten, die notwendig sind, um in den jeweiligen Stadien die Ringe abzusondern; so sollte die Größe des Antriebes (moment of momentum) des Systems bei der Entstehung eines jeden Ringes gleich sein dem Antrieb des abgelösten Körpers. Moultons Berechnungen zeigen aber, daß in dem Stadium, welches den Neptunring absondert, die Größe des Antriebes (moment

[1]) T. J. J. See, Über die Ursache der bemerkenswerten Kreisform der Bahnen von Planeten und Satelliten und über den Ursprung des Planetensystems. Astron. Nachrichten 1909. Bd. 180, S. 186ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

of momentum) des Nebels 200mal größer gewesen sein müßte als die augenblickliche; im Jupiterstadium müßte sie 140mal, im Erdstadium 1800mal, im Merkurstadium 1100mal größer gewesen sein. Hier besteht eine gewaltige Unstimmigkeit (discrepancy), ein von Stadium zu Stadium bedeutendes und unregelmäßiges Schwanken. Dies scheint zu zeigen, daß sich diese Unstimmigkeiten (discrepancies) nicht aus einem Versagen des Dichtigkeitsgesetzes der Gase ergibt, denn dieses würde ein gleichbleibendes systematisches Abweichen ergeben (a consistent systematic error).

9. Werden die Verhältnisse der getrennten Massen in den aufeinanderfolgenden Massen mit der Antriebskraft verglichen, die sie mit sich nehmen, so ergeben sich ganz bedeutende Abweichungen. In diesem Falle kann die Größe des Antriebs (moment of momentum) des Mutternebels in irgendeinem Stadium aus den Antriebsgrößen der Ableitungen berechnet und so alle Zweifel beseitigt werden, die sich aus der Verteilung der Dichte im Nebel ergeben könnten. Z. B. die Masse des angeblichen Ringes, der den Jupiter und dessen Monde bildete, war weniger als $^1/_{1000}$ des Sonnennebels in dem Stadium, da er sich als Ring loslöste. Aber Jupiter und seine Monde haben jetzt beiläufig 95% der gesamten Antriebskraft des ganzen Nebels in diesem Stadium. Mit anderen Worten: Die LAPLACEsche Theorie involviert die Annahme, daß bei einem rotierenden Gassphäroid ein Äquatorialring, der weniger als $^1/_{1000}$ der ganzen Masse enthält, wenn er sich durch die Zentrifugalbeschleunigung davon lostrennt, 95% der gesamten Antriebskraft mit sich nimmt, was unglaublich erscheint. Eine ähnliche Untersuchung der Lostrennung anderer Ringe gibt ähnliche ungewöhnliche Ergebnisse, und diese schwanken, wie im obigen Falle, bedeutend und unregelmäßig untereinander, indem sie einen Mangel am System oder Folgerichtigkeit in dem angenommenen Prozesse der Ringablösung zeigen.

Die diesbezügliche Forschung, die von streng mechanischer Natur ist, wirft einen schweren Zweifel auf die Gültigkeit der LAPLACEschen Theorie. Sie scheint zu zeigen, daß das Sonnensystem so organisiert gewesen sein muß, daß ein sehr kleiner Bruchteil der Masse (i. e. Planeten und Trabanten, die ungefähr $^1/_{700}$ des ganzen Systems ausmachen) nahezu 97% von der gesamten Antriebskraft (moment of momentum) mit sich nimmt, indem er weniger als 3% in dem Zentralkörper zurückläßt, der die ganze Masse mit Ausnahme des angeführten Bruchteiles enthält. Es läßt sich schwer verstehen, wie dieses sich aus einem rotierenden Sphäroid ergeben konnte. Gezeitenreaktion, die den Antrieb aus dem Zentralkörper auf die außenliegenden Körper überträgt, hilft ein wenig der Schwierigkeit zu entgehen, aber die Berechnung zeigt, daß sie vollständig unzulänglich ist, den Fall zu erklären.

10. Mit geringerem Umfang beschleunigt sich die Umdrehungsgeschwindigkeit. Aus der Umlaufszeit des Neptuns um die Sonne

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

(167 Jahre, 286 d) ergibt sich die Schnelligkeit, mit der sich der Urnebel um seine Achse gedreht haben muß, als der Neptun sich abschied. Je näher ein Planet dem Zentralkern zu stehen kommt, um so geringer muß die Umdrehungsbeschleunigung sein. Tatsächlich nehmen die Umlaufsperioden der sonnennahen Planeten konstant zu, berechnet man aber die Beschleunigung auf Grund der Gesetze der Mechanik theoretisch, so ergeben sich viel größere Werte als die Beobachtung ergibt.

11. Durch Zusammenziehung entsteht Wärme, die zu dem Grade der Zusammenziehung in einem bestimmten Verhältnis steht. Wird die Anfangstemperatur des Nebelballes mit dem absoluten Nullpunkt (— 273° C) angesetzt, so würde die Kontraktionswärme der Sonne eine Temperatur von über 6.10^6 Grad geben. Diese Temperatur ist für die Sonne aus physikalischen Gründen abzulehnen.

12. Der Saturnring ist durchsichtig; er muß also aus einzelnen Körpern, vielleicht aus Meteoritenschwärmen bestehen.

13. Der Kant-Laplaceschen Theorie nach müssen die Dichten der Planeten von innen nach außen konstant abnehmen. Die Berechnungen ergeben aber eine auffallend geringe Dichte für die Zentralsonne, und auch die übrigen Planeten zeigen eine unregelmäßige Folge (Sonne = 0,25, Merkur = 0,75, Venus = 0,93, Erde = 1, Mars = 0,73, Jupiter = 0,24, Saturn = 0,14, Uranus = 0,24, Neptun = 0,14)[1]).

14. Die Exzentrizitäten der Bahnen sind unregelmäßig, während die Theorie verlangt, daß die Exzentrizität mit der Entfernung von der Sonne zunimmt. (In der planetaren Folge sind die Zahlen 0,206 — 0,007 — 0,017 — 0,093 — 0,048 — 0,056 — 0,046 — 0,009.)

15. Die Bahnen der Planeten liegen nicht in einer Ebene, wie die Theorie fordert, sondern schneiden diese unter verschiedenem Winkel, wobei eine Unregelmäßigkeit das Charakteristische ist. (In obiger Folge 7° — 3°24′ — 1°51′ — 1°19′ — 2°30′ — 0°46′ — 1°47, Pallas 34°44′.)

16. Nach der Laplaceschen Theorie sollten sich alle Trabanten in der Richtung drehen, in welcher ihre Planeten rotieren. Die Monde der äußersten Planeten aber, Uranus und Neptun, bewegen sich nicht nur nicht in Ebenen nahe der Ekliptik, sondern besitzen sogar eine rückläufige Bewegung, welche aber wieder nur einer der neun Saturnmonde zeigt, während die anderen in der verlangten Richtung kreisen. Die Uranusmonde weichen 98° von der Hauptdrehungsebene ab, die Marsmonde kreisen fast senkrecht auf der Marsbahn.

17. Phobos, der innere Trabant des Mars, rotiert in weniger als $^1/_3$ der Planetenumlaufszeit, während nach der Laplaceschen Theorie die Zeit der Planetenumdrehung zunehmen sollte, nachdem der Ring, der den Phobos formte, losgelöst war. (Die von G. H. Darwin erhobene

---

[1]) Nach H. Wagner, Lehrb. d. Geogr. I. Bd. S. 155. Hannover u. Leipzig 1900.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Einwendung, daß die Gezeitenhemmung die Planetenrotation vermindert haben könnte, weitaus mehr als die Zusammenziehung sie vermehrte, erscheint als unwahrscheinlich. Zudem hat MOULTON gezeigt, daß die Teile, welche den inneren Rand des inneren Saturnringes bilden, sich in der halben Planetenrotationszeit umdrehen und daß das Flutargument auf den Mars angewendet, diesem noch seltsameren Falle nicht entspricht, ohne daß man neue unlogische Annahmen macht.)

18. Zu diesen Schwierigkeiten kommt eine weitere Tatsache hinzu. Obwohl die Kenntnis vorhandener Nebel durch Photographie in neuerer Zeit bedeutend erweitert wurde, sind keine Nebel gefunden worden, die eine Reihe solcher systematischer Ringbildungen aufweisen, wie sie die Hypothese verlangt. Es erweist sich vielmehr der Spiralnebel als der vorherrschende Typus, wie KEELER gezeigt hat[1]).

SVANTE ARRHENIUS faßt das Urteil über die LAPLACEsche Theorie damit zusammen, daß er den Satz niederschreibt: »Diese Hypothese scheint in ihrer ursprünglichen Form durchaus nicht haltbar zu sein«[2]).

An die Stelle der LAPLACEschen Theorie sind andere Anschauungen getreten ohne besondere Anerkennung zu finden oder gefunden zu haben. Sicher ist, daß die LAPLACEsche Arbeitshypothese wohl einer anderen wird weichen müssen. Auf ihr baut sich die Schrumpfungstheorie auf, welche in der Geologie die herrschende Theorie ist. Ihr Gedankengang ist in natürlicher Gedankenfolge der Weltenschöpfungstheorie folgender.

II.

Die ehemals feurigflüssige Erde kühlte sich immer mehr ab, die gegen den Weltraum am ersten erstarrende Kruste wurde mählich starr und für die darunterliegende Masse langsam zu groß. So liegt sie gleich einem großen Gewölbe über einem mehr weniger groß vorstellbaren Hohlraum und hat das natürliche Bestreben, sich dem unter ihr befindlichen Kerne anzuschmiegen. Dabei kommen zwei Kräfte zur Auslösung. Einmal die gewissermaßen im Gewölbescheitel am stärksten wirkende Schwerkraft, zum anderen die im Gewölbe wirkende Tangentialkraft. Wirkt letztere an irgendeiner Stelle besonders stark, so wird sich die Erdkruste, die diesem Drucke nicht ausweichen kann, an dieser Stelle zusammenlegen. Je stärker der Druck, um so stärker die so entstehenden Falten. Die Faltengebirge haben damit ihre Erklärung. Bricht das Gewölbe in sich zusammen, so entstehen Schollengebirge. Die niederbrechenden Rindenstücke drücken auf den unter ihnen liegenden glutflüssigen Brei, der dadurch an den durch Zusammenbruch entstandenen Spalten herausgepreßt wird. So treten Vulkane gerade in Bruchländern auf und sind demnach an Bruchlinien gebunden. Da die Abkühlung immer erfolgt, so werden die genannten Kräfte

---

[1]) Astroph. Journal 1900. S. 347, 348.

[2]) Das Werden der Welten. Leipzig 1907. S. 186.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

immer in Wirksamkeit bleiben. Erdbeben und Vulkanausbrüche sind dessen Zeugen. Was die Vulkane im großen, das sind die heißen Quellen im kleinen: Entgasungsprozesse der immer mehr abkühlenden Erde. Durch Quellen und Vulkane werden ungewöhnlich reiche Mengen an Wasserdampf aus dem Erdinnern abgestoßen, wodurch das Meerwasser entsteht. Das Weltmeer aber schwankt in weiten, langandauernden, eustatischen Bewegungen zwischen den Polen und dem Äquator und verursacht so Hebung und Senkung, die letzten schwachen Nachklänge der früheren bedeutenden Transgressionen.

Die Einwendungen, welche gegen die Schrumpfungstheorie erhoben werden, sind physikalischer und geologisch-geographischer Natur. Von ihnen sollen ebenso wie im vorangegangenen Falle nur die wichtigsten herausgehoben werden.

1. Die geologischen Beobachtungen zeigen eine Temperatursteigerung von der Erdoberfläche gegen den Mittelpunkt. Da der Weltenraum kalt ist, so muß ein Temperaturgefälle von der Erde nach dem Weltenraum statthaben. Die theoretischen Berechnungen ergeben, daß die Erde im Jahre einen Wärmestrom abgibt, der mit 52 Grammkalorien berechnet wurde[1]). Dies ergibt eine Verkürzung des Erdradius in der Größenordnung von $\frac{4}{100}$ mm, das einer Oberflächenverringerung von 6400 m² (0,64 ha) entspricht. »Gewiß stimmen diese Zahlen sehr gut damit überein, was wir über die Langsamkeit geologischer Prozesse wissen, aber eine weitergehende Bedeutung« ist ihnen abzusprechen[2]). Denn mit der Temperaturabnahme geht naturgemäß eine Kontraktion — der Kern der in Frage stehenden Theorie — vor sich. Durch diese Zusammenziehung wird bei einem Körper von der Erdgröße eine Erwärmung erzeugt, welche die Abkühlung um 1,3 übertrifft[3]).

2. Dazu kommt, daß durch die Entdeckung des Radiums eine Wärmequelle gefunden wurde, welche alle Berechnungen umzustoßen imstande ist. In 1 Gramm Radium sind soviel Wärmemengen vorhanden, daß nach Rutherford 202 Grammkalorien in einer Stunde geliefert werden. Das Radium ist somit ein Wärmespender, der jeglichen Wärmeverlust mehr als aufzuwiegen vermag. Ist doch die berechnete Radiummenge in der Erde nicht gering. Nach J. Joly enthalten[4]) Eruptivgesteine durchschnittlich 5 bis 6 . 10^{-11} g Radium in der Grammeinheitsubstanz, Sedimentgesteine 4 bis 5 . 10^{-11} g. Jedenfalls ist der bislang berechnete Radiumgehalt der Erde so groß, daß er den Wärmeverlust der Erde mehr als vollauf zu decken imstande ist.

---

[1]) M. P. Rudzky, Physik der Erde. Leipzig 1911. S. 118.

[2]) Ebenda. S. 217.

[3]) Durch Abkühlung wird 95,1 . 10^{25} Grammkalorien verloren; die dadurch entstandene Kontraktion erzeugt 126 . 10^{25} Grammkalorien, d. i. 1,3mal soviel. Rudzki S. 121.

[4]) Nature, Bd. 78. S. 456ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Damit ist aber der Kontraktionstheorie die physikalisch-theoretische Grundlage zum anderen entzogen.

3. Theoretisch muß die Abkühlung allenthalben eingesetzt haben, wenn auch Strömungen Unterbrechungen herbeigeführt haben werden. So muß ein Gesamtgewölbe über den darunterliegenden Glutmassen angenommen werden. Zwischen Gewölbe und Glutmasse muß ein länger oder kürzer währender Hohlraum entstehen, ehe der Zusammenbruch erfolgt. Dieser kann aber überall auf der Erdoberfläche erfolgen, da jeder Punkt Gewölbescheitelpunkt ist, aber mit Bezug auf einen anderen gleichzeitig Gewölbemassenpunkt vorstellt. Auf jeden Punkt wirkt Vertikal- und Tangentialkraft gleich. Trotzdem zeigen die Gebirge der Gegenwart und Vergangenheit der Erde eine bestimmte geographische Verbreitung, die sich nicht allzusehr aus einer bestimmten Zone entfernt. Von Nord nach Süd nehmen auf der östlichen Nordhalbkugel die Gebirge an Alter des Werdens ab. Je weiter nach Süd, um so jünger. Ein gleiches zeigt die nördliche Westhalbkugel, wenn dort auch durch das Vorstoßen der Anden nach Nord in das Gebiet der Alaskiden eine Verwischung eintritt. Dazu kommt ein anderes. In Europa-Asien (IV. Quadrant)[1]) treten die Gebirge nicht über 70°, aber auch nicht unter 20° n. Br. auf. Das gleiche gilt für Nordamerika (II. Quadrant). Der III. Quadrant (Ostasien-Australien) zeigt eine gewaltige Sigmoide zwischen 70° n. Br. bis 45° s. Br. mit einem zerzerrten Äquatorialstück, der IV. Quadrant (Mittelamerika-Südamerika) wiederholt die Sigmoide mit gegenliegender Anordnung. Ungleichaltrige Stücke liegen auf der Nord- und Südhemisphäre. Dem einförmigen äquatorialen Schollenbruchland im IV. Quadranten liegt im II. das formenarme große pazifische Becken gegenüber.

Seit den ältesten Zeiten bildet das Äquatorialgebiet der Osthalbkugel ein Bruchland, an das sich im Süden wieder Faltenland anschmiegt. Seit dem Tertiär ist der gesamte Äquatorialgürtel der Erde die bevorzugte Heimat vulkanischer Ausbrüche, während seit dem Diluvium die nord- und südpolaren Gebiete solche säkularer Niveauverschiebungen sind.

Die Gebirgsgürtel der Erde sind im allgemeinen Faltenland im alten geologisch-geographischen Sprachgebrauch.

4. James Hall hat bereits 1859 erkannt, daß die Faltungszonen mit solchen großer Sedimentationsräume zusammenfallen. Für diese Zonen hat Dana die Bezeichnung Geosynklinale eingeführt. Damit verbindet sich die Vorstellung, daß die Faltungszonen Beckengebiete der Erde sind, welche sich in ständigem Absinken befinden, in die sich große Sedimentmassen ablagern, aus denen in der Folge von neuem Gebirge entstehen. E. Haug hat gezeigt[2]), daß Absinken und Auf-

---

[1]) Aus für die folgenden Ausführungen praktischen Gründen wird die Erdoberfläche in 4 Quadranten geteilt, und zwar 0—90° östl. IV., 91—180° III., 181—270° II., 271—360° I. Quadrant.

[2]) Bull. soc. géol. de France 1900. S. 109.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

steigen des Nachbargebietes zeitlich zusammenfallende Erscheinungen sind. Marcell Bertrand hat Geosynklinalen als Senkungsgebiete aufgefaßt, welche durch Massenüberschuß im Unterlager verursacht sind[1]). H. Stille definiert[2]) sie als »säkular sinkenden Sedimentationsraum« und zeigt, daß Geosynklinalbezirke solche von Wechselland sind, wo sinkende Räume mit aufragendem Gebirgsland abwechseln. In all diesen Ausführungen, von anderen abzusehen, wird Geosynklinale als genetischer Begriff gefaßt. Damit erklärt sich die verschiedene Deutung. E. Kayser[3]) hat ihn deskriptiv genommen, indem er Geosynklinalen kurz als »junge orogenetische Zonen« bezeichnet. Da aber auch ältere Gebirge gleiche Erdzonen vorstellen, ist seine Begriffsbestimmung zu eng. Infolgedessen sind Geosynklinalen im Sinne dieser Darstellung Erdzonen, die durch Gebirgsbildung ausgezeichnet sind. Dabei ist immer festzuhalten, daß Gebirgsbildung eine regionale Erscheinung ist und einfach örtliche Schollenverschiebung zwar in die gleiche Gruppe der Naturerscheinungen zu zählen, jedoch nur untergeordneter Art ist. Danach gibt es eine paläozoische und eine tertiäre Geosynklinale. Der allgemeine Verlauf ist oben kurz angedeutet worden. Über die ältere paläozoische legt sich weiter südlich die jüngere tertiäre Geosynklinale an und auch darüber. Erstere lehnt sich ihrerseits an die Batholithen (baltischer- und kanadischer Schild) und das kambrische Angaraland, südlich liegt ihr das böhmische Massiv an. In ihr ist im allgemeinen eine Nordrichtung festzulegen soweit sie den IV. und III. Quadranten durchläuft. Die tertiäre Geosynklinale besitzt dagegen im gleichen Quadranten eine Südrichtung im III. (Austrasien), eine Nordrichtung im IV. Quadranten.

An die austrasischen und ostasiatischen Bogen schmiegen sich gleichgelagerte Gräben. Jenseits von ihnen treten Inselkränze vulkanischer Herkunft auf. In Anlehnung an die asiatischen Verhältnisse ist es wahrscheinlich, daß ihre bogenförmige Anordnung mit tektonischen Kräften im Unterbau zusammenhängt. Wenigstens zeigen die Ozeaniden eine nordöstliche Richtung, die in den östlichen Alaskiden widerspielt. Die Ozeaniden der südlichen Halbkugel liegen in gleicher Anordnung zu den südlichen Andinen. Den nördlichen Caledoniden entsprechen die Sahariden des äquatorialen Gebiets[4]). Die Sahariden scheinen unter den Ablagerungen des Nigerbeckens unter dem Atlantischen Ozean mit dem brasilianischen Gebirge in Verbindung gestanden zu haben. Freilich dürfte diese vorsilurische gemeinsame Faltung sehr bald unterbrochen worden zu sein, um nie wieder aufzuleben. Aber, soweit sich eine Analyse der heutigen Oberfläche durchführen läßt, zeigt sich, daß

---

[1]) Compt. rend. ac. sc. Paris 1900. S. 291.

[2]) Tektonische Evolutionen und Revolutionen in der Erdrinde. Leipzig 1913. S. 7.

[3]) Lehrb. d. Geologie I. Bd. S. 755. Stuttgart 1912.

[4]) E. Suess, Antl. d. Erde. III. Bd. 2. Hälfte, S. 575.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Geosynklinalen Zwischengebilde innerhalb alter Rindenstücke sind. Im nördlichen Teile der atlantischen Seite schmiegt sich die gewaltige paläozoisch-tertiäre Geosynklinale an die obengenannten Widerlager, im Süden wird sie begrenzt von dem gewaltigsten Schollenlande der Erde, dem Gondwánaland[1]). Als das merkwürdigste Kennzeichen bleibt für dieses Erdstück die Auflösung durch die zahllosen N.-S. verlaufenden Bruchlinien. Südlich dieses Schollenlandes zieht neuerlich eine Geosynklinale; aber nur für die paläozoische Zeit ist eine nach Nord gerichtete Gebirgsbildung nachzuweisen. »Hierin gleicht Südafrika dem vorpermischen, unter ähnlichen Meridianen liegendem Teile der westlichen Altaiden«[2]). Die südafrikanischen Reste weisen gegen Westen auf die teilweise gleichaltrigen Sierra der Pampas. »Sicher gilt dies hohe Alter von der nördlichen Sierren de Tandil, nach Burmeister und Hauthal auch von der südlichen Sierra Ventana. Dazu kommen gleichaltrige Störungen auf den Falklandinseln, die jedenfalls an die Präkordilleren anzuschließen sind«[3]). Gleich der nördlichen ist auch die südliche Geosynklinale gekennzeichnet durch tertiäre und quartäre Vulkane. Ob die Antarktis, wie Suess d. Ä. meint, ein der Nordhalbkugel gleiches Krustenstück vorstellt[4]), sei dahingestellt. Eines geht jedenfalls als wesentlich hervor: Auf der atlantischen Seite der Halbkugel liegen zwischen 35—50° N. und S. Br. je eine gewaltige Geosynklinale, von denen freilich nur die nördliche zum größeren Teile erhalten ist. Der äquatoriale Erdgürtel ist das gewaltigste Schollenland, durch gewaltige Gräben und Vulkane in N.-S. Richtung ausgezeichnet. Diesem afrikanischen Schollenlande liegt als Gegenstück das reliefarme östliche große Meer gegenüber. Der im Zerrungsgebiete ausgehenden Geosynklinale Austrasien liegt das Rückfaltungs-, Bruch- und Faltungsgebiet Westindiens auf der Nordhalbkugel entgegen, jenes merkwürdige Zwischenstück im andinen Bau, das in dem südlichen Stück zwischen Südamerika und Antarktis nochmals sich zu wiederholen scheint. Diese andine Geosynklinale — die dritte im Antlitz der Erde überhaupt — ist keineswegs richtungswidrig den beiden ersten. Der nördliche Abschnitt entspricht der nördlichen, der südliche der südlichen Synklinale. In ihrem Aufbau scheinen diese beiden Stücke ebenso an die alten Schollen angepreßte Stücke zu sein, wie die Ozeaniden an die alte australische Scholle.

Diese geographische Verteilung der gebirgsbildenden Erdstreifen und Schollenländer ist einer der merkwürdigsten Züge im Aufbau der Erde.

5. Die Schrumpfung muß als allgemein auf der ganzen Oberfläche auftretende Erscheinung angenommen werden; als sichtbarer Ausdruck

---

[1]) E. Suess, Antl. d. Erde. III. Bd., 2. Hälfte, S. 577.
[2]) E. Suess, Antl. d. Erde. III. Bd., 2. Hälfte, S. 326.
[3]) Th. Arldt, Südatlantische Beziehungen. P. M. 1916. S. 41.
[4]) E. Suess, Antl. d. Erde. III. Bd., 2. Hälfte, S. 577.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der auch in der Gegenwart andauernden Abkühlung werden Erdbeben und Vulkane angesehen. Nach den theoretischen Anschauungen der Schrumpfungstheorie sollten demnach Erdbeben und Vulkane auf der ganzen Erdoberfläche vorkommen. Es ergibt sich aber, daß Erdbeben und Vulkanausbrüche der historischen Zeit in den Geosynklinalen beheimatet sind. Während aber erstere zur Gänze in diese Zone fallen[1]), erfüllen Vulkane nur wenige Teile, insbesondere aber jene, welche als Zerrungsgebiete der Geosynklinale dem äquatorialen Schollenzonengürtel zufallen. Im übrigen finden sie sich zur Hauptsache gerade in dem Äquatorialgürtel. Die seit dem Tertiär geförderten vulkanischen Massen[2]) innerhalb der Zone 30° s. Br. bis 30° n. Br. umfangen eine Fläche von 2,23 Mill. km², die weitaus kleinere Zone 30—50° n. und s. Br. 1,20 Mill. km². Eingangs wurde festgelegt, daß die vulkanische Kraftäußerung im Wesen eine zentrifugale Erscheinung ist, da Bruchländer einer zentripetalen Kraft ihr Dasein verdanken. Es liegen somit in der äquatorialen Zone die beiden entgegengesetzten Kraftäußerungen unmittelbar nachbarlich. Daß die säkularen Niveauverschiebungen nach der positiven und negativen Seite in dem gleichen Gebiete sich äußern, ist für das austrasische Zerrungsgebiet durch J. Elbert neuerlich gezeigt worden[3]).

6. Die Schrumpfung als Folge der Abkühlung muß, da sie eine ständige Erscheinung ist, gleichfalls ständig sein. Nun zeigt aber die Untersuchung, daß die Gebirgsbildung nur in zwei Zeitaltern besonders aufgetreten ist: dem Karbon und Tertiär. Damit ist keineswegs die einwandfreie Tatsache in Abrede gestellt, daß auch im Mesozoikum Erdbewegungen vor sich gegangen sind. Aber nicht im entferntesten reichen diese an jene heran, welche in den genannten Perioden vor sich gegangen sind. Ist die Ursache gleichbleibend, muß auch die Folge gleich bleiben. Zeigt sich die Folge als periodisch wiederkehrende Gebirgsfaltung, so kann sie nicht mit der dauernd gedachten Abkühlung in Verbindung gebracht werden. Es sei, man nimmt zu der Hilfsvorstellung Zuflucht, daß die Abkühlung erst einen gewissen Grad erreicht haben muß, ehe sie wieder in Erscheinung treten kann. Da erhebt sich aber die soeben untersuchte Raumfrage, warum immer wieder nur die Geosynklinalen heimgesucht werden und hier dieselben Schollen in den verschiedenen Zeiten einer Hebung und doch wieder Senkung unterworfen werden. Denn richtig ist der Satz Montessus de Ballores[4]): »Die gefaltete Bauart der Geosynklinale steht unstreitig im Gegensatz

---

[1]) Nach der Berechnung von Montessus de Ballore, Les tremblements de terre. Paris 1906. S. 26 entfallen über 90% in die Geosynklinalen. — Gaea. 45. Jg. S. 561ff.

[2]) K. Schneider, Die vulk. Erscheinungen d. Erde. Berlin 1911. S. 229ff. — K. Sapper, Katalog d. geschichtlichen Vulkanausbrüche. Straßburg 1917. S. 344.

[3]) J. Elbert, Die Sunda-Expedition. Frankfurt a. M. 1912. II. Bd.

[4]) l. c. S. 25.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zur tafelförmigen Bauart der Kontinentaltafel und höchstwahrscheinlich war dies der Fall in allen geologischen Epochen«.

7. Ob der Vulkanismus der Tiefe (der infrakrustale Vulkanismus) in Verbindung mit großen lokalen Aufschmelzungen steht — ob an ein gewaltsames Hineinpressen juveniler Massen in die über- oder anlagernden Gesteinsschichten gedacht wird — ob die treibende Kraft im Magma selbst zu suchen ist oder — ob sie von außen unter dem Einfluß hydrostatischer Gesetze in die Erscheinung tritt, immér wird nach erfolgter magmatischer Durchdringung des Gebietes das betreffende Erdstück ein solches übermäßiger Spannung sein. Daß diese Spannungen bedeutende sein müssen, geht aus der Überlegung hervor, daß Batholithe ungewöhnlich groß sein müssen[1]). Diese Spannungsgebiete reichen in ihnen bis an die Erdoberfläche herauf und beschränken sich nicht nur auf eine in der Tiefe geltende Tensionsschale. Mechanisch vorstellbar und erklärlich ist es, daß an diese Spannungsgebiete Lockergebiete anrainen, daß Vulkangebieten Bruchgebiete nahestehen[2]). Daher mag es kommen, daß Gänge, Stöcke, Nester sich an Batholithe gebunden finden und mit ihnen in Verbindung zu bringen sind. Unmittelbar nachbarlich zu solchen Spannungszonen liegen Pressungsgebiete (Karpathen). Würde die geologische Untersuchung die vulkanischen Gebiete als die älteren ansprechen können, so würde das Pressungsgebiet mechanisch dadurch erklärt werden können, daß die Erdschichten an das Spannungsgebiet gleichwie an ein Widerlager angedrückt werden. Da sich aber die Vulkangebilde in der Regel als die jüngeren erweisen, so tritt Pressungs- und Spannungszone unmittelbar nebeneinander, was mechanisch nicht erklärt werden kann.

8. Man gerät in Schwierigkeiten, wenn man beachtet, daß die Hauptrichtung des Gebirgsschubes Nord und Süd ist. Dazu kommt eine nicht auf eine allgemeine Richtung einstellbare Drehbewegung abzielende Kraft, endlich eine als Hebung und Senkung erkennbare Richtung. Während die Nord- bzw. Südkraft in der Regel den ganzen Gebirgszug beherrscht, sind West- und Ostrichtungen untergeordnete Kraftlinien. Um die Süd-Nord- bzw. Nord-Südkomponente schwankt die drehbewegende Richtung. In wohl allen Gebirgen ist die positive bzw. negative Kraft nachweisbar. Sie ist kaum mehr als eine Folgeerscheinung der erstgenannten Richtungen. Diese 5 Kraftrichtungen zeigen eine gewisse Verteilung. Im allgemeinen ist in der Gegenwart die Hebung im Norden, die Senkung im Äquatorialgebiet, der aber ohne Frage eine bedeutende Hebung vorangegangen war, die auch zum Teil in einzelnen Gebieten noch anhält. Diese beschränken sich auf die Geosynklinalen. Die Senkungsperiode im Norden Europas, welche der jetzigen Hebung voraus war, ist ebenfalls einwandfrei festgestellt.

---

[1]) F. v. Wolff, Der Vulkanismus. I. Bd., S. 188.

[2]) Es soll damit keineswegs die Meinung vertreten werden, daß Vulkane Bruchgebiete zur Folge haben.

©Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

In Asien ist Süddruck, in Nordamerika ein Norddruck, über Europa ein Übergangsgebiet, das je weiter nach Osten um so mehr an Asien erinnert, wie es im Westen an Amerika angleicht. Bedeutende Torsionsbewegungen treten in den Zerrungsgebieten Ostasiens auf. Ihre Natur als Zerrungsgebiete ist bereits länger bekannt. Zum letzten Male hat sie J. Elbert beschrieben[1]) und in ihnen drei Hauptrichtungen als maßgebend erkannt.

1. Die (durch Tieferlegung des Indik und Pazifik) nach Nord und Süd gerichtete Zerrung.

2. Eine nach West und Ost gerichtete (von den beiden Festländern Asien und Australien ausgehende) Stauung.

3. Eine allgemeine Hebung und Senkung. (Letztere beträgt im Diluvium etwa 2800 m, dieser folgt eine noch bemerkbare Hebung um mindestens 12—1300 m.)

Wie die Schrumpfungstheorie ein solches Zusammentreffen so verschiedener Kraftwirkungen auf engem Raum mechanisch erklären will, ist offen. Gerade aber der Wechsel von Hebung und Senkung des gleichen Gebietes ist für die Schrumpfungstheorie eine der unlösbaren Fragen. Dieser Wechsel von Hebung und Senkung ist nicht nur für dieses Gebiet nachgewiesen. Die Geschichte der Ostsee seit der Eiszeit ist ein bekanntes Beispiel (Yoldiasee = Senkung des Landes, Ancylussee = Hebung des Landes, Littorinasee = Senkung des Landes, Ostsee = Hebung des Landes). Von dem ständigen Wechsel von Hebung und Senkung des niederdeutschen Beckens lehrte K. Stille[2]). Ähnliches Wechselspiel zeigte H. v. Staff[3]) für das Gebiet der Lausitzer Überschiebung. »Die Größenordnung«, sagt letzterer, »der bei den tektonischen Vorgängen beteiligten Kraft übertrifft um ein erhebliches alle etwa durch Sedimentbe- und -entlastung veranlaßten sogenannten isostatischen Spannungen innerhalb der Erdkruste. Wir müssen demzufolge annehmen, daß auch der oszillatorische Charakter der tektonischen Tendenzen eine diesen primär zukommende Eigenschaft ist, für welche wir indessen zurzeit noch keine Erklärung besitzen«.

9. Eine grundlegende Umänderung in der Anschauung der Gebirgsbildung ist mit der Erkenntnis gekommen, daß die Alpen nicht durch Schubfalten entstanden sind, sondern durch Deckenschub, bei welchem Falten nur sekundäre Erscheinungen sind. Was in den Westalpen festgestellt wurde, ist in den Karpathen und später in den Ostalpen in gleicher Art gedeutet worden. Die Dinariden und Apenninen sind gleichfalls als Schubdecken erkannt worden. Kober hat versucht[4]),

---

[1]) l. c. S. 341 ff.

[2]) H. Stille, Tektonische Evolutionen l. c.

[3]) H. v. Staff, Die Geomorphogenie und Tektonik des Gebietes der Lausitzer Überschiebung. Geol. u. paläont. Abh. N. F. 13. Jg. 1914, S. 112.

[4]) P. M. Jg. 1914, S. 250 ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

den Bau der Deckengebirge des Mittelmeeres einheitlich aufzulösen. Nach ihm würden sich nordgerichtete Alpiden und südbewegte Dinariden gegenüberstehen, wobei zu ersteren die Betische Cordillere, Pyrenäen, Alpen, Karpathen, Balkan, Jaila und Kaukasus gerechnet werden, Atlas, Apenninen, Dinariden, Helleniden, Tauriden zu letzteren gezählt werden. Daß Asien und Amerika Deckenbaugebirge beheimaten, ist behauptet aber auch bestritten worden; sicher sind die Untersuchungen nicht abgeschlossen. Sei dem wie dem sei. Betrachtet man ein Stück aus einem Gesamtprofil durch Alpen oder Karpathen, wie sie A. Heim oder V. Uhlig gegeben haben, oder, um deutlicher zu sein, ein Klippenprofil, wie es Querau-Kayser von den Klippen der Mythen bei Schwyz gegeben haben[1]), immer erwecken die Zeichnungen die Vorstellung, daß man an ein Abspringen der auflagernden Massen denken muß. Sie hängen weder mit dem Vorland noch mit dem Rückland zusammen, sie sind für ihre Umgebung fremde Stücke, sie sind abgesprungene Rindenstücke aus ferner Heimat. Schrumpfung kann solche Kräfte nicht auslösen, nur eine ganz oberflächlich wirkende Kraft vermag diese Arbeit zu leisten. Schrumpfung vermag Abschuppung aber nie Verlagerung zustande zu bringen.

Bedeutsam bleibt es, daß Schubdecken auch in den paläozoischen und selbst älteren Gebirgen erkannt wurden.

Suess d. J. zeigte eine uralte Überschiebung in Mitteleuropa, indem er nachwies, daß sich die moldanubischen Gebirge (sie umfassen im allgemeinen die Stücke des böhmischen Massivs im eigentlichen Sinne, d. i. von St. Pölten gegen Westen quer über das böhmisch-mährische Hochland bis an die Randbrüche der böhmischen Masse in Bayern) über die moravischen, welche östlich davon zutage treten, hinübergeschoben haben. »Die moravischen Gesteine erscheinen als Aufwölbungen unter den moldanubischen als unvollkommen umrahmte Fenster; dadurch entstanden, daß die moldanubische Scholle über Hindernisse, und zwar über Gneis- und Schiefermäntel im Dache der Batholithen hinweggleiten mußte, vergleichbar den Tauernfenstern in den Zentralalpen«[2]). Nach dem Devon hat diese Bewegung stattgefunden, ohne daß sich die Schubrichtung festlegen ließe, und ohne daß diese tektonischen Bewegungen mit den karbonischen Bewegungen in diesem Gebiete in Verbindung zu bringen sind.

Das nordwestliche Schottland, Schweden, die Münchberger Gneismasse zeigen ähnliche Schubdeckenprofile. Eine der merkwürdigsten Schubdecken, weil sie gleichsam im Anfang erstorben, ist die in der Literatur als »Lausitzer Überschiebung« bekannte tektonische Störungslinie, welche bei 350 km Länge im nördlichen Abschnitte den Nord-

---

[1]) E. Kayser, Lehrb. d. Geol. I. Bd., S. 203.

[2]) Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des hohen Gesenkes. Denkschr. d. Akad. Wiss. math.-naturw. Kl. 88. Bd. Wien 1912, S. 543 (3). — Geol. Rundschau II, S. 440ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

flügel[1]) um ungefähr 400 m kaum über 5 km in der Horizontalen und 330 über den Südflügel geschoben zeigt. In der Höhe des Riesengebirges, im Profil Hohenelbe-Spindelmühle zeigen sich die kambrischen Schiefer unter gleichem Fallen noch mit wenigstens 200 m über das permische Vorland geschoben; um in den niederen Westsudeten zwar noch als Überschiebung erkennbar zu sein[2]), im weiteren aber einer Absenkung des östlichen Flügels zu weichen[3]). In den hohen Ostsudeten aber tritt an Stelle der Überschiebung ein staffelförmiges Abbrechen gegen Osten[4]). In dem Gebiete östlich der hohen Ostsudeten, in den kohlenführenden niederen Ostsudeten sinken die paläozoischen Schichten noch tiefer hinab. Hier erwecken die Profile, welche Jičinsky gibt[5]), die Vorstellung von einer nach Osten drängenden Schleppung. Die sog. Lausitzer Überschiebung ergibt sich somit in ihrem Gesamtbau eigentlich als eine bedeutsame Torsion, hervorgerufen durch eine Überschiebung im Nord-, eine Zerrung im Südosten, im mittleren Teil dem eigentlichen Übergangsgebiete als verbrochenes Schollenland. Man ist versucht an ein Gegenspiel der austrasischen Zerrungen zu denken, nur um ein bedeutendes kleiner, da die Kräfte, welche am Bau wirkten, sich nicht ausleben konnten. Dieses Absinken in den hohen Ostsudeten ist um so bedeutsamer, wenn man ganz Böhmen ins Auge faßt und wahrnimmt, daß dieses Absinken bereits im Erzgebirge anhebt — böhmische Landsenke — hier noch im Diluvium eine letzte Nachwirkung zeigte, welche für den Elbedurchbruch durch die »sächsische Schweiz« maßgebend geworden ist[6]), im inneren Böhmen, im böhmischen Schiefergebirge sich finden, im Melniker Graben tief abgesunken sind und selbst im böhmischen Massiv im Budweißer und Wittingauer Graben schwache Nachklänge erkennen lassen. Es sind nicht gleichaltrige Stücke, aber alle von den gleichen ursprünglichen Kräften geschaffen worden. Wie weit dabei die Torsionsbewegung der Sudeten mitgewirkt hat, läßt sich z. Z. noch nicht bestimmen. Das Alter der Überschiebung ist für den nördlichen Teil von v. Staff in das Präoberoligozän verlegt worden. Wohl in die gleiche Zeit wird man die Abzerrungen der Karbonablagerungen der niederen Ostsudeten verlegen müssen, wenigstens

---

[1]) Hans v. Staff, Die Geomorphogenie und Tektonik des Gebietes der Lausitzer Überschiebung. Geol. u. pal. Abh. N. F. 13. Bd. S. 87.

[2]) K. A. Weithofer, Der Schatzlar-Schwadowitzer Muldenflügel. Jb. d. R. A. 1897. 47. Bd. Tafel XIII.

[3]) A. Leppla, Geol.-topogr. Beschreibung d. Glatzer Neiße. Abh. d. preuß. geol. L.-A. N. F. Heft 32.

[4]) K. Schneider, Zur Orographie u. Morphologie Böhmens. Prag 1908. S. 89ff.

[5]) Bergmännische Notizen aus dem Ostrau-Karwiner Steinkohlenrevier. Mährisch-Ostrau 1898. Profil 4.

[6]) Die hier gegebene Andeutung wird in einem anderen Zusammenhang besprochen werden.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

liegen miozäne Schichten diskordant auf diesen bei Ostrau[1]). Die sudetische Torsionsbewegung wird wieder gegen Osten von der miozänen Überschiebung der Karpathen überwältigt. Hält man dabei fest, daß wenigstens für die nördlichen Sudeten oszillierende Bewegungen nicht von der Hand gewiesen werden können (v. Staff), so ergeben sich mechanische Schwierigkeiten, will man die Kontraktion als alleinige Ursache der Gebirgsbildung ansehen. Reyers Meinung, daß bei »all diesen Beziehungen die alte (Schrumpfungs-)hypothese uns verläßt, welche tatsächlich nur eine bequeme Anschauung ist, die sich mit den Tatsachen nicht vereinigen läßt«, gewinnt an innerer Kraft. Die Theorie läßt sich eben »mit den Beobachtungen nicht vereinbaren und wird anderen Theorien, welche besser arbeiten, weichen müssen«[2]).

III.

Die mechanischen Schwierigkeiten, welche sich der Kontraktionstheorie entgegenstellen[3]), haben an deren Stelle Gleichgewichtstheorien treten lassen. Das grundlegende Prinzip und der wesentliche Unterschied, der Fortschritt gegen diese ist dies: Die isostatische Lehre verlangt weder eine Verkleinerung noch Aufblähung der Erde. Sie nimmt als Ursache einen Gleichgewichtszustand zwischen den einzelnen Erdkrustenteilen an, der aber fortwährend gestört und aufs neue wieder hergestellt wird.

Damit aber erhebt sich sofort die Frage, welches ist diese primäre Kraft, welche immer wieder Gleichgewichtsstörungen verursacht? Warum tritt diese Kraftänderung immer wieder nur in bestimmten geographischen Zonen auf, die als Geosynklinalen bezeichnet wurden? Daß in der Erde nur ein jeweiliger Gleichgewichtszustand vorhanden sein kann, zeigt ihre Inhomogenität. Diese ist eine zweifache: Auf Grund geophysikalischer Überlegungen in der Richtung des Radius, zum an-

---

[1]) Fr. E. Suess, Bau und Bild der böhmischen Masse. S. 283.

[2]) E. Reyer, Geologische Prinzipienfragen. Leipzig 1907. S. 142 u. 140.

[3]) Diejenigen Theorien, welche eine Deformation der Erdoberfläche mit Akkumulation und Destruktion in Verbindung bringen, sind kaum ernstlich in Frage zu ziehen. Sie lassen zwar Deutungen über Hebungen und Senkungen an verschiedenen Stellen, selbst auch Gleitungen zu, aber für Bruch, Flexur, für tektonische Erdbeben oder für Vulkanausbrüche sind sie nicht zu gebrauchen. Im übrigen setzen sie alle einen dogmatischen Satz voraus: Senkung muß zuerst eintreten, um die Möglichkeit eines Akkumulationsgebietes zu schaffen. Warum sich das Senkungsgebiet an der gleichen Stelle oftmals wieder hebt, ist nicht einsehbar. Epeirogenetische Bewegungen im Innern der Festländer sind völlig unerklärbar. Diese unbedingt angeforderte Senkungshilfshypothese ist der Schwächepunkt, mag auch die rechnerische Formel für sie sprechen. Nimmt man die Senkung als das Sekundäre an, so ist eine nachbarliche Hebung als unbedingt notwendig anzusprechen. Ob Senkung oder Hebung, immer muß eine Bewegung als ursächlich angesehen werden. Gebirge und alle anderen tektonischen Bewegungen sind danach nur Sekundärerscheinungen. Bei der großen Ausdehnung der Gebirge ist das aber kaum anzunehmen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

deren in der Erdkruste. Wie immer man sich das Erdinnere vorstellen mag, sicher befindet es sich in einem isotropen Zustand, der in einen anisotropen übergeht je näher die Teile der Erdkruste zu liegen kommen. Sicher ist auch, daß die Massen des Erdinnern dichter und damit schwerer sind als die der Erdkruste. Suess d. Ä. hat, eine Idee Daubrées aufgreifend, für diese Tiefe das Nife geschaffen, dem das Sima und Sal folgt[1]). Bei 1500 km setzt das Nife gegen Sima-Sal ab. In der Stratosphäre sind letztere allein vertreten. Aber Sima und Sal sind keineswegs gleichmäßig verteilt. Als ausschlaggebend sind die primären Gesteine anzusehen, aus denen durch Umlagerung die sedimentären hervorgegangen sind. Inhomogenität drückt sich in den petrographischen Provinzen aus. Während sich der atlantische Gesteinstypus über die ganze Erde verbreitet[2]), bleibt der pazifische nur auf zwei Zonen beschränkt: die zirkumpazifische — der Ozean ist atlantischer Typus — und mediterrane. »Die Zonen der pazifischen Gesteine fallen mit den Geosynklinalen zusammen und sind gleichzeitig die Regionen der Erde, die während der Tertiärzeit und später von größeren Faltungsvorgängen noch allein betroffen wurden. Pazifische Gesteine umrahmen die atlantischen Provinzen, nie tritt jedoch der umgekehrte Fall ein«. Neben einer Inhomogenität in der Materie tritt eine solche der Schwere.

Unter Schwere versteht man die Kraft, welche ein Körper auf seine Unterlage ausübt. Wird diese weggenommen, so fällt er. Die Richtung, in der der Fall vor sich geht, wird das Lot genannt, der Angriffspunkt, in dem die Kraft einsetzt, der Schwerpunkt. Seine Richtung wird durch das Lot bestimmt, sein Sitz ist im Mittelpunkt der Erde. Um die einzelnen Elemente der Schwerkraft zu berechnen, bedient man sich des physischen Pendels. Aus der Beziehung:

$$T = \pi \sqrt{\frac{l}{g}} \text{ oder } g = \pi^2 \frac{l}{T^2}$$

(T = Schwingungsdauer, l = Pendellänge, g = Schwerebestimmung)

erkennt man, daß die Bestimmung des g aus der Beobachtung einer Länge und einer Zeit erfolgen kann. Setzt man $T = 1$, d. i. 1 Sekunde mittlerer Sonnenzeit, so löst sich die obige Formel in

$$g = \pi^2 l,$$

wobei l das Sekundenpendel bezeichnet. Dieses ist in der Nähe der Erdoberfläche nahezu 1 m lang.

Man ersieht demnach, daß dis Bestimmung von g für einen bestimmten Ort gleichbedeutend ist mit der Bestimmung des Sekundenpendels, d. h. dasselbe Sekundenpendel, das an einem bestimmten Ort in der Zeiteinheit eine Schwingung vollendet, muß an einem anderen um einen bestimmten (naturgemäß verschiedenen) Betrag verlängert oder ver-

[1]) A. d. E. III_2 625f. — Zu ähnlichen Anschauungen kommt E. Wiechert auf Grund der Erdbebenforschung.

[2]) v. Wolff, Vulkanismus. I. Bd., S. 153.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kürzt werden. Der kleineren Schwerkraft entspricht ein kleineres Sekundenpendel und umgekehrt. Infolge der Erdabplattung und der verschiedenen Meereshöhe ergibt sich, daß g abhängig sein muß von φ und h ü. d. M. und daß man zum direkten Vergleich die gewonnenen g-Bestimmungen auf den Meeresspiegel reduzieren muß. Zeigt nun ein Ort eine Differenz zwischen der tatsächlich beobachteten Schwere und der für diesen Ort berechneten, so ergibt sich, daß an dieser Stelle ein Massenüberschuß (wenn g größer als normal) bzw. Massendefekt (wenn g kleiner als normal) vorhanden ist. Diese verschiedene Verteilung der Schwerkraft auf der Erdoberfläche gibt keinerlei Aufschluß über die wirkliche Verteilung der Massen im Erdinnern. Es ist vielmehr festzulegen, daß sie sich nur auf einen bestimmten Teil des Radius beschränken.

Die Berechnung der Dichte der störenden Schicht erfolgt nach Messerschmitt durch die Relation[1])

$$g - \gamma = \frac{3\gamma}{2R}\left(\frac{\vartheta D}{\vartheta m} - N\right).$$

Hierin bedeutet g die beobachtete und auf das Meeresniveau reduzierte Schwere, γ die theoretisch für den gleichen Ort berechnete Schwere, R ist der Erdradius, ϑm ist die mittlere Erddichte, welche mit 5,52 bestimmt wurde, ϑD die im Meeresniveau gedachte ideale kondensierte Störungsschicht von der Dicke D und der Dichte ϑ des betreffenden Gesteins, N den unbekannten Abstand der Geoidfläche im Meeresniveau über der Fläche gleich großen ungestörten Potentials des Normalsphäroids. Er ist kaum über 200 m.

Kennt man für ein bestimmtes Gebiet von einer größeren Anzahl Stationen die wahre Schwere und berechnet man daraus $g - \gamma$, so läßt sich damit die Störungsschicht ϑD ableiten. Sie ist naturgemäß nur eine ideale. Theoretisch kann man alle Massen innerhalb einer geschlossenen Fläche in einer bestimmten Weise auf ihr verteilt denken, d. h. man kann sich die im Erdinnern verhandenen störenden Massen auf die Meeresoberfläche verschoben denken, wobei Größe und Richtung der Verschiebung unbekannt sind. Gleichwohl lassen sich aus dem Verlauf der so berechneten idealen Schicht Schlüsse über die wirklich störenden Massen ziehen, da die Dichtigkeit im Erdkörper an gewisse Grenzen gebunden ist. Dadurch ist es gelungen, festzustellen, daß die Schwereverteilung einmal nur ganz bestimmten Gesetzen zu gehorchen scheint, zum anderen, daß die Inhomogenität selbst nur bis zu einer bestimmten Tiefenstufe reicht. Die Tiefe dieser Kompensationsschicht wurde von Hayford mit 113,7 km berechnet. Sicher liegt die Ausgleichsfläche für die Union zwischen 100 und 140 km Tiefe. Unter anderer Voraussetzung ergibt sich eine Tiefenlage von 189 km und mindestens ist sie

---

[1]) J. B. Messerschmitt, Die Schwerebestimmung an der Erdoberfläche. Braunschweig 1908. S. 131 ff.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

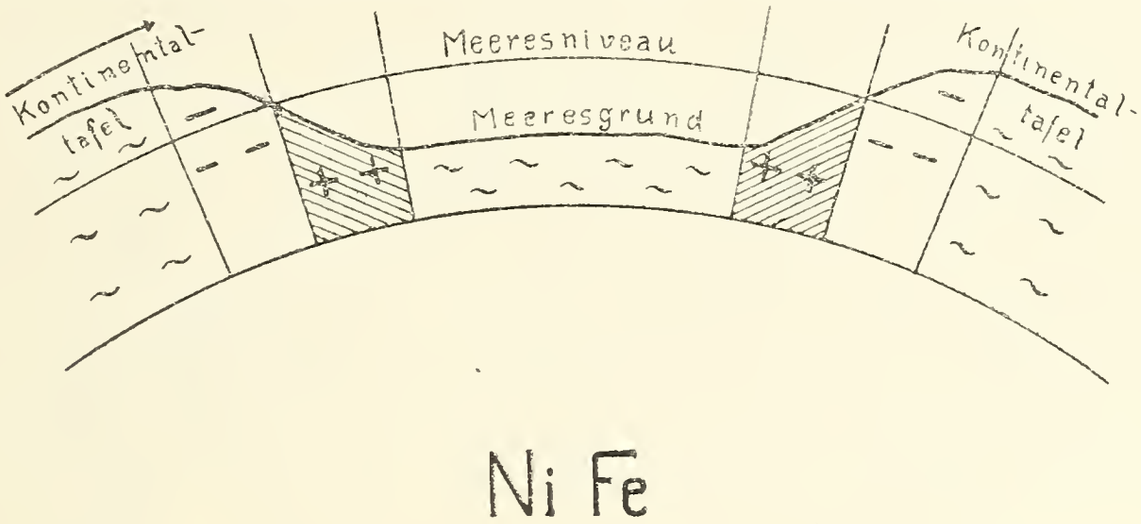
65 km[1]). Helmert fand den Betrag von 118 ± 22 km[2]). J. H. Pratt findet die Kompensationstiefe bei 300 km, »welcher Wert auch aus anderen Gründen viel Wahrscheinlichkeit für sich hat«[3]). Chamberlin kommt zu 310 km.

Über dieser Kompensationsfläche zeigt die Verteilung der Schwereanomalien folgende Gesetzmäßigkeit:

1. Negative Anomalien finden sich häufig in Gebirgen, während positive in den Niederungen und auf Inseln vorkommen.

2. Die Kontinentalflächen zeigen in ihrer Gesamtheit im Mittel die gleiche Schwere wie die Tiefsee. Eine Änderung tritt dagegen beim Übergang vom Kontinentalblock zur Tiefsee ein, und zwar besitzt im Mittel die Flachsee positive Überschüsse, während das nahe Festland negative Anomalien besitzt.

Diese Massendefekte sind nicht als Hohlräume vorzustellen, sondern nur als »Massen von geringerer Dichte oder lockerer Struktur«. (Fig. 1.)



Figur 1. Schematische Darstellung der Schwereverteilung in der Erdkruste.

Diese Schwereverteilung ist nichts Dauerndes, sondern sie ist labil. Jede Massenumlagerung durch Flüsse, Winde u. a. muß störend darauf einwirken, wenn auch die rechnerisch gewonnenen Zahlen nicht zu weitgehenden Schlüssen berechtigen. Selbst große Zeitmaße vermögen nur geringe Werte hervorzubringen. Größere Zahlen sind vielleicht zu erhalten, wenn die Massenumlagerungen in Betracht gezogen werden, die durch Vulkanausbrüche vor sich gehen. Um so mehr müßten diese in Anrechnung kommen, da sie plötzlich in kurzem Zeitabschnitte vor sich gehen. Massenumlagerungen gehen insbesondere bei Erdbeben, Gebirgsbildung, Hebung und Senkung vor sich. Nun treten Erdbeben in Gebieten auf, welche sich durch das Zusammentreten von Schweranomalien auszeichnen. Es liegt nahe, den Schluß zu ziehen, daß sich die Erdbeben infolge dieser Tatsache gerade in diesen Ge-

---

[1]) John Hayford, Geodesy. Washington 1910. P. M. 1913. L. B. 260.
[2]) Nach M. P. Rudzki, Phys. d. Erde. Leipzig 1911. S. 72f.
[3]) Messerschmitt, l. c. S. 138.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

bieten finden[1]). W. H. Hobbs hat aufmerksam gemacht, daß die Schwereabnormitäten nicht nur mit Erdbebenzonen und Verwerfungen in Beziehungen stehen, sondern auch in Gebieten mit abnormem Erdmagnetismus[2]) auftreten.

Bei solchem Zusammentreffen ist die Frage nahe, ob nicht beide im Wesen unterschiedliche Erscheinungen in Zusammenhang stehen? Daß, einen solchen angenommen, die Schwereabnormität das Primäre ist, ergibt sich aus der natürlichen Inhomogenität der Erdkruste. Da aber Umlagerungen und Verschiebungen der Schwereabnormitäten ständig vor sich gehen, so ist für diese Verschiebungen noch so kleiner Natur eine besondere Kraft als Ursache anzusehen. Diese Kraft muß immer wieder neu einsetzen, um die Störungen und weiter die Erdkrustenumlagerungen nach sich zu ziehen.

IV.

Unter Polhöhenschwankung versteht man die Erscheinung, daß der Erdpol nicht in einem Punkte verharrt, sondern um den mathematischen Punkt in scheinbar völlig unregelmäßiger Bahn verläuft. Die Polhöhenschwankungen sind durch die Breitenvariationen nachgewiesen, da die geographische Breite gleich der Polhöhe ist. Diese Variationen werden seit 1890 von einzelnen, seit 1900 durch den internationalen Breitendienst durch 6 Stationen auf der Nordhalbkugel unter 39°8′, seit 1906 durch 2 weitere Stationen auf der Südhalbkugel unter 31°55′ s. Br. genau verfolgt. Aus der kurzen Zeit der Beobachtungen lassen sich bereits gewisse Ordnungen erkennen, wobei wohl kaum von abschließenden Ergebnissen gesprochen werden kann. Danach zeigen sich 1. periodische Änderungen in Jahresspannen. Danach fallen Maxima des abweichenden Poles vom mathematischen Punkt auf 1890,92, 1897,40, 1903,53 und 1910,38. Die Zeit zwischen den beiden Hauptmaximen beträgt 19,46 Jahre[3]). 2. scheint eine 28tägige Periode vorhanden zu sein, doch muß »es als erwiesen gelten, daß eine merkliche Schwankung der Polhöhe von nahezu täglicher Periode nicht existiert«[4]), was aber nicht ausschließt, daß eine tägliche Polhöhenschwankung vorhanden ist, doch läßt sie sich nicht messen[5]). Dies ist aber nicht das einzige ungelöste Problem in dem großen der Polhöhenschwankung

---

[1]) K. Schneider, Zur Geschichte u. Theorie d. Vulkanismus. Prag 1908. S. 83ff.

[2]) J. W. Hobbs, The origin of ozean. Bull. of Geol. Soc. of Am. 1907. Vol. 18. 233ff. — Angeführt nach Bericht naturw. Rsch. 1909, S. 11. In seinem Werke: Earthquakes, an introduction to seismic Geology, New York 1907 kommt Hobbs neuerdings auf diesen Gedanken zurück, indem er ausführt, daß man erkennen kann »that the magnetographs respond to earthquakes at those stations only where gravity is most abnormal« (S. 307).

[3]) E. Przybyllok, Polhöhenschwankungen. Braunschweig 1914. S. 28.

[4]) Ebenda S. 40.

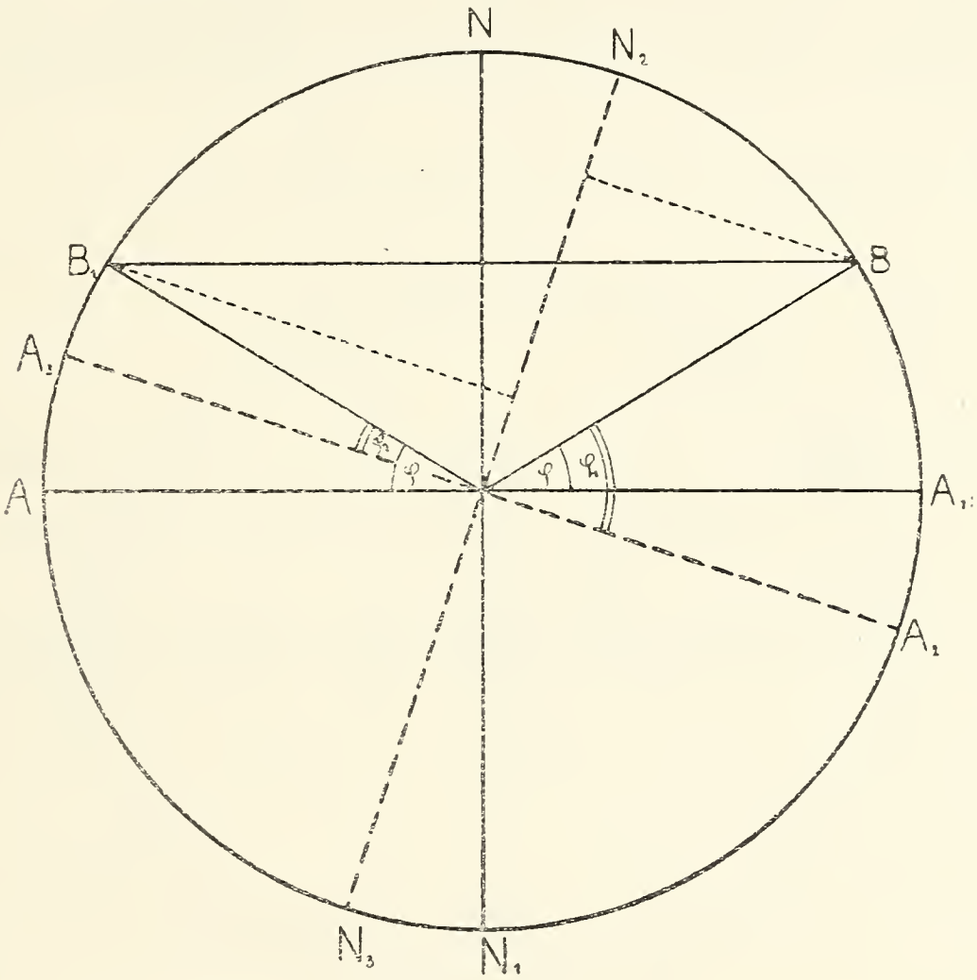
[5]) Ebenda, S. 35.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

überhaupt. Die Bahn, welche der Pol um den mathematischen Rotationspunkt beschreibt, ist keine Spirale, sie bildet oftmals Schlingen, zeigt im allgemeinen eine eckige Linie.

Trotz des geringen Ausschlages, den die Breitenvariation erkennen läßt, ist bei der Erdgröße und deren Umdrehungsgeschwindigkeit doch sofort eine Verschiebung der Zentrifugalkraft und damit die Auslösung einer Reihe von Kräften verursacht.

Zur Verdeutlichung des Gesagten diene die folgende Figur 2. Für die Achse NN_1 und die dazu gehörige Äquatorachse AA_1 hat der Punkt B



Figur 2.

die geographische Breite φ, die Zentrifugalkraft $f\varphi = f_0 \cos \varphi$. Wird durch die Polverlagerung die Rotationsachse in die Lage N_2N_3 gebracht, so wird die Fliehkraft für B geringer, da diese mit dem cos der geographischen Breite abnimmt. Für den ursprünglich in gleicher geographischer Breite mit B gelegenen Punkt B_1 wird $f\varphi_1 = f_0 \cos \varphi_1$, d. h. da der Ort durch die Polverlagerung näher zum ursprünglichen Äquator rückt, wird sie größer als bisher.

Nun läßt sich die Zentrifugalkraft in zwei Kraftrichtungen auflösen, eine tangentiale und eine vertikale. Damit erleidet der Punkt B bzw. B_1 eine zum, bzw. vom Pole gerichtete Bewegung. Dazu kommt ein drittes: der Punkt, der aus einer nördlich vom Äquator oder auch südlich gelegenen Gegend gegen den Gleicher geschoben wird, muß, da die Erde als ein Rotationsellipsoid anzusehen ist, auch einen größeren

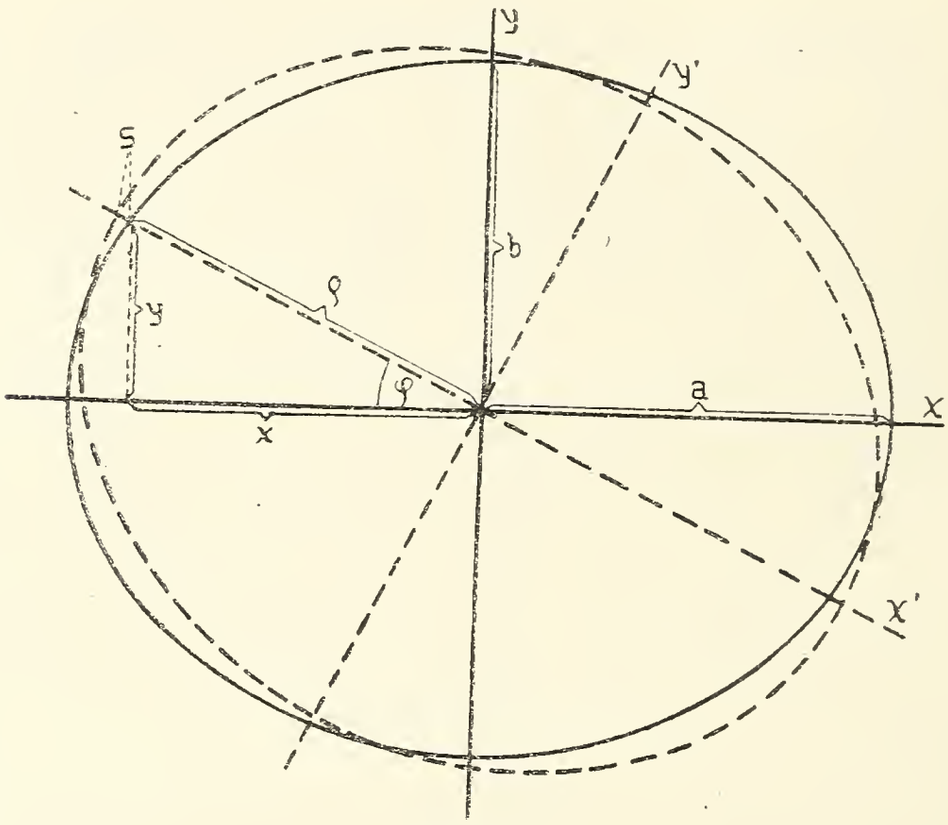
© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Abstand vom Mittelpunkt der Erde enthalten[1]). Da er nun endlich aus einem Gebiete mit geringerer in eine solche größerer Umdrehung kommt, so daß er gleichsam zurücksteht, so ergibt sich eine Drehbewegung. Zusammengefaßt: Durch die Polverlagerung von N zu N_2 wird die Bewegung des Punktes B_1 nicht nur 1. eine tangentiale, sondern 2. eine vertikale und 3. infolge der verschiedenen Erdumdrehung entgegen der Drehrichtung zurückgeschoben, d. h. das Massenteilchen erfährt durch die Verlagerung eine durch 3 Kraftrichtungen verursachte Drehbewegung. (S. 14 unter 8.)

Von dem einzelnen Massenteilchen wende man sich nunmehr einem Zonenstreifen zu. Es werde die Erdzone zwischen 10—20° n. Br. genauer verfolgt. Nimmt man zur besseren Anschaulichkeit eine in

---

[1]) Dies ergibt sich aus folgender Erwägung (Fig. 3):



Figur 3.

In der Gleichung der Ellipse

$$b^2x^2 + a^2y^2 = a^2b^2 \text{ gibt — für } y = x \operatorname{tg} \varphi \text{ eingesetzt —}$$

$$x^2 = \frac{a^2b^2}{a^2 \operatorname{tg}^2 \varphi + b^2}$$

$$x^2 = \varrho^2 \cos^2 \varphi,$$

somit

$$\varrho^2 \cos^2 \varphi = \frac{a^2b^2}{a^2 \operatorname{tg}^2 \varphi + b^2}$$

$$\varrho = \frac{ab}{\sqrt{a^2 \sin^2 \varphi + b^2 \cos^2 \varphi}}$$

$$\sigma = a - \varrho.$$

Ist $a = 6378{,}4$ km

$b = 6356{,}9$ km (Helmert)

$\varphi = 1°$, so ergibt sich für $S = 1{,}1$ km. (Karl Gail.)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Natur nicht beobachtete und auch als unwahrscheinlich anzusehende Polverlagerung von 10° und zwar im 90° ö. L. v. Gr. gegen 90° w. L. v. Gr. Damit werden vier Punkte 0 und 180°, 90° östl. u. westl. zu beachten sein. Durch eine solche hypothetische Verlagerung kommt der östliche 10°-Streifen in die Breite 0—10° n. Br. zu liegen, d. h. ein Eingradfeld mit 118 270 km² kann sich auf 134 573 km² ausbreiten, das entgegengesetzte Eingradfeld, das durch die gleiche Verlagerung in 20—30° n. Br. gerückt wird, muß sich mit 110 755 km² begnügen. Im ersten Falle kann sich die Erdkruste im Einheitsfeld um 16 303 km² zerzerren, im entgegengesetzten Falle muß es sich um 7515 km² zusammenschieben. Die Zonenstücke, welche vom Verlagerungsmeridian zu dem um 90° abstehenden hinstreben, erfahren je nach ihrer Lage ein Hinstreben zu 20—30°, bzw. 0—10°. Da nun das 10—20° Eingradfeld durch die Verlagerung unter 0—10° unter einen größeren Radius und unter größere Umdrehungsgeschwindigkeit kommt, so wird die aus diesen beiden Kräften resultierende Kraft sich als Torsionsbewegung äußern müssen. In Gebieten also, die aus geringerer in größere Umdrehung gelangen, muß die Erdkruste zu Kreisbogen eingeordnet werden, welche von NO zu SO über W lagern, während sie im entgegengesetzten Stück gerade entgegengestellt werden. Unter allen Umständen müssen bogenförmige Gebirgsgrundrisse entstehen[1]).

Gebirge würden freilich erst geschaffen, wenn große Polverlagerungen statthaben würden, daß solche nicht unmöglich sind, wird von verschiedenen Astronomen und Geophysikern bestätigt. So hebt z. B. Rudzki ausdrücklich hervor, daß »die theoretische Möglichkeit langsamer aber weitreichender Polverschiebungen unbedingt zugegeben« werden muß[2]). Diese Verlagerungen sind jedenfalls nicht als allzu häufig anzusehen, um so häufiger sind die Verlagerungen geringen Ausschlages durch die Breitenvariationen nachgewiesen. Über ihre Bedeutung als dynamischer Faktor weiter unten.

Vorher noch einige weitere hypothetische Folgerungen allgemeiner Natur. Verlagerungen der Trägheitsachse müssen Bewegungen — Zerrungen in Äquatorialgebieten, Schiebungen in weiter nördlich, bzw. südlich gelegenen Gebieten — nach sich ziehen. Diese in jeder homogenen Masse eintretende Erscheinung wird um so bedeutsamer, sobald man von der homogenen zur inhomogenen Erde übergeht. Die oben gegebenen Ausführungen über die isostatische Lagerung zeigen, daß

---

[1]) Zur besseren Verdeutlichung des hier Ausgeführten nehme man eine Weltkarte in Lamberts flächentreuer Äquatorprojektion, wie sie in Stielers Handatlas Nr. 3 geboten ist. Man schneide sich aus durchsichtigem Papier zwei Zonenstreifen, welche übereinandergelegt werden und mit einer Nadel im Mittelmeridian festgesteckt werden. Man bewege nun beide Papierstreifen gegeneinander. Zu Anfang nehme man nur einen Streifen, den man, in gleicher Weise befestigt, über der Karte spielen läßt. Das Vergrößern bzw. Verkleinern durch Polverlegung wird jedem sofort klar werden.

[2]) Physik d. Erde. S. 557f.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

die Inhomogenität nicht wahllos auf der Erde ist, daß sich vielmehr gewisse geographische Gesetze bemerkbar machen (S. 21). Es wurde gezeigt, daß die Schwerkraftanomalien in der Kontinentaltafel zu finden sind; des anderen im Grenzgebiete von hoch zu niedrig. Kontinentalblock und Meeresbodengrund zeigen gleiche Größenordnungen. Die Gebiete der Anomalien liegen somit gleichsam zwischen zwei Schraubenbacken. Es sind kritische Zonen. Jede Zerrung oder Schiebung durch eine Breitenvariation ausgelöst, muß sich daher gerade in diesen Zonen auslösen. Das Festere, Massigere des Kontinentalblockes oder Meeresgrundes wird sich in diese lockere Zwischenschicht unter-, über- oder daran verschieben, das leichtere Kontinentaltafelgebiet kann damit auch über das Kontinentalblockgebiet gleiten und sich so in Falten oder Decken legen. In Zerrungszonen wird gerade in diesem Kontinentaltafelgebiet eine Lockerung des Gefüges eintreten, wodurch vulkanischen Ausbrüchen Austrittsmöglichkeit geboten ist. Es ist nicht von der Hand zu weisen, daß sich große Graben in diesen kritischen Zonen entwickeln können.

Bei Zugrundelegung dieser Arbeitshypothese erklären sich die oben gegebenen geographischen Einwendungen gegen die Schrumpfungstheorie spielend. Es erklärt sich, warum die Hochgebirge gerade an den Rändern der Kontinentalsockel zur Entwicklung kamen und immer gleichsam aus dem Meere aufgestiegen sind. Warum des weiteren die Zerrungsgebirge und Graben in den südöstlichen äquatorialen Randgebieten Asiens und Australiens vorkommen, die Schubgebirge aber in den nördlicheren Breiten beheimatet sind; es erklärt sich der bogenförmige Grundriß der Gebirge der Erde und die entgegenstehenden Richtungsdrucke in den Quadranten II und IV, bzw. I und III. Auf Grund dieser Arbeitshypothese muß die herrschende Großform im Äquatorialgebiet Flach- und Schollenland sein. In den Schollen- und Zerrungsgebieten muß die Heimat der Vulkanausbrüche zu suchen sein und in den kritischen Zonen muß die Verbreitung der Erdbeben erwartet werden.

Die Momentanpole zeigen eine Unregelmäßigkeit des Ausschlages in der Umwanderung des mathematischen Poles. Immerhin zeigt die Bahn des Nordpoles der Erdachse in den Jahren 1890,0—1913,0, daß sich dieser innerhalb dieses Zeitraumes nicht nur öfter im I. und IV. Quadranten fand als in den beiden anderen, sondern auch die größten Ausschläge hatte. Im I. Quadranten wurden 1910 Ausschläge bis 0″351 beobachtet, das entspricht einer Abweichung um 10,83425 m vom mathematischen Pole[1]).

---

[1]) Nach den Besselschen Berechnungen des Erdsphäroides ist die Länge des Erdquadranten 10000855,763 m, 1 Bogensekunde entspricht demnach die Weglänge

$$s = \frac{10000855{,}763}{90^\circ . 60' . 60''} = \frac{10000855{,}763}{324\,000} = 30{,}8668 \text{ m}$$

$$\Delta\varphi = 0''1 = 3{,}08668 .$$

Ausschläge von 0″6 betragen somit 18,52008 m, 0″351 = 10,83425 m.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

V.

Auf den Zusammenhang zwischen Polschwankung und Erdbeben hat als erster John Milne verwiesen[1]). Ihm folgt Cancani[2]). Nach Supan[3]) schließt sich Omori als dritter an. R. Spitaler hat die mathematische Berechnung[4]) durchgeführt, wonach sich zeigt, daß bei einer homogenen Kugel von der Erdgröße durch den Ausschlag $\Delta\varphi = 0''1$, wobei zweifache Kräfte ausgelöst werden, ungewöhnliche Arbeitsleistungen vollbracht werden. Bedeutsam werden Spitalers Tabellen dadurch, daß sie erkennen lassen, in welchen Breitenlagen sich die Kräfte zur Höchstleistung ausleben. Nach ihm sind die horizontalen Arbeitsleistungen in Tonnenmeter pro 1 cm² für $\Delta\varphi = 0''1$.

Breite	Numerus	Breite	Numerus
90°	0,00	40°	1325,44
85	31,79	35	1307,09
80	123,79	30	1229,42
75	267,21	25	1098,40
70	447,94	20	923,32
65	648,86	15	715,40
60	850,72	10	485,98
55	1034,38	5	245,08
50	1182,89	0	0,00
45	1282,79		

Die Tabelle zeigt, daß die Arbeitsleistung in den verschiedenen Breitengraden natürlicherweise verschieden ist, daß ihre größte Kraft im 40° φ zur Auslösung kommt und zwischen 25°—55° φ die größten Schwellwerte erhält. Weiter ist ersichtlich, daß z. B. bei einer Polverlagerung von 0″1 unter 40° φ eine zylinderförmige Erdscholle von 1 cm² Querschnitt und dem Gewichte von 1325,44 Tonnen um 1 m verschoben wird. »Ein solcher Erdzylinder hätte aber, wenn wir das spezifische Gewicht der oberflächlichen Erdschichten zu 2,7 annehmen, eine Länge von 4909 km. Oder es könnte durch diese Kraft eine Masse von 1 Tonne Gewicht, d. i. ein 3,7 km langer Erdzylinder von 1 cm² Querschnitt 1,3 km weit, oder eine Masse von 13,2544 kg, d. i. ein 49,09 m langer Erdzylinder von 1 cm² Querschnitt 100 km weit geschoben werden. Beträgt nun beispielsweise die Abweichung des Poles von seiner mittleren Lage $\Delta\varphi = 0''3$, so erreichen wegen des Quadrates von $\Delta\varphi$ in der Formel diese Kräfte die neunfache Größe der angeführten Beträge.«

Die Arbeitsleistung der Vertikalkomponente zeigt nach Spitaler in Tonnenmeter für 1 cm² bei $\Delta\varphi = 0''1$ folgende Größen:

---

[1]) G. J. 1903. 21. S. 1ff.
[2]) Erdbebenwarte. III. Bd. S. 49ff.
[3]) Grundzüge. 5. Aufl. S. 435.
[4]) Sitzber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl. 116. Abt. IIa. Jg. 1907.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

90°	0,0000	40°	5,2083
85	0,0016	35	5,8636
80	0,0253	30	6,1547
75	0,1211	25	6,0130
70	0,3541	20	5,4273
65	0,7823	15	4,4391
60	1,4337	10	3,1326
55	2,2904	5	1,6151
50	3,2841	0	0,0000
45	4,3024		

Die größte Arbeitsleistung zeigt sich aus dieser Zusammenstellung um 30° φ. Sie beträgt 6,1547 Tonnenmeter für 1 cm², d. h. sie ist imstande 6,1547 Tonnen, die auf je 1 cm² Fläche ruhen, 1 m hoch zu heben oder 1 kg, welches auf 1 cm² ruht 6154,7 m hoch. »Es hat aber ein Steinzylinder von 1 cm² Querschnitt und vom spezifischen Gewicht 2,7 der oberflächlichen Erdschichten bei einer beiläufigen Länge von 3,7 m das Gewicht von 1 kg. Wenn also von der Seite her $\frac{6154,7}{3,7} = 1663$ solche Steinzylinder — sie hätten eine Gesamtlänge von beiläufig 6 km — von denen jeder ebenfalls seinen Auftrieb hat, nachrücken, so erhalten wir eine Gebirgswand von 6154,7 m Höhe. Solche seitliche Schicht kennen wir aber bereits von der horizontalen Komponente her«.

Spitalers Berechnungen haben natürlich nur theoretischen Wert; denn in der Natur kommen eine Reihe von Kräften in Betracht, welche sich rechnerisch überhaupt nicht feststellen lassen, Kräfte, welche ihre Begründung z. T. in der Inhomogenität der Erde haben. Spitalers Berechnungen zeigen außerdem in beiden Fällen bei $\varphi = 0°$, d. h. am Äquator, keinerlei Kraftäußerungen. Daß hier aber gleichwohl durch Polverlagerungen, dank der Erdgestalt, Massenversetzungen eintreten, ist oben gezeigt worden (S. 24 Anm. 1). Sie sind nicht unbedeutend.

In einer späteren Untersuchung hat Spitaler Proben für einzelne Beben im besonderen gebracht[1]) und somit Milnes und Cancanis Anschauungen gestützt. Aber Spitalers Rechnungen setzen naturgemäß eine homogene Kugel voraus. Unter diesen Voraussetzungen kann die Polschwankung für den Geologen nicht als Ursache geotektonischer Bewegungen gelten. So müßten Erdbeben mehr weniger gleichmäßig auf der Erdoberfläche verteilt sein, was den Erfahrungen widerspricht; des anderen müßten die Erdbeben mit der Polwanderung um den Erdball kreisen, in der Frage der Gebirgsbildung bleiben überhaupt eine Reihe von Problemen ungelöst. Unterliegt es auch keinem Zweifel, daß die mathematische Behandlung der Aufgabe nur bei Annahme einer homogenen Kugel durchführbar ist, so wird die Annahme doch erst dann für den Geologen zu einer Arbeitshypothese, wenn er

[1]) Sitzber. d. Ak. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. 122. Abt. IIa.

von der Homogenität zu der tatsächlich vorhandenen Inhomogenität fortschreitet und die Ergebnisse der Schweremessung beachtet, worauf in einem früheren Zusammenhange mit Nachdruck, im Gegensatze zu Spitaler, hingewiesen wurde[1]). Die Inhomogenität der Kruste, die sich in einzelnen Gebieten der Erde in ständiger labiler Gleichgewichtslage befindet, ist die Hauptquelle der gebirgsbildenden Vorgänge auf der Erde. Diese Inhomogenität ist aber eine ursprüngliche, d. h. mit dem Werden der Welt innig zusammenhängende. In diese Inhomogenität, welche sich nach den Untersuchungen nur auf die obersten Krustenteile ausdehnt, kaum über mehr als höchstens 300 km reichen mag, ist im Laufe der Entwicklungsgeschichte insofern eine allgemeine jeweilige Ordnung gebracht worden, daß zwischen mehr weniger homogene Krustenteile inhomogene eingeschoben erscheinen, wodurch die jeweilige isostatische Ruhelage gestört wird. Diese Störung wird durch die Polschwankungen herbeigeführt.

Infolgedessen können gerade in den Gebieten, in welchen die entgegenstehenden Gleichgewichtszustände unmittelbar aneinanderstoßen (S. 21), durch Polschwankungen aus den oben genannten Gründen vorerst Erdbeben ausgelöst werden. Aber gerade wieder die Inhomogenität ist es, welche es zu verhindern weiß, daß jeder Polschwankung auch unmittelbar ein Beben folgen muß. »Ein baufälliges Haus steht oft noch jahrhundertelang, ehe es in sich zusammenbricht und eine Brücke stürzt oft erst dann ein, nachdem die letzte große Belastung lange schon vorbei ist«[2]). Nun zeigen die Polschwankungen der Jahre 1890,0—1913,0 eine deutliche Neigung zu einer Verlagerung nach Quadranten I und IV. Nichts kann hindern, nachdem Astronomen (Hann) und Geophysiker (Rudzky) die Polverschiebung als nicht unmöglich ansprechen, daß aus Polschwankungen Polverlagerungen werden, welche in sichtlichem Streben nach einer bestimmten Richtung hindrängen. Ein solches Verlagern kann nicht als plötzliche Erscheinung aufgefaßt werden, wohl aber durch lange Zeiten währen. Größere Polausschläge erwecken Kräfte, welche imstande sind, Erdschichten zu Gebirgen aufzustauen. Daß diese den großen Geosynklinalen (im obigen Sinne) folgen werden, ist mehr als wahrscheinlich. Diese Geosynklinalen zeigen in der Gegenwart eine bestimmte geographische Verbreitung und die in den einzelnen Abschnitten der Geosynklinalen entstandenen Gebirge zeigen bestimmte einander entgegenstehende Druckrichtungen (S. 11, 12, 15). Die Geosynklinalen umschlingen den heutigen Nordpol im weiten Abstand gleich einem Bande. Innerhalb der nördlichen Geosynklinale hat ohne Frage von jeher Polschwankung aber auch Polverlagerung stattgehabt: Zwischen den beiden Hauptrichtungen Nord und Süd müssen Torsionsbewegungen sich auslösen, die Zerrungs- und

---

[1]) Zur Geschichte und Theorie des Vulkanismus. Prag 1908.

[2]) K. Schneider, Zur Geschichte u. Theorie d. Vulkanismus. S. 89.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Dehnungsgebiete auf der einen, die Schubdecken auf der andern Erdhälfte im Vordergrunde in bestimmten geologischen Pausen stehen. Da die Elongation des Poles auf dem ganzen Erdball Folgeerscheinungen nach sich zieht, so ergibt sich die Gleichaltrigkeit der Gebirge. Die Beobachtung zeigt, daß Breitenvariationen ständig vor sich gehen, infolgedessen müssen Hauptausschläge (Maximalelongationen) immer wieder neuen weichen. Damit beginnen alle Zerrungen und Schubrichtungen neu zu erwachen. Das labile Gleichgewicht in den Geosynklinalen verschiebt sich, eine neuerliche isostatische Lagerung bahnt sich an; bis ein neuer Maximalausschlag eine neue Schubdecke rings um den Erdball anlegt. Sie wird sich an die alte anlehnen, wohl auch überwältigen oder unterschieben, nie aber neu umgestalten. So müssen die Gebirge altersverschieden einander folgen, lange Ruhepausen werden zwischen ihnen vergehen.

Mit dem festen Lande wird auch das Weltmeer betroffen werden, ein periodisches Fließen zwischen Pol und Äquator muß anheben. Entsprechend den Druckrichtungen muß dieses Fließen in den einzelnen Quadranten unterschiedlich sein. Bei allem können diese äquatorialen bzw. polaren Gleitungen immer nur untergeordneter Natur sein. Aber immerhin bieten sie Anhaltspunkte für die bedeutenden Transgressionen, welche sich in einzelnen Erdperioden zu Regionalphänomenen ausleben. Suess d. Ä. hat sie »eustatische Bewegungen« bezeichnet. Daß bei ihnen die Polverschiebungen als solche allein nicht ursächlich sein können, zeigen Spitalers Berechnungen (l. c.), dessen Angaben für die Niveauänderungen in Zentimetern für $\Delta\varphi = 1''$ für die folgenden Breiten betragen:

65°	7,98	35°	9,70
60	9,01	30	8,92
55	9,76	25	7,88
50	10,21	20	6,60
45	10,35	15	5,13.
40	10,18		

Für die großen Transgressionen müssen demnach vor allem die Krustenbewegungen angesehen werden. Aber bei den Überflutungen bleibt das nachbarliche Gebundensein an die Geosynklinalen mehr als beachtenswert. Man kommt infolgedessen zu den Anschauungen: Werden die Transgressionen auch nicht unmittelbar veranlaßt, so läßt sich doch kaum in Abrede stellen, daß sie als sekundäre Erscheinungen in ihrer Verbreitung durch die Polschwankungen und der sich daraus ergebenden Polverlagerungen bedingt sind. Ohne weiter auf die Tatsachen einzugehen, soll doch darauf verwiesen werden, daß mit den Krustenverschiebungen die Verteilung von Land und Meer, von hoch und tief verursacht wird und daß diese beiden Punkte neben der geographischen Breite die drei Grundelemente des Klimas einer Gegend sind.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

VI.

Es kann kaum geleugnet werden, daß den Polschwankungen und den daraus hervorgehenden Polverlagerungen ein bestimmender Einfluß auf die Gestaltung des Erdantlitzes zukommt. Aber dies ist nur dann mit Sicherheit anzunehmen, wenn die Polschwankungen das Ursächliche sind, nicht sie selbst durch Krustenverschiebungen ausgelöst werden.

Daß bei Erdbeben und Polverschiebung letztere die ursächliche ist, hat Spitaler für einzelne besondere Fälle untersucht und nachgewiesen[1]). Was demnach für Erdbeben gilt, muß Geltung besitzen für die übrigen tektonischen Erscheinungen.

Damit aber erhebt sich die eigentliche Frage nach der Ursache der Polverschiebung. Luftmassenverschiebungen dafür anzusehen, wie es Spitaler tut, ist kaum Grund[2]). Mag immerhin das Gewicht der Luftmassen, die von der nördlichen Halbkugel vom Winter zum Sommer zur Südhalbkugel abfließen, rund 400 000 km³ Wasser gleich sein. Aber die Luftmassenversetzung erfolgt von Halbkugel zu Halbkugel auf der ganzen Fläche, die Belastung ist demnach keine einseitige und nur eine einseitige Belastung vermag den Rotationspol aus dem Trägheitspol herauszubringen. Zum anderen müßten die Polschwankungen halbjährige Perioden erkennen lassen, was nicht der Fall ist (S. 22). Man wird ihnen vielleicht sekundäre Wirkungen zubilligen können, aber als eigentliche Ursache sind sie kaum anzusehen. Nicht anders steht es mit der ungleichen Sedimentation der Flüsse. Von den 96,2 Mill. km² marinen Flußgebietes entfallen 53 v. H. auf das atlantische Gebiet, 25 v. H. auf das pazifisch-indische, die mittleren Regenhöhen sind mit 870 und 1090 mm berechnet[3]). Ist es auch nicht möglich, die Näherungswerte der Sedimentführung für diese Gebiete anzugeben, so ist wohl kaum anders zu erwarten, als daß die atlantische Seite die sedimentreichere ist. Es würde sich — diese Ursache als zwingend angesehen — ergeben, daß eine Polverlagerung gegen den Atlantik eintreten müßte. Nach den oben gegebenen Ausführungen zeigt der Pol nach allem das Bestreben, in den I. und IV. Quadranten, d. i. atlantischen hinüberzuwandern. Immer wieder bleibt aber die Frage, woher die plötzlichen Änderungen, woher das Unregelmäßige und doch wieder Periodische der Erscheinung. Vielleicht liegt die Ursache auch tiefer und ist in dem Erdmagnetismus begründet.

VII.

Die Erde bildet insgesamt einen großen Magneten. Das Nife, der Zentralkern, ist der Träger. Dieser Erdmagnetismus wird durch Vorgänge, welche sich auf der Sonne abspielen, ständig beeinflußt. Der

---

[1]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. 122. Abt. IIa. S. 479ff.

[2]) P. M. E. H. 137.

[3]) A. Supan, Grundzüge. 5. Aufl. Leipzig 1911. S. 733.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

magnetische Nordpol der Erde fällt mit dem geographischen Pol nicht zusammen, sondern weicht von diesem um ein Bedeutendes ab ($70^1/_2$° n., 97°40′ w., bzw. 74° s., 146° ö. L. v. Gr.). Außer diesen beiden Polen zeigt die Karte der Isogonen noch einen dritten Pol (ungef. 50° n., 130° ö. L. v. Gr.). Neben diesen kommen noch die magnetischen Intensitätspole in Betracht. Sie sind auf der nördlichen Halbkugel in der ungefähren Lage wie die magnetischen Deklinationspole, auf der südlichen Halbkugel unter 65° s., 140° ö. L. v. Gr., bzw. 50° s., 120° ö. L. v. Gr. Auf der nördlichen Halbkugel stehen sich demnach zwei magnetische Polgebiete gegenüber, diesen liegt ein magnetischer Südpol entgegen, dem asiatischen Polgebiete liegt ein magnetisches Ausnahmsfeld (Intensitätsminimum) im Südfelde des Atlantik entgegen. Außer diesen Eigenheiten haben sich bereits gewisse Beziehungen zwischen Gebirgsbildung und Erdmagnetismus gezeigt. Die Abweichung der magnetischen Pole von den Rotationspolen will man mit der Verteilung von Land und Wasser in näheren Zusammenhang bringen[1]).

Sicher nachgewiesen sind nur die Wechselbeziehungen zwischen Erdmagnetismus und Sonne. Neben plötzlichen magnetischen Störungen sind regelmäßige mit der Örtlichkeit wechselnde tägliche Schwankungen, zum anderen solche von 26tägiger Dauer, solche von 11,3 Jahren und endlich langwährende säkulare Perioden. Die Sonne sucht den irdischen Magnet in ihr Kraftfeld zu ordnen. Das zeigen die magnetischen Stürme ebenso an, wie die periodischen Schwankungen. Von größerem Interesse sind zunächst die erstgenannten. Diese magnetischen Stürme beginnen nicht auf der ganzen Erde in dem gleichen Augenblick. »Die plötzlich beginnenden, bei denen die Wirkungen gewöhnlich gering sind, verbreiten sich über die Erde meistens ostwärts, aber zuweilen westwärts mit einer Geschwindigkeit von etwa 7000 Meilen in der Minute. Für die stärkeren und komplizierteren magnetischen Störungen kann die Fortpflanzungsgeschwindigkeit bedeutend geringer sein«[2]). So hat z. B. die magnetische Störung vom 26. Januar 1903 am 160° w. λ begonnen und ist ostwärts in $3^1/_2$—4 Minuten um die Erde gewandert. Der Rotationspol befand sich an diesem Tage unter 270° w. λ 0″8 φ abweichend vom mathematischen Pol und zeigte ein Streben auf 305° w. λ, 90°—0″10 φ. Die Störung vom 8. Mai 1902 setzte ungefähr beim 75° w. λ ein (Polstand = 37° w. λ, 90°—0″21 φ). Er setzte auf 62° λ und 90°—0″22 φ zu. Die magnetische Störung, die das Schiff »La provence« am 17. April 1907 unter w. λ 53—55° und 42°20′—42°40′ n. φ getroffen hat[3]), zeigte für den gleichen Tag eine Störung des Poles (Polstand: 95° w. λ, 90°—0″3 φ zu 105° w. λ, 90°—0″2 φ).

---

[1]) P. M. 1882. 142 u. Karte.

[2]) L. A. Bauer, Beginn und Fortpflanzung d. magnetischen Störungen . . . Nach Naturw. Rsch. 1910. S. 460ff.

[3]) Hobbs, Earth-quakes. New York 1907. S. 307.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das Zusammentreffen von großen magnetischen Störungen mit darauffolgenden Polabweichungen zeigt die folgende Tabelle.

Magnetische Störung (sehr stark)		Ungefährer Polstand vorher:		nachher:	
1890	14. Februar	323° w. λ	90°—0″31 φ	345° w. λ	90°—0″29 φ
	5.—17. Oktober	158°	0″22	192°	0″24
1891	9.—11. Sept.	110°	0″24	120°	0″30
	28. Sept.	120°	0″30	130°	0″23
1892	12.—26. Februar				
	6.—12. März	245°	0″10	255°	0″21
	12.—17. Juni	24°	0″21	48°	0″23
1903	30.—31. Sept.	150°	0″17	197°	0″15
1907	9. Febr. (11. März)	67°	0″7	108°	0″5½
1908	29. September	213°	0″19	246°	0″23
1909	14.—18. Mai	33°	0″37	59°	0″35

Die Liste[1]) ließe sich leicht erweitern, doch soll davon Abstand genommen werden, zumal für eine richtige Beurteilung das Einsetzen der magnetischen Störung nach λ und φ notwendig wäre.

Tiefere Zusammenhänge könnten offenbar werden, wenn man periodenweise zusammengreift. Dank des Entgegenkommens des Kgl. preuß. meteorol. Instituts Potsdam können, »soweit bei der Eigenart des Phänomens eine scharfe Abgrenzung überhaupt möglich ist«, folgende magnetische Schwankungen angegeben werden. Ihnen seien die Polschwankungen entgegen gehalten. Um einen besseren Überblick zu bekommen, sind um den math. Pol in Abständen von 0″1, 0″2, 0″3, 0″4 Kreise geschlagen, welche kurz als 1, 2, 3, 4 in gleicher Reihenfolge gezählt werden. Die Polbahn soll mit den Zeichen 1, 2, 3, 4 bezeichnet werden.

Magnetischer Zustand:	Polstand im Max.:
1890 ruhig	4
1891—1899 gestört	4. In der Zeit von 1895—1896 nach
beträchtliche Abschwächung	1, 2 mit besonders auffälligen Rück-
1897	bewegungen 1897—1899 nach 3
1900—1902 ruhig	1, 2
1903—1909 gestört	3
1910—1913 ruhig	4

Ein Zusammenhang erscheint vorerst nicht nachweisbar. Ist 1890 noch nicht als allzu genau anzusprechen, so bleibt doch der Polausschlag 1910—13 auffallend, wenn auch die magnetische Minimumperiode 1900—02 sich auffallenderweise mit einem geringen Polaus-

[1]) Die Zeiten der magnetischen Störungen wurden mir durch Herrn Dr. Norbert Stücker, Graz, bekanntgegeben.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

schlag deckt. Für größere zusammenfassende Überblicke scheint die Beobachtungsreihe noch nicht genügend lang zu sein. Beachtet man das Verhalten des Radiusvektors der Polbahn, wie dies R. Schumann für die Zeit von 1890—1912 getan hat[1]) (s. o.) und hält dessen Ergebnisse mit den magnetischen Störungen zusammen, so ergibt sich:

Maximum der Polschw.:	Magn. Störung:
1890,92	gestört
1897,40	gestört
1903,53	gestört
1910,38	ruhig

Aus der Untersuchung geht somit nur eines unzweifelhaft hervor: 1. Die magnetische Störung setzt an einer bestimmten Stelle des Erdballes ein. 2. Jede größere Störung hat eine Polverlagerung zur Folge. 3. Nicht unwahrscheinlich ist, diese auch in den langfristigen Perioden zu erkennen.

Beachtet man diese Tatsachen, hält man fest, daß durch den Magnetismus der Erde diese gleichsam drei Pole besitzt (2 magn., 1 math.), erinnert man sich, daß der Magnetismus das ständig unter dem Einfluß der Sonne fluktuierende Element ist, so kann man die Meinung nicht ohne weiteres von der Hand weisen, daß die durch die Sonne verursachten magnetischen Störungen wohl die Hauptquelle der Polverlagerungen sind. Während die rotierende Erde dank des Beharrungsvermögens das Bestreben hat, in ihrem Rotierungssystem zu bleiben, sucht die Sonne, dank der magnetischen Einflüsse, die Erde in ihr magnetisches Kraftfeld einzustellen. Aus beiden Wirkungen muß sich als Resultierende die Polverlagerung ergeben. Daher das Unregelmäßige der Erscheinung, daher wohl auch die rückläufigen Bewegungen, daher vielleicht auch das Unperiodische, wenn man auch (R. Schumann) für die Polschwankungen eine Periode von 19,46 Jahre festgelegt haben will und diese der Dauer des Umlaufes der Mondknoten 18,61 Jahre entgegensetzt.

VIII.

Aus der Untersuchung über die Ursachen tektonischer Bewegungen ergeben sich somit folgende Sätze:

1. Der Ursprung der Erde ist unbekannt. Die bislang aufgestellten Theorien stehen nicht im Einklang mit den gewonnenen Beobachtungen.

2. Die Beobachtungen lassen erkennen, daß die Erde im Inneren starr ist. Um diesen starren Kern liegt eine spezifisch leichtere, rige Schichte inhomogener Art. Die Grenze beider ist unsicher, doch dürfte sie um 100—150 km, höchstens 300 km, angesetzt werden.

---

[1]) Nach Przybyllok. S. 28.

©Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

3. In der eigentlichen Erdschicht finden sich die Festlandsblöcke und Weltmeere. In ihr spielen sich die geotektonischen Vorgänge zur Gänze ab.

4. Die inhomogene Erdschicht zeigt an den Rändern zwischen Weltmeer und Festland ein Max. und Min. von g, das unterschiedlich ist von dem g innerhalb der Festlandsblöcke und den Schichten unter dem Meeresgrund.

5. Die geographisch-geologische Untersuchung zeigt bestimmte Gesetze über die Verteilung der Geosynklinalen nach Alter und Verbreitung, die im Gegensatz stehen zu den Zerrungs- und Bruchgebieten.

6. Die kosmischen Gesetze dieser Erdkrustenverschiebungen deuten auf kosmische Ursachen. Sie dürften in den immerwährenden Polschwankungen zu suchen sein.

7. Die Polschwankungen ihrerseits sind aller Wahrscheinlichkeit nach durch den Erdmagnetismus verursacht, da die Sonne den Erdmagnet in ihr Kraftfeld zu richten trachtet, ein Beginnen, dem das Beharrungsvermögen der um sich kreisenden Erde entgegenstrebt.

8. Damit ergibt sich das zunächst Unwahrscheinliche, daß die Sonne die Bildnerin der Erdschale ist, und zwar derart, daß sie einmal durch ihre Fernwirkung die Rohformen werden läßt, die sie durch andere Kraftwirkungen wieder einebnet.

Die äußersten Endmoränen der jüngsten Vereisung Norddeutschlands.

Auf die Kritik, die der Abteilungsdirigent für die Flachlandaufnahme an der Kgl. Geol. Landesanstalt in Berlin, Herr Geheimer Bergrat Prof. Dr. Keilhack, an meiner unter obigem Titel erschienenen Arbeit (diese Zeitschrift VII, Heft 3/4) in dieser Zeitschrift geübt hat, zu erwidern, muß ich mir aus dienstlichen Gründen versagen.

Oscar Tietze,
Landesgeologe.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: 8

Autor(en)/Author(s): Schneider Karl

Artikel/Article: Zur Frage über die Ursachen geotektonischer Bewegungen 1-35