

Werk

Jahr: 1928

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:4

Werk Id: PPN101433392X_0004

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0004 | LOG_0014

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Über die Polhöenschwankungen infolge der Lorentz-Kontraktion der Erde.

Von L. Courvoisier.

Auf Grund bestimmter Annahmen über die Lorentz-Kontraktion des Erdkörpers werden die durch die eintretenden Massenverlagerungen bedingten Polhöenschwankungen näherungsweise berechnet, und es zeigt sich, daß diese nach Sinn und Größenordnung sich zwanglos in die beobachteten Polbewegungen einfügen lassen.

Aus meinen Untersuchungen über die „absolute“ Bewegung der Erde, deren bisherige Ergebnisse in den „Astronomischen Nachrichten“¹⁾ veröffentlicht sind, geht hervor, daß die Erde an einer Translationsbewegung des ganzen Fixsternsystems teilnimmt, die in der ungefähren Richtung nach dem Stern Capella ($A = 5.5^h$, $D = +40^\circ$) hin mit einer Geschwindigkeit v von rund 600 km/sec erfolgt. Dabei wird der Erdkörper, entsprechend der ursprünglichen Hypothese von H. A. Lorentz von der reellen Kontraktion aller materiellen Körper bei der Bewegung durch den „ruhenden“ Lichtäther, in der Richtung der Translation durchweg ein wenig verkürzt, und zwar jede zur Translation parallele Strecke l um $\left(\frac{v}{c}\right)^2 \cdot \frac{l}{2}$, der Durchmesser $2R$ um den Betrag $\left(\frac{v}{c}\right)^2 \cdot R = 25.5$ m.

Die in der Ruhe als kugelig vorausgesetzte Erde wird daher während der Bewegung durch die Lorentz-Kontraktion in die Form eines abgeplatteten Rotationsellipsoids verwandelt, dessen kleine Achse in der Bewegungsrichtung liegt. Man hat sich diesen Vorgang lediglich als die Wirkung innerer, molekularer Kräfte vorzustellen, so daß also mit den durch die Kontraktion bedingten Massenverlagerungen weder eine Formveränderung der Niveauflächen noch Reibungserscheinungen verbunden sind; es wird ferner in diesem Falle auch keine Schwankung der Rotationsachse der Erde im Raume zu erwarten sein.

Die beiden Verkürzungsschalen an den Polen der kleinen Achse bleiben, wie diese selbst, im Raume — abgesehen von Parallelverschiebungen — stationär, bewegen sich aber relativ zur Erdoberfläche in dem der Erdrotation entgegengesetzten Sinne mit der Periode eines Sterntages. Sie lassen sich als eine Art von Ebbeerscheinung auffassen, und es entsteht die Frage, welchen Einfluß die damit verbundenen Massentransporte auf die Lage des instantanen Rotationspoles der Erde gegenüber dem geometrischen Nordpol (Pol der Figurenachse) haben, bzw. welche Polhöenschwankungen daraus resultieren können.

Zu einer genäherten, aber praktisch hinreichenden Lösung des Problems wird man nach bekannten Vorbildern²⁾ am einfachsten in der Weise gelangen, daß man erst den Ausschlag des Trägheitspoles von seiner ungestörten Lage (geometrischer Pol) berechnet, der durch die eintretenden Massendefekte hervorgerufen wird; sodann die der Bewegung des Trägheitspoles entsprechende Bewegung des geometrischen Poles um den instantanen Rotationspol im Raume ableitet.

Die Stellen der Maxima der beiden gleichen Massendefekte bzw. die Pole der kleinen Ellipsoidachse liegen, entsprechend dem Werte von D , bei rund $\pm 40^\circ$ Breite einander gegenüber. In ihnen kann man sich die negativen Massen konzentriert denken, und da die Summe der Wirkungen der beiden Ebben auf die Lage der Hauptträgheitsachse das Doppelte der Einzelwirkung ausmacht, so genügt es auch, nur eine Stelle, aber behaftet mit der Summe der Massendefekte, zu betrachten. Bezeichnet M die Erdmasse, μ die gesamte verlagerte Masse, die gegenüber M sehr klein ist, r den Abstand ihres Schwerpunktes vom Erdschwerpunkt, R den mittleren Erdradius, so ist die durch die Kontraktion des Erdkörpers eintretende Verschiebung Θ des Trägheitspoles von seiner ungestörten Lage hinweg:

$$\Theta = 460 \frac{\mu}{M} \frac{r^2}{R^2} \sin 2\varphi.$$

Die Verschiebung erfolgt auf dem Längengrade des Massendefektes, in der Richtung nach diesem hin.

Die negative Masse μ , als der Masseninhalt der beiden von Kugel und Rotationsellipsoid begrenzten Verkürzungsschalen, ergibt sich zu: $\mu = \frac{4}{3} \pi R^2 h d$, wo h die Verkürzung des mittleren Erdradius und d die durchschnittliche Dichte der Erdoberfläche bedeutet. Da ferner: $M = \frac{4}{3} \pi R^3 D$ ($D =$ mittlere Erddichte $= 5.56$), so folgt:

$$\Theta = 460 \frac{h}{R} \frac{d}{D} \frac{r^2}{R^2} \sin 2\varphi.$$

Nun hat man für $v = 600$ km/sec: $v/c = 2 \cdot 10^{-3}$, also: $h/R = \frac{1}{2} (v/c)^2 = 2 \cdot 10^{-6}$. Es besteht weiter die Oberfläche der Erde zu rund 73 Proz. aus Wasser, zu 27 Proz. aus Land mit der durchschnittlichen Dichte 2.75. Daher wird: $d = 1.472$ und $d/D = 0.265$. Endlich bestimmt sich r^2/R^2 aus einer Abschätzung zu ungefähr $17/18 = 0.945$. Somit resultiert angenähert:

$$\Theta'' = 230 \cdot 10^{-6} \frac{\sin 80^\circ}{\sin 1''} = 46.7''^3).$$

Diese Zahl gibt also den mittleren Abstand des Trägheitspoles vom geometrischen Pol an. Während der Trägheitspol im Raume nahezu an Ort und Stelle verharrt, läuft er relativ zur Erdoberfläche im Sinne des Uhrzeigers und im Abstand Θ mit der Periode eines Sterntages in „erzwungener“ Schwingung um den geometrischen Pol herum. Die Bahn wird wegen der im Verlaufe der Erdumdrehung etwas wechselnden Dichte d der Verkürzungsschalen nicht streng

ein Kreis sein, jedoch ist es für unsere Untersuchung erlaubt, sie als solchen zu betrachten.

Welche Wirkung hat nun diese Bewegung der Hauptträgheitsachse auf die relative Lage der Figurenachse (geometrischer Pol) zur Rotationsachse, die vor der Störung beide als zusammenfallend betrachtet werden können? Sind ξ' , η' , ζ' die Koordinaten des positiven Poles der Normale der unveränderlichen Ebene (bzw. der Rotationsachse, die mit dieser Normalen praktisch identifiziert werden darf) auf der Kugeloberfläche vom Radius 1 in bezug auf die drei Hauptträgheitsachsen A, B, C der Erde, so ist in unserem Falle $\zeta' = 1$ anzunehmen, und es bestehen dann die Differentialgleichungen:

$$\frac{d\xi'}{dt} + (\lambda - \gamma)\eta' = 0; \quad \frac{d\eta'}{dt} - (\lambda - \gamma)\xi' + \Theta\gamma = 0.$$

Hierin können wir jetzt $\frac{d\xi'}{dt} = \frac{d\eta'}{dt} = 0$ setzen, so daß sich ergibt:

$$\xi' = \frac{\Theta \cdot \gamma}{\lambda - \gamma}; \quad \eta' = 0.$$

Nun bedeutet γ die Winkelgeschwindigkeit der Erdumdrehung, λ die Geschwindigkeit der „freien“ Schwingung der Erdachse, die sich in der Newcombschen Periode ⁴⁾ der Polhöhenschwankungen von rund 434 Sterntagen kundgibt. Es ist daher: $\lambda = \gamma/434$, und damit wird:

$$\xi' = -\Theta \left(1 + \frac{1}{434} \right).$$

Dieser Ausdruck besagt, daß, während der Trägheitspol vom geometrischen Pol um den merklichen Betrag Θ ausschlägt, der geometrische Pol seinerseits nur den geringen Abstand: $\frac{\Theta}{434} = 0.108''$ vom instantanen Rotationspol der Erde erreicht. Er umkreist den im Raume praktisch feststehenden Rotationspol in dem obigen Abstände, mit der Geschwindigkeit und im Sinne der Erdumdrehung. Dabei verhalten sich die Radien der beiden besprochenen Kreisbahnen von Trägheitspol und geometrischem Pol zueinander wie die Periode der freien Schwingung der Erdachse zur Periode der erzwungenen Schwingung (im vorliegenden Falle dem Sterntag).

Diese erzwungene tägliche Bewegung der Figurenachse, die übrigens in astronomischen Beobachtungen nicht zur Geltung kommen kann, hat nun zur Folge, daß die Figurenachse auch in freier Schwingung, mit der Periode von etwa 434 Sterntagen (14 Monaten), die Rotationsachse im Raume umläuft. Der Rotationspol beschreibt dabei auf der Erdoberfläche im Sinne der Erdumdrehung einen kleinen Kreis vom Radius $0.108''$ um den geometrischen Pol.

Es müssen also regelmäßige Polhöhenschwankungen von dieser Amplitude und mit der Newcombschen Periode, verursacht durch die beschriebene Lorentz-Kontraktion des Erdkörpers, bestehen. Derartige Schwan-

kungen sind nicht nur der Größenordnung und dem Sinne nach durchaus vereinbar mit einem Teil der wirklich beobachteten Polvariationen, sie bilden auch die natürliche Ergänzung zu den infolge meteorologischer Vorgänge eintretenden Schwankungen, die zwar hinsichtlich der Amplitude der beobachteten erzwungenen Jahresschwingung genügen, nicht aber die durchschnittlich beobachtete Amplitude der freien 14monatigen Schwingung restlos zu erklären instande sind.

Einige Zahlenangaben mögen das Gesagte noch näher erläutern. Nach Wanach⁵⁾ beträgt der mittlere Halbmesser der nach Amplitude und Phase merklich veränderlichen 14monatigen Polbahn, aus dem Polhöhenmaterial von 1890 bis 1915 berechnet, 0.167". Dagegen ergibt sich der mittlere Halbmesser der ebenfalls erheblich ungleichmäßigen jährlichen erzwungenen Polbahn, wenn man dieselbe genähert gleichfalls als Kreis auffaßt, nach Bakhuyzen, Sommerfeld²⁾ und Wanach⁵⁾ im Mittel zu nur etwa 0.07". Der Anteil der meteorologischen Schwankungen an der Amplitude der freien Schwingung dürfte also im Durchschnitt 0.07" nicht übersteigen, d. h. es bleibt ein Rest von rund 0.10" übrig, der, wie man sieht, befriedigend durch die von der Lorentz-Kontraktion der Erde erzeugte freie Schwingung dargestellt wird, und zwar um so genauer, als der obige Wert für v vielleicht etwas zu groß angesetzt ist. (Für den noch sehr plausiblen Wert $v = 500$ km/sec hätte man z. B. die Amplitude bereits auf 0.075" zu verkleinern.)

Durch die Superposition der jährlichen und der 14 monatigen Schwankung können nun im Durchschnitt Gesamtamplituden von etwa 0.24", im Höchsfalle von schätzungsweise 0.30" auftreten, wie sie tatsächlich beobachtet werden. Es stellt also die von der Lorentz-Kontraktion herrührende freie Schwingung gewissermaßen den gleichmäßigen Grundstock dar, auf dem sich die naturgemäß sehr veränderlichen meteorologischen Schwankungen aufbauen, die dann dem Bilde der resultierenden Polbahn den komplizierten Charakter verleihen.

Schließlich möchte ich in diesem Zusammenhang auch noch kurz auf die frühere Ehlertsche Hypothese der allgemeinen elastischen Aufwölbung des Erdbodens durch die Sonnenstrahlung, die ich seinerzeit in meiner Dissertation⁴⁾ in Hinsicht auf die Polhöhenschwankungen eingehend behandelt habe, als eine ebenfalls meteorologische Funktion aufmerksam machen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie neben anderen meteorologischen Vorgängen einiges zu der erzwungenen jährlichen Schwingung der Erdachse beiträgt, jedoch kommt ihr nach dem jetzigen Stande der Kenntnis der Polbewegungen eine führende Rolle dabei keineswegs zu.

Anmerkungen.

1) Astron. Nachr. **226**, Nr. 5416 (1926) und **230**, Nr. 5519 (1927).

2) Helmert: Höhere Geodäsie; Klein-Sommerfeld: Theorie des Kreisels.

3) Wie mir Prof. Wanach mitteilt, erhält man für Θ'' den etwas größeren Wert 60.3", wenn man die Verschiebung des Trägheitspoles rein geometrisch aus der durch die Lorentz-Kontraktion bewirkten Verdrehung der Meridianellipse der Erde berechnet. Es wird dabei allerdings vorausgesetzt, daß die Erde sich unter dem Einfluß der Lorentz-

Kontraktion ebenso verhält wie ein homogenes Rotationsellipsoid von der Abplattung $\varepsilon = 1/297$, dessen Trägheitsellipsoid mit dem der Erde identisch ist. Wegen der tatsächlichen Inhomogenität der Erde dürfte das Resultat noch ein wenig modifiziert werden; immerhin spricht es dafür, daß die von mir benutzte durchschnittliche Dichte d der Erdoberfläche etwas zu klein angesetzt ist (vielleicht, weil gemäß der Wiechertschen Hypothese an der Grenze von Erdkern und Schale noch eine zweite „Ebbe“ zur ersten hinzutritt?). Bei Annahme des Wanachschen Wertes von Θ'' müßten alle hier aus Θ gefolgerten Zahlenangaben um ungefähr den vierten Teil vergrößert werden.

4) Nach dem Vorschlage von Wanach in: „Die Chandlersche und die Newcombsche Periode der Polbewegung“ (Zentralbüro der Intern. Erdm., N. F. Nr. 34).

5) Resultate des Intern. Breitendienstes, Bd. V.

6) Untersuchungen über die absolute Polhöhe von Straßburg i. E., Teil IV.

Sternwarte Berlin-Babelsberg, Januar 1928.

Zum Uhrvergleich auf drahtlosem Wege nach der Koinzidenzhörmethode.

Von H. Martin. — [Mit fünf Abbildungen*].

Es wird eine neue Koinzidenzhörmethode entwickelt, die auf drahtlosem Wege eine sehr genaue Uhrvergleichung ermöglicht.

Für manche geophysikalische Arbeiten, wie z. B. Schwerkräftsmessungen durch Pendelbeobachtungen, ist eine möglichst genaue Bestimmung der Korrektion der Beobachtungsuhr Bedingung. Bei Arbeiten im Gelände ist dabei Einfachheit der Apparatur wesentlich. Diesen beiden Anforderungen entspricht die nachfolgend beschriebene Methode der Uhrvergleichung mittels Telephon. Nach dem Hännischen Beobachtungsverfahren**) wird in den Stromkreis des Telephons der drahtlosen Empfangsstation ein Kurzschluß zum Telephon eingelegt und in diesem Kurzschluß der Pendelkontakt der Beobachtungsuhr, sei es

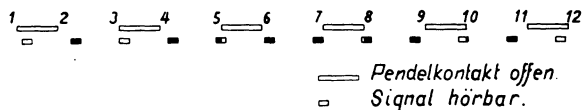


Fig. 1.

direkt oder durch Vermittlung eines Relais eingeschaltet. Solange der Uhrkontakt geöffnet ist, hört man im Telephon die drahtlosen Signale. Ist der Kontakt geschlossen, so verschwinden sie, weil das Telephon kurz geschlossen ist. Fig. 1 zeigt schematisch die Verhältnisse. Daraus geht hervor, daß die drahtlosen Signale nach der 1. und 3. und vor der 12. Sekunde in ihrer ganzen Länge, die bei der 5., 8. und 10. Sekunde teilweise hörbar sind.

*) Gehört zu den von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützten, unter Leitung von O. Hecker ausgeführten geophysikalischen Forschungsarbeiten.

) Astron. Nachr. **219, 269 (1923).