Das Problem der Verlagerungen der Drehpole der Erde in den exakten und in den beschreibenden Naturwissenschaften. Erinnerungen an Alfred Wegener.

Von

M. MILANKOVITCH.

Als ich nach langer Arbeit meine Untersuchungen über den Mechanismus der säkularen Verlagerungen der Erdpole zu Ende führe und die Feder ergriff, um über den Werdegang und die Ergebnisse dieser Untersuchungen zu berichten, da wurden in meiner Seele Erinnerungen an Alfred Wegener wach. Ich liess den sich aufdrängenden Gedanken freien Lauf und als mein Bericht fertig vorlag, musste ich ihn mit einem Doppeltitel versehen.

Es war in Innsbruck im September 1924. Diese schöne Alpenstadt hatte jener Tage einen starken Besuch von Fremden zu verzeichnen, weil dort gerade die Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte tagte. Auch ich war gekommen, um bei diesem Anlass Alfred Wegener persönlich kennen zu lernen und seinen an der Tagesordnung der Versammlung stehenden Bericht über sein und Köppens Werk „Die Klimate der geologischen Vorzeit" zu hören. Zwei Jahre vorher hatte ich von Köppen und Wegener die Einladung erhalten, durch die Berechnung der Erdbestrahlungschwankungen, wie sie sich aus meiner Theorie ergeben, einen Beitrag für dieses Werk zu liefern und jetzt wollte ich die ersten Eindrücke des soeben fertiggestellten Werkes auf mich wirken zu lassen. Bald nach meiner Ankunft traf ich mit Wegener zusammen. Ich fand ihn, nicht ohne Mühe, erst Abends in einem Gasthause, in Gesellschaft einiger hervorragender Meteorologen. Wir blieben da in anregendem Gespräch bis tief in die Nacht. Wegener stand damals schon im reifen Mannesalter, hatte aber. schlank und gelenkig, freundlich und etwas wehmütig lächelnd, ein jugendliches Aussehen. Man sah es ihm an, dass er ein Man der Tat ist und, seinen Zielen zustrebend, fähig war, alle irdischen Leiden mutig zu ertragen. Er hatte schon als Jüngling lebensgefährliche Aufstiege mit dem Freiballon unternommen, Grönland zweimal bereist und an der Westfront zweimal Verwundungen davongetragen. Auch auf der wissenschaftlichen Front hatte er für seine Theorie der Kontinentenverschiebung hart zu kämpfen, aber er war hier eigentlich kein Streiter, sondern ein mutiger Reisende ins unentdeckte Land, ein Wahrheitssucher. Deshalb nahm er jede vernüftige fremde Bemerkung und Einwendung freundlich auf, Erkenntnis und nicht persönliche Erfolge suchend. Diese Eigenschaften, durch welche er sich Anerkennung und Liebe selbst von seinen wissenschaftlichen Gegnern erwarb, offenbarten sich in vollem Masse bei seinem Vortrage, welchen er tags darauf vor dem überfüllten Amphitheater der Universität hielt und in welchem er die Ergebnisse seiner und Köppens Untersuchungen über die Klimate der geologischen Vorzeit auseinandersetzte. Die bunte Aufeinaderfolge der erdgeschichtlichen Klimate ist nach diesen Untersuchungen durch drei Hauptfaktoren zu erklären. Der erste derselben ist in der Veränderlichkeit der Kontinentalbelegung der Erde zu suchen. Diese Kontinente befanden sich nicht immer in ihrer gegenwärtigen gegenseitigen Lage. sondern bildeten in uralter Zeit eine einzige Kontinentaltafel, die, geborsten, in einzelne Teile sich auflöste, welche, wie Bruchstücke einer Eisscholle, sich von einander entfernten. Es folgt nämlich aus der Isostasie, dass die Kontinente auf ihrer Unterlage schwimmen, zwar nicht ganz in demselben Sinne wie die Eisschlolle am Meereswasser, weil die Unterlage der Kontinente nicht flüssig, sondern fest ist. Diese Festigkeit ist aber ganz besonderer Natur: sie offenbart sich hartnäckig nur kurzandauernden Kräften gegenüber, während sie sich gegen langandauernde Kräfte nicht aufrechterhält. Dadurch ist es zu erklären, dass während der riesigen Zeitdauer, welche seit der Bildung der Erdrinde verflossen ist, solche Kräfte die gegenwärtige Konstellation der Kontinente herbeizuführen imstande waren. Mit diesen während der Erdgeschichte sich vollziehenden Veränderungen des Antlitzes des Erde ging die zweite Ursache der Klimaänderungen Hand in Hand, weil dadurch Massenverlagerungen in der Erdkruste zustande kamen, welche ihrerseits namhafte Veränderungen der Lage der Erdpole bewirkten. Diese Pole legten während der Vorzeit weite Wege auf der Erdoberfläche zurück und nahmen die Klimazonen der Erde mit sich ins Schlepptau, wie dies durch die geologischen Dokumente beglaubigt erscheint. Die dritte Ursache der erdgeschichtlichen Kimaänderungen sind die aus der Himmelsmechanik sich ergebenden Variationen der Elemente der Erdbahn und der Neigung der Erdachse zur Ebene dieser Bahn. Diese Variationen rufen Schwankungen der Erdbestrahlung hervor, welche, weil der Mechanismus derselben restlos geklärt ist, exakt berechnet und Schritt für Schritt in die Vergangenheit verfolgt werden können. Dadurch war es möglich, das quartäre Eiszeitalter nicht nur in seine Einzelphasen zu zerlegen, sondern auch alle diese Phasen mit Jahrtausenden zu datieren.

Die Ausführungen Wegeners wurden von allen Anwesenden mit der grössten Aufmerksamkeit verfolgt. Er setzte seine geniale Theorie der Kontinentenverschiebungen sehr überzeugend, aber in der bescheidensten Form auseinader, ohne Hervorhebung der eigenen Persönlichkeit, ohne Pose und Akzent. Erst als er, gegen das Ende des Vortrages, auf die Ergebnisse meiner Berechnungen zu sprechen kam, hob er, weil er über die Leistungen eines anderen berichtete, die Stimme und zollte meiner bescheidenen Mitarbeit eine so überschwängliche Anerkennung, dass ich, von einem mädchenhaften Schaamgefühl ergriffen, in meinen, in der obersten Bank des Amphitheaters befindlichen Sitz mich duckte, damit ein Blick von Wegener meine Anwesenheit dem Auditorium nicht verrate.

Dem Vortrag von Wegener folgte ein kurze Diskussion, an welcher teilzunehmen ich nicht Veranlassung fand, weil sie die Ergebnisse meiner Untersuchungen nicht in Frage stellte. Wegener replizierte übrigens sehr treffend auf alle Bemerkungen und Einwendungen und befriedigte durch seine Antworten ersichtlich das Auditorium. Nur als der bekannte Berliner Geodät Schweydar die Mitteilung machte, dass er Berechnungen darüber durchgefürt hatte, welche Polverlagerungen aus den Wegenerschen Kontinentalverschiebungen sich ergeben konnten, diese Rechnung aber bedeutend kleinere Beträge ergab, als es Wegener vorwegnimmt, blieb Wegener einen Augenblick still, durchsuchte während dieser Zeitspanne mit seinem Blick das Auditorium und erwiederte schiesslich, dass seine mathematischen Kenntnisse nicht derart sind, um mit dieser Waffe die Behauptungen Schweydars zu entkräften, aber dass die geologischen Zeugnisse zu Gunsten seiner Mitteilungen sprechen.

Es war spät abends als die Sitzung beendigt war. Beim Verlassen des Universitätsgebäudes traf ich unversehens mit einem damals in Innsbruck ansässigen Jugendfreund zusammen und war froh den durch die Hitze und die Aufregungen hervorgerufenen quälenden Durst unter seiner sachkundigen Führung durch die Innsbrucker Kneipen systematisch stillen zu können. Den nachfolgenden Vormittag verschief ich, wie auf Lorbeeren gebettet, im Eisenbahnzuge, der mich nach Salzburg führte.

In demselben Jahre übersiedelten Wegener und sein Schwiegervater Köppen mit ihren Familien von Hamburg nach Graz, wo sie sich ein hübsches Haus erwarben in einem stillen Gäschen, welches jetzt Wegeners Namen trägt. Sie luden mich freundlich ein, sie dort anlässlich meiner alljährigen Sommeraufenthalte am Semmering zu besuchen. Ich tat dies fast jedes Jahr und verbrachte viele angenehme Stunden in ihrem lieben Heime. Als ich das erste Mal dort erschien und mit Wegener die Eindrücke des Innsbrucker Kongresses besprach, erfuhr ich von ihm, dass ich es war, den er damals mit seinem Blicke suchte, damit ich ihm gegen Schweydar zur Hilfe komme. Ich setzte ihm auseinander, warum ich ihm damals nicht beistehen konnte. Die exakten Naturwissenschaften sind, trotz allen in dieser Richtung unternommenen Forschungen, nicht in der Lage, eine greifbare Ursache für grössere Verlagerungen der Drehpole der Erde ausfindig zu machen. Siebzig Jahre müht sich die exakte Wissenschaft mit dieser Frage ab, und obwohl sich vorzügliche Forscher mit ihr befasst haben, fiel die Antwort entweder negativ aus, oder sie ergab ein ärmliches Ergebnis. Aus diesem Grunde drückte die Bemerkung von Schweydar nur das aus, was die exakten Wissenschaften besagen. Die Berechnungen, die ich seither in dieser Sache durchgeführt habe, decken sich mit jenen von Schweydar.

„Ist diese Antwort der exaten Wissenschaften eine endgültige?“, fragte mich Wegener. „Nein!“, antwortete ich ihm. „Die Wissenschaft sagt nie ihr letztes Wort“. Wir besprachen daraufhin ausführlicher diesen ganzen Sachverhalt und kamen bei unseren weiteren Zusammenkünften immer wieder auf diese Frage zurück. Es waren dies sehr anregende Gespräche der Vertreter zweier verschiedener Wissenschaften über ein gemeinsames Problem. Aus unseren Gesprächen ergab sich vorerst folgende Klarstellung.

Die beschreibenden Naturwissenschaften besitzen deutliche Belege dafür, dass während der Vorzeit die Pollage eine andere gewesen ist als jetzt. So ist es, um nur einen derartigen Beleg aus ihrer Fülle herauszugreifen, nicht denkbar, dass die auf Spitzbergen gegenwärtig ausgebeuteten mächtigen frühkarbonischen Kohlenflötze bei der jetzigen geographichen Breite dieser Insel sich bilden und ablagern konnten. Dies konnte nur in den äquatorialen Regenzonen oder jenen der gemässigten Breiten geschehen sein; die Pollage war damals offenbar eine von der gegenwärtigen wesentlich verschiedene. Mit Hilfe derartiger Belege kann man die früheren Lagen der Erdpole Schritt verfolgen und ersehen, dass die beiden Pole weite Wege auf der Erdoberfläche zurückgelegt haben mussten.

Die exakte Wissenschaft steht dieser Erscheinung ratlos gegenüber. Der Begriff der Pole ist ein rein mechanischer, denn sie veranschaulichen die Durchstosspunkte der Drehachse der Erde mit ihrer Oberfläche. Die Drehbewegung der Erde gehorcht den Gesetzen der Mechanik. Diese Wissenschaft war auch in der Lage, alle bisher astronomisch festgestellten Eigentümlichkeiten dieser Drehbewegung auf das befriedigendste zu erklären und zu beschreiben, so die Präzession der Erdachse, ihre astronomische und ihre freie Nutation, ja der Mechanismus dieser beiden letzteren Bewegungen war vor ihrer Entdeckung bereits klargelegt. Was kann also der Grund sein, dass diese Wissenschaft bisher nicht in der Lage war, eine Ursache für grössere Polverlagerungen anzugeben und deren Mechanismus klarzustellen? Der Grund hiezu ist nur im nachstehenden Sachverhalt zu suchen.

Geht man daran, die Drehbewegungen des Erdkörpers mit Hilfe der Grundgesetze der Mechanik mathematisch zu ergründen und zu beschreiben, so muss man das Problem exakt formulieren, um es in mathematische Formeln fassen zu können, d. h. man muss dem Erdkörper solche Eigenschaften zuweisen, welche in mathematischer Sprache ausgedrückt werden können. Die erste derartige Voraussetzung, welche man bei den Untersuchungen der Drehbewegungen der Erde benutzt hat, war die, dass man die Erde als einen starren Körper auffasste. Sobald man dabei angenommen hatte, dass die Erde ein abgeplatteter Rotationskörper sei, ergab es sich, wie dies schon Newton nachwies, dass die Anziehung von Sonne und Mond der Erde die seit langem beobachtetete Präzessionsbewegung aufzwigen müsse. Desgleichen fand die von Bradley entdeckte astronomische Nutation der Erdachse ihre vollständige Erklärung im Umlauf der Mondknoten. Jene einfache Voraussetzung über den Zustand des Erdkörpers ergab also eine volle Uebereinstimmung der Theorie und Beobachtung.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts gab die aktuell gewordene Frage nach dem Zustand des Erdinnern Veranlassung zur Erörterung des Problems, wie die Präzessions- und Nutationbewegung verlaufen würde, wenn die Erde ein flüssiges Innere, eingeschlossen in einer festen Schale, besässe. Fast sieben Jahrzehnte hat man sich mit diesem schwierigen Problem befasst, um schliesslich durch die Arbeiten Oppenheims und Poincarés dahin zu gelangen, dass eine flüssige Erde dieselbe Präzessionsbewegung vollführen würde, wie eine starre, was Schweydar auch hinsichtlich einer elastischen bewies. Es lag also kein Anlass vor, die klassische Theorie der Präzession und astronomischen Nutation durch eine neue zu ersetzen. Als man in den neunziger Jahren des vorigen Jahrhunderts durch Beobachtungen feststellte, dass die Erdpole im ihre Mittellage enggeschlungene Bahnen beschreiben, dass also die Erdachse im Erdkörper selbst freie, nicht von aussen erzwungene, Nutationen vollführt, ergab es sich, dass die klassische, auf der Annahme eines starren Erdkörpers aufgebaute Theorie soche Nutationen wirklich zulässt, und nur hinsichtlich der Periode dieser Nutationen sich eine Abweichung zwischen der Theorie und der Beobachtung ergibt. Um diesen Widerspruch zu beseitigen, musste die Annahme eines starren Erdkörpers fallen gelassen und durch die Annahme eines festen aber elastischen Körpers ersetzt werden. Eine solche Annahme lässt aber, ausser der erwähnten kleinen und periodischen Schwankungen der Erdachse, keine grösseren zu, ist also ebenfalls nicht in der Lage, grössere Polverlagerungen, wie sie von der Geologie gefordet werden, zu erklären. Zu solchen Polverlagerungen könnte man nur dadurch gelangen, wenn man alle bisherigen Annahmen über die Beschaffenheit des Erdkörpers durch neue ersetzen würde. Wohl haben Darwin und Schiapparelli dies versucht, aber ihre Untersuchungen verlangen, um zu grösseren Polbewegungen zu gelangen, Aenderungen der Massenverteilung im Erdkörper, d. h. Aenderungen der Trägheitsmomente desselben. Solche Massenverlagerungen sind zwar in der Erdgeschichte vorgekommen — die grossen Eisanhäufungen in den Polargebieten während der quartären Eiszeit sind ein Beleg dafür — aber diese Vereisungen konnten nur eine Folge und nicht eine Ursache der veränderten Pollage sein. Ausserdem waren sie, trotz ihrer scheinbaren Grösse, nicht in der Lage, die Trägheitsmomente des Erdkörpers derart zu verändern, dass dadurch eine namhafte Verschiebung der Erdpole zustande käme. Selbst die Wegenerschen Verschiebungen der Kontinente sind dies nicht in der Lage, wie es Schweydar richtig erkannt hat.

Ein Fortschritt in der mathematischen Behandlung des Rotationsproblems der Erde konnte nur durch Aufstellung eines neuen, der mathematischen Untersuchung zugänglichen Schemas hinsichtlich der Beschaffenheit des Erdkörpers erzielt werden. Ein solches Schema war durch die Wegenersche Auffassung hinsichtlich des Aufbaues des Erdkörpers gegeben. Das Studium der Wegenerschen Arbeiten und die mehrfachen Unterredungen, die ich mit ihm gepflogen habe, haben mich mit diesem Schema vertraut gemacht. Die Aussprache mit ihm hat mich mit geophysikalischen Tatsachen bekannt gemacht, welche sonst einem Mathematiker und Himmelsmechaniker wenig geläufig sind. Diese Gespräche haben mir nicht nur die grundlegende Bedeutung des Polverlagerungsproblems offenbart, sondern mich auch zu neuen Anschauungen über die Beschaffenheit des Erdkörpers geführt, welche sich in der Folge als fruchtbringend erweisen sollten. Aber die ersten Schritte, welche ich auf dem neuen Wege tat, schlugen fehl, denn sie führten zu solchen mathematischen Komplikationen, dass an ein Vorwärtskommen nicht zu denken war. Aber Wegener, eine andere, heroische, Natur, liess mich nicht verzagen. Er selbst war, zu seinem Bedauern, nicht genug Mathematiker, um mit mir jenen Weg zu beschreiten, ich musste ihm aber versprehen, mutig vorwärts zu gehen.

Der Lauf der Ereignisse lenkte aber meine Schritte vorerst auf ein anderes Gebiet. Im Juni 1927 erhielt ich von Köppen die Einladung zur Mitarbeit an seinem Handbuch der Klimatologie, und zwei Wochen später wurden die Einzelheiten dieser Mitarbeit mündlich vereinbart. So wurde ich also mit einer jahrelangen Arbeit bebürdet, um erst nach deren Vollendung an das Rotationsproblem der Erde ernstlich denken zu können. Doch bevor ich noch jene Arbeit in Angriff genommen hatte, erhielt ich von Gutenberg, damals noch Professor in Darmstadt, die Einladung zur Mitarbeit an seinem grossen zehnbändigen Handbuch der Geophysik. Obwohl ich mich durch diese Aufforderung sehr geehrt fühlte, glaubte ich wegen den bereits übernommenen Verpflichtungen absagen zu müssen, doch kam mir Gutenberg weitgehend entgegen, indem er sich bereit erklärte, die Einordnung des Materiales in die einzelnen Bände des Handbuches und die Termine ihrer Veröffentlichung derart umzuändern, dass meine Mitarbeit gesichert werde. Es hatte neben anderen Fragen, welche er mir zur Bearbeitung zu überweisen beabsichtigte, auch das Problem der Polverlagerungen vorgesehen. Dies alles war so verlockend, dass ich ihm, eingedenkt meines Versprechens an Wegener, meine Mitarbeit endgültig zusagte und davon Wegener und Köppen verständigte.

Im nächsten Jahre hatte ich Gelegenheit, einige Wochen in Berlin zu verbringen. Diesen Aufenthat benutzte ich dazu, die in Belgrad fehlende Literatur des zu bearbeitenden Problems zusammenzubringen. Auf der Rückreise hielt ich gewohnheitsgemäss in Graz an, um Köppen und Wegener zu besuchen. Wir besprachen noch einmal die ganze Polbewegungsfrage. Obwohl ich auch diesmal alle Schwierigkeiten des Problems auseinandersetzte, blieb Wegener sehr optimistisch und machte mich selbst zuversichtlich. In dieser Stimmung schieden wir herzlich von einander und ich ahnte nicht, dass dies unsere letzte Zusemmenkunft sei.

Im Herbst desselben Jahres hatte ich die grosse Freude, Köppen als meinen lieben Gast in Belgrad begrüssen zu können. Er erzählte mir, dass Wegener im Frühjahr seine dritte Grönlandreise unternimmt und von derselben erst im Herbst zurückkehren wird. Diese Reise sei eigentlich nur eine Vorbereitung zu einer grossen Grönlandexpedition, welche Wegener im Frühjahr 1930 unternehmen wird.

So war es auch. Als ich im Mai 1930 bei Köppen erschien, um ihm das druckfähige Manuskript meines Beitrages für sein Handbuch einzuhändigen, war Wegener nicht mehr dort. Während meines Aufenthaltes in Graz langten aber Telegr mme aus Grönland und Briefe mit Lichtbilder von Island an, welche den guten Fortgang der Expedition bescheinigten. Das Programm dieser Expedition war sehr weitgehend. Während die früheren Grönlandexpeditionen nur während des Sommers tätig waren, sollte die Wegenersche ein ganzes Jahr dort verweilen, also überwintern. Drei Stationen sollten errichtet werden, eine, die Hauptstation, an der westlichen, die andere an der östlichen Küste Grönlands und die dritte, das Clou der Expedition, in der Mitte zwischen den beiden ersteren, von jeder derselben 400 Kilometer entfernt, in einer Meereshöhe von 3000 Meter. An diesen Stationen, an welchen die lange Winternacht zweieinhalb Monate ohne Sonnenaufgang währt, sollten während des ganzen Jahres wissenschaftliche Beobachtungen durchgeführt werden, ausserdem sollte durch Eisdickenmessungen an verschiedenen Punkten im Innern Grönlands die Mächtigkeit seiner Eisbedekkung ermittelt werden. Wegener wollte gewissermassen einen Querschnitt durch Grönlands Eis- und Lufthülle legen.

Die wohldurchdachte und gut organisierte Expedition hatte also riesiges zu leisten. Die Schwierigkeiten, das zehn Waggonladungen schwere Gepäck der Expedition auf die das Meer um Tausend Meter überragende Eisfläche Grönlands hinaufzubringen, waren erst Mitte Juli überwunden, so dass erst damals von der Weststation der erste Schlittentransport nach der mittleren Station, „Eismitte" genannt, abgehen konnte. Er traf Ende Juli an seinen Bestimmungsort an, liess dort die Ladung und den Meteorologen Georgi und kehrte zurück. Der zweite Transport unter Führung von Loewe erreichte dieselbe Station Mitte August und der dritte Mitte September, wo er den Glaziologen Sorge hinterliess. Auf dieser Station sollten Georgi und Sorge überwintern und während der ganzen Zeit wissenschaftliche Beobachtungen durchführen. Aber die erwähnten drei Transporte haben kaum die Hälfte dessen gebracht, was für die Ueberwinterung und Beobachtungen notwendig war. Der vierte Transport, mit Motorschlitten unternommen, misslang, nachdem bereits die Hälfte des Weges zurückgelegt war. Um seinen zwei Kollegen die Ueberwinterung auf der Station „Eismitte" zu ermöglichen und sie von dem angekündigten Rückmarsch aufzuhalten, entschloss sich Wegener, ihnen zu Hilfe zu eilen und verliess zu diesem Zwecke Ende September, begleitet von Loewe und zwölf Grönländern, die Weststation. Dieser letzte Transport, welcher noch 2000 Kilogramm bis zur Eismitte bringen sollte, gelang wegen des schlechten Wetters nur teilweise. Schon bei sechzigstem Kilometer musste Wegener acht Grönländer zurückschicken, und bei dem hundertundfünfzigsten weitere drei, welche zur Weststation seine Nachricht brachten, dass er in Begleitung von Loewe und des Eskimo Rasmus seinen Vormarsch fortsetzen und, nach Ablieferung des bedeutend reduzierten Gepäcks, mit Loewe zurückkehren wird. Dies war die letzte Nachricht von ihm und seinen Gefährten, weil die Radiostation nicht bis zur Eismitte gebracht werden konnte.

Von allen diesen Begebenheiten war ich durch die ausländischen Zeitungen unterrichtet, welche darüber berichteten. Besorgt frug ich bei Wegeners Familie in Graz an, ob weitere Nachrichten über sein Schicksal angelangt wären, erhielt aber die Nachricht, dass dies nicht der Fall ist. Trotzdem waren seine Angehörigen guten Mutes, überzeugt, dass er mit seinen Gefährten den Winter in „Eismitte“ verbringen wird und im Frühjahr alle heil zurückkehren werden.

Der Frühling kam, brachte aber von Wegener kein Lebenszeichen. Man musste an eine Hilfsexpedition denken. Diese ward in aller Eile organisiert, brach Ende April 1931 von der Weststation auf und traf den 8. Mai in der Station „Eismitte“ ein. Hier fand sie Georgi, Sorge und Loewe vor, aber Wegener und Rasmus befanden sich nicht unter ihnen. Sie haben nach zweitägigem Aufenthalt am 1. November, dem fünfzigsten Geburtstag Wegeners, diese Station verlassen und seither fehlte von ihnen jede Spur.

Die Kunde, dass Wegener verschollen ist, erhielt ich durch die „Neue Freie Presse“ bereits am 11. Mai und konnte sie einige Tage später dem damals in Belgrad weilenden berümten Geographen A. Penck mitteilen. Wir waren beide überzeugt, dass Wegener, nicht mehr am Leben ist. Die Familie Wegener, welcher ich, tief erschüttert, schrieb, hegte noch eine schwache Hoffnung, dass er, der so gut Grönland kannte, mit seinem Begleiter vielleicht doch wo Unterkunft gefunden habe. Diese letzte Hoffnung ward aber rasch zerstört. Bald erfuhren wir, dass die Hilfsexpedition auf ihrem Rückweg Wegeners Grab und Leiche entdeckt hat, welche sein treuer und auf ewig verschollener Begleiter in Schlafsackbezüge sorgfältig eingenäht und in ein mit Wegeners Skiern sichtbar gemachtes Eisgrab bestattet hatte. Alles deutet darauf hin, dass Wegener einem Herzschlag erlegen ist.

Im Sommer desselben Jahres besuchte ich Köppens und Wegeners Familie in Graz. Köppen suchte Trost in seiner reichen, nie unterbrochenen wissenschaftlichen Tätigkeit, welche in diesem Jahre anlässlich seines fünfundachtzigsten Geburtstages ihre verdiente ehrfurchtsvolle Würdigung seitens der gelehrten Welt erfuhr. Seine Tochter Else, die Witwe Wegeners, veröffentlichte liebevoll die dramatischen Begebenheiten der letzten Grönlandfahrt ihres Gemahls in einem schönen Werke, worin sich in schlichten Tagebuchaufzeichnungen die grosse Seele Wegeners treulich wiederspiegelt.

Als ich, nach Fertigstellung zweier anderer Abschnitte für das Gutenbergsche Handbuch, Ende des Jahres 1931 meine Untersuchungen über das Polverlagerungsproblem ernstlich in Angriff nahm, stand ich ganz unter dem Eindrucke des tragischen Todes Wegeners und die Erinnerungen an unsere Zusammenkünfte lebten in mir auf. Ich sah ihn in Gedanken, hörte seine Stimme und es schien mir, als ob er mein unsichtbarer Mitarbeiter wäre. Wenn ich bei meiner Arbeit auf unermessliche Schwierigkeiten stiess, so spornte mich die Erinnerung an seine heldenhafte Ausdauer wieder auf. Auch meine zwei Kollegen, die Professoren Bilimovitch und Jardetzky, unterstützten mich aufopfernd in meiner Arbeit, indem sie durch ihre Abhandlungen mache wichtige Vorfrage des behandelten Problems klärten, so dass ich diesem hart an den Leib gehen konnte. Anfangs häuften sich zwar die mathematischen Schwierigkeiten, als aber einmal der richtige Weg gefunden war, begann der dicke Knäuel sich zu entwirren und am 12. Januar 1932 war das Problem glücklich gelöst. Seine Lösung erschien zusammengefasst in einer einzigen Vektorgleichung von wunderbar einfachem Bau. Bereits Ende März konnte ich an Gutenberg das druckfähige Manuskript: „Säkulare Polverlagerungen" absenden. Seither ist es mir gelungen, die erhaltene Lösung auf eine andere Weise abzuleiten als es im obigen Abschnitt des Gutenbergschen Handbuches geschehen ist. Dieser zuletzt eingeschlagene Weg, welcher an die Köppensche Polfluchtkraft anknüpft und diese dadurch mit der Polverlagerung in Zusammenhang bringt, soll hier seine erste Veröffentlichung erfahren.

Im Jahre 1921 hat Köppen entdeckt, dass die in der Sima-unterlage wie schwimmend eingebetteten Sialschollen einer gegen den Aequator gerichteten Kraft unterworfen sind, welche er „Polfluchtkraft“ benannte. Mit der Ableitung des mathematischen Ausdruckes dieser Kraft hat sich eine Reihe von Forschern befasst und diese Aufgabe auf verschiedene Weise gelöst. Ich habe in oben angeführtem Abschitt des Gutenbergschen Handbuches eine einfache Ableitung dieser Kraft gegeben, mittels welcher die von mir auf einem anderen Wege bewiesene Polverlagerung ebenfalls zwanglos abgeleitet werden kann, wie dies jetzt gezeigt werden soll.

Es ist eine erwiesene Tatsache, dass die äusserste Rinde der Erde, die Sialdecke, auf ihrer dichteren Unterlage, dem Sima, isostatisch, d. h. nach dem Archimedischen Prinzip, ruht. Die erste geometrische Konsequenz, welche aus diesem Sachverhalt gezogen werden kann, ist die folgende.

Nach jenem Prinzip ist die Masse jedes schwimmenden Körpers gleich jener der verdrängten Flüssigkeit. Denkt man sich also die Sialdecke der Erde samt ihren Meeresbedeckungen auf die Dichte ihrer Unterlage kondensiert, so werden dadurch die durch den Gegensatz zwischen Kontinent und Ozean zum Ausdruck gelangenden Unregelmässigkeiten der Erdoberfläche verschwinden und der Erdkörper wird eine glatte Oberfläche erhalten. Diese Oberfläche wird eine Aequipotentialfläche des Gravitations- und Fliehkraftpotentiales veranschaulichen, also ein sehr schwach abgeplattetes Rotationsellipsoid, das innere „Referenzellipsoid“ darstellen. Dieses Ellipsoid sei in der beiliegenden Fig. 1 veranschaulich, P und P' seien seine beiden Pole, 0 sein Mittelpunkt. Die Gleichung seiner Meridiankurve ist

$$r = a\,(1 - \nu \sin^2 \varphi) \tag{1}$$

worin r den Radiusvektor, φ die geozentrische Breite, a den Aequatorhalbmesser und ν die Abplattung bedeutet. Diese letztere beträgt rund $\frac{1}{300}$.

Denken wir uns nun den tatsächlichen Zustand der Erde wiederhergestellt, d. h. die Sialdecke derselben auf ihre wahre Dichte ausgedehnt. Weil die Mächtigkeit dieser Decke im Verhältnis zu den Abmessungen der Erde äusserst gering ist, wird sich die Form der neuen Aequipotentialflächen von jener des

Ellipsoides nur um Glieder höherer Kleinheitsordnung unterscheiden, welche nicht zu berücksichtigen sind. Man denke sich weiter an einer beliebigen Stelle M der Erdoberfläche aus der Sialdecke, deren Mächtigkeit an dieser Stelle mit D bezeichnet werden möge, ein vertikales Elementarprisma herausgeschnitten, des-

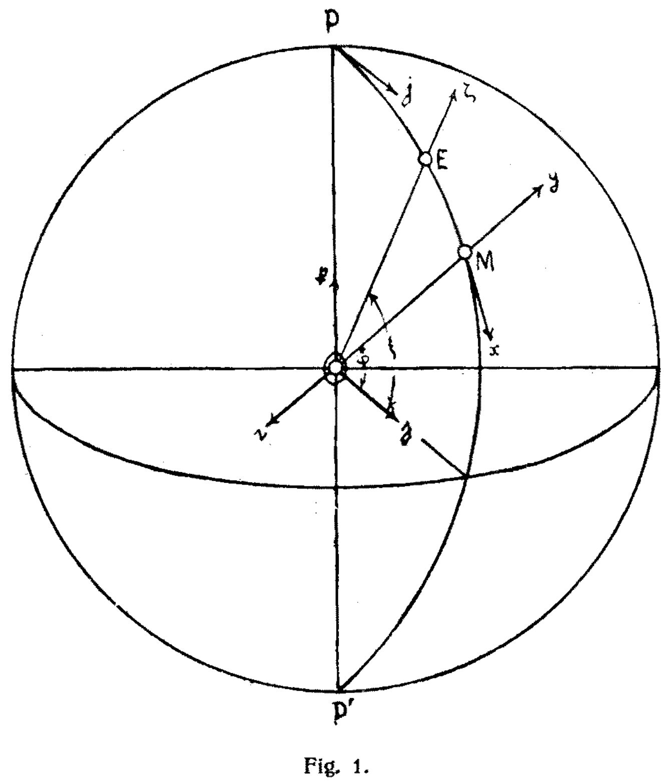

Fig. 1.

sen Grundfläche durch die Meridiane ψ und $\psi + d\psi$ und die Breitekreise φ und $\varphi + d\varphi$ begrenzt erscheint, so dass die Basis des Prismas gleich ist

$$df = r^2 \cos\varphi \, d\varphi \, d\psi \,. \tag{2}$$

Dieses Prisma erscheint nach dem oben gesagten in das Referenzellipsoid isostatisch eingebettet, d. h. seine Tauchtiefe H ist derart, dass die Masse des verdrängten Simas gleich der des Prismas ist. Bezeichnet also ρ die Dichte des Sials und ρ_0

die Dichte des Simas, so ist

$$\rho_0 H = \rho D . \tag{3}$$

Der Schwerpunkt S des Elementarprismas überragt den Schwerpunkt des verdrängten Simas, also den Auftriebspunkt A, um die Stecke

$$z_0 = \frac{1}{2}(D-H) = \frac{\rho_0-\rho}{2\rho_0} D , \tag{4}$$

welche wir die absolute und das Verhältnis $\frac{z_0}{r}$ die relative Schwerpunktserhebung des Sials an der in Betracht gezogenen Stelle nennen wollen. Auf das in Betracht gezogene Element des Sials, dessen Masse gleich $d\mu = \rho D df$ ist, wirkt als Folge der Erdanziehung und der Fliehkraft die Kraft $d\mathfrak{p}$, welche, weil D eine im Vergleich zu den Erdabmessungen sehr kleine Grösse ist, gleich sein wird dem Produkt der Masse $d\mu$ und des dem Punkte S entsprechenden Gradient der Kräftefuktion W der Gravitation und der Fliehkraft. Der mathematische Ausdruck für diese Kraft, welche aus Symmetriegründen in der Meridianebene des Elements $d\mu$ liegen muss, kann wie folgt abgeleitet werden.

Legt man in den Auftiebspunkt A den Ursprung eines in der Meridianebene dieses Punktes gelegenen orthogonalen Koordinatensystems x—y, dessen y-Achse senkrecht auf der durch A gehenden Aequipotentialfläche steht und vertikal nach aufwärts gerichtet ist und dessen x-Achse gegen den Aequator hin weist, so ist für den Punkt A

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0 , \tag{5}$$

weil hier die x-Achse die Aequiskalarfläche von W tangiert. Im Punkte S, dessen Koordinaten $x=0$, $y=z_0$ sind, wird die Ableitung von W nach x nicht verschwinden, sondern der Wert

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) z_0$$

aufweisen, worin nach durchgeführter Differentiation die Koordinaten des Punktes A einzusetzen sind. Dieser Ausdruck stellt die auf die Masseneinheit einwirkende Polfuchkraft dar. Denkt man sich also die Masse $d\mu$ des Elementarprismas in ihrem

Schwerpunkte S vereinigt, so wirkt auf dieses Element die in Bezug auf A horizontale Polfuchtkraft

$$dH = z_0 \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right) d\mu \tag{6}$$

ein.

Es ist nach Gleichung (708) des ersten Bandes des Gutenbergschen Handbuches der Geophysik genügend genau

$$W = \frac{fM}{r} + \frac{n^2 r^2}{2} \cos^2 \varphi\,, \tag{7}$$

worin r und φ die Polarkoordinaten des in Betracht gezogenen Punktes darstellen. Es bedeutet ferner f die Gravitationskonstante, M die Gesamtmasse der Erde und n deren Rotationsgeschwindigkeit. Es stellt

$$-\frac{\partial W}{\partial r} = \frac{fM}{r^2} - n^2 r \cos^2 \varphi = g \tag{8}$$

die Beschleunigung der irdischen Schwere im Punkte r, φ dar. Nimmt man die Erdoberfläche als kugelförmig an, so findet man wenn man in der obigen Gleichung zuerst $\varphi = 90^0$, dann $\varphi = 0$ einsetzt, die Schwerebeschleunigungen g_p und g_a am Pole bzw. am Aequator. Es ergibt sich dann

$$g_p - g_a = n^2 r\,. \tag{9}$$

Im Ausdruck (6) kann ∂y durch ∂r, und ∂x durch $-r\partial\varphi$ ersetzt werden, so, dass man bekommt:

$$dH = -z_0 d\mu \frac{\partial}{\partial r}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial W}{\partial \varphi}\right). \tag{10}$$

Setzt man hier den Ausdruck (7) ein und berücksichtigt (9), so wird:

$$dH = \frac{z_0}{2r}\left(g_p - g_a \right) \sin 2\varphi \; d\mu\,. \tag{11}$$

Dieser Ausdruck stellt die auf das Massenelement $d\mu$ einwirkende Köppensche Polfluchtkraft dar. Sie ist, weil die x-Achse gegen den Aequator hin gerichtet war und weil $g_p > g_a$ ist, gegen den Aequator gerichtet. Derzeit ist es noch nicht möglich, eine numerisch genaue Ausrechnung der Grösse dieser Kraft durchzuführen, weil wir über den numerischen Wert von z_0 nur ungefähr unterrichtet sind. Indessen spielt dieser Umstand, wie man bald sehen wird, bei den weiteren Untersuchungen keine Rolle, denn bei diesen kommt eigentlich nur der Faktor $\sin 2\varphi$ zur vollen Geltung. Nach diesem ist die Pofluchtkraft bei gleichem z_0 nur von der geographischen Breite abhängig und erreicht ihr Maximum für $\varphi = 45^0$. Im Verhältnis zur Schwerkraft bleibt sie immer ausserordentlich klein, kann aber, wie im erwähnten Abschnitt des Gutenbergschen Handbuches gezeigt, etwa den sechsfachen Wert der fluterzeugenden Kraft von Sonne und Mond erreichen.

Es ist bekannt, dass nicht bloss die Hydrosphäre der Erde, sondern auch der Erdkörper selbst gegen fluterzeugende Kräfte als nachgiebig sich erwiesen hat, weshalb die Frage zu stellen ist, welche Wirkungen die Polfluchtkraft erzielen könne. Es ist derzeit eine noch strittige Frage, ob die Polfluchtkraft einzelne Teile der Sialbedeckung der Erde, etwa die Kontinente, gegen einander verschieben könne, weil zu berücksichtigen ist, dass der Meeresboden ein Hindernis für derartige Bewegungen bildet und es noch nicht erwiesen ist, dass seine Fluidalität den erforderlichen Grad besitzt um grössere Kontinentbewegungen zuzulassen. Wir wollen deshalb hier nur die einwandfreier zu beantwortende Frage stellen, ob die Polfluchtkräfte die Sialdecke der Erde, als ein Ganzes betrachtet, gegen ihre Unterlage verschieben können, also selbst dann wenn der Meeresboden die Kontinentalschollen gegen einander abstützt. Es ist klar, dass wenn die Sialdecke in durchwegs gleicher Mächtigkeit die ganze Erdoberfläche bedecken würde, oder symmetrisch zu den Polen gestaltet wäre, die auf demselben Meridian beiderseits des Poles auftretenden Polfluchtkrätte, weil gleich und entgegengesetzt gerichtet, sich gegenseitig aufheben und eine Verschiebung dieser Decke nicht herbeiführen würden. Verschiebungen der Sialdecke können deshalb nur durch deren Unregelmässigkeiten hervorgerufen werden. Die Sialbedeckung der Erde ist tatsächlich sowohl in ihrer horizontalen als auch in ihrer vertikalen Gliederung sehr unregelmässig. Von dieser Gestaltung können wir jedoch nur ihre Oberfläche, welche in dem Gegensatz zwischen Kontinent und Ozean am schärfsten zum Ausdruck gelangt. Diesem Umstand Rechnung tragend, können wir uns in den nachstehenden Untersuchungen einige Vereinfachungen erlauben. Vor allem dürfen wir, nachdem die Grösse der Polfluchtkräfte aus der ellipsoidischen Gestalt der Aequipotentiallinien bereits abgeleitet ist, den Kräftearm dieser Kräfte, d. h. den meridional schwach veränderlichen Radiusvektor r durch den mittleren Erdradius r_0 ersetzen. Dadurch begehen wir, weil in (1) für ν der Bruch $\frac{1}{300}$ zu setzen ist, also das zweite Glied des Klammerausdruckes in (1) höchstens den dreihundertsten Teil des ersten erreicht, einen Fehler, welcher bedeutend kleiner ist als jener, welcher sich aus unserer Unkenntnis der tatsächlichen Abmessungen der Sialdecke ergibt. Nach diesen Festlegungen weist die auf das Sialelement $d\mu$ einwirkende Polfluchkraft dH in Bezug auf den Erdmittelpunkt 0 ein Drehmoment dM auf, dessen skalare Grösse offenbar gleich ist

$$dM = r_0 dH\,. \tag{12}$$

Um dieses Drehmoment vektoriell darzustellen, lege man in den Erdmittelpunkt 0 den Ursprung eines orthogonalen Koordinatensystems, dessen Z-Achse mit der Rotationsachse des Referenzellipsoides zusammenfällt und gegen den Norden gerichtet ist, und dessen Y-Achse in der Meridianebene des Elementes $d\mu$ gelegen ist. Bezeichnet man die in die Richtung der X, Y Z-Achse fallenden Einheitsvektoren der Reihe nach mit $\mathfrak{i}$, $\mathfrak{j}$, $\mathfrak{k}$ (Fig. 1), so ist, weil $\mathfrak{i}$ senkrecht auf der Meridianebene des Elementes $d\mu$ steht und die Drehung als positiv anzunehmen ist, wenn sie entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers erfolgt, das Drehmoment $d\mathfrak{M}$ der auf das Sialelement $d\mu$ einwirkenden Polfluchtkraft vektoriell durch den nachstehenden Ausdruck veranschaulicht:

$$d\mathfrak{M} = -r_0 dM\mathfrak{i}\,. \tag{13}$$

Benützt man (11) und setzt darin $r = r_0$, so bekommt man

$$d\mathfrak{M} = -\frac{z}{2}\,(g_p - g_a)\sin 2\varphi\, d\mu\mathfrak{i}\,. \tag{14}$$

Das Drehmoment der gesamten Sialbedeckung der Erde ergibt sich durch die auf die ganze Erdoberfläche sich erstrek kende Integration des vorstehengen Ausdruckes.

Um diese Integration durchzuführen, verkleinere man die Masse $d\mu$ im Verhältnis der doppelten relativen Schwerpunktserhebung, d. h. behafte sie mit dem dimensionslosen Koeffizient $\frac{2z_0}{r}$ und frage nach dem Trägheitsmomens dieses Massenelements bezüglich einer beliebigen durch den Erdmittelpunkt 0 hindurchgehenden Achse ζ. Liegt diese Ache in der Meridianebene des Massenelementes $d\mu$ und schliesst sie mit der Aequatorebene den Winkel ξ ein, so ist jenes Trägheitsmoment durch den Ausdruck veranschaulicht:

$$d\Omega = \frac{2z_0}{r} r^2 \sin^2(\xi - \varphi)\, d\mu,$$

d. h. weil $r = r_0$ zu setzen ist, durch

$$d\Omega = 2z_0 r_0 \sin^2(\xi - \varphi)\, d\mu. \tag{15}$$

Liegt die Achse ζ nicht in der Meridianebene des Massenelementes $d\mu$, so wird der vorstehende Ausdruck durch einen anderen zu ersetzen sein, von welchem aber, wie man gleich sehen wird, nicht Gebrauch zu machen sein wird, weshalb er hier nicht aufgeschrieben zu werden braucht. Jeder durch den Erdmittelpunkt gehenden Achse ζ entspricht ein eindeutig gegebener Wert des Skalars $d\Omega$, also jedem Punkt E der Erdoberfläche ein bestimmter Wert $d\Omega$ des Trägheitsmoments des Massenelementes $\frac{2z_0}{r} d\mu$ hinsichtlich der durch diesen Punkt E und durch den Erdmittelpunkt 0 hindurchgehenden Achse ζ. Auf diese Weise wird die Erdoberfläche zu einem skalaren Feld der Grösse $d\Omega$. Fragen wir nun nach dem Gradient dieses Feldes im Punkte P. Dieser Gradient muss aus Symmetriegründen in die Meridianebene des Massenelementes $d\mu$ fallen, d. h. den Meridiankreis des Punktes M im Pole P tangieren. Der Einheitsvektor dieser Richtung im Sinne des zunehmenden ξ ist nach obigen Festlegungen dargestellt durch $-\mathfrak{j}$. Deshalb ist der gesuchte Gradient durch den Ausdruck

$$\operatorname{grad} d\Omega = -\frac{\partial \Omega}{\partial s}\mathfrak{j}$$

veranschaulicht, wo ∂s das Meridianelelement bedeutet, wofür $\partial s = r_0 \partial \xi$ zu setzen ist. Man bekommt also

$$\operatorname{gran} d\Omega = -\frac{1}{r_0}\frac{\partial d\Omega}{d\xi}\mathfrak{j}.$$

In diese Gleichung ist rechts der Ausdruck (15) einzuführen und nach durchgeführter Differentiation, weil der Gradient am Pole gesucht wird, $\xi = 90^0$ zu setzen. Auf diese Weise bekommt man

$$(16) \qquad \operatorname{grad} d\Omega = -2z_0 \sin 2\varphi \, d\mu \, \mathfrak{j} \, .$$

Multipliziert man diese Gleichung vektoriell mit dem Einheitsvektor $\mathfrak{k}$, so wird

$$[\mathfrak{k} \operatorname{grad} d\Omega] = -2z_0 \sin 2\varphi \, d\mu \, [\mathfrak{k}\mathfrak{j}] \, ,$$

d. h. weil $[\mathfrak{k}\mathfrak{j}] = -[\mathfrak{j}\mathfrak{k}] = -\mathfrak{i}$ ist,

$$(17) \qquad [\mathfrak{k} \operatorname{grad} d\Omega] = 2z_0 \sin 2\varphi \, d\mu \, \mathfrak{i} \, .$$

Es folgt aus (14) und (17)

$$(18) \qquad d\mathfrak{M} = -\frac{1}{4} (g_p - g_a) [\mathfrak{k} \operatorname{grad} d\Omega] \, .$$

Dies ist das von der Masse $d\mu$ herrührende Drehmoment der Polfluchtkraft in Bezug auf den Erdmittelpunkt. Das von den Polfluchtkräften der gesamten Sialbedeckung der Erde herrührende Drehmoment wird durch Integration des vorstehenden Ausdruckes über die gesamte Sialbedeckung erhalten und ist, weil $(g_p - g_a)$ bzw. $\mathfrak{k}$ konstante Grössen sind, durch den Ausdruck veranschaulicht

$$\mathfrak{M} = -\frac{1}{4} (g_p - g_a) [\mathfrak{k} \int \operatorname{grad} d\Omega] \, .$$

Weil der Gradient einer Summe von Skalargrössen gleich ist der vektoriellen Summe der Gradienten dieser einzelnen Skalargrössen und umgekehrt, so ist

$$\int \operatorname{grad} d\Omega = \operatorname{grad} \int d\Omega = \operatorname{grad} \Omega \, ,$$

worin Ω das Trägheitsmoment der im Verhältnis der doppelten relativen Schwerpunktserhebung verkleinerten gesamten Sialbedeckung der Erde bezüglich der durch den in Betracht gezogenen Punkt E und den Erdmittelpunkt gehenden Achse ζ bedeutet. Dieses Trägheitsmoment wollen wir das dem Punkte E zugehörige Trägheitsmoment der Sialbedeckung der Erde nennen. Es wird also

$$\mathfrak{M} = -\frac{1}{4}(g_p - g_a)\,[\mathfrak{k}\ \text{grad}\ \Omega]\,. \tag{19}$$

Dieses Drehmoment trachtet die Sialschale der Erde um eine Achse zu drehen, welche wegen des Faktors $\mathfrak{k}$ in vektoriellem Klammerausdruck in der Ebene des Aequators liegt. Die durch dieses Drehmoment bewirkte Bewegung der Sialkruste kann nur äusserst langsam und mit Ueberwindung von Hindernissen erfolgen, weshalb die Rotationsgeschwindigkeit $\mathfrak{w}$ dieser Drehbewegung proportional dem Drehmoment sein wird. Es kann also gesetzt werden

$$\mathfrak{w} = -m\,(g_p - g_a)\,[\mathfrak{k}\ \text{grad}\ \Omega]\,, \tag{20}$$

worin $4m$ ein Proportionalitätsfaktor ist.

Infolge dieser Drehbewegung wird jeder Punkt der Sialdecke der Erde mit einer Geschwindigkeit

$$\mathfrak{v} = [\mathfrak{w}\mathfrak{r}]$$

über die Unterlage gleiten, wobei $\mathfrak{r}$ den Ortsvektor des in Betracht gezogenen Punktes in Bezug auf den Erdmittelpunkt bedeutet. Für den am Drehpol P der Erde liegenden Punkt der Sialdecke ist $\mathfrak{r} = r_0\mathfrak{k}$, d. h. $\mathfrak{v} = r_0\,[\mathfrak{w}\mathfrak{k}]$. Der Drehpol der Erde wird sich mit entgegengesetzer Geschwindigkeit relativ zur Erdkruste bewegen, weshalb seine Geschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit der Polverlagerung durch den Ausdruck

$$\mathfrak{v} = r_0\,[\mathfrak{k}\mathfrak{w}] \tag{21}$$

dargestellt ist. Es ist wegen (20)

$$\mathfrak{v} = -m r_0\,(g_p - g_a)\,[\mathfrak{k}\,[\mathfrak{k}\ \text{grad}\ \Omega]]\,.$$

Wendet man die bekannte Formel

$$[\mathfrak{a}\,[\mathfrak{b}\mathfrak{c}]] = \mathfrak{b}\,(\mathfrak{c}\mathfrak{a}) - \mathfrak{c}\,(\mathfrak{a}\mathfrak{b})$$

der Vektorrechnung an, so ist weil der Gradient von Ω im Punkte P senkrecht aut dem Vektor $\mathfrak{k}$ steht, also $(\text{grad}\ \Omega\ \mathfrak{k}) = 0$ ist,

$$\mathfrak{v} = m r_0\,(g_p - g_a)\ \text{grad}\ \Omega\,. \tag{22}$$

Setzt man

$$m r_0\,(g_p - g_a) = n, \tag{23}$$

wobei n wieder einen konstanten Koeffizient bedeutet, so wird

$$\mathfrak{v} = n \operatorname{grad} \Omega \,. \tag{24}$$

Dies ist die bereits erwähnte die Lösung des Problems deutlich verkündende Vektorgleichung. Sie besagt, dass die Bahn des einen oder jene des anderen Drehpoles der Erde relativ zur Erdkruste eine der Vektorlinien des Feldes grad Ω sein muss; welche von diesen Linien die richtige Bahnkurve ist, das ist durch die gegenwärtige Lage der Drehpole eindeutig beantwortet. Nach einer allgemeinen Eigenschaft des Gradienten kreuzt diese Kurve unter geradem Winkel die Linien des gleichen Ω und ist, anders gesprochen, eine orthogonale Trajektorie der Linien gleichen Trägheitsmoments.

Die gefundene Lösung wirkt, durch die Einsicht, die sie gewährt, um das Wort von Ernst Mach zu gebrauchen, derart aufklärend, dass sie uns selbstverstäudlich erscheint: es ist so, weil es nicht anders sein kann. Um zu einer stabilen Lage zu gelangen, muss sich die auf ihrer Unterlage schwimmende Sialdecke der Erde solange verschieben bis ihre Trägheitshauptachse mit der Drehachse des Erdkörpers zusammenfällt. Bei dieser Bewegung verzeichnet der Drehpol auf der Sialdecke eine Linie, welche mit der Fall-Linie einer topographischen Fläche verglichen werden kann. So wie diese Fall-Linie die Schichtenlinien der topographischen Fläche, d. h. die Linien des gleichen Schwerkraftpotentials senkrecht kreuzt, so verläuft die Polbahnkurve senkrecht zu den Linien des gleichen Trägheitsmoments Ω Anders gesprochen, die Sialdecke fällt relativ zum Drehpol nach der Linie des steilsten Gefälles von Ω. Aus dieser jetzt selbstverständigen Eigenschaft der Polbahnkurve folgen alle ihre weiteren Eigentümlichkeiten und diese Kurve selbst zu finden, ist jetzt reine Rechenarbeit.

Diese Arbeit habe ich bald nach der Absendung des Manuskriptes an Gutenberg in Angriff genommen. In einer am 13. Mai 1932 fertiggestellten und in unseren „Publications mathématiques" veröffentlichten Abhandlung „Bahnkurve der säkularen Polverlagerung" habe ich die Gleichung der Polbahnkurve abgeleitet, d. h. die vorstehende vektorielle Differentialgleichung integriert und im Sommer desselben Jahres führte ich in der erfrischenden Luft Semmerings die langwierige numerische Ausrechnung dieser Kurve durch. Zu diesem Zwecke war es erforderlich, das Feld des Trägheitsmoments Ω der Sialdecke der Erde analytisch darzustellen. Ueber die Abmessungen dieser Decke sind wir hinsichtlich ihrer horizontalen Gliederung durch die Konturen der Kontinentaltafeln, zu welchen auch die Schelfe zu zählen sind, genügend unterrichtet. Wie tief diese Schollen und auch der sialische, besser gesagt, der als fest zu betrachtende Boden der Ozeane in die fluidale Unterlage eingebettet sind, kann nicht mit Sicherheit angegeben werden. Macht man die naheliegende Annahme, dass die Kontinentalschollen dieselbe Dicke besitzen und der Meeresboden wohl eine andere aber überall dieselbe Mächtigkeit aufweist, so ergibt es sich, dass das Skalarfeld Ω von dem Verhältnis dieser beiden Mächtigkeiten wohl abhängig ist, aber nicht der Verlauf der orthogonalen Trajektorien dieses Feldes. Bleibt man beim früheren Vergleich, so kann man sagen, dass, so wie der Verlauf der Horizontalprojektionen der Fall-Linien einer topographischen Fläche unabhängig ist von dem vertikalen Verzehrungsmasstab, so sind es die orthogonalen Trajektorien des Feldes Ω, von dem gegenseitigen Verhältnis der Mächtigkeit von Kontinentalschollen und Meeresboden. Daraus folgt, dass bei den gemachten Annahmen die Polbahnkurve einzig und allein durch die Konturen der Kontinente und die gegenwärtige Lage des in Betracht gezogenen Poles eindeutig gegeben ist. Die Berechnung dieser Kurve läuft also auf die Berechnug von Quadraturen hinaus. Bei dieser Berechnung wird man, um sie bewältigen zu können, die Konturen der Kontinente durch einfachere Linienzüge, welche sich den Meridianen und Breitekreisen anschiessen, ersetzen müssen. Nachdem diese Berechnung bewerkstelligt war, ergabt es sich dass die Bahnkurve des nördlichen Rotationspoles der Erde eine Linie ist, welche im Pazifischen Ozean in der Nähe der Hawaii-Inseln ihren Anfang und bei der Mündung des Petschora-Flusses ihr zukünftiges Ende hat; die Bahnkurve des südlichen Poles verläuft selbstverständlich antipodisch. Der nördliche Pol der Erde befand sich während des Paläozoikums tief im Pazifik und gelangte von dort, die Nordwestecke von Amerika durchquerend über das nördliche Eismeer in seine gegenwärtige Lage.

Sobald ich diese Berechnungen durchgeführt hatte, beeilte ich mich, deren Ergebnis Köppen persönlich mitzuteilen. Er hörte mich, wie immer, sehr aufmerksam zu und vertiefte sich ganz in meinen Gedankengang. Als ich aber mit meinem Berichte zu Ende war und er mich freudig beglückwünscht hatte, dachte er an Wegener und sagte mit Wehmut: „Wenn das Alfred wüsste!“.