

Seminar:
"Geschichte der Naturwissenschaften
am Übergang vom 19. zum 20. Jahrhundert"

Sommersemester 1991
Freitag, der 28. Juli 1991

Die Bedeutung Alfred Wegeners
für die Geologie Deutschlands
in den ersten drei Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts

von

Dr. rer. nat. Matthias Dorn, Geologierat
Odenwaldstraße 16, 3000 Hannover 51

**Die Bedeutung Alfred Wegeners
für die Geologie Deutschlands
in den ersten drei Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts**

Alfred Wegener (1880 - 1930) hat in seinem Leben 170 wissenschaftliche Veröffentlichungen verfaßt¹, davon behandeln nur ca. 30 (Kertz 1980) die Kontinentaldrift; wesentlich bedeutendere Schwerpunkte seiner Arbeit waren die Meteorologie und die Polarforschung, besonders auf Grönland, wo er 1930 während seiner dritten Expedition den Tod fand. Die Theorie zur Entstehung der Kontinente und Ozeane (im folgenden "Verschiebungstheorie" genannt) nimmt in der Gesamtschau seiner wissenschaftlichen Arbeiten nur einen geringen Raum ein. Dennoch ist genau diese Theorie diejenige geworden, mit der sein Name am häufigsten verbunden wird.

Dieser Sachverhalt ist deshalb bemerkenswert, weil Wegener von Hause aus Meteorologe, aus dem Blickwinkel eines Geologen oder Geophysikers also kein Experte war. Dieser Makel des "Nichtfachmanns" hat ihm trotz der schon zu seinen Lebzeiten erworbenen Reputation als Meteorologe und Polarforscher angehaftet .

So gesehen nimmt es nicht Wunder, daß man auf geowissenschaftlicher Seite ein wenig "verschnupft" war, als Wegener mit seiner Verschiebungstheorie an die Öffentlichkeit trat. Erstmals referierte er am 6. Januar 1912 vor der "Geologischen Vereinigung" in Frankfurt/M. über seine neue Theorie. Die aus dem Vortrag entstandene Veröffentlichung (Wegener 1912) blieb seine einzige in einer geologischen Zeitschrift.

Die Reaktion darauf war überwiegend negativ, die Beispiele der Polemik könnten zahlreich sein. Wegener's Theorie wurde vornehm-

1. Eine vollständige Bibliographie findet sich in Schwarzbach (1986).

lich nicht fachlich beurteilt. Die Intervention eines Nichtgeologen mit dem Beschreiten von geologischem Neuland war ein Verstoß gegen das damals gültige "comme il faut" der Wissenschaften. Er erfuhr dadurch eine Ablehnung, die vor allem die Schwächen und Fehler seiner Überlegungen in den Mittelpunkt der Diskussion stellte und so tat, als ob diese Fehler symptomatisch für die Verschiebungstheorie seien. So ist z.B. Sempers Wertung zu verstehen, daß die Verschiebungstheorie zu beweisen "mit unzulänglichen Mitteln unternommen und völlig mißglückt" sei (in Schwarzbach 1980); das Semper damit inhaltlich im wesentlichen richtig lag, steht auf einem anderen Blatt. Die Nichtzugehörigkeit Wegeners zum Kreise der Fachleute verlieh den Schwächen seiner Theorie das entscheidende negative Gewicht.

Außerdem gab es zur Zeit Wegeners ein ausgearbeitetes Konzept über Kontinente und Ozeane, das als "fixistisch" bezeichnet wurde. Dabei ging man davon aus, daß es von Anbeginn der Erde sowohl Ozeane als auch Kontinente gegeben hatte, die als ortsfest angesehen wurden. Kontinente konnten nur aufsteigen oder versinken; eine global laterale Bewegung gab es im Rahmen dieses Konzeptes nicht. Die Entstehung von Faltengebirgen, denen ja notgedrungen eine laterale, deformierende Bewegung zu Grunde liegen mußte, stand dem Fixismus durchaus nicht entgegen, sondern wurde als regionale Eigenbewegung der kontinentalen Kruste (Orogenese) gesehen.

Stille, die herausragende Persönlichkeit der Geologie in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts und "Papst" der Tektonik in Deutschland, hat in seinen Arbeiten über den Atlantik und den Pazifik Wegener kaum Beachtung geschenkt, und durch diese Ignoranz dessen Theorie wohl den entscheidenden Touch verliehen, als "anrühig" zu gelten.

Wie sah es nun mit der substantiellen Auseinandersetzung mit Wegeners Theorie aus? Dazu ist zunächst eine Darstellung seiner Theorie notwendig.

Wegener hat sich, wie sich aus seinen Briefen und Selbstzeugnissen nachweisen läßt, zunächst vom Augenschein leiten lassen. Er bemerkt die Ähnlichkeit der Küstenlinien Südamerikas und Afrikas und beschließt, dem "nachzugehen".

In der vierten Auflage seines Buches "Die Entstehung der Kontinente und Ozeane" (1929) erwähnt Wegener die Bedeutung dieses optischen Eindrucks und schreibt in einem Kapitel über "geschichtliche Vorbemerkungen":

"Die erste Idee der Kontinentverschiebungen kam mir bereits im Jahre 1910 bei der Betrachtung der Weltkarte unter dem unmittelbaren Eindruck von der Kongruenz der atlantischen Küsten, ich ließ sie aber zunächst unbeachtet, weil ich sie für unwahrscheinlich hielt".²

Wegener bezieht sich, was geologisch gesehen richtig ist, nicht auf die heute existierenden Küstenlinien, sondern auf den Rand des Schelfes, der geologisch den Kontinent begrenzt. Legt man die Tiefenlinienpläne des Atlantischen Ozeans, des südamerikanischen und afrikanischen Schelfrandes, aneinander, so überrascht die z. T. präzise Übereinstimmung. Wegener muß dies tatsächlich selber durchgeführt haben. Er ist vom Aufgehen des "kontinentalen Puzzles" so beeindruckt, daß er sich entschließt, hierfür Ursachen zu finden.

Wegener war (s.o.) von Hause aus kein Geologe, er besaß also keine Ausbildung, bei der er "geologische" Paradigmen assimiliert hatte. Eines der zu seiner Zeit gültigen Paradigmen war das der Konstanz der Kontinente und Ozeane, also das des Fixismus. Kontinente und Ozeane entstehen nicht, sie sind - als glo-

2. Wegener war nicht der erste, der die Idee einer Kontinentalverschiebung entwickelte. Er selbst gibt einige Arbeiten an, in denen er Aspekte seiner Theorie bereits erörtert findet. Sehr umfassend liefert Marvin (1973) einen historischen Überblick über die Entwicklung der Theorie der Kontinentaldrift.

bale Erscheinungen genommen - gegebene Bestandteile der Erde. Alles, was sich an Bewegungen auf der Erde (Tektonik) abspielt, läuft innerhalb der Kontinente (bzw. innerhalb der Ozeane) ab. Die Frage nach der Entstehung der Kontinente und Ozeane aus geologischer Sicht stellte sich nicht, weil das Paradigma des Fixismus sie als überflüssig erscheinen ließ. Wegener ist diesem Paradigma nicht verpflichtet und kann die Frage nach der Entstehung der Kontinente und Ozeane unbefangen stellen.

Diese Unbefangenheit drückt sich auch deutlich aus; so sagt er (1929), S. 17:

"...; es muß ein versteckter Fehler in den als selbstverständlich gemachten Voraussetzungen liegen".

Im folgenden muß die Argumentationsstruktur Wegeners analysiert werden, um darzustellen, worin der Kern seiner Theorie steckt.

Wegeners Ansatz besteht darin, die Aufteilung der Erdkruste in eine kontinentale und eine ozeanische Kruste nicht nur petrographisch zu interpretieren, sondern diese verschiedenen Krustenteile als Bewegungselemente zu verstehen.

Er betrachtet die Kontinente (Sial) als "schwimmende Schollen" auf der schwereren, ozeanischen Kruste (Sima). Er wendet also das, was ihm der Augenschein vermittelte, auf die globale Struktur der Erdkruste an. Für die Darstellung dieser Idee benötigt er nur etwas mehr als fünf Seiten seines Buches, von denen zwei noch ganz mit paläographischen Karten (Abb. 1) versehen sind. Der entscheidende Gedanke Wegeners ist der, daß er im Gegensatz zum fixistischen Bild globale, laterale Bewegungen der Kontinente annimmt bzw. zuläßt.

Er führt seine Theorie auf eine durchaus übliche Weise ein: In Kapitel 2 "Das Wesen der Verschiebungstheorie und ihr Verhältnis zu den bisher herrschenden Vorstellungen über die Änderungen

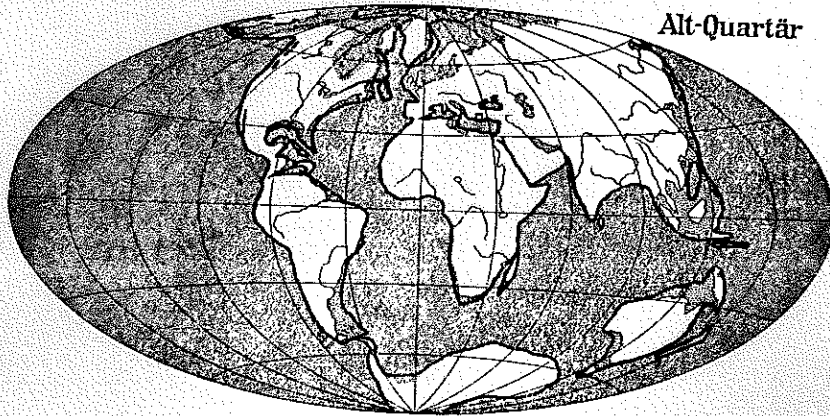
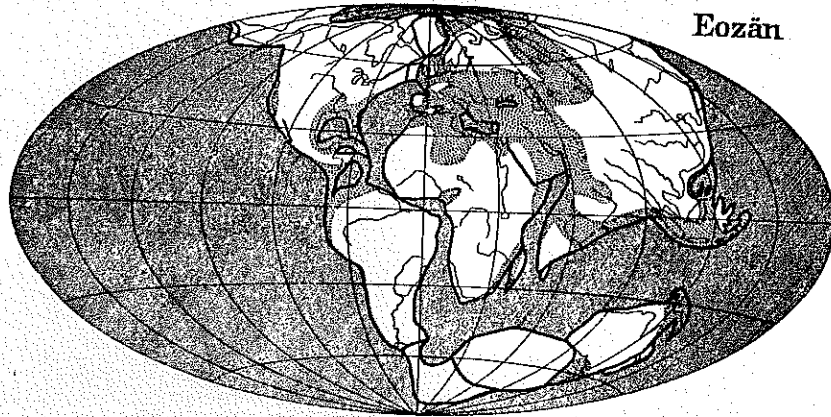
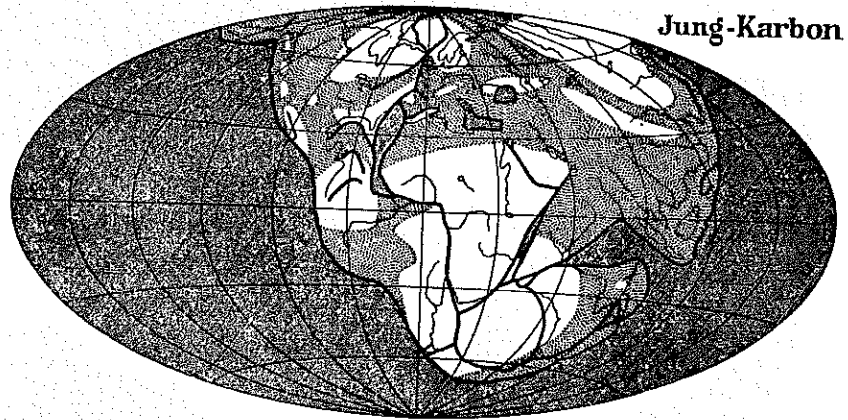


Abb. 1: Wegeners (1929) paläogeographische Darstellung seiner Kontinentalverschiebungstheorie

der Erdoberfläche in geologischen Zeiten" (1929) zeigt er - das ist jetzt sehr wichtig - die geringe explanatorische Kraft der fixistischen Theorien.

Dabei kann er folgenden Sachverhalt ins Feld führen: Es hat zu bestimmten Zeiten in der Erdgeschichte Lebensräume von Pflanzen und Tieren in Regionen gegeben, die heute, durch tiefe Ozeane getrennt, auf verschiedenen Kontinenten liegen. Wie können ein und dieselben Arten zu ein und derselben Zeit an Plätzen gelebt haben, die heute unüberbrückbar weit auseinander liegen? Die fixistische Theorie postulierte hierfür ehemals existierende und später versunkene Landbrücken, z.B. zwischen Europa und Nordamerika sowie Afrika und Südamerika (Abb. 2).

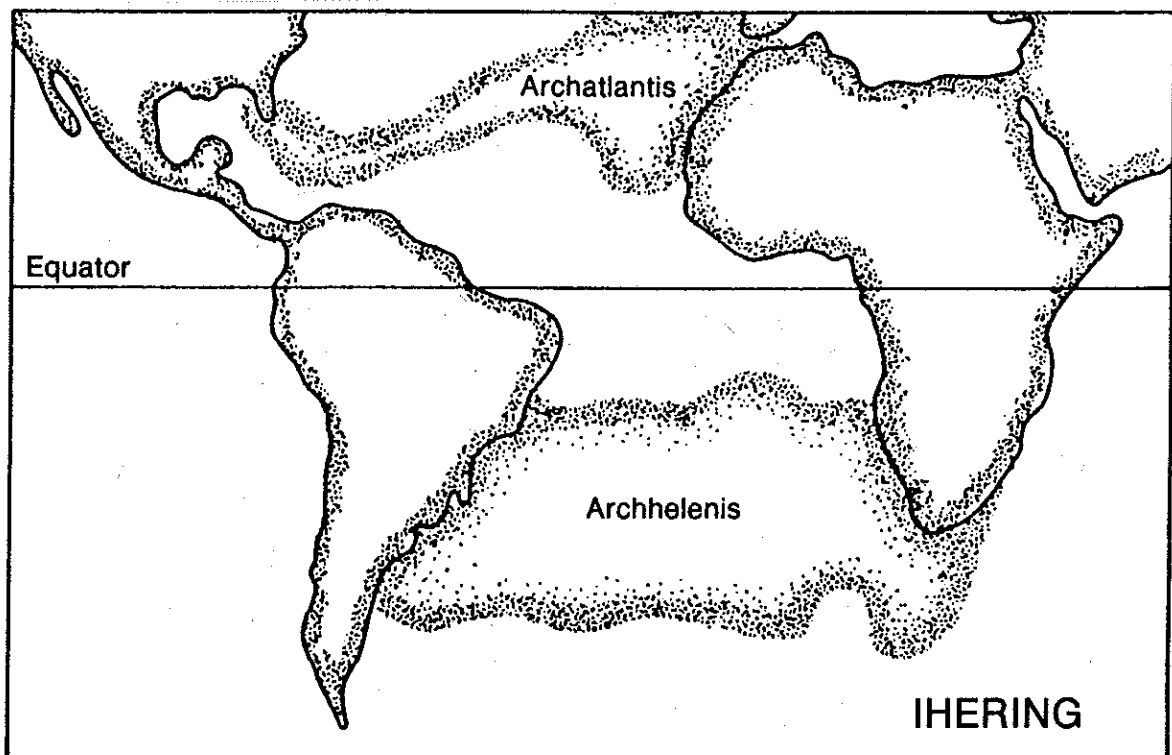
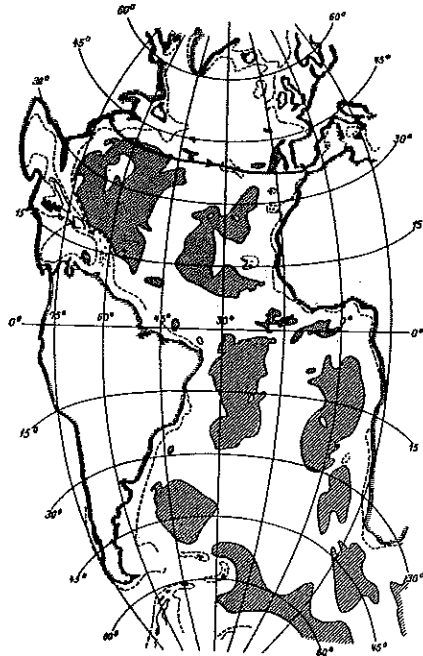


Abb. 2: Die im fixistischen Konzept postulierten transatlantischen Landbrücken, die erklären helfen sollten, wie dieselben Arten in der Vergangenheit zur gleichen Zeit an heute weit voneinander liegenden Orten lebten (aus Schwarzbach 1986).

Wegener kann in der vierten Auflage (1929) seines Buches einen Tiefenlinienplan des Atlantiks (Abb. 3) heranziehen, der nichts von versunkenen Landbrücken zeigen. Im Gegenteil: Der mittelatlantische Rücken wird erkennbar; eine Struktur, deren Orientierung genau senkrecht zu den postulierten, versunkenen Landbrücken verläuft. Wegeners Argumente gegen die Existenz der Landbrücken wurden durch ozeanographische und geophysikalische Daten gestützt. Der fixistische Deutungsversuch der Artenverteilung ist demnach auf Grund dieser Daten nicht mehr aufrechtzuerhalten.



Die unter 5000 m Tiefe liegenden Flächen
des atlantischen Meeresbodens

Abb. 3: Eine Tiefenlinienkarte des atlantischen Meeresbodens, die den "Mittelatlantischen Rücken" erkennen läßt (aus Wegener 1929).

Nachdem er dies erfolgreich dargestellt hat, beginnt Wegener, für seine Theorie in den nächsten sechs Kapiteln "Argumente", wie er sie nennt, zu sammeln. Geophysikalische, paläontologische, biologische (eigentlich paläobiogeographische), paläo-

klimatische und die Pole betreffende Befunde sprechen dafür, daß die Kontinente einmal eine Einheit bildeten, dann im Laufe der Erdgeschichte auseinanderbrachen und voneinander wegdrifteten. Seine Argumentationsstrategie kann beispielhaft an dem von ihm angestellten Vergleich der Gebirgszüge beiderseits des Atlantiks beschrieben werden.

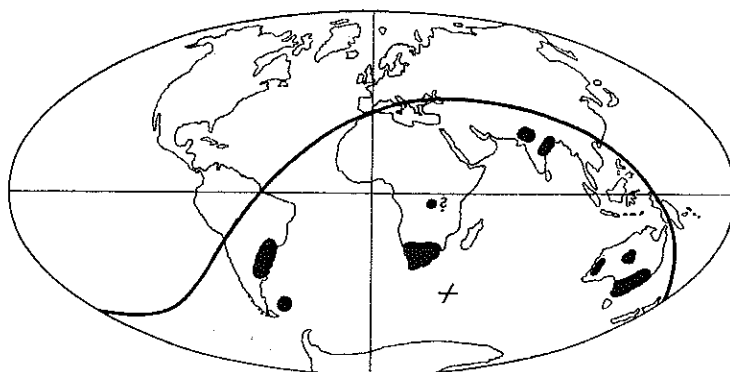
Er beginnt mit der einleitenden Bemerkung, daß die "markante Linienführung der Schollenränder eine durchaus zwangsläufige ist" und es zur Rekonstruktion der ehemals zusammengehörigen Kontinente keine Alternative gäbe. Für den Fall der Richtigkeit der Verschiebungstheorie müßten die Faltengebirge, die sich vor der Zeit des Auseinanderbrechens der Kontinente gebildet haben und in West-Ost-Richtung orientiert sind, im rekonstruierten Zustand direkt aneinanderstoßen.

Das ist deduktiv gedacht: er unterstellt die Richtigkeit der Verschiebungstheorie, rekonstruiert die Kontinentenlage und prüft nun, ob seine Behauptung bzgl. der Faltengebirge richtig ist. Er kommt zu folgendem Ergebnis: Die Kapgebirge Südafrikas und die Sierren südlich von Buenos Aires gehören offensichtlich nach tektonischem Bau, Schichtenfolge und Fossilinhalt zusammen. Das gleiche gilt für die afrikanischen und brasilianischen Gneise und für die Sedimente des afrikanischen Karroosystems und des brasilianischen Santa-Catharina-Systems. Wegener kann insgesamt 15 solcher Ähnlichkeiten bzgl. der Geologie zwischen Südafrika und Brasilien angeben, die z.T. aus den Arbeiten des südafrikanischen Geologen Du Toit stammen.

Vergleichbare Ergebnisse kann Wegener auch bei anderen Kontinenten, die nach seiner Rekonstruktion zusammengehören, vorweisen. Hier sollen noch die Fortsetzungen der nordwestlich streichenden Gebirge der Bretagne und Südwestenglands in den Apalachen Nordamerikas und die der Gebirge der Hebriden und Nordschottlands in den Gebirgen Labradors erwähnt werden.

So, wie er bei den geologischen Gegebenheiten verfährt, geht er bei allen anderen o.g. Aspekten vor. Besondere Beachtung verdienen dabei noch die paläoklimatischen "Argumente". Als Meteorologe liegt ihm die Klimakunde natürlich nahe, und insbesondere die Auflösung der z.T. verwirrenden klimatischen Wechsel im Laufe der Erdgeschichte unter Zuhilfenahme der Verschiebungstheorie wertet er als bedeutendes Argument.

Durch die Rekonstruktion der kontinentalen Drift kann Wegener z.B. die Spuren der permokarbonischen Vereisung, die heute verstreut über Südamerika, Südafrika, Ostafrika, Arabische Halbinsel, Indien und Australien liegen, als die Spuren einer ehemals eine Region, den sog. Kontinent "Gondwana", bedeckenden Vereisung deuten (Abb. 4).



Die permokarbonen Inlandeisspuren auf den heutigen Kontinenten. Das Kreuz bezeichnet die für die Erklärung günstigste Lage des Südpols; die stark ausgezogene Kurve ist der zugehörige Äquator.

Abb. 4: Die rezente Lage der Spuren der permokarbonischen Vereisung auf den Südkontinenten (aus Wegener 1929).

Aber auch hier verfährt Wegener genauso wie bei den geologischen "Argumenten": Zuerst rekonstruiert er die Lage der Kontinente und stellt dann Übereinstimmung vieler Befunde verschiedener Regionen fest.

Wissenschaftstheoretisch exakt formuliert geht Wegener folgendermaßen vor: Er demonstriert die große explanatorische Kraft

seiner Verschiebungstheorie. Unter explanatorischer Kraft verstehen Hempel & Oppenheim (1948) das möglichst große Verhältnis von abgeleiteten Erklärungen zu aufgestellten Behauptungen.

Die einzige Behauptung Wegeners ist die Drift der Kontinente durch die Ozeane. Alle anderen Befunde, die er als "Argumente" bezeichnet, sind erklärerischer Art, in Form logischer Ableitungen gegebene Sätze. Er zeigt, was seine Theorie zu leisten vermag; daß er sich dieser Strategie bedient, hat zwei Gründe. Einmal den, die Überlegenheit seiner Theorie gegenüber den fixistischen Ansätzen zu zeigen. Die Darstellung dieser Überlegenheit ist ihm gelungen.

Dennoch reicht sie nicht aus, seiner Theorie zum Durchbruch zu verhelfen. Wegener vermag Probleme zu lösen, die der fixistische Ansatz entweder auch schon gelöst hatte (z.B. versunkene Landbrücken) oder gar nicht als Problem betrachtete. Er erklärt also etwas, das zu erklären nicht notwendig war. Deswegen mußte die Demonstration der erklärerischen Kraft seiner Theorie verpuffen.

Der zweite Grund ist der, daß sich Wegener in Beweisnot befindet. Ein Argument ist dem Sinne nach eigentlich ein Beweisgrund, also ein Satz, der den Gehalt einer Theorie in ihrer Substanz absichert.

Hier unterliegt Wegener einem Irrtum; die von ihm fälschlicherweise als "Argumente" bezeichneten Befunde sind ja keine inhaltliche Absicherung seiner Theorie, sondern Ausdruck ihrer erheblichen explanatorischen Kraft. Eine Theorie aber, die viel zu erklären vermag, wirkt überzeugend. Viele erfolgreiche Ableitungen sprechen für sich, und die psychologische Wirkung, die sie auslösen, nämlich die, daß wir dann der Theorie Richtigkeit unterstellen, darf nicht mit einem Beweis verwechselt werden. Über ihre Verifikation bzw. Falsifikation ist damit noch nichts gesagt.

Worin bestand nun das Beweisdefizit Wegeners? Seine Theorie lautete, daß die Kontinente lateral durch die Ozeane bzw. über den ozeanischen Boden driften. Diese Theorie wäre beweisbar, wenn mindestens eine der folgenden zwei Bedingungen erfüllt sind:

- 1) Die Drift der Kontinente ist meßbar.
- 2) Die Kräfte, die die Kontinente bewegen, sind bekannt bzw. in ihrer Wirkung nachweisbar.

Zu 1) Ließe sich die Drift der Kontinente messen, so wäre damit die Verschiebungstheorie de facto bewiesen. Um einen solchen Beweis zu führen, bedarf es genauer geodätischer Messungen.

Zu 2) Die Kraft, die die Kontinente antreibt, muß vornehmlich aus dem Erdinneren kommen, obwohl auch astrophysikalische Einflüsse nicht auszuschließen sind. Welche Vorgänge im Erdinnern könnten hier in Frage kommen? Hierfür wären vornehmlich geophysikalische Messungen durchzuführen.

Diese Beweisforderungen waren Wegener nicht unbekannt. Im Gegenteil: Er hat beide Aspekte ausführlich diskutiert und auch Antworten vorgeschlagen.

Zunächst zum Problem der meßbaren Driftgeschwindigkeit: Sie besitzt für ihn Priorität, denn er erwähnt, daß sich mittels geodätischer Messungen (er spricht genauer von astronomischen Ortsbestimmungen) der Tatbestand der Kontinentaldrift nachweisen ließe.

Wegener selbst wertet die geodätischen Argumente wie folgt:

"Es ist ein großer Vorzug, den die Verschiebungstheorie vor allen anderen Theorien mit ähnlich weitreichenden Aufgaben voraus hat, daß sie sich durch exakte astronomische Ortsbe-

stimmungen prüfen läßt. Wenn die Kontinentverschiebungen so lange Zeiträume hindurch tätig waren, so ist es auch wahrscheinlich, daß sie auch heute noch fort dauern, und es ist nur die Frage, ob die Bewegungen schnell genug sind, um sich unseren astronomischen Messungen innerhalb nicht allzu langer Zeiträume zu verraten."

Aufgrund vorhandener Messungen gibt er als Driftgeschwindigkeit Grönlands in der Zeit von 1823 bis 1870 9 m pro Jahr und von 1870 bis 1907 sogar 32 m pro Jahr an. Am Schluß der vierten Auflage seines Buches korrigiert er diese Angaben, ausgehend von neueren Daten, auf ca. $0,32 \text{ m} \pm 0,08$ pro Jahr als Geschwindigkeit der Entfernung zwischen Nordamerika und Europa.

Mit diesen Zahlenangaben hat sich Wegener einen schlechten Dienst erwiesen. Zu seiner Zeit waren die globalen geodätischen Messungen mit so großen Ungenauigkeiten behaftet, daß Angaben in der von ihm genannten Größenordnung schon aus meßtechnischen Gründen nicht haltbar waren. Er hat sich, wie heute nachweisbar ist, gleich um mehrere Zehnerpotenzen geirrt. Die Bewegungen der Kontinente geschehen viel langsamer, als es Wegener angab.

Dieser Irrtum findet in der einschlägigen Literatur (z.B. Closs et. al. 1980, Kertz 1980, Schwarzbach 1980) eine breite Beachtung, jedoch vor einem mißverständlichen Hintergrund. Wegener hat sich alleine geirrt in der Größenordnung der Driftgeschwindigkeit, worin er sich nicht geirrt hat, ist der argumentative Stellenwert, den die geodätischen Messungen besitzen. Sein Ansatz zur Beweisführung war weder falsch noch irrig, vielmehr wertet er den Charakter der geodätischen Messungen richtig. Nun hat er falsche Zahlenangaben vorgelegt und im nachhinein haben Kritiker daraus Kapital geschlagen.

Den Widersachern der Verschiebungstheorie fiel so die Argumentation leicht: Weil sich Wegeners Angaben bald als unrichtig herausstellten und meßtechnisch nicht haltbar waren, wurde daraus geschlossen, daß sich die Kontinente nicht verschieben, damit war seine Theorie obsolet!

Nicht anders verhielt es sich mit dem zweiten Beweispunkt, nämlich dem Motor der Kontinentverschiebung. In einem eigenen Kapitel widmet sich Wegener dieser Frage. Hier ist in den insgesamt vier Auflagen seines Buches eine Wandlung erkennbar. In der ersten Auflage (1915) führte er vornehmlich die Polfluchtkraft und Gezeitenreibungen im Erdkörper an. Die Polfluchtkraft, eine Resultierende aus Massenanziehung, Zentrifugalkraft im Erdkörper und Corioliskraft, hat sich, wie ebenfalls schnell erkannt wurde, als viel zu klein erwiesen. Wegener hat ihr eine große Bedeutung zugestanden, so daß der Nachweis ihrer Bedeutungslosigkeit seiner Verschiebungstheorie geschadet hat.

In der vierten Auflage (1929) diskutiert er die Polfluchtkraft zwar immer noch ausführlich, er nennt jedoch noch weitere Kräfte, so die Kräfte durch Abweichungen vom Rotationselipsoid, Massenströmungen bei interner Achsenverlagerung und Konvektionsströme. Diese spielen heute in der Plattentektonik als Antriebskräfte der Plattenbewegungen eine entscheidende Rolle. Ampferer, Schwinner und Holmes haben die Theorie der Konvektionsströme im Erdmantel noch zur Lebzeit Wegeners entwickelt, der sie jedoch nicht gebührend bewertet hat.

Insgesamt gelang es Wegener nicht, die Frage nach den Antriebskräften der Kontinentbewegung befriedigend zu beantworten. In allen Auflagen seines Buches spricht er das auch deutlich aus:

"Für die Verschiebungstheorie ist der Newton noch nicht gekommen. Man braucht wohl nicht zu besorgen, daß er ganz ausbleiben werde, denn die Theorie ist noch jung und wird heute noch vielfach angezweifelt, und man kann es schließlich dem Theoretiker nicht verübeln, wenn er zögert, Zeit und Mühe an die Aufklärung eines Gesetzes zu wenden, über dessen Richtigkeit noch keine Einigkeit herrscht."

Angesichts des hohen explanatorischen Wertes seiner Theorie ist er bereit, diese elementare Frage, die eine Schlüsselfrage für seine Theorie ist, zugegebenermaßen offen zu lassen.

Seine Widersacher haben diesen Punkt anders gesehen und bewertet. Sie haben die explanatorische Kraft seiner Theorie beiseite geschoben und zu Recht darauf hingewiesen, daß auch dieser zweite Punkt, der tatsächlich Beweiskraft hätte beinhalten können, ungeklärt war.

Damit ergibt sich folgende Situation: Wegeners Gegner hatten recht mit ihren Einwänden. Seine Theorie war nicht bewiesen, denn weder existierte eine anerkannte Messung zur aktuellen Drift der Kontinente, noch war der Motor einer solchen Drift exakt beschrieben. Obwohl er intellektuell so redlich ist und dieses Beweisdefizit eingesteht, kann er damit nicht verhindern, daß seine Theorie schließlich verworfen wird, eingedenk all ihrer explanatorischen Kraft.

Insbesondere in Anbetracht der Tatsache, daß Wegener kein Geologe oder Geophysiker war und außerdem der fixistischen Anschauung widersprach, erhielt das Beweisdefizit durch seine Gegner eine überproportionale Bewertung. Die Geringschätzung des Nichtfachmanns und die Verärgerung, einer gefestigten geologischen Anschauung widersprochen zu haben, ließen sich mit dem Beweisdefizit und dessen exponierter Darstellung gut kaschieren.

Die Entwicklung und Behandlung der Wegenerschen Theorie zeigt deutlich, wie vorsichtig die explanatorische Kraft einer Theorie bei der Beweisführung zu werten ist. Erklärerische Kraft wirkt psychologisch beeindruckend, sie demonstriert, daß die Theorie erfolgreich auf die Wirklichkeit angewandt werden kann. Sie kann jedoch die Beweisnotwendigkeit nicht ersetzen.

An dieser Stelle soll kurz auf den oft angestellten Vergleich von Kopernikus und Wegener (z.B. Wilson 1968) eingegangen werden. Zutreffend an diesem Vergleich ist zunächst, daß beide einen Umbruch bewirkten, der mehr als nur die Neuaufstellung einer Theorie beinhaltete.

Der Vergleich erweist sich als gerechtfertigt bezüglich des Beweisdefizits, das beide Umbrüche kennzeichnete. Kopernikus' Himmelsmodell als auch Wegeners Theorie befinden sich in der Not, das nicht beweisen zu können, was sie behaupten (Weizsäcker 1964). Bei Kopernikus' Modell ist dies inzwischen nachgeholt, für die Verschiebungstheorie gelang es nicht.

Eingedenk einiger Ähnlichkeiten erscheint die Parallelisierung von Kopernikus und Wegener dennoch als überzogen. Die kopernikanische Wende besteht ja nicht nur darin, eine astronomische Theorie zu revidieren, sondern vor allem in ihrer Auseinandersetzung mit philosophischen, theologischen und ästhetischen Problemen. Diese Dimension fehlt bei Wegener, er initiiert "nur" eine Umwälzung in den Geowissenschaften. Da aber die Komplexität der kopernikanischen Wende gerade das Entscheidende an ihr ist, genau diese jedoch bei Wegener nicht existiert, ist eine Parallelisierung der beiden Umbrüche wohl nicht statthaft.

Zeittafel (aus Schwarzbach 1980)

1880, 1. Nov.	geboren in Berlin
1899	Abitur am Köllnischen Gymnasium, Berlin
1899-1904	Studium der Naturwissenschaften, besonders der Astronomie, in Heidelberg, Innsbruck und Berlin
1904, 24. Nov.	Doktorprüfung in Berlin
1905-06	Assistent am Aeronautischen Observatorium Lindenberg
1906-08	Teilnahme an der dänischen Grönland-Expedition Mylius-Erichsen
1909	Habilitation für Meteorologie und Astronomie an der Universität Marburg
1909-19	Privatdozent, seit 1917 apl. Professor, in Marburg
1911	„Thermodynamik der Atmosphäre“ (2. Aufl. 1924, 3. Aufl. 1928)
1912, 6. Jan.	Erster Vortrag über die „Verschiebungstheorie“ bei der Geol. Vereinigung, Frankfurt a. M.
1912-13	Teilnahme an der dänischen Grönland-Expedition von J. P. Koch, Durchquerung Nord-Grönlands
1913	Heirat mit Else Köppen, Tochter des Meteorologen Wladimir Köppen
1914-18	Teilnahme am Weltkrieg
1915	„Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ (2. Aufl. 1920, 3. Aufl. 1922, 4. Aufl. 1929)
1919-24	Abteilungsleiter bei der Deutschen Seewarte Hamburg, apl. Professor an der Universität Hamburg
1924	„Die Klimate der geologischen Vorzeit“ (mit W. Köppen)
1924-30	o. Professor der Geophysik und Meteorologie an der Universität Graz
1926	Symposium „Theory of continental drift“ in New York
1929	Vorexpedition in Grönland
1930-31	Deutsche Grönland-Expedition Alfred Wegener
1930, Nov.	Tod auf dem grönländischen Inlandeis

Literatur

- Charon, P. (ed.) (1974): Carte des Fonds des Océans.-France
- Closs, H., Giesl, P. & Jacobshagen, V. (1980): Alfred Wegeners Kontinentalverschiebung aus heutiger Sicht.-Spek.d.Wiss. 10,32-45.
- Cohen, I.B. (1986): Continental Drift and Plate Tectonics: A Revolution in the Earth Science.-p.167-199 in: Schwarzbach, M: Alfred Wegener Father of Continental Drift.-241p; (Science Tech), Madison.
- Cox, A. (1973): Plate Tectonics And Geomagnetic Reversals.-702p; (Freeman), San Francisco.
- Dietz, R.S. & Holden, J.C. (1973): Continents Adrift: New Orthodoxy or Persuasive Joker?-S.1105-1121 in: Tarling, D. H. & Runcorn, S.K. (ed.): Implications of Continental Drift of The Earth Sciences; (Academic Press), London.
- Dorn, M. (1989): Von Alfred Wegeners Verschiebungstheorie zur Theorie der Plattentektonik. Die Struktur einer wissenschaftlichen Revolution in den Geowissenschaften. Teil I: Alfred Wegeners Verschiebungstheorie der Kontinente; Teil II: Der Neuanfang durch die Theorie der Plattentektonik.-Die Geowissenschaften 7,44-49,61-70.
- Engelhardt, W.v. (1979): Die Entwicklung der geologischen Ideen seit der Goethezeit.-Abh.Braunsch.Wiss.Ges; 1-23; Braunschweig.
- Engelhardt, W.v. (1977): Das Erdmodell der Plattentektonik - ein Beispiel für Theorienwandel in den neueren Geowissenschaften.-S.91-109 in: Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen und die Geschichte der Wissenschaften.-DIENER, A. (Hrsg.); (Anton Hain), Meisenheim am Glan.
- Engelhardt, W.v. (1975): Theorienwandel in den Geowissenschaften.-Freiburger Univ.Bl.49,17-30.
- Engelhardt, W.v. & Zimmermann, J. (1982): Theorie der Geowissenschaft.-382 S; (Schöningh), Paderborn.
- Frankel, H. (1980): Hess's Development of his Seafloor Spreading Hypothesis.- S.345-366 in: NICKELS, T.: Scientific Discovery. Case Studies; (D. Reidel), Dordrecht.
- Frankel, H. (1979a): The Reception and Acceptance of Continental Drift Theory as a Rational Episode in the History of Science.-AAAS sel.Symp.25,1979,91-89; Boulder/Col.
- Frankel, H. (1979b): Why Drift Theory Was Accepted with the Confirmation of Harry Hess's Concept of Sea-Floor Spread-

- ing.-p.337-353 in: SCHNEER, C. J. (ed): Two Hundred Years of Geology in America.-385 p; (University press of New England), Hanover (New Hampshire).
- Frankel, H. (1978): The Non-Kuhnian Nature of the Recent Revolution in the Earth Sciences.-PSA 1978, Vol. 2, 197-214; East Lansing, Michigan.
- Hallam, A. (1975): Alfred Wegener and the Hypothesis of Continental Drift.-Scient.Amer 232,2, S.88-97.
- Hallam, A. (1973): A Revolution in the Earth Sciences. From Continental Drift to Plate Tectonics.-127 S; (Clarendon), Oxford.
- Hempel, C.G. & Oppenheim, P. (1948): Studies in the Logic of Explanation.-Phil. Science 15, 135-177.
- Hörz, H. (1982): Alfred Wegener als Wissenschaftler seiner Zeit - Erkenntnistheoretische Überlegungen.-Z.Geolog. Wiss.10, 297-306.
- Hübner, K. (1976): Kritik der wissenschaftlichen Vernunft.-442 S; (Karl Alber), Freiburg.
- Kautzleben, H. (1980): Alfred Wegener und sein Beitrag zur Geodynamik.-Gerlands.Beitr.Geophysik 89, 353-356.
- Kertz, W. (1980a): Vom falschen Ansatz zur richtigen Theorie.-Bild d.Wiss.11, 78-86.
- Kertz, W. (1980b): Alfred Wegener - Reformator der Geowissenschaften.-Phys. Bl.36, 347-353.
- Kitts, D.B. (1977): The Structure of Geology.- 180S; (SMU Press), Dallas.
- Kraus, E. (1959): Die Entwicklungsgeschichte der Kontinente und Ozeane.-282 S.; (Akademie Verlag), Berlin.
- Kuhn, T. (1970): The Structure of the Scientific revolution (2 ed).-210 S; (University of Chicago Press), Chicago.
- Laudan, R. (1980a): The Methode of Multiple Working Hypotheses And The Development of Plate Tectonic Theory.- p.331-343 in: Nickels, T.: Scientific Discoveries. Case Studies.- 382p; (Reidel); Dordrecht.
- Laudan, R. (1980b): The Recent Revolution in Geology and Kuhn's Theory of Scientific Change.-p.284-296 in: Gutting, G.: Paradigms And Revolutions.-339p; (University of Notre Dame Press), London.
- Marwin, U.B. (1973): Continental Drift - The Evolution of a

- Concept.-239 s; (Smithsonian Institution press); Washington D.C.
- Meißner, R. & Vetter, U. (1981): Großräumige Bewegungsvorgänge auf der Erde.- 36 S.; (Schöningh), Paderborn.
- Meyerhoff, A.A. (1968): Arthur Holmes: Originator of Spreading Ocean Floor Hypothesis.-J.Geophys.Res.73,Nr.20,6563-6565.
- Minster, J.B. & Jordan, T.H. (1978): Present day plate motions.-J.Geoph. Res.90,9301-9311.
- Rudwick, M.J.S. (1971): Uniformity and Progression: Reflections on the Structure of Geological Theory in the Age of Lyell.-S.209-237 in: ROLLER, D.H.D (ed): Perspectives in the History of Science and Technology; Oklahoma.
- Ruse, M. (1978): What Kind of Revolution Occured in Geology?-PSA 1978, Vol.2, 240-273; East Lansing, Michigan.
- Ryan, J.W. & Ma, C. (1987): Crustell Dynamics Project Data Analysis.-NASA Techn.Mem.100682; Greenbelt, Md.
- Salomon-Calvi, W. (1930): Die Bedeutung der Wegener'schen Kontinentalverschiebungstheorie.-Naturw. Monatshefte f.d. biol.chem.geogr.geol. Unterricht 27,132-142.
- Schwarzbach, M. (1986): Alfred Wegener: The Father of Continental Drift.-241 S. (Springer), Berlin.
- Schwarzbach, M. (1980): Alfred Wegener und die Drift der Kontinente.-160 S; (Wiss.Ver.ges.), Stuttgart.
- Sengör, A. (1982): Eduard Suess' Relation to the Pre-1950 Schools of Thought in Global Tectonic.-Geolog.Rdsch.71, 381-420.
- Wegener, A. (1912): Die Entstehung der Koninente.-Geol.Rdsch. 3,276-292.
- Wegener, A. (1929): Die Entstehung der Kontinente und Ozeane.-4.Aufl, 231 S; (Vieweg), Braunschweig.
- Weizsäcker, C.F.v. (1964): Die Tragweite der Wissenschaft.-243 S;(Hirzel), Stuttgart.
- Wilson, J.T. (1968): Static or Mobile Earth; The Current Scientific Revolution.-Proc. Amer.Philos.Soc.112,(5), 309-320.