



030049477

Über die Ursachen der «Nullpunktsbewegungen».

Ein Beitrag zur Theorie der Bradyseismen.

Von August Sieberg,

I. Assistenten am Meteorologischen Observatorium in Aachen.

Die Anwendung des mathematischen Rechnungsverfahrens der «harmonischen Analyse» auf die Seismometerkurven hat uns bekanntlich in den Stand gesetzt, neben den makro- und mikroseismischen Bodenschwingungen noch eine Reihe von Bewegungsgruppen auszuscheiden, welche man unter der Bezeichnung «bradyseismische (*βραδύς* = langsam) Bewegungen» oder auch «Lotschwankungen» zusammenfaßt. Sie lassen sich nur mittelst empfindlicher Pendelapparate, am besten dem v. Rebeur-Ehlerschen Horizontalpendel, nachweisen, und bestehen in langsamen, periodischen Bewegungen der Erdoberfläche, welche man passend mit dem rhythmischen Sich-Heben und -Senken einer atmenden Brust vergleichen kann, jedoch mit dem Unterschiede, daß gleichzeitig mehrere solcher Atmungsvorgänge von verschiedener Zeitdauer und Stärke erfolgen. Hiedurch werden Niveauverschiebungen hervorgerufen, welche ihrerseits wiederum Abweichungen von der Lotlinie, bzw. einfache Lageänderungen der Pendel, zur Folge haben. Man teilt sie ein in Bewegungen von der Periode des Sonnentages, ferner in solche von Montags-Periode, und zwar ganz- und halbtägige, sowie schließlich in Nullpunktsbewegungen. Charakteristisch für all diese Bodenbewegungen ist, daß sie die Pendel niemals in freie Schwingungen versetzen, weil sie nicht, wie die eigentlichen Erdbeben und die mikroseismische Unruhe, aus Elastizitätsschwingungen bestehen.

Mit der Theorie der Lotschwankungen haben sich in älterer Zeit wohl zuerst der südfranzösische Edelmann Alexander Peirinsius¹ (Calignon de Peirins) zu Anfang des XVII. Jahrhunderts, späterhin namentlich Guyot² (1836), D'Abbadie³, Porro⁴, Parnisetti⁵, Bruno⁶, Plantamour⁷, Pidoux⁸, v. Orff⁹ und Russel¹⁰ beschäftigt, ohne aber sonderliche Erfolge¹¹ zu erzielen; der Grund hiefür dürfte wohl in dem Umstande zu suchen sein, daß ihnen für die Messungen nur wenig geeignete Instrumente¹², meist lange Vertikalpendel mit Fadenaufhängung, astronomische Libellen und künstliche Horizonte zu Gebote standen. Aber erst als E. v. Rebeur-Paschwitz das Horizontalpendel so wesentlich vervollkommen und für den vorliegenden Zweck besonders geeignet gemacht hatte, war größerer Erfolg zu erhoffen. Jedoch selbst jetzt, und trotz der seitdem gewonnenen exakten Beobachtungsreihen, namentlich zu Teneriffa, Potsdam, Wilhelmshaven, Straßburg, Nikolajew und in Japan, sollten die wirklichen Ergebnisse hinter den Erwartungen zurückbleiben. Denn Sicheres über die Entstehungsweise der Lotschwankungen ist gegenwärtig nur wenig bekannt, weil das Beobachtungsmaterial hinsichtlich der Zeit und des Ortes noch unzureichend ist; daher haben denn auch die diesbezüglich eigentlich grundlegenden Untersuchungen von E. v. Rebeur-Paschwitz¹³ und R. Ehlert¹⁴, denen sich noch einige weitere von J. Milne¹⁵ in Japan angestellte zugesellen, außer durch A. Schmidt¹⁶, noch keine Nachprüfung oder Abänderung von Bedeutung erfahren. Soviel steht jedenfalls im allgemeinen fest, daß die Bradyseismen vorwiegend außertellurischen, entweder atmosphärischen oder kosmischen, Vorgängen ihren Ursprung verdanken; daneben aber kommen für ihre Auslösung auch noch geologische¹⁷ Faktoren in Betracht, die mit der Gebirgsbildung, besonders aber den säkularen Hebungen und Senkungen, in ursächlichem Zusammenhange stehen.

Andernorts¹⁸ habe ich eine ins einzelne gehende Darlegung des gegenwärtigen Standes der Wissenschaft in dieser Frage gegeben; da ich bei dieser Gelegenheit auf eine Beobachtung neueren Datums gestoßen bin, welche für eine ungezwungene Erklärungsweise für die Entstehung der «Nullpunktsbewegungen» von besonderer Bedeutung zu werden verspricht, so dürfte es sich vielleicht verlohnen, auf dieselbe auch an dieser Stelle etwas näher einzugehen.

Als «Nullpunktsbewegungen» bezeichnet man bekanntlich große und lange andauernde Bewegungen des Erdbodens¹⁹, welche stark genug sind, um im Laufe der Zeit öfters eine veränderte Aufstellung der Registriervorrichtung der Seismometer notwendig zu machen, weil der vom Pendel ausgesandte Lichtstrahl, bzw. der Pendelarm seitlich, den Registrierstreifen verläßt.

Den Verlauf einer derartigen Nullpunktsbewegung zu Straßburg beschreibt Ehlert in großen Zügen wie folgt: «Vom 1. April an, entsprechend der südlichsten Lage, setzte sich eine wohl schon früher

begonnene Neigung des Zenits nach Nord bis gegen August fort; dann tritt eine Südwärtsbewegung ein, welche mit Beschleunigung bis Mitte Dezember anhält. Dieser Gang entspricht, wie besonders zu erwähnen ist, den v. Rebeur-Paschwitzschen Beobachtungen²⁰ fast völlig. In der beigegebenen graphischen Darstellung (Fig. 1) läßt die ---- gestrichelte Kurve den Verlauf der Nullpunktsbewegung, die ——— ausgezogene denjenigen der Kellertemperatur und die punktierte den der Lufttemperatur genauer und in allen Einzelheiten und Schwankungen erkennen.

Was nun die Ursachen dieser Nullpunktsbewegungen anbetrifft, welche nach der Ansicht Ehlerts auch ohne örtliche Einflüsse einen ähnlichen Verlauf zeigen müßten, so vermutet derselbe Forscher, dieselben beständen in Formveränderungen (Aufwölbung und nachherigem Zurücksinken) der Erdoberfläche, hervorgerufen durch Temperaturschwankungen. Aber wie ein Blick auf folgende Figur zeige, könne weder die Lufttemperatur, noch weniger die Temperatur des Pendelkellers jede

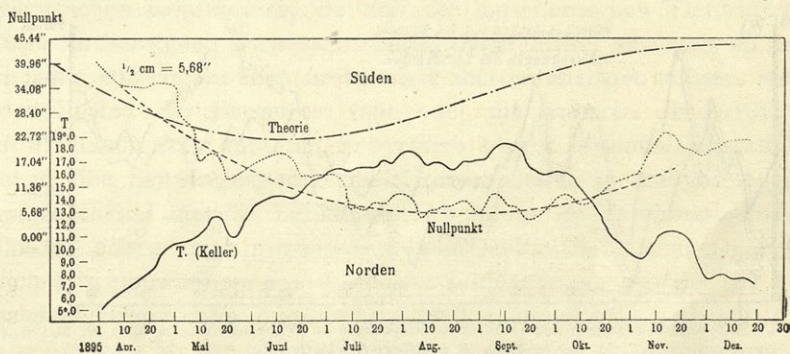


Fig. 1. Nullpunktsbewegungen und Temperaturgang zu Straßburg im Jahre 1895. Nach R. Ehlert.

für sich allein die direkte Ursache sein. Vielmehr zeige sich ganz augenfällig, daß im einzelnen der lokale Einfluß des Gebäudes das Bestimmende für die Bewegung des Pendels sei, weil der Widerspruch sofort verschwinde, wenn man beachte, daß ein Wärmestrom vom Keller nach außen hin das Lot nach Süd, ein solcher von außen nach innen gerichteter dasselbe nach Nord bewege. Im ersteren Falle steigt die Keller- und sinkt die Außentemperatur, im letzteren Falle findet das Umgekehrte statt.

Diese Erklärungsweise erscheint recht einleuchtend, namentlich können die berechtigten Einwände, welche Schmidt in seiner vorzitierten Abhandlung gegen die Herleitung der Bewegung von Sonnentagsperiode aus der täglichen Temperaturschwankung erhebt, im vorliegenden Falle naturgemäß keine Geltung besitzen. Trotzdem ist ihre Richtigkeit noch lange nicht sichergestellt, und deshalb möge hier eine auf anderer Grundlage aufgebaute Theorie mitgeteilt werden, welche viel ungezwungener die Entstehung der Nullpunktsbewegungen erklärt und zudem in anderweitigen Vorgängen eine wertvolle Stütze findet. Sie geht aus von den Luftdruck-

schwankungen, die, wie S. Günther so schlagend bewiesen hat, auch abgesehen von der Meteorologie, ein höchst bedeutungsvoller geophysikalischer Faktor sind.

Wenn auch v. Rebeur-Paschwitz in seiner bereits erwähnten Hauptarbeit ausdrücklich darauf verzichtet, eine Erklärung der Nullpunktswegung in Straßburg zu geben, anderseits aber auch aus dem allgemeinen Verlaufe der Pendelkurve sicherstellen zu können glaubt, daß ebenso wenig wie die Kurve der relativen Feuchtigkeit²¹ diejenige des Luftdruckes irgend einen weiteren Beitrag zur Erklärung zu liefern vermöge, so hat er doch in früheren²² Schriften für Wilhelmshaven und Orotava eine Einwirkung des Luftdruckes auf jene Veränderungen des Nullpunktes nachgewiesen. Er zieht nämlich das Fazit aus seinen am Nordseestrande angestellten Beobachtungen wie folgt: «Für Wilhelmshaven ergab sich eine merkwürdige Abhängigkeit vom Barometerstande. Beim Steigen des Barometers bewegte sich der Nullpunkt nach Osten und umgekehrt, und zwar

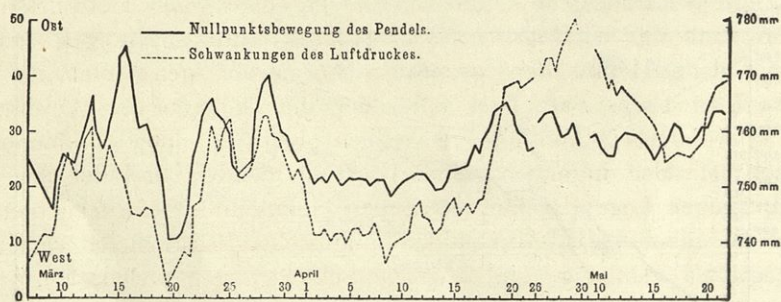


Fig. 2. Nullpunktsbewegungen und Luftdruckschwankungen zu Wilhelmshaven im März bis Mai 1899.
Nach E. v. Rebeur-Paschwitz.

um so viel, daß eine Änderung der Lotrichtung (resp. Depression des Niveaus) von etwa $\frac{1}{4}''$ einer Luftdruckänderung von etwa 1 mm entspricht. Stellt man die Zahlen für den Nullpunkt und den Luftdruck in Kurven dar (vergl. Fig. 2), so bilden dieselben annähernd Parallelkurven mit einer hier und da bemerkbaren Verschiebung der Maxima gegeneinander. Das Pendel wirkt somit geradezu wie ein Barometer. Zur Erklärung dafür dürfte die Annahme dienen, daß das vom Wasser durchzogene Marschenterrain Wilhelmshavens eine große Elastizität besitzt und wie ein elastisches Kissen mit wechselndem Luftdruck aufschwillt und sich zusammenzieht. Da, wenn diese Bewegung auch in den tieferen Schichten stattfände, dieselbe sich auf das Achsenniveau des Meridiankreises übertragen müßte, an den Ablesungen desselben aber eine ähnliche Übereinstimmung mit dem Gange des Luftdruckes nicht beobachtet worden ist, so ist zu vermuten, daß nur die Oberfläche an diesen Bewegungen teilnimmt. «Ein ähnliches Ergebnis, wenn auch nicht mit der gleichen Sicherheit und Klarheit, ließ sich aus den Beobachtungen zu Orotava ableiten, als das Horizontalpendel späterhin nach der Insel Teneriffa gebracht worden war.

Neuere Untersuchungen scheinen einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den Luftdruckschwankungen und Nullpunktsbewegungen in der von E. v. Rebeur angedeuteten Weise zu bestätigen.

F. Napier Denison²³ legte im Oktober 1901 der Königl. englischen meteorologischen Gesellschaft eine Schrift vor, welche sich ebenfalls mit den Nullpunktsbewegungen beschäftigt, anscheinend ohne daß der Verfasser die früheren diesbezüglichen Arbeiten kennt; so spricht er denn auch stets einfach nur von Pendelbewegungen («boom-movements»). Denison leitet seit 1898 in Viktoria (Britisch-Kolumbia) eine Filialanstalt des Kanadischen meteorologischen Zentralinstitutes und ist zugleich mit der Wartung eines Milneschen Horizontalpendels betraut. Die Wettervorhersagen und Sturmwarnungen dieser Anstalt, welche auf Grund des meteorologischen Beobachtungsmateriales amerikanischer Beobachtungsstationen aufgestellt werden, leiden unter dem Mißstande der Lage dieses Ortes an der Westküste des amerikanischen Kontinentes, da sich die barometrischen Tiefdruckgebiete ostwärts fortbewegen. Denison suchte daher Mittel ausfindig zu machen, welche ihm das Herannahen ozeanischer Stürme anzeigen sollten, noch ehe an den Küsten das Barometer fällt oder die Isobaren der Wetterkarten deren Vorhandensein kundtun. Schließlich glaubt er einen Zusammenhang zwischen den Schwingungen seines Horizontalpendels und der jeweiligen geographischen Lage der barometrischen Hoch- und Tiefdruckgebiete gefunden zu haben. Das nord-südlich aufgestellte Seismometer verzeichnet nämlich u. a. regelmäßige und langsame Schwingungen, welche ich, wie wir noch sehen werden, nach der ganzen Sachlage unbedingt als «Nullpunktsbewegungen» in der oben präzisierten Bedeutung ansprechen muß; auch sie brachten es manchmal zuwege, daß der Pendelarm seitlich den Registrierstreifen verließ, wodurch mehrfache Veränderungen an der Registriervorrichtung notwendig wurden.

Nullpunktsbewegungen zu Viktoria im Jahre 1899.

	Betrag	Richtung		Betrag	Richtung
Jänner	38·6 mm	Ost	Juli	6·0 mm	West
Februar	1·7 »	West	August	13·5 »	»
März	1·4 »	Ost	September	5·0 »	»
April	4·4 »	West	Oktober	8·3 »	»
Mai	1·0 »	»	November	1·2 »	Ost
Juni	5·0 »	»	Dezember	12·6 »	West

Wie obige Zusammenstellung zeigt, bewegte sich beispielsweise im Jahre 1899 vom 1. bis 31. Jänner das Pendel um den großen Betrag von 38·6 mm ostwärts, hielt während der Monate Februar und März ziemlich unveränderten Stand bei, worauf langsam eine ausgesprochene Westbewegung einsetzte, welche namentlich in der Zeit vom Juni bis zum Oktober sehr deutlich in die Erscheinung trat. Im November machte sich vorübergehend

eine kleine Richtungsumkehr bemerkbar, wohingegen im Dezember bis zum Jahresende die Westbewegung wieder zur Geltung kam.

Ein Vergleich der Wetterkarten des in Frage kommenden Gebietes lehrt, daß im Jänner 1899 ungewöhnlich hoher Luftdruck über dem Festlande vom Norden Kolumbias bis nach Kalifornien hin herrschte, wohingegen unverändert niedriger Druck den Ozean bedeckte; dadurch erfuhr das Festland eine von der Küste nach dem Innern zu stets wachsende Zusammenpressung, das Niveau senkte sich verhältnismäßig sehr stark nach Osten, und das Horizontalpendel des Seismometers folgte natürlich dieser Bewegung mit einer abnormen Ostablenkung. Während der beiden folgenden Monate erfuhren die beiderseitigen Luftdruckunterschiede nur wenig Änderung, infolgedessen auch die entsprechenden West- und Ostwärtsbewegungen des Pendels gering blieben. Im weiteren Jahresverlaufe sank der Luftdruck über dem Festlande mehr und mehr, nahm aber über dem Ozean in gleichem Maße zu; dies gab Veranlassung zu der stetig westwärts gerichteten Pendelbewegung während der Sommermonate. Eine geringe Drucksteigerung über dem Festlande bei unverändertem Drucke über dem Ozean rief eine entsprechende Ostabweichung des Pendels hervor.

Ein gleiches ließ sich auch für die einzelnen Tage nachweisen. Es ergab sich stets, daß beim Herannahen eines Sturmfeldes vom Ozean her, oft 18 bis 24 Stunden bevor das Barometer zu fallen begann, das Pendel stetig weiter gegen Osten rückte in dem Maße, wie die barometrische Depression näher kam. Folgte darauf wieder ein Hochdruckgebiet, so kehrte sich die Pendelbewegung wieder nach Westen um, noch ehe sich aus den Wetterkarten die Lage²⁴ des Maximums ersehen ließ. Während der Sommermonate, in welchen unter diesen Breiten beständig heiteres Wetter vorherrscht und keine größeren Luftdruckschwankungen vorkommen, findet man nur wenige Tage, an denen das Pendel ostwärts schwingt, wohingegen es sich fast ausschließlich nach Westen wendet.

Dies der Tatbestand, wie ihn Denison uns mitteilt. Wir sehen hieraus zur Evidenz, daß die Nullpunktsbewegungen in Britisch-Kolumbia (ebenso wie in Wilhelmshaven und höchstwahrscheinlich auch in Orotava) eine Folge von Niveaushiftungen der Erde waren, welche durch das örtlich verschiedene Gewicht der Luftmassen verursacht wurden, indem hoher Luftdruck eine Zusammenpressung, niedriger eine Auflockerung der oberflächlichen Erdrindenteile zustande brachte.

Die Frage nach der theoretischen Möglichkeit dieses Vorganges müssen wir zweifellos bejahen. Man bedenke nur, daß einem Steigen des Barometers um nur 1 mm bereits eine Druckzunahme von 13,600.000 kg per Quadratkilometer entspricht, wobei nach den Untersuchungen von G. H. Darwin²⁵ die Lotlinie um mindestens 0.29" seitwärts wandern muß. Ferner stellte Darwin mittelst eines von ihm konstruierten Apparates²⁶ und durch Rechnung fest, daß, wenn ein barometrisches Hoch- und Tief-

druckgebiet um 300 geographische Meilen voneinander entfernt sind, die senkrecht unter deren Zentrum liegenden Punkte eine Niveaudifferenz von 9 cm aufweisen müssen. Dazu ist noch zu bemerken, daß Darwin bei seinen zahlenmäßigen Berechnungen vorsichtshalber einen möglichst wenig elastischen Untergrund zum Ausgange wählte, so daß die lokale Nachgiebigkeit des Bodens nur etwas größer zu sein braucht, um auch größere Beträge für die Amplitude der Lotabweichung zu erzielen. Schließlich ist auch, als Beweis für die gewaltige Arbeitsleistung der Luftdruckschwankungen, die heutzutage wohl allgemein als zu Recht bestehend anerkannte Tatsache im Auge zu behalten, daß T. Ch. Thomassen²⁷ zufolge erhebliche Luftdruckunterschiede zu beiden Seiten einer Bruchspalte unter Umständen selbst körperlich fühlbare (makroseismische) Erdbeben auszulösen vermögen.

Eine andere, und zwar höchst wichtige Frage ist aber noch die, ob man das für die oben erwähnten drei Gebietsteile gefundene Ergebnis auf die Gesamterde ausdehnen und verallgemeinern darf. Nach einer Antwort braucht man nicht lange zu suchen. Es muß nämlich unbedingt zugestanden werden, daß damit noch lange nicht das letzte Wort in der beregten Angelegenheit gesprochen ist. Wir haben gesehen, daß v. Rebeur-Paschwitz für Straßburg keinen Zusammenhang zwischen dem Luftdrucke und den Nullpunktsbewegungen herzuleiten vermochte, infolgedessen Ehlert mit immerhin einigem Erfolge Temperaturschwankungen zur Erklärung heranzieht. Für Potsdam will v. Rebeur-Paschwitz wohl eine Einwirkung der Temperatur, nicht aber eine solche des Luftdruckes nachweisen können. Bezüglich Orotavas nimmt derselbe neben dem Luftdrucke noch eine zweite Ursache an, von der er jedoch nicht zu entscheiden wagt, ob sie in Wärmeänderungen oder gar in tellurischen Vorgängen (in Verbindung mit dem alten Vulkan des Pic de Teyde) zu suchen sei. Weitere Stützpunkte für eine Theorie der Nullpunktsbewegungen scheinen zur Zeit noch nicht vorzuliegen; denn J. Milne²⁸ will auf Grund seiner diesbezüglichen Beobachtungen in Japan sowohl den einzelnen als auch dem vereinten Wirken einer ganzen Reihe von irdischen Vorgängen, als da sind Wechsel in der geologischen Struktur des Untergrundes, Temperaturschwankungen, Grundwasserbewegungen, Verdunsten und Kondensation sowie auch Luftdruckänderungen, die Urheberschaft der Nullpunktsbewegungen zugeschrieben wissen.

Dementsprechend möchte ich meine Ansicht über die Entstehungsursachen der Nullpunktsbewegungen einstweilen dahin zusammenfassen:

Die «Nullpunktsbewegungen» sind das Ergebnis reeller Bodenbewegungen, wenn auch nicht geleugnet werden kann, daß künstliche Störungen und Beeinflussungen der Seismometer analoge Bewegungen des Pendels zu verursachen vermögen. Häufig, wenn nicht in der Mehrzahl der Fälle, werden sie durch die Druckunterschiede der Atmosphäre hervor-

gerufen; daneben können aber auch noch Wärmeschwankungen als Urheber in Betracht kommen. Welchen von beiden Faktoren, und in welchem Maße, im jeweiligen Falle das Übergewicht zukommt, entscheidet die Bodenbeschaffenheit der nächsten und auch der weiteren Umgebung des betreffenden Ortes.

Wenn auch dieses Ergebnis nur als ein provisorisches betrachtet werden darf, welches, sobald erst genügendes und zweckentsprechendes Beobachtungsmaterial gesammelt ist, entweder genauer präzisiert oder aber durch ein zutreffenderes ersetzt werden wird, so vermag es doch dem Experimentalseismologen immerhin einen Fingerzeig zu geben, nach welcher Richtung hin die Lösung des Problems vorteilhaft versucht werden kann.

Anmerkungen.

¹ Die Schriften von Gassendi: «Institutiones Astronomicae», S. 278 ff., Haag 1656, sowie von Morin: «Alae Telluris fractae», S. 21 ff., Paris 1643, haben uns diese Beobachtungen erhalten.

² Über dessen Ergebnisse vergl. S. 27 ff. der nachstehend zitierten Abhandlung D'Abbadies.

³ D'Abbadie: «Sur les variations de la verticale.» Im 89. Bande der Comptes rendues de l'Académie française.

⁴ Porro: «Oscillations diurnes du pendule.» Cosmos 1855.

⁵ Parnisetti: «Expériences sur les oscillations du pendule immobile.» Ebenda.

⁶ Bruno: «Oscillations elliptiques du pendule immobile.» Ebenda.

⁷ Plantamour: «Sur les mouvements périodiques du sol.» Im 93. Bande der Comptes rendues de l'Académie française. — «Des mouvements périodiques du sol accusés par des niveaux à bulle d'air.» Im 6. Bande der Genfer Archives des sciences physiques et naturelles.

⁸ Pidoux: «Des mouvements périodiques du sol.» Ebenda, 28. Band.

⁹ v. Orff: «Sur les mouvements du sol; lettre à M. Ph. Plantamour.» Ebenda, 6. Band.

¹⁰ Russel: «Local Variations and Vibrations of the Earth's Surface.» In den Verhandlungen der Royal Society of New South Wales. Sydney 1885.

¹¹ Eine erschöpfende Zusammenstellung dieser Beobachtungsergebnisse enthält die Abhandlung von S. Günther: «Luftdruckschwankungen in ihrem Einflusse auf die festen und flüssigen Bestandteile der Erdoberfläche.» Im 2. Bande von Gerlands Beiträgen zur Geophysik. Stuttgart 1894.

¹² Mit deren Beschreibung und Kritik beschäftigt sich R. Straubel: «Über die Bestimmung zeitlicher Veränderungen der Lotlinie.» Ebenda, 3. Band. Leipzig 1897. Zugleich macht derselbe Vorschläge für ein neues Meßverfahren, welches auf der dioptrischen Methode beruht.

¹³ E. v. Rebeur-Paschwitz: «Horizontalpendel-Beobachtungen auf der kaiserl. Universitäts-Sternwarte zu Straßburg 1892—1894.» Ebenda, 2. Band. Stuttgart 1895.

¹⁴ R. Ehlert: «Horizontalpendel-Beobachtungen im Meridian zu Straßburg.» Ebenda, 3. Band. Leipzig 1896.

¹⁵ Eine Zusammenstellung der Ergebnisse seiner diesbezüglichen Untersuchungen in Japan gibt J. Milne in «Seismology», S. 234—266.

¹⁶ A. Schmidt: «Wellen und Gezeiten des Festlandes.» In dem Jahreshft 1897 des Vereines für vaterländische Naturkunde in Württemberg, S. 230—241.

¹⁷ Hiemit haben sich namentlich italienische Forscher eingehend beschäftigt; hingewiesen sei an dieser Stelle nur auf die einschlägigen Untersuchungen von Uzielli:

«Sulle ondulazioni terrestre.» Im 2. Bande des Bolletino della società geologica. — Issel: «Le oscillazioni lente del suolo o bradisismi.» Genua 1883.

¹⁸ A. Sieberg: «Handbuch der Erdbebenkunde». Braunschweig 1904. — Vergleiche auch: «Die Beziehungen zwischen meteorologischen und seismologischen Vorgängen.» Im VIII. Jahrgange, 1902, des Deutschen meteorologischen Jahrbuches für Aachen; Karlsruhe 1903.

¹⁹ Die naheliegende Annahme, daß die Ursache der Nullpunktsbewegung des Pendels etwa innerhalb des Instrumentes (allmählicher Änderung der Pendelstellung auf den Lagern) selbst oder aber in dessen Verbindung mit dem Pfeiler zu suchen, also eine individuelle sei, wird schon durch v. Rebeurs Untersuchungen als durchaus unhaltbar zurückgewiesen (S. 350—354); da auch anderenorts angestellte Beobachtungen zu gleichem Ergebnisse führten, so muß sie also unbedingt auf tatsächlichen Bewegungen des ganzen Untergrundes des jeweiligen Beobachtungsortes beruhen.

²⁰ Bei v. Rebeur-Paschwitz entsprach den äußersten Umkehrpunkten eine Bewegung von 143".

²¹ Kortazzi glaubte in Nikolajew eine deutliche Abhängigkeit der Nullpunktsbewegungen von der relativen Feuchtigkeit festgestellt zu haben, welche in dem dortigen ziemlich großen Pendelkeller größeren Schwankungen unterworfen war. Er nahm an, daß die Aufsaugung der Feuchtigkeit durch den aus lose und ohne Bindemittel aufeinander gelegten Platten bestehenden Pfeiler die Ursache jener Erscheinung sei. Es gelang ihm, durch Überkleidung des Pfeilers mit einem wasserdichten Material diesen störenden Einfluß zu beseitigen. Dementsprechend hätten die dortigen Nullpunktsbewegungen überhaupt keinen realen Wert besessen.

²² E. v. Rebeur-Paschwitz: «Über einen Versuch, die Veränderungen der Horizontalebene mit Hilfe eines Zöllnerschen Horizontalpendels photographisch zu registrieren.» Im 118. Bande, Nr. 2809, der Astronomischen Nachrichten, 1888. — «Resultate aus Beobachtungen am Horizontalpendel zur Untersuchung der relativen Variationen der Lotlinie.» Ebenda, 126. Band, Nr. 3001—3002, 1890. — «Das Horizontalpendel und seine Anwendung zur Beobachtung der absoluten und relativen Richtungsänderungen der Lotlinie. Ergebnisse einiger mit Unterstützung der königl. preuß. Akademie der Wissenschaften in den Jahren 1889—1892 auf den Observatorien zu Wilhelmshaven und Potsdam sowie in Puerto Orotava auf Teneriffa ausgeführten Beobachtungsreihen.» (Mit fünf Tafeln.) Im 60. Bande, Nr. 1, der Nova Acta der kaiserlich leopoldinisch-karolinischen Akademie der Naturforscher, 1894.

²³ F. Napier Denison: «The Seismograph as a sensitive Barometer.» Im 27. Bande, Nr. 120, des Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. London 1901.

²⁴ Ob die Beobachtungen P. R. José Algués: «Relation entre quelques mouvements microséismiques et l'existence, la position et la distance des cyclones à Manille (Philippines)» in den Verhandlungen des internationalen Meteorologenkongresses zu Paris 1900, sich etwa auch auf «Nullpunktsbewegungen» oder auf die «mikroseismische Unruhe» beziehen, konnte ich nicht ermitteln, weil mir diese Abhandlung nicht zugänglich geworden ist.

²⁵ G. H. Darwin: «On Variations in the Vertikal due to Elasticity of the Earth's Surface.» In Philosophical Magazine, 1882, S. 409 ff. — Näheres hierüber siehe auf S. 73—76 der vorher zitierten Abhandlung von S. Günther; vergl. auch R. Straubel a. a. O., S. 250.

²⁶ Beschrieben in G. H. Darwin: «On an Instrument for Detecting and Measuring small Changes in the Direction of the Force of Gravity.» Im zweiten Bericht des Committee of the British Association appointed for the Measurement of the lunar Disturbance of Gravity. London 1881.

²⁷ T. Ch. Thomassen: «Erdbeben in ihrer Beziehung zum Luftdruck.» In Bergens Museums Aarbog for 1893.

²⁸ J. Milne: «Seismology», S. 234—248.



00000522706