

Werk

Jahr: 1943

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:18

Werk Id: PPN101433392X_0018

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PID=PPN101433392X_0018 | LOG_0031

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

Zusammenfassung des Inhalts

- A. Helmerts Werdegang, seine äußeren Erfolge und seine Persönlichkeit.
 - B. Die Werke der Aachener Periode (1870—1886).
 - C. Die Werke der Berliner und Potsdamer Periode (1886—1917).
 - 1. Das statische Schwerfeld der Erde. a) Die Ausmessung des Schwerfeldes. b) Schwereformel und Niveauflächen.
 - 2. Das dynamische Schwerfeld der Erde. a) Die zeitlichen Schwankungen der Schwerkraft unter dem Einfluß der Flutkräfte. b) Die Kreisbewegungen der Erdachse.
 - 3. Die Gestaltelastizität der Erde.
 - 4. Die Gradmessungsarbeiten Helmerts. a) Die astronomisch-geodätischen Beobachtungen. b) Größe und Gestalt der Erde.
 - 5. Die spezielle geodätische Wissenschaft.
 - D. Die Folgerungen aus Helmerts Vermächtnis.
-

Über Festlandgezeiten und Polhöenschwankung

Von **Richard Schumann**. — (Mit 2 Abbildungen)

1. In einem Akademievortrag: „Die Gezeiten der festen Erde, des Meeres und der Atmosphäre“ (Berlin 1942) sagt A. Defant auf S. 35: „Die flut-erzeugenden Kräfte von Mond und Sonne greifen aber die gesamte Masse der drei Schichten (d. h. Erdschichten) an und wir müssen uns deshalb bewußt bleiben, daß auch im Innern derselben Gezeitenerscheinungen zur Ausbildung kommen können“; ferner auf S. 36: „Es ist auch zu erwarten, daß es interne Gezeitenwellen des Erdinnern geben wird, denen vielleicht eine gewisse geotektonische Bedeutung zukommt.“

Nach der bekannten Hypothese von Airy *schwimmen* die Oberflächenschichten der Erde auf ihren Unterlagen; Gezeiten in *vertikalem* Sinne wies vor 40 Jahren O. Hecker nach aus mehrjährigen Messungsreihen mit Horizontalpendeln mittels harmonischer Analyse, ihre Größenordnung war 0,1 m. Es liegt nahe, nach rhythmischen Verschiebungen der schwimmenden Oberflächenschichten in *horizontalem* Sinne, sowie auch nach Verschiebungen in sich zu suchen; die letzteren werden erleichtert durch die in verschiedenem Ausmaße überall vorhandene „Klüftung“. Im allgemeinen wird für jede Beobachtungsstation mit einer nordsüdlichen und einer ostwestlichen Komponente zu rechnen sein. Da diese Stationen selbst mitbewegt werden, so müssen von diesen Gezeiten unabhängige Marken zum Vergleich benutzt

werden, sie bieten sich hier in den Fixsternen. Lineare Beträge für horizontale Verschiebungen sind mir noch nicht bekanntgeworden. Gezeitenmäßige Verschiebungen in der Nord-Südrichtung bewirken *reale* Polhöenschwankungen, sie werden wegen der Mond- und Sonnenanziehung auf die rotierende Erde im allgemeinen halb- und gantztägige Perioden aufweisen, die halb- und ganzjährigen überlagert sein können. Vor 40 Jahren habe ich kleine, vom Stundenwinkel und der Deklination des Mondes abhängige Fluktuationen in Polhöhenmessungen nachgewiesen, und zwar sowohl in der sechsjährigen Reihe des Geodätischen Instituts in Potsdam 1894—1900, als auch in den Internationalen Messungen in Carloforte 1900; siehe: Numerische Untersuchung über Polhöenschwankung und Aberrationskonstante, Ergänzungsheft Nr. 11 zu den Astronomischen Nachrichten, Kiel 1906, § 3, Tabelle 4 u. f. Später stellten auch andere Forscher kleine Abhängigkeiten von Mondargumenten fest. Beim Mittelbilden aus Messungsreihen, die sich über einen oder mehrere Monate erstrecken, treten halb- und ganzmonatige Mondperiodizitäten in den Gruppenmitteln zurück. Aus den Tagesmitteln der bevorzugten Station Carloforte zwischen 3. August bis 17. Oktober 1900 treten fünf volle Umläufe einer 14tägigen Welle hervor, siehe obengenanntes Ergänzungsheft Nr. 11, S. 5 u. 6, sowie Tafel I.

2. Die von 1890 bis 1900 bestandene „Kooperation der Sternwarten“, sowie der von 1900 bis zur Zeit noch betriebene „Internationale Breitendienst“ förderten nach dem „üblichen Reduktions-Verfahren“ (usual manner) 12- und mehrmonatige Periodizitäten zutage; man deutete diese als entstanden durch ein Verlagern einer hypothetischen Rotationsachse der Erde. Die dabei unerwartet auftretenden, sich dauernd aufdrängenden „Schlußfehler“, wurden zunächst in Tabellen mit veröffentlicht, sie konnten bisher nicht befriedigend erklärt werden. Trotzdem wurde nach Th. Albrecht ein Mittel daraus über alle Stationen und über viele Jahre zur Reduktion der von der unbekannt Störursache ebenfalls betroffenen Polhöhenmessungen benutzt.

Band VII der „Ergebnisse des Internationalen Breitendienstes“ brachte die „Schlußfehler“ aber nicht mehr.

Der theoretische Wert jedes Schlußfehlers ist identisch 0, mit einem mittleren Fehler nach Abbe-Helmert: $\pm 0''03$ bis $\pm 0''04$. Die Schlußfehler werden bekanntlich berechnet aus den Polhöendifferenzen je zweier am gleichen Tage beobachteter, benachbarter Sterngruppen; die mittleren Epochen der beiden Gruppenmittel unterscheiden sich voneinander um 2^h; ihre Beträge überschreiten bisweilen 1" und dies an einer Stelle (Tschardjui, 1914—15, Bd. VI, S. 50) ein halbes Jahr lang. Offensichtlich besteht ein systematischer, stetig wirkender Einfluß von jeher, er muß in der Zwischenzeit von 2^h merklich werden; er entstellt aber auch jene gemessenen Zahlen, aus denen die „Schwankungen der Stationspolhöhen“ und weiter die „Polbahn“ gerechnet worden sind.

Ein zweites Anzeichen einer Abhängigkeit von den Tagesstunden liefern die vom Verfasser im Jahre 1901 erkannten Anstiege der Beträge der Größen $\Sigma \Delta \Phi$. Die $\Delta \Phi$ werden berechnet aus den Differenzen der beiden Abschnitte *ein und derselben* Sterngruppe, sind also in aller Strenge frei von den hier nebensächlichen Deklinationsverbesserungen $\Delta \delta$. Die mittleren Tageszeiten dieser beiden Abschnitte derselben Gruppe unterscheiden sich wieder um 2^h Tageszeit, wegen des Verrückens der Sternzeit im Jahre. Die Σ -Reihen aus den aufeinanderfolgenden Sterngruppen verlaufen stetig, unter langperiodischen Schwankungen, im ganzen ständig ansteigend. Diese Anstiege der Beträge, verschieden auf verschiedenen Stationen, erreichen allmählich die Größe von vielen Bogensekunden.

Etwa 30 Jahre später wurde dieses Ansteigen aus den Beobachtungen der Sternwarte Weltefreden bei Batavia unabhängig abgeleitet von den holländischen Berechnern; es wurde von den Bearbeitern des Internationalen Breitendienstes ebenfalls nicht beachtet, trotzdem seit mehreren Jahrzehnten genügender Anlaß vorlag, auf das Bestehen von Tagesschwankungen näher einzugehen.

Die kurze Dauer von 2^h genügt nicht zum Ableiten einer 24stündigen Periodizität. Die Möglichkeit dazu bestände nur für den Fall, daß das Gesetz täglicher Veränderlichkeit gefunden würde; aber der Theorie haben bisher nur unzulängliche Beobachtungsreihen vorgelegen. Auch die verdienstvolle 4-Gruppenreihe Kimura-Nakano, 1903/04, reicht nicht aus zu entscheiden, ob eine ganz- oder eine halbtägige Periode vorliegt; letztere wäre ein wichtiges Gezeitenmerkmal. Wohl aber läßt sich aus dieser 4-Gruppenreihe beweisen, daß Messungen zu verschiedenen Tageszeiten wesentlich verschiedene $\Sigma \Delta \Phi$ -Reihen liefern; siehe „Über Gezeitenerscheinungen in den Schwankungen der Stationspolhöhen“, Bd. 89 der Denkschriften der Math.-Naturw. Kl. der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, 1913, S. [374] u. [375], Tabellen 36 u. 37; oder meine Arbeit in den Astron. Nachr. Nr. 5960, S. 121, Tabelle 6. Die nach der usual manner durch Kimura reduzierte 4-Gruppenreihe hatte dagegen früher keine verschiedenen Polhöhen Schwankungen ergeben.

3. Im Jahre 1939 veröffentlichte E. Wahl eine harmonische Analyse (nach Stumpff) der „Polbahn“ zwischen 1890—1938 in den Astron. Nachr. Nr. 6403, S. 305—320. Aus seiner „Zusammenfassung“ seien folgende drei Sätze herausgehoben:

- a) Die Existenz einer jährlichen Welle der Polbewegung ist gesichert.
- b) Die Untersuchung der Chandlerschen Periodizität ergibt, daß es sich hier um ein wesentlich komplizierteres Phänomen als bisher angenommen handelt.
- c) *Seit 1922 folgt die Polbewegung aber neuen Gesetzen.*

Hier ist bedeutungsvoll die dritte dieser Feststellungen, weil 1922.7 die mittleren Epochen der Internationalen Polhöhenmessungen auf allen Stationen zweckmäßigerweise auf die Tagesstunden 23^h und 1^h verlegt worden waren. Von 1890 ab begannen, weil man damals die Polhöhe tagsüber noch für konstant hielt, die Messungen im allgemeinen mit dem Eintritt der Dunkelheit, also im Winter mehrere Stunden früher als im Sommer. Durch diese Gepflogenheit verquickten sich Tages- und Nachtperiodik.

Mit Wahls Feststellung c) tritt zu den eben genannten gesicherten Anzeichen für Abhängigkeit der Polhöhenkurven von der Tageszeit (erstens Schlußfehler, zweitens Anstiege der Σ -Beträge) nun ein Drittes; es ist um so wertvoller, als es völlig unabhängig nach einer neuen, verschiedenen Methode erlangt wurde.

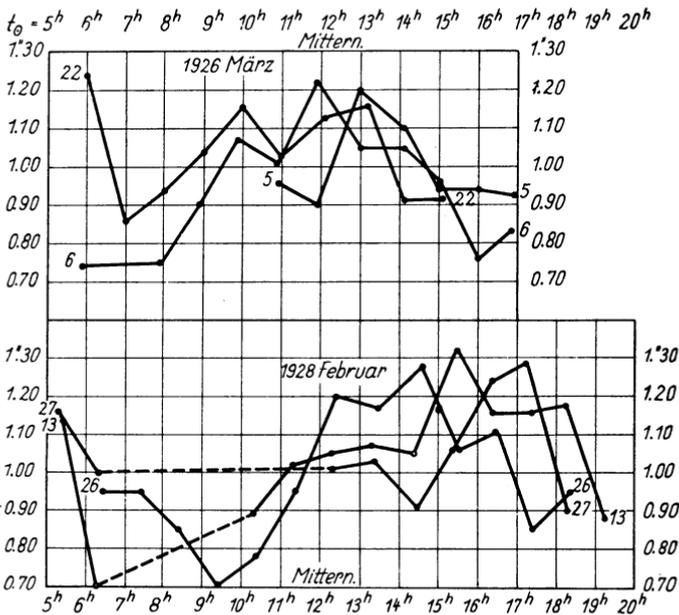


Fig. 1. Tägliche Polhöhenschwankungen nach Beobachtungen von V. Berg in Pulkowa 1925.5—1929.0 am großen Zenitteleskop

4. Im Februar 1940 übersandte mir V. Berg (Hauptsternwarte Pulkowa) einen Abdruck seiner Arbeit „Resultate aus den Beobachtungen mit dem großen Pulkowaer Zenitteleskop 1925.5—1929.0“, mit dem Ersuchen um Stellungnahme besonders zu § 11: „Tägliches Glied in der Breitenvariation“. Berg hatte durch Mitteln über die ganze Beobachtungsdauer eine kleine Schwankung während der Tagesstunden 5^h nachmittags bis 8^h früh gefunden, sie lag etwa zwischen $-0''.05$ und $+0''.05$; ihr ähnelt ein Kurvenstück, das N. V. Zimmermann 1915—17 zwischen 5^h nachmittags und 4^h früh in

Pulkowa erhalten hatte. Außerdem stellte Berg aus abschnittweisen Mitteln fest, daß seine tägliche Periodizität nicht konstant im Jahre ist.

Beim Durchsehen der Bergschen Polhöhenliste (Tabelle XXXVIII, S. 128—145) fielen mir mehrfach gleichartige Gänge an Tagen benachbarter Wochen auf; hier seien zwei dieser Gruppen graphisch wiedergegeben; eine periodologische Untersuchung der $3\frac{1}{2}$ jährigen Reihe dürfte sich lohnen. Die zugrundeliegenden Tage sind:

aus 1926: 5., 6., 22. März;
 „ 1928: 13., 26., 27. Februar.

Die gestrichelten Linienstücke zeigen mehrstündige Beobachtungspausen an, daher etwas größere Ungewißheit der Kurven. Zur ersten Gruppe gehört eine Ganzamplitude von etwa $0''3$, zur zweiten von $0''5$. Der zeitliche Abstand der bei beiden Gruppen angedeuteten Minima beträgt rund 11—12^h; ein zweites Maximum dürfte gegen mittag stattfinden. Jedenfalls ist ein zweimaliger Umlauf tagsüber angedeutet, was mit einem Verlagern einer Rotationsachse der Erde schwer vereinbar ist. Der ersten Kurvengruppe nach kann sich die Polhöhe ändern binnen 3—4^h um etwa $0''3$, nach der zweiten binnen 6^h um etwa $0''5$; bekanntlich entspricht 1'' an der Erdoberfläche rund 31 m.

5. Auch bei langperiodischen Schwankungen tritt Abhängigkeit vom Doppelten des Arguments auf. Nach dem „üblichen Verfahren“ leitet L. Carnera für 1936.0—1940.0 Polhöenschwankungen für die acht Stationen des Internationalen Breitendienstes ab, nämlich

in Breite + 39°: Ukiah, Gaithersburg, Carloforte, Kital, Mizusawa;
 „ „ — 7°: Batavia;
 „ „ — 35°: N-Adelaide, La Plata.

Sie sind veröffentlicht in den Astron. Nachr. Nr. 6290 u. 6372; sodann in den Contributi Astronomici, Serie II, Nr. 1 u. 23. Kurven ließen zunächst nur jährliche Veränderlichkeit deutlich erkennen. $\Delta \delta$ -freie Schwankungsmittel über die 4 Jahre unterzog ich vorerst einem Ausgleich nach der einfachen Sonnenlänge \odot ; die übrigbleibenden Reste verrieten deutlich zwei Maxima und zwei Minima. Um diese besser hervortreten zu lassen, glättete

ich diese Restreihen in bekannter Weise nach dem Schema: $\frac{1. + 2. + 3.}{3} \dots$,
 $\frac{11. + 12. + 1.}{3}, \frac{12. + 1. + 2.}{3}$; ihren Verlauf erkennt man aus Fig. 2.

Der geographischen Länge λ nach untereinandergereiht, lassen diese Kurven sowohl vertikal nach λ , als wie horizontal nach der Jahreszeit je zwei Maxima und zwei Minima erkennen. Zu beachten ist, daß die drei Südstationen (einschließlich Batavia) sich unauffällig einpassen in die Folge der fünf Stationen des Internationalen Parallels + 39°.

Fig. 2 läßt ein Gefüge oder Gewoge unter diesen acht Schwankungen erkennen, es erstreckt sich über ein Gebiet der Erdoberfläche von etwa 74° in Breite und 270° in Länge. Im Jahre 1938 beschloß die International Astronomical Union: to omit the empirical periodic terms. —

An dieser Stelle sei aufmerksam gemacht darauf, daß der größere Teil dieser Polhöhenstationen sich auf oder doch nahe bei den zwei bekannten

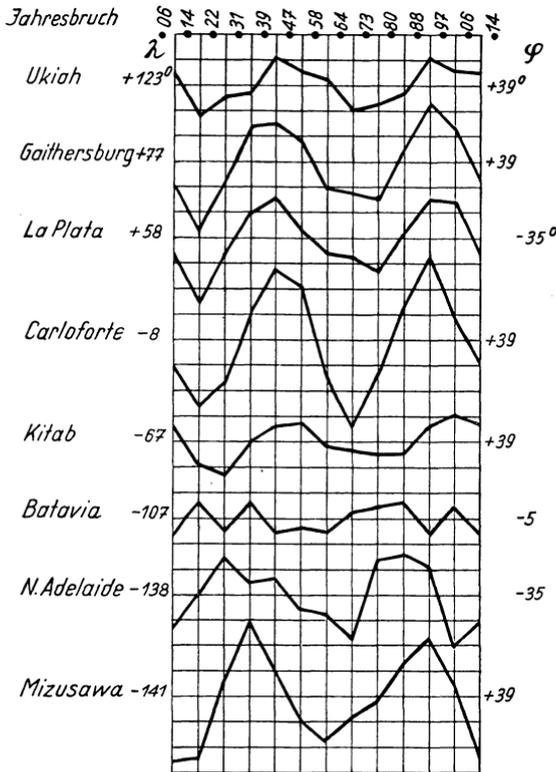


Fig. 2. Kleine empirische Glieder (geglättet), abgeleitet aus den $\Delta \delta$ -freien $\Sigma \Delta \phi$.
 Ordinaten-Einheit $0'.01$

großen Bruchzonen der Erde befindet; nur Gaithersburg und ehemals Cincinnati liegen auf der „Nordamerikanischen Masse“; eine andere Auswahl in geotektonischer Beziehung wäre in Betracht zu ziehen.

Eine zwingende Notwendigkeit, wegen der hier nebensächlichen $\Delta \delta$ einen Parallel mit Stationen zu besetzen, besteht nicht; seit mehreren Jahrzehnten kennt man Methoden, die in Strenge frei sind von den $\Delta \delta$.

6. Die in den letzten Jahrzehnten von der Union géodésique et géophysique internationale durchgeführten Längenunternehmungen, an denen

sich sehr viele verschiedentliche, größere und kleinere Observatorien beteiligten, haben Änderungen auch in geographischen Längen zutage gefördert. Neuerdings wurden bei Zeitvergleichen durch Funksignale und mit Einbeziehen der sehr wichtigen Quarzuhren kleine Schwankungen festgestellt und eingehend untersucht; sie sind von der Größenordnung $0^{\circ}01 = 0''.15$ und kommen bei horizontalen Verschiebungen an der Erdoberfläche in ostwestlicher Richtung in Betracht. Ihre Messung ist schwieriger und unsicherer als die der Breitenänderung, da sie in der Richtung der Erdrotation liegt. Trotz der Wichtigkeit dieser Veränderlichkeit in ostwestlicher Richtung muß darauf verzichtet werden, sie hier schon näher zu erörtern.

Der mehrfach gegebene Rat, Polhöhen-, Längen- und geophysikalische Messungen auf gleicher Station zu vereinen, ist sachlich vollständig begründet und notwendig.

7. *Zusammenfassung und Vorschläge.* Da die bisherigen internationalen Messungen für die Breitenvariation sich nur über einige Tagesstunden erstrecken, so ist es zu schwer, wenn nicht unmöglich, auf die Veränderlichkeit der Polhöhe während der übrigen 22^h, für die mehrere gesicherte Anzeichen vorliegen, zu schließen. Wenn aber solche gesetzmäßige Veränderlichkeit tagsüber die Ursache der Schlußfehler, der Anstiege der $\Sigma \Delta \Phi$ -Beträge, sowie der empirischen periodischen Glieder ist, so sind die bisherigen „Ergebnisse des Internationalen Breitendienstes“, bestehend aus langperiodischen Polhöhenkurven nebst einer daraus berechneten „Polbahn“ nur Stückwerk, die dazu erforderliche Interpolation zwischen den sich *stündlich* ändernden Stationskurven hat keinen Sinn mehr*).

Angesichts der Stetigkeit dieser Kurven, namentlich im Verlauf der $\Delta \delta$ -freien $\Sigma \Delta \Phi$ -Kurven, ist zu erwarten, daß sie auch weiterhin bestehen bleiben würde. Mehrere Eigentümlichkeiten deuten darauf hin, daß Gezeiten des Festlandes *reale* Polhöhenschwankungen bewirken.

Umgekehrt könnte aus täglichen Polhöhen- und Längenschwankungen auf horizontale Festlandgezeiten geschlossen werden.

Das unveränderte Weiterführen des bisherigen Breitendienstes und der Längenunternehmungen, sowie das Festhalten an dem bisherigen „üblichen Reduktionsverfahren“ nach Th. Albrecht lohnt nicht mehr den Aufwand an Arbeit, Zeit und Geld; er wäre besser angebracht auf das Erstrecken von Polhöhen-, Längen- und geophysikalischen Messungen über alle Tageszeiten mit dem Ziele, auf geotektonisch einwandfreien und für diese Art astronomischer Beobachtung günstigen Stationen die nordsüdlichen und die ostwestlichen Komponenten von Festlandgezeiten an der Erdoberfläche zu erforschen.

*) Nach S. 58 des Sonderheftes 24/25 zu den „Nachrichten aus dem Reichsvermessungsdienst . . .“, Berlin 1943, kommen die Verfasser E. Buckar und K. Ledersteger in betreff der Korrektur wegen Polhöhenschwankung, abgeleitet aus dem Internationalen Breitendienst, zu dem Schluß: „. . . es empfiehlt sich daher, vorläufig von dieser Korrektur gänzlich Abstand zu nehmen.“

In einer früheren Arbeit habe ich auch auf die geotektonische Arbeit der Anziehungskräfte von Mond und Sonne an den Massen der rotierenden Erde aufmerksam gemacht. Wenn aber Gezeiten an der Festlandoberfläche bestehen, so liegt insofern ein allgemeines Interesse an weiteren Beobachtungen vor, als die gesamte organische Welt an diesen rhythmischen Bewegungen *nolens volens* teilnimmt.

In dem oben unter Nr. 1 erwähnten „Ergänzungsheft Nr. 11“ wird auf S. 18—29 aus der berühmten Struveschen Aberrationsreihe von 1840—43 eine Tageskurvenschar für die Pulkowaer Polhöhe konstruiert, aus der sich die Schlußfehler, Anstiege in den Σ -Reihen, $\Delta \delta$ mit Jahresperiode, langperiodische Polhöhenchwankungen nach dem internationalen Beobachtungsprogramm, eine „Polbahn“, auch eine Spiegelbildkurve für einen Gegenmeridian ableiten ließen. Andererseits zeigte die Bergsche Reihe am Zenithteleskop aus 1925.5—1929.0 an 6 Tagen unmittelbar Tagesschwankungen, siehe oben, Fig. 1.

Auf Grund dieser Tatsachen entstand folgender Vorschlag:

Ausführen einer Polhöhenreihe nach Art der Struveschen Aberrationsreihe im ersten Vertikel, zugleich auf gleicher Station:

Wiederholen der Bergschen Reihe am Zenithteleskop
und dies während mehrerer Jahre.

Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, die aus der ersten Reihe *konstruierten* Tageskurven zu bestätigen mittels der *gemessenen* Kurvenstücke der zweiten Reihe. —

Ausführliche Erörterungen zum Gegenstand dieser Arbeit erfolgen in den Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien.

Wien, Mai 1943.

Über die Lage der physischen Erdpole

Von A. Berroth. — (Mit 2 Abbildungen)

Wenn auch, wie das Beispiel der Niederschläge zeigt, die Lage der Pole durch Massenstörungen gewöhnlicher Art nur wenig beeinflusst wird, so bewirken diese doch eine Schwierigkeit in der Angabe des tatsächlichen Ortes der Pole relativ zur physischen Oberfläche.

Diese Verhältnisse erkennt man aus Fig. 1. Es sei zunächst in der weiteren Umgebung eines Poles keinerlei Schwerestörung angenommen, S. P. sei dann die Lage des Durchstoßpunktes der Rotationsachse (Rotationspol).

Nunmehr werde eine Massenstörung vom Harztypus in die Nähe des Poles gebracht. Sie soll der Einfachheit halber ein langgestreckter prismatischer Bergücken sein, der an einer beliebigen Stelle der Erde an seinen Flanken eine totale Lotstörung von 14'' erzeugen würde, also in der Größe der Harzstörung.