

Hofbauer, G. (2005): Alfred Wegener - Driftende Kontinente und unbewegliche Geologen.. -- www.gdgh.de/Berichte/B9 (15. November 2005).

Alfred Wegener – Driftende Kontinente und unbewegliche Geologen

Gottfried Hofbauer (Erlangen)

1. Einleitung

Alfred Wegener (1880-1930) erscheint im Rückblick als eine Persönlichkeit nicht ohne mythische Aura. Seine Vorstellung von der Drift der Kontinente lassen ihn uns aus heutiger Sicht als genialen Visionär wirken, auch wenn die moderne Plattentektonik mit seinem Konzept bis auf den Grundgedanken nicht vieles gemein hat. Als Visionär kann er gerade auch deshalb gelten, weil er eben diesen Grundgedanken propagiert hat, ohne überhaupt die dafür notwendigen physikalischen Mechanismen zu kennen. Sein Tod im grönländischen Inlandeis im Jahr 1930 erhält eine zusätzliche tragische Komponente dadurch, daß ihm damit auch die Chance genommen wurde, möglicherweise den Triumph seiner Idee in den 60iger Jahren des 20. Jahrhunderts – und damit auch die Rückbesinnung auf seinen Namen – noch erleben zu können.

Wegener hat in drei Apriltagen des Jahres 1906 den damaligen Weltrekord in der Ballonfahrt um 17 Stunden überboten, als er sich von Bitterfeld bei Halle nach Jütland und von dort zurück nach Süden in den Spessart treiben ließ. Einen solchen Mann kann man sich mental als ausreichend robust vorstellen, um auch den Stürmen, die seine Publikationen zur Kontinentalverschiebung auslösten, zu trotzen. Die Bereitschaft, sich gegen die herrschenden Vorstellungen der wissenschaftlichen Welt zu stellen, findet ihre Parallele in der Neigung, physische Herausforderungen aufzusuchen, auf sich allein gestellt oder in kleinen Gruppen in lebensfeindlichen Umwelten nicht nur zu bestehen, sondern dieser sogar noch wissenschaftliche Erkenntnisse abzuringen. Wegener hatte also sicher nicht die Mentalität eines wissenschaftlichen Schreibtischtäters, auch wenn er im Zusammenhang mit der Kontinentaldrift-Debatte aus der Sicht vieler Geologen ein solcher zu sein schien oder so hin gestellt wurde.

Wegener scheint auch nicht ein Mensch gewesen zu sein, der sich in Ideen verbissen und darüber die Weitläufigkeit seines wissenschaftlichen Denkens aufgegeben hätte. Sein Tod im grönländischen Eis stand mit dem Bemühen um die Bestätigung seiner geologischen Hypothese in keinem näheren Zusammenhang, genauso wie die Kontinentaldrift auch sonst nicht das wesentliche oder zumindest nicht alleinige Thema seines wissenschaftlichen Engagements gewesen war. Seine akademische Ausbildung führte ihn zur Physik der Atmosphäre. Die im Jahr 1909 publizierte Habilitationsschrift handelt von den "Drachen- und Fesselballonaufstiegen der Danmark-Expedition". Darin konnte er die Ergebnisse nutzen, die er in den Jahren 1906-1908 als Teilnehmer an dieser dänischen Unternehmung gewinnen konnte. Seine meteorologische und physikalische Kompetenz ermöglicht es ihm schon in relativ jungen Jahren, ein Lehrbuch über die "Thermodynamik der Atmosphäre abzufassen"¹. In diesem Bereich war er eine Kapazität, bevor er im folgenden Jahr als zweiunddreißigjähriger den Mut hatte, in der Versammlung der "Geologischen Vereinigung" erstmals über seine Vorstellungen von der Drift der Kontinente zu berichten.

Die Kontinentaldrift war ein Nebenprodukt seiner wissenschaftlichen Arbeit, welches gleichwohl phasenweise in den Mittelpunkt seiner Anstrengungen rückte. Ausgangspunkt war nicht eine Frage, die er aus seinem meteorologischen-geophysikalischen Forschungen heraus verfolgte, sondern die – nicht

¹ Wegener, A., *Thermodynamik der Atmosphäre*, Leipzig 1911; J. A. Barth (2. unver. Aufl. 1924). Zum Verzeichnis der Schriften Wegeners siehe Wutzke, U., Alfred Wegener: Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Leben und Wirkens, Berichte zur Polarforschung 288 (1988), S. 1-144. Eine biographisch orientierte, auch die Umstände der Kontinentaldrift-Debatte berührende Darstellung zu Wegener: Schwarzbach, M., *Alfred Wegener und die Drift der Kontinente*. Stuttgart 1980 (Große Naturforscher, 42).

von Wegener als erster gemachte – Beobachtung von der Kongruenz der Küstenlinien zu beiden Seiten des Atlantiks. Diesen eher zufälligen Einstieg hat er vor allem auf der Grundlage seiner geophysikalischen Kompetenz weiterentwickelt, während die eigentlich geologischen Daten ausnahmslos aus der Literatur entnommen werden mussten: eine Ausgangsposition, die schon vorneweg die Außenseiterrolle Wegeners in der Welt der Geologen festschrieb. Schon dieser von der Betrachtung eines Kartenbildes ausgehende Entdeckungszusammenhang mußte aus der Sicht der Geologie unprofessionell wirken und konnte – so wurde in der Folgezeit deutlich – durch keinen anschließenden wissenschaftlichen Begründungszusammenhang wettgemacht werden.

Die Fähigkeit, über einzelne Disziplinen oder Subdisziplinen hinweg zu denken und zu agieren, scheint ihm eine selbstverständliche Praxis gewesen zu sein. Dieser Ansatz war nicht minder visionär wie seine Hypothese zur Kontinentaldrift, oder etwa seiner Vorstellung von der Entstehung der Mondkrater durch Asteroiden-Impacts.² Nur durch die vereinten Kräfte aller „Geo-Wissenschaften“ hielt er die Bestätigung der Kontinentaldrift und vor allem die Bestimmung der wirksamen Mechanismen für erreichbar.³ Solche Grenzaufhebungen mussten zu seiner Zeit an Wände stoßen, und noch im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts, als die "Geowissenschaften" als modernes Programm propagiert wurden, führte die wissenschaftliche Praxis zumeist noch immer den alten institutionellen Wegen entlang. Für Wegener war „Geowissenschaft“ aber tatsächlich schon im ersten Viertel des Jahrhunderts geläufiges Denken und Handeln. Die „Klimate der geologischen Vorzeit“ sind ein weiteres Werk, in dem diese übergreifende Perspektive zum Ausdruck kommt. Zusammen mit seinem Schwiegervater, dem bekannten Klimatologen Wladimir Köppen (1846-1940) entwickelte er hier erstmals den Ansatz, Erdgeschichte und Klimageographie auf der Grundlage veränderlicher Kontinentpositionen zu verknüpfen.⁴

Im folgenden soll zuerst Wegeners Kontinentaldrift-Hypothese vor dem Hintergrund der damaligen geologischen Vorstellungen genauer betrachtet werden. Der Umstand, daß sich etwa 30 Jahre nach Wegeners Tod schließlich doch ein mobilistisches Konzept durchsetzte, führt zu der Frage, wieso dies dann schließlich dann möglich war, bzw. warum Wegener selbst es nicht gelungen war, eine solche allgemeine Wende in den geologischen Ansichten selbst herbeizuführen. Dieser Weg, sich mit Wegener auseinanderzusetzen, ist an sich nicht originell, wird aber doch von der historischen Entwicklung in dieser Ordnung angeboten. Zumindes was die Verhältnisse in Deutschland betrifft, führt die hier vertretene These dahin, daß wesentliche Gründe für den Misserfolg weniger bei Wegener selbst bzw. dem Mangel solider geologischer oder physikalischer Erklärungen lagen. Das bedeutende Hindernis bestand vielmehr in den Traditionen geologischer Forschung und der damit verbundenen intellektuellen wie sozialen Unbeweglichkeit der Geologenschaft.

2. Wegeners Konzept der Kontinentalverschiebung

Der Titel des Werks lautet nicht „Eine Hypothese zur Drift der Kontinente“, sondern "Die Entstehung der Kontinente" (1912) bzw. in den folgenden vier Auflagen (1915/1929/1922/1929) „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“. Offenbar wird hier eine genetische Fragestellung vor der rein funktionalen thematisiert. In allen Darstellungen und Auflagen drängt die Argumentation Wegeners jedoch viel stärker darauf, die seitliche Beweglichkeit der Kontinente an sich zu belegen, und diese Tendenz verstärkt sich im Laufe der Zeit. Schließlich war es Wegener selbst, der den Nachweis durch geodätische Messungen als „*experimentum crucis*“ gefordert hat. Diese im Titel anklingende genetische Perspektive wird allerdings verständlich, wenn wir darin Wegeners Grundgedanken erkennen, daß Kontinente und Ozeane nicht nur im Niveau unterschiedene Bereiche der Erdkruste darstellen, sondern hinsichtlich ihrer Entstehung und der sie aufbauenden Gesteine völlig unterschiedlicher Art sein sollen.

2 Wegener. A.. *Die Entstehung der Mondkrater*, Braunschweig 1921: Vieweg & Sohn

3 Wegener. A.. *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Braunschweig 1929: Vieweg & Sohn, Vorwort.

4 Köppen. W. & Wegener. A.. *Die Klirtrate der geolo-gischen Vorzeit*, Berlin 1924: Borntraeger.. Wegener hatte Else Köppen im Jahr 1913 geheiratet.

Die erste Publikation Wegeners enthält bereits diesen und andere wesentliche Grundgedanken. Es ist daher sinnvoll, die Betrachtung von Wegeners Vorstellungen zur Kontinentalverschiebung hier zu beginnen. Wir möchten die Einleitung zur ersten schriftliche Bekanntmachung seiner Idee, wie er sie am 6. Januar 1912 auf der Jahresversammlung der Geologischen Vereinigung in Frankfurt a. M. vorgetragen hat, im Original wiedergeben. Die Sätze zeigen, wie Wegener seine kühnen Gedanken mit einer bemerkenswerten Gelassenheit vorbringt, wobei einige begleitende methodologische Anmerkungen zur weiteren Stärkung dieses Eindrucks beitragen:

„Im folgenden soll ein erster Versuch gemacht werden, die Großformen der Erdrinde, d.h. der Kontinentaltafeln und die ozeanischen Becken, durch ein einziges umfassendes Prinzip genetisch zu deuten, nämlich das der horizontalen Beweglichkeit der Kontinentalschollen. Überall, wo wir bisher alte Landverbindungen in die Tiefen des Weltmeeres versinken ließen, wollen wir jetzt ein Abspalten und Abtreiben der Kontinentalschollen annehmen. Das Bild, welches wir so von der Natur unserer Erdrinde erhalten, ist ein neues und in mancher Beziehung paradoxes, entbehrt aber nicht der physikalischen Begründung. Und andererseits enthüllt sich uns schon bei der hier versuchten vorläufigen Prüfung eine so große Zahl überraschender Vereinfachungen und Wechselbeziehungen, dass es mir nicht nur als berechtigt, sondern geradezu notwendig erscheint, die neue, leistungsfähigere Arbeitshypothese an die Stelle der alten Hypothese der versunkenen Kontinente zu setzen, deren Unzulänglichkeit ja bereits durch die Gegenlehre von der Permanenz der Ozeane evident erwiesen ist. Trotz der breiten Grundlage möchte ich das neue Prinzip als Arbeitshypothese behandelt sehen, bis es gelungen sein wird, das Andauern dieser Horizontalverschiebungen exakt durch astronomische Ortsbestimmung nachzuweisen. Auch sollte man bei der Beurteilung von Einzelheiten beachten, dass bei einem ersten Entwurf wie diesem, der einen so umfassenden Stoff behandelt, sich einzelne Missgriffe schwer vermeiden lassen.“⁵

In dieser Einleitung weist Wegener auf die herrschende Situation in der Geologie hin, die sich mit zwei miteinander unvereinbarer Hypothesen konfrontiert sieht. Paläontologische Befunde, wie sie in den vorangegangenen Jahrzehnten in reicher Zahl gesammelt und systematisiert wurden, belegten in bestimmten Phasen der Erdgeschichte eine so enge Verwandtschaft von Faunen und Floren auf heute durch weite Ozeane getrennten Kontinenten, daß man diese hohen Anteil gemeinsamer Spezies (und höherer Taxa) eigentlich nur durch ehemals existierende festländische Verbindungen erklären konnte. Paläontologen und Geologen griffen dazu zur naheliegendsten Hypothese: die Kontinente wären zu den fraglichen Zeiten durch „Landbrücken“ oder „Zwischenkontinente“ verbunden gewesen, die später jedoch unter den Meeresspiegel abgetaucht wären. Hinter dieser Vorstellung stand als allgemeineres Konzept die sogenannte "Kontraktionstheorie". Diese „Theorie“ war streng betrachtet eher ein "Bild" als eine in ihren Wirkungsmechanismen präzise ausgearbeitete Erklärung. Ausgangspunkt war die Annahme, die Erde würde – von einem heißen Anfangszustand ausgehend – abkühlen, wobei eine damit verbundene Kontraktion zur tektonischen Einengung der Erdkruste und damit auch zur Entstehung der Faltengebirge führen sollte. Der Geologe Eduard Suess (1831-1914) hat dieser Vorstellung nachhaltig Unterstützung gegeben, wobei er mit einem prägnanten Satz weniger die horizontalen Einengungsprozesse als die nach innen gerichteten Folgen der Kontraktion hervorhob: "Der Zusammenbruch des Erdballs ist es, dem wir bewohnen.“⁶ Abgesunkene Kontinentalschollen passten so sehr gut in das Konzept von der Kontraktion der Erde. Suess war es auch gewesen, der Indien, Madagaskar, Südafrika und Südamerika wegen ihrer paläontologischen Gemeinsamkeiten zur Zeit des Perms und Karbons unter dem Begriff „Gondwana-Land“ zusammenfasste,⁷ und so im Verein mit der Vorstellung vom Einsturz der Erdkruste die Annahme heute versunkener Brückenkontinente förderte.

5 Wegener, A., Die Entstehung der Kontinente [Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung der Geolog. Vereinigung in Frankfurt/Main am 6. Januar 1912, *Geologische Rundschau* 3 (1912), S. 276-292, hier S. 276.

6 Suess, *Das Antlitz der Erde*, Bd. 1. 1885, S. 778 (zit. auch bei Wegener 1912, S. 277).

7 Suess, *Das Antlitz der Erde*, Bd. 1. 1885, S. 768. Zu dem Begriff und den geologischen Grundlagen: Schwarzbach, M., Gondwana und "Gondwanaland", *Geologische Rundschau* 70 (1981), S. 497-498; Thenius, F., Das "Gondwanaland" Eduard Suess 1885. Der Gondwanakontinent in erd- und biowissenschaftlicher Sicht, in: Österreichische Geologische Gesellschaft (Hg.): *Eduard Suess – Forscher und Politiker, 20.8.1831-26.4.1914. In Gedenken Zum 150. Geburtstag*. Wien 1981, S. 53-81.

Zur Zeit Wegeners hatte die Kontraktionstheorie allerdings schon mit gravierenden Schwierigkeiten zu kämpfen: die Abkühlung der Erde war Anfang des 20. Jahrhunderts durch die Entdeckung der Radioaktivität in Frage gestellt oder zumindest relativiert worden. Weiter gab es gravierende Zweifel daran, ob eine Kontraktion in der Erdkruste überhaupt zu den mechanischen Erscheinungen führen konnte, wie man sie in den Strukturen der Erdkruste fand. Ein weiteres Problem bestand darin, daß die Erdoberfläche nicht nur Einengungsstrukturen, sondern in Form langgestreckter Grabenbrüche auch großen Ausweitungsstrukturen zeigte. Das wohl schwerste Hindernis erschien jedoch mit dem sogenannten „Isostasie-Prinzip“, daß gerade in den Debatten jener Zeit zunehmend Bedeutung gewann.

Schon im 18. Jahrhundert hat man Schweremessungen unternommen, um die Anziehung der Masse, die in Bergen über das durchschnittliche Niveau der Erdoberfläche hinausragte, zu quantifizieren. Um die Wende zum 20. Jahrhundert wurden in den USA im Rahmen der geodätischen Erschließung des Westens auch ausgiebig Schweremessungen unternommen. Das dabei gewonnene Datenmaterial sprach dafür, daß das topographische Niveau eines Krustenabschnittes mit seiner Dichte zusammenhängt. Je dichter eine Krustenabschnitt bzw. die ihn aufbauenden Gesteine waren, desto tiefer (erdmittelpunktnäher) war ihr Niveau. Solche gemäß ihrer Dichte eingeregelt Bereiche nannte man "isostatisch kompensiert". Weil anomale, nicht kompensierte Bereiche kaum zu finden waren, kam man schließlich zu dem Eindruck, daß die dichtebezogene Lage eines Krustenabschnittes ("Isostasie") ein allgemeiner physikalischer Grundsatz sein könnte.⁸

In globaler Perspektive sprach das Isostasie-Prinzip dafür, daß die – meist mehr als 4000 m u. NN – liegende Erdkruste unter den Ozeanen aus einem dichteren Gestein als dem der Kontinente sein müsste. Dies bedeutete aber auch, daß Ozeankruste nicht einfach „Kontinent“ werden konnte, und umgekehrt eventuell einst existierende Brückenkontinente nicht einfach auf Ozeanbodenniveau abtauchen konnten. Das Bild, wie es die Kontraktionstheorie vorgab, indem mal hier und mal dort ein Bereich auf- oder untertauchte, konnte aus dieser geophysikalischen Perspektive nicht funktionieren. Das Isostasieprinzip verband sich zudem mit einem weiteren, wiederum vor allem in den USA verbreiteten geologischen Bild, nämlich der Vorstellung von der Permanenz der Ozeane. Die Indizien, wie sie in den Sedimentgesteinen der Gebirge des Westens wie auch der Appalachen im Osten zu finden waren, deuteten überwiegend auf eine Ablagerung in flachgründigen Schelfmeeren hin. Man gelangte daher zu dem Eindruck, Bereiche der Tiefsee hätten sich – durch welche Prozesse auch immer – kaum jemals bis über den Meeresspiegel herausgehoben oder wären gar Teil von Kontinenten geworden.⁹

Während die Geologen speziell in Deutschland „Landbrücken“ bzw. „Brückenkontinente“ als Erklärung der beobachteten paläogeographischen Verhältnisse bevorzugten, neigten Amerikaner eher zu dem Bild von der Permanenz der Ozeane und dem geophysikalischen Prinzip der Isostasie. In Deutschland definierten weniger die Perspektiven der Geophysiker als der Paläontologen die Problemsituationen. Die Paläontologen in den USA teilten mit ihren deutschen Kollegen die Annahme von Brückenkontinenten, was dort aber angesichts der hohen Bedeutung geophysikalischer Argumente mit viel mehr Schwierigkeiten und Widerspruch verbunden war.¹⁰ Wegener kannte diese widersprüchliche Situation, und wenn er sie in seiner ersten Präsentation auch nur in knappen Worten skizziert, schafft er sich damit doch geschickt einen Ausgangspunkt, vom dem aus er die

8 Vor allem John Hayford hat hierzu wichtige Beiträge geliefert: *The figure of the earth and isostasy from measurements in the United States*, Washington D.C. 1909; The relations of isostasy to geodesy, geophysics and geology, *Science* 3 (1911), S. 199-208.

9 Das Geosynklinal-Konzept der Amerikaner James Hall und James D. Dana fügte sich ebenfalls in diesen Rahmen. Geosynklinalen wurden demnach als randkontinentale Senkungströge angesehen, in denen sich das vom Festland stammende Sediment sammelte, worausschließlich später durch Einengung Gebirge geformt wurden..

10 Wie Naomi Oreskes dargestellt hat, war dies tatsächlich das Dilemma des Paläontologen und Erdgeschichtlers Charles Schuchert.: *The rejection of continental drift: theory and method in American earth science*, New York und Oxford 1999: Oxford University Press. Dieses Werk ist die bisher tiefstschürfendste wissenschaftshistorisch-methodologische Studie zu diesem Themenkomplex. Der hier vorgestellte Beitrag hat daraus zahlreiche Informationen und Anregungen erhalten.

Kontinentalverschiebung als das ideale, weil alle diese Schwierigkeiten beseitigendes Konzept, präsentieren kann.

Waren die Konturen der Küstenlinien zu beiden Seiten des Atlantiks der Anlass für Wegeners Interesse gewesen, so war sein methodologischer Ausgangspunkt der "amerikanische". Die Isostasie, also die unterschiedliche Krustenbeschaffenheit von Kontinenten und Ozeanen, sind das argumentative Fundament seines Konzepts. Wegener griff hier die von Suess eingeführten Begriffe „Sial“ und „Sima“ auf (ein Akronym aus Silizium und Aluminium, also Elementen, wie sie in den Feldspäten der granitoiden Gesteine häufig, bzw. aus Silizium und Magnesium, die in den dunklen Mineralien, z.B. in Pyroxenen und Olivinen, und somit in basaltischen Gesteinen, häufig sind).¹¹ Das Sima hat gegenüber dem Sial der Kontinente die höhere Dichte, und müsste dort unter dem Sial liegen. Aber da, wo die Kontinente auseinanderrücken, könne das Sima emporsteigen und, so Wegener, in isostatisch entsprechend kompensierter Tiefe die Kruste unter den Ozeanen bilden.

Die ozeanische Kruste war vor den ozeanographischen Expeditionen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts kaum bekannt. Erst dann gewann man Proben basaltischen Gesteins und der die Kruste bedeckenden Sedimente, und Lotungen lieferten Daten, die quantitative Vorstellungen von der Verteilung der Tiefen ermöglichten. Die aktuelle Geophysik argumentierte schließlich im frühen 20. Jahrhundert, daß – Isostasie vorausgesetzt – alle Tiefseebereiche aus dichtem basaltischem Gestein bestehen müssten. Die grafischen Darstellungen der Höhenverteilung auf der Erdoberfläche – die sogenannte hypsographische Kurve – veranschaulichten den Dualismus der Erdkruste, indem sie (anstatt einer unimodalen Normalverteilung mit einem einzigen bevorzugten Höhenniveau) zwei ausgeprägte Maxima zeigt: das durchschnittliche isostatische Niveau der Kontinente zum einen, das tiefer gelegene der Ozeane zum anderen.

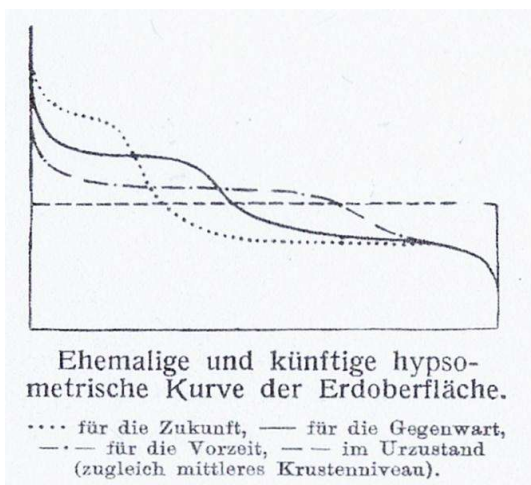


Abb.1: Die hypsographische Kurve in Wegeners Version, Wegener 1912.

dem Meeresspiegel gelegen hätte. Durch die folgenden Zusammenschübe riss die Kruste auf, verdickte sich und stieg isostatisch empor, während dazwischen durch basaltischen Vulkanismus Sima empor dringt und diesen Platz einnimmt. Wegener zeichnet diesen Ausgangszustand in seine hypsographische Kurve, und er kalkuliert eine solche Kurve auch für die geologische Zukunft. Die Tendenz zunehmender Krusteneinengung und Verdickung soll demnach dazu führen, daß die Kontinentalfläche weiter abnimmt, das Niveau der Kontinente selbst aber höher wird. Dieses historisch-genetische Modell ist ein originärer Gedanke Wegeners. Es nimmt in der kurzen Arbeit von 1912 noch einen prominenten Platz ein, in den Ausgaben bis 1929 wird es aber zugunsten der Aufzählung der

Wegener übernimmt die hypsographische Kurve, um sie aber im Sinne seiner Argumentation zu modifizieren (Abb. 1). Nachdem – so Wegener im Einklang mit der Geosynkinaltheorie – jede Gebirgsbildung einen Zusammenschub von kontinentaler Kruste bedeutet, wird deren Oberfläche im Laufe der Erdgeschichte irreversibel kleiner, zugleich aber an Dicke zunehmen. Die Folge wäre, daß jede Gebirgsbildung aufgrund der damit verbunden Krustenverdickung isostatisch zum Aufstieg des betroffenen Krustenabschnittes beiträgt. Dies ist der Punkt, an dem Wegener seine Vorstellung von der „Entstehung der Kontinente“ (und Ozeane) einbringt: Im Ausgangszustand könnte die Erdoberfläche durchgehend von kontinentaler Kruste bedeckt gewesen sein, die aber anfangs aufgrund geringer Mächtigkeit unter

¹¹ Wegener hat anfangs von Suess die Bezeichnung „Sal“ übernommen, formte diese aber später aus sprachlichen Aspekten zu „Sial“ um - siehe Wegener 1929, S. 52.

Argumente für die Kontinentalverschiebung stark in den Hintergrund gerückt, ohne aber völlig zu verschwinden.¹²

Mit der Isostasie macht Wegener ein geophysikalisches Prinzip zur Grundlage seines Konzepts der Kontinentalverschiebung. Von hier aus entwickelt er eine kausal-erklärende Argumentation, während die in der Geologie diskutierten Probleme – v.a. die in der Erdgeschichte zusammenhängenden Faunenkreise und anderer Gemeinsamkeiten in den großen Südkontinenten – nur als aus der geologischen Literatur entnommene Indizien angeführt werden. Von der Messung der aktuell wirksamen Verschiebung hat Wegener hingegen stets die größte Überzeugungskraft erwartet.¹³ Seinen geologischen Informationen zufolge nimmt er eine Trennung Skandinaviens und Grönlands jedoch erst vor 50 000-100 000 Jahren an, was bei gleichförmiger Geschwindigkeit Verschiebungsbeträge zwischen 14-28 m /Jahr bedeuten würde. Diese Beträge sind aus heutiger Sicht gleich zwei Größenordnungen zu hoch, tatsächlich sind es nur einige cm/Jahr. Diese Fehleinschätzung hatte allerdings die Hoffnung begründet, die Verschiebung auch im Rahmen der technischen Möglichkeiten seiner Zeit messen zu können. Die aus der Literatur gesammelten Angaben schienen zwar entsprechende Hinweise zu geben, aber Wegener war zu erfahren, um das Fehlerpotential vor allem älterer Daten nicht einschätzen zu können. Sein Werk schließt daher mit einem methodologisch skeptischen, aber dennoch in zuversichtlichem Ton geäußerten Vorbehalt: „Wenngleich die vorliegenden Zahlen sich, wie mir scheint, nicht mehr ohne Gewalt auf bloße Beobachtungsfehler zurückführen lassen, so ist doch einleuchtend, dass genauere Feststellungen abgewartet werden müssen, ehe man den Nachweis von Horizontalverschiebungen der Kontinentalschollen im Sinne unserer Hypothese als erbracht ansehen darf.“¹⁴

Das andere gewichtige Problem war der Antriebsmechanismus der Kontinentalverschiebung. Das in der Perspektive geologischer Zeitdimension plastische Verhalten des Erdinneren hält Wegener für erwiesen. Schon die Isostasie würde ja belegen, daß dort plastische Bewegung zumindest im Prinzip möglich sein muß. Die Isostasie bot zwar einen kausalen Kontext für den Umstand, daß Ozeane und Kontinente unterschiedlichen Höhenniveaus einnehmen, und in Wegeners Argumentation, verdickte Kontinente aufsteigen müssen. Aber damit war nicht erklärt, warum sich Kontinente überhaupt bewegen. Welche Kräfte haben also zum Aufreißen der ersten Kruste geführt, und welche bewegen die Kontinente noch immer? Dies zu beantworten sieht Wegener sich „gegenwärtig wohl noch nicht in der Lage.“¹⁵ Er diskutiert, relativ oberflächlich, Gezeitenkräfte des Mondes oder „Strömungen“ im Erdkörper als Ursache, aber „die Zeit scheint mir für eine Analyse der Ursachen noch nicht reif zu sein.“¹⁶

3. Die Diskussion über die Kontinentalverschiebung

Wir haben oben wesentliche, aber nicht alle Inhalte des Entwurfs von 1912 wiedergegeben. Es gab durchaus noch einige interessante Aspekte, wie z.B. Polwanderungen, die nach Wegeners Ansicht notwendig aus der durch die Kontinentaldrift verursachten Massenverlagerungen der Erdkruste folgen müsse: die Rotationsachse folge der Trägheitsachse.¹⁷ Aber das sind Punkte, die in den folgenden Diskussionen nachrangig wurden – die Frage, ob sich Kontinente überhaupt in der von Wegener gedachten Weise bewegen können, rückte bei Kritikern wie bei Wegener selbst in den Vordergrund.

Der erste Abriss aus dem Jahr 1912 zeigt bereits die Wege auf, entlang derer Wegener und seine Mitstreiter die Kontinentalverschiebungs-Hypothese weiter zu stützen gedachten: (1) aktuelle Messung der Verschiebung, (2) die Diagnose der Geophysik der Erde und damit die Kenntnis des möglichen

12 1929 (208 ff.) plädiert Wegener weiterhin für diese Annahme.

13 Wegener 1915 (Vorwort) spricht sogar in der Tradition der Physik von einem „experimentum crucis“

14 Wegener 1912. Schluß, S. 292.

15 Wegener 1912. S. 281

16 ebd.

17 Wegener unterschied die beiden Achsenlagen auch in seinen paleogeographischen Rekonstruktionen, vgl. Köppen und Wegener 1924.

Antriebsmechanismus, und (3) die Erhärtung und Vermehrung geologisch-struktureller, paläobiogeographischer und paläoklimatischer Indizien.

Auch wenn die Vorstellung von der Verschiebung überwiegend Skepsis oder gar heftige Ablehnung erfuhr, gab es doch Wissenschaftler, die zu diesen Punkten Tests anregten. Die Kontinentaldrift wurde auch Thema einiger Konferenzen, die zum Teil durch das Engagement solcher einzelner Fürsprecher zustande kamen. So initiierte der Geologe W. A. J. M. van Waterschoot van der Gracht im Jahr 1926 in New York ein Symposium der „American Association of Petroleum Geologists“ (AAPG). Diese Veranstaltung hat in der Geschichtsschreibung der Geologie einen festen Platz, weil sie das Schicksal von Wegeners Kontinentaldrift in den USA besiegelt haben soll oder zumindest in einer Art öffentlichem Schiedsgericht eine überwältigende Ablehnung auf den Weg gebracht hat: allein van der Gracht sprach am Ende für die Kontinentaldrift, während der Rest die Hypothese ablehnte.¹⁸

Die New York Times druckte am 6. September 1925 einen Artikel von William Bowie (1872-1940), der seit dem Jahr 1909 Leiter der geodätischen Abteilung des U.S. Coast and Geodetic Survey war. Unter der Überschrift „Scientists to test *Drift of Continents*“ und dem Abdruck zweier nach Wegener gestalteter Kartenskizzen – die Kontinente im Karbon und im Quartär – heißt es, Längenmessungen sollten bestimmen, „ob sich Landmassen wie Eisberge durch das Meer bewegen“.¹⁹ Diese populärwissenschaftliche Offensive verdeckt etwas den Umstand, daß Längenmessungen durch Messung von Funkübertragungszeiten schon seit Jahren aus allgemeinen geodätischen Motiven in internationaler Zusammenarbeit entwickelt wurden. Wie auch immer, der nun ins Gespräch gebrachte Test könnte in der Frage der Kontinentaldrift weiterführen, wenn, so Bowie, aktuelle Längenpositionen in 5 oder 10 Jahren mehr als 6-8 m differieren, wobei die Genauigkeit der Messungen bei etwa 3 m lag. Bedenkt man die heute bekannten Verschiebungsraten von einigen cm/Jahr, so hätte man bei einer solchen Fehlergrenze auch in 100 Jahren noch keine signifikante Aussage gewinnen können. Der Test der Kontinentaldrift durch Längenmessung verlief also auch in diesem – auf dem damals modernsten Stand der Technik gründenden – Messexperiment unbestimmt, und wenn man die von Wegener postulierten Verschiebungsweiten zugrunde legen wollte, sogar negativ.

Die 14-28 m /Jahr, mit denen sich der Abstand zwischen Nordamerika und Europa vergrößern sollte, beruhte auf aus der geologischen Literatur entnommenen Daten, die darauf hinwiesen, daß noch im Tertiär ein Faunenaustausch möglich war. Wegener schloss daraus, daß erst mit dem Einsetzen der Eiszeit die Trennung erfolgte. Er hat diese Annahme bis zu zur letzten Auflage (1929) beibehalten, obwohl es durchaus begründete Meinungen gab, daß der Atlantik in diesen Breiten schon wesentlich älter als erst Quartär sein müsse. Dies war sogar eines der wenigen Konsenspunkte der Versammlung der British Association in Hull.²⁰ Die Annahme solch großer Verschiebungsraten war ein Irrtum, dessen Bedeutung schwer einzuschätzen ist. Zum einen ließ sich darauf die Hoffnung auf einen aktuellen Test aufbauen, womit die Kontinentaldrifthypothese in den Rang einer testfähigen empirischen Hypothese rückte. Zum anderen mag ein solcher Betrag auch Widerstände oder Unglauben an der Verschiebung an sich gefördert haben, denn der Konflikt mit der Alltagswahrnehmung wurde damit doch deutlicher, und zugleich wurde auch die physikalische Anforderung an die Beweglichkeit von Erdkruste und -mantel besonders strapaziert.

Ein weiteres Programm zum Test der Wegener-Hypothese wurde in den USA von Frederick E. Wright (1877-1953) angeregt. Wright war selbst in Südafrika gewesen und hatte so einen persönlichen Bezug zu einigen Themen, die in diesem Zusammenhang diskutiert wurden. Die geologischen Gemeinsamkeiten der dortigen permokarbonischen Formationen mit jenen anderer Kontinente – die von Eduard Suess unter dem Begriff Gondwana-Land zusammengefassten Festländer – waren von Wegener als eines der deutlichsten Indizien für einen einst direkten Kontakt dieser Schollen angeführt

¹⁸Oreskes 1999, 125ff.

¹⁹ Die Seite ist reproduziert in Oreskes 1999, S. 232. Der Untertitel lautet „Observations of longitude and time at many points will determine after a period of years whether land masses move like icebergs in the sea“.

²⁰ Wright, W. B. „The Wegener hypothesis: Discussion at the British Association, Hull *Nature* 111 (1923)

worden. Auf Vorschlag von Wright finanzierte die Carnegie-Institution (Washington) eine vergleichende Studie der Gondwana-Schichten. Ausgeführt wurde das Projekt von dem dafür vorgeschlagenen Alexander Logie Du Toit (1878-1948), der als bester Kenner der Verhältnisse in Südafrika galt und daher als besonders geeignet erschien, nun auch einen Vergleich mit den entsprechenden Sedimentgesteinen in Südamerika vorzunehmen. Du Toit arbeitete 1923-1925 an dieser Aufgabe und kam zu dem Ergebnis, daß die Übereinstimmung der Gesteine und der Fossilien derart detailliert ist, daß zwischen den beiden Kontinenten ein zusammenhängender Ablagerungsraum angenommen werden muss: Südamerika und Südafrika konnten zu bestimmten Zeiten nicht weiter als 400-800 km auseinandergelegen haben.²¹

Die Ergebnisse von Du Toit wurden wenig später publiziert,²² doch trotz der in den Augen des Autors zwingenden Folgerung, daß Kontinentalverschiebung stattgefunden haben müsse, blieb diese Arbeit in dieser Diskussion ohne entscheidende Wirkung. Du Toit, der in der Folge zu einem der führenden Verfechter der Kontinentaldrift wurde, konnte diese generelle Ablehnung aber auch nicht durch sein später folgendes Buch „Our wandering continents“ auflösen.²³ Die von ihm angeführten empirischen Indizien für den einstigen Zusammenhang der Südkontinente schienen ihm überzeugend, ja nahezu erdrückend zu sein, aber dennoch blieb die Geologenschaft, und nicht nur jene in den USA, weiter ablehnend. Diese Art von Indizien wurde offenbar als nicht hinreichend relevant angesehen, um über die Frage der Kontinentaldrift zu entscheiden.

Einzelne und sogar angesehene Geowissenschaftler hielten den Gedanken Wegeners aber weiter für durchaus bedenkenswert. Der Brite Arthur Holmes (1890-1965), der zu den führenden Geowissenschaftler des 20. Jahrhunderts gezählt werden kann, griff den Kern von Wegeners Konzept auf und fügte als eigenen Beitrag ein Modell hinzu, in dem im Erdmantel wirkende Konvektionsströmungen die Kontinente bewegen. Holmes hat sein „Ja“ zur Kontinentalverschiebung anhaltend und bis hinein in ein weit rezipiertes Lehrbuch vertreten.²⁴ Wegener selbst hat in seinen Bemühungen für die Durchsetzung des Kontinentaldrift-Gedankens keine weiteren, grundlegend neuen Argumente eingebracht. Nachdem sich die Hoffnung auf eindeutige geodätische Belege nicht erfüllte, musste er schließlich auch die Frage nach dem Mechanismus bzw. nach den physikalischen Möglichkeiten und Ursachen weiter offen lassen. Den Gedanken von Holmes, konvektive Strömungen im Mantel könnten als Antriebsmechanismus wirken, hat Wegener nur oberflächlich Aufmerksamkeit geschenkt, genauso wie den im weiteren Sinn ähnlichen Konzepten seiner deutschsprachigen Kollegen Ampferer und Schwinner.²⁵ Ein engerer Austausch gerade mit Holmes hätte fruchtbar werden können und gerade in dieser wichtigen Frage des Antriebs durch einen argumentativen Schlußschluss vermutlich eine erfolgreichere, überzeugendere Argumentation ermöglicht. Stattdessen widmet Wegener der Diskussion der von ihm selbst als Mechanismus vorgeschlagenen Polfluchtkraft mehrere Seiten, wobei am Ende konzidiert wird, daß diese Kraft zwar möglicherweise schon für die Verschiebung der Kontinentalschollen, aber nicht für eine Auffaltung kontinentaler Krustensegmente ausreichen könnte.²⁶ „Für die Verschiebungstheorie ist der Newton noch nicht gekommen“ – so leitet er die Diskussion über „verschiebenden Kräfte“ ein, und er muss sich deshalb auf die auch seiner Meinung nach schwächeren geologischen Argumente (jene, die auf den einstigen Zusammenhang der Kontinente verweisen) stützen, auf den „rein empirischen Weg“, den er an andere Stelle auch den „induktiven Weg“ nennt.²⁷

21 Oreskes 1999, S. 161; dieses Projekt wird an dieser Stelle ausführlich diskutiert.

22 Du Toit, A., A geological comparison of South America with South Africa, *Publication of the Carnegie Institution of Washington*, 381 (1927).

23 Du Toit, A., *Our wandering continents*. Edinburgh 1937: Oliver and Boyd.

24 Holmes, A., *Principles of physical geology*. New York 1945: Ronald Press; 2. Aufl. 1964.

25 Wegener 1929, S. 60 gibt Hinweise auf Otto Ampferer (1875-1947) und Robert Schwinner (1878-1953); S. 184 wird erwähnt, daß neuerdings einige Autoren Konvektionströmungen ins Gespräch gebracht hätten, ohne daß Wegener hier aber Holmes hervorhebt. Zu den konzeptionellen Verbindungen Wegener-Ampferer-Schwinner siehe: Flügel, H. W., A. Wegener – O. Ampferer – R. Schwinner. The first chapter of the "New global tectonics". *Earth Sciences History* 3 (1984), S. 178-186.

26 Wegener 1929, S. 179.

27 Wegener 1929, S. 172.

Wegener hat den empirischen Weg jedoch nicht in konventioneller Weise „induktiv“ beschritten, also einzelne Beobachtungen angestellt, zusammengeführt und dann daraus ein erklärendes Modell entwickelt. Die Kontinentalverschiebung ist vielmehr die Ausgangsposition, von der aus die Erdgeschichte beschrieben oder gar „erklärt“ wird. Davon geben nicht nur die einzelnen Auflagen zur „Entstehung der Kontinente und Ozeane“ Zeugnis, sondern auch ein weiteres Werk, mit dem Wegener in das Feld der Geologie eindringt. In „Die Klimate der geologischen Vorzeit“ – zusammen mit seinem Schwiegervater Wladimir Köppen verfasst²⁸ – heißt es in der Einleitung: „In diesem Buche werden die vorzeitlichen Klimawechsel unter den Voraussetzungen der Theorie der Kontinentalverschiebung behandelt, die hier als richtig angenommen wird. Die einfache Klarheit, die damit in das bisher so verworrene Gebiet der Paläoklimatologie einzieht, beweist ihrerseits die Richtigkeit jener Voraussetzungen.“²⁹ Wegener spricht hier, wie in auch in der letzten Auflage der „Entstehung der Kontinente und Ozeane“, nicht mehr wie noch 1912 von einer „Arbeitshypothese“, sondern gibt seiner Kontinentaldrift den erkenntnistheoretisch höheren Rang einer Theorie.

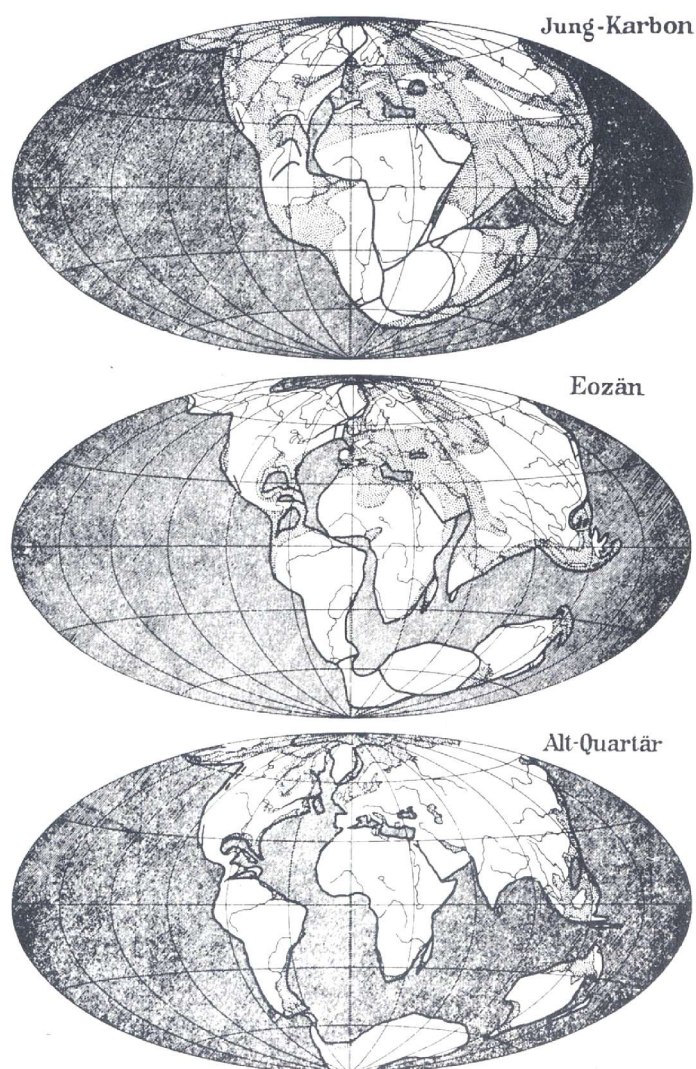


Abb. 2: Globale Paleogeographische Karten aus Köppen & Wegener, *Klimate der Vorzeit*, 1924.

In dieser Arbeit werden nun auch paläogeographische Karten präsentiert, die die Kontinente in der für bestimmte erdgeschichtliche Abschnitte postulierten Positionen zeigen (Abb. 2). Das argumentative Verfahren entspricht somit eher dem als „hypothetisch-deduktiv“ bezeichneten Modus. Induktiv wäre der Argumentationsweg in den Augen der Geologen gewesen, wenn erst die Argumente zusammengestellt und dann als Schluß die Kontinentalverschiebung als eine mögliche „Hypothese“ vorgestellt worden wäre. Genau an diesem Verfahren haben viele Gegner harte Kritik geübt. Gleich, ob Wegener seine Idee nun als „Arbeitshypothese“ oder als „Theorie“ titulierte, gab es seinen Widersachern die Mittel in die Hand, sein Verfahren als „spekulativ“, „dogmatisch“ oder schließlich gar als „unwissenschaftlich“ zu disqualifizieren.³⁰

Aber was hätte er auch machen sollen? Wegener schien ein Charakter gewesen zu sein, der im Zweifelsfall den Schritt nach vorne wählte. Wenn die Geologen nicht durch die vielen erdgeschichtlichen Parallelen zwischen heute getrennten Kontinenten zu überzeugen waren, wenn sie das hohe Erklärungspotential der Hypothese nicht als überzeugend genug empfanden, warum nicht einfach so tun,

²⁸ Köppen, W. & Wegener, A., *Die Klimate der geologischen Vorzeit*. Berlin 1924: Borntraeger.

²⁹ ebd., S. 1

³⁰ Unter den Kritikern kann wegen seiner Schärfe besonders Max Semper hervorgehoben werden: „Was ist eine Arbeitshypothese?“, *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* (1917), S. 146-163.

als wäre die Kontinentaldrift tatsächlich der Fall, und darauf einen alternativen Vorstellungshorizont aufbauen? Dies war am Ende die Strategie, der Wegener folgte. Dazu gehörte natürlich auch die grafische Präsentation seiner Vorstellung. Die paläogeographischen Karten, in denen die Position der Kontinente vom Karbon bis zum Quartär dargestellt wird, funktionierte, gleich ob man die Kontinentalverschiebung ablehnen oder ihr zustimmen wollte, als einprägsame Visualisierung seines Konzepts.

In der 4. Auflage (1929) der "Entstehung der Kontinente und Ozeane" sieht Wegener schließlich die Notwendigkeit eines (auch nur scheinbaren) empirisch-induktiven Verfahrens ausdrücklich als nicht mehr gegeben. Er definiert seinen Standpunkt bereits als hinreichend etabliert und liefert ein „Sammelreferat über die neuen Forschungszweige“, die von seiner Hypothese angeregt wurden.³¹

Tatsächlich kann Wegener einige profilierte Wissenschaftler anführen, die Kontinentalverschiebung als die sinnvollste Erklärung für die paläontologischen und geologischen Befunde nennen. Neben Du Toit war es vor allem Emile Argand (1879-1940), der große Tektoniker, der selbst eine Karte von Gondwanaland im Sinne Wegeners verfasste, und Wegener nimmt diese Grafik (und andere positive Anmerkungen) natürlich gerne unter ausführlicher Schilderung der entsprechenden Ansichten Argands auf.³² Dessen Urteil hat für Wegener sicher besonders wohlgeklungen: „Die Eleganz, mit der die Verschiebungstheorie diese bedeutenden Tatsachen erklärt, die zur Zeit ihrer Aufstellung nicht bekannt waren, ist gewiß ein starkes Zeugnis zu ihren Gunsten. Streng genommen beweist zwar keine dieser Tatsachen die Verschiebungstheorie oder auch nur das Vorhandensein des Simas, aber sie alle stimmen vorzüglich zu beiden, bis zu einem Grade, der sie sehr wahrscheinlich macht.“³³

Mit dem Tod Wegeners endete der systematische Aufbau eines auf die Kontinentalverschiebung gründenden erdgeschichtlichen Weltbildes. Wie viele Geologen in welcher Weise die Kontinentalverschiebung als ernsthafte Hypothese zumindest weiter im Auge behielten, lässt sich nicht genau bestimmen. Als sich in den sechziger Jahren schließlich doch ein Kontinentalverschiebungskonzept durchsetzte, geschah dies jedenfalls nicht in der argumentativen Linie, die Wegener einst begründet und verfolgt hatte.

4. Nach Wegener: Die neue globale Tektonik

Die Konzeption der „New Global Tectonics“, auch „plate tectonics“ bzw. im deutschen „Plattentektonik“ begann Ende der 50iger Jahre und erfuhr vor allem in den sechziger Jahren ihre entscheidende Ausgestaltung. Sie entstand wirkungsgeschichtlich nicht aus den von Wegener entwickelten Argumentationslinien. Es war auch nicht so, daß dieses Konzept in der Absicht formuliert wurde, aufgrund einer neuen Datengrundlage die Kontinentalverschiebung nun vielleicht auf eine besseres und überzeugendes Fundament zu stellen. Wenn sich Fäden von Wegener zur Plattentektonik finden lassen, dann kann man einen solchen möglicherweise im Umfeld des bereits erwähnten Arthur Hohnes finden. Allerdings ist es kein direkter Weg, der von diesem britischen Vertreter der Kontinentalverschiebung zur neuen Theorie führte, denn die Wende kam aus einem Bereich, mit dem weder Wegener noch die Geologen rechnen konnten. Holmes Beitrag scheint dabei vielleicht darin bestanden zu haben, daß in seinem weiteren Umfeld, und nicht zuletzt durch sein Lehrbuch „Principles of physical geology“ die Idee „Kontinentaldrift“ am Leben erhalten und als eine ernstzunehmende geologische Möglichkeit vorgestellt wurde.

Das Studium der Magnetisierung von Gesteinen hatte ergeben, daß ihre Polarisierung nicht mit der Lage der heutigen Pole zusammenfiel. Gesteine unterschiedlichen Alters hatten offenbar nicht die gleiche Position zu den Polen, oder die Pole waren im Lauf der Erdgeschichte gewandert. Man musste auch damit rechnen, daß dies nur vorgetäuschte, zufällige Resultate sein könnten, indem die Gesteine

31 Wegener 1929, S. 2.

32 Argand, F., La tectonique de l'Asie. Extrait du Compte-rendu de XIII Congrès géologique international 1922. Liege (Lüttich)1924; Wegener (1929) reproduziert diese Grafik S. 87.

33 Wegener (1929, S. 87) präsentiert hier eine deutsche Übersetzung des französischen Originals.

oder die Messmethoden das Erdmagnetfeld zur Zeit ihrer Bildung nicht verlässlich repräsentierten. Dies war aber ein Frage, die getestet werden konnte. Wenn Gesteine durch Raum und erdgeschichtliche Zeit keine zufällige Verteilung, sondern ein zusammenhängendes Muster ergeben würden, dann sollten die in den Gesteinen erhaltenen magnetischen Informationen auch korrekt sein. Eine solche systematische Prüfung führte zu einem sehr schlüssigen Ergebnis: die Daten ließen sich zu einer durch die Erdgeschichte hindurch zusammenhängenden Polwanderungskurve verbinden.³⁴ Nun musste nur noch getestet werden, ob alle Kontinente parallele oder jeweils individuelle Polwanderungskurven hatten: wäre letzteres der Fall, dann würde dies bedeuten, daß sich nicht die Pole, sondern die Kontinente, und zwar jeweils unterschiedlich zueinander, bewegt haben müssten. Die Befunde, wie sie Runcorn im Jahr 1959 publizierte, ließen schließlich kein anderes Fazit zu.³⁵

Einen zweiten Faden zur Plattentektonik findet man in der Ozeanographie aus der Zeit Wegeners. Geophysikalische Expeditionen der USA und der Niederlande unternahmten Schweremessungen über den Ozeanen. Dem Niederländer Felix Andries Vening Meinesz (1887-1966) war es in den zwanziger Jahren gelungen, ein auch unter instabilen Bedingungen und somit auch auf Schiffen funktionierendes Gravimeter zu bauen. Damit entdeckte er noch im gleichen Jahrzehnt die Schwereanomalien im Bereich der pazifischen Tiefseegräben, woraus sich die Frage ergab, warum in diesen schmalen Zonen die Kruste nicht isostatisch kompensiert zu sein scheint. Die Antwort konnte vorerst nur ganz allgemein lautete, daß in diesen Zonen offenbar Spannungen wirken, die eine solche Kompensation verhindern oder zumindest raschere Wirkung als diese hatten. In enger Zusammenarbeit mit amerikanischen Geophysikern wurde auch hier der Gedanke entwickelt, daß möglicherweise Konvektionsströmungen das Abtauchen der Ozeankruste bewirken könnten. Diskussionen, ob nicht doch Kontinentaldrift möglich sein könnte, wurden jedoch durch den zweiten Weltkrieg unterbrochen.

Im Jahr 1962 wurde ein Aufsatz von Harry Hammond Hess (1906-1969) über die Geschichte der Ozeanbecken publiziert.³⁶ Hess war in seinen jüngeren Jahren vor dem Krieg Teilnehmer vieler ozeanographischer und geophysikalischer Unternehmungen und dabei so etwas wie ein Schüler von Vening Meinesz gewesen. In Kenntnis des aktuellen ozeanographischen Forschungsstandes stellt Hess nun heraus, daß man keine geologisch alten Ozeanböden gefunden habe, und daß die auf der ozeanischen Kruste lagernden Sedimente auch nicht sehr mächtig sind. Die Folgerung konnte daher nur lauten: die Ozeankruste ist erdgeschichtlich jung. Hess schloß an dieser Stelle gleich auch ein graphisches Modell an, in dem ozeanische Kruste an den mittelozeanischen Rücken auseinander weicht, und von Konvektionsströmen bewegt schließlich an Rändern der Meere wieder abtaucht.

Die finale Zutat zu diesen nun immer stärker für Krustenmobilität sprechenden Beobachtungen kam wiederum von der Paläomagnetik. Der Nachweis von erdgeschichtlich häufigen Umpolungen des Erdmagnetfeldes³⁷ wurde dazu benutzt, die Entstehung ozeanischer Kruste und deren tatsächliches Auseinanderrücken an den mittelozeanischen Rücken zu belegen. Das spiegelbildlich zur Rückenachse orientierte Streifenmuster, wie es Vine & Matthews 1963 vorlegten, hatte schon allein durch die grafische Prägnanz hohen Überzeugungswert.³⁸ In nur wenigen Jahren wurden schließlich diese und noch andere Teilelemente zur Theorie der Plattentektonik zusammengefügt.³⁹

Diese kurze Betrachtung sollte vor allem unterstreichen,

34 Creer, K. M., Irving, E. & Runcorn, S. K., The direction of the magnetic field in remote epochs in Great Britain, *Journal of Geomagnetism and Geoelectricity* 6 (1954), S. 163-168.

35 Runcorn, S. K., Rock magnetism, *Science* 129 (1959), S. 1002-1012.

36 Hess, H. H., History of the ocean basins, in: Geological Society of America, *Petrologic Studies: A volume to honour A. F. Buddington*, Denver 1992. Vgl. Oreskes (1999, S. 268 f.), die Holmes darin unzureichend gewürdigt sieht.

37 Cox, A., Doell, R. R., Dalrymple, G.B., Geomagnetic polarity epochs and Pleistocene geochronometry, *Nature* 198 (1963). S. 1049-1051.

38 Vine, F. & Matthews, D., Magnetic anomalies over ocean ridges, *Nature* 199 (1963). S. 947-949.

39 Von dieser Entwicklung berichten zahlreiche historische Darstellungen, u.a. Wood, R. M., *The dark side of the earth: the battle for the earth sciences*, London 1985: Allen & Unwin; Hallam, A., *Great geological controversies*, Oxford 1989: Oxford University Press [2. Auflage]. Weitere Quellen in Oreskes 1999, die diese junge Entwicklung zwar nur am Rande, aber doch in ihren wichtigen Zügen skizziert.

- 1) Daß die Theorie der Plattentektonik nicht infolge des nachhaltigen Bemühens entstand, Wegeners Kontinentaldrift nachzuweisen. Sie ist vielmehr ein Ergebnis, daß durch das Ineinandergreifen zahlreicher Teilelemente zustande kam, wobei diese Teilelemente jeweils für sich als harte geophysikalische Fakten akzeptiert waren.
- 2) Daß die Genese der Theorie der Plattentektonik ein Prozess war, in dem geophysikalische und nicht traditionelle geologische Aspekte die entscheidende Rolle spielten.
- 3) Daß man nun mit dem sea floor spreading, der Produktion und dem symmetrischen Auseinanderrücken der ozeanischen Rücken einen plausiblen und vor allem empirisch belegten Mechanismus für die Bewegung der Kontinente hatte. Nicht alle weiteren Elemente der neuen Theorie waren so gut nachweisbar, sieht man von der ebenfalls geophysikalisch gut belegbaren Subduktion der ozeanischen Kruste ab.

5. Wegeners Hindernisse

Obwohl das Konzept der Kontinentalverschiebung zur Zeit Wegeners die existierenden theoretischen Paradoxien der Geologie hätte auflösen können, haben die Geologen nicht nach diesem Ausweg gegriffen, sondern den Gedanken an sich, und nicht nur Wegeners Ansatz im besonderen, überwiegend abgelehnt. Das Problem, für eine Verschiebung der Kontinente keinen plausiblen physikalischen Mechanismus zu kennen, konnte – obwohl dies vielfach geäußert wurde – nicht oder zumindest nicht allein Grund für diese Zurückweisung gewesen sein. Auch die Vertreter der Kontraktionstheorie konnten sich ja nicht auf eine hinreichend solide physikalische Basis stützen und waren heftigem Widerspruch ausgesetzt. Auch die daran angeschlossene Vorstellung von ab- und auftauchenden Brückenkontinenten war nicht nur in ihrer möglichen Wirkungsweise nicht aufgeklärt, sondern aus geophysikalischer Sicht gar nicht möglich. Man kann zu dem Eindruck kommen, daß diese Vorstellungen, so wenig gesichert sie waren, im Kreis der Geologen offenbar nicht im gleichen Maß erklärungsbedürftig waren wie der konkurrierende Gedanke von der Mobilität der Kontinente.⁴⁰

Das Konzept der Plattentektonik vermochte hingegen in den sechziger Jahren – und zwar innerhalb nur weniger Jahre – einen großen Teil der Geologen hinter sich zu bringen. Wir haben oben bereits angedeutet, daß es für diesen Siegeszug eine Reihe guter Gründe gab. Einzelne geophysikalische Erscheinungen und Mechanismen, die bereits für sich genommen wesentliche funktionale Prinzipien der globalen geologischen Dynamik erfassten, konnten nahezu zwanglos zu einer hierarchisch höheren Theorie zusammengefügt werden. Die von Wegener und seinen Mitstreitern als „empirisch“ oder „induktiv“ bezeichneten geologischen Argumente wie die paläoklimatische und paläobiogeographische Aspekte, die parallelen Konturen der Kontinente zu beiden Seiten des Atlantiks und andere Aspekte dieser Art spielten hierbei keine Rolle. Erst im Nachhinein wurden diese Argumente als schon lange bekannte, aber weitere Stützen in den Begründungszusammenhang der Plattentektonik eingebracht. In einer umfassenden wie tiefeschürfenden Studie hat Oreskes Belege dafür vorgelegt, daß die Ablehnung der Kontinentalverschiebung zur Zeit Wegeners in den USA eben deshalb erfolgte, weil die geologischen Argumente nicht als hinreichend harte Fakten akzeptiert wurden. Was erwartet wurde, war „direct evidence“ (unmittelbarer Nachweis) im Bereich der Geophysik. „Objektive“ Laborergebnisse oder instrumentell gewonnene Meßdaten wurden höher eingeschätzt als jene Aussagen, die aufgrund langwieriger Feldbeobachtungen stark von persönlichen Methoden und Sichtweisen des Bearbeiters abzuhängen schienen. Solcher Art waren ja auch die als „empirische Indizien“ bezeichneten Feldbeobachtungen gewesen, die für den einstigen Zusammenhang der Kontinente sprachen. Zudem sei die Argumentation Wegeners zu einseitig auf Bestätigung seiner Theorie ausgerichtet gewesen, anstatt – wie in den USA als argumentatives Ideal gewünscht – dem Prinzip der „multiple working-hypothesis“ zu folgen. Demnach hätte Wegener erst gleichsam teilnahmslos unterschiedliche erklärende Konzepte für die „empirischen Indizien“ zur Auswahl präsentieren

⁴⁰ Oreskes S. 264 weist daraufhin, daß auch Holmes dies den Gegnern der Kontinentaldrift ohne Erfolg entgegengehalten hat.

müssen, um dann aufgrund der Datenlage die plausibelste hervorzuheben. Indem die amerikanischen Geologen einer „antiauthoritarian logic of discovery“ (antiautoritären Entdeckungsstrategie) folgten, hätten sie sich, so Oreskes, mit einer auf diese Weise präsentierten Hypothese nicht anfreunden können bzw. sich gerade diese eine Theorie nicht aufdrängen lassen wollen.⁴¹

Aber dieses letzte Argument erscheint nicht völlig stichhaltig zu sein. Genau betrachtet gab es nämlich außer der brüchig gewordenen Kontraktionstheorie gar keine konkurrierende Theorie dieses Grades, sondern nur konkurrierende Grundsätze oder Teilhypothesen, wie eben z.B. die Vorstellung von ab- und auftauchenden Brückenkontinenten, das geophysikalische Prinzip der Isostasie, Vorstellungen über Mechanismen, die der Gebirgsbildung zugrunde liegen könnten. Daneben gab es einige geologische Daten, die weitgehend von allen akzeptiert wurden: die zusammenpassenden Konturen der Kontinente, die paläobiogeographischen Daten, die geologischen und strukturellen Übereinstimmungen in heute weit von einander entfernten Kontinenten, die Beobachtungen, daß alpinotype Gebirge wie die Alpen oder der Himalaja enorme laterale Kompression erfahren haben müssen usw. Auf der Ebene übergeordneter theoretischer Konzepte gab es also gar keine Alternativen bzw. „multiple hypotheses“. Oder anders gesagt: Wegeners Ansatz war nicht einer unter vielen Erklärungen für existierende geologische Sachverhalte, sondern war auf der hierarchischen Ebene, von der aus sich so viele unterschiedliche geologische Aspekte in einen Erklärungszusammenhang bringen ließen, konkurrenzlos.

Man darf außerdem nicht vergessen, daß es ja nicht nur Wegener in der ihm eigenen Weise war, der allein für bewegliche Kontinente eintrat. Der Brite Arthur Holmes (1890-1965), einer der einflussreichsten und angesehensten Geologen seiner Zeit, der als junger Mann als erster eine auf radiometrisch gewonnene Gesteinsalter gestützte erdgeschichtliche Zeittafel zusammengestellt hatte,⁴² ist seit 1928 öffentlich für die Kontinentalverschiebung eingetreten.⁴³ Seine geologische wie auch geophysikalische Kompetenz stand gerade auch im angelsächsischen Raum außer Zweifel, und ihm konnte man kaum die methodologischen Vorhaltungen machen, wie man sie Wegener gegenüber betont hat. Holmes hat die Kontinentaldrift aber nicht zu einer programmatischen Angelegenheit gemacht, für die er wie Wegener in leidenschaftlicher Anteilnahme alle nur möglichen Indizien gesammelt und diese auch noch in eigens dem Thema gewidmeten Werken zusammengefasst hätte. Auch hatte Holmes mit Konvektionsströmungen einen (und wie wir heute wissen, den zutreffenden) geophysikalischen Mechanismus vorgestellt, der in einer Erde, die noch nicht im thermodynamischen Endzustand erstarrt ist, durchaus als plausibel angesehen werden konnte. Und schließlich gab es auch noch eine Gruppe von niederländischen und vor allem amerikanischen Geophysikern und Ozeanographen, die in den späten zwanziger Jahren bis zum Beginn des zweiten Weltkrieges durchaus ähnliche mobile Konzepte im Auge hatten.

Man muß somit zu dem Resultat kommen, daß es im wesentlichen doch nicht allein der besondere argumentative Stil Wegeners gewesen sein konnte, der einer positiveren Aufnahme der Kontinentaldrift entgegenstand. Bedenkt man die widersprüchliche Situation, in der sich das theoretische Gefüge der Geologie zur Zeit Wegeners befand, dann müsste man eigentlich annehmen, daß eine neue Idee trotz ihrer Kühnheit doch günstigere Aufnahme hätte finden müssen, wenn sie viele dieser Widersprüche auf so einfache Weise aufzulösen versprach. Warum aber erschien es den Geologen attraktiver, auf den in theoretischer Hinsicht so widersprüchlichen Zustand zu beharren, als diesen neuen Gedanken ernsthaft zu verfolgen? In der Gegenwart erscheint die Geologie doch sehr geneigt, derart neue Hypothesen als willkommene Diskussionsthemen aufzugreifen und daran Forschungsprogramme anzuknüpfen. Unserer Meinung nach ist ein solches Verhalten nur dann erklärbar, wenn man zugesteht, daß die Geologie ein theoretisches Konzept dieses globalen Maßstabes überhaupt nicht, oder zumindest nicht dringend, zu benötigten glaubte. Aber selbst eine derart

41 Oreskes, S. 134 ff.

42 Holmes, A., *The age of the earth*. London 1913: Harper and Brothers.

43 Holmes, A., Radioactivity and continental drift, *Geological Magazine* 65 (1928), S. 236-238.

indifferente Haltung steht noch im Widerspruch zu den oft sehr heftigen Reaktionen, die gegen Wegener und dessen Konzept zum Ausdruck kamen. Die Kontinentaldrift ist nicht nur einfach als eine geologische Theorie angesehen worden, sondern – und dies ist der zweite Aspekt unsere These – von der Geologenschaft überwiegend als Bedrohung angesehen worden.

Ein theoretisches Konzept auf der Ebene, wie es die Plattentektonik, aber auch, zumindest im Anspruch, Wegeners Kontinentaldrift oder die Kontraktionshypothese waren, ist für die geologische Forschung nicht unbedingt notwendig. Das heißt natürlich nicht, daß die Forschung theoriefrei funktioniert, auch wenn das manche naive Empiriker so vertreten mögen. Entscheidend ist, daß die Geologie ihre Hauptaufgabe offenbar nicht in der Produktion einer solchen großen Theorie gesehen hat, sondern eher in fundamentalen Tätigkeiten. Diese fundamentalen wissenschaftlichen Tätigkeiten waren vor allem beschreibender Art: geologische Kartierung, Petrographie (Gesteinsbeschreibung und -klassifikation), Stratigraphie (Ordnung und Beschreibung der sedimentären Gesteinsbildungen), Paläontologie (Sammlung, Beschreibung und Klassifikation von versteinerten Organismen). Methodologisch betrachtet, gründen diese Tätigkeiten auf einigen Prinzipien, wie dem Überlagerungsprinzip (in Schichtgesteinen sind die jeweils höher lagernden Schichten jünger als die jeweils darunter liegenden), dem Diskordanzprinzip (werden Strukturen durch Verwerfungen, Erosion oder magmatische Intrusion geschnitten, dann ist das diesen Schnitt verursachende Ereignis relativ jünger als jenes, das die geschnittene Struktur erzeugt hat). Dies methodologische Betrachtung ist nicht vollständig, aber es soll hier genügen, ein Bild von der Art von „Theorie“ zu vermitteln, wie sie auf der fundamentalen Ebene geologischer Wissenschaft zur Wirkung kommt. In der Geschichte der Disziplin gibt es viele Beispiele, die zeigen, daß eine derart beschreibende und ordnende Forschung möglich war, obwohl man den weiteren theoretische Hintergrund der studierten Objekte oder der benutzen Ordnungsprinzipien gar nicht kannte.⁴⁴

Die Geologie hatte ihr wissenschaftliches Selbstbild eher in der fundamentalen Ebene der Forschung verankert, als sich als Produzent globaler Theorien zu verstehen. Die Geologie war skeptisch gegenüber Theorien an sich, und gegen solche umfassenden Konzepte wie der Kontinentaldrift ohnehin. Mit einer Theorie wie dieser hätte man den sicheren Boden der Tatsachen verlassen, und das entsprach nicht dem Selbstbild, das viel enger an den greifbaren Dingen haftete. Man könnte jetzt einwenden, daß die Geologen ja doch auch Theorien schufen – hatte man nicht eine Kontraktionstheorie oder die Theorie der versunkenen Brückenkontinente? Genau betrachtet, waren dies aber keine Theorien, sondern Vorstellungen, die man vielleicht als „erklärende Bilder“ bezeichnen könnte. Ihr Erklärungswert war nur ein scheinbarer, den anstatt der Präsentation eines wissenschaftlich differenzierten Wirkungszusammenhanges wurde eben nur ein einfaches Bild vor Augen gestellt. Der Begriff „Theorie“ passt deshalb nicht, weil es sich dabei nicht um Konzepte handelte, die die geologische Beobachtungen in einem komplexen, dynamischen Wirkungsgefüge zu verknüpfen trachteten. Eine Theorie funktioniert dann als solche, wenn sie innerhalb der Disziplin Anregung für weiterführende Fragestellungen und Forschungsprogramme gibt, und wenn ein beträchtlicher Teil der Forschung aktiv um diesen theoretischen Kern kreist. Was Bilder wie etwa die Kontraktions-, „Theorie“ betrifft, so haben die Geologen niemals versucht, diese Vorstellungen in großen Projekten zu entwickeln oder aus diesen Bildern heraus bewußt weiterführende Fragen zu formulieren – bei der Unschärfe und dem extrem allgemeinen Charakter dieses Bildes wäre das auch nicht möglich gewesen: aus dem Vergleich der Erde mit einem beim Eintrocknen kontrahierenden und runzlig werdenden Apfel lassen sich wohl kaum Forschungsprogramme zur geotektonischen Bedingungen von Faltengebirgen entwickeln. Weil man sich offenbar mit diesen Bildern begnügte, hat man auch gar nicht ernsthaft versucht, theoretische Widersprüche aktiv zu Ende zu denken bzw. ihre Auflösung als wesentliche Aufgabe zu betreiben.

⁴⁴ Man hat schon vor der disziplinären Institutionalisierung im 17. und 18. Jahrhundert Fossilien beschrieben und geordnet, ohne daß man sich damals im klaren war, ob es sich überhaupt um ehemals lebende Organismen gehandelt hat. Man hat zu Beginn des 19. Jahrhunderts die Biostratigraphie zur Anwendung gebracht (die zeitliche Ordnung der Sedimentgestein nach den in ihnen enthaltenen Fossilien), ohne daß man eine Theorie dafür hatte, wieso sich Organismen durch die Folge der Schichten und somit im Laufe der Zeit veränderten (erst Darwin hat 1859 eine solches theoretisches Prinzip eingeführt).

Nun hat die amerikanische Geologie, auch wenn sie stärker geophysikalisch orientiert war als jene in Europa oder speziell in Deutschland, doch ebenfalls überwiegend deskriptiv geforscht, so daß auch deren wissenschaftlicher Fortgang von der Kontinentaldrift-Debatte nicht unmittelbar berührt worden sein dürfte. Auch wenn deren Zurückweisung, wie Oreskes meint, vor allem durch methodologische Einwände begründet war, und die Geophysik hinsichtlich einer Beweisführung als vorrangige Instanz angesehen wurde, konnte man auch dort gut ohne eine derartige globale Theorie leben. Die aus der geologischen Praxis her mögliche Distanz zu großen theoretischen Entwürfen ist auch deshalb eine plausible Ursache für die Ablehnung Wegeners bzw. der Kontinentaldrift, weil diese ja ebenso in Deutschland auftrat, und hier sogar sehr heftig war, obwohl sich das methodologische Profil der deutschen Geologie von dem der amerikanischen doch in einigen wesentlichen Punkten unterschied.

Der Unterschied zwischen der deutschen und der amerikanischen Geologie artikuliert sich unter anderen auch darin, wie man sich vor der Gefahr unzuverlässiger „Theorien“ zu schützen versuchte. Während in den USA ein methodologisch reflektierter Umgang mit erklärenden Konzepten geübt wurde, indem man durch die Anwendung mehrerer konkurrierender Arbeitshypothesen („multiple working hypotheses“) eine möglichst optimale Korrelation mit dem Beobachtungs- bzw. Datenmaterial anstrebte, wurde in Deutschland der ausdrückliche Umgang mit Hypothesen soweit wie möglich ganz ausgeblendet. Die amerikanische Geologie hat Erklärungen von Sachverhalten (heute würde man sagen: die Konstruktion von erklärenden Modellen) mehr in ihre Praxis eingebunden als die deutsche, in der Erklärungen oder Theorien gleichsam neben der eigentlichen, grundlagenbetonten Forschung standen. Statt beschreibende und erklärende Aspekte reflektiert miteinander zu verknüpfen, zeichnete sich die deutsche Geologie also durch eine starke formale Trennung dieser beiden Elemente aus. Theorien, hypothetische Erklärungen, Arbeitshypothesen – dies alles galt es aus der regulären Praxis auszuschließen, um deren als „rein empirisch“ gedachten Charakter so weit als möglich zu bewahren.

Dieser methodologische Zustand scheint das Resultat einer spezifisch deutschen Entwicklung zu sein und ihren Ursprung in der Frühzeit der Geologie, genauer den Beginn des 19. Jahrhunderts, zu haben. In jener Zeit versuchten die „Väter“ der Geologie, besonders Abraham Gottlob Werner (1749-1817), ein höchst einflussreicher Lehrer an der Bergakademie in Freiberg (Sachsen), spekulative Elemente so weit wie möglich zu verbannen. Diese aus einer tatsächlich spekulationsbehafteten Vergangenheit heraus verständliche Motiv bekam zusätzliches Gewicht durch einen konkurrierenden, sehr spekulativen Wissenschaftsstil, wie er von Vertretern der deutschen Romantik propagiert wurde. Angesichts dieser Tradition und sehr spekulativer, alternativer Denkstile verhärtete sich innerhalb der empirisch ausgerichteten Tradition der Standpunkt, möglichst alle „Theorie“ außen vor zu lassen. Interessanterweise gab es zu jener Zeit durchaus auch Geologen, die mit einem Bein in empirischen, mit dem anderen im romantisch-spekulativen Lager standen. Besonders markante Fälle waren Henrik Steffens (1773-1845) und Georg Philipp Friedrich von Hardenberg, genannt Novalis (1772-1801) – beide in gewissem Sinn Schüler von Werner. Trockene systematische bzw. deskriptive Arbeit auf der einen Seite, spekulativ-kreative, oder bei Novalis, auch poetische Entwürfe auf der anderen zeigen, daß selbst manche prominenten Vertreter der Romantik diese Grenzziehung akzeptierten oder gar für sinnvoll hielten. Diese Haltung mag als nahezu schizophran erscheinen, ihr lag aber eine tiefere Einsicht zugrunde: Geologie hat, als Wissenschaft, streng empirisch zu sein – will man seinen spekulativen oder poetischen Geist ausleben, sei es auch nur in dem Sinne, daß man Theorien entwirft, dann ist das ein davon gesonderten Bereich. Dieser Aspekt und seine genauere Entwicklung kann hier nicht ausführlicher dargestellt werden, doch scheinen hier die Wurzeln für diese scharfe Trennung von „Empirie“ und „Theorie“ zu liegen, wie man sie noch in der deutschen Geologiepraxis des 20. Jahrhunderts findet. Die Motive für die heftige Ablehnung der Wegenerschen Kontinentalverschiebung dürften wesentlich aus dieser spezifisch deutschen Entwicklung der Geologie kommen.⁴⁵

⁴⁵ Diese zwischen Empirie und quasi-poetischer Theorie trennende Haltung läßt sich auch sehr deutlich in einem Klassiker der deutschen Geologiegeschichte finden: „Die Wegenersche Theorie, anfangs nur auf wenige Pfeiler der Erfahrung gegründet, wusste während eines zwei Jahrzehnte umfassenden Ringens um einen tragfesteren empirischen Unterbau eine Fülle von Forschungen auszulösen und Erscheinungen für sich zu buchen. Sie wurde zu einem jener abgerundeten wissenschaftlichen Weltbilder innerer Möglichkeit und Wahrheit, deren Wert auch dann nicht zerbricht, wenn die fortschreitende Erkenntnis der äußeren Wirklichkeit gegen sie entscheidet. Sie gehört in ihrer abgeschlossenen Ganzheit zu

Wir haben nun schon einen Grund für den sehr harten Widerstand gegen Wegener herausstellen können: Skepsis gegen Theorien und gegen globale Theorien können im besonderen in Deutschland wie in den USA als wesentliche Motive der Ablehnung Wegeners gewirkt haben. Diese Ablehnung wurde dadurch erleichtert, daß die Geologie auch ohne eine widerspruchsfreie Theorie bzw. einer Theorien dieses globalen Maßstabs ihren wesentlichen Betätigungen nachgehen konnte, so daß man sich den „Luxus“ eines solchen Desinteresses zu leisten vermochte.

Wenn die fundamental empirisch-deskriptiv ausgerichtete deutsche Geologie gegenüber Hypothesen und Theorien feindlich eingestellt war, dann um so mehr, wenn sie von jemanden vorgebracht wurden, der sich im deskriptiven Bereich noch nicht ausgewiesen hatte und der wie Wegener überhaupt keine Kompetenz als Feldgeologe nachweisen konnte. Den Mangel an geologischer Beschreibungskompetenz konnte Wegener nicht durch das geophysikalische Kalkül ausgleichen – im Ansehen der traditionellen Geologie zählte die greifbare Evidenz, nicht die Überlegung. Wenn Wegener gedacht hatte, daß die Kalkulationen über die gegenüber den Kontinenten abweichende physikalischen Dichte der Ozeankruste als ein verlässlicher Ausgangspunkt seiner Hypothese dienen können, hat er das Denken der deutschen Geologen falsch eingeschätzt. In diesem Sinn konkret widersprochen hat Max Semper: „Es kann auch offenbar gar nicht errechnet, sondern nur beobachtet werden, was für ein Gestein sich an irgend einer Stelle der Erde befindet“.⁴⁶ Wenn Wegener annahm, ein geodätischer Nachweis der Kontinentalverschiebung würde ein sicherer Beweis sein, dann hätte die deutsche Geologie erneut entgegengestellt: das zeige nur, daß dort gerade oder in jüngster geologischer Zeit eine tektonische Zerrung aufgetreten sei, was nichts ungewöhnliches wäre, aber eine durch die ganze Erdgeschichte wirksame Kontinentaldrift wäre damit noch lange nicht belegt.⁴⁷

Wegener hatte zwar auf „empirisch-induktive“ Belege aus der Geologie zurückgegriffen, doch Grundlage seines Konzepts war das geophysikalische Prinzip der Isostasie. Die Präsentation der Kontinentaldrift folgte methodisch dem Stil der Geophysik: Daten, die ein bestimmtes Krustenmodell favorisieren, bilden den Ausgangspunkt, daran wird eine funktionale Hypothese (die Kontinentaldrift) angeschlossen, die es im folgenden zu testen gilt (am besten durch aktual-geodätischen Messung, sowie durch Formulierung eines physikalischen Wirkungsmechanismus). Dies war aber nicht die Art und Weise, wie die deutsche Geologie zu argumentieren pflegte. Neben diesen Hindernissen formaler Art waren es aber auch substantielle: nicht nur die geophysikalische Art der Argumentation, sondern die Geophysik an sich stand außerhalb der geologischen Alltagspraxis. Geologie betreiben bedeutete harte Geländearbeit, als vorrangigen Werkzeuge dienten Hammer und Lupe, während das Labor im Institutsgebäude vor allem der Herstellung von Gesteinsdünnschliffen nur noch genaueren mikroskopisch-petrographischen Beschreibungszielen diente.

Globale tektonische Theorien auf Geophysik zu gründen, barg aber darüber hinaus auch die Gefahr, diese traditionelle Arbeitsmethodik der Geologie zu diskreditieren. Die Akzeptanz der

jenen Kunstwerken wissenschaftlicher Arbeit, ohne deren Existenz wir uns nur einem immer wechselnde, ruhelosen Strom vorbeihastender Deutungen gegenübersehen würden. In der Möglichkeit des Vergleichs mit einem Kunstwerk zeigt sich freilich auch die Gefahr. Sie liegt in der einprägsamen geistigen Strichzeichnung, die der größeren Komplikation der Natur nicht entspricht“ (Hölder, H., *Geologie und Paläontologie in Texten und ihrer Geschichte*, Freiburg und München 1960: Alber [*Orbus academicus* 11], S. 246 f.)

Belege für den Versuch, scheinbar theoriefreie Erfahrung von der brüchigen Welt der Theorien zu trennen, siehe in Hofbauer, „Die sinnliche Naturgeschichte des Abraham Gottlob Werner. An der Grenze zwischen Empirismus und romantischer Naturphilosophie“, *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 21 (1993), S. 545-558; Hofbauer, „Geognosie - der Wandel von Füchsel zu Werner“, in: Internationales Symposium „Abraham Gottlob Werner und seine Zeit“, 9.-24. September 1999, Tagungsband/Proceedings (hg. Technische Universität Bergakademie Freiberg/International Commission on the History of Geological Sciences INHIGEO), 1999, S. A 15; Hofbauer, „Methodologische Reflexion im Wandel der Geowissenschaften“, *Zeitschrift für geologische Wissenschaften* 27 (1999), S. 3-17. Als Lektüre mit eindrucksvollen Beispielen aus der Primärliteratur seien einige Aufsätze von Leopold von Buch (1774-1853) empfohlen: Mineralogische Briefe aus Auvergne an Herrn Geh. Ober-Berggrath Karsten, in: *Leopold von Buchs gesammelte Schriften*, hg. J. Ewald, J. Roth & H. Eck, Berlin 1867: Georg Reimer. Bd. 1, S. 468-532 (zuerst publ. in: *Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien*, Bd. 11. Berlin 1809); sowie: (Ueber Dolomit als Gebirgsart. Zweite Abhandlung (Gelesen in der Akademie der Wissenschaften am 6. Februar 1823), *Abhandlungen der physikalischen Klasse der Akademie der Wissenschaften aus den Jahren 1822-1823*. Berlin 1825, S. 113-136 (sowie in: Leopold von Buchs gesammelte Schriften, Bd. III., hg. J. Ewald, J. Roth und W. Dames, Berlin: Georg Reimer, S. 92-113).

46 Semper, M., Was ist eine Arbeitshypothese? *Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* (1917), S. 146-163. hier S. 154. Semper, der sich viel mit paläoklimatischen Fragen beschäftigte, hatte, wie er hierin anmerkt, bereits selbst eine ähnliche Idee wie Wegener, aber aufgrund des dringenden Rates seines Doktorvaters Zittel „der Erde lieber nicht das Fell über die Ohren gezogen“ (ebd. S. 158).

47 Semper 1917, S. 147.

Kontinentalverschiebungshypothese hätte bedeutet, die eigenen geologischen Mittel in ihrer Reichweite als unzureichend zu akzeptieren. Zugleich hätte die Gefahr bestanden, daß die Diskussion tektonischer Theorien zukünftig nicht mehr im Terrain der Geologie, sondern der Geophysik stattfinden würde, oder daß man die eigene Methodik zu ändern habe, daß man vielleicht statt mit Hammer und Lupe zukünftig mit Gravimeter und Magnetometer durchs Gelände gehen müsse, und daß man womöglich statt wochenlanger Geländeaufenthalte an der frischen Luft eher mathematische Kalkulationen oder Laborexperimente durchzuführen hätte. Dies, so denken wir, war für die deutschen Geologen ein bedeutender Grund zur Ablehnung der Kontinentalverschiebung. Die neue Idee wurde deshalb weniger als Erlösung aus der unbefriedigenden theoretischen Situation empfunden, sondern vielmehr als Bedrohung für die traditionelle Geologie und der damit verbundenen Lebensform des Geologen.

Der Situation, der Wegener in den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts gegenüberstand, war im Prinzip nicht anders als noch Jahrzehnte später, als im Jahr 1961 zwei amerikanische Geowissenschaftler für einige Tage ins Nördlinger Ries kamen, von dort ein paar Gesteinsproben mitnahmen, und aufgrund der Laborergebnisse zu dem Schluß kamen: Das Nördlinger Ries ist kein alter Vulkan, sondern durch den Einschlag eines Meteoriten entstanden.⁴⁸ Die anschließende Diskussion in der deutschen Geologie zeigt genau diese Vorbehalte gegenüber Geophysik, Labor und geologischen Hypothesen, die zudem nicht auf (empirisch-induktiver) erdgeschichtlicher, sondern geophysikalischer Grundlage stehen. Der Kurzbesuch der zwei Amerikaner drohte, langjährige Forschungstraditionen als völlig verfehlt bloßzustellen, und die auf den traditionellen Methoden gründenden Argumente als obsoletere Einfälle in die Geschichtsbücher wandern zu lassen.⁴⁹ Nur international hatten sich seit der Zeit Wegeners die Rahmenbedingungen geologischer Forschung verändert: Geophysik und Laboranalysen wurde in anderen Ländern, und hier speziell in den USA, als wichtiges Element der Geologie, bzw. einer entsprechend zu „Geowissenschaften“ erweiterten Konzeption dieser Praxis angesehen, und die internationalen Standards wurden inzwischen viel deutlicher als in den zwanziger Jahren von den Amerikanern gesetzt. Widerstände seitens der deutschen Geologen konnten angesichts dieser veränderten Situation nicht von Dauer bleiben, und die Deutung als Meteoritenkrater setzte sich trotz heftiger Wehen durch – genau so, wie sich in den folgenden Jahren aus gleichen Gründen im Geburtsland Alfred Wegeners auch die Plattentektonik, und damit schließlich doch der Gedanke mobiler Kontinente, durchsetzen konnte.

6. Schluß

Nach heutigen methodologischen Gesichtspunkten kann man Wegeners Hypothese zur Kontinentalverschiebung durchaus als eine gute wissenschaftliche Hypothese bezeichnen. Das Konzept konnte zwar keinen Wirkungsmechanismus nachweisen, mit diesem Mangel stand sie jedoch im Vergleich zu anderen Vorstellungen jener Zeit nicht allein. Sie war empirisch fundiert, versprach ein großes Erklärungspotential und war, wie Ästhetiker zu ihren Gunsten bemerkten, auch sehr elegant. Zudem hat Wegener, allerdings in Verkennung der Verschiebungsraten, stets auf geodätische Tests gezielt, und sein Konzept dadurch noch stärker in den Rang einer eigentlich guten empirischen Hypothese gerückt. Die Standards, was eine gute oder zumindest akzeptable Hypothese ausmacht, sind allerdings im Laufe der Geschichte der Disziplinen nicht invariant, und obwohl die Geologie in einer

48 Shoemaker, E. M. & Chao, F. C. T., New evidence for the impact origin of the Ries basin, Bavaria, Germany, *Journal of Geophysical Research*, 66 (1961), S. 3371-3378. Diese Deutung gründet sich v.a. auf den Nachweis einer Hochdruckmodifikation des Quarzes (Coesit), die zur ihrer Entstehung Drücke benötigt, wie sie nicht bei Vulkanausbrüchen, aber bei Impacts von Meteoriten zu erwarten sind.

49 Ein sehr instruktives Dokument hierfür ist der „Bericht über die Thomas-Tagung des Schwarzwälder Vereinszweiges des Vereins für vaterländische Naturkunde in Tübingen im Dezember 1961“, *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde Württemberg* 117 (1962), S. 9-28. Hierin wird von Hölder zutreffend diagnostiziert: „Ein Meteoriteneinschlag, der nach dem augenblicklichen Stand der Erkenntnis allein das Mineral Coesit als Hochdruckmodifikation des Quarzes erzeugt haben kann, ist für die erdgeschichtliche Forschung so etwas wie ein Schlag ins Gesicht: Denn Erdgeschichte bemüht sich ja eben darum, die irdisch-historischen Voraussetzungen für den Eintritt eines erdgeschichtlichen Ereignisses. für das Eigenbild eines Stückes der Erdrinde aufzuzeigen“ (S. 16). Eine zusammenfassende historische Analyse dieser Diskussionen über das Ries existiert noch nicht.

verworrenen theoretischen Situation einen „Newton“ hätte brauchen können, wollte sie Wegener in der Sorge um die Bewahrung ihrer traditionellen Identität nicht zu einem solchen werden lassen.

Wegener saß zwischen vielen Stühlen, wie es vergleichende Betrachtungen zu den möglichen Gründen für die Ablehnung seiner These in den USA und in Deutschland besonders gut zeigen. Seine Vorstellungen von einer über die Grenzen der traditionellen Geologie hinausgreifenden Geowissenschaft sind heute Realität, doch in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts hatte weder die Physik noch die Geologie ein Interesse daran, ihre traditionellen Konturen in dieser Richtung aufzuweichen. Die Geologie konnte dies sogar als Bedrohung empfinden, und es scheint, daß diese traditionelle Haltung erst ab den sechziger Jahren zu bröckeln begann, als die methodologisch und instrumentell wesentlich offener operierende amerikanische Geologie die internationalen Standards setzte.

Das Licht, das die Wegener-Kontroverse speziell auf die Geologie in Deutschland wirft, ist somit kein sonniges. Bedenklich ist, welches Ausmaß beharrende Faktoren in der Wissenschaft haben können, und daß fruchtbare Entwicklungen daher oft nicht durch den etablierten Wissenschaftsbetrieb, sondern oft genug gegen diesen durchgesetzt werden mussten. Wegener hat trotz seines Scheiterns zu Lebzeiten in der Sache der Kontinentalverschiebung zumindest ideengeschichtlich postum einen Sieg errungen. Er war aber nicht nur der Verfechter mobiler Kontinente, sondern auch ein frühen Vertreter moderner Geowissenschaften, und dies könnte, mehr noch als seine Hypothese selbst, ein bedeutender Grund für die zu seiner Zeit so heftige Ablehnung gewesen sein.

ANHANG

Zeittafel: Alfred Lothar Wegener

1880	geboren in Berlin
1904	Promotion: <i>Die Alfonsinischen Tafeln für den Gebrauch eines modernen Rechners</i>
1906	52-stündige Freiballonfahrt: Halle-Jütland-Spessart: neuer Weltrekord
1906-1908	Teilnehmer an der dänischen Danmark Exkursion (Grönland), Leitung Ludvig Mylius-Erichsen
1909	Habilitation in Marburg: <i>Die Drachen- und Fesselballonaufstiege der Danmark-Expedition</i>
1911	<i>Thermodynamik der Atmosphäre</i> , Leipzig: J. A. Barth.
1912	<i>Die Entstehung der Kontinente</i> , Geologische Rundschau 3, S. 276-292 [Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung der Geolog. Vereinigung in Frankfurt/Main am 6. Januar 1912]
1912-1913	Grönland-Expedition unter der Leitung des Dänen J. P. Koch
1913	Heirat mit Lisa Köppen
1915	<i>Die Entstehung der Kontinente und Ozeane</i> , Braunschweig: Vieweg & Sohn [1. Aufl.]
1920	<i>Die Entstehung der Kontinente und Ozeane</i> , Braunschweig [2. veränd. Aufl.]
1921	<i>Die Entstehung der Mondkrater</i> , Braunschweig: Vieweg & Sohn
1922	<i>Die Entstehung der Kontinente und Ozeane</i> , Braunschweig [3.veränd. Aufl.]
1924	<i>The origin of continents and oceans</i> (Übersetzung der 3. Aufl. von J. G. A. Skerl mit einem Vorwort von J. W. Evans), London: Methuen.
1924	mit W. Köppen: <i>Die Klimate der geologischen Vorzeit</i> , Berlin: Borntraeger.
1929	<i>Die Entstehung der Kontinente und Ozeane</i> , Braunschweig [4.veränd. Aufl.]
1929	Vorexpedition Grönland
1930	Grönland-Expedition, Tod Anfang November im Inland-Eis

