

Grundproben-, Gesteins- und Pflanzensammlungen versprechen sehr interessante Resultate, müssen jedoch erst verarbeitet werden. In diesem Vorberichte konnten wir nur auf die Hauptresultate der Expedition hinweisen.

Diese lassen die weitere Forschung mit ausgedehnteren Mitteln auf diesem Wege viel versprechend erscheinen. Drei streng getrennte Expeditionen wären höchst wünschenswerth. Eine zur Untersuchung von Gillis-Land und von da gegen NO., eine eigentliche Polar-Expedition zur Erreichung höchster Breiten auf ungefähr 42° Oe. L. und eine endlich von Nowaja Semlä gegen Ost, um die Sibirische Polynia zu erreichen. Alle drei Expeditionen müssten für Ueberwinterung ausgerüstet sein und über Dampf verfügen. Letzteres ist unerlässlich, da die günstigen Bedingungen in diesem Meere so spät eintreten und dann mit aller Energie benutzt werden müssen.

Wir sind weit davon entfernt zu glauben, dass sich wegen der überraschend günstigen Zustände in diesem Meere große Resultate ohne weitere Anstrengungen erreichen lassen. Unsere Ueberzeugung geht nur dahin, dass man hier mit gleich großen Anstrengungen viel größeres leisten wird, als auf irgend einem anderen Punkte des arktischen Gebiets.

Unsere Reise war eine äußerst mühselige. Fast ununterbrochener Nebel<sup>16)</sup>, der selbst den Stürmen nur teilweise weicht, und meistens schwere Dünung machen die Schifffahrt im äußeren Eise beschwerlicher und aufreibender als weiter im Innern, wo man sich immer in ruhigem Wasser befindet und wo die Nebel weder so andauernd, noch so dicht sind. Nur durch die angestrengteste Aufmerksamkeit wird es möglich, sich fortwährend an und in diesem äußeren Eise zu erhalten.

---

## Ueber das Innere der Erde.

Von Rudolf Falb.

Den Drang nach unbeschränkter Mehrung der Erkenntnis hat der Geist des Menschen von der Natur als unveräußerliches Erbteil überkommen. Dieser Drang ist so stark, dass selbst die Ueberzeugung von der Mangelhaftigkeit und Unvollkommenheit der menschlichen Fassungskraft das weitere Streben nicht nur nicht zu ersticken, sondern noch kräftiger anzuregen vermochte. So verschmäht es der Forscher nicht, Gebiete zu bearbeiten, wo kaum eine Ausbeute zu hoffen ist; Gebiete, die sich oft sogar seinen äußeren Sinneswahrnehmungen auf immer verschließen. Hier tritt die innere Anschauung, die geistige Wahrnehmung durch Combination der sinnlichen in ihre Rechte.

---

<sup>16)</sup> Während unseres Aufenthaltes beim Eise hatten wir 785 Stunden Nebel, 132 Stunden Regen und Schnee, 746 Stunden ohne dieselben, letztere jedoch meistens mit einer Bewölkung, die dem Nebel nur sehr wenig nachgab. Reinen Himmel sahen wir nur 2 Tage lang. Das Jahr 1871 scheint überhaupt ein aufsergewöhnlich nebelreiches Jahr gewesen zu sein; alle Berichte, sowol von Spitzbergen, als von Nowaja Semlä, klagen über die fürchterlichen Nebel.

So verhält es sich mit der Forschung über die Beschaffenheit des Erdinneren. Es muss dem Bewohner der Erdoberfläche ewig versagt bleiben, durch unmittelbare Anschauung den Zustand kennen zu lernen, in welchem sich die Tiefen unseres Planeten befinden. Allein dadurch wird die endliche, sichere Erkenntnis nicht ausgeschlossen. In der Gegenwart ist allerdings ein solches Endresultat noch nicht gewonnen, doch stehen der Ansicht, nach welcher die Erde im Inneren zum größten Theile flüssig ist, solche Gründe zu Gebote, dass die gegenteilige Meinung sich kaum mehr zu halten vermag.

Vor allem muss zunächst darauf hingewiesen werden, dass positive Zeugnisse über die innere Festigkeit der Erde nicht vorgebracht werden können. Die Vertheidiger dieser Ansicht sind gezwungen, sich auf den Nachweis zu beschränken, dass einzelne Producte der obersten Erdschichte, von denen man den ehemaligen geschmolzenen Zustand behauptet, niemals geschmolzen waren, und dass gewisse Erscheinungen, die man aus dem heißflüssigen Zustand des Inneren herleitet, auch ohne diese Hypothese erklärt werden können.

Wir wollen zunächst die positiven Thatsachen, welche zur Annahme eines heißflüssigen Erdinneren führen, in Betracht ziehen. <sup>1)</sup>

### *I. Die Erde war flüssig.*

Die Gründe für die Annahme, dass die ganze Masse der Erde sich einst im Zustande der Flüssigkeit befand, teilen sich ihrer Natur nach in zwei Classen, von denen die erste das zusammenfasst, was die astronomischen Forschungen theils bezüglich aller, theils rücksichtlich einzelner Planeten lehren, unter welchen die Erde mitbegriffen ist. Die zweite Classe enthält die Ergebnisse jener Untersuchungen, welche sich nur auf die Erde beziehen.

#### *A) Astronomische Zeugnisse.*

a) Unabhängig von der Natur eines Himmelskörpers ist seine Bewegung um den Schwerpunct des Systemes, sowol in Bezug auf die Neigung der Bahn gegen eine bestimmte Ebene, als auch bezüglich seiner Bewegungsrichtung. Jeder einzelne Himmelskörper kann den Schwerpunct des Systemes in jeder beliebigen Richtung und Neigung umkreisen, d. h. jede Neigung und Richtung war ursprünglich gleich wahrscheinlich. Und wir finden in der That, dass ein Teil

---

<sup>1)</sup> Das folgende ist mit wenigen Aenderungen und Kürzungen dem fünften Capitel von des Herausgebers „Grundzüge zu einer Theorie der Erdben und Vulcanausbrüche“ entnommen.

der Angehörigen des Sonnensystems, der sich auch durch die Form seiner Individuen von den übrigen unterscheidet — die Kometen — in allen möglichen Neigungen und Richtungen um die Sonne läuft. Allein die zweite Kategorie dieses Systems bietet in ihren Bewegungen ein auffallendes Schauspiel der Uebereinstimmung dar. Alle Planeten, auch nicht einer ausgenommen, — und wir zählen deren nun schon 125 — bewegen sich von West nach Ost, und man hat sich bereits derart dem Glauben an eine gesetzliche Notwendigkeit dieser Uebereinstimmung hingegeben, dass jeder Astronom mit einer, an die Gewissheit grenzenden Wahrscheinlichkeit dieselbe Bewegungsrichtung bei jedem in Zukunft noch zu entdeckenden Planeten voraussetzen zu können vermeint. Wie sehr hier der Gedanke an einen bloßen Zufall ausgeschlossen werden muss, wird folgendes Beispiel am besten zeigen. Ein Blinder stößt ein Päckchen mit 125 Zündhölzchen um; sie fallen sämtlich auf den Boden. Er fasst nun — um dem Zufalle vollen Spielraum zu lassen — jedes einzelne mit einer Zange an und gibt es in das Behältnis. Wer wird behaupten, dass alle Köpfchen nach oben zu liegen kommen? Oder, wenn es sich in der That so findet, wird jemand glauben, dass hier nur der Zufall wirksam war?

Man wird darnach auch für die gemeinschaftliche Bewegungsrichtung der Planeten eine gemeinschaftliche Ursache anzunehmen berechtigt sein. Dass diese in der Gravitation nicht zu suchen sei, beweisen eben die Kometen, von denen sich einige von West nach Ost, andere von Ost nach West um die Sonne bewegen. Will man dagegen einwenden, dass unser Sonnensystem gar nicht bestehen könnte, wenn die retrograd sich bewegenden Himmelskörper eine in Betracht kommende Masse hätten, und dass daher jedes bestehende System massiger Körper Bewegungen in gleichem Sinne aufweisen müsse — so antworten wir darauf: Es ist wol zu unterscheiden zwischen dem „Bestehen überhaupt“ und dem „Bestehen auf die Dauer.“ Die Rechnungen der französischen Analitiker des vorigen Jahrhunderts beweisen nur die Unmöglichkeit, dass ein Massensystem mit verschiedenen Bewegungsrichtungen nicht auf die Dauer bestehen kann. Jetzt müsste unser Gegner erst zeigen, dass alles, was im Weltraume nicht auf die Dauer Bestand hat, auch nie zur Existenz gelangen könne. Das wird ihm aber nie gelingen, da ja im Gegenteil die stete, unausgesetzte Veränderung, Entstehen und Vergehen, Leben und Tod den Haupt-Charakter des Weltalls bildet. Man denke sich nur den Fall, dass bei der nun allgemein angenommenen Eigenbewegung der Sonnensysteme zwei von ihnen sich im Weltraume so nahe begegnen, dass sie sich dauernd aneinander ketten! Gar manche Doppelsterne mögen auf

diese Weise entstanden sein! Wie wird es nun mit der Bewegungsrichtung ihrer Trabanten stehen? Von einer Gleichheit derselben wird wol in den seltensten Fällen die Rede sein können. Es wird ein Doppelsystem entstehen, das allerdings den Keim großartiger Umwälzungen in sich trägt, aber diese Umwälzungen werden nicht plötzlich, sondern nur allmählich vor sich gehen. Das System besteht, aber nicht auf die Dauer. Und in der That finden wir bereits einen ähnlichen Fall am Himmel in dem dreifachen Stern  $\xi$ , der Wage. Der nähere Begleiter hat eine directe Bewegung um den Hauptstern, der entferntere eine retrograde! Hier hätten wir also bei gewiss nicht unbeträchtlichen, von einander wahrscheinlich nicht sehr verschiedenen Massen (die erste Sonne ist fünfter, die zweite siebenter Größe) entgegengesetzte Bewegungsrichtung! Daher wiederholen wir noch einmal: Das Nichtbestehenkönnen auf die Dauer ist kein Grund für die Nichtexistenz entgegengesetzter Massenbewegungen in unserem Sonnensysteme.

Wir müssen daher für diese Nichtexistenz eine andere Ursache voraussetzen. Die zweite zu beobachtende Thatsache — Uebereinstimmung der Bahnneigungen — scheint geeignet, uns bei dieser Untersuchung auf die wahre Spur zu leiten. Während sich in den Bahnlagen der Kometen gar keine Ebene findet, welche man als Hauptebene bezeichnen könnte, sondern alle Lagen regellos vorkommen, zeigt sich in der Anordnung der Planetenbahnen in dieser Hinsicht eine gewisse Gesetzmäßigkeit, welche bei den großen Planeten äußerst streng, bei den kleinen (Asteroiden) wenigstens mit einer solchen Tendenz zu Tage tritt, dass auch hier noch immer das Wort Uebereinstimmung berechtigt ist. Alle großen Planeten bewegen sich fast in einer und derselben Ebene, und eine überwiegende Zahl von Asteroiden hält sich in nicht allzugroßer Entfernung von derselben; die meisten Bahnebenen liegen in einer Zone, welche 5 bis 9 Grad gegen die Erdbahn geneigt ist. Die Hauptebene wird daher innerhalb dieser Grenzen zu suchen sein, und es liegt hierin ein neuer Beweis, dass der erste Anstoß, welcher die Planeten in ihre Bahnen leitete, von einem und demselben Mutterkörper ausgieng, dass alle Planeten ursprünglich in diesem vereinigt waren.

Hat uns die Uebereinstimmung in der Bewegungsrichtung berechtigt, anzunehmen, dass der Anstoß dazu ein gemeinschaftlicher, dass es gleichsam ein Wurf aus einer Hand gewesen sein musste, so bestimmt jene Zone von 5 bis 9 Grad die Bewegungsebene dieser „Hand“: sie muss mit der Hauptebene der Planetenbahnen zusammenfallen, d. h. zwischen 5 und 9 Grad gegen die Erdbahn geneigt

sein. Wir haben daher für die Auffindung des Mutterkörpers folgende Leitpunkte zu beachten:

1. Er muss eine Schleuderbewegung, d. i. eine Rotation besitzen.

2. Diese Rotation muss von West nach Ost erfolgen.

3. Die Verbindungslinie der Punkte stärkster Schleuderbewegung, d. h. der Aequator, muss mit der Hauptebene der Planetenbahnen zusammenfallen, demnach zwischen 5 und 9 Grad gegen die Erdbahn geneigt sein.

4. Der Mutterkörper muss unter allen Körpern des ganzen Systems dem Schwerpunkte des letzteren am nächsten liegen.

Findet sich nun innerhalb des Planetensystems ein Körper, welcher diese Eigenschaften besitzt, dann bildet die Annahme, dass alle Planeten ursprünglich mit ihm vereinigt waren, nach allen Regeln der Logik und Wahrscheinlichkeitsrechnung die Grundlage zur einzig möglichen Erklärung jener auffallenden Uebereinstimmung in Bewegungsrichtung und Bahnneigung.

Diese Eigenschaften nun, sind sämtlich in unserer Sonne vereinigt; sie rotiert von West nach Ost, ihr Aequator ist gegen die Erdbahn um  $7\frac{1}{2}$  Grad geneigt, und ihr Schwerpunkt befindet sich dem des ganzen Systems am nächsten. Wir sind daher zur Annahme berechtigt: Mit der rotierenden Sonne waren ursprünglich alle Planeten vereinigt, von ihr haben sie sich im Laufe der Zeiten abgelöst.

Laplace, dessen Hypothese diesen Ausführungen zu Grunde liegt, ist der Ansicht, dass die Ablösung der Planetenmassen in Folge der Sonnenabkühlung und der dadurch beschleunigten Rotation stattgefunden habe. Nach ihm würde der Sonnenball sich dereinst über die Grenzen der Neptunsbahn hinaus erstreckt haben und erst durch fortgesetzten Wärmeverlust unter beständiger Verdichtung auf ihr gegenwärtiges Volumen herabgesunken sein. Diese Ansicht hat später vielfache Bestätigung erhalten, und es ist bis jetzt noch niemandem gelungen, eine bessere an ihre Stelle zu setzen. „Die wichtigsten und entscheidendsten Beweise für die „Richtigkeit der Laplace'schen Theorie,“ sagt Hermann Klein in seiner „Entwicklungsgeschichte des Kosmos,“ „hat erst die neueste Zeit geliefert. Hierhin gehören: Das Erkennen des Sonnenballs als einer noch gegenwärtig feurigflüssigen Masse; die Uebereinstimmung der auf spectral-analytischem Wege gefundenen stofflichen Zusammensetzung der Sonne aus Elementen, die der Erde nicht fremd sind; die Gleichartigkeit der Grundstoffe in den niederfallenden Meteoriten mit denjenigen unseres Planeten; die Nicht-

consistenz der Saturnringe und der höchstwahrscheinlich dunst- oder wolkenartige Zustand der Oberflächen der äußeren Planeten überhaupt.“

b). Dass diese Ablösung von der Sonne nicht im Zustande der Erstarrung, sondern zur Zeit der Flüssigkeit der ganzen Masse eintrat, geht einfach daraus hervor, dass der ganze Sonnenkörper selbst sich wahrscheinlich noch theils in heißflüssigem, theils in gasförmigem Zustande befindet, wie aus der hohen Temperatur und der geringen Dichte abgeleitet werden kann. Dabei mussten wol auch die einzelnen abgelösten Massen sich noch im heißflüssigen Zustande befinden, wie aus ihrer Kugelform und den Bahnverhältnissen der einzelnen Monde hervorgeht, welche hindeuten, dass letztere ganz auf dieselbe Weise aus den Planeten, wie diese aus der Sonne ihren Ursprung nehmen.

### B) *Terrestrische Zeugnisse.*

Indem wir nun auf die Erde selbst übergehen, finden wir eine sehr entschiedene Andeutung über ihren ursprünglichen Zustand in der Lagerung und in der Form ihrer an Dichte verschiedenen Schichten. Dass die Dichte der einzelnen Massen, aus denen der Erdkörper besteht, nicht durchaus die gleiche sein kann, wird zunächst schon im Vorhinein klar, sobald wir die Verschiedenheit des Druckes in Betracht ziehen, welchem die einzelnen Schichten unterliegen. In einer Tiefe von  $11\frac{1}{2}$  Meilen unter der Erdoberfläche würde selbst die Luft bereits so verdichtet sein, dass Gold auf ihr schwimmen könnte. Es ist klar, dass die Dichte mit der Annäherung an den Erdmittelpunct wachsen muss. Ueberzeugend für die ungleiche Dichte der Erdmasse spricht aber die Thatsache, dass das Gesamtgewicht der Erde, wie solches aus strengen astronomischen Beobachtungen ermittelt wurde, nur dann erklärlich ist, wenn man den inneren Massen eine größere Dichte gibt, als jenen an der Oberfläche. Würde die ganze Masse von der Dichte der Oberfläche sein, dann wäre ihr specifisches Gewicht nur 2,75, während es in der That 5,5 beträgt.

Es lässt sich nun sehr scharf zeigen, dass diese Massen verschiedener Dichte sowol in ihrer Lagerung, als auch in ihrer Form den einstigen flüssigen Zustand der ganzen Masse beweisen.

#### a) *Lagerung der Schichten.*

I. Die verschiedenen Schichten der Erde sind in ihrer Dichte nach dem Gesetze der Flüssigkeit gelagert, d. h. die Dichtigkeit ist von der Oberfläche bis zum Mittelpuncte in allmällicher und beständiger Zunahme begriffen. Wir besitzen

gegenwärtig drei von einander ganz unabhängiger Methoden, die innere Lagerung der Massen unseres Planeten zu untersuchen. Sie beruhen auf den Beobachtungen des Pendels, des Mondlaufes und des Vorrückens der Nachtgleichen (Präcession). Wenn diese Forschungen in ihrem Resultate schließlich unter sich übereinstimmen, so liegt darin ein unumstößlicher Beweis, dass jene Voraussetzung, jene Hypothese, welche bei allen als Grundlage genommen wurde, in der That der Wahrheit entsprechen muss.

1. Das Pendel gibt durch die Anzahl seiner Schwingungen in einer bestimmten Zeit an jedem Punkte der Erde den Betrag der Massenanziehung. Dieser Betrag hängt nun sowol von der Größe der Masse, als auch von ihrer Entfernung (Tiefe) ab, oder mit einem Worte: von der Lagerung der verschiedenen Schichten nach ihrer Dichte. Das Gravitationsgesetz gibt uns ein untrügliches Mittel an die Hand, die Anzahl der Pendelschwingungen für jeden Punkt der Erdoberfläche zu berechnen, unter der Voraussetzung, dass für die Entfernung der Schichten gleicher Dichte eine bestimmte Annahme gemacht werde. Andererseits lässt sich diese Anzahl der Schwingungen an vielen Punkten der Erdoberfläche thatsächlich beobachten, und so ist uns Gelegenheit gegeben, durch Vergleichung der Beobachtung mit der Berechnung zu beurteilen, bis zu welchem Grade jene Annahme richtig ist. Es hat sich nun ergeben, dass eine genügende Uebereinstimmung nur dann ersichtlich war, sobald die Rechnung von der Voraussetzung ausgieng, dass die Schichten nach dem Gesetze der Flüssigkeit gelagert seien. Keine andere Annahme leistet der Beobachtung Genüge; nur unter dieser zeigt die Rechnung, dass sich die Schwere mit dem Quadrate des Sinus der Breite ändert,<sup>2)</sup> was durch die Beobachtung bestätigt wird. Die kleinen Unterschiede, welche noch zwischen dem Rechnungs- und dem Beobachtungsergebnisse übrig bleiben, können durch die Unregelmäßigkeiten der Erdoberfläche genügend erklärt werden. Würden diese Unregelmäßigkeiten der Massenverteilung auch durch das ganze Erdinnere sich vorfinden, dann müssten die Differenzen so groß ausfallen, dass an eine Berechnung der Pendelschläge überhaupt nicht mehr gedacht werden dürfte.

Die Pendelschläge nehmen ohne Sprünge vom Aequator zu den Polen allmählich zu, ein deutlicher Beweis, dass auch in der inneren Lagerung der Massen keine plötzlichen Uebergänge vorkommen. Versucht man, den inneren Schichten eine andere Lagerung zu geben, indem man z. B. die ganze Masse in vier Schalen und einen Kern teilt, wovon

<sup>2)</sup> Newton: Principia lib. III. prop. 20.

Dicke und Halbmesser ein Fünftel des Erdhalbmessers betragen, und nimmt man an, dass die zweite Schale an Dichte um ein Siebentel wächst, während die dritte um ein Fünftel abnimmt, so zeigt sich, dass schon diese kleine Aenderung eine merkbare Verschiedenheit der Pendelschläge zur Folge haben würde. Oder, wenn man der ganzen Erde die gleiche Dichte mit der Oberfläche gibt, und den Ueberschuss der Masse nach irgendwelchem Gesetze in sphärische Schalen verteilt, so würde überall der Zuwachs der Pendelschläge zu dem Betrage derselben am Aequator nur halb so groß sein, als die Beobachtungen lehren. Dass der Massenüberschuss in dem als homogen vorausgesetzten Erdsphäroide nicht unregelmäßig verteilt sein kann, beweist die oben erwähnte Gleichförmigkeit in der Zunahme der Pendelschläge. Die Verteilung derselben in sphärische Schalen ist noch die günstigste Annahme, welche die Vertheidiger des festen Erdkernes machen können. Denn jede Abweichung von der sphärischen Form der inneren Schalen (außer der eines Rotationssphäroides) vergrößert den Unterschied zwischen Rechnung und Beobachtung in noch viel höherem Grade. Irregulär im Inneren zerstreute Massen würden einen sehr merklichen Einfluss auf das Pendel zeigen; es würde z. B. das Pendel sogleich verraten:

a) Ein Lager von 38 Meilen Durchmesser, dessen Masse =  $\frac{1}{72.000.000}$  der Erdmasse in 200 Meilen Tiefe.

b) Ein Lager von 26 Meilen Durchmesser, dessen Masse =  $\frac{1}{19.000.000}$  der Erdmasse in 100 Meilen Tiefe.

c) Ein Lager von 94 Meilen Durchmesser, dessen Masse =  $\frac{1}{25.000}$  der Erdmasse in 600 Meilen Tiefe.

Bisher hat das Pendel noch nirgends solche Unregelmäßigkeiten im Inneren verraten.

2. Der Mondlauf. Unter den zahllosen Unregelmäßigkeiten des Mondlaufes finden sich mehrere, welche in der Höhe, bis zu welcher der Mond über die Ebene der Erdbahn aufsteigt, ersichtlich werden. Eine dieser Schwankungen hat ihren Grund in der Abplattung der Erde oder, wie man besonders in diesem Falle sich ausdrücken sollte, in der Massenanhäufung um den Erdäquator. Wäre die Erde eine vollständige Kugel, so würde sie in jeder Lage auf den Mond (bei gleicher Entfernung) immer die gleiche Anziehung ausüben, weil die anziehende Masse in jeder Richtung dieselbe Verteilung zeigen müsste. Nachdem sich aber am Aequator ein Massenüberschuss vorfindet, der notwendig zugleich auch mit einem Anziehungsüberschuss verbunden ist, so wird klar, dass die Wirkung dieses letzteren dahin gehen muss, den Mond mehr in die Aequatorialebene herabzuziehen, als dies sonst der

Fall wäre. Da man nun diesen Effect aus den Beobachtungen kennt, so liegt die Möglichkeit vor, daraus auf die Ursache zurückzuschließen, d. h. die Abplattung zu berechnen. Allein auch hier hängt der Effect, und somit die Richtigkeit des Resultates, von der inneren Lagerung der Massen ab, und zwar aus dem nämlichen Grunde, den wir beim vorigen Beweise namhaft gemacht haben. Was dort das Pendel war, das ist hier der Mond: ein in seinen feinsten Bewegungen nicht nur von der Gesamtmasse der Erde, sondern auch von der Verteilung der einzelnen, ungleich dichten Schichten abhängiger Körper. Es muss also vor Beginn der Rechnung auch hier eine Annahme über die Art der Lagerung gemacht werden. Und da zeigt es sich, dass nur unter der Hypothese der Flüssigkeitslagerung ein den Beobachtungen genügendes Resultat zu Tage tritt.<sup>3)</sup> Man hat auf diese Weise die Abplattung =  $\frac{1}{303}$  gefunden. Geodätische Messungen ergaben  $\frac{1}{294}$ .

3. Die Präcession. Nach der bekannten Gegenseitigkeit aller Massenanziehung wirkt nicht nur die Erde auf den Mond, sondern auch dieser auf die Erde; also im besonderen: nicht bloß der Aequatorialüberschuss auf den Mond, wie wir im vorigen Absatze gesehen haben, sondern auch der Mond auf jenen Ueberschuss. Und wie die Tendenz solcher Anziehung von Seite des Aequatorialwulstes darauf hinauslief, den Mond zur Aequatorebene herabzuziehen, so geht auch das Streben des Mondes darauf hinaus, den Aequatorialwulst in seine Bahnebene, annähernd zur Ebene der Ekliptik, heranzubringen. Die Ekliptik durchschneidet den Aequator bekanntlich in einem Winkel von  $23\frac{1}{2}$  Grad und die beiden Durchschnittspuncte heißen die Nachtgleichen. Man kann sich den Aequatorialwulst zur besseren Einsicht in den Effect dieser Mondanziehung aus einer Reihe von aneinanderhängenden einzelnen Körpern bestehend denken, welche die kugelförmige Erde in 24 Stunden von West nach Ost umkreisen. Jeder einzelne dieser Körper wird vom Monde in die Ekliptik, die er innerhalb 24 Stunden zweimal durchschneiden muss, herangezogen und durchschneidet sie demnach jedesmal früher, als es ohne die Mondanziehung der Fall wäre; daraus sieht man, dass die Durchschnittspuncte nicht die gleichen bleiben, sondern auf der Ekliptik immer früher zu liegen kommen, oder mit anderen Worten, dem umkreisenden Körper entgegenrücken; sie bewegen sich demnach von Ost nach West. Dieses, unter der Benennung des Vorrückens der Nachtgleichen oder der Präcession, bekannte Phänomen äußert sich in der allmählich wachsenden Länge der Fixsterne, die von West nach Ost gezählt wird, und wurde auch dem Betrage

<sup>3)</sup> Laplace: Mécanique céleste t. III. p. 282.

nach schon seit 2000 Jahren beobachtet. Aus dem bekannten Betrage dieser Bewegung lässt sich aber auf die Stärke der Ursache zurückschließen, d. h. man kann daraus die Masse des Aequatorialwulstes berechnen.<sup>4)</sup> Soll nun daraus die Abplattung gefunden werden, so ist zuvor die Aufstellung einer Hypothese über die innere Lagerung der ungleich dichten Massen notwendig. Auch hier führt die Rechnung nur unter der Annahme einer inneren Massenverteilung nach dem Gesetze der Flüssigkeit zu dem mit den geodätischen Messungen nahe übereinstimmenden Resultate eines Abplattungswertes von  $\frac{1}{304}$ .

II. Eine ursprünglich starre Masse kann nicht durchaus nach dem Gesetze der Flüssigkeit gelagert sein. Die Lagerung nach diesem Gesetze kann nur dort erfolgen, wo die kleinsten Massenteilchen sich noch frei nach den Anforderungen der Schwerkraft bewegen konnten, wenigstens in dem Grade, wie es der Begriff, den wir mit dem Worte „Flüssigkeit“ verbinden, gestattet. Wo aber die ganze Masse sich im Zustande der Erstarrung befindet, da tritt den Teilchen in ihrem Bestreben, der Schwerkraft zu folgen, die Festigkeit der Masse entgegen. Es ist hiebei wol zu beachten, dass durch den richtigen Satz: „Große starre Massen verhalten sich wie weiche,“ durchaus nicht gesagt ist, dass sie sich auch wie flüssige verhalten; indem jener Satz sich auf die äußere Form, nicht aber auch auf die innere Anordnung in der Lagerung der einzelnen Schichten bezieht. So wird z. B. eine unregelmäßige Verteilung der starren Massen verschiedener Dichte wol durch das Flüssigwerden, nie aber durch die Schwere allein ausgeglichen.

Die thatsächliche Lagerung der inneren Schichten ist daher ein Beweis für ihren einstigen Flüssigkeitszustand. Nur in einem einzigen Falle, wenn sich nämlich die Erde allmählich aus kleinen, aus dem Weltraume auf sie stürzenden Körperchen gebildet hätte, ließe sich jene Lagerung einigermaßen mit einer ursprünglichen Starrheit vereinen. Allein dieser Annahme stehen gewichtige Bedenken entgegen, als z. B.: die Beschaffenheit der Erdoberfläche; die große Regelmäßigkeit, welche in der Ablagerung an den verschiedensten Punkten geherrscht haben müsste, um jenen, der Flüssigkeit eigenen Gleichgewichtszustand allseitig zu erhalten — eine Regelmäßigkeit, die in nichts ihre Begründung fände; endlich die Abwesenheit von Meteoriten in allen jenen Gebilden, welche älter sind, als das Alluvium.

---

<sup>4)</sup> In Wirklichkeit ist nicht bloß der Mond, sondern auch die Sonne, und von den Planeten Jupiter und Saturn bei dieser Verrückung thätig. Den stärksten Effect jedoch bewirkt der Mond.

b) *Form der Schichten.*

Die Form eines Körpers bestimmt sich durch das Zusammenwirken verschiedener Kräfte, von denen wir hier nur die vorzüglichsten betrachten wollen, als: die Schwerkraft, die Rotationskraft und die bei der Erstarrung in Thätigkeit kommende Steigerung der Cohäsionskraft. Mit dem Nachweis der nur teilweisen Störung der beiden ersteren durch die dritte an der Oberfläche, und ihrer ungestörten Wirkung im Inneren der Erde ist der flüssige Zustand der ganzen Erdmasse nicht nur für die Vergangenheit, sondern — was den größten Teil derselben betrifft — auch für die Gegenwart dargethan.

a) *An der Oberfläche.*

1. Die Oberfläche der Erde im allgemeinen ist eine Gleichgewichtsoberfläche, d. h. sie würde ihre Form durch den Uebergang in den Zustand der Flüssigkeit wesentlich nicht ändern. Wir sehen dies an der allgemeinen Uebereinstimmung der Conturen des Festlandes mit jenen des Meeres. Die Erhebungen über die Meeresfläche sind verhältnismäßig so gering, dass sie bei der Frage nach der Form der ganzen Erde gar nicht in Betracht kommen. Dass auch der Meeresboden sich nicht in stärkerem Maße von dem Meeresniveau entfernt, ersehen wir aus der gleichförmigen Verbreitung der Wassermassen über die Erdkugel und dem stabilen Gleichgewichte derselben. Die Tiefensonden in neuester Zeit ergaben dasselbe Resultat; ja, sie zeigten sogar, dass der Meeresgrund viel ebener ist, als das Festland.<sup>5)</sup> Dies alles wäre kaum denkbar, wenn die Erde ursprünglich starr und die Wassermassen sich nach einer bestimmten Form der festen Oberfläche zu gruppieren gezwungen gewesen wären. Man sieht daraus, dass sich die Oberfläche nach den Anforderungen der Schwere gestaltete.

2. Die bedeutendste Störung erlitt die Schwere durch die Rotation der Erde. Denn, dass die in der Abplattung zu Tage tretende Abweichung der Oberfläche von der durch die Schwere angestrebten

---

<sup>5)</sup> Oscar Peschel sagt in seinem Buche: *Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde*: „Nichts berechtigt uns zu der Vorstellung, dass sich der Meeresgrund falte, wie die Oberfläche des festen Landes, dass dort Massengebirge aufgestiegen sind, oder aufsteigen können, dass die Weltmeere mit einem Worte ihre Alpen, Pyrenäen, ihren Kaukasus, ihren Himalaya, ihre Anden oder Cordilleren besitzen sollten.“ Der Capitän Gerard Osborne sagte in einem Vortrage, den er am 29. November 1870 in der geographischen Gesellschaft zu London gehalten: „Der Meeresboden ist eben und durchschnittlich kaum 3000 Faden tief.“

Kugelform ihren Grund in der Schwungkraft hat, geht nicht nur daraus hervor, dass die Abplattung an den Rotationspolen und die Massenanhäufung am Aequator sich zeigt, sondern auch aus dem Betrage der Abweichung. Es lässt sich nämlich die Gestalt eines ursprünglich kugelförmigen, flüssigen und sich nur unter dem Einflusse der Rotation abplattenden Körpers berechnen, sobald man das Gesetz kennt, nach welchem die innere Dichte fortschreitet. Unter der Annahme, dass sich das Quadrat der Dichte der inneren Schichten wie der Druck ändere, findet man die Abplattung  $= \frac{1}{2} \frac{1}{3}$ . Damit ist zugleich der Einwand widerlegt, welcher in neuester Zeit gegen den Schluss von der Abplattung auf den einstigen flüssigen Zustand erhoben wurde. Man behauptet, <sup>6)</sup> die Abplattung des Festlandes sei nur eine Folge der Meeresabplattung, insofern das Meer im Laufe der Zeiten die ursprünglich feste, nicht abgeplattete Oberfläche abnagte, und seinem durch die Rotation abgeplatteten Niveau conform zu machen bestrebt war. Auch die Verwitterung durch die Atmosphäre soll das ihrige dazu beigetragen haben. Der Meeresboden wird noch als kugelförmig dargestellt. Wäre diese Ansicht richtig, so müsste:

a) Der Betrag der Abplattung viel geringer sein, als er in der That erscheint.

b) Die abplattende Wirkung des Meeres müsste dort am größten sein, wo dessen Masse am größten ist, d. h. am Aequator, am kleinsten an den Polen. Dies widerspricht aber allen Beobachtungen.

Sonach stand den Teilchen der rotierenden Erdmasse in ihrer Tendenz, sich am Aequator zu erheben, keine andere Kraft als die Schwere entgegen; sie mussten demnach im flüssigen Zustande sein.

3. Die kleine Abweichung von der durch Schwere und Rotation bedingten Gestalt der Erdoberfläche, die sich in den Gebirgsmassen kundgibt, weit entfernt, ein Argument gegen die hier vertretene Ansicht zu bilden, zeigt vielmehr deutlich:

a) Welche Unregelmäßigkeiten nach Form und Dichte in dem starren Teile der Erdmasse auftreten. Es ist gar kein Grund vorhanden zur Annahme, dass bei einer ursprünglichen Starrheit der ganzen Masse die Lagerung im Innern eine regelmäßigere als auf der Oberfläche sein könne.

b) Auch die Structur der Gebirge lässt die Ansicht eines ehemaligen flüssigen Zustandes gerechtfertiget erscheinen, und wenn noch einige Rätsel in dieser Beziehung übrig geblieben sind, so kann es

<sup>6)</sup> So Bischof, Mohr, Volger u. A.

doch keinem denkenden Naturforscher einfallen, mit zwei zweifelhaften Zeugnissen hundert andere, die deutlich das Gegenteil beweisen, über den Haufen werfen zu wollen.

β) *Im Inneren.*

1. Dass die Schwere auch im Inneren wesentlich unbeirrt ihre Wirkung entfalten konnte, d. h. dass auch hier die Teilchen im flüssigen Zustande waren, beweist die sphärische Gestalt der inneren Schichten gleicher Dichte :

a) Wie das Pendel in seiner Bewegung uns Aufschluss gab über die Lagerung, so belehrt es uns in seiner Ruhe über die Form der inneren Schichten.-Die Richtung des ruhenden Pendels, d. i. des Lothes, ist bestimmt durch die Resultierende aller von den einzelnen Teilchen der Erdmasse ausgehenden Anziehungen. Da überall auf der ganzen Erde das Pendel im allgemeinen senkrecht auf der Erdoberfläche steht, so ist damit bewiesen, dass die Resultierende aller partiellen Anziehungen durch den Erdmittelpunct geht. <sup>7)</sup> Hieraus folgt, dass die Massenverteilung im Inneren für jeden Punct der kugelförmigen Erdoberfläche dieselbe bleibt; diese Eigenschaft besitzt aber nur die Kugel. Nachdem jedoch die Massen, wie wir oben gezeigt, verschiedene Dichte haben, so folgt, dass jede Schichte von bestimmter Dichte in Form einer Kugelschale, mit den übrigen Kugelschalen concentrisch, gelagert ist.

b) Die Schwere auf der Erdoberfläche wächst mit dem Quadrate des Sinus der geographischen Breite. Nun aber hat Laplace analytisch gezeigt, dass dies nur bei einer Gleichgewichts-Oberfläche und einer nahezu sphärischen Form der inneren Schichten möglich ist.

2. Die einzige Abweichung von der solchermaßen durch die Schwere bestimmte Gestalt der inneren Schichten ist abermals die Abplattung. Es ist von höchstem Interesse, zu sehen, wie sich diese auch im Erdinnern nachweisen lässt. Wir haben in a) I. 1. bei einer fingierten, von dem Flüssigkeitsgesetze abweichenden Anordnung der inneren, sphärisch gedachten Schichten erwähnt, wie das Pendel sich zu einer solchen Anordnung verhalten würde. Aber noch empfindlicher zeigt es sich für jede Aenderung der Form der inneren Schalen, und zwar derart, dass eine Aenderung der rein kugelförmigen Gestalt in anderer Richtung, als es die Rotation verlangt, die Differenzen zwischen Beobachtung und Berechnung der Pendelschläge steigert,

<sup>7)</sup> Da es sich hier noch um eine allgemeine Form handelt, so dürfen die kleinen, von der Abplattung und den localen Anziehungen herrührenden Differenzen nicht berücksichtigt werden.

während jede Aenderung in einem der Rotationsabplattung conformen Sinne dieselben bis zu einem gewissen Grade verschwinden macht. Dies ist wol für jedermann ein sprechender Beweis, dass die innere Masse an der Abplattung ebenso Theil nahm, als die äußere, und sich daher in einem Zustande befinden müsste, der ihr dies gestattete. Hiermit fallen auch alle Hypothesen von einer bloß äußeren, durch Abnagung und Verwitterung wirkenden Ursache der Abplattung. Außerdem stimmt auch die Größe des Wertes, welcher natürlich von außen nach innen abnehmen muss, unter Annahme des oben erwähnten Dichtigkeitsgesetzes so gut mit der Beobachtung, dass an eine Störung durch Cohäsion, wie sie doch bei einem ursprünglich starren Körper in merklichem Grade vorkommen müsste, nicht zu denken ist.

## *II. Die Erstarrung ist durch Abkühlung vor sich gegangen.*

Auch hier müssen wir zunächst daran erinnern, dass diejenigen, welche die Erstarrung aus dem nasskalten Zustande behaupten, für diese Ansicht Zeugnisse beibringen, welche auf kein allgemeines Gesetz, sondern nur auf Ausnahmen hinweisen. Anders verhält es sich mit der Abkühlungstheorie.

1. Wir haben bei den astronomischen Zeugnissen aus den Bahnverhältnissen der Planeten die große Wahrscheinlichkeit nachgewiesen, dass diese Himmelskörper ihren Ursprung durch Ablösung aus der Sonne genommen und sich demgemäß in flüssigem Zustande befunden haben. Daraus folgt sogleich, wenigstens für die erste Periode der Selbstständigkeit, eine Uebereinstimmung mit dem Centalkörper auch bezüglich der Temperatur. Dass diese auf der Sonne eine hohe sei, wird wol keines weiteren Nachweises bedürfen. Demgemäß muss auch die Erde ursprünglich eine sehr hohe Temperatur besessen haben.

2. Dass die Temperatur der Erde dereinst eine relativ sehr hohe war, beweisen die Spuren tropischer Fauna und Flora durch die ganze Oberfläche und die üppige Lebenskraft, die sich in den Dimensionen jener Geschöpfe äußerte. Man hat diese Thatsachen durch astronomische Verhältnisse (Stellung der Erdachse u. s. w.) zu erklären versucht, aber stets mit Verwahrung der Astronomen. Es ist dies viel einfacher und weniger gegen die Thatsachen der Beobachtung verstoßend, anzunehmen, dass diese Wärme aus der Erde selbst stammte, jedoch allmählich bis zu ihrem gegenwärtigen Betrage herabsank.

3. Die gegenwärtige Erdwärme zeigt gleichfalls von einer inneren Eigenwärme. Würde die Erde eine solche nicht besitzen, sondern

in ihrer Temperatur nur von der Bestralung durch die Sonne abhängen, so müsste sie im Innern, wohin die Stralen nicht mehr dringen, die Temperatur des Weltraumes aufweisen, welche mindestens  $48^{\circ}$  R. beträgt, wie aus den Beobachtungen der strengen Winter Sibiriens zu schließen ist. Dagegen finden wir im Inneren sogar eine höhere Temperatur, als an der Oberfläche.

Man hat dagegen eingewendet: Diese im Inneren sich vorfindende Wärme ist eine Ansammlung der Sonnenwirkung, deren Stralen sich im Inneren durch alle Zeiten erhalten. Die Antwort darauf kann — obgleich sich sehr vieles dagegen sagen ließe — mit wenigen Worten gegeben werden: Wäre jene Ansicht richtig, so müsste die ganze Erde immer mehr und mehr an Eigenwärme zunehmen, so lange, bis sie sich vollständig wieder in den Urnebel auflöst, aus dem sie sich nach der Kent-Laplace'schen Theorie gebildet hat. Eine constante Wärmezunahme auf der ganzen Erde ist aber allen Thatsachen gegenüber gar nicht aufrecht zu erhalten.

Andere meinen: Die Eigenwärme der Erde stammt nur aus der Umsetzung der Sonnenwärme in Bewegung, und dieser wieder in Wärme. Allein diese Wirksamkeit könnte sich wol nur auf die Oberfläche beziehen und es ist gar sehr die Frage, ob dieser letztere Umsatz uns überhaupt auch nur merkbar werden kann? Ist die directe Sonnenwärme nicht im Stande einen so hohen Grad der Temperatur, als ihn das Innere aufweist, zu erzeugen, so vermag es die zweimal umgesetzte noch viel weniger. Der erste Umsatz der Sonnenwärme, welcher im Gesamtleben der Erde zur Erscheinung gelangt, ist eben die bedeutendste Verwendung derselben und das Hindernis größerer Erwärmung. Der Umstand, dass dieser Process vorzugsweise und im Großen an der Oberfläche statt hat, ist auch die Ursache der täglichen bedeutenden Abgabe von directer und umgesetzter Wärme an den Weltraum, von dem wir uns niemals abschließen können. Wenn schon überhaupt von Bewegungsumsatz im Erdinnern gesprochen werden kann, so möchten wir der aus der Gravitationsdifferenzen entstehenden Bewegung und der dadurch erzeugten Wärme eine viel höhere Bedeutung beilegen. Doch bleibt jede Annahme hierüber Hypothese und unter allen Hypothesen hat jene der ursprünglichen Eigenwärme die meisten Gründe für sich, sie ist daher für den gegenwärtigen Stand der Wissenschaft die wahrscheinlichste.

Auch die Frage, woher die ursprünglich hohe Temperatur der Sonnen überhaupt stamme? ist unserer Zeit nicht mehr unlösbar. — Professor Redtenbacher sagt darüber: „Unsere Principien der Mechanik in Verbindung mit unserer Grundanschauung von der Be-

schaffenheit der Materie genügen vollkommen zur Erklärung des feurig-flüssigen Zustandes der Himmelskörper. Wir brauchen kein Schöpfungswunder, brauchen auch keine chemischen Actionen, keine Verbrennungsprocesse anzunehmen, sondern diese Wärmeentwicklungen folgen aus rein mechanischen Vorgängen, die durch die allgemeine Gravitation mit Notwendigkeit entstehen mussten, nämlich durch die unter der Einwirkung der Gravitation geschehenen Ballungsacte. Wir nehmen an, dass diese Feuerbälle nicht als solche geschaffen wurden, sondern, dass sie einstens aus großen Quantitäten Materie entstanden sind, die vor der Bildung dieser Bälle im Weltraum als Dunst- und Staubmasse vorhanden waren. Da sich vermöge der Gravitationskraft je zwei Teilchen einer solchen Dunstmasse mit einer Kraft anziehen, welche dem Product ihrer Masse direct und dem Quadrate ihrer Entfernung verkehrt proportional ist, so muss in einer solchen Dunstmasse notwendig eine Tendenz vorhanden sein, sich zusammenzuballen, sich zu einer kugelförmigen Masse zu concentrireren. Durch die dabei stattfindende Annäherung je zweier Teilchen wird aber eine sicher berechenbare Wirkungsgröße entwickelt; durch die wechselseitige Annäherung aller Teilchen muss daher eine ganz colossale Gesamtwirkung ausgeübt werden, die sich notwendig auf irgend eine Weise manifestiert. Dieser Ballungsact ist so zu sagen ein centripetaler Zusammensturz. Alle Massen nähern sich anfangs, so lange sie noch weit von einander entfernt sind, nur langsam, aber allmählich schneller und schneller und stürzen zuletzt mit einer Hast, die jede Phantasievorstellung übersteigt, nach dem gemeinsamen Schwerpunct des ganzen Massensystems hin. — Ist dies geschehen, so muss in der ganzen Masse ein Erschütterungszustand heftigster Art vorhanden sein und dieser wird, wie in allen anderen ähnlichen Fällen, vom Aether der Dynamiden aufgenommen. Der Aether der geballten Masse nimmt also schließlich die ganze enorme, bei dem Ballungsacte durch die Gravitationskraft entwickelte Wirkung in sich auf, und dass dadurch Wärme und Licht nicht nur entstehen kann, sondern entstehen muss, wird jedermann einsehen, der mit den Grundsätzen der Mechanik und den neueren Wärmetheorien vertraut ist.“<sup>8)</sup> Nach einigen analytischen Entwicklungen kommt sodann Redtenbacher zu dem Resultate, dass die Ballungswirkung der fünften Potenz des Radius des entstandenen Balles und die Temperatur der geballten Masse dem Quadrate desselben proportional ist, dass sich demnach die mittleren Temperaturen der Weltkörper nach dem Ballungsacte wie die

<sup>8)</sup> Redtenbacher: „Die anfänglichen und die gegenwärtigen Erwärmungszustände der Weltkörper.“ Mannheim 1861. Vgl. auch: De Faye's Abhandlung in den Compt. rend. 1865, Nr. 3 u. 4.

Quadrate ihrer Halbmesser oder wie ihre Oberflächen verhalten. — Demnach erhält man für die ursprüngliche Temperatur der Sonne  $178.075.200^{\circ}$  C. Professor Zöllner findet für die Gegenwart aus Protuberanzen-Beobachtungen, dass die Temperatur des inneren Raumes der Sonne, aus welcher eine Protuberanz von 3 Minuten Höhe hervorbricht, nur mehr  $74.910^{\circ}$  C. betrage, woraus sich auf eine beträchtliche Abkühlung dieses Himmelskörpers seit seiner Entstehung schließen lässt.

4. Durch das allmälige Entweichen der Eigenwärme unseres Planeten ist die Erstarrung der Erdoberfläche möglich geworden. Ein Zeugnis, dass sie auch wirklich auf diese Weise vor sich gegangen, liefert der Umstand, dass die Dichte der Erdmasse unter den Gebirgen geringer als unter Ebenen, unter letzteren wieder geringer als unter Meeren befunden wurde. So kam man aus der geringen Abweichung der Lothlinie an den Pyrenäen, z. B. auf die Meinung, dass unter diesen Gebirgsmassen ein hohler Raum existiere.<sup>9)</sup> Ganz derselbe Fall trat auch bei der Gradmessung in Peru, hinsichtlich des Chimborazo ein.<sup>10)</sup> Bezüglich der Umgebung des Himalaya ist man zu ähnlichen Resultaten gelangt.<sup>11)</sup> Endlich fand erst unlängst der kais. russische Oberst Studnicki, dass am südlichen Fuß des Kaukasus, in der vulkanischen Umgebung von Tiflis und Schemacha, das Pendel von der Gebirgsmasse nicht nur nicht angezogen, sondern sogar abgestoßen wird, was offenbar auf eine außerordentlich geringe Dichte des Bodens hinweist. Für denjenigen, der die Urgebirgsketten als Massen, aus Spalten der ersten Erdkruste emporgestiegen, ansieht, haben diese Thatsachen gar nichts befremdendes. Was aber die überwiegende Dichte des Meeresbodens betrifft, so findet sie ihre Erklärung in der von uns aufgestellten Ansicht, dass alle abkühlenden Himmelskörper durch die Bildung von Erstarrungscentren eine zweifache Bodenart erhalten: Den Boden erster Abkühlung, eine dichte, glatte, feste, wenig durchbrochene, ein tieferes Niveau einnehmende Gleichgewichts-Oberfläche, und die vom Erstarrungscentrum entferntere, dünne, später häufig durchbrochene Rinde mit höherem Niveau. Das tiefere Niveau wurde später der Behälter, wo sich die letzten Wasserreste ansammelten, der Meeresboden. Die dünnere Kruste bildete das Festland. So finden die ungleichen Dichtigkeitsverhältnisse ihre einfachste Erklärung. Aber auch am Monde finden wir diese auffallende Differenz des Bodens. Dass man schon nach den ersten Mondbeobachtungen mit dem Fernrohr die glatten Regionen der Oberfläche „Mare“ — Meere

<sup>9)</sup> Compt. rend. t. 29, p. 730.

<sup>10)</sup> Condamine: Voyage à l'Equateur, p. 68--70.

<sup>11)</sup> Pratt: „Treatise on attractions,“ p. 134.

nannte, ist wol nur ein Spiel des Zufalles. Aber soviel ist einleuchtend, dass — wenn heute der Mond plötzlich bewässert würde — sich diese Wässer, soweit es die unregelmäßige Gestalt unseres Trabanten nur immer gestattet, über dem Mare-Boden sammeln müssten. Die Analogie zwischen unserem Meeresboden und den Maren des Mondes ist nicht mehr zu leugnen, seit die Tiefensonden der neuesten Zeit ganz unerwartete Aufschlüsse über die horizontale Gestaltung des ersteren zu Tage gefördert haben. Wenn aber jemand behaupten sollte, dass die abnagende Wirkung des Wassers allein im Stande war, jenen Unterschied zwischen dem glatten Meeresboden und dem massengekrönten Festlande zu schaffen, so muss er consequenter Weise die Behauptung nachfolgen lassen, dass das Festland niemals vom Wasser bedeckt war. Noch ist die Zeit des definitiven Beweises nicht gekommen, doch haben wir aus einer ausgebreiteten Gruppe von zusammenklingenden That-sachen die Ueberzeugung geschöpft, dass die Bedingungen für so bedeutende Niveaudifferenzen durch die ungleiche Erstarrungszeit der Oberfläche uranfänglich gegeben, dass die beiden so verschiedenen Bodenarten nichts anderes sind, als das Resultat der Existenz von großen Krustencomplexen neben großen, noch gar nicht zur Erstarrung gekommenen Regionen der Oberfläche. Erstere konnten nur wenig oder gar nicht mehr durchbrochen werden zu einer Zeit, wo sich über die letzteren erst eine dünne Rinde zu bilden begann, die häufig zerrissen in ihrer Festigkeit sowol, als in ihrer Dichte eben deshalb weit hinter dem ersten Erstarrungscomplexe (Hartboden, Mare) zurückblieb. So ist nicht nur die größere Dichte, sondern auch das jetzt noch fortdauernde Sinken des Meeresbodens, wie es an der Südsee so klar zu Tage tritt, ein Zeugnis für unsere Ansicht und alles, was ein sorgfältiges Studium der Mondoberfläche bietet,<sup>12)</sup> steht damit auf überraschende Weise in Einklang. Demnach zeigen die Volumina der starren Bestandteile der Erdoberfläche dasselbe Verhalten zu ihrer Dichte, wie bei einer durch Abkühlung erstarrten Schichte von ursprünglich gleicher Dichte.

### *III. Die Erdmasse ist teilweise noch gegenwärtig flüssig und heifs.*

Alle im vorhergehenden enthaltenen Beweise, welche darthun, dass die inneren Massen der Erde gegenwärtig nach dem Gesetze der Flüssigkeit angeordnet sind und dass die Lagerung und Form der

---

<sup>12)</sup> Vgl. darüber des Herausgebers „Grundzüge zu einer Theorie der Erdbeben und Vulcanausbrüche,“ Seite 409–45e.

Schichten nur durch die Schwere und Rotation bestimmt wurden, bezeugen zugleich den gegenwärtigen flüssigen Zustand des größten Theiles der inneren Erdmasse.

1. Wie wir soeben gezeigt, ist die Erstarrung durch Abkühlung vor sich gegangen; damit ist aber eine Aenderung der Dichte verbunden; diese hätte wieder ebenso wie an der Oberfläche, auch im Inneren die ursprüngliche Lagerung der Schichten gleicher Dichte gestört, und zwar in desto höherem Grade, je ungleichmäßiger die Erstarrung nach Zeit und Raum vor sich gehen müsste. Wir können uns durch Experimente überzeugen, und das tägliche Leben bietet deren eine große Anzahl, dass die Stoffe gleicher Dichte nicht auch das gleiche Verhalten bei der Erstarrung zeigen. Deshalb hätte bei dem Uebergang in den festen Zustand die — nur durch den Flüssigkeitszustand bewirkte — Anordnung der Massen im ganzen Erdsphäroid geändert werden müssen, und wenn diese Aenderung auch nur in dem Maße stattgefunden hätte, wie bei der Erdoberfläche, so müssten, weil alle Schichten der Erde davon betroffen worden wären, die Wirkungen auf das Pendel bedeutend sein und plötzliche Uebergänge, Abweichungen von der Berechnung in seinem Verhalten fast an allen Orten auftreten, so dass der Gedanke, durch das Pendel die Gestalt der Erde zu finden, gar keinen Sinn mehr hätte.

2. Man könnte einwenden, dass der gleichmäßige Druck der oberen Schichten auch die Gleichmäßigkeit der Erstarrung im Innern begünstigte. Allein, wenn man dies selbst von dem durch die Schwere bewirkten ursprünglichen Drucke zugeben wollte, so lässt sich die Meinung bei fortschreitender Erstarrung der drückenden Massen nicht mehr aufrecht erhalten, indem ja die Erstarrung selbst den Druck modificiert und seine ursprüngliche Gleichmäßigkeit zerstört. Die Compression der erstarrenden Schichte muss unter den ersten und dichtesten Erstarrungsflächen, also unter dem Meeresboden der Erde und unter den Maren des Mondes eine größere sein, als unter der übrigen Oberfläche. Dafür zeugen auch die Spaltbildungen und die erhöhte vulcanische Thätigkeit am Rande dieser Flächen nicht nur auf der Erde, sondern auch am Monde.

3. Diese vulcanische Thätigkeit endlich muss bei allen Sträuben einzelner Autoritäten denn doch als das Resultat des Abkühlungsprocesses unseres Planeten betrachtet werden. Erst unlängst hat Professor Ferd. v. Hochstetter durch ein interessantes Experiment den Nachweis geliefert, dass der einfache Abkühlungsprocess einer hinlänglich großen Menge geschmolzenen Schwefels, der Wasser chemisch gebunden enthält, genüge, um ein den vulcanischen Pro-

cessen vollständig analoges Phänomen zu erhalten. Wenn man bedenkt, welche Rolle der Wasserstoff, nach den neuesten Untersuchungen, im Weltall, und besonders auf unserem Mutterkörper — der Sonne — spielt; wenn man bedenkt, welche Quantitäten von Wasser dereinst die Erdoberfläche bedeckten: dann wird man keinen Augenblick mehr zweifeln können, dass auch in der Masse unserer Erde, mindestens in ihren oberen Schichten, Wasser chemisch gebunden sein musste. Um aber das erwähnte Experiment auf den Vulcanismus beziehen zu können, ist notwendig anzunehmen, dass jene Masse, welche Wasser chemisch gebunden (nicht mechanisch gemengt!) enthält, sich zugleich im heißflüssigen Zustande befindet. Die Frage, woher die hohe Temperatur der Lava komme? ist daher durch jenes Experiment nicht gelöst, sondern als ein Postulat hingestellt; denn es beweist nur, wir wiederholen es noch einmal, dass der Vulcanismus das Resultat eines Abkühlungsprocesses ist. Wäre das Wasser als solches genügend, einen localen chemischen Process, eine örtliche Temperaturerhöhung gewisser Massen der Erdrinde und somit eine vulcanische Action einzuleiten, dann bliebe die Thatsache, dass die Vulcane am zahlreichsten und leichtesten auf Spalten sich bilden, unerklärt. Wozu bedarf es der Spalten, wenn eine vulcanische Thätigkeit ohne bereits in der Tiefe vorhandene heißflüssige Massen möglich ist? Diese Frage stellen wir an diejenigen, die behaupten, dass nichts zur Annahme eines heißflüssigen Erdinnern zwingt und dass die Meeresnähe der Vulcane auf die Rolle hinweise, welche die Wässer der Gegenwart bei der Reaction des Erdinnern gegen die Oberfläche spielen. Die Erklärung für die Meeresnähe liegt in der Combination von großem Drucke des Meeresbodens mit der Spaltbildung, die sich entweder an der Küste vollziehen oder auch durch Inseln zur Erscheinung kommen kann. Dies lässt sich nicht bloß für die Erde, sondern auch für die Oberfläche des Mondes nachweisen. Wenn wir alte Vulcane auf den Continenten finden, die einst submarin waren, so folgt ihr Erlöschen nicht aus dem Zurückziehen des Meeres, sondern beide Erscheinungen, die miteinander nichts gemein haben, sind eine Function der Zeit und laufen sich deshalb parallel. Wäre das Wasser hier wirksam gewesen, so müssten sich ja noch thätige Vulcane am schwarzen Meere, an der Nordsee, an der Ostsee, kurz an allen Küsten und an allen Orten finden, wo Wasser zur Genüge vorhanden ist. Und wie erklärt jene Hypothese die Uebersahl der Vulcane in der Aequatorialzone? Was hat diese mit dem Wasser zu thun? In der Nähe der noch thätigen Vulcane Peschan und

Hotscheu in Centralasien, nördlich vom Himalaya, findet sich kein Wasser, wol aber der plötzliche Uebergang des Spaltengebietes zum Hartboden der Wüste Gobi. An der Küste des indischen Oceans, wo der Uebergang ein allmäliger ist, finden sich keine Vulcane.

Der entscheidendste Beweis jedoch für die Teilnahmslosigkeit des Wassers an der Entstehung der Vulcane liegt in der mit der Zeit abnehmenden Größe derselben, d. h. darin, dass die in späteren Epochen entstandenen Feueressen kleiner sind, als diejenigen, welche in den ältesten Perioden sich bildeten. Dies ist eine Thatsache, welche sich nicht nur auf der Erde, sondern auch am Monde constatieren lässt. — Bemerkenswert sind die Worte, welche darüber der schottische Astronom Piazzi Smyth am 22. März 1858, gelegentlich eines Vortrages in der astronomischen Gesellschaft zu London, sprach: „Wenn wir von dem noch nicht erloschenen Chajorre (Krater der Westspitze von Teneriffa) oder Rambletta (Krater der Centralspitze), die etwa  $\frac{3}{4}$  engl. Meilen im Durchmesser haben, zu dem großen Krater mit 8 engl. Meilen Durchmesser (seit der menschlichen Periode erloschen) zurückgehen, oder in gleicher Weise von dem noch thätigen Vesuv zu der Somma, die, so lange Italien trockenes Land ist, keine Lebenszeichen von sich gegeben, so finden wir, dass die älteren Krater die größeren gewesen sind. Und wenn sie im Vergleich zu denen im Monde keine sehr große Ausdehnung haben, so kommt das daher, dass ihre Entstehung immerhin noch in die neueren Zeiten der Geologie fällt, denn die an den unteren Abhängen beider Vulcane gefundenen Muscheln gehören der post-pliocenen Periode an. Die großartigen vulcanischen Ringe der alten „primären“ und „secundären“ Zeiten sind auf immer dem Blicke des Menschen entzogen.“ Fragen wir nun um die Ursache dieser Abnahme der vulcanischen Kraft, so kann es nur die vorgeschrittene Abkühlung des Erdinnern sein; hätte das Wasser überhaupt Teil an dem Entstehen eines Vulcanes, dann müsste es wol auch heute noch ausreichen, einen oder den anderen im Umfange der erloschenen Bildungen herzustellen. Noch ist Wasser um Teneriffa genug, genug noch in der Nähe des Vesuv, der Zutritt desselben zum heißen Herde steht offen, und doch ist die vulcanische Thätigkeit im Ermatten begriffen!

Wir sind demnach durch eine Mehrzahl von Zeugnissen gezwungen, die hohe Temperatur der Lava nicht erst als örtlich entstanden, sondern als das Resultat des allgemeinen Temperaturzustandes des Erdinnern aufzufassen.

4. Handelt es sich aber darum, die Gestalt der Vulcane selbst in Betracht zu ziehen, so finden wir hier wieder eine über-

raschende Aehnlichkeit mit den Mondgebilden. Alle Bestrebungen, diese Aehnlichkeit zu läugnen, können sich nur halten, so lange sie oberflächlich bleiben. Geht man auf Detailvergleiche ein, so wird man von den Analogien überrascht und schließlich zu dem Geständnis gezwungen, dass die Verschiedenheiten durch die Aehnlichkeiten bedeutend überwogen werden. Wenn Humboldt sagt: „Bei der fortschreitenden Vervollkommnung unserer Kenntnisse von der Gestalt der Oberfläche des Mondes von Tobias Mayer an bis Lohrmann, Mädler und Julius Schmidt ist im ganzen der Glaube an die großen Analogien zwischen den vulcanischen Gerüsten der Erde und des Mondes eher vermindert, als vermehrt worden,“ so klärt der Nachsatz das Misverständnis auf: „nicht sowol wegen der Dimensionsverhältnisse und früh erkannten Anreihung so vieler Ringgebirgsformen, als wegen der Natur der Rillen und der nicht schattenwerfenden Stralensysteme.“ Was nun die Rillen betrifft, so glauben wir in unserem genannten Buche über Erdbeben und Vulcane hinlänglich nachgewiesen zu haben, dass es offene Spalten sind, die ihr Entstehen der ungleichen Construction beider Bodenarten nach gänzlichem Verluste der Feuchtigkeit verdanken. Wenn einmal die Erde in das Stadium tritt, in welchem der Mond sich jetzt schon befindet, wenn der letzte Tröpfchen Wasser verschwunden sein, und die Fläche des tiefsten Niveaus, der Hartboden, trocken gelegt sein wird, dann werden sich auch auf ihrer Oberfläche an den Grenzen der Festlande und des Hartbodens, parallel den jetzigen Küstenstrichen und den hervorragendsten Urgebirgsreihen (vernarbten Spalten) offene Risse bilden, den Rillen des Mondes vergleichbar. Ist dann unser Planet alles organischen Lebens beraubt und des ihn noch bedeckenden Humus entkleidet, starren nackte Klippen den Beschauern auf anderen Welten entgegen — dann erst werden die Spuren des chemischen Umwandlungsprocesses, der die mechanische Thätigkeit der Vulcane begleitete, die Desoxydation (Reduction), bewirkt durch das erhitzte, unter den Vulcanen angehäufte Wasserstoffgas,<sup>18)</sup> in der erhöhten Reflexionsfähigkeit der benachbarten Ge-

<sup>18)</sup> So ist die Umwandlung des Kalkes in Gyps durch heißen Wasserstoff, der von vulcanischen Herden aufstieg oder sich seitlich verbreitete, vor sich gegangen. Gypslager verraten daher die einstige engere Verbindung ihrer Lagerstätten mit dem heißen Erdinnern, als deren Nachwirkung an solchen Orten in noch späten Zeiten Erdbeben auftreten. Hierin liegt die Erklärung für die Thatsache, dass, wo Gypslager sich finden, auch Erderschütterungen häufiger verspürt werden. Volger hat aus dieser Thatsache die falsche Folgerung gezogen, dass die durch Auswaschung des Gypses entstandenen Hohlräume (Gypsschlote) einstürzen und so die Erdbeben verursachen. Streng genommen, klingt diese Erklärung wie *lucus a non lucendo*.

steine zu Tage treten. Wer wollte verkennen, dass es auch auf dem Monde, zur Zeit seines organischen Lebens, den Bewohnern der Erde, und noch mehr seinen eigenen unmöglich gewesen wäre, die Strahlensysteme wahrzunehmen! Lassen wir uns nicht verleiten, allgemeine, umfassende Schlussfolgerungen von so beschränkten Standpuncten zu ziehen, als sie uns die Zeit, in der wir leben, und die Scholle, an der wir kleben, unmittelbar zu gestatten vermögen! Die zu große Nähe des Gegenstandes am Auge kann der richtigen Erfassung seines Gesamtbildes nicht förderlich sein. Unsere gegenwärtigen Vulcane können, ihrer Dimension nach, nur mit den kleinsten Kratern und Gruben des Mondes verglichen werden, und daher dürfen wir uns durch ihre, von größeren Kratern oder Ringgebirgen abweichenden Formen nicht täuschen lassen. Nimmt man dazu den Verwitterungsprocess der Erde und die abschwemmenden Wirkungen des Wassers — die auf dem Monde keinesfalls so bedeutend gewesen sein können — so muss man staunen über die Aehnlichkeiten, die dann noch übrig bleiben. Ein aufmerksames Studium dieser Erscheinungen auf dem Monde und auf der Erde führt zur Ueberzeugung, dass trotz der immensen Trennung beider Bildungen in Raum und Zeit, die Verschiedenheiten durch die Analogien bedeutend überwogen werden. -- Dies ist der wahre Standpunct, von dem aus diese Frage betrachtet werden muss.

5. Endlich widerlegt auch der Umstand, dass die stärksten vulcanischen Ausbrüche eine deutliche Beziehung zum Mondstande zeigen (was wir seinerzeit ausführlich nachzuweisen gedenken), abermals die Ansicht, als seien diese Phänomene nur örtliche Processe. Da eine solche Periodicität nur als Analogie zu der bekannten Ebbe und Flut des Meeres aufgefasst werden kann, so drängt sich die Annahme einer flutenden Masse im Innern der Erde von selber auf, und diese kann keine andere als der flüssige Erdkern sein. Theils durch den Druck dieser Masse von innen (Kerndruck), theils durch den der erkaltenden und sich zusammenziehenden Erdrinde von außen (Krustendruck) wird — nach unserer Ansicht — auf Grund des fortschreitenden Abkühlungsprocesses die gegenwärtige vulcanische Thätigkeit eingeleitet, als die letzte, tiefer gerückte und daher bereits als Eruption auftretende Phase der allen abkühlenden Himmelskörpern eigentümlichen Blasenbildung. — So glauben wir — nach unseren Studien — den Vulcanismus allgemein definieren zu müssen. Ob der sanftere Charakter der Blasenbildung in großen seichten Ringen hervortrete, oder diese sich in Eruptionen aus tieferen Schlünden von kleinerem Durchmesser äußere, hängt von

dem Verhältnis der heißflüssigen Masse zur Dicke der erstarrten Rinde ab.

Hiebei ist man keineswegs gezwungen, die heißflüssige Erdmasse bereits mit dem Boden der Vulcane beginnen zu lassen. Vielmehr scheinen sich unter diesem zurückgelassene Becken zu befinden, die nur durch Gänge, in vielen Fällen vielleicht gar nicht mehr mit dem flüssigen Erdinneren in Verbindung stehen. Im ersteren Fall würde vorwiegend der Kerndruck, im letzteren der Krustendruck und der Abkühlungsprocess die Ausbrüche verursachen. Beide Fälle können örtlich hart nebeneinander auftreten. Dadurch würde sich das ungleiche Verhalten zweier Nachbarvulcane zugleich mit der correspondierenden Thätigkeit der entferntesten Essen erklären lassen.

So haben uns nicht nur alle Thatsachen, die sich auf der Erde beobachten lassen, sondern auch — und darauf möchten wir in dieser Frage ein großes Gewicht legen — der Zustand der Mondoberfläche zum zwingenden Schlusse geleitet, dass die abnehmende vulcanische Thätigkeit in ihrer letzten Ursache auf den Urzustand dieser Himmelskörper zurückzuführen sei. Damit steht im schönsten Einklang das, was sich vor unseren Blicken fast täglich auf der Sonne ereignet. Die mit unglaublicher Geschwindigkeit vor sich gehende, den unlängbaren Charakter einer Eruption darbietende Erhebung glühenden Wasserstoffes (Protuberanzen) gibt uns ein Bild dessen, was dereinst auf der Erde und auf dem Monde vor sich gegangen. Wir sind daher berechtigt, den Vulcanismus einen cosmischen Process zu nennen. Je rascher dieser verläuft, in je kürzere Zeit die Summe der ganzen Abkühlungsthätigkeit zusammengedrängt wird, desto zahlreicher werden die Spuren derselben auftreten, desto leichter können sich die Bildungen verschiedener Epochen nebeneinander erhalten. Die kleinsten Himmelskörper kühlen sich am raschesten ab, daher müssen die Monde auch die zahlreichsten Vulcane zeigen. — Wir empfehlen daher den Geologen, die sich mit der Untersuchung über die Ursachen des Vulcanismus beschäftigen, angelegentlich das Studium der Mondoberfläche, indem wir ihnen die Worte zurufen, die der scharfsinnige französische Astronom De Faye am 4. Jänner 1858 in der Akademie der Wissenschaften sprach: „Die Oberfläche des Mondes ist sozusagen ganz neu, die der Erde dagegen ist abgenützt und abgerieben nach allen Seiten hin, durch die fortwährende Einwirkung des Wassers und der Atmosphären. Der Mond ist es also, an dem die plutonischen Wirkungen in ihrer vollen Reinheit zu studieren sind.“

---