



681
2014

Berichte

zur Polar- und Meeresforschung

Reports on Polar and Marine Research

Und sie bewegen sich doch ...

**Alfred Wegener (1880 - 1930): 100 Jahre
Theorie der Kontinentverschiebung - eine
Reflexion**

Reinhard A. Krause

Die Berichte zur Polar- und Meeresforschung werden vom Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI) in Bremerhaven, Deutschland, in Fortsetzung der vormaligen Berichte zur Polarforschung herausgegeben. Sie erscheinen in unregelmäßiger Abfolge.

Die Berichte zur Polar- und Meeresforschung enthalten Darstellungen und Ergebnisse der vom AWI selbst oder mit seiner Unterstützung durchgeführten Forschungsarbeiten in den Polargebieten und in den Meeren.

Die Publikationen umfassen Expeditionsberichte der vom AWI betriebenen Schiffe, Flugzeuge und Stationen, Forschungsergebnisse (inkl. Dissertationen) des Instituts und des Archivs für deutsche Polarforschung, sowie Abstracts und Proceedings von nationalen und internationalen Tagungen und Workshops des AWI.

Die Beiträge geben nicht notwendigerweise die Auffassung des AWI wider.

Herausgeber

Dr. Horst Bornemann

Redaktionelle Bearbeitung und Layout

Birgit Chiaventone

Alfred-Wegener-Institut
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
Am Handeshafen 12
27570 Bremerhaven
Germany

www.awi.de

www.reports.awi.de

Der Erstautor bzw. herausgebende Autor eines Bandes der Berichte zur Polar- und Meeresforschung versichert, dass er über alle Rechte am Werk verfügt und überträgt sämtliche Rechte auch im Namen seiner Koautoren an das AWI. Ein einfaches Nutzungsrecht verbleibt, wenn nicht anders angegeben, beim Autor (bei den Autoren). Das AWI beansprucht die Publikation der eingereichten Manuskripte über sein Repositorium ePIC (electronic Publication Information Center, s. Innenseite am Rückdeckel) mit optionalem print-on-demand.

The Reports on Polar and Marine Research are issued by the Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research (AWI) in Bremerhaven, Germany, succeeding the former Reports on Polar Research. They are published at irregular intervals.

The Reports on Polar and Marine Research contain presentations and results of research activities in polar regions and in the seas either carried out by the AWI or with its support.

Publications comprise expedition reports of the ships, aircrafts, and stations operated by the AWI, research results (incl. dissertations) of the Institute and the Archiv für deutsche Polarforschung, as well as abstracts and proceedings of national and international conferences and workshops of the AWI.

The papers contained in the Reports do not necessarily reflect the opinion of the AWI.

Editor

Dr. Horst Bornemann

Editorial editing and layout

Birgit Chiaventone

Alfred-Wegener-Institut
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
Am Handeshafen 12
27570 Bremerhaven
Germany

www.awi.de

www.reports.awi.de

The first or editing author of an issue of Reports on Polar and Marine Research ensures that he possesses all rights of the opus, and transfers all rights to the AWI, including those associated with the co-authors. The non-exclusive right of use (einfaches Nutzungsrecht) remains with the author unless stated otherwise. The AWI reserves the right to publish the submitted articles in its repository ePIC (electronic Publication Information Center, see inside page of verso) with the option to "print-on-demand".

Die Karte auf dem Titelblatt zeigt die erste Wegenersche Darstellung der Pangäa. Sie ist abgedruckt auf S. 61 in der zweiten Auflage des Buches Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Verlag Vieweg, Braunschweig 1920, 135 S. Der Originaldurchmesser der Erdhalbkugel beträgt im Original 8 cm. Die Bildunterschrift lautet im Original (Fig. 23): Lage der Kontinentalschollen für die Karbonzeit. In der oben zitierten Ausgabe wird auch erstmals der Begriff Pangäa verwendet (S. 120).

Und sie bewegen sich doch ...

Alfred Wegener (1880-1930): 100 Jahre Theorie der Kontinentverschiebung – eine Reflexion

Reinhard A. Krause

Please cite or link this publication using the identifiers

hdl:10013/epic.44310 or <http://hdl.handle.net/10013/epic.44310> and

doi:10.2312/BzPM_0681_2014 or http://doi.org/10.2312/BzPM_0681_2014

ISSN 1866-3192

Der Band 681 ist zusammen mit dem Band 682 *Handschriftliche Bemerkungen in Alfred Wegeners Exemplar von: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 1. Auflage 1915*, erschienen. Herausgeber Dr. Reinhard A. Krause. Beide Ausgaben nehmen unmittelbar aufeinander Bezug, sind jedoch eigenständige Werke.

Dr. Reinhard A. Krause
Alfred-Wegener-Institut
Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung
27570 Bremerhaven
Germany

Inhaltsverzeichnis

I.	Einleitung	3
II.	Betrachtungen zur Entstehung der Verschiebungstheorie im Kontext der persönlichen und wissenschaftlichen Entwicklung Wegeners	7
III.	Zur Entwicklung, Begründung und zu den Aussagen der Verschiebungstheorie	13
IV.	Zu den geowissenschaftlichen Unstimmigkeiten der Theorie	26
V.	Resüme – Betrachtungen zur Rezeption – Übergang zur Plattentektonik	34
VI.	Zusammenschau	40
VII.	Literaturverzeichnis	42

I. EINLEITUNG

"Theorien" zur Entwicklung der Erdoberfläche und des sie bevölkernden Lebens haben in der Geschichte der Wissenschaften eine spezielle Rolle gespielt.¹ Herausragend ist die von Charles Darwin (1809-1882) entwickelte Vorstellung zur Entstehung der Arten (Evolutionstheorie). Der Darwinismus als Erkenntnis des 19. Jahrhunderts ist auch ein besonders prägnantes Beispiel dafür, dass wissenschaftliche Theorien, selbst wenn sie sich nicht unmittelbar praktisch anwenden lassen, erhebliche Rückwirkungen auf die Kulturgeschichte haben können.²

Die Erfassung und Interpretation von Daten zur geologischen Entwicklung der Erdoberfläche³ haben wissenschaftshistorisch eine vergleichbare Bedeutung wie die globale Erfassung und Analyse biologischer Daten.⁴ Dabei ist zu beachten, dass die Wege dieser beiden Disziplinen, jedenfalls betreffend die "jüngere" Erdgeschichte, eng miteinander verwoben sind. Mit der Paläontologie hat sich ein eigenes Fach etabliert, das den komplizierten Zusammenhängen zwischen Biologie und Geologie nachgeht.

Die geologische Evolution der Erde unterliegt endogenen und exogenen Einflüssen, wobei, wie wir heute wissen, die Plattentektonik, einschließlich der u.a. damit verknüpften vulkanischen Ereignisse, eine wesentliche endogene Komponente der geologischen Realität ist. Die exogenen Einflüsse, wie z.B. Erdbahn- oder sonnenphysikalische Variationen, auch

¹ Zu diesen "Theorien" könnte man auch die biblische Schöpfungsgeschichte rechnen, die in der Geologie (Geognosie) bis über die Mitte des 19. Jahrhunderts hinaus, eine erhebliche Bedeutung hatte (Details vergl. z.B. Hölder 1989). Dabei ist die Geschichte von der Schöpfung der Welt und des Menschen in sechs Tagen um 550 v. Chr. entstanden, während die Geschichte von der Sintflut, die gewissermaßen einen Neustart der Schöpfung beschreibt, mindestens 700 Jahre älter sein dürfte.

² Die kulturgeschichtliche Wirkung der Darwinschen Thesen – Darwin führt die Evolution der Organismen auf ihre Fähigkeit zur Anpassung an unterschiedliche Lebensräume durch Variation und natürliche Selektion zurück – die Vielfalt als Prinzip des Lebens – ist dramatisch. Daraus wurde, man mag es kaum glauben, in Verdrehung der Darwinschen Aussagen, "der Kampf ums Überleben" zu einem "natürlichen" gesellschaftspolitischen Gesetz/Prinzip erhoben und davon ein Recht des Stärkeren abgeleitet. Dieser sogenannte Sozialdarwinismus ist eine Pervertierung der Darwinschen Ideen, die bis heute Anhänger hat, obwohl sie verheerende Folgen zeitigt.

Ein weiteres prägnantes Beispiel zur kulturgeschichtlichen Wirkung naturwissenschaftlicher Theorien sind die Thesen zum Planetensystem von Nikolaus Kopernikus (1473-1543) und Johannes Kepler (1551-1630), aus denen sich ein neues "philosophisches Weltbild" herauschälte.

Newtons Gesetze zur Mechanik und zur Gravitationswechselwirkung (publiziert 1687) wären als "die Theorien" der *Aufklärung* herauszustellen.

Eine Theorie mit extremem Anwendungspotential war die Erläuterung der elektrodynamischen Wechselwirkung (um 1864) durch James Clerk Maxwell (1831-1879), aus der u.a. die moderne Kommunikationstechnik mit den entsprechenden kulturgeschichtlichen Umwälzungen hervorgegangen ist.

Mit einiger Berechtigung ließe sich in den vorliegenden Kanon auch das von Charles Lyell (1797-1875) formulierte Aktualitätsprinzip der modernen Geologie einreihen (dazu vergl. u. a. Hölder 1989), nicht zu reden von der Einführung der Relativitätstheorie und der Quantenmechanik, die zu einer unübersehbaren Flut von philosophischen Betrachtungen Anlass gaben.

³ Datenträger sind die morphologischen Strukturen der Erdrinde in verschiedenen räumlichen Dimensionen, die Gesteine selbst, deren Aufbau und Zusammensetzung usw. In Kombination mit geophysikalischen Daten lassen sich aus dem geologischen Wissen z.B. Vorstellungen zur Orogenese ableiten.

⁴ Gemeint sind die Daten unserer "biologischen Welt" zur Verbreitung, Taxonomie, Physiologie usw. von Fauna und Flora.

Impactereignisse, sind über die klimatischen Bedingungen, d.h. durch die Eigenschaften der Atmos-, Kryo- und Hydrosphäre, an der geologischen Evolution wesentlich beteiligt.

Die biologische Evolution, wie und wann auch immer sie im Verlauf der Gestaltung der Erdoberfläche einsetzte, ist, jedenfalls betreffend ihre Differenzierung, durch die *Kambrische Explosion* gekennzeichnet, d.h. aber auch, dass sie bis heute überwiegend durch klimatische Einflüsse geprägt ist,⁵ wobei sowohl endogene als auch exogene "Katastrophen" als Ursache für un stetige Entwicklungen gelten.

Hier soll aber weniger an die Rolle der organischen Materie bei der geologischen Gestaltung der Erdoberfläche erinnert werden, als vielmehr an die herausragende Rolle, die Fossilien bei der Identifizierung und Kennzeichnung geologischer Formationen gespielt haben. Es waren überwiegend Paläontologen, die zeigen konnten, dass die rezente Erdoberfläche nicht identisch mit der der Vergangenheit ist.⁶

Und in einem weiteren Punkt waren sie die eigentlichen "Helden". Sie erkannten, dass Flora und Fauna auf den verschiedenen Kontinenten zunächst identisch waren, bis im Laufe der Zeit eine divergente Entwicklung einsetzte, wie sie von der rezenten Situation abgebildet wird.

Um diese ursprünglich überkontinental einheitliche biologische Situation erklären zu können, war man auf die Hilfskonstruktion von Landbrücken angewiesen, die jeweils zu dem Zeitpunkt verschwinden mussten, als die Divergenzen einsetzten.

Dieses Konstrukt war es, dass den Widerspruch des Meteorologen und Geophysikers Alfred Wegener hervorrief und ihn dazu drängte, 1912 die Verschiebung der Kontinente als das unseren Globus gestaltende Prinzip einzuführen, womit er die sich über Jahrzehnte erstreckende Debatte Fixismus contra Mobilismus auslöste.

Die Geschichte der Geologie und Paläontologie ist ein komplexes Geflecht. Eine Übersicht gibt Hölder 1989, der einleitend zur Bedeutung der Wissenschaftsgeschichte schreibt: *Sie lehrt uns, daß neue Theorien selten so neu sind, daß sie uns nicht auch in der Vergangenheit in anderem Kleide begegneten, und alte selten so veraltet, daß sie nicht eine Renaissance in neuem Kleide erfahren könnten.* Die Gültigkeit dieser Sätze lässt sich durch viele Beispiele belegen. Unstrittig ist die zunehmende Spezialisierung und Zersplitterung der Naturwissenschaften. Schon aus diesem Grunde ist es unerlässlich, um mindestens die Wurzeln der wissenschaftlichen Disziplinen und ihre Begriffsbildung zu verstehen, sich mit ihrer Geschichte zu befassen.

⁵ Der Kern dieser Aussage ist: Die Entwicklung des "höheren Lebens" - die Differenzierung der Biologie - ist eine Entwicklung zu einer höheren Ordnung! Diese setzt Entropieumkehr voraus. D.h., auf der Erde als offenes System, bleibt ein (geringer) Teil der von der Sonne gelieferten Energie zum Auf- und Ausbau dieser Ordnung stecken. Die neuerliche Rolle des *homo sapiens* ist die eines Arten- und Ordnungsvernichters.

⁶ Fossilien wurden zunächst nicht als überlieferte Lebewesen erkannt, sondern als Naturspiele (*Figurensteine*) gedeutet. Der Grund war die Annahme, Gesteine unterlägen keinem Entstehungs- oder Entwicklungsprozess, sondern seien mit dem Beginn der Schöpfung vorhanden gewesen – Gesteine galten nicht als Entstandenes sondern als etwas Gegebenes.

Diese Sichtweise änderte sich erst mit den Arbeiten von Nicolaus Steno (Nicolai Stenonis, Niels Stensen, 1638-1686), der aber diese Entwicklung der Erde, von der biblischen Urschöpfung bis zur Gegenwart, in einen Zeitraum von gut 6.000 Jahren pressen musste - eine Zeitspanne, die man aus der Bibel extrahiert hatte.

Das 100jährige Jubiläum der Theorie der Kontinentverschiebung,⁷ 2012, hat zu zahlreichen Würdigungen ihres Urhebers Anlass gegeben, zu der auch die vorliegende Arbeit zu zählen ist.⁸ Im Folgenden werden einige Ausführungen zu Wegeners wissenschaftlicher Lebensleistung gemacht. Der Schwerpunkt liegt auf dem Inhalt seiner Verschiebungstheorie und deren Entwicklung in den Jahren von 1912 bis 1929, die in vier Auflagen seines in alle Weltsprachen⁹ übersetzten Buches *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* und in einigen seiner zahlreichen Aufsätze dokumentiert ist; aber auch Rezeption und Wirkungsgeschichte¹⁰ des Werkes werden thematisiert. Ferner werden die prinzipiellen Probleme des Wegenerschen Konstrukts angesprochen und deren Beseitigung durch die moderne Ausprägung des Mobilismus in Form der Plattentektonik angerissen.

Im Jahre 2005, zum 125. Geburtstag des Namensgebers, veranstaltete das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven ein Symposium und dazu einen Reprint der ersten und vierten Auflage von *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* heraus (im Folgenden stets als EKO 1,2,3,4 zitiert).¹¹ Als Vorlage zum Nachdruck der ersten Auflage wurde Wegeners persönliches Exemplar benutzt, das ein seltenes Merkmal aufweist: Es ist mit Leerseiten "durchschossen", d.h. zu jeder bedruckten Seite existiert eine weiße Seite für Notizen. Wegener hat von der Möglichkeit, die diese Anfertigung bot, ausgiebig Gebrauch gemacht. Aber nicht alle Leerseiten sind beschrieben.¹² Auf dem Vorsatz findet man zusätzlich Briefe und Notizen eingeklebt. Um Satzprobleme zu vermeiden und um die Übersichtlichkeit der Ausgabe nicht zu gefährden, wurde seinerzeit auf eine Transliteration der Notizen verzichtet. Unstrittig sind diese aber von einem hohen Interessantheitsgrad. Sie vermitteln u.a. auch einen guten Einblick in die frühe Rezeptionsgeschichte des Buches. Wir freuen uns daher, dass wir diese handschriftlichen "Notizen" in transkribierter Form als dieser Ausgabe nachfolgenden Band **682** der *Berichte zur Polar- und Meeresforschung* präsentieren können (BzPM 682).

Für EKO 2,3,4 hat Wegener das Verfahren, ein Druckexemplar mit Leerseiten als "Notizbuch" zu benutzen, nicht mehr angewandt. Er begann 1920, im Jahre des Erscheinens von EKO 2 damit, eine mit dem Titel *Kontinentalverschiebungen* überschriebene gesonderte

⁷ Betreffend die Wortschöpfung Kontinent(al)verschiebung: Wegeners Vortrag in Marburg am 10.1.1912 trug den Titel *Horizontalverschiebungen der Kontinente* (vergl. EKO 1 S. 9 Fußnote 1). In Wegener (1912) wird von der *Hypothese der Horizontalverschiebung der Kontinente* gesprochen. In der ersten Auflage der *Entstehung der Kontinente und Ozeane* (EKO 1) heißt es im Vorwort, bezogen auf den Aufsatz von 1912: *Hypothese der Kontinentalverschiebungen* Eine externe Benutzung der Wortkombination Kontinentalverschiebung konnte Verf. erst ab 1916 (Sörgel) und 1917 (Semper) nachweisen. Folglich kann man die Wortschöpfung mit gutem Gewissen Wegener selbst zuordnen.

Die englische Übersetzung von Kontinentalverschiebung – continental drift – hat in der Rückübersetzung ins Deutsche zu dem Begriff Kontinentaldrift geführt.

⁸ Ein Jubiläums-Aufsatz der besonders die biogeographischen und biologischen Aspekte der Kontinentverschiebungstheorie beleuchtet s. Glaubrecht 2012. Zu diesem Komplex vergl. auch Hartmann 1986.

⁹ Zur Rezeptionsgeschichte speziell im ostasiatischen Raum vergl. Wutzke 2012.

¹⁰ Alle Autoren, die sich zur Verschiebungstheorie äußerten und äußern, sind gleichzeitig Teil ihrer Rezeptions- und Wirkungsgeschichte.

¹¹ Diese Ausgabe weist gegenüber dem Reprint von 1980 (Friedrich Vieweg, Braunschweig mit einem Nachwort von Andreas Vogel, 381 S.) einige Besonderheiten auf, die für das Studium der Werke nützlich sind: Für beide Auflagen wurde jeweils ein Register und ein Abbildungsverzeichnis erstellt. In der ersten Auflage wird von Wegener die benutzte Literatur jeweils als Fußnote angefügt und ist dem Text daher leicht zuzuordnen. In der vierten Auflage werden im Text Nummern angegeben. Jede Zahl entspricht einem Titel, den man der angehängten 229 Punkte umfassenden Literaturliste entnehmen kann. Im Prinzip gehorcht diese Reihenfolge ihrem Auftreten im Text. Diese Ordnung wird allerdings häufig durchbrochen. Daher dürfte das angeführte alphabetische Literaturverzeichnis, das auch die von Wegener benutzte Nummerierung beinhaltet, begrüßt werden (Wegener 1915/29-2005).

¹² Nicht beschriebene Seiten wurden nicht in die AWI-Ausgabe übernommen.

Kladde zu führen. Ein Faksimile dieses Notizbuches erschien mit einer vollständigen Transkription unter dem Titel *Kontinental-Verschiebungen, Originalnotizen und Literaturauszüge* 2005 als *Berichte zur Polarforschung* 516 (Krause/Thiede 2005) und ist im *open access institutional repository for publications and presentations* ePIC des Alfred-Wegener-Instituts einsehbar (<http://hdl.handle.net/10013/epic.10521>).

Ein Geologe könnte, speziell in Kap. V. bei der einen oder anderen Aussage die Stirn runzeln. Aber wie schon ausgeführt ist es Ziel des Textes, zunächst auf der Basis der Wegenerschen Publikationen die Prinzipien der Verschiebungstheorie und ihren Übergang zur Plattentektonik darzustellen. "Selbstverständlich" gibt es auch Obduktionen (Überschiebung von Meeresböden gekennzeichnet durch Ophiolite) und über einem Kreisprozess an aktiven Kontinenträndern kommt es sogar zu einer Entstehung von kontinentaler Kruste (vergl. z.B. Frisch/Meschede 2007 S. 80 u. S. 125). Diese gewiss interessanten geologischen Prozesse kennzeichnen aber nicht das Prinzip der Plattentektonik. Ein Geologe, der der Schule des prominenten "Fixisten" Hans Stille (1876-1966) folgt, vermag ggfs. die Entwicklung bestimmter Regionen schlüssig darzustellen, aber die Aussage seines Lehrers, *daß es die Erstarrung der Erde ist, der wir "beiwohnen"* (Stille 1949 S. 14), beschreibt jedenfalls nicht den grundsätzlichen Mechanismus bzw. die Vorgänge der Erdgestaltung (weiteres vergl. Kap. V).

II. BETRACHTUNGEN ZUR ENTSTEHUNG DER VERSCHIEBUNGSTHEORIE IM KONTEXT DER PERSÖNLICHEN UND WISSENSCHAFTLICHEN ENTWICKLUNG WEGENERS

O heiliger Sankt Florian, verschon das Haus, zünd' andere an – als der bekannte Geologe Max Semper (1870-1954) im *Centralblatt f. Mineralogie* (Semper 1917) diese Beschwörung formulierte, lag die "Brandstiftung" immerhin schon fünf Jahre zurück. Was war vorgefallen? Wer war die Person, die in den etablierten geologischen Wissenschaften so nachhaltig Unruhe verbreiten konnte?

Als Redner auf der Hauptversammlung der Geologischen Vereinigung¹³ am 6.1. 1912 im Senckenberg-Museum in Frankfurt a.M. war ein fachfremder Wissenschaftler eingeladen worden, Dr. Alfred Wegener (1880-1930), der seinerzeit als Privatdozent für *Meteorologie, praktische Astronomie und Kosmische Physik* an der Universität Marburg beschäftigt war. Der Titel seines Vortrages war: *Die Herausbildung der Großformen der Erdrinde (Kontinent(e) und Ozeane)*.¹⁴

Seinem Vortrag ließ Wegener unter dem Titel *Die Entstehung der Kontinente* (Wegener 1912,1) einen 3-teiligen Aufsatz in der bedeutenden geographischen Fachzeitschrift Petermanns Geographische Mitteilungen (PGM) folgen.¹⁵ Damit war seine These von der Drift der Kontinente, die er meist als Verschiebungstheorie bezeichnete, weltweit angezeigt.¹⁶ Aber damit nicht genug. 1912 begann auch die legendäre Expedition zur Querung Grönlands, an der Wegener zusammen mit Koch, Sigurðsson und Larsen¹⁷ beteiligt war, womit gleich zwei Anlässe gegeben sind, um in den Jahren 2012/13 an seine Leistungen zu erinnern.

1912 war Wegener allerdings kein Unbekannter mehr. Er hatte 1906 bis 1908 an einer zweijährigen dänischen Expedition nach Nord-Ost-Grönland teilgenommen und hatte sich dort nicht nur als ausdauernder Schlittenreisender und zäher Expeditionsmann, sondern

¹³ Die *Geologische Vereinigung* war erst am 8.1.1910 unter dem Dach des Senckenbergischen Museums zu Frankfurt a.M. gegründet worden. Erster Vorsitzender war Emanuel Kayser (1845-1927), der Autor des bekannten Werkes *Lehrbuch der Geologie* (Kayser 1912/13), der bis 1917 als Professor in Marburg wirkte. Die bekannte Fachzeitschrift *Geologische Rundschau*, die bis heute erscheint, wird von der Geologischen Vereinigung herausgegeben, die nicht zu verwechseln ist mit der schon 1845 gegründeten *Deutschen Geologischen Gesellschaft* (Gründungsmitglieder u.a. Leopold von Buch, Alexander v. Humboldt), die 2004 in der *Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften* aufgegangen ist.

¹⁴ Vier Tage später, am 10.1. 1912 hat Wegener, unter dem Titel *Horizontalverschiebungen der Kontinente* an seinem Dienort in Marburg, für die *Gesellschaft zur Beförderung der gesamten Naturwissenschaften* einen ähnlichen Vortrag gehalten.

¹⁵ Der Aufsatz erschien in gekürzter Form auch in der *Geologischen Rundschau* 1912, No. 4, S. 276-292.

¹⁶ Deutsch galt bis zum Ersten Weltkrieg als führende Wissenschaftssprache. *Petermanns Geographische Mittheilung* war als geographische Fachpublikation weltweit verbreitet.

¹⁷ Johan P. Koch (1870-1928), Geodät; Vigfús Sigurðsson (1875-1950), Pferdeexperte und Handwerker; Lars Larsen (1886-1978) Matrose.

auch als sorgfältig arbeitender Wissenschaftler einen Namen gemacht.¹⁸ Seine meteorologischen Messungen hat er u.a. zu Veröffentlichungen genutzt, die an der Universität Marburg als Habilitationsschrift angenommen wurden. In Marburg lebte und arbeitete Wegener seit 1909 als Privatdozent. Hier schrieb er das Buch *Thermodynamik der Atmosphäre* (Wegener 1911), das bis weit in die 1930er als Lehrbuch verbreitet war.

Bevor im Weiteren die Entwicklung der Verschiebungstheorie thematisiert wird, zunächst ein paar Angaben zu dem zweiten Jubiläumsanlass, der Querungsexpedition von 1912/13, auch wenn diese gut dokumentiert ist (Koch 1919; Koch/Wegener 1930; Sigurðsson 1948; Wegener 1961). Die über 1.000 km lange Reise führte in ein noch nie gesehenes Gelände. Das Ziel des Marsches war daher ein geographisch-meteorologisch-glaziologisches, die Aufdeckung der Natur und der Beschaffenheit des grönländischen Inlandeises.

Mit der Teilnahme an der Expedition dokumentiert Wegener etwas, das auch in anderen Phasen seines Lebens erkennbar ist und das man als seine Bereitschaft zur Flucht vor dem Schreibtisch bezeichnen könnte, oder anders formuliert – der hochmotivierte Theoretiker lag stets mit dem Feldforscher im Widerstreit. Im vorliegenden Fall hätte dieser Trend zur Praxis auch zu einer theoretischen Einsicht führen können, denn der Hauptexpedition war eine Testexkursion auf Island zum und auf dem *Vatnajökel* vorgeschaltet (Koch 1912, Wegener 1912,2). In seinem Aufsatz von 1912 hatte er bereits geäußert: *Vermutlich wird man einstweilen gut tun, die Verschiebungen der Kontinente als Folgen zufälliger Strömungen im Erdkörper zu betrachten* (Wegener 1912,1 S. 195) und an anderer Stelle schlägt er vor (S. 305/306), *die mittel-atlantische Bodenschwelle als diejenige Zone zu betrachten in welcher bei der noch immer fortschreitenden Erweiterung des atlantischen Ozeans der Boden desselben fortwährend aufreißt und frischem, relativ flüssigem und hoch temperiertem Sima aus der Tiefe Platz macht*. Bei einem Blick auf die Geologie Islands hätte Wegener die Insel als Teil der *mittel-atlantischen Bodenschwelle* erkennen können und die dortige Spaltenbildung hätte seine Vermutung, dass die *mittelatlantische Bodenschwelle* als

¹⁸ Dass sich Wegener 1906 der Mylius Erichsen Expedition anschließen konnte, war nicht selbstverständlich. Er musste sich um die Teilnahme bemühen (Briefe vom 1.11.05 und 14.11.05 usw. vergl. Ventegodt 1997 S. 101). Zu dem Zeitpunkt konnte ihm noch kein Ruf voraussehen, wenn man einmal von dem Weltrekordballonflug absieht, den er am 7.4.1906 zusammen mit seinem Bruder durchgeführt hatte. Dass Mylius Erichsen nur beschränkte Mittel zur Verfügung standen, jedenfalls zu wenig, um einen etablierten Meteorologen oder Aerologen (Atmosphärenwissenschaftler) samt Gerätschaften zu engagieren, wusste Wegener nicht. Er war mit dem geringen Gehalt zufrieden, das alle Beteiligten, gleich welcher Ausbildung, bekamen und brachte gleichzeitig einen großen Teil seiner wissenschaftlichen Ausrüstung selbst mit. Da er sich zudem mit den modernsten meteorologischen Fragestellungen der Zeit beschäftigte, war er ein idealer Kandidat für die Expedition. Wegener hat sich bei den dänischen Kollegen einen guten Ruf erworben – nicht nur als Mensch, Kollege und Wissenschaftler, sondern auch als zäher und zuverlässiger Expeditionsmann. Er hat hier Freundschaften geknüpft, die ein Leben lang Bestand hatten. Diese Grönland-Expedition mit zweimaliger Überwinterung, auf der Mylius Erichsen (1872-1907), Niels Peter Hoeg Hagen (1877-1907) und Jørgen Brønlund (1877-1907) unterwegs verhungerten und erfroren, hat Wegener geprägt wie keine andere Reise. Auf Einzelheiten einzugehen erlaubt der hier vorgegebene Rahmen nicht (zur Expedition selbst vergl. Friis, 1910 und Ventegodt 1997). Nur so viel sei angedeutet: Die Expedition löste ein geographisches Problem, das lange virulent war. Die Inselnatur Grönlands wurde definitiv festgestellt. Wegener hat auf seiner ersten Expedition in 90 Reisetagen 1500 km mit dem Hundeschlitten zurückgelegt und in 43 Reisetagen 500 km mit dem Handschlitten (Ventegodt 1997 S. 409). Unermüdlich war er mit Drachen- und Ballonaufstiegen befasst und initiierte eine am Rande des Inlandeises gelegene bemannte Wetterstation (*Pustervig*). Und natürlich wurden in Grönlands langen Nächten viele Pläne geschmiedet und diese mit Kollegen diskutiert. Priorität hatte die Idee einer Südpolarexpedition, an zweiter Stelle stand eine Überwinterung im Randgebiet des Inlandeises mit einer anschließenden Querung desselben, ein Plan, den auch Mylius Erichsen verwirklichen wollte. Im seinem kleinen Vorwort zu Koch 1919, S. X nennt Wegener den Plan zur Querungsexpedition ein *Vermächtnis von Mylius Erichsen*.

Spreizungsachse anzusehen ist, bestätigt.¹⁹ Wegener hat diesen Gedanken aber erst in EKO 4 wieder aufgegriffen.

Am 6. Juli 1912 verließ die Schonerbark GODTHAAB den isländischen Hafen Akureyri und dampfte mit dem Expeditionsmaterial und 16 Islandponys samt Heu und Krafffutter zur Ostküste Grönlands, die, daran sei erinnert, stets von einem gelegentlich mehrere 100 m breiten, aus dem arktischen Becken stammenden Eisstrom blockiert ist. Letztlich gelang es, die Küste an der gewünschten Stelle, nämlich bei der Koch und Wegener bestens bekannten DANMARK-Station von 1906/08 zu erreichen (76°45'N). Hier kam das 4 PS leistende Motorboot zum Einsatz, mit dem ein 10 m langer Prahm geschleppt wurde - die sogenannte SCHACHTEL. Mit der SCHACHTEL wurden die Tiere und das Expeditionsmaterial an Land geschafft und bis in das Innere der Fjorde verlegt. Der eigentlichen Querung war eine Überwinterung am Rande des Inlandeises auf einem Gletscher (*Storstrømmen*) vorgeschaltet (76°40'N, 22°25'W). Die gut 150 km lange Anreise zum Ort der Überwinterung erwies sich als überaus schwierig. Koch und Wegener zogen sich durch Stürze erhebliche Verletzungen zu.

Das Winterleben in der Station BORG verlief harmonisch. Die Querung allerdings wurde keine leichte Reise. Beinahe wäre die Expedition an der Westküste, schon in der Nähe von Siedlungen, noch zugrunde gegangen. Am 17. Oktober 1913 war Wegener wieder in Kopenhagen. Erst 1930 wurden die Beobachtungsergebnisse der Überwinterung und der Grönlandquerung veröffentlicht (Koch/Wegener 1930).

Aus dem Tagebuch, das Wegener während der Querungsexpedition geführt hat, geht nicht hervor, dass sich der Autor während der Überwinterung 1912/13 intensiv mit der Vertiefung seiner Verschiebungstheorie befasst hätte. Wegener schrieb im Vorwort zu EKO 1, er sei im Sommer 1914 vom Verlag Vieweg aufgefordert worden seine 1912 *skizzenhaft veröffentlichte Hypothese der Kontinentalverschiebungen in etwas ausführlicherer Form* darzustellen. Dieses Vorwort enthält noch einen weiteren, für Wegeners Arbeit an dem Thema ganz wichtigen Passus. Vor einer erneuten Publikation einer Verschiebungstheorie wollte er die Ergebnisse einer *deutsch-amerikanischen Längenbestimmung* abwarten. *Leider hat der Krieg die im besten Gange befindlichen Messungen jäh unterbrochen*, schrieb er. Aber die Möglichkeit eines direkten geodätischen Nachweises der Verschiebungstheorie hat Wegener als ein *experimentum crucis* stets im Sinn gehabt und danach getrachtet, dieses zu erbringen (Genauerer folgt Kap. IV).

Die Arbeit an der ersten Fassung von *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* wurde durch den Beginn des Ersten Weltkrieges überlagert. Wegener musste sofort einrücken (August 1914). Bei Kampfhandlungen wurde er zweimal verletzt und infolgedessen am 18.12.1914 als felddienstunfähig eingestuft. Einen längeren Krankenurlaub nutzte er zu Studien. Seine Kontinentalverschiebungshypothese gewann zunehmend an Kontur und Substanz (Wegener E. 1960 S. 145). Er beendete das Buch im März 1915.²⁰ Kurz nach dem Erscheinen des Werkes begann er Eintragungen in sein Sonderexemplar vorzunehmen.

¹⁹ Aus Wegeners Notizen (Wegener 1912, 2) ist klar zu erkennen, dass er zwar die geologischen Besonderheiten Islands aufmerksam registriert hat, aber offensichtlich die Spaltenbildung, die an gewissen Stellen zutage tritt, nicht gesehen hat. Aus der Wechselwirkung mit Koch, der ein eminenter Islandkenner war, ist ebenfalls kein diesbezüglicher Dialog abzuleiten. Auch in der wissenschaftlichen Publikation zur Grönlandquerung (Koch, Wegener 1930) wird man in dieser Sache nicht fündig. Es ist aber eine Brief-Postkarte von Koch an Wegener überliefert (Dez. 1915, Archiv AWI Sign. NL 2 A Nr. 7), die den Autor eindeutig als Anhänger der Kontinentalverschiebungstheorie erkennen lässt.

²⁰ Vergl. Wegeners Vorwort zur ersten Auflage.

Bei der Abfassung des Werkes muss Wegener sich sehr beeilt haben. Am 8. Februar 1915 schrieb er an den bekannten Klimatologen Wladimir Köppen (1846-1940), der seit 1913 sein Schwiegervater war: *Mit den Kontinentalverschiebungen mache ich gute und unerwartete Fortschritte. Es ist eine außerordentlich fesselnde Arbeit. Fünfzig Seiten habe ich schon im Konzept, das ist aber erst die Hälfte* (Wegener, E. 1960 S. 145). Angesichts der Tatsache, dass die Aufsätze von 1912 mit dem Titel *Die Entstehung der Kontinente* erschienen, ist es wahrscheinlich, dass der Titel *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* von Wegener selbst stammt und nicht, wie häufig üblich, vom Verlag eingeführt wurde. Aus Wegeners Sicht dürfte der Titel so zu verstehen sein, dass das Buch feststellt, dass die Form und die Verteilung der heutigen Kontinente als Folge einer Fragmentierung aus einem Urkontinent entstanden.²¹ Es ist also die Entwicklung der Kontinente und Ozeane, die dargestellt wird. Nur ansatzweise geht Wegener auf die Genese der Kontinentblöcke ein, die er aus einer *Panthalassa* herauswachsen lässt (Genaueres s. Kap. III). Man könnte sich unter dem Titel allerdings etwas Umfassenderes vorstellen und es ist denkbar, dass sich der eine oder andere Akademiker über diesen Umstand geärgert hat.

Wegener hatte 1915 gerade wieder damit begonnen Vorlesungen an der Universität in Marburg abzuhalten, als er zur *Instruktion von Luftschifferoffizieren über astronomische Ortsbestimmung im fahrenden Luftschiff* nach Brüssel kommandiert wurde (Wegener, E. 1960 S. 148). Er hielt sich allerdings nur wenige Wochen in Brüssel auf. Anfang Juli war er wieder in Marburg (Wutzke 1998 S. 57), aber nur, um sich im Verlaufe des Jahres in Antwerpen und danach in Mülhausen wieder als Ausbilder für Meteorologie und Navigation betätigen zu müssen.²² Die Kriegszeiten waren für Wegener Wanderjahre durch Deutschland und Europa und endeten in den Jahren 1918/19 im estnischen Dorpat (Tartu, Jurjew). Ab April 1919 konnte er in der Nachfolge Köppens die meteorologische Abteilung an der Seewarte in Hamburg übernehmen. Wegeners Hamburger Zeit war von großen Anstrengungen geprägt. Nicht nur konnte er EKO 2 und 3 auf den Weg bringen (1920, 1922). In Hamburg entstand auch das Buch die *Klimate der geologischen Vorzeit* (Köppen/Wegener 1924).²³ 1924 wurde Wegener auf den Lehrstuhl für Meteorologie und Geophysik an der Universität Graz berufen.²⁴ Die internationale Diskussion um die Verschiebungstheorie hatte sich nach ablehnenden Reaktionen, zuletzt auf einem Symposium 1926 in New York (Waterschoot 1928), relativiert. Immerhin war es für Wegener problematisch die einschlägigen Arbeiten anderer Forscher in EKO 4 lückenlos zu berücksichtigen.²⁵ Auch hat er sich an den Planungen der *Aeroarctic*²⁶ zu einer Nordpolfahrt mit dem LZ 127²⁷ engagiert und hatte die Herausgabe des fünften Bandes von Müller Poillets Lehrbuch der Physik (Physik der Erde) übernommen. Eine nicht ganz einfache Aufgabe, wie man aus seinem Vorwort zur ersten Hälfte des Bandes erahnen kann, zumal er persönlich das Kapitel Optik der Atmosphäre übernommen hatte (Wegener 1928). Er war zudem

²¹ In Flügel 2004 (S. 4) findet man den Hinweis (ohne Quellenangabe), Wegener hätte auch den Titel "Urkontinent" erwogen.

²² Kenntnisse zur Meteorologie und Aerologie sowie zur Navigation waren speziell für den Einsatz der Luftschiffe wichtig. Eine Vorhersage und Beurteilung der Bodenwindverhältnisse war selbstverständlich auch für den *Gaskrieg* unerlässlich.

²³ Das Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung wird 2014 eine englische Fassung dieses Werkes herausgeben.

²⁴ Zu dem politischen Umfeld, das Wegener in Graz erlebte, findet man Angaben in Flügel 2004.

²⁵ Dazu vergleiche seine Bemerkung in EKO 4 S. X

²⁶ Aeroarctic ist die Kurzform für *Internationale Studiengesellschaft zur Erforschung der Arktis mit dem Luftschiff*.

²⁷ LZ 127 ist das Kürzel für das Starrluftschiff GRAF ZEPPELIN, welches im September 1928 fertig gestellt wurde.

1926/27 stark mit Arbeiten zur Querungsexpedition von 1912/13 befasst.²⁸ Das, was Else Wegener schreibt – *Die Arbeiten an den wissenschaftlichen Ergebnissen der Querungsexpedition hatten ihn in erhöhtem Maße wieder in die Probleme Grönlands hineinversetzt* (Wegener E. 1960 S. 148) - ist somit sehr plausibel.

Überliefert ist, dass Wegener zu dem Zeitpunkt, als er das Manuskript zur vierten Auflage ablieferte (offenbar November 1928), bereits intensiv mit den Vorbereitungen zu der von der *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft* für das Jahr 1929 finanzierten Vorexpedition nach Grönland beschäftigt war (Wegener E. 1960 S. 189)²⁹. Allein das Manuskript *Denkschrift über eine Inlandeis-Expedition nach Grönland* umfasste rund 24 Druckseiten.³⁰ Für Wegener dürften die Belastungen im Winter 1928/29 mindestens so groß gewesen sein wie vor der Hauptexpedition 1930 (*Deutsche Grönland-Expedition Alfred Wegener*). Die Vorexpedition war dazu bestimmt, Fragen von grundsätzlicher Bedeutung zu klären - von der Proviantqualität über die zweckmäßigste Kleidung bis hin zu technischen und wissenschaftlichen Geräten - d.h., vom Motorboot bis zur Ausrüstung für die damals völlig neue Sprengseismik zur Durchführung von Eisdickenmessungen. Wichtigster Programmpunkt war das Auffinden eines Gletschers, über den man die Expeditionsausrüstung auf das Inlandeis transportieren konnte. Nach mehreren Hand- und Hundeschlittenreisen auf dem Inlandeis konnten auch Wegeners Reisebegleiter auf Erfahrungen als Polarreisende zurückgreifen und waren damit für die Hauptexpedition vorbereitet. Wegener kam gestärkt von der 6 monatigen Vorexpedition zurück.³¹

Die Hauptexpedition 1930 geriet ins Stocken, als die mit 100 t Expeditionsausrüstung beladene GUSTAV HOLM 20 sm vor der geplanten Entladestelle am Kamarujuk Gletscher im ebenen Eis des Fjordes stecken blieb. Das allein wäre noch nicht schlimm gewesen. Für große Schlitten war gesorgt, und 25 Islandponys waren vorhanden, um eine Entladung mit anschließendem Transport über das Eis durchführen zu können. Sigurðsson, der isländische Pferdeexperte, mit dem zusammen Wegener auf der Querungsexpedition 1912/13 die abenteuerlichsten Situationen gemeistert hatte, war mit von der Partie. Man war also bestens vorbereitet. Aber kaum war die erste Sendung, die Propellerschlitten (ohne die Maschinen), am Fuße des *Kamarujuk* angekommen, als sich das Meereis im inneren Teil des Fjordes als zu schwach für weitere Transporte erwies. Man schaffte es, die Ladung bis zu der Siedlung *Uvkusigsat* zu bringen, wo man sechs Wochen lang warten musste, bis man endlich zum Fuße des *Kamarujuk* gelangen konnte. Es war aber nicht möglich, die Verzögerung durch gesteigerte Arbeitsleistung wieder gut zu machen. Darunter litt speziell die Einrichtung der Station in der Mitte des grönländischen Eisschildes (71°11'N, 39°54'W)³², die rund 400 km vom Randgebiet entfernt war. Im September 1930 lebten hier der Meteorologe Johannes Georgi (1888-1972) und der Geograph Ernst Sorge (1899-1946). Wegener bestand darauf, diese Station den ganzen Winter über besetzt zu halten. Wegen der kritischen Versorgungslage wurde dafür aber der Transport von Brennstoff, Proviant und weiterer Ausrüstung als notwendig erachtet. Da die Propellerschlitten havariert waren, leitete Wegener einen Transport mit 17(!) Hundeschlitten ein, den er selbst führte. Diese

²⁸ Koch war aus beruflichen Gründen – er war ab 1917 Chef der dänischen Heeresflieger - schon länger als Bearbeiter ausgefallen. Hinzu kamen dessen gesundheitliche Probleme.

²⁹ Else W. zitiert hier aus einem detailreichen Brief, den Wegener an seinen Schwiegervater gerichtet hatte, in dem er von den Vorbereitungen zu seiner Grönlandexpeditionen 1929 und 1930 spricht.

³⁰ Einen Abdruck dieser Denkschrift s. Georgi 1933, S. 230-254; 5. vermehrte Auflage. In den ersten Auflagen dieses Buches ist die Denkschrift nicht enthalten.

³¹ Vergl. Wegener E. 1960 S. 201. Eine Schilderung der Vorexpedition vergl. Wegener 1930.

³² Die Position liegt in einer Höhe von rund 3.200 m über dem Meeresspiegel!

Hundeschlittenreise wurde ein Fiasko. Lediglich Wegener und seine Begleiter Fritz Loewe (1895-1974) und Rasmus Villumsen (1910-1930) erreichten am 30.10.1930 ohne Nutzlast die Station, wo sich Sorge und Georgi inzwischen auf eine Überwinterung eingestellt hatten. Loewe wegen erfrorener Zehen zurücklassend, begaben sich Villumsen und Wegener mit 17 Hunden am 1.11.1930 auf die Heimreise. Erst im Frühjahr 1931 wurde offenbar, dass Wegener und Villumsen verschollen waren. Während man Wegeners Leiche an der "Trasse" bei Kilometer 189,5 fand, blieb Villumsen vermisst.³³

Die Überwinterungen sowohl in Eismitte als auch an der West- und Oststation (Scoresby Sund) wurden erfolgreich beendet und das umfangreiche Expeditionsprogramm konnte 1931 wie geplant durchgeführt werden. Als Leiter der Arbeiten traf im Sommer 1931 Kurt Wegener (1878-1964) in Westgrönland ein. Er ist auch der Herausgeber der *Wissenschaftlichen Ergebnisse der deutschen Grönland-Expedition Alfred Wegener* (Wegener, K. 1933/35).³⁴

³³ Es gibt zahlreiche Bücher und Aufsätze zu Wegeners Leben und Werk. Eine erste detailreiche Biographie erschien 1960 aus der Feder seiner Frau Else (Wegener, E 1960). Drei weitere gut recherchierte Bücher folgten: Körber 1982, Wutzke 1988, Schwarzbach 1989 und als bislang letzte deutschsprachige Arbeit Reinke-Kunze 1994; 1997 erschien eine Wegener-Biographie in dänischer und 2006 in englischer Sprache (Rud 1997, McCoy 2006), eine geraffte Darstellung s. Krause und Thiede 2006 auch Krause et al. 2012.

Wegener war alles andere als eine schillernde Persönlichkeit. Vielmehr war er geradlinig und berechenbar – ein Mensch, dem man Vertrauen entgegenbrachte. Zwei Eigenschaften heben ihn allerdings heraus, seine Bereitschaft zur Durchführung schwieriger Expeditionen und sein außerordentlich breit gefächertes Interesse, das ihn dazu trieb sich mit vielen Dingen auseinanderzusetzen. Dabei ist erstaunlich, mit welcher Intensität und Konsequenz er sich sowohl seinen Expeditions- als auch seinen wissenschaftlichen Abenteuern widmete. Es dürften diese Eigenschaften sein, die Literaten veranlassten sich mit der Person Wegener belletristisch auseinanderzusetzen. Den Anfang machte Clare Dudman mit ihrer Erzählung in der Ichform, *Wegener's Jigsaw* (Dudman 2003), gefolgt von Jo Lendle mit dem Roman *Alles Land* (Lendle 2011). Im Jubiläumsjahr 2012 erschien unter dem Titel *Gnadenlose Arktis – Alfred Wegener und die Erforschung Grönlands* - ein weiteres belletristisches Werk (Fircks 2012).

³⁴ Eine sehr differenzierte Darstellung der Hauptkampagne 1930/31 s. Wegener, E. 1932. Sehr viele technische Details findet man auch in Wegener K. 1933/35 Bd. 1.

III. ZUR ENTWICKLUNG, BEGRÜNDUNG UND ZU DEN AUSSAGEN DER VERSCHIEBUNGSTHEORIE

Wegener hat seine These in Wechselwirkung mit einem über verschiedene Wissenschaften verstreuten Fachpublikum im Laufe von 15 Jahren weiterentwickelt. Einleitend nochmals die Wegenerschen Schriften zur Verschiebungstheorie in chronologischer Folge: 1912 erschienen die beiden Aufsätze *Die Entstehung der Kontinente* (s.o.), 1915 folgte die erste Buchfassung (94 S.) unter dem Titel *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* (EKO 1), die, wie die folgenden Auflagen, alle im Vieweg Verlag, Braunschweig, erschienen. Die vier Auflagen unterscheiden sich inhaltlich deutlich voneinander. Die erste Auflage erschien als *Heft 23* in der Reihe *Sammlung Vieweg*, deren Ziel es war, zu *Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik* Stellung zu beziehen (Wegener 1915 - EKO 1). Es handelte sich um eine tendenziell populärwissenschaftliche Reihe. Daher ist das Fehlen eines Registers vertretbar. Es gab auch kein Quellenverzeichnis. Die Quellen wurden in Fußnoten angegeben. Auch das war in dieser Schriftenreihe üblich.

Die zweite Auflage erschien hingegen in der Reihe *Die Wissenschaft (Band 66)*. Diese *Reihe war Einzelfragen aus der Naturwissenschaft und der Technik* gewidmet, somit eine streng wissenschaftliche Publikationsserie. Wegener schrieb in dem Kapitel *Geschichtliche Vorbemerkungen* der vierten Auflage, dass durch den Wechsel der Reihe *die Möglichkeit zu einer erheblich weitergehenden Durcharbeitung* gegeben war. Konsequenterweise erschien 1920 die zweite Auflage (135 S.) mit ausführlichem Register und Quellenverzeichnis.

Die dritte Auflage, 1922, unterscheidet sich wiederum wesentlich von der vorangegangenen, *namentlich auch darin, dass der gesamte Stoff des Buches in eine neue, wie ich hoffe, überzeugendere Form gegossen wurde*, wie Wegener im Vorwort sagt. Tatsächlich gehen die Änderungen ziemlich weit. Die Betrachtung der Argumente aus der Paläoklimatologie wurde stark gekürzt, weil Wegener zu diesem Thema mit Wladimir Köppen bereits an einer gesonderten Publikation arbeitete (Köppen/Wegener 1924). Die Verlagerung des Stoffes hatte zur Folge, dass die dritte Auflage nur unwesentlich umfangreicher wurde als die zweite (144 S.). Auch die dritte Auflage erschien selbstverständlich mit Register und Quellenverzeichnis.

Die vierte Auflage ist gegenüber der dritten im Textumfang deutlich erweitert (231 S.).³⁵ Im ersten Kapitel der vierten Auflage äußert sich Wegener offen zu den Problemen bei der Bearbeitung der Neuauflage. Ihm war klar geworden, dass es nicht mehr möglich war, die wissenschaftliche Diskussion zur Verschiebungstheorie zusammen mit Ergebnissen, die sich bereits aus der Zugrundelegung der Theorie ergaben, in einem Band darzulegen.

Die Frage drängt sich auf: Hat sich Wegener auch außerhalb der beiden Aufsätze von 1912 und den Buchveröffentlichungen (EKO 1-4) zur Kontinentverschiebung geäußert? Ja – er hat mindestens 15 Beiträge in Zeitschriften und Büchern platziert, die im Zusammenhang mit der

³⁵ *Die gegenwärtige 4. Auflage des deutschen Originals ist wiederum wesentlich umgearbeitet, ja sie ist nahe daran einen anderen Charakter anzunehmen als ihre Vorgänger.* Wegener hält das Buch für eine *Übergangsform zu einem Sammelreferat* zu dem neuen Forschungszweig, der sich mit der Kontinentverschiebung befasst vergl. EKO 4, S. 2.

Kontinentverschiebung stehen (vergl. Wutzke 1998 S. 133-136).³⁶ Bemerkenswert ist, dass der Schwerpunkt der Betrachtungen in den Aufsätzen durchaus variiert. Eine relativ umfassende Darstellung seiner Theorie gab Wegener in seinem Beitrag für die Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin (Wegener 1921,1).³⁷ In den Jahren 1920-24 hielt er gelegentlich Vorträge auf Symposien, auch in Dänemark, Holland und Österreich. Seine Antrittsvorlesung in Graz behandelte dieses Thema ebenfalls.³⁸

Wie in der oben skizzierten Entwicklung von EKO 1-4 schon angedeutet und wie auch aus der Bemerkung zu den Aufsätzen vermutet werden darf, ändern sich zwischen Frühjahr 1912 bis zum November 1928 Wegeners Argumentationen in verschiedenen Details. Korrekterweise müsste man bei der Kommentierung mancher der Ausführungen zur Kontinentverschiebung mehrere Zitate anführen, wobei auch das Buch *Die Klimate der geologischen Vorzeit* (Köppen/Wegener 1924) mit einzubeziehen wäre. Das kann im Rahmen der vorliegenden Betrachtung nicht geleistet werden. Anzumerken ist aber, dass bei allem Scharfsinn und bei aller Sorgfalt, die Wegener in vielen Punkten demonstriert, der aufmerksame Leser Inhomogenitäten und sogar Widersprüche, nicht nur zwischen den verschiedenen Ausgaben, entdecken kann.

Es ist erstaunlich, dass Wegener, nur zwei Monate nach seinem Frankfurter Vortrag, bereits den bahnbrechenden Aufsatz *Die Entstehung der Kontinente* veröffentlichen konnte (Wegener 1912,1), der als Fundament für EKO 1-4 anzusehen ist. Auch dieser "Kurztitel" kann falsch aufgefasst werden, analog wie oben zum Buchtitel bereits angedeutet. Thematisiert wird das rezente Antlitz der Erde als Folge von Zerfall und Verschiebung der Landmassen ausgehend von einem Urkontinent, den Wegener später auch als Pangäa³⁹ bezeichnete.

Dass Wegener im Zusammenhang mit seinem ersten Aufsatz bereits auf umfangreiche Literatur zurückgreifen konnte, verdankte er zu einem erheblichen Teil den Kollegen an der Marburger Universität. In einem Brief an Köppen schrieb er:⁴⁰ *Die Geologen stöbern alles, was ich brauche, auf, und legen es mir vor, so dass ich 9/10 der Arbeit spare. Sonst bräuchte ich noch Monate, um so weit zu kommen, wie ich jetzt bin.* Diese Aussage ist grundsätzlich auch für EKO 1 gültig, wo er im Vorwort speziell seinem Marburger Kollegen,

³⁶ Die hier zusammengestellte Bibliographie ist vollständig, aber nicht die Liste auf S. 139.

³⁷ Wegener hat sich bei Vorträgen am 19. und 21. Februar 1921 in Berlin und auf dem 20. Deutschen Geographentag in Leipzig (16.-19. Mai 1921 - *der erste seit Kriegsbeginn*) öffentlich der einschlägigen Wissenschaftsprominenz gestellt. Dazu gibt es zahlreiche Artikel (z. B. Schulz 1921,2).

³⁸ Titel des Vortrages vom Mai 1924: *Die Theorie der Kontinentalverschiebung und ihre Bedeutung für die systematischen und exakten Naturwissenschaften*. Wegeners Vortragstätigkeit wird im Wesentlichen reflektiert in Wegener E. 1960. In Flügel 1980 (S. 243) wird von zwei Vorträgen in der Steiermark im November 1924 berichtet.

³⁹ Diesen häufig zitierten Begriff benutzte Wegener lediglich in EKO 2 und 3 auf den Seiten 120 bzw. 131. Dieses sind die beiden Auflagen, die mit einem Index erschienen. Aber darin sucht man den Begriff vergeblich (!). Es gibt aber dort den Begriff Panthalassa EKO 2, 3 auf den Seiten 58 bzw. 101. Dieser taucht allerdings auch schon in EKO 1 (S. 47) auf und später in EKO 4 (S. 297). Der Ausdruck ist jedenfalls keine Wegenersche Schöpfung. Man findet ihn schon bei Suess 1908 in Bd. 3, S. 777. Hingegen konnte Verfasser den Begriff Pangäa in der älteren Literatur nicht nachweisen. Er kommt z.B. nicht vor in Kayser 1909, Suess 1908, Kreichgauer 1902, Reclus/Uhle 1892. Eine kartographische Darstellung der Pangäa mit Erläuterungen gibt Wegener erstmals in EKO 2 (S. 61). Die häufig reproduzierte Darstellung des Superkontinents mit zwei folgenden Zerfallsstadien (in zwei verschiedenen Projektionen) findet man erstmals in EKO 3 (S. 4,5).

⁴⁰ Brief vom 29.1.1912 wiedergegeben in Schwarzbach 1989 S. 104; vergl. auch Wutzke 1998 S. 42 (003-1912). Wutzke hebt aber ganz andere Briefstellen heraus als Schwarzbach. Dieses ist ein Beispiel dafür, dass es wichtig ist, die Wegenerschen Briefe in vollständigen Fassungen vorliegen zu haben.

dem Geologen Hans Cloos (1885-1951) dankt.⁴¹ Im Vorwort zu EKO 2 wird Wegener, betreffend die ihm zuteil gewordene Hilfe, ganz deutlich: *Wie die erste Auflage durch die selbstlose geologische Beratung und Mitarbeit von Cloos gefördert, um nicht zu sagen, ermöglicht wurde, so ist die zweite gekennzeichnet durch die nicht minder wertvolle Mitarbeit eines Klimatologen; ihre Ausarbeitung geschah nämlich im täglichen Gedankenaustausch mit W. Köppen, und ich hatte die Genugtuung, daß dieser, anfangs kühl und zweifelnd, sich mit wachsender Wärme in die Ideenwelt der Verschiebungstheorie vertiefte Mehrere Kapitel entstanden in so engem Gedankenaustausch mit ihm, dass die Grenze des geistigen Eigentums nicht mehr feststellbar ist* Das Vorwort zu EKO 2 ist noch durch eine Petitesse ausgezeichnet. Wegener geht hier auf seine Kritiker ein: *Eine Reihe bekannter Fachgelehrter hat sich ... teilweise mit vorbehaltloser Anerkennung dazu geäußert. Naturgemäß ist aber die Zahl der Zweifler noch immer groß, zumal die Theorie von verschiedenen Seiten, namentlich den Geologen Diener, Semper und Sörgel heftig angegriffen worden ist. Der teilweise verfehlte Ton dieser Angriffe ist bereits von anderer Seite getadelt worden.*

Während das kurze Vorwort zu EKO 3 nichts Neues bringt, ist das zu EKO 4 bemerkenswert. Wegener transportiert hier den Gedanken: *Nur durch Zusammenfassung aller Geo-Wissenschaften dürfen wir hoffen die "Wahrheit" zu ermitteln, d.h. dasjenige Bild zu finden, das die Gesamtheit der bekannten Tatsachen in der besten Ordnung darstellt.* Diesen Gedanken variiert und ergänzt er⁴², während er *die Geschichte dieses Buches, die zugleich die Geschichte der Verschiebungstheorie ist*, vergleichsweise ausführlich im ersten Kapitel darstellt.

Anzumerken wäre, dass die Hypothese einer Drift der Kontinente nicht neu, sondern schon von anderen Autoren geäußert worden war (dazu vergl. EKO 4 S. 2-4). Jedoch Wegener war der erste, der, aufbauend auf grundsätzliche physikalische Überlegungen unter Zuhilfenahme von Daten aus den Geowissenschaften den Nachweis einer Kontinentverschiebung zu erbringen versuchte. Tatsache ist, dass die Daten, die er zur Absicherung seiner theoretischen Ausführungen nutzte, nicht immer unstrittig waren. Es gab zu wenig geologische und geophysikalische Angaben zu den Ozeanböden und kaum Messungen zu den Eigenschaften und zur Dynamik der tieferen Stockwerke des Erdkörpers. Wegener musste sich gelegentlich den Vorwurf gefallen lassen, er würde nur die Daten verwenden, die in sein Konzept passten – andere unterdrücken.

Es drängt sich daher die Frage nach dem Anspruch von *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* auf. Es ist kein Lehrbuch und es produziert und begründet, auch wenn Wegener von Kontinentalverschiebungstheorie (EKO 1-3) und Kontinentverschiebungstheorie (EKO 4)⁴³ spricht, keine Theorie im klassischen, naturwissenschaftlichen Sinne, an die man u.a. den

⁴¹ Cloos war nach dem Ersten Weltkrieg Professor in Breslau und Bonn und erwarb nach Arbeiten an verschiedenen Orten der Erde als Lagerstättenexperte einen internationalen Bekanntheitsgrad. Er hat seinerseits Wegener gedacht (Cloos 1947 S. 329), aber nie dessen Kontinentdriftthese angenommen (s. das Cloos Zitat in Flügel 1980 S. 242). Aus drei im AWI im Archiv für Deutsche Polarforschung (AdP) vorhandenen Briefen (Sign.: NI 2 B Nr. 7-9) entnimmt man, dass Cloos und Wegener auf vertrautem Fuße miteinander umgingen.

In dem gedankenreichen Artikel Flügel 1980 findet sich die Bemerkung (S. 240), dass insbesondere auch der Geologe Karl Andree (1880-1959) Wegener in Marburg beeinflusst und unterstützt habe.

⁴² Dabei kritisiert er sich selbst für seine Behauptung, die Verschiebungsthese werde durch die Geophysik entschieden (Wegener 1927,1)! Verfasser kann dieses "Zurückrudern" Wegeners nur bedingt nachvollziehen, denn das Grundsätzliche seiner These, gründet sich auf geophysikalische Argumente.

⁴³ Den Begriff Kontinentalverschiebung hat Wegener in EKO 4 konsequent durch Kontinentverschiebung ersetzt. Er ist aber nicht vollständig ausgemerzt, sondern taucht dann auf, wenn Wegener andere Autoren zitiert. Wegener hat auch den Ausdruck Kontinentenverschiebung benutzt (vergl. Wegener 1927,1, S. 103).

Anspruch der Geschlossenheit stellt.⁴⁴ Auch wenn Wegeners Verschiebungstheorie diese Forderungen nur bedingt erfüllen kann, so ermöglicht sie doch die schlüssige Interpretation vieler Felddaten und ermöglicht Prognosen.

Wegeners Vorgehensweise ist durch einen deduktiven Charakter geprägt. Am Anfang steht die Idee. Wegener ist davon überzeugt: Es hat eine Kontinentverschiebung stattgefunden. Nachdem er die alten Modelle mit physikalischen Argumenten verworfen hat, ist sein Buch zunächst eine Sammlung von Beweisen bzw. Argumenten für die Verschiebungsthese, untermauert durch zusätzliche Erläuterungen. Die Theorie sei noch in der Entwicklung begriffen, lässt er gelegentlich anklingen.

Immer wieder wird die Frage gestellt, wie Wegener auf die Idee der Kontinentverschiebung kam, bzw. wieso er sich als Meteorologe derartig intensiv mit einer Sache beschäftigte, die der Geologie oder der Geophysik zuzuordnen wäre. Dabei wird immer wieder die Begebenheit kolportiert, die Wegener tatsächlich in einem Brief erwähnt, nämlich, dass ihm die Parallelität der Küsten Südamerikas und Afrikas in die Augen gesprungen sei.⁴⁵ Der eigentliche Anstoß, sich mit der Sache tiefer zu befassen, stammt aber von der Lektüre eines *Sammelreferats*. Was ihn an diesem Text besonders reizte, erwähnt er nicht und es ist nicht sicher, um welche Schrift es sich gehandelt hat.⁴⁶ Man kann davon ausgehen, dass sein Interesse dadurch geweckt wurde, dass hier zwei Lehrmeinungen vertreten wurden, die er für falsch hielt:

1. Die Landbrückentheorie⁴⁷ – die Idee, dass in geologischer Vorzeit zwischen den Kontinenten, wie wir sie heute kennen, verschiedene Landverbindungen existierten, über die der Austausch von Fauna und Flora, den die Paläontologen zweifelsfrei nachgewiesen hatten, erfolgt sein sollte.⁴⁸
2. Die Kontraktionstheorie – ein Schrumpfen des Globus, das die Gebirgsbildung erklären sollte.

⁴⁴ Es ist nicht immer sofort zu erkennen, was Bestandteil der Theorie ist. Ab EKO 3 hat Wegener den ersten von drei Abschnitten betitelt: *Wesentlicher Inhalt der Verschiebungstheorie*. In EKO 4 ist das entsprechende Kapitel überschrieben: *Das Wesen der Verschiebungstheorie und ihr Verhältnis zu den bisher herrschenden Vorstellungen über die Änderung der Erdoberfläche in geologischen Zeiten*.

⁴⁵ Es handelt sich dabei um einen Brief an seine spätere Ehefrau Else vom Januar 1911 (genaueres Datum nicht bekannt - Wegener E. 1960, S. 75); nicht in Wutzke 1998.

⁴⁶ Die Erwähnung des *Sammelreferats* (Übersichtsaufsatz) s. EKO 4, S. 1-4 *Geschichtliche Vorbemerkungen*. Zu der Frage um welchen Text es sich konkret handelte, gibt es verschiedenen Vermutungen. Nachdrücklich ist Ulrich Wutzke dieser Frage nachgegangen. Er vermutet eine Sammlung von aktuellen Aufsätzen zu paläontologischen Fragestellungen im Wesentlichen von Theodor Arlt (1878-1960, mündliche Mitteilung Ulrich Wutzke 2012). Konkreter wird Flügel 1980 S. 239: ... *im Herbst stößt er in der Naturwissenschaftlichen Rundschau des Jahres 1910 auf ein Referat von Arlt über eine 1909 erschienene Publikation von Scharff "Über die Beweisgründe für eine frühere Landbrücke zwischen Nordeuropa und Amerika"*. Verf. hat u.a. den von Flügel erwähnten Jahrgang durchgesehen. Man findet hier eine Fülle von Artikeln und Buchrezensionen zu geologischen und geophysikalischen Themen die sich direkt und indirekt mit Landbrücken und der Kontraktionsthese befassen. Ulrich Wutzke äußerte kürzlich, er habe das in Frage stehende Sammelreferat identifiziert (Wutzke 2013).

⁴⁷ Schon der Ausdruck Landbrücke war für das, was damit beschrieben werden sollte, falsch. Land das Länder verbindet kann keine Brücke sein. Bestenfalls würde dafür der Ausdruck Isthmus passen, der aber dann zweifelhaft wird, wenn diese Landflächen die Dimensionen von Kontinenten annehmen oder diese gar übersteigen.

⁴⁸ Als Anmerkung: Die Ideen der Neptunisten, bei denen die Gesteins- und Gebirgsbildung aus einem den ganzen Globus umspannenden Urmeer hervorgegangen ist (nach Regression und Verwitterungen), war genau so voller Widersprüche wie die Idee der Plutonisten, die die Veränderungen der Erdoberfläche auf Ursachen aus dem Erdinneren zurückführten (Zentralfeuer). Wegener geht auf diese Vorstellungen gar nicht mehr ein. Eine Darstellung dieses Themenkomplexes vergl. z. B. Hölder 1989 S. 36-54, auch Hallam 1989 S. 1-29.

Verfasser wurde darauf hingewiesen⁴⁹, dass die Mechanik des Aufsteigens und Versinkens der Landbrücken auch Teil der Kontraktionstheorie ist. Dieser Hinweis ist sachlich richtig und weist darüber hinaus auf den ganz gravierenden Punkt, dass das (Entstehen/Aufsteigen und) Versinken von Landbrücken nicht nur als Postulat existieren konnte, sondern einer plausiblen physikalischen Erklärung bedurfte. In diesem Sinne müsste man die beiden Vorgänge zusammen abhandeln, auch wenn Wegener sie tendenziell getrennt betrachtete, was schlicht daher rührte, dass das "Landbrückentheorem" paläontologisch gestützt wurde – quasi abstrakt, die Brücken selbst waren ja längst verschwunden, direkte Spuren waren nicht nachzuweisen - während das jedermann sichtbare Aufsteigen von Land, in Form eindrucksvoller Gebirgsbildungen, unmittelbar nach geologisch-geophysikalischen Begründungen verlangte.

Von prinzipieller Bedeutung war der Umstand, dass Wegener bereits auf die Erkenntnis zurückgreifen konnte, dass sich die Oberfläche der Erde in zwei Klassen teilt, in Kontinentfläche und Meeresboden - mit anderen Worten: Die Verteilung der Höhenlagen, bezogen auf die gesamte Erdoberfläche, zeigt zwei deutliche Maxima, was sich in den hypsometrischen (hypsographischen) Kurven spiegelt.⁵⁰ Das, was uns derzeit als trivial erscheint, war damals durchaus nicht selbstverständlich, da die Topographie des Meeresbodens nur mangelhaft bekannt war. Akzeptiert man die hypsometrische Einteilung, die insbesondere die Tatsache der steilen kontinentalen Ränder widerspiegelt, ist die Frage nach der chemischen Zusammensetzung der Kontinente und der Ozeanböden einleuchtend. Es stellt sich heraus, dass diese differieren - sie präsentieren sich als *Sial* (Silizium, Aluminium) und *Sima* (Silizium und Magnesium). *Sial*, das Gestein das die Kontinente bildet (im wesentlichen Granit, auch Gneis), hat ein geringeres spezifisches Gewicht als *Sima* (im wesentlichen Basalt). Damit drängt sich der Gedanke auf, das *Sial* könnte auf dem *Sima* schwimmen, wie Eisschollen auf dem Wasser. Es ist also naheliegend, dass, wenn diese Fragmentierung existiert, sie seit langem existiert - d.h. Kontinente müssen sehr alt sein, in der geologischen Frühphase der Erde entstanden und können nicht untergehen, und selbstverständlich konnten Landbrücken, wenn sie denn existierten, auch nicht untergehen oder verschwinden.

Dieser Sachverhalt – das, was Wegener herausstreicht - lässt sich auch so formulieren: Nie war der Ozeanboden Bestandteil von Kontinenten.⁵¹ Der Leser, der mit dem Wissen um die Plattentektonik diesen Text liest, sei darauf hingewiesen, dass Wegener nicht von einer kontinuierlichen Neubildung der Ozeanböden ausgeht. "Seine Ozeanböden" sind damit mindestens so alt wie die Kontinente.

Wie Wegener mit dem "Landbrückentheorem" umgeht, ist ein Paradebeispiel für seine Art zu denken und zu argumentieren. Er weiß, dass alle Paläontologen und Biogeographen auf mehr oder weniger ausgedehnte Landbrücken fixiert sind. Ohne die Annahme derselben könnten diese die Verwandtschaftsverhältnisse von Fossilien zwischen den Kontinenten

⁴⁹ Verfasser dankt dem Geologen Robert Seidel, Kiel, für seinen Hinweis. Herr Seidel hat inzwischen eine fachlich fundierte und gut zu lesende *Skizze der Geschichte der Theorie der Plattentektonik* im Internet veröffentlicht. Diese ist zu finden unter <http://de.richarddawkins.net/>.

⁵⁰ Wegener reproduzierte die *Hypsometrische Kurve der Erdoberfläche nach Otto Krümmel* (1854-1912) bereits in Wegener 1912,1 S. 186. Die modernen hypsometrischen Kurven unterscheiden sich von denen der Jahrhundertwende nur geringfügig. Eine aktuelle Darstellung s. Frisch und Meschede 2007 S. 13.

⁵¹ Wie schon einleitend angemerkt, sind Gebiete bekannt, wo an Kontinenträndern Reste von Meeresböden hängen geblieben sind und dauerhaft angelagert wurden und auch welche, bei denen es zu Überschiebungen durch Meeresböden gekommen ist und daher entsprechend alt sind, was aber der prinzipiellen Aussage des Textes nicht widerspricht.

nicht erklären und er folgert: Die "Landbrückensucht" ist der beste Beweis für die Verschiebungsthese.

Zum zweiten Punkt: Die Kontraktionstheorie - was die Meinung der Geologen in Deutschland betraf, darf man von einer Lehrmeinung sprechen – besagte, unsere Erde würde im Laufe der Zeit auskühlen und in Folge der Temperaturabnahme schrumpfen, wobei sich an ihrer Oberfläche Runzeln bilden würden, wie auf einem lagernden Apfel.

Die Kontraktionstheorie sollte in der Tat nicht nur die Orogenese, sondern *Das Antlitz der Erde* - so der Titel des berühmten Werkes von Eduard Suess (1831-1914) - schlechthin erklären (Suess 1908). Suess hat die Entwicklung der Geologie nachhaltig geprägt und wird entsprechend in EKO 1-4 häufig zitiert.⁵² Bereits in Wegener 1912, 1 S. 186 findet man das berühmte Suess-Zitat *Der Zusammenbruch des Erdballs ist es, dem wir beiwohnen.*⁵³ Genauer heißt es an einer anderen Stelle: (Bd. 1 S. 143, erster Satz im Sperrdruck - Sd): *Die sichtbaren Dislocationen in dem Felsgerüste der Erde sind das Ergebniss von Bewegungen, welche aus der Verringerung des Volums unseres Planeten hervorgehen. Die durch diesen Vorgang erzeugten Spannungen zeigen das Bestreben, sich in tangentiale (Sd.) und in radiale (Sd.) Spannungen und dabei in horizontale (d.i. in schiebende und faltende) und in verticale (d.i. senkende) Bewegungen zu zerlegen.*

Schon der gelegentlich benutzte Vergleich mit einem schrumpfenden Apfel (Hölder 1989 S. 80, Kraus 1959 S. 10) hinkte fürchterlich. Wenn man einen Apfel kühlt, wird dieser nicht schrumpelig. Eine homogene oder homogen geschichtete Materiekugel, die sich abkühlt, bildet keine Runzeln. Der Apfel schrumpelt, weil er durch seine Oberfläche Flüssigkeit, d.h. Masse verliert (dazu auch EKO 2 S. 2 u. EKO 3 S. 8). Diesem Bild entsprechend, müsste die Erde in ihren inneren Bereichen stärker schrumpfen als außen. Ein vergleichbarer Vorgang konnte auch entstehen, wenn die Erde Innen rascher abkühlen würde als Außen. Genau das wird in Kreichgauer 1902 behauptet und durch die Sonneneinstrahlung begründet, die für die vergleichsweise warme äußere Erdschicht verantwortlich sein soll.⁵⁴ Aber selbst, wenn es durch noch nicht erkannte Vorgänge oder Mechanismen zu einem so genannten *Gewölbedruck* käme, könnte dieser nie durch Molekularkräfte aufgefangen werden und zur Gebirgsbildung beitragen, sondern das Ganze müsste in einer sich über den gesamten Globus

⁵² Auf Suess gehen nicht nur die Begriffe S(i)al, Sima und Nife zurück (Suess 1908 Bd. 3/2 S. 626, 699: *Wir nehmen drei Zonen oder Hüllen als maassgebend für die Beschaffenheit der Erde an, u. zw. die Barysphäre oder das Nife (Ni-Fe), ferner Sima (Si-Mg) und Sal (Si-Al). Diese Theilung unterscheidet sich von der Classification, die von hervorragenden amerikanischen Petrographen vorgeschlagen wurde, durch die Abtrennung der metallischen Barysphäre*). Suess hat auch das farnähnliche Glossopteris als wichtiges Leitfossil erkannt und daraus u.a. die Existenz des Gondwanalandes abgeleitet. Wegener zitiert Suess häufig. Es ist aber herauszustellen, dass die Gleichsetzung des S(i)al mit den Kontinentmassen und die des Sima mit den Meeresböden nicht von Suess stammt. Diese Unterscheidung war bis weit in die Mitte des 20. Jahrhunderts umstritten und wurde heftig diskutiert. Zur Bildung des Begriffes Sial vergleiche auch BzPM 682 unter Seite 208.

⁵³ Vergl. Suess 1908, Bd. 1 S. 778. Das Zitat entspricht genau dem der ersten Auflage von 1885 und lautet weiter: *Er hat freilich schon vor sehr langer Zeit begonnen und die Kurzlebigkeit des menschlichen Geschlechts lässt uns dabei guten Mutes bleiben.* Obwohl Suess Kernaussagen in der Regel gesperrt setzt, ist das hier nicht geschehen. Beachtlich ist aber, dass Suess die Konsequenz dieses Gedankens im Finale seines enormen Werkes wieder aufgreift. Hier heißt es: *Wenn auch nur eine entfernt annähernde Tendenz zur Herstellung eines neuen gleichartigen Halbmessers in der Contraction des Planeten gelegen wäre, wenn die atlantischen Senkungen, die unsere wertvollsten Asyle durchschneiden, in der That aus einem Streben nach planetarischem Gleichgewicht hervorgegangen wären, dann wäre eine fortschreitende Minderung der Wohnsitze der Land- und Süßwasserthiere zu befürchten. Nicht das Leben, wohl aber ein sehr bedeutender, zugleich der höchst organisierte Theil wäre dem schliesslichen Untergange geweiht und würde der Panthalassa wiedergegeben.* Da Suess das Urantlitz der Erde als Meeresfläche annahm, hat er somit einen Kreislauf konstruiert, der sich allerdings nicht wiederholen kann.

⁵⁴ Kreichgauer 1902 ist für das Studium der Kontraktionstheorie ein wichtiges Buch – s. dort S. 49-74. Zu der geringeren Abkühlung der Außenschichten der Erde durch die Einwirkung der Sonneneinstrahlung vergl. speziell S. 53.

erstreckenden Bruchlandschaft enden, was weder mit den großen Gebirgszügen, noch mit der Existenz von Grabenbrüchen zu vereinbaren wäre, die Zerrungszonen sind.⁵⁵ Wegener weist schon in seiner Veröffentlichung von 1912 darauf hin, dass eine Abkühlung der Erde für ihre jüngere Geschichte nicht bewiesen sei und damit die Basis der Kontraktionstheorie entfielen, da nach neueren Erkenntnissen Wärme liefernde radioaktive Prozesse im Erdinneren angenommen würden. (Wegener 1912,1 S. 186/7). Diese Ansicht war aber seinerzeit keineswegs Konsens. *Schrumpfungsversuche* lautet z.B. der Titel einer reich bebilderten Arbeit mit dem Ziel, die Oberflächenformung unseres Globus zu simulieren (Toula 1914).

Heute nahezu in Vergessenheit geraten ist der erstaunliche Umstand, dass es neben der vielzitierten Kontraktions- auch eine Expansionsthese gab, die bis weit in die 1960er Jahre als Begründung für die Gestaltung der Erdoberfläche wissenschaftlich im größeren Umfang diskutiert wurde.⁵⁶

Natürlich taucht auch die Frage auf, warum der Unterschied zwischen Meeresboden und Kontinenten besteht? Wieso ist die äußerste Schicht der Erde nicht gleichartig, was man doch im Rahmen einer unter Eigengravitation "kondensierten" Kugel annehmen sollte? Wegener erläutert die Sache wie folgt: Er postuliert zunächst einen Panthalassa, einen 3 km tiefen, den gesamten Globus bedeckenden Ozean, darunter soll sich dann die etwa 30 km dicke *Sial*-Schicht befinden, die über dem *Sima* liegt. Diese *Sial*-Schicht reißt auf – die Frage nach den Kräften, die das bewirken, wird zurückgestellt – es kommt dann anschließend zu Kollisionen der Bruchstücke. Kollisionen bedeuten aber Zusammenschub. Und da dieser

⁵⁵ In Kraus 1959 S. 8-11 findet man eine Charakterisierung der Kontraktions-Theorie. Hier werden auch 11 Punkte aufgeführt, weshalb diese zu verwerfen ist. Gelegentlich ähnlich klingende Formulierungen in Kraus 1959 und dem vorliegenden Aufsatz sind unabhängig voneinander entstanden.

Erläuterungen zur Kontinentbildung s. Wegener 1912,1 S. 194; EKO 1 S. 46; EKO 2 S. 59; EKO 3 S. 102; in EKO 4 S. 207 wird die entsprechende Stelle eingeleitet: *Es ist nicht undenkbar, daß in den ältesten vorgeologischen Zeiten die Sialhaut noch die ganze Erde umkleidete. ...*

⁵⁶ Dazu vergl. die in Fußnote 49 angeführte Arbeit von Robert Seidel. Verfasser hat sich in diesem Zusammenhang lediglich mit der Arbeit Jordan 1966 auseinandergesetzt, die für eine Mehrheit der Leser sicher keine leichte Lektüre darstellen dürfte. Der weltberühmte Physiker Pascual Jordan (1902-1980) diskutiert hier, immer im Kontext zu einer hypothetischen Erdexpansion, eine Fülle geologische Probleme und thematisiert auch die Selenologie und die Geologie unserer Nachbarplaneten. Kerngedanke der Arbeit ist, dass eine Drift der Gravitationskonstante, d.h. die sich abschwächende Gravitationswechselwirkung, wie von Paul Dirac (1902-1984) postuliert, letztlich eine Expansion der Erde hervorrufen muss! Aber bei allem Wissen und Gedankenreichtum den Jordan demonstriert, erfährt man nicht, wie denn die notwendige Verdoppelung des Erddurchmessers entsprechend einer Verachtfachung des Erdvolumens von statten gehen soll. Zwar ist die Rede von Volumenzunahme durch Materialumwandlungen auf Grund von Druckentlastungen (z.B. S. 110-111) aber quantitative Analysen, die den Anforderungen entsprächen, findet man nicht.

Jordan fand für seine Idee in dem seinerzeit äußerst populären Naturwissenschaftsjournalisten Heinz Haber (1913-1990) nicht nur einen kompetenten, sondern auch engagierten Mitstreiter. In dessen vielgelesenem Buch *Unser blauer Planet* (Haber 1965 u. ungek. Taschenbuchausg. v. Dez. 1967) suggeriert er dem Leser, dass Wegeners Theorie abgelehnt sei (S. 47) und schreibt dann (S. 54): *Nehmen wir einmal an, daß die Erde, als ihre Bildung vor Jahrmilliarden im Wesentlichen abgeschlossen war, einen Durchmesser von nur 7.000 Kilometern gehabt hat. So groß war damals vermutlich das Maß der Schwerkraft, dass sie bis auf diesen Durchmesser zusammengepresst wurde. Die Oberfläche einer Kugel dieser Ausmaße entspricht der Gesamtoberfläche aller heutigen Kontinente. Damals war die Kruste der Erde zumindest vorübergehend in einem glutflüssigen Zustand, und so hat sich eine einheitliche Kruste gebildet, wobei eine etwa 5 bis 10 Kilometer dicke Basaltschicht unter einer etwa 30 Kilometer dicken Granitschicht zu liegen kam.*

Zusammenschub unter der Bedingung der Isostasie⁵⁷ stattfinden muss, folgt daraus eine Verdickung der *Sial*-Schollen. Und diese Verdickung bewirkt, dass diese *Sial*-Kontinente aus dem Panthalassa herauswachsen. Über mögliche Zerrspannungen in den neu gebildeten Kontinenten, so Wegener, könne dieser Vorgang nicht rückgängig gemacht werden. Vielmehr würden diese bestenfalls zu einer Fragmentierung derselben führen (z.B. EKO 1, S. 46). Wir haben also genau den Fall, den man aus der Praxis kennt. Kommt Druck auf ein geschlossenes Eisfeld, überschieben sich die Eisflächen, frieren zusammen, bilden Verdickungen und Ridges. Durch eine Zerrspannung kann zwar das so gebildete Eisfeld wieder zerfallen, die Höhe bzw. Dicke der neu entstandenen Schollen aber nicht rückgängig gemacht werden. Es gibt unregelmäßig dicke Schollen und dazwischen freies Wasser – entsprechend *Sial* und frei liegendes *Sima*: der Zusammenschub kann nicht wieder aufgehoben werden. Die ursprünglich homogene Schichtung ist irreversibel zerstört.⁵⁸

Bis in die Mitte der 1920er "ignorierte" Wegener die *MOHO*, die heute allgemein akzeptierte Grenze zwischen Erdkruste und Erdmantel, die mit dem Aufkommen seismischer Methoden ab 1910 ansatzweise bekannt war. Dafür lässt sich eine Ursache vermuten. Die *MOHO*-Diskontinuität dokumentiert eine plötzliche Dichtesteigerung, die unter den Kontinenten um 40 km, unter den Meeresböden um 10 km unter der Bodenoberfläche liegt.⁵⁹ Es gibt also auch unter dem *Sima* diese Sprungschicht. D.h. *Sial* und *Sima* bilden zusammen die Erdkruste und lagern auf einer weiteren Schicht – dem oberen Mantel. Das entspricht nicht der Wegenerschen Vorstellung.⁶⁰ Für Wegeners Modell, des passiv im *Sima* treibenden *Sials*, werden keine weiteren Schichten benötigt. Erstmals in EKO 4 (S. 53-60) diskutiert er die Existenz von relativ leichtflüssigen zusammenhängenden Schichten ausführlich. Er führt aus, dass die Existenz derartiger Schichten der Verschiebungstheorie nicht widersprechen würde – ein richtiges Argument wenn man dort Schichten zwar von höherer Dichte aber auch von höherer Plastizität annimmt. Man beachte allerdings, dass die häufig reproduzierte schlichte Skizze *Schnitt im größten Kreise durch Südamerika und Afrika in getreuen Größenverhältnissen* letztmalig in EKO 3 verwendet wird (Fig. 28 S. 101). Bei der Diskussion, die Wegener zu diesem Themenkomplex liefert, wird deutlich, dass die Datelage Ende der 1920er nicht hinreichend war, um zu abschließenden Urteilen zu gelangen.

Im Rahmen der von Wegener angeführten geophysikalischen Argumente ist ein weiterer Sachverhalt von Bedeutung und wissenschaftshistorischer Brisanz: Noch in der dritten Auflage spricht Wegener von der *Schlichtheit der Tiefseeböden*. Wörtlich: *In dieser größeren Schlichtheit tut sich eine größere Plastizität, ein höherer Grad von Flüssigkeit der Tiefseeböden kund*. Dieses grundsätzlich richtige Argument benutzt er, um die Mittelozeanischen Rücken zu relativieren, d.h., um diese kleinzureden (EKO 3, S. 27, besonders

⁵⁷ Der Begriff Isostasie ist ein anderer Ausdruck für Schwimmgleichgewicht (eine Umschreibung des Archimedischen Prinzips), das immer dann herrscht, wenn ein Körper in einer spezifisch schwereren Flüssigkeit schwimmt. Wir sind es gewohnt, auf quasi starrem Grund stehend, dass wir, Stein auf Stein fugend, immer höher bauen können. Die Summe der Steinhöhen ergibt die Gesamthöhe des Gebäudes. Würde man dieses Gebäude aber auf einem Schiff errichten, ließe sich der Effekt nicht wiederholen. Das Schiff würde mit jedem Stein tiefer ins Wasser gedrückt werden. Der Abstand von der Oberfläche des Wassers wäre nicht mehr als einfache Summe der Steinhöhen darstellbar. Wegener überträgt dieses Bild auf die Kontinente. Diese werden durch eine Auflast, z.B. Schnee und Eis, tiefer in den Untergrund gedrückt und tauchen nach dem Verschwinden der Last wieder aus. Ein Effekt, der sich bei dem schnellen Steigen der Skandinavischen Halbinsel (etwa 1 cm pro Jahr) besonders deutlich beobachten lässt.

⁵⁸ Die Bildung von Neueis etc. ist in diesem Beispiel natürlich nicht vorgesehen.

⁵⁹ Dazu vergl. die Skizze eines passiven Kontinentrandes in Frisch/Meschede 2007 S. 51.

⁶⁰ Zur damaligen Kenntnis der oberen Erdschichten vergl. den komplexen Artikel Mohorovičić 1927. Der Verfasser Stjepan M. ist der Sohn des Entdeckers der *MOHO*. Wegener zitiert diesen Artikel in EKO 4, S. 53. Einen guten Überblick über die Geschichte und Entwicklung seismischer Methoden gibt Howell 1990.

auch Wegener 1927,2).⁶¹ Und in der 4. Auflage sagt Wegener sinngemäß, die Ergebnisse der Lotungen der Deutschen Atlantischen Expedition mit dem Forschungsschiff METEOR⁶² wären noch nicht hinreichend ausgearbeitet, um sie in seine Betrachtungen einzubeziehen.

Es gibt ein weiteres geographisch-ozeanographisches Faktum mit dem Wegener ringt und zu dem er keine eindeutige Stellungnahme einnehmen kann. Noch in EKO 4 sagt er: *Über die Natur der Tiefseerinnen lässt sich wohl auf Grund der bisherigen Beobachtungen noch kein abschließendes Bild gewinnen.* Und seine Diskussionen in diesem Zusammenhang, z.B. betreffend die Tiefseegräben vor der Südamerikanischen Westküste, sind inkonsistent, wenn nicht widersprüchlich.

Zusammenfassend darf man konstatieren, dass sich weder für die Tiefseegräben noch für die Mittelozeanischen Gebirge eine befriedigende Einordnung in das Wegenersche Konzept finden ließ. Das konnte auch nicht durch die *Ergänzenden Bemerkungen über die Tiefseeböden* in EKO 4 (S. 210-219) erreicht werden.

Bemerkenswert ist, dass Wegener die Diskussion des mittelozeanischen Problems auch aufgreift, wenn er die Ursachen der Verschiebung betrachtet. In diesem Zusammenhang wird er deutlich konkreter. Wenn man die entsprechenden Stellen in EKO 4. (S. 182, 184) mit den heutigen Kenntnissen im Kopf liest, dann gewinnt man den Eindruck, dass Wegener nur zwei oder drei gedankliche Verknüpfungen fehlten, um das Rätsel der Natur des Mittelatlantischen Rückens zu lösen, und diesen als Spreizungszone zu erkennen, womit ihm der Schlüssel zur Plattentektonik in den Schoß gefallen wäre.

Aber es sei daran erinnert, Wegener war ab 1928 damit beschäftigt, Grönlandexpeditionen zu planen, um dann 1929 mit Hand- und Hundeschlitten bei -30°C über das grönländische Inlandeis zu reisen.

Die geologischen Argumente, die Wegener zur Stützung seiner These anführte, dürfen ein besonderes Interesse beanspruchen. Als Fachfremder hat sich Wegener diesbezüglich besondere Mühe gegeben. In EKO 4 nehmen diese Argumente tatsächlich fast 40 Seiten ein (S. 61-99), gegenüber knapp 30 Seiten für die geophysikalischen Begründungen. Wegener beginnt das Kapitel in der dritten Auflage mit folgenden Worten: *Für unsere Auffassung, dass der Atlantik eine ungeheuer erweiterte Spalte darstellt, deren Ränder früher unmittelbar zusammengehangen haben, ergibt sich eine sehr scharfe Kontrolle durch einen Vergleich des geologischen Baues der beiden Seiten. Denn man wird erwarten dürfen, dass Faltungen und andere Strukturen, die vor dem Abriss entstanden sind, von der einen zur andern Seite hinüberführen, und zwar müssen ihre Enden beiderseits des Ozeans so gelegen sein, dass*

⁶¹ Um das Problem zu lösen, hätte es nur des Arguments bedurft, dass sich die größere Plastizität am Mittelozeanischen Rücken nicht auswirken konnte, und nur daher rühren könne, dass er erst in jüngerer Vergangenheit gebildet wurde (wie in Wegener 1912,1 angedeutet).

⁶² Auf der *Deutschen Atlantischen Expedition* mit dem Forschungsschiff der Reichsmarine METEOR 1925-1927 wurde systematisch das damals gerade erfundene Echolot erfolgreich eingesetzt, wobei 19 Echolotprofile über den Südatlantik (mit Abstechern zur Magellan Straße, Beagle Kanal, South Shetlands, Süd Georgien, Bouvet Insel) abgesegelt wurden, wodurch sich die Kenntnis der Topographie des Atlantiks erheblich erweiterte. Man kann Wegener insofern zustimmen, als die endgültige Karte, die den Mittelatlantischen Rücken deutlich wiedergibt, tatsächlich erst 1934 erschien. Andererseits gab es ausführliche Darstellungen der Zwischenergebnisse der Expedition. Man beachte auch, dass Wegener, nicht zuletzt auf Grund seiner langjährigen Tätigkeit an der Deutschen Seewarte, gute Beziehungen zu den die Lotungen bearbeitenden Kollegen hatte. Auch darf in diesem Zusammenhang die Arbeit Groll 1912 nicht vergessen werden, die er erstmals in EKO 1, allerdings lediglich im Vorwort erwähnte und dann in EKO 2-4 gelegentlich zitiert. Tatsache ist auch, dass bereits auf Grund der Grollschen Tiefenkarte von 1912 die Existenz eines Mittelatlantischen Rückens nicht mehr wegzuleugnen war. Vor Groll findet man den Rücken deutlich bei Supan 1903, der ihn als Atlantische Schwelle bezeichnete. Erstaunlich genug: Bereits auf einer Karte, die 1877 in den Challenger Reports erschien, ist, wenn auch unbenannt, über die gesamte Nord-Süd-Länge des Atlantiks eine Erhebung eingezeichnet.

sie in der Rekonstruktion als unmittelbare Verlängerungen erscheinen. Wegener führt aus, dass diese Bedingungen erfüllt sind, zu Recht, wie wir wissen, aber zu beachten ist, dass es seinerzeit Fachwissenschaftler (!) gab⁶³, die dieses vehement abstritten.

Zu den geologischen Argumenten hier nur noch eine Anmerkung: In der 4. Auflage beschließt Wegener das entsprechende Kapitel mit einem längeren Zitat des Schweizer Geologen Argand. Dieser schreibt: *Seit 1915 und besonders seit 1918 habe ich lange den Grad der Glaubwürdigkeit der Verschiebungstheorie überprüft ...* und er fand keine prinzipiellen Gründe, die eine Ablehnung der Theorie notwendig gemacht hätten. In Bezug auf die Entwicklung der Wegenerschen Thesen schreibt er: *... Diese Arbeit der Reinigung und Verfeinerung ist sehr fühlbar in der Reihe der Veröffentlichungen von Wegener. Stark begründet in den Kreuzungspunkten von Geophysik, Geologie, Biogeographie und Paläoklimatologie, ist sie nicht widerlegt worden.* Sinngemäß führt er weiter aus, dass die Einwände gegen Wegeners Ideen zwar häufiger werden, sich diese aber *nur auf einige Nebensachen und niemals, bis jetzt, auf die lebenswichtigen Teile* bezogen haben.

Um im Rahmen der vorliegenden Betrachtung zu einer gewissen Geschlossenheit zu kommen, muss noch der Begriff der Polwanderung eingeführt werden, der bei der Wegenerschen Darstellung der Verschiebungstheorie eine relativ große Rolle spielt und an unterschiedlichen Stellen seiner Werke auftaucht. Interessanterweise wurde die Vorstellung, dass in geologischen Zeiträumen Polwanderungen stattgefunden hatten, von vielen Geologen problemlos akzeptiert.⁶⁴ Eine ausführliche Darstellung findet man z.B. in Kreichgauer 1902, wo z.B. die Lage des *Carbon Äquators* (die der Karbon Pole) in einer Karte dargestellt ist die in EKO 2, 3, 4 (S. 115, 71, 149) und in Köppen/Wegener 1924 S. 22 reproduziert wird.⁶⁵ Wegener selbst führt nicht weniger als 18 Autoren an, die eine Polwanderung vertreten (z.B. EKO 3 S. 65).

Die Wanderung der Pole ist eine Umschreibung der Verlagerungen der Rotationsachse des Erdkörpers, für die verschiedene Gründe denkbar sind – endogene und exogene und selbstverständlich Kombinationen von beiden – z.B. neben Kontinentverschiebungen, Klimaänderungen mit entsprechenden atmosphärischen und ozeanographischen Folgen, das sind im wesentlichen Vereisungen und Sedimentationen. Für eine Kugel mit homogener oder sphärisch homogener Massenverteilung kann es zunächst keine ausgezeichnete Hauptträgheitsachse geben. Jede Achse, die durch den Kugelmittelpunkt geht, kann eine freie Rotationsachse werden. Bei der plastisch verformbaren, frei rotierenden Erdkugel muss sich, der Rotationsfrequenz entsprechend, ein "Äquatorwulst" ausbilden. D.h., die einmal angenommene Rotationsachse generiert eine Hauptträgheitsachse. Wie stabil diese gegen Störungen ist, diskutiert Wegener erstmals ausführlicher in EKO 4 S. 161-165 wo es u.a. heißt: *Ich muß aber gestehen, dass es mir schwer verständlich ist, wie man heute im Ernst die Annahme machen kann, dass der äquatoriale Abplattungswulst seine Lage unverändert beibehalten sollte, als ob die Erde absolut starr wäre.* Er führt dann aus, dass eine wie auch immer verursachte Änderung des Trägheitsmomentes zu einer Verlagerung der Hauptträgheitsachse führt, der die Achse der freien Rotation folgen muss, wodurch es auch zu einer Veränderung des Äquatorwulstes kommen muss (weiteres zu diesem Thema vergl.

⁶³ Zu diesen gehörte der bekannte Geograph Albrecht Penck (1858-1945), nachzulesen u.a. in Jaworski 1922.

⁶⁴ Eine fundierte Darstellung der geophysikalischen Grundlagen der Polwanderungen s. Gutenberg 1928, 1.

⁶⁵ Der Autor der Karte, Damian Kreichgauer (1859-1940), Physiker und Theologe, promovierte mit einer Arbeit zur Messung von Trägheitsmomenten (!); er postulierte als erster eine äußere Kugelschale die sich als Ganzes über den Globus verschiebt (auch Kreichgauer 1926 z. B. S. 5-22). Nach Koeppen 1921 S. 145 sind die Urheber dieser Idee Löffelholz und Kreichgauer; vergl. auch Kayser 1912, S. 12, Fußnote 2 wonach *Evans* (Sir John 1823-1908?) der Urheber sein soll.

z.B. Kirsch 1938 S. 79-102).⁶⁶ Wegener macht darauf aufmerksam, dass, da die vollständige Anpassung des rotierenden Erdkörpers entsprechend einer neuen Achsenlage – die Umorientierung des Rotationsellipsoids - verzögert vor sich geht, hingegen die Hydrosphäre der Situation stets unmittelbar folgt, wodurch sich die vielfach nachgewiesenen Regressionen und Transgressionen⁶⁷ gut erklären lassen (z.B. EKO 4 S. 165).

Ein wissenschaftlicher Erfolg war das schon erwähnte Buch Koeppen, Wegener 1924. Der Ansatz war eine Kombination zwischen Kontinent- und Polwanderung⁶⁸ samt der Einführung der Milankovitch-Zyklen. Milutin Milankovitch (1879-1958) hatte gezeigt, dass es auf Grund von drei himmelsmechanischen Kriterien zu einer zyklischen Änderung der Erdbestrahlung durch die Sonne kommt, wodurch eine Klimaänderung getriggert werden kann (eine zusammenfassende Darstellung s. Milankovitch 1941).

Mit ihrem weitgreifenden Ansatz konnten Wegener und Koeppen nicht nur einen Klimagürtel im Karbon und Perm, im Mesozoikum und in der Tertiärzeit begründen, sondern konnten durch den Beitrag von Milankovitch auch eine Erklärung zur Klimageschichte des Quartärs bei-steuern⁶⁹

Das Buch ist deswegen so bedeutend, weil bei der Diskussion der klimatischen Vergangenheit der Erde, die Schwachstellen der Wegenerschen Darstellung der Kontinentdrift nicht zum Tragen kommen. Die Verschiebungsthese wird als Tatsache angenommen. Die Probleme, die in EKO 1-3 von zentraler Bedeutung sind und die Entwicklung des Werkes kennzeichnen – angefangen bei den Ursachen der Verschiebung bis zu den Mittelozeanischen Rücken, den Tiefsee-gräben und die Orogenese – spielen in diesem Zusammenhang keine wesentliche Rolle. Das Werk kann aber eine Fülle von geologischen, paläontologischen und biogeographischen Problemen zwanglos erklären, womit sich an die oben wiedergegebenen Aussagen von Argand anknüpfen ließe.⁷⁰

Nicht zuletzt wegen der langjährigen Entwicklung der Verschiebungstheorie fragt man sich, ob es nicht möglich ist, den letzten Stand ihrer Begründung zusammenfassend darzustellen. Tatsächlich ist es ja so, dass Wegener, insbesondere angesichts des Anwachsens der

⁶⁶ Über mögliche Fluktuationen von Massen im Inneren der Erde wird hier nicht spekuliert. Aber man beachte – selbst bei einer vollständigen isostatischen Anpassung des Globus, d.h. vom Mittelpunkt der Erde aus betrachtet, liegen in allen (symmetrisch um die Rotationsachse angeordneten) Raumwinkeln gleiche Massen – können dennoch Unterschiede im Trägheitsmoment auftreten.

⁶⁷ Regression bedeutet ein Zurückweichen der Küstenlinie, also eine Verlandung; Transgressionen führen zu Überflutungen.

⁶⁸ Der Zusammenhang zwischen Polwanderungen und Kontinentverschiebungen - Wegener spricht von *Kontinentalgruppierung und der Achsenlage* - wird besonders klar in EKO 2 S. 122 und 123 ausgeführt.

⁶⁹ Um es noch einmal herauszustellen: Sonnenphysikalische Vorgänge spielten in diesem Zusammenhang keine Rolle. Die Sonnenleistung wurde über die betrachteten Zeiträume (600.000 Jahre) als konstant angenommen. Die sogenannte Solarkonstante (um 1,35 kW pro m²) hatte man 1913 festgelegt.

Die drei himmelsmechanischen Kriterien sind: Der Winkel (die "Schiefe") der Ekliptik (beeinflusst auf gegebener Breite den Einstrahlungswinkel im Verlauf eines Jahres), die Exzentrizität (Form) der Erdbahn (beeinflusst die Distanz von der Sonne) und die Lage des Perihels (dieser Punkt führt u.a. zu einer Verschiebung der Jahreszeitenlänge zwischen Nord- und Südhalbkugel) - Genaueres s. Milankovitch 1941 S. X auch S. 502, 541. In diesem, mit mathematischen Abhandlungen gespickten Werk, findet man einleitend nicht nur eine Ideengeschichte zu der Ermittlung der Strahlungskurven, sondern auch viele Angaben zu seiner engen Wechselwirkung mit Köppen/Wegener und anderen Wissenschaftlern (u.a. Kap. 21-23 S. 541-626). Die Bekanntschaft mit Köppen und Wegener wird auch in Milankovitch 1936 S. 15, 259- 277 thematisiert.

⁷⁰ In jüngerer Zeit werden die Zusammenhänge zwischen Kontinentdrift (Plattentektonik) und Klimaentwicklung thematisiert; s. z.B. in Wefer 2006 u.a. S. 38 (Uenzelmann, Rogenhagen, Müller, 2006). Gravierende Beispiele sind die Entstehung der Landverbindung zwischen Nord- und Südamerika - die Trennung von Pazifik und Atlantik - und die daraus resultierende Wechselwirkung mit dem Golfstrom, oder die Öffnung der Drakepassage und die damit einhergehende Entstehung des Antarktischen Zirkumpolarstroms.

Publikationen zu dem Thema, selbst die Notwendigkeit einer derartigen Behandlung gespürt hat (vergl. das *Vorwort* in EKO 4 vom November 1928). Diese Intention war es, die Wegener noch einmal zu einer erheblichen Neuordnung des Stoffes in EKO 4 veranlasste. Insbesondere in den Kapiteln drei bis sieben wird dieser Idee Rechnung getragen. Systematisch werden hier geodätische, geophysikalische, geologische, paläontologische und biologische sowie paläoklimatische *Argumente* vorgetragen. Auch das Kapitel acht: *Grundsätzliches über Kontinentverschiebung* fügt sich in dieses Schema ein. Hier soll keine nochmalige Zusammenfassung dieser zusammenfassenden Darstellung gegeben werden. Auf einen interessanten Umstand sei jedoch noch hingewiesen. Neben der systematischen Behandlung, die Wegener selbst vorlegt, kann er in dem Kapitel *Geologische Argumente* lange Listen mit von Fachleuten erarbeiteten Befunden präsentieren, die die Verschiebungstheorie stützen (S. 70, 94).

Beachtlich ist auch der Umstand, dass Wegener in den Kapitelüberschriften nie von Beweisen, sondern von Argumenten spricht. Damit gibt er nicht nur einer gewissen Unsicherheit Ausdruck. Es schwimmt auch auf eine schwer zu fassende Weise der Unterschied zwischen der Aussage (der Theorie) und ihrer Begründung.

Wegener hat in kleineren Schriften gelegentlich versucht seine Verschiebungstheorie zu erläutern, so z.B. in dem Vortrag *Die Theorie der Kontinentalverschiebung*. Es gibt eine gedruckte Fassung dieses Vortrages, gehalten in der *Fachsitzung der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin am 21.2.21* (Wegener 1921,1).⁷¹ Ganz interessant: In diesem, für einen wissenschaftlichen Aufsatz durchaus temperamentvollen Beitrag, spricht er viel rückhaltloser statt von Argumenten von Beweisen. Der Vortrag gibt einen guten Überblick über Wegeners "Beweisführung" und eignet sich daher gut für eine kurze schematische Darstellung.

- 1.: Poetisierende Einleitung und zweifelhafte Bemerkung zur Entstehung der Anden.
- 2.: Bemerkungen zur geographischen Passung der Kontinente, die später noch erheblich erweitert werden.
- 3.: Höhenstatistik der Erdrinde, aus denen die Hypsometrischen Kurven abgeleitet werden. W. macht auf die Signifikanz dieses Befundes aufmerksam. Die Erklärung für diesen Effekt ist die unterschiedliche stoffliche Zusammensetzung von kontinentaler und ozeanischer Kruste – differierende spezifische Gewichte - in Kombination mit dem Isostasiegebot.
- 4.: Eingehen auf die petrologische Charakterisierung des Meeresgrundes. W. weiß, dass die diesbezüglichen Kenntnisse sehr eingeschränkt sind. Er traut aber den Quellen, die ein schwereres, eisenhaltigeres, vulkanisches Gestein postulieren.
- 5.: Die bekannten Daten der Gravimetrie beweisen, dass die Erdoberfläche im Wesentlichen isostatisch kompensiert ist.
- 6.: Interpretation von geomagnetischen Daten. In EKO 2 S. 13-20 heißt es z.B. dazu wörtlich: *In der erdmagnetischen Forschung wird ziemlich allgemein die Ansicht vertreten, das die Tiefseeböden aus stärker magnetisierbarem, also vermutlich eisenhaltigerem Material bestehen als die Kontinentschollen.*
- 7.: Interpretation von seismischen Daten.

⁷¹ Der unter gleichem Titel erschienene Beitrag Wegeners *Die Theorie der Kontinentalverschiebungen* in den Verhandlungen des 20. Deutschen Geographentages zu Leipzig, 1921, stellt ein Diskussionsprotokoll dar (Wegener 1921,2).

- 8.: Folgerung, dass alle Daten der Punkte 5-7 nicht im Widerspruch zur Verschiebungstheorie stehen.
- 9.: Geologische Befunde.
- a) Verwerfung der Kontraktionstheorie
 - b) Dort, wo Kontinentmassen aufeinander treffen, bilden sich Faltengebirge.
 - c) Wegener erklärt, dass die morphologischen Argumente (auch die tektonischen Argumente) extrem aussagekräftig sind und vergleicht diese mit der Signifikanz, die sich ergibt, wenn es gelingt, eine zerrissene Zeitung zeilentreu wieder zusammenzufügen.
- 10.: *Eine andere Gruppe von Beweisen ist dem ungeheuren Tatsachenmaterial der Biologie und Paläontologie zu entnehmen (S. 97) - auf Details soll hier verzichtet werden.*
- 11.: Statistik zu der Meinung von 20 Paläontologen betreffend die Existenz von Landbrücken in der geologischen Vergangenheit (nach Arldt – dazu vergl. auch Jacoby, Wutzke 2013, S. 11).
- 12.: Wegener zeigt, dass die von den Paläontologen geforderten Landbrücken nie existierten (S. 99) und deutet diesen Befund als Beweis für die Richtigkeit der Verschiebungstheorie. Transgressionen und Regressionen (auf Grund von Verformungen des Globus) werden als Möglichkeit zugelassen.
- 13.: Aus der Kombination von Verschiebungstheorie und einer Verlagerung der geographischen Pole werden paläoklimatische Beweise abgeleitet. Als eindrucksvollster Erfolg wird die Umschiffung der *Klippe permokarbone Eiszeit auf der Südhalbkugel angesehen* (S. 100).
- 14.: Wegener behauptet, dass die Verschiebung der Kontinente durch *astronomische Ortsbestimmungen* nachgewiesen wurde. Die von ihm abgeleiteten Werte liegen allerdings 2-3 Größenordnungen über den modernen Werten (Genauerer s. Kap. IV).

Das Kapitel abschließend, sei darauf hingewiesen, dass das oben zitierte Eingeständnis im Vorwort zu EKO 4, seine 1927 geäußerte Aussage, die endgültige Entscheidung über die Realität der Verschiebungstheorie könne *nur durch die Geophysik* gefällt werden (Wegener 1927,1 S. 103), sei zu korrigieren, nicht bedeutet, dass ihm vielleicht Zweifel an der Richtigkeit seiner These gekommen wären. Davon kann überhaupt keine Rede sein – eher darf man das Gegenteil annehmen. Dass die Kontinentverschiebungen, wie von ihm dargestellt, stattgefunden hatten, war für ihn Realität. Aber, wie schon angedeutet, war ihm klar, dass die Theorie insofern nicht stimmig war, als die Ursache der Verschiebungen nicht angegeben werden konnte. In diesem Sinne ist der Satz zu interpretieren: *Für die Verschiebungstheorie ist der Newton noch nicht gekommen* (EKO 4 S. 172).⁷²

⁷² Erkenntnistheoretisch hinkt dieser Vergleich erheblich – Wegener wusste selbstverständlich, dass die Drift nie und nimmer durch ein bisher unbekanntes elementares physikalisches Gesetz zu beschreiben sein würde.

IV. ZU DEN GEOWISSENSCHAFTLICHEN UNSTIMMIGKEITEN DER THEORIE

Bekanntlich hat Wegeners Kontinentverschiebungstheorie mit erheblichen Widerständen zu kämpfen gehabt. Als allgemein akzeptierte Lehrmeinung konnte sie sich nie durchsetzen. Das gelang erst der Plattentektonik, in der gleichfalls eine Verschiebung der Kontinente behauptet wird. Aber anders als in Wegeners Vorstellung, in der die *Sial*-blöcke durch das basaltische *Sima* treiben, stecken hier die Kontinente in Platten fest, die sich aber, und das ist der entscheidende tektonische Unterschied, ihrerseits gegeneinander bewegen können – mehr dazu unten.

Erkennbar kamen die Widerstände gegen die Verschiebungstheorie zunächst aus den Reihen der Geologen und Geographen, hingegen viele Paläontologen tendenziell zustimmende Reaktionen zeigten. Wenn man dieser Behauptung quantitativ nachgehen will, sind die in BzPM 682 gegebenen Texte hilfreich. Wegener hat hier viele Buchbesprechungen und Literaturauszüge zitiert, zustimmende wie ablehnende. Gleiches trifft auf das Notizbuch zu, das Wegener ab 1920 unter dem Titel *Kontinentalverschiebungen* geführt hat.⁷³ Er hat auch in EKO 1-4 ablehnende und zustimmende Autoren aufgezählt – z.B. acht Geologen/Geographen mit ablehnender und vier Paläontologen mit zustimmender Haltung (EKO 4 S. 98 und S. 100).

Spätestens nach dem Erscheinen der englischen Übersetzung von EKO 3, 1922, gab es erhebliche Diskussionen in der angelsächsischen Fachwelt. Um es vorweg zu nehmen, auch hier war die Aufnahme in der Mehrzahl ablehnend, es gab aber auch deutliche Zustimmungen. Bemerkenswert: die britische Wissenschaftszeitschrift *Nature* war für die Kontinentaldriftdebatte das Forum schlechthin. Hier sei nur hervorgehoben der Jahrgang 1923, in der sich eine Fülle von interessanten Beiträgen findet. In der Ausgabe vom 6. Januar 1923 heißt es: *On Monday, September 11, the meeting room of the Geological Section of the British Association was the theatre of a lively but inconclusive discussion on the Wegener hypothesis of the origin of the continents ...* . 1926 wurde von der *American Association of Petroleum Geologists* in New York ein Symposium abgehalten, das unter dem Motto stand: *The origin and movement of land masses both intercontinental and intracontinental, as proposed by Alfred Wegener*. Wegener hat für den Symposiumsband einen Beitrag geliefert: *Two notes concerning my theory of continental drift* (Waterschoot 1928, S. 97-103). Tatsache ist, dass Wegeners These in den USA so gut wie keine Unterstützung fand. Es war daher nicht untypisch, dass die amerikanische Wissenschaftlerin Ursula Marvin noch 1966 glaubte, die Driftthese sei eine längst begrabene geologische Chimäre. Durch satellitengeodätische Messungen eines besseren belehrt, hat sie dann ihr profundes Buch zur Rezeption der Wegenerschen Ideen geschrieben (Marvin 1973). Bereits 1971 war in den USA ein populäres Buch zur Geschichte der Verschiebungstheorie erschienen, das durchaus eine Würdigung Wegeners darstellt (Anderson 1971/74).

⁷³ In der wissenschaftlichen Reihe des Alfred-Wegener-Instituts, Berichte zur Polar- und Meeresforschung, erschien 2005 unter der Nummer 516 die Transkription des Notizbuches *Kontinentalverschiebungen*. (<http://hdl.handle.net/10013/epic.10521>).

An dieser Stelle sei nochmals ein rascher Blick auf die Rezeption in Deutschland geworfen. Bis 1928 lässt diese sich problemlos quantifizieren. Auch wenn Wegener die Veröffentlichungsflut über dem Kopf zusammenschlagen drohte⁷⁴, gibt die Analyse der 229 in EKO 4 zitierten Werke einen guten Überblick über den Stand der Debatte. Es gab eine beachtliche Anzahl prinzipieller Befürworter und außerdem auch eine schweigende Mehrheit, wie Walter Kertz⁷⁵ einmal die Wissenschaftler und Pädagogen genannt hat, die sich nicht unmittelbar an der literarischen Auseinandersetzung beteiligten. Dass diese Aussage Gehalt hat, kann auch Verfasser bestätigen. Es gibt aber ein anderes Phänomen. Tatsächlich hat die Verschiebungstheorie in der Ausbildung von Geologen bis in die 1970er Jahre an bedeutenden deutschen Universitäten keine Rolle gespielt. Als besonders produktiv in der Bekämpfung der Wegenerschen These wird von Experten die Geologenschule um Hans Stille (1876-1966) genannt. In seinem Übersichtsaufsatz zur Erläuterung der Entwicklung der Erdoberfläche mit Hilfe der *Geosynklinaltheorie* (modifiziert als *Stille-Zyklen-Theorie*), *Das Leitmotiv der geotektonischen Entwicklung* (Stille 1949), sucht man das Wort Kontinent(al)drift vergeblich. Dem Leitsatz von Suess 1885/1908 (s.o.): *Der Zusammenbruch des Erdballs ist es, dem wir beiwohnen*, setzt er die Aussage entgegen, *daß es die Erstarrung der Erde ist, der wir "beiwohnen"* (Stille 1949 S. 14).

Es ist heute für einen unvoreingenommenen Betrachter ein erstaunlicher Sachverhalt, dass die grundsätzliche Verschiedenheit zwischen Meeresboden- und Kontinentmaterial, die Wegener bereits 1912 herausgestellt hatte, noch 1958 umstritten war. Bezeichnend dafür ist die späte Einsicht, die P.H. Kuenen im Titel eines Aufsatzes formulierte: *No Geology without Marine Geology* (Details s. Schönenberg 1974).

Um es noch einmal in Sinne Argands zusammenfassend zu formulieren: Die Wegenersche Theorie konnte im Prinzip nicht widerlegt werden. Mit ihrer Annahme ließen sich u.a. bedeutende Phänomene der Paläontologie und auch der Geologie zwanglos deuten. Die im Rahmen der Theorie neu generierten Ungereimtheiten betrafen Detailfragen, von denen man annehmen durfte, dass sie durch weitere Forschungen zu klären wären.

Die zentrale Frage nach dem Mechanismus, der das Zerreißen und Verdriften der Kontinente bewirken sollte, brannte Wegener unter den Nägeln. Er führte die folgenden, möglichen Kräfte an (EKO 1 S. 54 u. an verschiedenen anderen Stellen EKO 1-4; weitere Erläuterungen folgen weiter unten):

1. Der Widerstand planetarischer Gase (*kosmische Kräfte*).
2. *Flutkräfte* auf Grund von gravitativen Wechselwirkungen mit anderen Körpern im Weltraum, die auf den gesamten Erdkörper und auf die Atmo- und Hydrosphäre wirken, die ihrerseits in Wechselwirkung mit den Kontinenten stehen (Flutkräfte wirken wie eine Bremse auf die Erdrotation).
3. Exogene Einflüsse (Kräfte), die sich aus der Sonneneinstrahlung ergeben und sich niederschlagen in atmosphärischen und ozeanographischen Ereignissen

⁷⁴ wenn mir bei der Neubearbeitung dieses Buches (gemeint ist EKO 4) bisweilen der Mut sinken wollte. Denn es übersteigt die Arbeitskraft des einzelnen, die lawinenartig wachsende Literatur über die Verschiebungstheorie in den verschiedenen Wissenschaften lückenlos zu verfolgen.

⁷⁵ Der Geophysiker Prof. Dr. mult. Walter Kertz (1924-1997) hat bei der Institutionalisierung der deutschen Polarforschung eine bedeutende Rolle gespielt. Auf ihn geht wesentlich die Namensgebung Alfred-Wegener-Institut zurück (vergl. Hempel 2000). Kertz hat sich auch mit wissenschaftshistorischen Fragen und speziell mit der Debatte um die Kontinentdrift auseinandergesetzt (Kertz 1981) und ist der Gründer des Wegener-Archivs am AWI.

(Vereisungen, Wind - und Meeresströmungen, biologische Faktoren), die ihrerseits in Wechselwirkung mit den Kontinenten stehen.

4. Magnetische Verschiebungskräfte, die sich aus den unterschiedlichen Lagen des Rotationspols und des Magnetpols ergeben (EKO 1 S. 55 unten).
5. Abweichungen der Erdfigur vom Rotationsellipsoid als Ursache für Fließbewegungen im Sima (dazu ziemlich ausführlich EKO 3 S. 137).
6. *Polflucht des Landes* – mechanische Kräfte sollen eine meridionale Komponente der Verschiebung bewirken.

Im Zusammenhang mit den verschiebenden Kräften meint Wegener ein *großes System* erkannt zu haben: Die Kontinentalschollen bewegen sich *äquatorwärts* (Polflucht) und *westwärts* (Flutkräfte, EKO 3 S. 129). Endogene thermische Prozesse werden in EKO 1-3 nicht angeführt. Ausnahmen sind Andeutungen und Erwähnungen zu konvektiven Prozessen im Erdinneren in Wegener 1912,1 und in EKO 4. Aber Wegener versucht Analogien zwischen der Erde und benachbarten Planeten auszumachen (ab EKO 1 S. 57).⁷⁶

Bei diesen Betrachtungen wird einmal mehr deutlich, wie grundsätzlich Wegeners Überlegungen sind. Wiederholt weist er darauf hin, dass die Erde ein zähflüssiges Konglomerat darstellt, das durch Eigengravitation zusammengehalten wird. Dabei grenzt er selbstverständlich die quasi plastischen Eigenschaften gegenüber den kurzperiodischen Störungen (typischerweise durch Erdbeben hervorgerufen) gegen das Fließen bei lange wirkenden Kräften ab. Er führt dann aus, dass in diesem Zusammenhang die molekularen Kräfte, deren Wirkungen sich in einer dünnen, quasi starren Schicht dokumentieren, die allein wir als unsere Erde wahrnehmen, den Einfluss intersolarer oder interplanetarer *Massenkräfte* nicht auffangen können. Gegenüber den extraterrestrischen Massenkräften sind die molekularen Kräfte, die z.B. Gesteine zusammenhalten, vernachlässigbar. Wegener diskutiert dieses am Beispiel des Jupiterflecks und sagt (EKO 1 S. 58): *Da nämlich die verschiebenden Kräfte jedenfalls Massenkräfte sind, also mit der Größe der Weltkörper wachsen, während die Widerstände der Molekularkräfte von ihr unabhängig sind, so ist auch unter gleichen physikalischen Bedingungen zu erwarten, daß größere Weltkörper sich leichtflüssiger verhalten als kleine.*

Eine spezielle Thematik, auf die hingewiesen werden muss, weil sie im Rahmen der Verschiebungstheorie stets von Bedeutung war und von Wegener in allen Auflagen der EKO diskutiert wurde (z.B. EKO 4 S. 54-61), betrifft die Rheologie – das Verformungs- und Fließverhalten von Gesteinen.

Etwas zu den oben angeführten 6 Punkten:

- Zu 1.: Der Punkt 1 ist theoretisch korrekt, aber offensichtlich ohne praktische Bedeutung.
- Zu 2.: Dass Flutkräfte nicht vernachlässigbar sind, da diese letztlich den gesamten Erdkörper "durchwalken", darf man annehmen. Ob die damit verbundene Gezeitenreibung aber praktisch hinreichend ist, um daraus eine westwärts gerichtete Kontinentdrift abzuleiten, wollte Wegener nicht entscheiden.

⁷⁶ Wegener bezieht in seine Betrachtungen auch die Sonne mit ein. Siehe u.a. BzPM 682, S. 122.

Abgesehen davon, dass man in erster Näherung dann auf eine Rotation der gesamten Kruste, relativ zum Kern, schließen müsste.⁷⁷

Zu 3.: Zu diesem Punkt "ließen sich Bücher schreiben". Hier sei lediglich daran erinnert, dass die Entstehung und Ausformung großer Eisschilde zunächst eine Folge exogener Faktoren ist – d.h. von der Einstrahlung der Sonne abhängt, die wiederum von astronomischen (z.B. Erdbahnvariationen) und astrophysikalischen Ereignissen (z.B. Variation der Energieerzeugungsrate der Sonne) gesteuert wird. Ein anderer Sachverhalt der mit Vereisungsereignissen verknüpft ist, betrifft den Isolationseffekt der Erdatmosphäre, der wiederum im Wesentlichen eine Funktion ihrer chemischen und physikalischen Zusammensetzung ist. Dieser kann allerdings sowohl von externen Ereignissen, wie sie Meteoriteneinschläge darstellen, oder durch endogene Ursachen, z.B. durch den Ausbruch großer Krater, beeinflusst werden. Hier soll nur die massive Vereisung großer Kontinentflächen betrachtet werden, die unter den realen Bedingungen nie rotationssymmetrisch zur Erdachse erfolgt und damit zu Polwanderungen beitragen kann. Ein Umstand, der Wegener selbstverständlich gegenwärtig war. Er erwähnt allerdings in keiner seiner Arbeiten, dass mit der Isostasiebedingung auch erhebliche horizontale Simabewegungen korreliert sind, da das Ein- und Austauchen riesiger Kontinentkörper mit einem Ab- oder Zufließen von Simamassen in Verbindung stehen muss.⁷⁸

Zu 4.: Was Wegener genau meint, bleibt unklar, hierzu macht er keine weiteren Angaben. Dass elektrodynamische Kräfte an Verschiebungsprozessen beteiligt sind, ist theoretisch denkbar, scheint aber praktisch vernachlässigbar.

Zu 5.: Dieser Komplex ist offensichtlich für Wegener von großer Bedeutung gewesen und zwar nicht zuletzt deswegen, weil dieser mit einer Polverlagerung im Zusammenhang steht, dessen Existenz als gesichert galt. Aus einer Polverlagerung folgt aber zwangsläufig eine Nachjustierung des Äquatorwulstes, die ohne Fließbewegungen des *Simas* nicht zu haben ist.

In diesem Kontext eine Anmerkung: Im Zusammenhang mit der grundsätzlichen Akzeptanz der Theorie hat die Idee eine Rolle gespielt, der Pazifische Ozean sei die Spur oder die Narbe des Mondes. Die Materie des Mondes wäre durch nicht näher bestimmbare Prozesse von der Erde abgelöst oder herausgerissen worden.⁷⁹

⁷⁷ Dieser Fall ist von verschiedenen Forschern diskutiert worden. Zunächst wohl von Kreichgauer 1902. Wegener hat diese Vorstellungen u.a. in EKO 3 S. 136 aufgegriffen (zu den hier angeführten Autoren E.H.L. Schwarz und H. Wettstein findet man bibliographische Nachweise in Wegener 1915/29-2005) und erneut in EKO 4 S. 158, vergl. auch Hapgood 1958. Wie bei Kreichgauer werden keine Flut- sondern Zentrifugalkräfte als Ursache angenommen. Aber obwohl durch ein kurzes *Foreword by Albert Einstein* eingeleitet, und das bibliographische Verzeichnis 465 Nummern umfasst, scheint Verfasser die Seriosität des Werkes zweifelhaft.

⁷⁸ Wegener muss dieses Argument aber gegenwärtig gewesen sein. Jedenfalls hat er aus einem Artikel notiert: Als Folge der Abweichungen von der Isostasie müssen Strömungen des Sima stattfinden, welche Schollen des Sal mit führen, s. BzPM 682 unter S. 16.

⁷⁹ Zunächst sei angemerkt, dass die Idee, die Entstehung des Pazifiks mit der Entstehung des Mondes zu kombinieren, seinerzeit seriös vertreten wurde und bis mindestens in die 1950er noch in der populärwissenschaftlichen Literatur auftaucht. In den 1970ern war es Lehrmeinung, dass der Mond aus demselben Kondensationsprozess wie die Erde hervorgegangen ist.

Zwischen der Verschiebungstheorie und der Idee der Mondablösung lassen sich Divergenzen und tendenzielle Inkompatibilitäten konstruieren, die hier aber nicht weiter vertieft werden sollen.

Dieser Sachverhalt könnte, neben der Tatsache, dass Wegener auch die Mondoberfläche zu Analogiebetrachtungen heranzog (EKO 1 S. 57/58), die Ursache dafür gewesen sein, dass er sich mit der Entstehung der Mondkrater befasste (Wegener 1921,3).⁸⁰ Dabei erledigt er auch gleichzeitig das strittige Thema der Mondgenese. Er schreibt (Wegener 1921,3 S. 46): *Daher werden wir zu dem Schluss gedrängt, dass also der Mond durch den Zusammensturz einer großen Anzahl diskreter fester Körper entstanden ist, die in nahe beieinanderliegenden Bahnen die Sonne umkreist haben. Dieser Sammlungsprozeß wird naturgemäß langsam begonnen haben* Wegeners Überlegungen zur Mondentstehung, die im Prinzip der Kant-Laplaceschen Vorstellung ähnlich sind, verursachten keine Inkonsistenzen mit der Verschiebungstheorie. Mindestens bis in die 1950er wurde der Zusammenhang zwischen der Entstehung des Mondes und der des Pazifiks in der einschlägigen Literatur noch vertreten. In den 1970ern war hingegen die Meinung vorherrschend, die Planeten seien samt ihrer Monde in einem Prozess entstanden, was Wegeners Ansicht entsprach.⁸¹ Derzeit repräsentiert diese Theorie aber nicht mehr den Stand der Planetenforschung, die von einer engen Begegnung oder Kollision der Proto-Erde mit einem anderen, marsgroßen Himmelskörper ausgeht. Die dabei abgelöste Materie soll sich dann zu unserem Mond verdichtet haben, eine Vorstellung, die sich also wieder der alten Idee annähert, nur dass das Ablösungsereignis zeitlich vorverlegt wurde.⁸²

Zu 6.: Die Polfluchtkraft hat Wegener nachweislich erheblich beschäftigt. Aber noch intensiver hat sich Wladimir Köppen mit dieser auseinandergesetzt, wovon etliche Artikel, die überwiegend in den PGM erschienen, Zeugnis ablegen (z.B. Köppen 1921, Baschin 1927, Demhardt 2005, Genaueres u. weitere lit. Angaben vergl. Krause 2007).

Die Kraft beruht auf der Abweichung des Globus von der Kugelform und der damit einhergehenden Krümmung des Lotes im Erdinneren. Da der Schwerpunkt der Kontinente oberhalb ihrer Auftriebspunkte liegt, ergibt sich aus der Lotkrümmung eine horizontale, meridionale Kraftkomponente - eine analytische Behandlung s. EKO 4 S. 175, auch Krause/Thiede 2005 S. 194, 195.⁸³

Oben wurde gezeigt, auf welche Erkenntnisse und Befunde Wegener seine Theorie stützte. Dass diese darunter litt, dass sie keinen Mechanismus angeben konnte, der hinreichend war, um die Drift der Kontinente zu bewerkstelligen, wurde schon herausgestellt. Aber das

⁸⁰ Man beachte auch Wegener Notizen z.B. zum System Erde-Mond und auch zur differentiellen Rotation der Sonnenoberfläche BzPM 682 unter S. 33, 122, 200.

⁸¹ Dazu s. Anmerkung in Weigert/Zimmermann 1979, S. 252; zur Mondbildung durch Ablösung von der Erde s. Trabert 1911 S. 629. Eine vergleichsweise umfangreiche Diskussion zur Mondentstehung auf dem Kenntnisstand der 1920er, in der u.a. auch Wegener 1921,3 diskutiert wird (hier fälschlich 1911 datiert), findet man in Müller-Poilletts 1928 Bd. 5.2 S. 209-213. Aufschlussreich ist in diesem Zusammenhang auch die Bemerkung auf S. 515 wo auf die Schwierigkeiten hingewiesen wird die Entwicklung des Planetensystems auf exakter Grundlage zu beschreiben.

⁸² Zum jüngsten Stand der Hypothesen zur Mondgenese vergl. den gut dokumentierten Wikipedia Artikel unter dem Stichwort *Entstehung des Mondes*.

⁸³ Die Polfluchtkraft lässt sich im Labor nicht nachstellen, da man im Schwerfeld der Erde keine hinreichend große und hinreichend lange existierende kräftefreie, selbstgravitierende rotierende Massenkonzentration erzeugen kann (man kann die Erde auf der Erde nicht nachstellen). Es gibt aber eine Anordnung, die diese Kraft äquivalent darstellen soll, den sogenannten Lely Versuch, der verblüffende Effekte zeigt (Details s. EKO 4 S. 178, Lely 1927 auch Krause 2007).

änderte nichts daran, dass es viele gute, ja zwingende Nachweise gab, die besagten: Eine Kontinentverschiebung hat stattgefunden.

Warum, so fragt man sich, kam es nicht zu einer rascheren Annahme dieser Erkenntnis? Dieser Frage soll hier nicht umfassend nachgegangen werden. Aber neben den vielen wohlbegründeten und stichhaltigen Argumenten, die Wegener zusammengetragen hatte, gab es eine Reihe von geologischen Phänomenen, die durch die Verschiebungstheorie nicht abgedeckt wurden.

Nicht nur, dass von Fachleuten die oben in Kap. III unter den geologischen Argumenten (9c) ausgeführte tektonisch-morphologische Gleichartigkeit zwischen der Ostküste Südamerikas und der Westküste Afrikas in Abrede gestellt wurde - die Basis der Verschiebungstheorie wurde auch dadurch erschüttert, dass man bestritt, dass sich die Beschaffenheit der Meeresböden von der der Kontinente unterscheidet. Dass also die Differenzierung zwischen *Sial* und *Sima* gar nicht sinnvoll sei, wie von Wegener vorausgesetzt.⁸⁴ Natürlich waren die Argumente der Gegner der Verschiebungstheorie nicht aus der Luft gegriffen. Ohne Kernbohrungen durchzuführen, findet man ozeanische Basalte bestenfalls im Bereich der Mittelozeanischen Rücken und auf damit im Zusammenhang stehenden Inseln.⁸⁵ Tatsächlich erfolgte eine systematische Untersuchung der Schichtung und der petrographischen Beschaffenheit der Meeresböden erst ab 1968. Erst durch eine international finanzierte, langjährige, global agierende Tiefbohrkampagne konnte der endgültige Nachweis der basaltischen Natur der Ozeanböden erbracht werden.⁸⁶

Das war aber bei weitem nicht der einzige strittige Punkt. Die Wegenersche Theorie konnte die Orogenese nur für Gebiete zwingend begründen, wo Kontinentstücke direkt aufeinandergeprallt sein sollten – bestes Beispiel dafür war die Himalaja-Auffaltung – entstanden durch den Zusammenstoß Vorderindiens (Lemurien) mit Eurasien. Von der Problematik, die Existenz der vulkanischen Inselketten erklären zu müssen einmal abgesehen – Wegeners Interpretation zur Entstehung der Anden fiel völlig aus dem Rahmen eines mit der Verschiebungstheorie konsistenten Erklärungsmusters. Wegener wollte dieses offenbar nicht wahrhaben. Rückblickend könnte man diese Einschätzung in seinen frühen Publikationen mit Wissenslücken entschuldigen. Nachsicht kann er aber nicht mehr in Anspruch nehmen, wenn er noch 1928 von dem Stirnwiderstand spricht, durch den der *uralte tief ausgekühlte Tiefseeboden* des Pazifiks zu dem *riesigen Andengebirge* aufgefaltet wurde. Auch wie sich dieser "Befund" mit dem sich unmittelbar vor der südamerikanischen Küste steil bis auf 7.000 m abfallenden Tiefseegraben zusammenreimt, wird nicht verständlich. Das ist nicht nur schöneredet sondern ein signifikanter Widerspruch zu der Kernannahme, dass der

⁸⁴ Dazu gehörten z.B. der renommierte Geograph und Geologe Albrecht Penck (1858-1945), Hans Cloos (der mit Wegener befreundet war) und natürlich Hans Stille.

⁸⁵ Tatsächlich gibt es betreffend den basaltischen Charakter des Meeresbodens, oder sollte man besser sagen, betreffend möglicher untermeerischer Vulkane, eine ungewöhnliche Literaturstelle in Maury 1859 (Anhänge S. 209), wo Matthew Fontaine Maury (1806-1873) seinen Korrespondenten, den marinen Mikropaläontologen Jacob W. Bailey (1811-1857) direkt zu Wort kommen lässt: In zwei Proben, die zwischen den Längen 25°W und 26°30'W gezogen wurden, *befand sich eine beträchtliche Portion vulkanischer Asche die aus glasichtem Obsidian und kleinen Bimssteinfragmenten bestand. Ein Versehen ist in dieser Beobachtung undenkbar. ... Ich fand kein sicheres Zeichen einer gewissen Abreibung oder Schleifung Ich konnte nicht begreifen wie diese Asche vom Hekla oder irgend einem der erloschen Vulkane Islands dort hingekommen sein konnte.* Man will es fast nicht glauben – tatsächlich hielt Bailey 1857 schon den Schlüssel für den geologischen Charakter des Mittelozeanischen Rückens in der Hand (Weiteres zu diesem Befund s. Krause 2009).

⁸⁶ Dazu gibt es eine persönlich gefärbte, spannende Geschichte vom Fahrtabschnitt 41, 1975 mit GLOMAR CHALLENGER (Seibold 1991 S. 134-139). Beachtlich ist auch das populärwissenschaftliche Buch Hsü 1982, das neben grundsätzlichen Darstellungen auch viele Details zu den Bohrkampagnen der GLOMAR CHALLENGER enthält.

Meeresboden gegenüber den starren Kontinenten eher plastische Eigenschaften aufweist.⁸⁷ Natürlich war das Argument weder geologisch noch geophysikalisch zu stützen.

Beachtenswert sind der Text und die Zeichnungen die in Gutenberg 1929, 2 (S. 679) erschienen. Hier wird ein Vordringen Südamerikas nach Westen mit der Subduktion des Meeresbodens kombiniert und dadurch auch die der Küste vorgelagerte Tiefseerinne erklärt. Auch die Entstehung der Vulkane durch das Aufschmelzen des subduzierten Meeresboden (auspressen heißer Laven aus der Tiefe) wird hier im Ansatz richtig gedeutet. Gutenberg schreibt diese Erkenntnisse Wegener zu (!).

Abschließend etwas zu dem Punkt, dem Wegener besondere Bedeutung zumaß: Eine Verifizierung der Kontinentdrift mittels geodätischer Methoden – d.h. durch die direkte Messung der Kontinentabstände und deren Vergleich mit Messungen, die zeitlich um einige Jahre oder besser Jahrzehnte versetzt, durchgeführt wurden. Wie in Kap. II bereits herausgestellt, war dieses für Wegener das *experimentum crucis* der Verschiebungstheorie. Die Entwicklung der entsprechenden Arbeiten und die von diesen abgeleiteten Daten lassen sich von Wegener 1912 bis EKO 4 problemlos verfolgen, da diese stets gesondert behandelt werden. Deshalb genügt hier ein kurzer Überblick: 1912 stellt Wegener das Problem auf etwa zwei Druckseiten dar (Wegener 1912,1 S. 307-309). Geschickt zäumt er das Pferd von hinten auf, wenn er eine Trennung Skandinaviens von Grönland vor 50.000 bis 100.000 Jahren postuliert. Wie er zu diesem Wert kommt, ist nicht nachzuvollziehen. Man beachte aber, dass dieser, im Vergleich zur derzeitigen Kenntnis, glatt um den Faktor 10^3 (!) zu klein ist, und dass Wegeners Fehleinschätzung nichts zu tun hat mit den Fehlern, die den damaligen geologischen absoluten Zeitskalen anhafteten, die in der Größenordnung um 10 lagen. Wegener kann also sofort eine Phantasie-Spreizungsrate von 14 m bis 28 m pro Jahr angeben, ein Wert, der, wie er treffend bemerkt, sich im Laufe einiger Jahre mit den damaligen Methoden nachweisen ließ, vorausgesetzt man verfügte über entsprechende Beobachtungen. Wegener diskutiert drei verschiedene Messungen und kann daraus eine Spreizungsrate von 11 m pro Jahr ableiten. Für die Entfernungsvergrößerung USA – Europa errechnet er 4 m jährlich, woraus sich ergibt, dass bei gleichförmiger Spreizungsrate die Trennung zwischen den Kontinenten ca. 1 Million Jahre zurückliegt.⁸⁸ Das Aufbrechen des Südatlantiks hatte Wegener zuvor schon auf 10 Millionen Jahre vor heute angenommen.

Wegener macht ferner darauf aufmerksam, dass man dort, wo eine Kontinentverschiebung in Nord-Süd Richtung erfolgt, wegen methodischer Vorteile kurzfristig zu genaueren Werten kommen wird – ein Hinweis, den er in EKO 1-4 wiederholt, wobei in EKO 4 dieser nur cursorisch auftaucht und die möglichen Einflüsse von Polwanderungen auf die Breitenbestimmungen thematisiert werden.

In EKO 1 (1915) wird das Thema auf den Seiten 90-94 (*Kap. 12 Messung der Verschiebungen*) abgehandelt. Wegener argumentiert wie 1912, wobei er sich dieses Mal konkret zu absoluten geologischen Zeitskalen äußert und dabei auf die neuesten physikalischen Altersbestimmungen eingeht (Heliumgehalt als Folge radioaktiver Zerfallsprozesse). Geologiehistorisch bedeutsam ist, wie schon angemerkt, die Dehnung dieser Zeitskalen auf der Basis verfeinerter Methoden bis in die jüngste Vergangenheit. Ein

⁸⁷ Das hieße, um analog in den von Wegener benutzten Bildern zu sprechen, hier würden z.B. vom Wind getriebene Eisschollen vom Wasser aufgefaltet werden!

⁸⁸ 1912 stützte sich Wegener auf Positionsdaten Ostgrönlands von der britischen Expedition unter Claving/Sabine 1823, von der deutschen Ostgrönlandexpedition 1869/70 mit Messungen von Börgen und Copeland sowie auf Daten von der dänischen Expedition 1906/08 mit den Werten von J. P. Koch. Auch gab es seit 1866 präzise Längenbestimmungen zwischen amerikanischen und europäischen Observatorien. Auch in EKO 1-4 nutzt Wegener diese Werte, jeweils ergänzt durch aktuelle Daten.

Umstand, den man stets berücksichtigen muss, wenn man die von Wegener abgeleiteten Driftraten beurteilt. Wegener weiß selbstverständlich, dass seine Angaben mit erheblichen Unsicherheiten behaftet sind und diskutiert die Fehlerbreite: Seit sich mit Hilfe von *Kabelverbindungen* und durch *drahtlose Telegraphie* sehr genaue Längendifferenzen ermitteln lassen, ist es letztlich nur eine Frage der Zeit, bis sich die Fehlerbreite der Längenbeobachtungen verringert.⁸⁹

In EKO 2 (1920) wird das Problem, gemäß dem Anspruch der neuen Ausgabe, ausführlicher als in EKO 1 unter der Überschrift: *Nachweis der Kontinentalverschiebungen durch astronomische Ortsbestimmung* abgehandelt. Gravierende Änderungen findet man aber nicht, was auch für EKO 3 zutrifft, wo das Thema unter dem Titel *Geodätische Argumente* abgehandelt wird. Unter gleicher Überschrift, nochmals verbreiterter Datenbasis und dem Hinweis auf neue Präzisionsmessungen im Jahre 1926, wird der direkte Nachweis der Kontinentverschiebung, wie Wegener jetzt schreibt, in EKO 4 erörtert. Erstmals stellt er die *geodätischen Argumente* an den Beginn seiner Beweisführung (3. Kapitel, S. 22-34) und beginnt mit einer Betrachtung über die *absolute Zeitdauer der geologischen Abschnitte*. Man beachte: 1928 liegen neben anderen Techniken erste Altersbestimmungen auf der Basis radiometrischer Methoden vor. Ein direkter Vergleich der damaligen mit den heute gültigen Daten kann hier nicht gegeben werden. Wenn man aber davon ausgeht, dass die modernen Werte um den Faktor 2-3 höher liegen als in den 1920ern, hat man einen guten Anhaltspunkt.⁹⁰ Kann man nun auf Grund paläogeographischer oder auch paläontologischer Befunde den Zeitpunkt der Trennung von Kontinentblöcken bestimmen, lässt sich die Spreizungsgeschwindigkeit abschätzen. Wegener beurteilt die ermittelten absoluten Zeitwerte kritisch. Er weiß, dass diese leicht um 100% falsch sein können und er weiß selbstverständlich auch um die Unsicherheit der Trennungszeiten. Bei diesen unterlaufen ihm weitere Fehler, so dass die abgeschätzten Driftgeschwindigkeiten im Bereich des Nordatlantiks um den Faktor einige Hundert zu groß sind. Im Südatlantik kommt er zu anderen Ergebnissen. Hier schätzt er die Spreizungsgeschwindigkeit auf 20 cm pro Jahr, was dem aktuellen Wert von 3,4 cm pro Jahr vergleichsweise nahe ist (Tabelle EKO 4 S. 25).⁹¹

Die sensationelle Besonderheit findet man aber in dem einzigen Anhang: Hier präsentiert Wegener die neuesten Ergebnisse des Längenvergleichs zwischen Washington und Paris mit den Daten von 1913/14 und 1927. Dabei ergibt sich ein Wert für die Spreizungsrate von 0,32 m +/- 0,08 m. Ein Ergebnis, das sich deutlich gegen die bis dahin postulierten 4 m abgrenzt, aber immer noch um den Faktor 10 zu hoch war, wie wir heute wissen.

⁸⁹ Für den weniger im Thema stehenden Leser sei hier angemerkt, dass es sich bei dem Messverfahren selbstverständlich um astronomische Methoden handelt. Die Telegraphie ermöglicht einen direkten Zeitvergleich zwischen den beiden Beobachtern bzw. mit einem Zeitnormal.

⁹⁰ Beispiele: Beginn des Tertiärs 65 Mio a / Wegener 20 Mio a; Eozän 53 Mio a / Wegener 15 Mio a; Oligozän 34 Mio a / Wegener 10 Mio a; Miozän 24 Mio a / Wegener 6 Mio a; Pliozän 5 Mio a / Wegener 3 Mio a; Quartär 2 Mio a / Wegener 1 Mio a. Für das Spätkarbon ergibt sich das Verhältnis 355/137 Mio a.

Die neuen Methoden der radiometrischen Altersbestimmungen hatten eine deutliche Streckung der älteren geologischen Zeitskalen zur Folge, der Wegener nicht ohne eine gewisse Skepsis gegenüber stand – vergl. seine Fußnote in EKO 4 S. 24. Eine kurzweilig zu lesende Geschichte der Altersbestimmung von Gesteinen, die sich im Wesentlichen um die Biographie Arthur Holmes' (1890 - 1965) rankt, gibt Lewis 2000.

⁹¹ Wegener verwendet in EKO 4 eine etwas geänderte geologische Zeitskala.

V. RESÜME – BETRACHTUNGEN ZUR REZEPTION – ÜBERGANG ZUR PLATTENTEKTONIK

Wegeners Botschaft war leicht verständlich: Die Erdoberfläche ist dynamisch. Aber nicht im Sinne der bis dahin geltenden Vorstellungen von vertikalen/radialen Bewegungen - Kontinente versinken oder tauchen aus dem Untergrund auf - sondern im Sinne von horizontalen/tangentialen Bewegungen - Kontinente sind "ewig" und "unsinkbar", aber sie zerfallen und entstehen wieder neu, indem sich die Bruchstücke in anderen Kombinationen wieder zusammenfinden.

Wie oben ausgeführt, liegen der Wegenerschen Theorie der Kontinentverschiebung grundsätzliche, physikalische Überlegungen zugrunde. Aber selbst mit seinen zwingenden physikalischen Argumenten konnte Wegener sich nicht vorbehaltlos durchsetzen, was man darauf zurückführen darf, dass er keine Kräfte angeben konnte, die als hinreichend galten, um eine Verschiebung hervorzurufen.

Zur Stützung seiner Vorstellung griff Wegener in extenso auf geologische und paläontologisch-biologische Argumente zurück, die überwiegend stichhaltig waren. Aber auch diese wurden von Fachwissenschaftlern nicht einhellig und in toto akzeptiert. Für diese Widerstände lassen sich Ursachen angeben. Es gab Konsequenzen aus der Kontinentverschiebungstheorie, die mit der geologischen Wirklichkeit nicht übereinstimmten, bzw. Erscheinungen, die die Theorie nicht abbildete, geschweige denn erklärte: weder lieferte sie für die mittelozeanischen Rücken noch für die Tiefseeegräben eine einleuchtende Erklärung. Auch für die Orogenese konnte daraus kein widerspruchsfreies Konzept abgeleitet werden. Kurz: Die Verschiebungstheorie konnte nicht die ganze Wahrheit sein. Die Rezeptionsgeschichte der Wegenerschen Theorie ist dadurch gekennzeichnet, dass, da sie nur Teile der Wirklichkeit abbildete, bei Fachwissenschaftlern auf Widerstand stieß. Man kann diesen Sachverhalt auch so formulieren: Akzeptiert man den von Wegener immer wieder gebrauchten Ausdruck "Theorie" für seine Begründungen einer permanenten Verlagerung der Kontinente, so müsste sich daraus die Gestaltung der Erdoberfläche insgesamt ableiten lassen. Das leistete die "Theorie" aber nicht. Für viele Fachgeologen war dieses Grund genug, die Wegenerschen Ausführungen in Bausch und Bogen abzulehnen – eine Fixierung auf den "Fixismus".⁹² Eine typische Formulierung findet man bei Jaworski 1922 S. 292.⁹³ *Die Tatsachen der regionalen Geologie widersprechen sowohl der Annahme der Atlantischen Spalte wie des lemurischen Zusammenschubes. Die Hypothese der Kontinentalverschiebungen ist daher abzulehnen.* (Unterstreichung wie in Jaworski). Nachdem er aber zugeben muss, dass *in den Vorstellungen Wegeners ein richtiger Kern steckt (!)* kommt er zu dem Fazit: *Indessen kann der Umstand, daß zwei bis jetzt nicht erklärbare Tatsachen durch die neue Hypothese leicht verständlich werden, nicht den Grund zu ihrer Anerkennung bilden, wenn man alle die anderen Schwierigkeiten und*

⁹² Der Begriff Fixismus ist weit verbreitet und ist in der Fachliteratur akzeptiert. Hier soll nur darauf hingewiesen werden, dass er einer strengeren Betrachtung nicht standhalten würde. Sowohl bei der Kontraktions- als auch bei der Expansionstheorie muss es ja zu Verschiebungen der Kontinente gegeneinander kommen.

⁹³ Der mit 24 Druckseiten ziemlich umfangreiche und detaillierte Artikel, in der Geologischen Rundschau nach dem Erscheinen von EKO 3 veröffentlicht, wurde von Wegener nicht wahrgenommen (?), jedenfalls in EKO 4 nicht zitiert.

Unmöglichkeiten abwägt, die sich aus ihr ergeben. Es hat keinen Wert, ältere Vorstellungen gegen neue einzutauschen, die bisher Unverständliches zwar erklären, aber dafür einen Wall neuer Schwierigkeiten aufürmen.

Es ist aber mit Nachdruck daran zu erinnern, dass, auch wenn bestimmte "Schulen" in Deutschland und in anderen Ländern die Verschiebungstheorie ablehnten, es doch von Beginn an eine große Zahl von Befürwortern gab.⁹⁴ Dieses ist die Stelle, an der man einen südafrikanischen Geologen und Verfechter der Wegenerschen Ideen würdigen sollte: Alexander du Toit (1878-1948). Du Toit hat sein bekanntes Buch, *Our wandering Continents* (Du Toit 1937) Alfred Wegener gewidmet. Ein weiterer Unterstützer Wegenerscher Ideen war der durch seine radioaktiven Datierungen von Gesteinen bekannte britische Geologe Arthur Holmes (1890-1965), der bereits in den 1920ern die Kontinentverschiebung stützte und in den 1930ern ganz konkrete Vorstellungen zu einer Plattentektonik publizierte, indem er eine Mantelkonvektion annahm.⁹⁵ Wegener hat Holmes erstmalig in EKO 4 (S. 54) zitiert. Das Zitat steht im Zusammenhang mit der Diskussion von *Schichtgrenzen*, die, wie oben schon dargelegt, für Wegeners Vorstellung nicht zwingend nötig waren, die aber durch neuere Messungen nahegelegt wurden.

Tatsächlich hat Wegeners These etwas ausgelöst, was man ohne Übertreibung als ein internationales Ringen um eine geologische Wahrheit nennen könnte. Ein Ringen, das sich in variierender Intensität über gut fünf Jahrzehnte erstreckt. Von dieser Feststellung ausgehend, könnte man sich leicht zu der Bemerkung hinreißen lassen, dass die Ablehnung am stärksten in angelsächsischen Ländern ausgeprägt gewesen sei, zumal sich dazu eine Fülle von Beispielen und Angaben in Marvin 1973, Oreskes 1999 und Frankel 2012,1,2,3 findet.⁹⁶ Betreffend die Rezeptionsgeschichte der *continental drift theory* in Russland hat offensichtlich V. Belousov (auch V.V. Belousov) eine herausragende Rolle gespielt. Dazu entnimmt man z.B. aus Lange 1951: *V. Belousov listed a number of considerations that disproved the drift theory*. Beachtlich: 1970 hat Belousov auch die Ocean-Floor Spreading-Hypothese vehement abgelehnt (Belousov 1970).

Es gab in Russland offenbar auch positive Stellungnahmen zu Wegeners Thesen: M. Bogolepov (Klimaexperte?) postulierte Magmazirkulationen als Ursache für Kontinentbewegungen, aber derartige Mechanismen seien nicht hinreichend, um die Unzulänglichkeiten der *continental drift theory* zu eliminieren, so in Lange 1951 S. 274.⁹⁷

Umgekehrt – bezugnehmend auf die oben zitierte "(real existierende) schweigende Mehrheit" - könnte man vermuten, dass Wegeners These in den 1930ern in Deutschland überwiegend Anhänger gehabt hätte – Wegener als deutscher Wissenschaftler von der deutschen

⁹⁴ Einen entschiedenen Unterstützer hatte Wegener in Otto Baschin (1865-1933), der die Verschiebungstheorie verklärend und sachlich nicht zutreffend ein *harmonisches Lehrgebäude* nannte (Baschin 1927, S. 223, vergl. auch Baschin 1929). Eine Würdigung der Unterstützer Wegener s. auch Hallam 1989 S. 155-160. Ein Artikel, den es lohnt zu lesen, ist Schulz 1921,1 der die *Alfred Wegenersche Theorie* zwar kritisch hinterfragt, aber letztlich zu einem zustimmenden Urteil tendiert.

⁹⁵ Die Beiträge, die Holmes für die Verbreitung der Kontinentdrift-Idee geleistet hat werden umfangreich gewürdigt in Frankel 2012,1 (z.B. S. 203-262). Frankel meint, Wegener habe aber nicht Holmes Konvektionstheorie zur Kenntnis genommen und begründet dieses ausführlich (Frankel 2012,1 S. 262 hier Fußnote 21). An dieser Stelle blitzt einmal mehr die außerordentliche Kompetenz Frankels in Sachen "Kontinentdriftgeschichte" auf. Interessant auch seine Bemerkung, die an Wegeners Schicksal erinnert, dass auch Holmes lange von der geologischen Community ignoriert wurde (S. 263 hier Fußnote 26).

⁹⁶ Behauptungen dieser Art sind allerdings schwer zu überprüfen. Ein Abzählen der Artikel und Bücher pro und kontra wären dafür nicht hinreichend, da die Wirksamkeit der Schriften sich in der Regel der Beurteilung entzieht.

⁹⁷ Auch der anerkannte russische Geologe V. Obruchev (1863 - 1956), prominent durch seine auch ins Deutsche übersetzten phantastischen Romane *Plutonien* (1924) und *Das Sannikow Land* (1926), scheint kein Befürworter der Wegenerschen Ideen gewesen zu sein (vergl. z.B. Lange 1951 S. 273).

Wissenschaftsgemeinde verteidigt worden wäre. Davon kann aber gar keine Rede sein! Dass in der akademischen Ausbildung an deutschen Universitäten die Kontinentdrift bis in die 1970er keine Rolle spielte, wurde schon herausgestellt. Und diese Tatsache wird verständlicher, schaut man auf die Beiträge der letzten großen internationalen geologischen Konferenz in Deutschland vor WW II, die am 7. und 8. Januar 1939 in Frankfurt stattfand, fast auf den Tag genau 27 Jahre nachdem Wegener hier seine Verschiebungstheorie vorgestellt hatte. Der wissenschaftliche Organisator dieser Tagung war kein geringerer als der schon erwähnte Hans Cloos. In der *Vorankündigung der Januar-Versammlung 1939 der Geologischen Vereinigung* (18.3.1938) wird das Konferenzthema benannt: *Die Atlantisfrage*. Im Ankündigungstext heißt es dazu: *Sind im Atlantischen Ozean kontinentale Krustenfelder versunken oder nicht: Besitzen wir sichere Grundlagen zur Beurteilung dieser Frage und der Drift-Hypothese? Und welche?* Beachtlich – auf der überwiegend von Geologen besuchten *Atlantis-Tagung* wurden auch drei ozeanographische Beiträge präsentiert. Auch wenn in den Überschriften zu den 26 Beiträgen dreimal der Name Wegener auftaucht, beim Lesen der verschiedenen Aufsätze verstärkt sich der Eindruck, dass Wegener, wenn nicht gerade als *Persona non grata* gesehen, aber doch mit großer Skepsis zitiert wird. Ausnahmen sind die Beiträge des holländischen Geologen W.A.J.M. van Waterschoot van der Gracht (1873-1943) und des Schweizer Paläontologen Rolf Rutsch (1902-1975), in denen Wegeners Ideen jedenfalls grundsätzlich gewürdigt werden.⁹⁸

Die Mängel der Wegenerschen Sichtweise wurden weitgehend durch die Plattentektonik überwunden, die dem Mobilismus eine neue theoretische Qualität verlieh, so dass sich diese innerhalb vergleichsweise kurzer Zeit zur vorherrschenden Lehrmeinung entwickeln konnte. Die Entwicklung der Plattentektonik, die sich über mehrere Schritte vollzog, begann mit dem Konzept des Seafloor-Spreading, das dem Geologen und Marineoffizier Harry Hess (1900-1965) zugeschrieben wird.⁹⁹ In seinem berühmten Aufsatz *History of Ocean Basins* (Hess 1962) werden aber weder Wegener, Du Toit oder Robert S. Dietz (1914-1995) geschweige denn die österreichischen Geologen Otto Ampferer (1875-1947) und Robert Schwiner (1878-1953) zitiert. Dass Ampferer und Schwiner nicht im Blickfeld von Hess gewesen sind, mag man noch glauben, aber betreffend die anderen Herren dürfte das kaum zutreffen.¹⁰⁰ Der Österreichische Geologe Helmut W. Flügel hat 1980 versucht, eine Genealogie der Form "von der Kontinentverschiebungstheorie zur Plattentektonik" zu konstruieren, speziell um die Verdienste von Ampferer, den Schöpfer der *Unterströmungstheorie*, zu würdigen. Ferner war es Flügel wichtig herauszustreichen, dass zur Zeit des Erscheinens des Artikels von Hess der Paradigmenwechsel zwischen Fixismus und Mobilismus bereits vollzogen war. Wegener, so seine Meinung, hat diesen Prozess nicht nur eingeleitet sondern auch entscheidend vorangetrieben. Er schreibt dazu (Flügel 1980 S. 251): *Obgleich sich daher die Theorie Wegeners erst im Kleide der Plattentektonik durchgesetzt und die Kontraktionshypothese endgültig abgelöst hat, glaube ich in dem geschilderten Vorgang ein*

⁹⁸ Eher kurios: W.A.J.M. van Waterschoot van der Gracht bezieht sich in seinem Beitrag u.a. auf eine Bemerkung von Carl Troll (1899-1975), die er als Zustimmung zur Driftthese wertete, wobei sich Troll seinerseits auf Aussagen Wegeners stützte, die sich in der zitierten Form aber nicht nachweisen lassen. Man könnte den Sachverhalt auch so umschreiben: Wegener wird 10 Jahre nach seinem Tode bereits von der Geologiegeschichte überrollt.

⁹⁹ *I shall consider this paper an essay in geopoetry* heißt es einleitend in Hess 1962, seinem legendären, viel zitierten wissenschaftlichen Artikel.

¹⁰⁰ Hess kannte Wegener tatsächlich "gut": Man kann es gar nicht glauben, aber tatsächlich existiert ein Dokument, in dem er Wegener als *wind bag* (Windbeutel) titulierte (Einzelheiten vergl. Frankel 2012, 3 S. 279). Hess erwähnt Holmes einmal im Text, zitiert aber keine Arbeiten von ihm. Zur Prioritätsfrage zwischen Dietz und Hess vergl. Frankel 2012, 3 S. 310-316.

*Beispiel eines revolutionären Paradigmawechsels sehen zu können.*¹⁰¹ Dieser Sichtweise ist noch ausdrücklicher zuzustimmen, wenn man die internationale Rezeption der Wegenerschen Gedanken in die Betrachtung einbezieht.¹⁰²

Kürzlich hat Helmut W. Flügel an einen Brief des Wiener Geographen Eduard Brückner an Alfred Wegener erinnert (Flügel 2012). Darin kommentiert der Briefschreiber u.a. einen Vortrag Otto Ampferers (25. Mai 1925 in Wien): *Ich möchte Ihnen kurz über die Sitzung der Geologischen Gesellschaft berichten, in der über Ihre Theorie gesprochen wurde. Ampferer äusserte sich in seinem sehr sachlichen und ruhigen Vortrag eigentlich recht günstig und ich glaube, Sie können ihn zu Ihren Anhängern zählen. Die Ursache der Verschiebung möchte er allerdings in magmatischen Strömungen in der Tiefe suchen.* Dieser Brief belegt, dass Wegener von Ampferers *Unterströmungstheorie* samt der *Verschluckungszonen* gewusst haben muss, er aber nicht erkannte oder nicht anerkennen wollte, dass diese Idee das Potential hatte, das Problem der Tiefseeegräben und der mittelozeanischen Rücken zwanglos lösen zu können.¹⁰³

Man kann die obige Betrachtung wie folgt zusammenfassen: Dass es nicht schon ab Ende der 1920er zu einem Durchbruch der Wegenerschen Verschiebungstheorie kam, hatte zwei Ursachen. Die Theorie, von einigen Wissenschaftlern durchaus anerkannt, wurde von der Mehrheit der geologischen Community weltweit - letztlich wegen Mängel in Details - abgelehnt und fand somit auch keine Aufnahme in der aktuellen Forschung geschweige denn in der akademischen Ausbildung.

Bemerkenswert und schwer nachvollziehbar ist die Tatsache, dass Wegener sich offensichtlich nicht dazu durchringen konnte, wenigstens in EKO 4 der Idee von Holmes, Ampferer und anderen zu folgen bzw. diese auszubauen und zu unterstützen, wonach der Antriebsmechanismus der Kontinentverschiebung in konvektiven Prozessen des Erdinneren zu suchen sei.¹⁰⁴ Mit diesem Schritt hätte er die zitierten Mängel und Unstimmigkeiten seiner Theorie ausräumen und damit die ablehnenden Reaktionen der geologischen Fachwelt relativieren können.¹⁰⁵

Die wissenschaftshistorisch komplexe Auseinandersetzung um die Kontinentverschiebung - oben als internationales Ringen um eine geologische Wahrheit bezeichnet – war im Kern ein Kampf Fixismus contra Mobilismus – dieser ist detailreich dargelegt in Marvin 1975, Le Grand 1988, Oreskes 1999 und Frankel 2012. Hier findet man auch viele Angaben zu den

¹⁰¹ Man beachte, dass der Begriff Paradigmenwechsel / Paradigmawechsel auf Kuhn 1962/70 (1977) zurückgeht – eine international beachtete Betrachtung darüber, wie wissenschaftlicher Fortschritt funktioniert. Das Werk enthält eine Fülle von verblüffenden Fallbeispielen, allerdings überwiegend aus dem Bereich Physik / Astronomie.

¹⁰² In diesem Kontext ist unbedingt empfehlenswert Le Grand 1988.

¹⁰³ In Ampferer 1925 sind verschiedene Gedanken mit den Aussagen der Plattentektonik kompatibel bzw. deuten in die Richtung derselben, aber der Mittelozeanische Rücken als Spreizungszentrum wird erst in Ampferer 1941 eingeführt. Ein "Schwachpunkt" der 1925er Arbeit ist, dass er das Abtauchen der pazifischen Platte unter Südamerika auf Grund von *gesteigerter Einsaugung* und *unterirdischen Massenaustausch* (S. 657) erkennt und Wegeners unsinnige Deutung der Andenentstehung benennt, aber letztlich dazu keine Alternative anbietet. Wegener ordnet Ampferer mit dieser Arbeit in die Liste der Opponenten ein (EKO 4 S. 98).

¹⁰⁴ Womit er im Prinzip nur an seinen Aufsatz von 1912 hätte anknüpfen müssen.

¹⁰⁵ H.W. Flügel konstatierte, dass die Ideen Ampferers für die Entwicklung unseres Erdbildes zumindest ebenso wichtig waren wie die Wegeners und knüpft daran die Frage: *Warum verschwindet Ampferer völlig im Schatten von Wegener.* Flügels Arbeit bietet einiges zur Biographie Ampferers und versucht sich auch der Frage zu nähern, weshalb Ampferers Vorstellungen im Erscheinungsverlauf von EKO 1-4 immer weniger Berücksichtigung finden (Flügel 2004). Genau diese Frage hat Verfasser auch bewegt. Es scheint, dass sich darauf jedenfalls keine sachlich begründete Antwort mehr finden lässt. Andererseits ist es verdienstvoll, dass sich Flügel auch der persönlichen Situation der Wissenschaftler zu nähern versucht und die berechtigige Frage aufwirft, wieso es zwischen den beiden Kollegen nicht mindestens zu einem brieflichen Austausch kam.

wissenschaftlichen Befunden, die die Kontinentverschiebung/Plattentektonik stützten,¹⁰⁶ womit, das sei nochmals herausgestellt, die von Wegener verfochtene horizontale Dynamik der Kontinente definitiv bestätigte wurde (dazu vergl. auch Hölder 1989 und Le Grand 1988). Im Folgenden eine stichwortartige, schematische Zusammenstellung der Befunde (ohne Anspruch auf Vollständigkeit, z.T. mit Angabe der Urheber, aber ohne Literaturangaben) auf die sich die Verschiebungstheorie bzw. Plattentektonik stützt.

- 1.: Polwanderungskurven: Im selben Zeitraum durch das geomagnetische Feld magnetisierte Mineralien magmatogener Gesteine, denen vor ihrer Erstarrung das geomagnetische Feld dauerhaft eingeprägt wurde, zeigen auf heute getrennten Kontinenten jeweils unterschiedliche Richtungen zu den magnetischen Polen. Das ist aber nur möglich, wenn sich die Kontinente zwischenzeitlich gegeneinander verdreht oder bewegt haben (Runcorn 1950er).
- 2.: Geomagnetische Anomalien: Längs der Mittelozeanischen Rücken findet man ein streifenförmiges geomagnetisches Muster, das die bekannten Umpolungsereignisse des geomagnetischen Feldes abbildet, was nur möglich ist, wenn es hier zu einer Neubildung des Meeresbodens gekommen ist (Vine and Matthews; Raff and Mason 1961).
- 3.: Alter und chemische Zusammensetzung der Ozeanböden:
 - a. Die jüngsten Böden findet man im Bereich der Mittelozeanischen Rücken - je weiter man sich von diesen entfernt, auf desto älteres Gestein stößt man.
 - b. Es gibt keine Gesteine des Meeresbodens älter als 180/200 Mio a.¹⁰⁷ Diese ältesten Meeresböden befinden sich in maximaler Distanz rechtwinklig von den Mittelozeanischen Rücken. Der Meeresboden ist "jung" - die Gesteine der Kontinente sind hingegen bis über 3.500 Mio a alt. Die Stärke der marinen Sedimente nimmt mit dem Abstand vom Rücken zu. Das Material der Meeresböden ist – nach Abzug der Sedimente – basaltischer Natur – stammt also aus tieferen Schichten der Erdkruste (u.a. nachgewiesen durch die Bohrkampagnen der GLOMAR CHALLENGER ab 1968 und der JOIDES RESOLUTION AB 1985; erster Versuch mit CUSS 1961 – Mohole Project).
- 4.: Wärmestrommessungen: Die thermischen Gradienten der Meeresböden – die Zunahme der Temperatur nach innen – sind im Bereich der Mittelozeanischen Rücken maximal (Bullard 1950/60er).
- 5.: Gravimetrie: Ab Mitte der 1930er konnten Schweremessungen auch auf Schiffen durchgeführt werden (F.A. Vening-Meinesz). Diese konnten die Gültigkeit der Annahme einer isostatisch ausgeglichen Erdoberfläche grundsätzlich bestätigen und über Tiefseegräben negative Anomalien nachweisen, wodurch die Vorstellungen zu den Mechanismen der Subduktionszonen gestützt wurden, die letztlich das wesentliche Element der Plattentektonik darstellen.
- 6.: Bathymetrische Vermessung: Durch die immer genauere und flächendeckendere Erfassung der Meeresbodentopographie wurden die mittelozeanischen Rücken und

¹⁰⁶ Zu der besonderen Rolle die hierbei die geomagnetischen Befunde gespielt haben, vergl. Runcorn 1962 und 1981.

¹⁰⁷ Es gibt Ausnahmen von dieser Aussage, vergl. Einleitung und Fußnote 51.

die Subduktionsgebiete in ihren ganzen Ausmaßen erkannt und die Transformstörungen registriert (Wilson ab 1964).

- 7.: Seismische Aktivität längs der Plattengrenzen: Die Plattengrenzen werden durch die seismische Aktivität nachgezeichnet. 90% der weltweit freigesetzten seismischen Energie wird hier registriert. Erste Arbeiten zur globalen Verteilung der Erdbeben stammen aus den 1940ern (Gutenberg). Die prägnanten Darstellungen der Erdbebenorte (Epizentren), über die wir heute verfügen, wurden ermöglicht durch die globale Registrierung seismischer Ereignisse, die u.a. mit der Überwachung von unterirdischen Bombentests im Zusammenhang standen.
- 8.: Hotspot Inselketten: Es wurde erkannt, dass die Kette der vulkanischen Inseln im Pazifik die Richtung der Plattendrift anzeigen (mit Einschränkungen) und sich so auch Daten zur Driftgeschwindigkeit ableiten lassen (Wilson 1963).
- 9.: Direkte Messung der Verschiebungsbeträge: Mit der Einführung hochgenauer Satellitennavigationsverfahren wurde es ab den 1990ern möglich auch über kurze Zeiträume Positionsverlagerungen zwischen Kontinenten zu registrieren. Die gemessenen Größen schwanken zwischen einigen Millimetern bis zu mehr als 10 cm pro Jahr.
- 10.: Computergestützte Passung der Kontinentplatten: Die mit Hilfe von Rechnern simulierte Zusammenführung der Kontinente darf als ein direkter Beweis der Verschiebungsthese angesehen werden (Bullard, Everit, Smith).
- 11.: Einblick in die Spreizungszentren: Mit der zunehmenden Einführung von tieftauchenden, unbemannten, ferngesteuerten, kabelgeführten Unterwasserfahrzeugen (ROV'S – remotely operated vehicles) wurde es möglich, systematisch bestimmte Unterwasserlandschaften, speziell Spreizungsgebiete, anzusteuern. Diese Unterwasserexkursionen, die meist im Umfeld sogenannter Smoker (submarine Krater) durchgeführt werden, gehören zu den modernsten Aufgaben der heutigen Tiefseeforschung.

VI. ZUSAMMENSCHAU

Der Aufsatz begann mit einer Betrachtung zur Bedeutung der Kontinentverschiebungstheorie (Kap. I), um dann die Entstehung derselben zunächst vor dem Hintergrund der Ereignisse der Jahre 1912/13 und der persönlichen Entwicklung Wegeners zu skizzieren (Kap. II). Im Weiteren wurden dann die Entwicklung der Theorie (Kap. III) und ihre fachlichen Lücken und Mängel angedeutet (Kap. IV), um dann zu der derzeitigen Lehrmeinung, der Plattentektonik, überzugehen (Kap. V).

Wegeners Verdienste werden im Rahmen dieser wissenschaftshistorischen Skizze deutlich. Diese bestehen zunächst in der Zurückweisung der Kontraktionstheorie - der Lehrmeinung von versunkenen Landbrücken in Kombination mit einer Schrumpfung des Globus. Als Ersatz für diese Anschauungen bietet Wegener die Hypothese der Kontinentverschiebung. Diese führt zu einem schlüssigeren und vor allem zu einem mit den physikalischen Gesetzen verträglichen Bild der Entwicklung der Erdoberfläche. Ein zentraler Gedanke der Wegenerschen Vorstellung ist, dass das Gesteinsmaterial, das die Kontinente charakterisiert, sich von dem, das den Meeresboden bildet, unterscheidet (*Sial* und *Sima*), was unter der Voraussetzung, dass die Erdoberfläche im Wesentlichen isostatisch ausgeglichen ist, zu einer weitgehenden Konstanz der globalen Kontinentfläche führt.¹⁰⁸ Dieser Gedanke, dass Kontinente grundsätzlich Relikte der Frühphase der Erdentstehung sind, ist kompatibel mit der Plattentektonik, entsprach aber nur bedingt der damaligen geologischen Anschauung, nach der zumindest Brückenkontinente entstehen (?) und vergehen können. Nach Wegener, das ist wichtig herauszustellen, wären die Meeresböden so alt wie die Kontinente. Die Kontinente tauchen in diese SIMA-Schicht ein und durchpflügen sie von externen Kräften getrieben.

Wegeners, sich über einen Zeitraum von 17 Jahren erstreckenden Studien, waren ursächlich dafür, dass die Drift der Kontinente in bedeutender Breite in der Fachwelt rezipiert und diskutiert wurde. Damit begann eine sich über Jahrzehnte erstreckende Kontroverse Fixismus contra Mobilismus. Nach zeitweilig kategorischer Ablehnung vergingen rund 50 Jahre ab Wegeners Erstveröffentlichung zur Kontinentdrift, bis sich der Mobilismus in Form der Plattentektonik vergleichsweise rasch als Lehrmeinung etablieren konnte.

Ein Sachverhalt, den man gar nicht deutlich genug betonen kann: Letztlich wurde die Kontinentdrift/Plattentektonik "am Meeresboden" bestätigt. Es ist herauszustellen, dass es überwiegend amerikanische Institutionen waren, die die dafür notwendigen Forschungs-

¹⁰⁸ Selbstverständlich ist die Konstanz der Kontinentfläche nur in erster Näherung gegeben. Bei der Kollision von Kontinentblöcken entstehen in den Kontaktgebieten unter Isostasiebedingungen Auffaltungen, d.h. Gebirge, wodurch sich im Laufe der geologischen Entwicklung die globale Kontinentfläche verkleinert – ein Vorgang, der durch eine "Defragmentierung" der Kontinente – d.h. durch einen Zusammenschub zu einem neuem "Superkontinent" (der dann irgendwann wieder in Unterkontinente zerfällt) nicht rückgängig gemacht werden kann. Dass die Landfläche durch Trans- und Regressionen variiert, wurde im Text erwähnt (Überflutung/Austrocknung der kontinentalen Schelfbereiche). Dass die Größe dieser Flächen im Laufe der Erdentwicklung variiert, dafür sind neben den postulierten Geoid Deformationen klimatische Schwankungen verantwortlich, die z. B. über die Bildung von Glazialschilden bis zu einem gewissen Grade den Meeresspiegel kontrollieren. In diesem Zusammenhang spielen entsprechend den Isostasiebedingungen auch vertikale Ausgleichbewegungen eine Rolle. Zu beachten ist auch die Tatsache, dass es über einen langwierigen Kreisprozess an aktiven Kontinentalrändern (gleichzeitig Plattengrenzen) zur *erheblicher* Neubildung von kontinentaler Kruste kommen kann (Frisch/Meschede 2007 S. 125).

programme entwickelt und durchgeführt haben. Wir gehen derzeit davon aus, dass der unter dem Begriff Plattentektonik zusammengefasste Mechanismus die grundsätzlichen strukturellen und morphologischen Veränderungen der Erdoberfläche, die sich im Ablauf der Erdgeschichte abgespielt haben, gut beschreibt.

An die ersten Sätze der Einleitung anknüpfend – es lässt sich erkennen, dass der Mobilismus als das die Erdoberfläche gestaltende Prinzip zumindest eine philosophische Komponente hat. Er suggeriert eine Art Vitalismus und legt nahe, die Erde als Organismus zu verstehen.

Eine schöne Würdigung der Verdienste Alfred Wegners ist Andreas Vogel gelungen. Er schreibt in dem Begleittext des Vieweg Nachdruckes von EKO 1 und 4 von 1980:¹⁰⁹ *Der Übergang zu den Vorstellungen einer dynamischen Erde, deren äußere Schale unter dem Einfluss der thermodynamischen Kräfte des Erdinnern gewaltige Verschiebungen erfahren hat und noch immer diesen Kräften ausgesetzt ist, hat in den Geowissenschaften eine Epoche großer Entdeckungen und Erkenntnisse eingeleitet. Am Anfang dieser Epoche steht Alfred Wegener, ein genialer Geist, der in visionärer Schau eine Theorie schuf, die hoffnungslose Widersprüche auflöste und die Ergebnisse und Fakten der verschiedensten naturwissenschaftlichen Gebiete vereinte und zwanglos einzuordnen vermochte. Mit großem Mut und unbeirrt von den damaligen Lehrmeinungen und den Anfechtungen durch anerkannte Autoritäten hat Wegener seine Thesen formuliert und kundgetan.*

¹⁰⁹ Dieser Nachdruck ist seinerzeit auch im Akademie-Verlag, Ostberlin erschienen. Diesen Hinweis verdankt Verf. Herrn Ulrich Wutzke, Ahrensfelde.

VII. LITERATURVERZEICHNIS

- Ampferer 1925: Otto Ampferer: Über Kontinentverschiebungen in Die Naturwissenschaften 13. Jahrg. Heft 31, 31. Juli 1925.
- Ampferer 1941: Otto Ampferer: Gedanken über das Bewegungsbild des atlantischen Raumes aus den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien Mathem.-naturw. Klasse, Abteilung 1, 150. Bd., 1. und 2. Heft, Wien 1941.
- Anderson 1971: Alan H. Anderson, Die Drift der Kontinente, Brockhaus, Wiesbaden 1971/4, 191 S.
- Baschin 1927: Otto Baschin; Die geographische Bedeutung der Polflucht, Petermanns Geographische Mitteilungen 1927 S. 223-224.
- Baschin 1929: Otto Baschin; Rezension zu EKO 4 in die Naturwissenschaften Heft 17 1929, S. 275-278.
- Belousov 1970: V. V. Belousov; Wider die Ocean-Floor Spreading Hypothese, Übersetzung aus dem Englischen, Schönerberg 1975 S. 293-317.
- Cloos 1947: Hans Cloos; Gespräch mit der Erde; Piper München 1947, 389 S. Es gibt von diesem Titel eine engl. Fassung: Conversation with the Earth, 1954.
- Demhardt 2005: Imre Josef Demhardt; Alfred Wegener: The Theory on Continental Drift and its Discussion in "Petermanns Geographische Mitteilungen" (1912-1942); Polarforschung 75 (1) S. 21-27, Bremerhaven 2005.
- Dudman 2003: Clare Dudman; Wegeners's Jigsaw, Hodder and Stoughton London 2003, 405 S.
- Du Toit 1937: Alexander Du Toit; Our Wandering Continents – A Hypothesis of Continental Drifting, Oliver and Boyd Edinburg, London 1937, 366 S.
- EKO 1-4: Alfred Wegener; Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Vieweg Verlag Braunschweig 1915, 1920, 1922, 1929; 94, 135, 144, 231 S.
- Fircks 2012: Christoph von Fircks; Gnadenlose Arktis – Alfred Wegener und die Erforschung Grönlands.- Schelfbuch Verlag, Schwerin 2012, 222 S. Karte im Vorsatz, Illustrationen.
- Flügel 1980: Helmut W. Flügel; Wegener-Ampferer-Schwinner – ein Beitrag zur Geschichte der Geologie in Österreich in Mitteilungen der österreichischen geologischen Gesellschaft Bd. 73 Wien 1980 S. 237-254.
- Flügel 2004: Helmut W. Flügel; Die virtuelle Welt des Otto Ampferer und die Realität seiner Zeit in Geo. Alp Vol. 1 2004 S. 1-9.
- Flügel 2012: Helmut W. Flügel; Ein unbekannter Brief an Alfred Wegener von 1925 in Geohistorische Blätter 22, Berlin, S. 29-31
- Frankel 2012,1: Henry R. Frankel; The Continental Drift Controversy Vol. 1: Wegener and the Early Debate, University Press, Cambridge 2012, 604 S.
- Frankel 2012,2: Henry R. Frankel; The Continental Drift Controversy Vol. 2: Paleomagnetism and Confirmation of Drift, University Press, Cambridge 2012, 525 S.

- Frankel 2012,3: Henry R. Frankel; The Continental Drift Controversy Vol. 3: Introduction of Seafloor Spreading, University Press, Cambridge 2012, 476 S.
- Friis 1910: Achton Friis; Im Grönlandeis mit Mylius Erichsen - die Danmark Expedition 1906-1908; Otto Spamer, Leipzig 1910, 630 S.
- Frisch/Meschede 2007: Wolfgang Frisch und Martin Meschede; Plattentektonik - Kontinentverschiebung und Gebirgsbildung, Primus Verlag Darmstadt 196 S.
- Georgi 1933: Johannes Georgi; Im Eis vergraben; Verlag des Blodigschen Alpenkalenders Paul Müller, München 1933, 254 S.
- Glaubrecht 2012: Matthias Glaubrecht; Wegeners neues Weltbild, Naturwissenschaftliche Rundschau Stuttgart 2012, Heft 6 und 7, S. 288-296 u. S. 341-352.
- Groll 1912: Max Groll; Tiefenkarten der Ozeane, Veröffentlichungen des Instituts für Meereskunde H. 2, Mittler, Berlin 1912.
- Gutenberg 1928, 1: Beno Gutenberg; Bewegungen der Erdachse und Polwanderungen, in Müller-Poillets Lehrbuch der Physik, fünfter Band erste Hälfte, Vieweg Braunschweig 1928, S. 709-719.
- Gutenberg 1928, 2: : Beno Gutenberg; Veränderungen der Erdoberfläche und die in ihr wirkenden Kräfte, in Müller-Poillets Lehrbuch der Physik, fünfter Band erste Hälfte, Vieweg Braunschweig 1928, S. 673-681.
- Haber 1965: Heinz Haber; Unser blauer Planet, Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart 1965, benutzt wurde die ungekürzte Ausgabe Rowohlt 1967, 138 S.
- Hallam 1989: Anthony Hallam; Great Geological Controversies, Oxford University Press, New York 1983/89, 244 S.
- Hapgood 1958: Charles H. Hapgood; Earth's Shifting Crust; Pantheon Books New York 1958, 438 S.
- Hartmann 1986: Gerd Hartmann; Biogeographie und Plattentektonik, Naturwissenschaften 73, Springer Verlag 1986, S. 471-480.
- Hempel 2000: Gotthilf Hempel; Professor Walter Kertz (1924-1997) und die deutsche Polarforschung, Polarforschung 66 (3) 1996 (erschieden 2000) S. 39-41.
- Hess 1962: Harry H. Hess, History of Ocean Basins, in Petrologic Studies - A Volume to Honor A.F. Buddington, A.E. Engel et al. Hrsg., Geological Society of America, New York 1962, S. 599-620. Eine deutsche Übersetzung s. Schönenberg 1975, S. 30-54.
- Hölder 1989: Helmut Hölder; Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie, Springer Berlin, etc. 244 S.
- Howell 1990: Benjamin F. Howell, Jr.; An Introduction to Seismological Research – History and Development, University Press Cambridge, 193 S.
- Hsü 1982: Kenneth J. Hsü; Ein Schiff revolutioniert die Wissenschaft (Übersetzung aus dem Amerikanischen), Hoffmann und Campe Hamburg 1982, 304 S.
- Jacoby, Wutzke 2013: Wolfgang Jacoby und Ulrich Wutzke; Alfred Wegener – 100 Jahre Mobilismus in Gmit Nr. 54 Dez. 2013, S. 6-16.
- Jaworski 1922: Erich Jaworski; Die A. Wegenersche Hypothese der Kontinentalverschiebungen in Geologische Rundschau Vol. 13 Nov. 1922, S. 273-296.
- Jordan 1966: Pascual Jordan; Die Expansion der Erde - Folgerungen aus der Diracschen Gravitationshypothese, Die Wissenschaft Band 124, Vieweg Braunschweig 1966, 180 S.

- Kayser 1912/13: Emanuel Kayser; Lehrbuch der Geologie (4. Auflage), Enke Stuttgart 1912/13 2 Bd. 881 u. 851 S.
- Kertz 1981: Walter Kertz, Wegeners "Kontinentverschiebungen" zu seiner Zeit und heute; Geologische Rundschau, Band 70, Heft 1, Stuttgart 1981, S. 15-32.
- Kirsch 1938: Gerhard Kirsch; Geomechanik - Entwurf zu einer Physik der Erdgeschichte, Barth Leipzig 1938, 151 S.
- Koch 1919: Johan P. Koch; Durch die weiße Wüste, Julius Springer Berlin 1919. 248 S. Es handelt sich dabei um die von Alfred Wegener durchgeführte Übersetzung aus dem Dänischen von: Gennem den Hvide Orken, Gyldendalske Boghandel Nordisk Forlag Kjobenhavn 1913, 286 S.
- Koch/Wegener 1930: Johan Peter Koch und Alfred Wegener; Wissenschaftliche Ergebnisse der dänischen Expedition nach Dronning Louises-Land und quer über das Inlandeis von Nordgrönland 1912-13 unter Leitung von Hauptmann J.P. Koch, Medellelser om Gronland, Bd.75 1 u. 2, Kopenhagen 1930, 1-404, 405-676 S.
- Köppen/Wegener 1924: Wladimir Köppen und Alfred Wegener; Die Klimate der geologischen Vorzeit; Bornträger, Berlin 1924, 256 S., dazu Ergänzungen und Berichtigungen, Berlin 1940, 38 S.
- Köppen 1921: Wladimir Köppen; Ursachen und Wirkungen der Kontinentverschiebungen und Polwanderungen, Petermanns Geographische Mitteilungen, S. 145-149 und 191-194, Gotha 1921
- Körber 1982: Hans-Jürgen Körber; Alfred Wegener; Teubner Verlagsgesellschaft 1982, 100 S.
- Kraus 1959: Ernst Kraus; Die Entwicklungsgeschichte der Kontinente und Ozeane, Akademie Verlag, Berlin 1959, 285 S.
- Krause/Thiede 2005: Reinhard Krause und Jörn Thiede Hrsg.; Kontinental-Verschiebungen, Originalnotizen und Literatúrauszüge von Alfred Wegener, Berichte zur Polar- und Meeresforschung 516, Bremerhaven 2005.
- Krause/Thiede 2006: Reinhard Krause und Jörn Thiede; Alfred Wegener, Geowissenschaftler aus Leidenschaft, Deutsches Schifffahrtsarchiv 28, S. 299-326, Bremerhaven 2006.
- Krause 2007: Reinhard Krause; Die Polfluchtkraft: Der Lely-Versuch – vergessene Begriffe der Geologiegeschichte, Polarforschung 76 (3) Bremerhaven 2007, S. 133-140.
- Krause 2009: Reinhard Krause: Matthew Fontaine Maury (1806-1873), "Pathfinder of the Seas" in Deutsches Schifffahrtsarchiv 32 Bremerhaven 2009, S. 237-265.
- Krause et al. 2012: Reinhard Krause, Eberhard Schindler, Rainer Brocke, Rolf Schroeder, Volker Wilde; Alfred Wegener: Vordenker und Erneuerer der Geowissenschaften – 100 Jahre Hypothese von der Drift der Kontinente in Senckenberg –Natur, Forschung, Museum 142 (1/2) Frankfurt 2012, S. 13-17.
- Kreichgauer 1902: P. Damian Kreichgauer; Die Äquatorfrage in der Geologie, Missionsdruckerei in Steyl 1902, 394 S.
- Kreichgauer 1926: P. Damian Kreichgauer; Die Äquatorfrage in der Geologie, Missionsdruckerei Steyl 1926, 301 S. Es handelt sich um eine zweite umgearbeitete Auflage. Das Erscheinungsjahr ist nicht angegeben, ergibt sich aber aus dem Text.
- Kuhn 1962/70 (1977): Thomas S. Kuhn; The Stucture of Scientific Revolutions, Chicago 1962 erweiterte Fassung 1970, 210 S. Eine deutsche Übersetzung erschien 1977.
- Lange et. al.: O. Lange, M. Ivanova, N. Lebedeva; General Geology, foreign languages publishing house, Moskau, ohne Angabe des Erscheinungsdatums - verschiedene Bibliotheken geben 1962 an. Der russische Originaltitel ist: Lange, Oktavij Konstantinovič : Obščaja geologija. Der Text

deutet auf ein Erscheinungsjahr um 1950 hin, was sich mit dem Erscheinen von Langes Lehrbuch "Einführung in die Geologie" von 1951 und mit seiner zeitgleich veranstalteten Vorlesungsreihe "Allgemeine Geologie" decken würde.¹¹⁰

- Le Grand 1988: H.E. Le Grand; *Shifting Continents and Shifting Theories*, University Press Cambridge 1988, 313 S.
- Lely 1927: U. PH. Lely; Een Proef, die de Krachten demonstreert, welke de Continentendrift kann veroorzaken, in *Physica Amsterdam* 1927, S. 278-281.
- Lendle 2011: Jo Lendle; *Alles Land*, Deutsche Verlags-Anstalt, München 2011, 379 S.
- Lewis 2000: Cherry Lewis; *The dating Game*, University Press Cambridge 2000, 253 S.
- Marvin 1973: Ursula B. Marvin; *Continental Drift - the Evolution of a Concept*; Smithsonian Institution Press, Washington 1973, 239 S.
- Maury 1859: Matthew Fontaine Maury; *Die Physische Geographie des Meeres*. G. Mayer Leipzig 1859, 294 S.
- McCoy 2006: Roger M. McCoy; *Ending in Ice – The Revolutionary Idea and Tragic Expedition of Alfred Wegener*; Oxford University Press, New York 2006, 194 S.
- Milankovitsch 1936: Milutin Milankovitch; *Durch ferne Welten und Zeiten*, Koehler und Amelang, Leipzig 1936, 389 S.
- Milankovitsch 1941: Milutin Milankovitch; *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*; Königlich Serbische Akademie, Belgrad 1941, 633 S.
- Mohorovičić 1927: Stjepan Mohorovičić; Über Nahbeben und die Konstitution des Erd- und Mondinnern, *Gerlands Beitr. z. Geoph.*, Leipzig 1924, S. 180-231.
- Müller-Poilletts 1928 Bd. 5.2: Müller-Pouilletts *Lehrbuch der Physik* 11. Auflage, Fünfter Band – Zweite Hälfte Vieweg Braunschweig 1928, 596 S.
- Oreskes 1999: Naomi Oreskes; *The Rejection of Continental Drift*, Oxford University Press, Oxford 1999, 420 S.
- Oreskes 2013: Naomi Oreskes; *How plate tectonics clicked*; *NATURE* 501 vom 4. September 2013, 6 Seiten (<http://www.nature.com/news/earth-science-how-plate-tectonic-clicked>).
- PGM: Petermanns Geographische Mitteilungen (Dr. A. Petermanns Mitteilungen aus Justus Perthes' Geographischer Anstalt, 1912); Geographische Fachzeitschrift, die mit leichten Änderungen des Titels von 1855 bis 2005 erschien.
- Reinke-Kunze 1994: Christine Reinke-Kunze; *Alfred Wegener Polarforscher und Entdecker der Kontinentaldrift*, Birkhäuser Verlag, Basel 1994, 189 S.
- Rud 1997: Christian Mogens Rud; *Grønlandsforskeren Alfred Wegner og de drivende kontinenter*, Ejlers' Verlag, Kobenhavn 1997, 144 S.
- Reclus/Uhle 1892: Élisée Reclus und Otto und Willi Uhle; *Die Erde*, Otto Salle Braunschweig 1892, 555 S. Originaltitel: Élisée Reclus; *La Terre. Description des phénomènes de la vie du globe*, Hachette Paris 1868.
- Runcorn 1962: S. Keith Runcorn; *Palaeomagnetic Evidence for Continental Drift and its Geophysical Cause*, in S. K. Runcorn Hrsg. *Continental Drift*, International Geophysics Series Band 3, Academic Press New York und London 1962, S. 1-40.

¹¹⁰ Für die Hinweise zu O. K. Lange danke ich Frau Elena Tschertkova-Paulenz, AWI Bremerhaven.

- Runcorn 1981: S. Keith Runcorn; Wegener's Theory: The Role of Geophysics in its Eclipse and Triumph, Geologische Rundschau 1981 Band 70 Heft 2, S. 784-793.
- Schönenberg 1974: Reinhard Schönenberg; Von der klassischen Geotektonik Hans Stilles zu "New Global Tectonics" in Schönenberg 1975, S. 19-29.
- Schönenberg 1975: Reinhard Schönenberg Hrsg.; Die Entstehung der Kontinente und Ozeane in heutiger Sicht; Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt 1975, 351 S.
- Schulz 1921,1: Bruno Schulz; Die Wegenersche Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane, Die Naturwissenschaften 1921 Heft 15, S. 241-250.
- Schulz 1921,2: Bruno Schulz; Geographische Mitteilungen - Der XX. Deutsche Geographentag in Leipzig 16-19. Mai 1921, Die Naturwissenschaften 1921 Heft 27, S. 529-30.
- Schwarzbach 1989: Martin Schwarzbach; Alfred Wegener und die Drift der Kontinente, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart 1989, 164 S. Von diesem Buch existiert auch eine englischsprachige Ausgabe.
- Seibold 1991: Eugen Seibold; Das Gedächtnis des Meeres, Piper München 1991, 447 S.
- Semper 1917: Max Semper; Was ist eine Arbeitshypothese ?, Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Schweizerbart Stuttgart 1917, S. 146-163.
- Sigurðsson 1948: Vigfús Sigurðsson; Um pvert Grænland med Kapt. J.P. Koch 1912-1913, Ársæll Árnason Reykjavík 1948. Eine zu gleichen Teilen auf Kosten des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung und der Isländischen Regierung erstellte Übersetzung ins Deutsche ist abgeschlossen. Eine Publikation derselben ist derzeit in Arbeit und soll 2013 kommentiert erscheinen.
- Stille 1949: Hans Stille; Das Leitmotiv der geotektonischen Erdentwicklung, erschienen in Schönenberg 1975, S. 1-18.
- Suess 1908: Eduard Suess; Das Antlitz der Erde, Tempsky/ Freytag Wien, Leipzig 1908, 3 Bd. in 4 Büchern 778, 703, 508, 789 S. und Register von Lucas Waagen, 158 S.
- Supan 1903: Alexander Supan; Grundzüge der physischen Erdkunde, Veith & Comp. Leipzig 1903, 852 S.
- Trabert 1911: Wilhelm Trabert; Lehrbuch der kosmischen Physik, Teubner Leipzig 1911, 662 S.
- Toula 1914: Franz Toula; Schrumpfungsversuche, in Petermann Geographische Mitteilungen 1914, II S. 8-15.
- Uenzelmann, Rogenhagen, Müller, 2006: Gabriele Uenzelmann-Neben, Johannes Rogenhagen, Chrisitan Müller; Gondwana – ein Kontinent zerbricht, in Wefer 2006 S. 38-43.
- Ventegodt 1997: Ole Ventegodt; Den sidste Brik, Mylius-Erichsens Danmark-ekspedition til Nordostgrønland 1906-1908; Gyldendal, København 1997, 428 S.
- Waterschoot 1928: W.A.J.M. van Waterschoot van der Gracht (edit.); Theory of Continental Drift. A symposium on the origin and movement of landmasses both inter-continental and intra-continental, as proposed by Alfred Wegener, Tulsa, Oklahoma 1928, 240 S.
- Wefer 2006: Gerold Wefer Hrsg.; Expedition Erde, Marum Universität Bremen 2006, 333 S.
- Wegener 1911: Alfred Wegener; Thermodynamik der Atmosphäre, Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1911, 331 S.

- Wegener 1912,1: Alfred Wegener; Die Entstehung der Kontinente; Petermanns geographische Mitteilungen (PGM) Jahrg. 1912 S. 185-195, 253-256, 305-309.
- Wegener 1912,2: Alfred Wegener; Islandreise Sommer 1912, 7 Schreibmaschinenseiten, unveröffentlicht, AdP: NL 2 N Nr.2.
- Wegener 1915 (EKO 1): Alfred Wegener; Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Vieweg Braunschweig 1915, Heft 23 der Sammlung Vieweg – Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik, 94 S.
- Wegener 1920/22/29 (EKO 2-4): Alfred Wegener; Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Vieweg Braunschweig 1920/22/29 (Die Wissenschaft – Einzeldarstellungen aus der Naturwissenschaft und der Technik Band 66), 135/144/231 S.
- Wegener 1915/29-2005: Alfred Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane; wie EKO 1, 4. Diese AWI-Studienausgabe, Bornträger Berlin/Stuttgart 2005, 481 S. beinhaltet außer einer Einführung (Krause, Schönharting, Thiede) zusätzlich Abbildungs-, Stichwort- und umgeordnete Literaturverzeichnisse. Als Vorlage für die erste Auflage wurde Wegeners Korrektorexemplar benutzt.
- Wegener 1921,1: Alfred Wegener; Die Theorie der Kontinentalverschiebungen, Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1921, S. 89-103 und Schlusswort S. 125-130 (nicht in Wutzke 1998 S. 139 aber auf S. 133).
- Wegener 1921,2: Alfred Wegener; Die Theorie der Kontinentalverschiebungen in den Verhandlungen des 20. Deutschen Geographentages zu Leipzig, 1921 S. 133-137 und 137-143.
- Wegener 1921,3: Alfred Wegener; Die Entstehung der Mondkrater; Vieweg Braunschweig 48 S.
- Wegener 1927,1: Alfred Wegener; Die geophysikalischen Grundlagen der Kontinentenverschiebung; in Scientia 41, Bologna und Leipzig 1927, S. 103-116.
- Wegener 1927,2: Alfred Wegener; Der Boden des Atlantischen Ozeans, Gerlands Beiträge zur Geophysik 1927, 17, S. 311-321.
- Wegener 1928: Alfred Wegener; Optik der Atmosphäre, in Müller-Poillets Lehrbuch der Physik, fünfter Band erste Hälfte, Vieweg Braunschweig 1928, S. 199-289.
- Wegener 1930: Alfred Wegener mit Beiträgen von Johannes Georgi, Fritz Loewe und Ernst Sorge; Mit Motorboot und Schlitten in Grönland, Velhagen und Klasing Bielefeld u. Leipzig 1930, 192 S.
- Wegener, E. 1932: Else Wegener Hrsg.; Alfred Wegeners letzte Grönlandfahrt. Die Erlebnisse der deutschen Grönlandexpedition 1930/31 geschildert von seinen Reisegefährten und nach Tagebüchern des Forschers; Brockhaus Leipzig 1932, 304 S.
- Wegener, E. 1960: Else Wegener; Alfred Wegener - Tagebücher, Briefe, Erinnerungen, Brockhaus Wiesbaden 1960, 262 S.
- Wegener 1961: Alfred Wegener; Tagebuch eines Abenteuers - mit Pferdeschlitten quer durch Grönland; Brockhaus, Wiesbaden 1961, 157 S. Bei diesem Werk handelt es sich um die Tagebuchaufzeichnungen Alfred Wegeners von der Expedition 1912/13, die von seiner Frau Else zum Druck gegeben wurden. Der Text entspricht dem Original, ist aber nicht vollständig.
- Wegener, K. 1933/35: Kurt Wegener Hrsg.; Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Grönland-Expedition Alfred Wegener 1929 und 1930/1931, 6 Bände, Brockhaus Leipzig 1933/35.
- Weigert/Zimmermann 1979: Alfred Weigert und Helmut Zimmermann; ABC Astronomie, Dausien Hanau/Leipzig 1979, 508 S., 24 Tafeln u. 4 Karten.

Wutzke 1988: Ulrich Wutzke; Der Forscher von der Friedrichgracht, VEB Brockhaus, Leipzig 1988, 272 S. Neu aufgelegt unter dem Titel: Durch die weiße Wüste, Leben und Leistungen des Grönlandforschers und Entdeckers der Kontinentaldrift Alfred Wegener, Justus Perthes Gotha 1997, 240 S.

Wutzke 1998: Ulrich Wutzke; Kommentiertes Verzeichnis der schriftlichen Dokumente seines Lebens und Wirkens, Berichte zur Polarforschung 288, Bremerhaven 1998, 144 S.

Wutzke 2012: Ulrich Wutzke; Alfred Wegeners Werk in China und Japan, Geohistorische Blätter 22, S. 33-36, Berlin 2012.

Wutzke 2013: Ulrich Wutzke; Über die Anfänge der Verschiebungstheorie Alfred Wegeners, Geohistorische Blätter 23, S. 67-70, Berlin 2013.

Die **Berichte zur Polar- und Meeresforschung** (ISSN 1866-3192) werden beginnend mit dem Band 569 (2008) als Open-Access-Publikation herausgegeben. Ein Verzeichnis aller Bände einschließlich der Druckausgaben (ISSN 1618-3193, Band 377-568, von 2000 bis 2008) sowie der früheren **Berichte zur Polarforschung** (ISSN 0176-5027, Band 1-376, von 1981 bis 2000) befindet sich im electronic Publication Information Center (**ePIC**) des Alfred-Wegener-Instituts, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung (AWI); see <http://epic.awi.de>. Durch Auswahl "Reports on Polar- and Marine Research" (via "browse"/"type") wird eine Liste der Publikationen, sortiert nach Bandnummer, innerhalb der absteigenden chronologischen Reihenfolge der Jahrgänge mit Verweis auf das jeweilige pdf-Symbol zum Herunterladen angezeigt.

The **Reports on Polar and Marine Research** (ISSN 1866-3192) are available as open access publications since 2008. A table of all volumes including the printed issues (ISSN 1618-3193, Vol. 1-376, from 2000 until 2008), as well as the earlier **Reports on Polar Research** (ISSN 0176-5027, Vol. 1-376, from 1981 until 2000) is provided by the electronic Publication Information Center (**ePIC**) of the Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research (AWI); see URL <http://epic.awi.de>. To generate a list of all Reports, use the URL <http://epic.awi.de> and select "browse"/ "type" to browse "Reports on Polar and Marine Research". A chronological list in declining order will be presented, and pdf icons displayed for downloading.

Zuletzt erschienene Ausgaben:

Recently published issues:

681 (2014) Und sie bewegen sich doch ...Alfred Wegener (1880 – 1930): 100 Jahre Theorie der Kontinentverschiebung – eine Reflexion, von Reinhard A. Krause

680 (2014) The Expedition PS82 of the Research Vessel POLARSTERN to the southern Weddell Sea in 2013/2014, edited by Rainer Knust and Michael Schröder

679 (2014) The Expedition of the Research Vessel 'Polarstern' to the Antarctic in 2013 (ANT-XXIX/6), edited by Peter Lemke

678 (2014) Effects of cold glacier ice crystal anisotropy on seismic data, by Anja Diez

677 (2014) The Expedition of the Research Vessel "Sonne" to the Mozambique Ridge in 2014 (SO232), edited by Gabriele Uenzelmann-Neben

676 (2014) The Expedition of the Research Vessel "Sonne" to the Mozambique Basin in 2014 (SO230), edited by Wilfried Jokat

675 (2014) Polarforschung und Wissenschaftsutopien: Dargestellt und kommentiert am Beispiel von zehn Romanen aus der Zeit von 1831 bis 1934, von Reinhard A. Krause

674 (2014) The Expedition of the Research Vessel 'Polarstern' to the Antarctic in 2013 (ANT-XXIX/7), edited by Bettina Meyer and Lutz Auerswald

673 (2014) Airborne Measurements of Methane Fluxes in Alaskan and Canadian Tundra with the Research Aircraft 'Polar 5', by Katrin Kohnert, Andrei Serafimovich, Jörg Hartmann, and Torsten Sachs

672 (2014) The Expedition of the Research Vessel 'Polarstern' to the Antarctic in 2013 (ANT-XXIX/8), edited by Vera Schindwein

671 (2013) The Expedition of the Research Vessel 'Polarstern' to the Antarctic in 2012/2013 (ANT-XXIX/2), edited by Olaf Boebel



ALFRED-WEGENER-INSTITUT
HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR POLAR-
UND MEERESFORSCHUNG

BREMERHAVEN

Am Handelshafen 12
27570 Bremerhaven
Telefon 0471 4831-0
Telefax 0471 4831-1149
www.awi.de

