

Werk

Jahr: 1927

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:3

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0003

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0003

LOG Id: LOG_0021

LOG Titel: Schwankungen in der Länge des Tages

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

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

Bei den elektrischen Bodenuntersuchungen mittels Wechselstrom pflegt man heute im allgemeinen eine Frequenz von 500 pro sec (also ν etwa gleich 3000) zu benutzen. Der Grenzwiderstand $W_{\lambda=0}$ nach Tabelle 1 liegt dann zwischen $4 \cdot 10^8$ und $20 \cdot 10^8$ Ohm/cm⁻¹. Die Einlagerungen müssen also, den obigen Ausführungen entsprechend, einen spezifischen Widerstand von jedenfalls weniger als $4 \cdot 10^5$ Ohm/cm⁻¹ besitzen, um sich von einem als nichtleitend ($\lambda = 0$) vorausgesetzten Grundgebirge überhaupt praktisch unterscheiden zu lassen, da der Durchschnittswert der Dielektrizitätskonstanten von Kalken, Sandsteinen und Schiefen etwa 10 beträgt.

Bei etwa 400 000 Ohm/cm⁻¹ liegt also eine praktisch sehr wichtige Grenze für die Beurteilung der Möglichkeiten elektrischer Bodenforschungsaufgaben. Nur Schichten von geringerem spezifischen Widerstand können mit Aussicht auf Erfolg von einem nichtleitenden Grundgebirge in der Tiefe mittels elektrischer Wechselstrommessungen von der Erdoberfläche aus unterschieden werden. Alle Massen mit höherem Widerstand verschimmen für diese Schürfmethode zu einer nicht mehr auflösbaren Einheit.

Mit diesem Nachweis ist z. B. auch allen Versuchen, mittels elektrischer Wechselstrommessungen erdölführende Schichten von trockenem oder schwach bergfeuchtem Gebirge zu unterscheiden, der Boden endgültig entzogen. Die spezifischen Widerstände der in den Erdölgebieten in den in Betracht kommenden Tiefen vorkommenden Schichten liegen wohl sämtlich weit unterhalb des oben abgeleiteten Grenzwertes von $4 \cdot 10^5$ Ohm/cm⁻¹. Allein die salzwasserführenden Schichten unterscheiden sich elektrisch genügend von dieser Grundmasse, um einen an der Erdoberfläche nachweisbaren Einfluß auf die Verteilung der elektrischen Strömung zu gewinnen.

Schwankungen in der Länge des Tages.

Von Dr. M. Schuler in Göttingen.

Es wird gezeigt, daß Schwankungen der Tageslänge von mehreren Sekunden im Jahre hervorgerufen werden können durch Veränderungen in der Mächtigkeit der polaren Eiskappen.

Bei den berechneten Ephemeriden der Planeten und ihrer Monde zeigt sich, daß die beobachteten Stellungen dieser Gestirne immer etwas abweichen von den berechneten Werten. In letzter Zeit haben Astronomen*) darauf hingewiesen, daß diese Differenzen am leichtesten zu erklären wären durch kleine Schwankungen in der Länge des Tages, den wir als Zeitmaß benutzen. Es müßten also kleine Differenzen in der Drehgeschwindigkeit der Erde bestehen,

*) R. T. A. Innes: Union Observatory, Johannesburg 1925, Nr. 65; B. Meyermann: Naturwissenschaften Bd. 14, Nr. 12, Göttingen 1926; Ernst W. Brown: Nature, Vol. 119, Nr. 2988, London 1927.

die etwa ± 2 sec im Jahre ausmachen. Die volle Periode einer solchen Schwankung beträgt ungefähr 260 Jahre. Es fragt sich nun, wie man diese Schwankungen mechanisch erklären kann.

Vernachlässigt man die Wirkung von Ebbe und Flut, die ein langsames Abnehmen der Drehgeschwindigkeit der Erde zur Folge hat, was aber in einigen Jahrhunderten noch nicht nachzuweisen ist, so bleibt das Impulsmoment der Erde konstant, d. h. Trägheitsmoment \times Winkelgeschwindigkeit sind konstant. Ändert sich das Trägheitsmoment der Erde, so muß sich die Winkelgeschwindigkeit entsprechend entgegengesetzt ändern. Nun fragt sich, ob durch Massenverschiebungen so große Änderungen in dem Trägheitsmoment der Erde bewirkt werden können, daß die von den Astronomen geforderten Rotationsschwankungen dadurch mechanisch zu erklären sind.

Die größten Massentransporte auf der Erde kommen durch das Wasser. Es wird stetig in der äquatorialen Zone verdampft und schlägt sich dann in den kälteren Zonen und an den Polen der Erde nieder. Durch die Flüsse und Meeresströmungen kehrt es wieder zu dem Äquator zurück. Dies kann an sich die Rotationsgeschwindigkeit der Erde nicht beeinflussen. Aber ein Teil des Wassers wird an den Polen als Eis festgehalten. Wenn dieses Eis auf festem Lande liegt, so wird Wasser den Äquatorgegenden entzogen, und das Trägheitsmoment der Erde wird kleiner. Das Eis hingegen, das auf dem Meere liegt, drückt durch sein Gewicht entsprechend Wasser nach dem Äquator weg und muß also bei der Differenzberechnung der Trägheitsmomente unberücksichtigt bleiben.

Der Südpol ist bis etwa 20° vom Pole ganz mit Eis bedeckt, das auf festem Lande aufliegt. Das Eis, das im südlichen Winter darüber hinaus in das Meer vorstößt, dürfen wir nicht rechnen. Wir haben also eine Eiskappe von

$$15,4 \cdot 10^6 \text{ km}^2 \text{ Oberfläche am Südpol.}$$

Für den Nordpol ist die Rechnung nicht so einfach, da gerade am Pol selbst Wasser ist. Dagegen liegen in der Breite $\varphi = 60^\circ$ bis 70° große Landmassen (Nordsibirien und Nordkanada). Die Isotherme für 0° mittlerer Lufttemperatur läuft über die Länder bei etwa $\varphi = 60^\circ$. Das ergibt eine Polkappe von $34 \cdot 10^6 \text{ km}^2$, die den größten Teil des Jahres mit Eis bedeckt ist. Hiervon rechnen wir nur 45 Proz., um die nördlichen Meere und die wärmeren Gebiete Nordeuropas zu berücksichtigen. Damit kommen wir aber ungefähr auf dieselbe Oberfläche wie beim Südpol. Wir können also die gesamte Eisdecke der Erdpole auf $30 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$ einschätzen. Nehmen wir an, daß die ganze Eisdecke 11 m an Stärke zunimmt, so entspricht dies 10 m Wasser, und wir erhalten eine Masse $3 \cdot 10^{14}$ Tonnen Eis.

Eine solche Eiskappe hat für den Südpol, wo sie sich nur auf 20° verteilt, ein Trägheitsmoment von $3,6 \cdot 10^{20} \text{ km}^2$ Tonnen. Dagegen erhalten wir für den Nordpol, wo wir 30° Bedeckung haben (dafür aber nur 45 Proz. der Eisdecke rechnen dürfen), $7,6 \cdot 10^{20} \text{ km}^2$ Tonnen. Die beiden 11 m starken Eiskappen an den Polen haben also ein Trägheitsmoment von $\Theta_1 = 11,2 \cdot 10^{20} \text{ km}^2$ Tonnen.

Nimmt man an, daß das Wasser dieser Eiskappen ganz aus der äquatorialen Zone stammt, so hatte es dort ein Trägheitsmoment: $\Theta_3 = 3 \cdot 10^{14} \cdot 6220^3 = 116,7 \cdot 10^{20} \text{ km}^2 \text{ Tonnen}$. Die Änderung des Trägheitsmomentes ist also $\Theta_2 - \Theta_1 = 105,5 \cdot 10^{20} \text{ km}^2 \text{ Tonnen}$. Macht man dagegen die Annahme, daß das Wasser gleichmäßig von der ganzen Erde stammt mit Ausnahme von den eisbedeckten Polen, so erhält man $\Theta_3 = 79,2 \cdot 10^{20} \text{ km}^2 \text{ Tonnen}$. Die Veränderung des Trägheitsmomentes beträgt in diesem Falle $\Theta_3 - \Theta_1 = 68 \cdot 10^{20} \text{ km}^2 \text{ Tonnen}$. Wir wollen nun diese Veränderungen auf das Trägheitsmoment der Erde beziehen, das wir mit $\Theta_E = 81,23 \cdot 10^{27} \text{ km}^2 \text{ Tonnen}$ ansetzen. Dann erhalten wir die verhältnismäßige Änderung des Trägheitsmomentes, und daraus können wir die Schwankung der Rotationsgeschwindigkeit ausrechnen. Dabei ergeben sich folgende Werte:

1. Das Wasser der Eisdecke stammt von der äquatorialen Zone:

$$\Delta\Theta = \Theta_E \cdot 1,3 \cdot 10^{-7}. \text{ Dies entspricht } 4,1 \text{ sec/anno Zeitänderung.}$$

2. Das Wasser der Eisdecke stammt gleichmäßig von der ganzen Erde:

$$\Delta\Theta = \Theta_E \cdot 0,84 \cdot 10^{-7}. \text{ Dies entspricht } 2,6 \text{ sec/anno Zeitänderung.}$$

Die Wahrheit liegt wohl in der Mitte zwischen beiden Werten, so daß man sagen kann:

Wenn die Mächtigkeit der polaren Gletscher um 11 m schwankt, so ändert sich die Länge unseres Tages um 3 sec im Jahre; dies entspricht 0,0082 sec im Tage. Wir sehen aus dieser Überschlagsrechnung, daß Änderungen des Tages um ± 2 sec im Jahre leicht durch Differenzen in der Eisdecke der Pole erklärt werden können. Die Stärke des Eises müßte um $\pm 7,4$ m schwanken. Dies ist natürlich nur ein Mittelwert; in Wirklichkeit werden die Schwankungen in der Nähe der Pole größer und in den Randgebieten entsprechend kleiner sein. Da Änderungen in der Stärke der Alpengletscher von 15 m gemessen wurden, so sind auch solche Schwankungen der polaren Gletscher sehr wahrscheinlich. Folgen mehrere warme Jahre aufeinander, so schmilzt das Polareis ab und dadurch vergrößert sich das Trägheitsmoment der Erde. Die Tage werden also länger. Umgekehrt werden sich in kälteren Perioden die Tage verkürzen. Augenblicklich haben wir nach der Rechnung der Astronomen zu lange Tage. Wir müßten also nach dieser Theorie in einer warmen Periode leben, und dies stimmt auch mit den Temperaturbeobachtungen der Meteorologen überein. Denn in den letzten 25 Jahren hat die mittlere Temperatur der Erde zugenommen*). Demnach sind die Schwankungen der Tageslänge auf meteorologische Ursachen zurückzuführen, ebenso wie dies für die Polschwankungen bekannt ist. Eigentümlich ist auch, daß die Periode der Tagesschwankungen ungefähr gleichläuft mit der Periode der magnetischen Schwankungen. Offenbar sind diese auch durch meteorologische Ursachen bestimmt und hängen zusammen mit der größeren oder geringeren Tätigkeit der

*) Ellsworth Huntington: Climate and Civilisation, New Haven 1923.

Sonne und der Häufigkeit der Sonnenflecke, wie dies ja auch für die Länge des Tages nach obiger Theorie der Fall sein muß.

Die Eisdecke des Poles schwankt mit den Jahreszeiten; da aber der eine Pol Sommer hat, während bei dem anderen Pole Winter herrscht, so setzt sich das Eis, das an dem einen Pole abschmilzt, an dem anderen an, und die jährlichen Schwankungen heben sich größtenteils gegenseitig auf. Natürlich können dabei kleine Phasenverschiebungen im Frühjahr und Herbst vorkommen. Aber viel größere Unregelmäßigkeiten erkennen wir, wenn wir den geographischen Bau beider Pole betrachten. Um den Nordpol liegen große Ländermassen, während die Eiskappe des Südpols ganz vom Meere umgeben ist. Beim Nordpol dehnt sich die Schneedecke im Winter über Sibirien und Kanada sehr stark aus, während im Sommer dieser Schnee größtenteils wieder abschmilzt. Wir haben also starke Schwankungen zwischen Sommer und Winter. Beim Südpol dagegen stößt die Eisdecke im südlichen Winter in das Meer hinaus, und wir dürfen ihr Gewicht deshalb nicht mitrechnen. Im südlichen Sommer bleibt das polare Festland vollständig mit Eis bedeckt und strahlt durch seine helle Farbe den größten Teil der Sonnenenergie in den Raum zurück. Darum werden die jährlichen Schwankungen der Schneedecke am Südpol viel geringer sein als die Schwankungen am Nordpol und können diese nicht ausgleichen. Es ist also zu erwarten, daß im nördlichen Winter die Tage kürzer sind als im nördlichen Sommer. Die Differenzen kann man etwa auf $\pm 0,5$ sec in einem halben Jahre schätzen. Leider sind unsere heutigen Uhren lange nicht genau genug, um solche Unterschiede zu messen*). Vielleicht wäre es aber möglich, solche Schwankungen aus den Beobachtungen unseres Mondes oder der Jupitermonde nachzuweisen.

Herr Geheimrat Meyermann machte mich darauf aufmerksam, daß die Genauigkeit der Pegelablesungen ausreicht, um das Schwanken der Meereshöhe nachzuweisen, welches mit einer Veränderung der polaren Eiskappen Hand in Hand gehen muß. Die Änderung der Eisdecke um $\pm 7,4$ m (dies entspricht ± 2 sec/anno Zeitschwankung) ergibt eine Änderung der Meereshöhe von $\pm 0,6$ m, wenn alles Wasser aus dem Ozean stammt. Sicher wird ein Teil davon aus Binnenseen, Flüssen und Grundwasser herrühren, während der Feuchtigkeitsgehalt der Luft nicht in Betracht kommt. Man müßte also Pegelchwankungen von ungefähr $\pm 0,4$ m beobachten können, die mit den Schwankungen der Tageslänge übereinstimmen. Damit besteht die Möglichkeit, die hier gegebene Theorie zu prüfen. Man muß die Pegelstände aller Ozeane mitteln und über lange Zeit ihren Gang verfolgen. Ferner kann man auch die mittlere Lufttemperatur der Erde bestimmen. In beiden Fällen müssen die Schwankungen parallel gehen mit derjenigen der Tageslänge. Jedenfalls werden diese Prüfungen leichter sein als die unmittelbare Messung der Mächtigkeit der polaren Eismassen.

*) Über die Genauigkeitserhöhung der Zeitmessung vgl. M. Schuler: Zeitschr. f. Phys. Bd. 42.