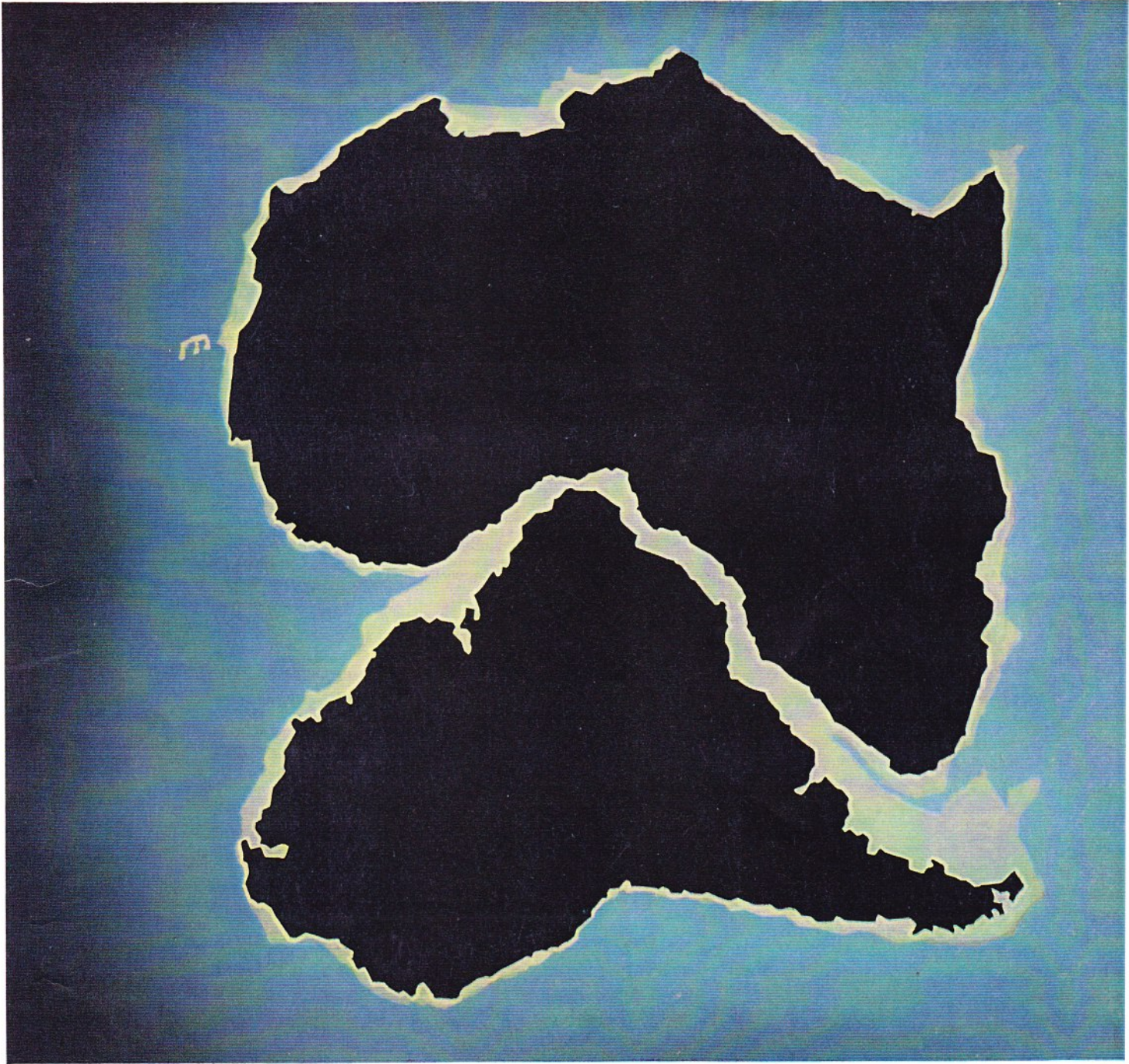


# BILD DER WISSENSCHAFT



2

APRIL 1964

EINZELPREIS DM 4.—

DVA

E 20233 F



Seit Dirac 1937 die Hypothese aufgestellt hat, daß sich das universelle Maß der Schwerkraft seit Beginn der Schöpfung fortschreitend verringert, haben sich führende Forscher Gedanken darüber gemacht, wie die Entwicklungsgeschichte unseres Planeten im Lichte dieser Hypothese revidiert werden muß:

Pascual Jordan

## Die Expansion der Erde

Die Erde ist in einem ständigen langsamen Vorgang der Ausdehnung begriffen. Dieser neuartigen Vorstellung, ganz im Gegensatz zu dem klassischen Bilde des schrumpfenden Apfels, wird heute von führenden Forschern immer mehr Wahrscheinlichkeit zugebilligt. Schon seit längerer Zeit hat eine Reihe von Fachleuten erkannt, daß sich zahlreiche Züge im Erscheinungsbild unserer Erde besser deuten lassen, wenn man an Stelle einer fortlaufenden Kontraktion des Erdkörpers gerade das Gegenteil annimmt, nämlich eine sich über die ganze Erdgeschichte erstreckende Expansion des Planeten.

Der englische Theoretiker *P. A. M. Dirac* hat schon 1937, ausgehend von fundamentalen Folgerungen aus der modernen Physik, die Vermutung begründet, daß sich das universelle Maß der Schwerkraft im Laufe der Geschichte des Universums – und damit auch der Erde – ständig vermindert hat und sich heute noch (sowie in Zukunft) laufend weiter vermindert. Die Schwerkraft hat jedoch einst die Bildung der Sonne, des Planetensystems und der Erde entscheidend bestimmt; die Schwerkraft hält den Erdball zusammen, jede Änderung dieser universellen Kraft im

Laufe der letzten Jahrmilliarden muß auch die Entwicklung unserer Erde entscheidend beeinflusst haben. Wenn sich die *Diracschen* Überlegungen von der dauernden Abnahme der Schwerkraft als stichhaltig erweisen, so muß man die astronomische, geologische und paläo-klimatische Geschichte unseres Planeten in einem völlig neuen Lichte sehen und deuten. Dieser Eingriff der modernen Physik in die klassischen – heute als zumindest zweifelhaft erkannten – Bilder, die man sich bisher von der Entwicklung unserer Erde gemacht hatte, ist nur ein Beispiel für die Umwälzung in unseren heutigen wissenschaftlichen Vorstellungen, welche die moderne Physik verursacht hat.

Die revolutionären Entwicklungen, die in unserem Jahrhundert in der Physik vor sich gegangen sind – durch die Begriffe Quantentheorie und Relativitätstheorie bezeichnet –, haben sich auf zahlreiche Zweige der Naturwissenschaften machtvoll ausgewirkt. Indem die moderne Physik den Bau der Atome aufzuklären und ihre Spektren zu verstehen vermochte, gab sie der Astronomie ganz neue Möglichkeiten, die physikalischen Verhältnisse der Sterne zu verstehen.

Nicht weniger bedeutungsvoll ist die Atomphysik für die moderne Biologie geworden. Diese hat ja den Feinbau der Organismen bis in die Stufe der molekularen Bau- und Funktionsverhältnisse hinunter verfolgt. Die gegenüber dem Wissen des vorigen Jahrhunderts so unermesslich vermehrten und vertieften Erkenntnisse heutiger Biologie in Vererbungs- und Eiweißforschung usw. haben durchweg feinere Fragen der Molekularstruktur biologischer Gebilde zum Gegenstand.

Gegenwärtig ist nun auch die Geophysik und Geologie im Begriff, in eine revolutionäre Neugestaltung ihrer Vorstellungen und Erkenntnisse einzutreten – ebenfalls, wie schon angedeutet, im Zusammenhang mit modernen Entwicklungen der Physik. Einerseits hat schon seit längerem die Kernphysik feste Grundlagen gegeben für die geologische Zeitmessung – auf diese Weise ein Problem lösend, für das die älteren Methoden der Geologie keine Angriffsmöglichkeiten boten.

Eine andere wesentliche Ergänzung und Vertiefung hat die Geologie auf Grund jener geophysikalischen Forschungen erfahren, welche durch seismographische und durch verfein-

nerte Gravitationsmessungen zur Erkennung der Kontinentalschollen in ihrer auffälligen Verschiedenheit von den Tiefseegebieten geführt haben. Die dabei entstandene Vorstellung der im schweren „Sima“ gleichsam schwimmenden, aus dem leichteren „Sial“ bestehenden „Schollen“ ist von *Wegener* stark beeinflusst, der sie zu seiner berühmten Theorie der Kontinentalverschiebungen ausgeweitet hat. Diese *Wegenersche* Theorie, die längere Zeit als überholt und widerlegt angesehen wurde, hat inzwischen für einen Teil der in ihr enthaltenen Aussagen so überzeugungskräftige Beweise erhalten, daß ihre Verwerfung nicht mehr aufrechterhalten werden kann. Allerdings stößt sie in ihrer ursprünglichen Form auf große Schwierigkeiten –

für diese Schwierigkeiten scheint sich erst jetzt eine Lösung zu ergeben, dadurch, daß die *Wegenersche* Theorie ersetzt wird durch eine andere, die alle positiven Erfolge dieser Theorie aufnimmt, aber die fraglichen Schwierigkeiten durch einen ganz neuen Gedanken überwindet. Dies ist die Theorie der Erdexpansion, welche seit einigen Jahren zunehmend die Aufmerksamkeit der mit der Untersuchung des Erdkörpers beschäftigten Forscher in Anspruch nimmt – die anfangs sehr klein gewesene Zahl ihrer Anhänger unter Geologen, Ozeanographen, Geophysikern, Physikern ist in rascher Zunahme begriffen. Die Theorie der Erdexpansion steht aber in engem gedanklichem Zusammenhang mit einer merkwürdigen physikalischen

Hypothese, welche der berühmte englische Physiker *Dirac* 1937 ausgesprochen hat auf Grund von Überlegungen, die mit der Kosmologie und der Relativitätstheorie zusammenhängen. Während die Physiker selber wohl überwiegend noch zögern, dieser Hypothese Vertrauen zu schenken – ihre experimentelle Prüfung ist für heutige Präzisionsinstrumente immer noch nicht ganz erreichbar –, so ergibt sie jedenfalls für die Geschichte der Erde so wesentliche Folgerungen, daß man, sofern sie im Endergebnis abschließende Bestätigung gewinnen wird, von einer Revolutionierung der geologischen Vorstellungen durch die *Diracsche* Hypothese sprechen dürfen.

Eine Reihe verschiedener Verfasser hat in der Ausbildung der Theorie



der Erdexpansion mitgewirkt. Im folgenden wollen wir nicht versuchen, den Beiträgen der einzelnen Verfasser historisch gerecht zu werden, sondern nur die sachliche Lage verdeutlichen.

Die Ozeanographen kannten schon seit längerer Zeit verschiedene Beispiele von Tiefseegräben, die sehr auffällige Erscheinungen sind. Stellenweise bis mehr als 10 Kilometer unter die Meereshöhe hinuntergehend, liegen sie mit ihrem Boden bis etwa 5 Kilometer tiefer als der umgebende Meeresboden; indem sie zugleich sehr schmal sind, oft nur wenige Kilometer Breite zeigend, machen sie den Eindruck sehr unstabiler, in Veränderung begriffener Formelemente. In verschiedenen Fällen wird dieser Eindruck bestätigt durch das Vorhan-

densein von Gravitationsanomalien, welche die betreffenden Stellen als nicht im Gleichgewicht befindlich erweisen.

Amerikanische Ozeanographen (*Ewing, Heezen, Tharp*) haben nun die Entdeckung gemacht, daß die fraglichen Tiefseegräben nur kleinere Teilstücke eines die ganze Erde umfassenden Spaltensystems sind, von welchem die wichtigsten heute bekannten Teile in der Karte auf Seite 16 gezeigt werden. Eine Spalte riesiger Länge läuft auf der Atlantischen Schwelle entlang, vom Süden bis zum Norden des Atlantik – zahlreiche Profile dieser Atlantischen Schwelle zeigen, daß in der Nähe der Kammhöhe dieses riesigen unterseeischen Gebirges eine tiefe Spalte eingeschnitten ist. Diese Spalte ist zu-

gleich eine Häufungslinie für das Auftreten unterseeischer Erdbeben. Sie läuft auch über Island – eine bekanntlich durch ihre riesigen Vulkane auffallende Insel –, und hier auf der Landfläche ist die Spalte unverkennbar als Zerreißspalte zu sehen. Das ins nördliche Polargebiet laufende Stück dieser Spalte biegt (über dem Kartenrand, Seite 16) wieder nach Süden um, auf die sibirische Nordküste zulaufend. Russische Forscher haben darauf hingewiesen, daß die Fortsetzung dieser Spalte auch auf dem asiatischen Kontinent deutlich zu erkennen ist – sie geht durch den Baikalsee und ist den Geologen als eine Linie von Gravitationsanomalien und Erdbebenaktivität in größeren Teilen bekannt. Sie scheint im Süden Anschluß zu finden an die

Links: Das System der Tiefseespalten nach Ewing, Heezen und Tharp in einer Gesamtdarstellung. Einer der Arme dieser Spalten läuft nahe dem Nordpol vorbei und kann infolgedessen in der gewählten Projektion nicht voll erfaßt werden. Rechts: Der vom Mittelatlantik nach Gibraltar laufende Spaltenarm findet eine Fortsetzung in dem von Stille schon vor mehreren Jahren studierten Spaltensystem der Mjösen-Zone.



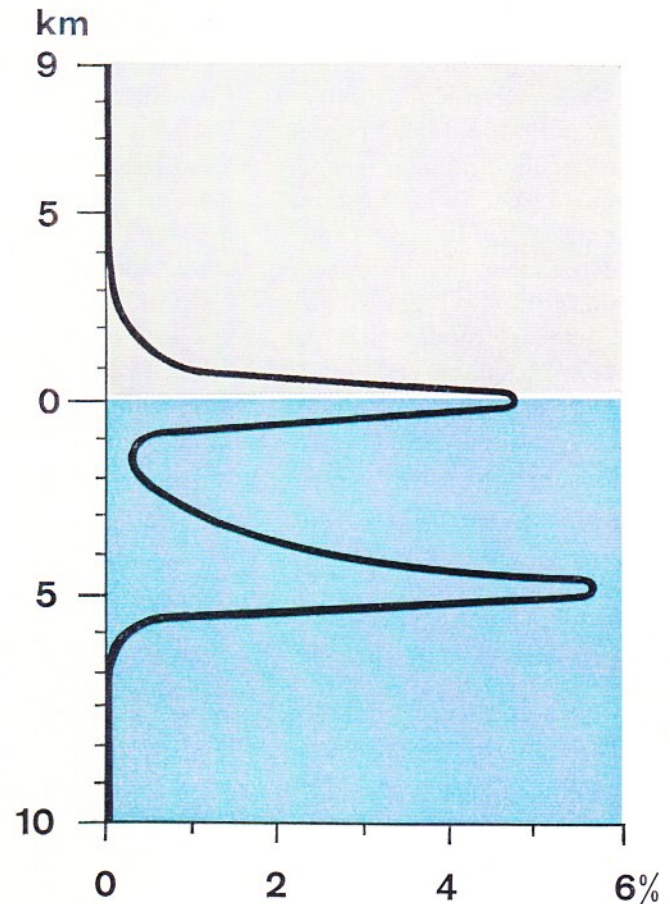
auf die indische Küste zulaufende ozeanische Spalte (Seite 16).

Spezialisten vermuten das Vorhandensein verschiedener weiterer Fortsetzungen des Spaltensystems auf die Kontinente – wobei jedoch, soweit es sich um geologisch alte, nicht mehr aktive Spalten handelt, ihre Erkennung heute in der Mehrzahl der Fälle schwierig sein dürfte. In die Karte eingetragen ist insbesondere das berühmte ostafrikanische Grabensystem – es handelt sich um lange Spalten, die unzweifelhaft Zerreißspalten sind; sie sind aus der Tiefe her durch Magmamassen teilweise aufgefüllt.

Während die im oder am Ostende des Mittelmeeres vorhandenen Spalten teilweise mit in die Karte von *Ewing-Heezen-Tharp* aufgenommen sind, kann für die Westseite des Mittelmeeres eine Ergänzung der Karte gegeben werden: Dort läuft nach Forschungsergebnissen der letzten Jahre ein Grabenstück durch die Straße von Gibraltar und an der spanischen Ostküste entlang: offenbar eine Fortsetzung des in der Karte eingetragenen Zweiges, der von der Atlantischen Schwelle nach Gibraltar hin führt. Die weitere Fortsetzung des west-mittelmeerischen Grabenstückes ist schon vor einer Reihe von Jahren von *Stille* in einer Karte gezeichnet (Seite 17), welche die fraglichen Zerreißspalten durch Frankreich und Westdeutschland bis nach Norwegen verfolgen läßt: im Zuge dieser Zerreißvorgänge sind mannigfache Erscheinungen aufgetreten, wie die großen Vulkane der Auvergne (etwa zwanzig, in kettenförmiger Anordnung) oder die oberrheinische Tiefebene, der (dem Tertiär angehörende) Vulkanismus der Eifel, der in sonst ebener Landschaft liegende tiefe, längliche See bei Bad Zwischenahn und andere mehr.

Das erdumspannende Spaltensystem, dessen Gesamtzusammenhang und dessen gewaltige Ausdehnung eine der überraschendsten und bedeutungsvollsten Entdeckungen der letzten Jahre ist, erweist sich also in allen der genaueren Untersuchung zu-

Die Kurve zeigt die Verteilung der Häufigkeit, mit der die verschiedenen Niveaus auf unserer Erde auftreten. Diese Häufigkeitsverteilung zeigt zwei deutliche Maxima, und zwar in Höhe des Meeresspiegels und bei einer Tiefe von 5000 Meter unter Meeresspiegel. Diese auffallende Zweiteilung in der Höhenverteilung der Erdoberfläche ließ sich bisher nur mit der Theorie der Erdexpansion befriedigend erklären.



gänglichen Einzelheiten als Ausdruck einer im Gange befindlichen Expansion des Erdkörpers. Das ist eine sehr unerwartete Entdeckung: Zwar hatten einige wenige Verfasser (teils auf Grund der *Diracschen* Hypothese, teils unabhängig von ihr) schon vor der Entdeckung von *Ewing, Heezen, Tharp* eine Erdexpansion behauptet, aber mehr als ein Jahrhundert waren ja die Vorstellungen der Geologen weitgehend beherrscht von der Überzeugung, daß die Erde in allmählicher Kontraktion begriffen sei. Statt dessen zeigt uns jetzt die Erfahrung, daß eine Expansion vorliegt – sie als empirisch gegebene Tatsache anzuerkennen, ist wohl nunmehr unabweisbar geworden.

Die mit der Untersuchung dieser Verhältnisse beschäftigten Verfasser sind zum Teil (aber nicht sämtlich) geneigt, in dieser Expansion auch die Ursache dafür zu sehen, daß es auf der Erdoberfläche den auffälligen Unterschied von Kontinentalschollen und Tiefseebecken gibt. Folgt man dieser Auffassung, so muß man annehmen, daß die Expansion der Erde seit ihrer Entstehung recht erheblich gewesen ist – während das Spaltensystem der Erdoberfläche zunächst nur das Vorhandensein eines gewissen Maßes von Expansion beweisen kann, ohne uns schon Auskunft zu geben, wie stark diese Expansion ist (oder in der geologischen Vergangenheit war).

Auf Island ist allerdings die Geschwindigkeit des Auseinanderrückens der beiden Seiten der Zerreißspalte einer Messung zugänglich und groß genug, um die Theorie der Entstehung der Ozeane als Ergebnis der Erdexpansion zu stützen. Jedoch werden wir vorläufig eine klare Unterscheidung beibehalten sollen zwischen der bewiesenen Tatsache der Erdexpansion einerseits und der weitergehenden Vorstellung andererseits, daß diese Expansion auch für die Verschiedenheit von Kontinenten und Tiefseegebieten maßgebend sei. Wir wollen diese letztere Vorstellung vorsichtshalber als noch hypothetisch bezeichnen, aber im folgenden die Tatsachen betrachten, die zu ihren Gunsten sprechen.

Die Oberfläche unserer Erdkruste zeigt einen fast 20 Kilometer weiten Bereich verschiedener Höhen zwischen dem Boden der extremsten Tiefseeegräben und der äußersten Bergeshöhe. Wenn wir aber genauer nachsehen, in welcher flächenmäßigen Häufigkeit die verschiedenen Höhenlagen verwirklicht sind, so zeigt sich eine scharfe Auszeichnung zweier verschiedener Höhenstufen. Das kommt zum Ausdruck in einem schon von *Wegener* und *Bucher* vorgelegten Diagramm (Seite 18): Der Großteil der Erdoberfläche ist verteilt einerseits auf das nahe bei der Meereshöhe liegende Kontinentniveau und andererseits auf die rund 5 Kilometer tiefer liegende Stufe der Ozeanböden. Die dazwischen liegenden Höhen spielen, ebenso wie die noch höheren oder noch tieferen Gebiete, eine flächenmäßig wesentlich geringere Rolle.

Diese Zweistufigkeit der Erdoberfläche ergibt eine Aufgliederung in zwei verschiedene Bereiche, die wir Kontinentalschollen und Tiefseebecken nennen – gegenüber der damit gegebenen Unterscheidung ist der praktisch (und allgemein biologisch) so wichtige Unterschied von Land und Meer von vergleichsweise untergeordneter, zufälliger Bedeutung.

Denn zu den Kontinentalschollen

sind auch die Gebiete des Flachmeeres, die „Schelfe“, zu rechnen – die Wassermassen der Erde reichen gerade dazu aus, die Ozeanbecken zu füllen und auch noch die tiefsten Stücke der Kontinentalschollen (die insgesamt von verhältnismäßig geringer Flächengröße sind) mit Wassermassen geringer Tiefe zu überdecken. Diese Tatsache ist aber gewissermaßen eine Zufälligkeit gegenüber der geophysikalisch viel bedeutungsvolleren Unterscheidung von Kontinentalschollen und Tiefsee – fast überall sind diese beiden Gebiete durch einen recht steilen „Kontinentalabhang“ gegeneinander abgegrenzt.

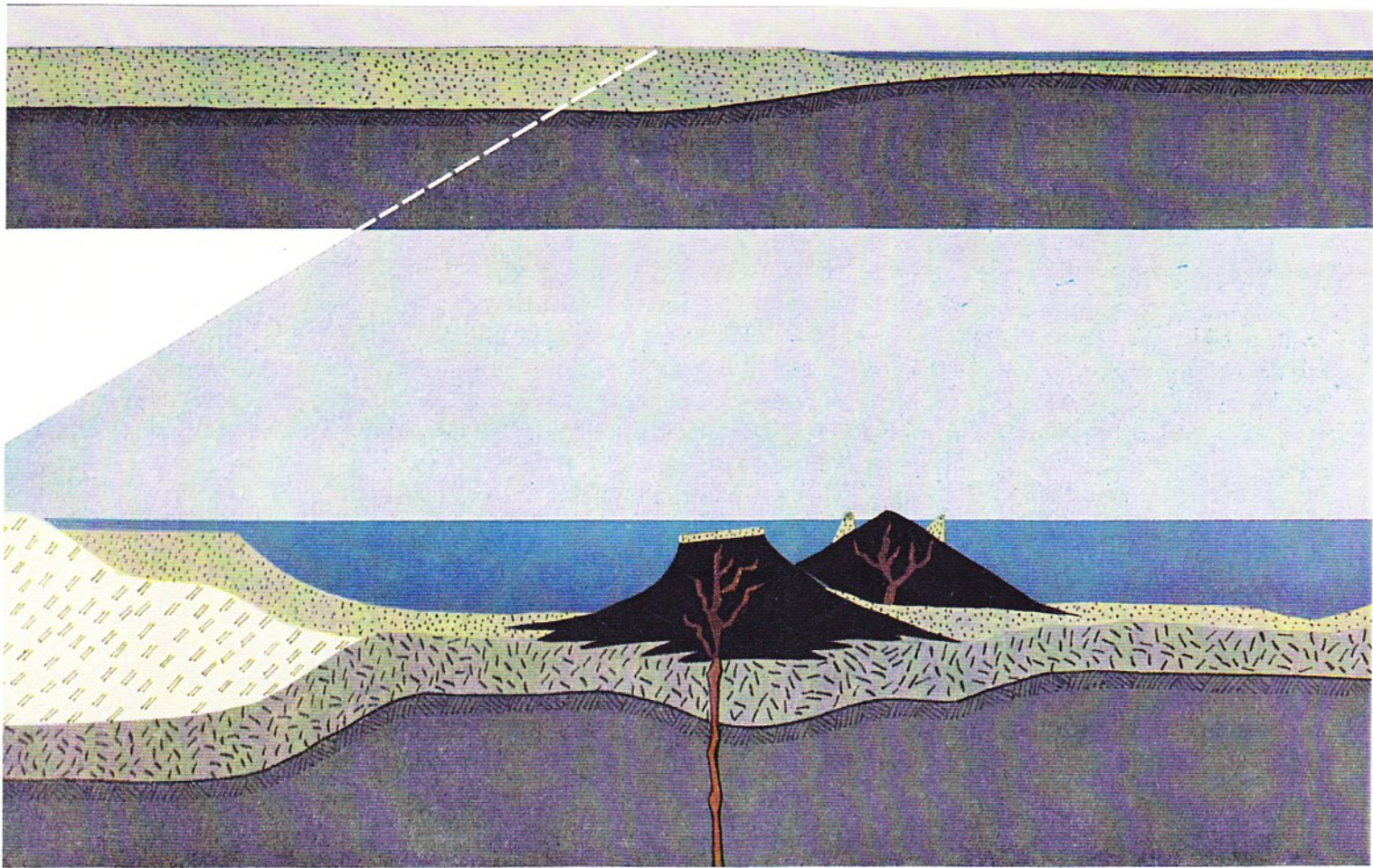
Die somit schon morphologisch sehr klare Unterscheidung zweier verschiedener Gebiete der Erdoberfläche wird nun durch Ergebnisse geophysikalischer und geochemischer Art noch schärfer herausgearbeitet. Die Erdkruste zeigt in ihrer äußeren Zone zwei chemisch verschiedene Gesteinsgruppen, deren eine (in welcher Granit und ähnliche Gesteine häufig sind) wegen ihres hohen Gehaltes an Silizium und Aluminium als „Sial“ bezeichnet wird; die andere, vorwiegend basaltische Gruppe von Gesteinen, wird als „Sima“ (Silizium und Magnesium) bezeichnet.

Die Kontinentalschollen bestehen aus Sial, und zwar in einer recht gleichmäßigen Dicke von rund 20 Kilometern. In der Tiefe unter den Kontinenten liegen dann Sima-Massen, die ihrerseits in etwa 33 Kilometer Tiefe dem fast 3000 Kilometer dicken „Mantel“ der Erdkugel aufliegen. In der Tiefsee hingegen liegen die Sima-Massen schon recht nahe dem Meeresboden selbst. Dieser ist zwar weitgehend von Ablagerungsmassen überdeckt, die dem Sial zuzurechnen sind und welche eine Mächtigkeit von mehreren Kilometern erreichen – was jedoch gering bleibt gegenüber den 20 Kilometer dicken Kontinentalschollen. Die Sial-Gesteine haben ein etwas geringeres spezifisches Gewicht gegenüber dem Sima – sie schwimmen also, wie oben schon kurz

erwähnt wurde, im schwereren Sima; man kann zum Vergleich an Eisschollen auf dem Wasser denken.

Diese hier ganz kurz und etwas grob zusammengefaßten Ergebnisse, denen man natürlich noch viele feinere Einzelheiten hinzufügen könnte, sind geophysikalisch einerseits durch seismische Beobachtungen begründet, andererseits aber durch Präzisionsmessungen der Schwerkraft über die ganze Erdoberfläche. Denken wir uns unter der Erdoberfläche irgendwo eine Anhäufung von Blei liegend, also von Material großen spezifischen Gewichts, so wird sich das darin äußern, daß über dieser Bleimasse die Schwereanziehung (die Fallbeschleunigung) etwas größer ist als sonst. Man kann also durch Präzisionsmessungen der Gravitation etwas erfahren über die Massenverteilung im Untergrund; und es hat sich gezeigt, daß der Vergleich der Kontinentalblöcke mit Eismassen, die auf dem Wasser schwimmen, auch in folgender Hinsicht berechtigt ist: Wenn in einem großen Packeisfeld die Eismassen örtlich verschiedene Höhen zeigen, so werden sie dort, wo sie hoch aufragen, auch entsprechend tiefer eingetaucht sein. Ganz entsprechend tauchen unter hohen Gebirgen die Sial-Massen tiefer in das Sima ein: Die dadurch zustande kommende „Isostasie“, welche sich in der genauen Ausmessung des Schwerefeldes zeigt, ist nur an seltenen Stellen durch „Gravitationsanomalien“ gestört – diese weisen auf eine Abweichung vom Schwimmgleichgewicht hin und werden in der Regel bedeuten, daß hier instabile, in Veränderung begriffene Verhältnisse vorliegen.

Angesichts der Tatsache der Isostasie bedeutet die oben betonte weitgehende Einheitlichkeit der Höhenstufe der Kontinentaloberfläche auch eine entsprechend gleichmäßige Lage der Unterseite der Kontinentalschollen; und die dadurch bewiesene hochgradig gleichmäßige Dicke der Kontinentalschollen sowie die zugehörige Tatsache des Kontinentalabhangs



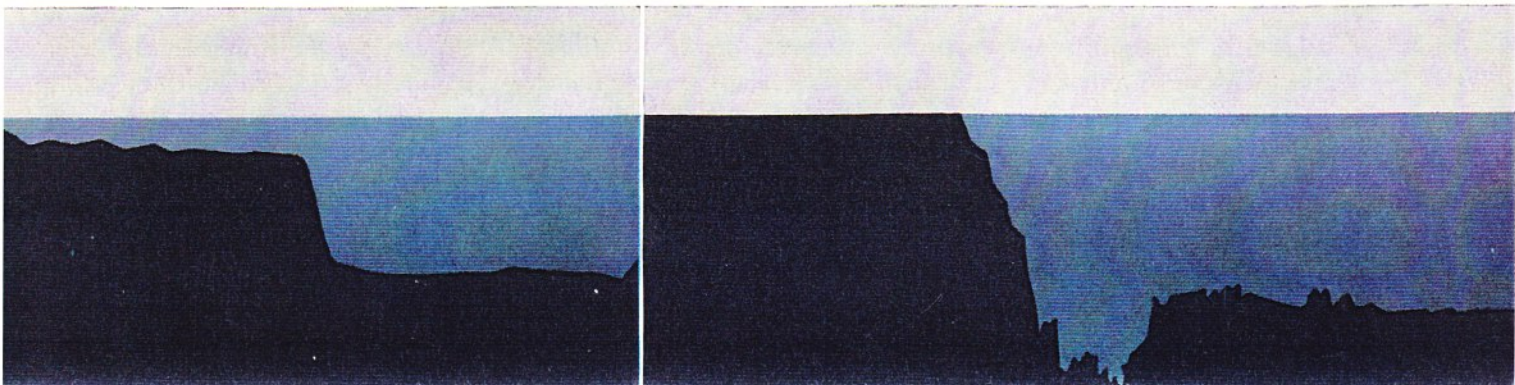
scheint dem Verfasser dieses Berichtes ein sehr wichtiger Tatbestand zu sein – manche in der Literatur vertretenen Deutungsversuche für die Erscheinung der Kontinent-Ozean-Verschiedenheit müssen wohl auf Grund dieser gleichmäßigen Dicke von vornherein als unglaublich bezeichnet werden.

Zunächst aber wollen wir im Rahmen geologischer Erkenntnisse die Rolle der Kontinente und Ozeane weiter verfolgen. Man weiß aus tiergeographischen und pflanzengeographischen Verhältnissen der Vergangenheit, daß die Nachbarschaftsverhältnisse der Kontinente früher teil-

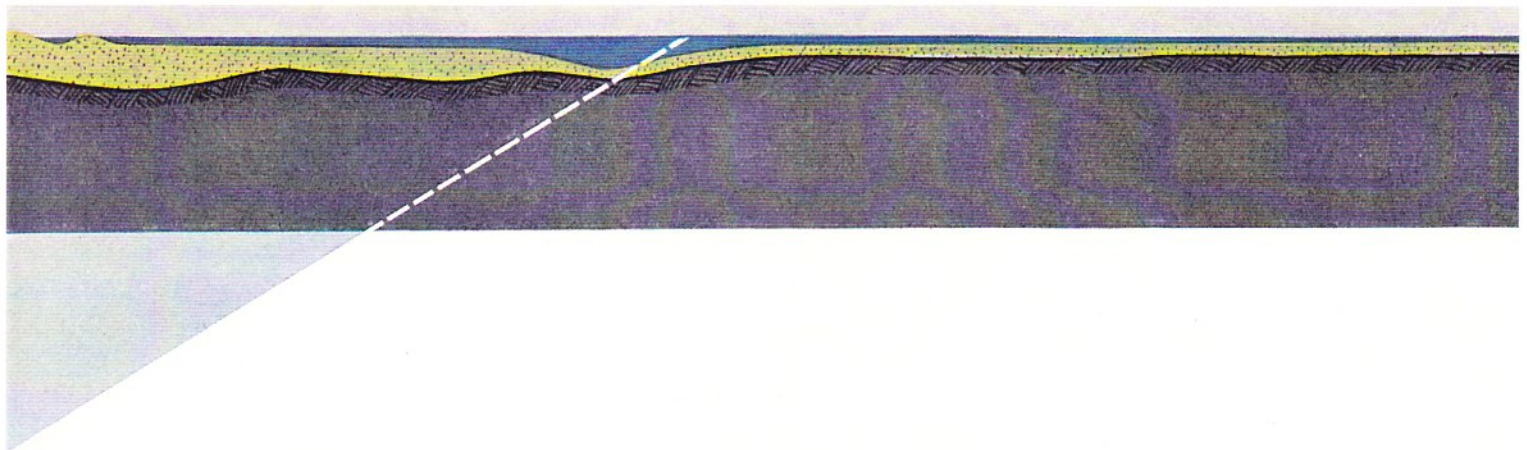
weise anders gewesen sind als heute. So zeigen die paläontologischen Tatsachen insbesondere, daß Afrika und Südamerika vor wenigen hundert Millionen Jahren durch eine Landbrücke verbunden waren, einen zusammenhängenden Kontinent bildend – die Geologen haben ihn „Gondwanaland“ genannt. Der Atlantik ist offenbar ein jüngerer Ozean als der ältere Stille Ozean.

Auf welche Weise kann aber die Landverbindung zwischen Afrika und Südamerika unterbrochen worden sein? Man hat in älterer Literatur viel von einem „Absinken“ der Landbrücke gesprochen, wobei sich

also einstmaliges Kontinentalgebiet in Tiefseegebiet verwandelt haben sollte. Aber unser oben ganz kurz zusammengefaßtes heutiges Wissen über die Verschiedenheit dieser beiden Gebiete macht solche Vorstellungen offenbar vollkommen unmöglich – uns diese Unmöglichkeit zu versichern, gehört zu den wertvollsten Folgerungen der fraglichen Erkenntnisse. *Wegener*, der dies klar verstand, gab eine andere Antwort auf die Frage nach der Entstehung des Atlantik: Die beiden genannten Erdteile haben sich durch „Kontinentalverschiebung“ voneinander getrennt; man sieht heute noch an ihren







- Kontinentalschollen (Sial)
- Basaltschicht (Sima)
- Sedimente
- Lava und Asche
- Erdmantel

Oben: Querschnitt durch die obersten Schichten des Erdkörpers. Oben sind die horizontalen und vertikalen Dimensionen in ihrem natürlichen Verhältnis wiedergegeben, während in der Mitte die vertikalen Dimensionen fünffach überhöht sind. Man erkennt den relativ steilen Abfall der kontinentalen Schelfe in die Tiefsee und die in den Erdmantel hineinreichenden Sockel der Kontinente, die wie Eisschollen im dichteren Material des Sima und des Erdmantels darunter gleichsam schwimmen. Unten: Vier typische Profile zeigen den charakteristischen Kontinentalabfall in die Tiefsee. 1: Golf von Biskaya; 2: Puerto Rico; 3: New York; 4: Blake Plateau.

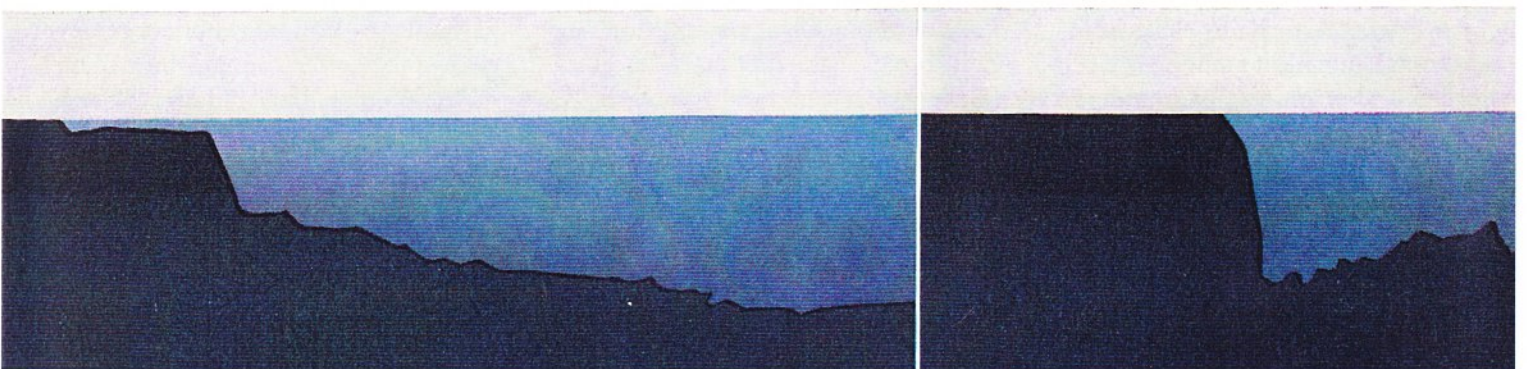
Küstenlinien, daß diese zusammenpassen.

Da die *Wegenersche* Theorie während längerer Zeit fast allseitig abgelehnt wurde, so hat man auch das von ihm hervorgehobene Zusammenpassen der beiderseitigen Küstenlinien in kritischen Auseinandersetzungen als so ungenau bezeichnet, daß es als auf bloßem Zufall beruhend angesehen werden könnte. Hierzu haben aber neuere ozeanographische Ergebnisse eine sehr klare Feststellung erlaubt, die von *Carey* ausgeführt worden ist: Wenn man statt der Küstenlinien – deren eini- germaßen zufällige Bedeutung wir

schon betont haben – die wirklichen Begrenzungen der Kontinentalschollen beachtet, also die Linien des Kontinentalabhangs, so wird das Zusammenpassen viel genauer; so genau, daß es wirklich nicht für Zufall erklärt werden kann (Titelbild). Man wundert sich danach kaum noch, daß dieses Zusammenpassen der Begrenzungslinien ergänzt und bestätigt wird durch entsprechendes Zusammenpassen der geologischen Strukturverhältnisse auf beiden Seiten, so daß wir wirklich die von *Wegener* erkannte Bildung des Atlantik unter Trennung der Erdteile Afrika und Südamerika jetzt zu den endgültig

bewiesenen Tatsachen rechnen müssen – unabhängig von jeder darüber hinausgehenden Theorie.

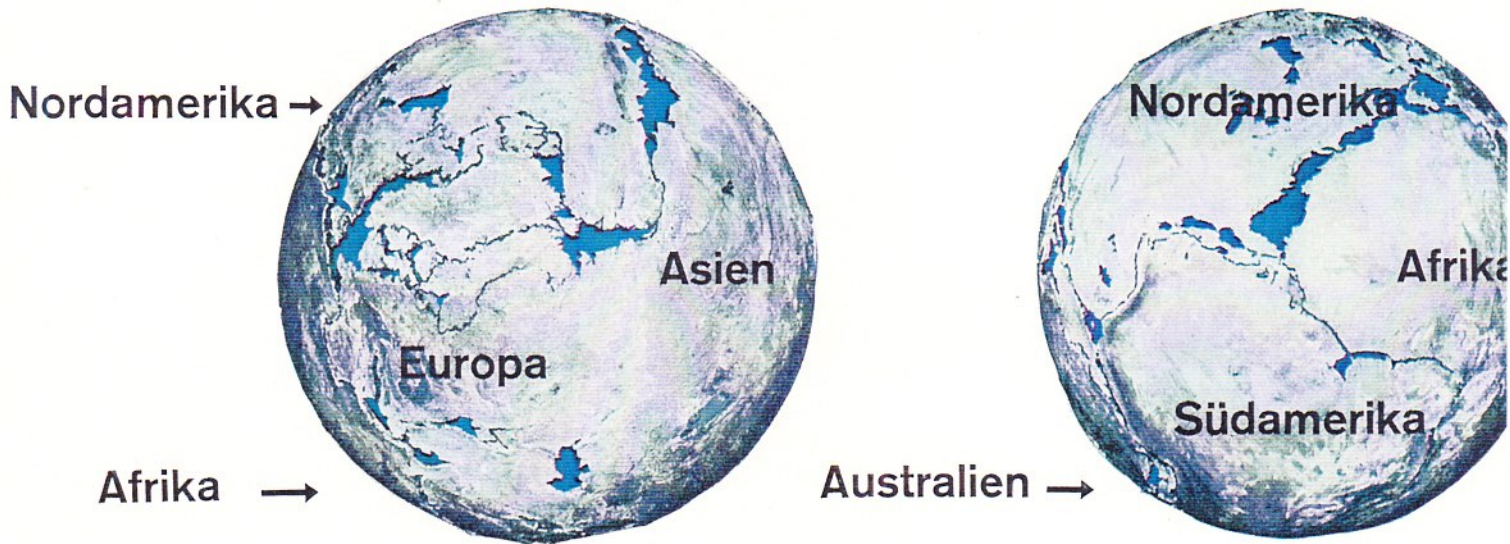
*Wegeners* Vorstellung war die, daß die Gesamtheit der heutigen Kontinente ursprünglich einen einheitlich zusammenhängenden, großen Kontinentalblock gebildet hätte, der sich später in getrennte Stücke aufgelöst habe. Für die „Kontinentalverschiebung“, die zu dieser Zerteilung führte, wollte er die Zentrifugalkraft der Erddrehung verantwortlich machen. Die bald zutage getretene weitgehende Ablehnung dieser Theorie durch die damaligen Geologen und Geophysiker ist stark gestützt wor-



Nach der Theorie der starken Erdexpansion wird angenommen, daß die Erde zur Zeit ihrer Entstehung, noch im glutflüssigen Zustand, so klein war, daß die Oberfläche dieser Kugel ebenso groß war wie die Flächensumme aller heutigen Kontinentalschollen. Es gab damals also noch keine Tiefseebecken. Die Graphiken geben eine Vorstellung, wie die heutigen Kontinente mit ihren Umrissen zu einem einzigen, die ganze kleine Erde bedeckenden Urkontinent, der sich später dann teilte, zusammengefügt waren.

Theorie dürfen wir nachträglich auch die Tatsache bezeichnen, daß sie keine Auskunft gibt auf die Frage, warum es überhaupt auf der Erdoberfläche diesen Unterschied von Kontinentalgebieten und Tiefseegebieten gibt. Erst die Vorstellung einer starken Expansion des Erdkörpers ergibt eine Deutungsmöglichkeit für die Verschiedenheit von Tiefsee und Kontinentalschollen. Sie macht es möglich, die Grundtatsache

ser glutflüssigen Erde trennte sich das leichtere Sial vom schwereren Sima, und das Sial bildete an der Oberfläche der Erdkugel die äußerste Schicht – in gleichmäßiger Dicke. Nach der Erstarrung dieses von der Sialschicht eingehüllten Erdkörpers wirkte die Erdexpansion in verschiedener Weise, einerseits auf das starre Sial, andererseits auf das mehr plastische, gegenüber langsamer Deformation zähflüssige Sima. Die Sialhaut



den durch den von *Jeffreys* geführten Nachweis, daß die Zentrifugalkraft viel zu klein ist, um die gedachten Bewegungen der großen Schollen (denen ungeheure Reibungskräfte im zähflüssigen, fast starren Sima entgegenstehen) zustande zu bringen – dies mußte als physikalisch unmöglich erklärt werden. Daß trotzdem die *Wegenerschen* Vorstellungen einen hohen Wahrheitsgehalt besitzen, kann heute nicht mehr bezweifelt werden – aber es muß nach anderen physikalischen Unterlagen gesucht werden. Als eine Schwäche der *Wegenerschen*

der gleichmäßigen Dicke der Kontinentalschollen zu würdigen und zu erklären; und sie macht das gleiche Erklärungsprinzip, das sie für die Existenz von Ozeanen neben Kontinenten anführt, auch zur Erklärung des Auseinanderweichens z. B. von Afrika und Südamerika. Die Erklärung der Kontinentalschollen durch die Theorie der starken Erdexpansion besagt nämlich: Zur Zeit ihrer Entstehung, noch im glutflüssigen Zustand, war die Erde so klein, daß ihre Oberfläche ebenso groß war wie die Flächensumme aller heutigen Kontinentalschollen. In die-

der Erde platzte; ihre Dicke und ihre Gesamtflächengröße blieben unverändert; die zunehmenden, sich verbreiternden Spalten der platzenden Sialhaut wurden allmählich zu Ozeanbecken. Man hat die alte Lehre von der sich kontrahierenden Erde oft veranschaulicht durch Hinweis auf einen schrumpfenden Apfel, dessen Haut sich in Falten legt – ein Jahrhundert geologischer Theorienbildung hat diese Faltenbildung als Analogie zu den Faltengebirgen der Erde betrachtet. Die jetzige Vorstellung vom Zustandekommen der Kontinente und Oze-

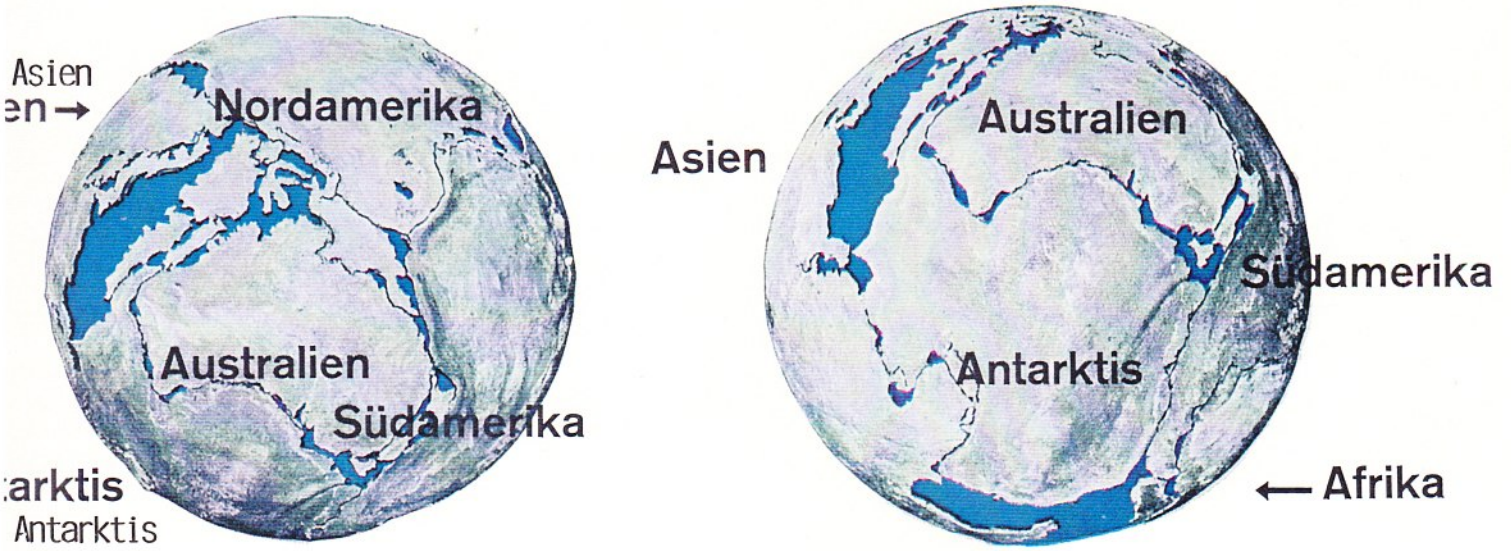
ane kann ebenfalls durch einen botanischen Vergleich erläutert werden, wobei freilich das botanische Vergleichsobjekt nicht, wie der Apfel, ungefähr kugelförmig, sondern ungefähr zylindrisch ist: Die Borke einer alternden Eiche zeigt immer breitere Risse, weil der von ihr umfaßte Stamm an Dicke zunimmt.

Trotz der hervorgehobenen grundsätzlichen Vorteile dieses Versuchs einer Lösung des Problems von Kon-

groß genug gewesen sei, um die Ozeane in der oben erläuterten Weise entstehen zu lassen.

Es gibt aber auch empirische Tatsachen, welche die Theorie der starken Erdexpansion unmittelbar zu bestätigen scheinen. Schon oben wurde es als ein „zufälliger“ Umstand bezeichnet, daß der Wasservorrat der Erde gerade dazu ausreicht, die Ozeanbecken bis etwas über den Rand zu füllen; wir können jetzt das Wort

Für den der älteren Geologie zugänglich gewesenen Zeitraum, also bis zum Kambrium einschließlich zurück, ist genau dieser Sachverhalt feststellbar, wie der ungarische Geologe *Egyed* – einer der Begründer der Theorie der starken Erdexpansion – auf Grund geologischer Atlanten ermittelt hat. Aber auch für die viel älteren Zeiten, die der rein kernphysikalisch arbeitenden Geologie zugänglich sind, ist die gleiche Er-



tinente und Tiefsee wird auch von einigen Anhängern der Erdexpansion bezweifelt, daß eine so starke Expansion, wie hierbei vorausgesetzt, angenommen werden darf. Hier ist insbesondere der amerikanische Physiker *Dicke* zu erwähnen, der zu den aktivsten Verfechtern der *Diracschen* Hypothese und der Vorstellung der Erdexpansion gehört: Er ist überzeugt von der Realität der Erdexpansion und von der Notwendigkeit, die *Diracsche* Hypothese zu ihrer Erklärung heranzuziehen. Jedoch glaubt er, daß die tatsächlich in der Erdgeschichte vollzogene Expansion nicht

„zufällig“ genauer dahingehend erläutern, daß gerade in der Gegenwart dieser Zustand vorliegt. In der fernerer Zukunft hingegen sollte die weitere Expansion ergeben, daß auch die jetzigen Flachmeere zu trockenem Land werden und die Kontinentalabhänge als Küstenlinien heraustreten, sich immer höher aus dem Meer erhebend. In der Vergangenheit hingegen müßte die Meeresoberfläche (abgesehen von gelegentlichen Senkungen infolge großer Vereisungen) höher gestanden haben als heute, so daß Gebiete, die jetzt Land sind, noch zu den Schelfen gehörten.

scheinung – in entsprechend radikalerer Form – bekannt. Wir kennen auf der Erdoberfläche gewisse uralte „Schilder“, in denen sehr frühe Schichten obenauf liegen – Milliarden Jahre alt. Sie sind in mehreren ringartigen Gebieten umgeben von stufenweise jüngeren Ablagerungsschichten – ein Zeichen dafür, daß die Wasserbedeckung in sehr früher Zeit nur kleine Stücke der heutigen Kontinente freigelassen, diesen Stücken aber im Laufe der Zeit immer größere Ausdehnung erlaubt hat.

*Wegener* hatte ja ausgeführt, daß es möglich erschiene, alle Kontinente

durch Zusammenschieben in einem einzigen großen Gesamtblock zu vereinigen – aber auf einer Erdkugel gleicher Größe wie heute. Seine Konstruktion war freilich nicht frei von Gewalttätigkeiten und keineswegs in allen Teilen so überzeugend wie im Falle Afrika-Südamerika. Die jetzt geforderte abweichende Konstruktion, die offenbar viel höhere, im Falle der Erfüllbarkeit bestimmt nicht durch Zufall erklärbar Ansprüche an die Grenzlinien der Kontinentalschollen stellt, ist von drei verschiedenen Verfassern (*Hilgenberg, Kirillow, Bröske*) versucht worden – mit Ergebnissen, die mindestens eindrucksvoll genannt werden müssen. Daß zur Prüfung oder gar Sicherung der Einzelheiten noch viel weitere Arbeit erforderlich sein wird, ist selbstverständlich.

Wir haben die Erdexpansion als eine wohl gesicherte empirische Tatsache kennengelernt; und wir haben gesehen, daß starke, aber zur Zeit noch nicht abschließend beweiskräftige Gründe sogar für eine erhebliche Erdexpansion sprechen. Es wird also dringlich, daß wir uns nach physikalischen Erklärungsmöglichkeiten für eine solche Erdexpansion umsehen. Einige Verfasser (*Egyed, Keindl*), die unabhängig von der *Diracschen* Hypothese zur Vorstellung der Erdexpansion gekommen waren, hatten zunächst nach anderweitigen Erklärungsmöglichkeiten gesucht. Andere Verfasser haben das Thema der Expansion von vornherein im Zusammenhang mit der *Diracschen* Hypothese durchdacht oder die Expansion als Folgerung aus dieser Hypothese erschlossen, zum Beispiel *Dicke*, dessen Auffassung wir schon oben erwähnten; ferner mein Freund *Fisher*, der mir vor etwa zehn Jahren die Erdexpansion als notwendige Folge der *Diracschen* Hypothese angezeigt hat – ich habe mit seiner Erlaubnis diesen Gedanken in einem damals geschriebenen Buche erwähnt und ihn zur obigen Theorie der Kontinent-Ozean-Verschiedenheit präzisiert.

*Diracs* Vermutung ist folgende: Wenn zwei kugelförmige Massen, jede ein Gramm betragend, eine Mittelpunktentfernung von 1 Zentimeter voneinander haben, so üben sie nach dem *Newtonschen* Gravitationsgesetz eine ganz schwache Anziehungskraft aufeinander aus; in „dyn“ gemessen beträgt sie 0,0000000668. *Dirac* vermutet nun seit 1937, daß diese Anziehungskraft nur gegenwärtig gerade diese Größe habe, daß sie aber in ferner Zukunft kleiner als heute sein werde und daß sie in geologischer Vergangenheit größer gewesen sei. Das ist natürlich nicht so zu verstehen, daß die Naturgesetze als solche mit der Zeit veränderlich seien, sondern so, daß die „Gravitationskonstante“ gewissermaßen eine selbständige physikalische Größe sei, die zeitlich und räumlich veränderlich ist – in unserem Planetensystem jedenfalls soll sie in den letzten Jahrmilliarden stark abgenommen haben.

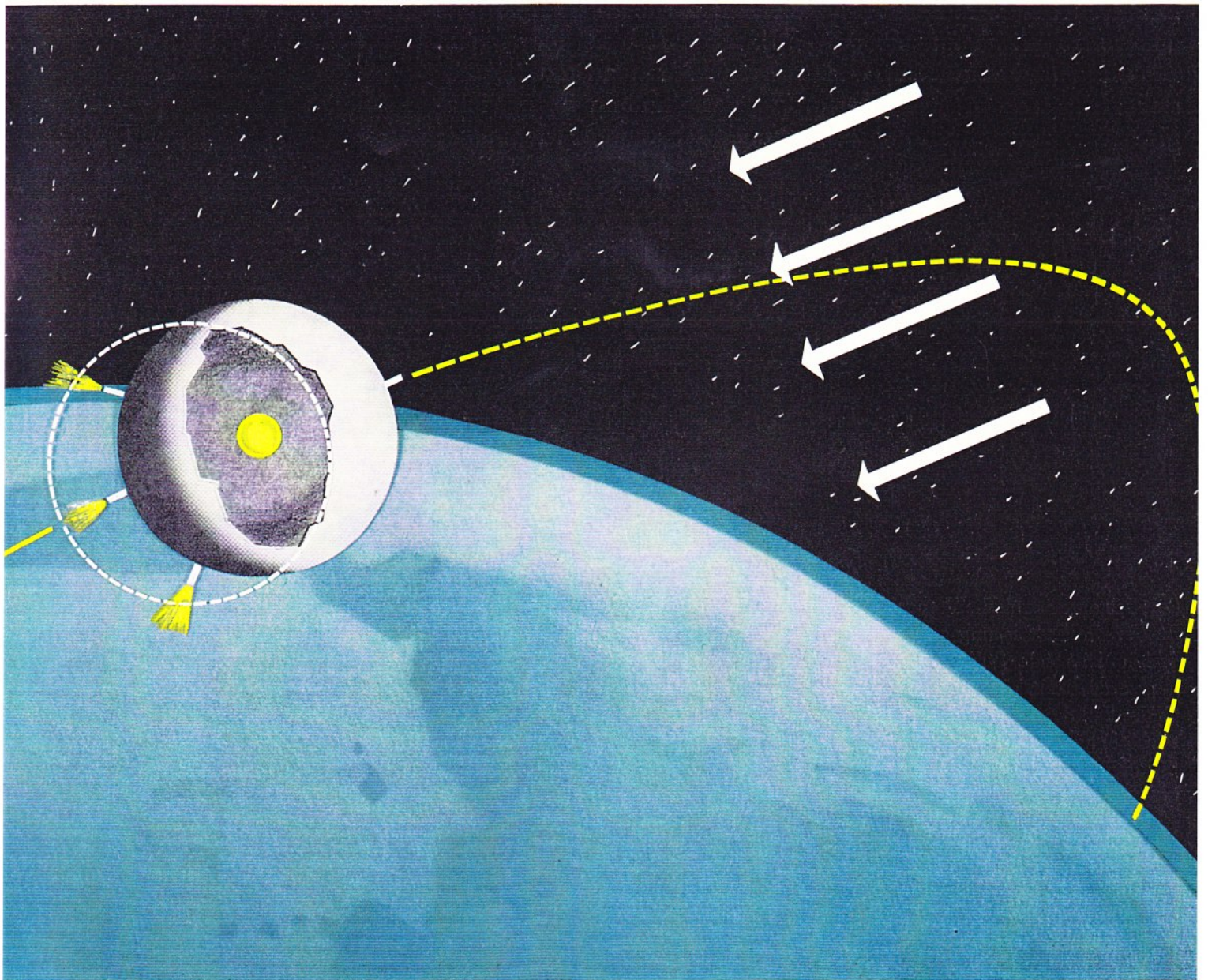
Für unsere hiesige Betrachtung ist es unwichtig, ob die Gravitationskonstante sich auch in größeren Bereichen des Weltalls im gleichen Sinne entwickelt hat, *Dirac* glaubt freilich auch das; die Motivierung seiner Vermutung hängt mit gewissen kosmologischen Betrachtungen zusammen. Diese Motivierung soll uns aber hier nicht beschäftigen – es besteht unter den Spezialisten sowieso keine Einigkeit darüber, ob man sie für eindrucksvoll halten soll oder nicht; und die wissenschaftliche Entscheidung kann sich ja letzten Endes auf nichts anderes gründen als auf die naturwissenschaftlichen Erfahrungstatsachen.

Ist die *Diracsche* Vermutung richtig, so ergibt sich die Erdexpansion als Folgerung. Kann man umgekehrt behaupten, daß die Erdexpansion einen Beweis für die Richtigkeit der *Diracschen* Hypothese bildet, die dann also aufhören würde, eine Hypothese zu sein? Falls die „starke“ Expansion eine Tatsache ist, muß man diese Frage bestimmt bejahen. *Dicke*, der nur eine schwächere Expansion für

real hält, sieht auch diese als bereits beweisend für die *Diracsche* Hypothese an.

Jedenfalls bleibt die Frage gewichtig, was man anderweitig zur Prüfung der *Diracschen* Vermutung tun könnte. Aber unmittelbare Nachprüfung in diesbezüglichen Präzisionsexperimenten scheint noch etwas in der Ferne zu liegen. Deshalb scheint die weitere Verfolgung der geologischen Folgerungen der Hypothese jetzt besonders dringlich. Mein verstorbener Mitarbeiter *Binge* hat in Untersuchungen, die ich für hochbedeutsam halte, die Grunderscheinungen des Vulkanismus im Sinne der *Diracschen* Hypothese erörtert: Hier liegen gewisse schwerwiegende Probleme vor, deren bisherige Unlösbarkeit dadurch illustriert wird, daß einer der besten Kenner des Vulkanismus, *Rittmann*, sich zur Entwicklung neuartiger – und bestimmt nicht haltbarer – Vorstellungen über das Erdinnere gezwungen sah, um Erklärungsgrundlagen zu schaffen. *Binge* hat eine eindrucksvolle Beseitigung dieser Schwierigkeiten auf Grund der Erdexpansion und *Diracschen* Hypothese skizziert. Ferner ist das umstrittenste Thema der Geologie – die Ursache der Gebirgsfaltungen – zweifellos ein Anwendungsgebiet der neuen, mit der Erdexpansion zusammenhängenden Vorstellungen – hier dürfte sich die revolutionierende Wirkung der *Diracschen* Hypothese besonders deutlich erweisen.

Aber die *Diracsche* Hypothese führt auch noch zu ganz anderen Folgerungen, abseits von der Erdexpansion: Nach ihr muß nämlich die Sonne in früheren geologischen Zeitaltern stärker gestrahlt haben als heute; und das ist offenbar eine Folgerung, die für die Klimatologie der Vorzeit von höchster Bedeutung ist – wenn sie wirklich zutrifft. So scheint es, daß insbesondere für die Deutung der Eiszeiten – denen so zahlreiche verschiedene Theorien gewidmet sind – ganz neue und vielleicht höchst fruchtbare Anregungen aus dem *Diracschen* Gedanken entstehen.



Ein Nachweis für die mögliche Abnahme der Gravitationskonstante im Laufe der Zeit nach der Diracschen Hypothese ließe sich mit künstlichen Satelliten führen, da deren Umlaufzeit empfindlich auf etwaige Änderung der irdischen Schwerkraft reagiert. Allerdings wird die Bewegung eines Satelliten durch die Reibung an dem dünnen interstellaren Gas und Staub sowie durch den Druck des Sonnenlichtes weit mehr gestört werden als durch eine Änderung der Schwerkraft, die auf Grund der Dirac-

schen Hypothese zu erwarten ist. Der amerikanische Astronom Schwarzschild hat eine sehr elegante Lösung zur Umgehung dieser Schwierigkeiten vorgeschlagen. Der eigentliche Meßkörper ist eine kleine Kugel im Innern einer Kugelschale, die ihn gegen die Reibungskräfte und den Lichtdruck abschirmt. Ein Servomechanismus würde automatisch dafür sorgen, daß mit Hilfe von Korrekturstößen von Raketen der im Innern frei schwebende Probekörper stets im Zentrum der äußeren Kugel-

schale verbleibt. Die durch die erforderliche Steuerung unvermeidlichen Kopplungskräfte zwischen dem Probekörper und der Schutzhülle lassen sich mit geeigneten Mitteln sehr klein halten. Auch kann man die über einen längeren Zeitraum erfolgten Korrekturstöße nach Größe und Richtung aufzeichnen, und dadurch wird es möglich, den Einfluß der noch vorhandenen Kopplungskräfte auf die Bewegung des Probekörpers weitgehend zu eliminieren und den Diracschen Effekt zu messen.