SUB | NIEDERSÄCHSISCHE STAATS- UND UNIVERSITÄTSBIBLIOTHEK GÖTTINGEN

Werk

Jahr: 1935
Kollektion: fid.geo
Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:11
Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Werk Id: PPN101433392X_0011
PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0011

LOG Id: LOG_0079
LOG Titel: Über Messungen der Erdbodentemperatur an Salzdomen
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 there 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

das plötzliche Springen der Windrichtung, das anschließende Verharren in dieser mit recht kleinen Schwankungen und das erneute Springen in eine neue Richtung. Anders werden diese Vorgänge bei höherer Windgeschwindigkeit, für die die Fig. 10 ein Beispiel gibt. Hier pendelt die Windrichtung eigentlich nur zwischen zwei Grenzwerten hin und her, wobei die Zwischenwerte vollkommen übersprungen werden und die Windgeschwindigkeit diese Grenzstufen in keiner Weise erkennen läßt. Für diese Erscheinung konnte eine Erklärung nicht gefunden werden, sie trat bei den verschiedensten Wetterlagen auf und scheint immer dann vorzukommen, wenn stufenförmiger Wind eine Geschwindigkeit von 6 bis 8 m/sec überschreitet.

Göttingen, Geophysikalisches Institut, November 1935.

Über Messungen der Erdbodentemperatur an Salzdomen

Von **M. Paul**, Berlin — (Mit 1 Abbildung)

Es wird über Messungen der Bodentemperatur an Salzdomen berichtet, durch die untersucht werden soll, ob Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit des tieferen Untergrundes auf die horizontale Temperaturverteilung im Erdboden Einfluß nehmen. Bisher wurden rund 700 Temperaturbestimmungen in 2 m Bodentiefe durchgeführt. Hierbei waren die mittleren Bodentemperaturen über dem Salz durchweg höher als die mittleren Temperaturen im Vorgelände des Salzstockes. Die Untersuchungen werden fortgesetzt.

Der Verfasser hat bereits an anderer Stelle [1]) über Bodentemperaturmessungen in 2 m Tiefe berichtet, durch die eine Klärung der Frage erstrebt wird, ob ein Zusammenhang zwischen den horizontalen Temperaturgradienten im Erdboden und der Tektonik bzw. Wärmeleitfähigkeit des tieferen Untergrundes besteht. An sich sind die Temperaturen im Erdboden bekanntlich bis zu einer bestimmten Tiefe täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. In 2 m Bodentiefe ist die Amplitude des täglichen Temperaturganges bereits recht klein. Außer einer jährlichen Periode tritt — als zweites Fouriersches Glied — noch eine halbjährliche Schwingung hervor, deren Amplitude in 2 m Bodentiefe auch schon ziemlich gering ist. Dagegen ist die Amplitude der jährlichen Schwingung in 2 m Tiefe noch recht erheblich. Sie ist für unsere Breite von der Größenordnung 4^0 C.

Wir wollen nun den Temperaturbewegungen in 2 m Bodentiefe eine feste Temperatur als Nullwert zuordnen, um den herum die jahreszeitlichen Schwingungen verlaufen. Allerdings ist ein solcher Nullwert nicht präzise angebbar, da auch der spezielle Jahrescharakter in den Temperaturgang eingeht. Aber die hieraus auftretenden Abweichungen von einem über längere Zeiten gemittelten Nullwert der Temperaturschwingungen sind gering und sollen für unsere Zwecke

vernachlässigt werden. Wir wollen die Temperaturen, die an den einzelnen Beobachtungsorten in 2 m Bodentiefe als Nullwert der Temperaturschwingungen auftreten, Ruhetemperaturen nennen. Die gestellte Aufgabe war nun die, nachzuprüfen, ob in Unterschieden der Ruhetemperaturen benachbarter Meßorte Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit des tieferen Untergrundes hervortreten. Unter bestimmten (vereinfachenden) Annahmen ergibt sich theoretisch hierfür folgendes Bild.

Es wird angenommen, daß ungefähr in einer Tiefe von 5000 bis 6000 m die Isothermenflächen mit den Niveauflächen des Schwerepotentials zusammenfallen. Die Temperatur in dieser Tiefe sei T_0. Wir betrachten nun eine gegen die Umgebung wärmeisoliert gedachte radiale Wärmeleitstrecke vom Einheitsquerschnitt zwischen diesem Niveau der Temperatur T_0 und der Erdoberfläche. Ersetzt man die veränderliche Insolation für ein bestimmtes Gebiet durch einen über längere Zeiten gemittelten Wert I und vernachlässigt den Einfluß der Atmosphäre, so wäre die Temperatur an der Oberfläche unserer Elementarröhre bestimmt durch die Beziehung

$$\frac{b\sigma T^4 - aI}{T_0 - T} = \frac{1}{\sum \frac{h_\nu}{k_\nu} + \sum D_{\nu,\nu+1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

worin a, b und σ Konstante, die h_ν die Mächtigkeit, die k_ν die spezifische Wärmeleitfähigkeit der einzelnen Schichten und die $D_{\nu,\nu+1}$ die einzelnen Wärmeübergangswiderstände zwischen je zwei benachbarten Schichten darstellen. Die rechte Seite von Gleichung (1) gibt den gesamten Wärmeleitwert unserer radialen Wärmeleitstrecke an. Im gleichen Sinne wie der Wärmeleitwert muß sich demnach auch die Temperatur T an der Oberfläche unserer Elementarröhre ändern. Diese Oberflächentemperatur T [für die angenommene unveränderliche (mittlere) Insolation] muß dann aber auch nahezu gleich der Ruhetemperatur in 2 m Bodentiefe sein.

Formel (1) kann nur qualitativ darüber aussagen, daß eine Einflußnahme von Unterschieden in der Wärmeleitfähigkeit des tieferen Untergrundes auf die Temperaturverteilung an der Erdoberfläche zu erwarten ist. Welche Temperaturunterschiede zwischen den Ruhetemperaturen hieraus auftreten können, vermag sie nicht anzugeben. Einmal deshalb, weil für die Absorptionskonstanten (a, b) und die Größenordnung der Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit der einzelnen radialen Wärmeleitstrecken kein gesichertes Material vorliegt. Sodann, weil Formel (1) infolge der Vernachlässigung des Einflusses der Atmosphäre keine strenge Gültigkeit hat. Schließlich haben wir infolge der angenommenen Wärmeisolation der betrachteten radialen Wärmeleitstrecken gegen die Umgebung noch die horizontalen Wärmeausgleichsströme zwischen benachbarten Wärmeleitstrecken unberücksichtigt gelassen, durch die Temperaturunterschiede, die in größeren Tiefen bestehen, mit der Annäherung an die Erdoberfläche verflacht werden.

Die Frage, ob tektonische Einflüsse auf die Ruhetemperaturen in etwa 2 m Bodentiefe noch von einer bequem meßbaren Größenordnung sind, konnte deshalb nur durch Versuche geklärt werden. Bodentemperaturmessungen sind zum Studium der Temperaturbewegungen aus den Schwankungen der Insolation bekanntlich vielfach vorgenommen worden. Besonders beachtet worden sind die Bodentemperaturmessungen von E. Leyst[2]), die von Ad. Schmidt[3]) theoretisch verwertet wurden. Messungen in verschiedenen Bodenarten sind von Homén[4]) durchgeführt worden, allerdings nur bis zu einer Tiefe von 0.6 m. Hierbei wurden zum Teil nicht unwesentliche Temperaturunterschiede festgestellt, wobei jedoch die Frage eines Einflusses des tieferen Untergrundes auf die festgestellten Temperaturen noch offen steht. Naturgemäß müssen Unterschiede der Absorptionskonstanten der Oberfläche und der Wärmeleitfähigkeit des flacheren Untergrundes bei gleicher Insolation zu verschiedenen Temperaturbewegungen im Erdboden führen, durch die (mit der Jahreszeit veränderliche) Temperaturunterschiede in gleicher Bodentiefe hervorgerufen werden. Die Ruhetemperaturen gleicher Bodentiefe, um die diese verschiedenartigen Temperaturschwingungen erfolgen, müssen dann innerhalb eines enger begrenzten Gebietes bei gleichförmigem Aufbau des tieferen Untergrundes einander gleich sein, wenn nicht besondere Verhältnisse vorliegen, etwa aus der Nachbarschaft größerer Wasserflächen.

Die Ermittlung der Ruhetemperaturen kann durch eine Wiederholung der Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten erfolgen. Bei geschickter Auswahl der einzelnen Meßzeiten dürfte hierbei sicher eine genügende Genauigkeit erreicht werden. Die Wiederholung der Messungen zu verschiedenen Jahreszeiten ist jedoch recht umständlich und zeitraubend. Nun müssen sich Unterschiede in der Amplitude der Temperaturschwingung (und damit in den äußeren Bedingungen) auch in der vertikalen Temperaturverteilung bemerkbar machen. Wird an den einzelnen Meßorten die Temperatur gleichzeitig in zwei verschiedenen (bestimmten) Bodentiefen gemessen, so kann die Abweichung in der Temperaturdifferenz zwischen beiden Bodentiefen von einem (mit der Jahreszeit veränderlichen) Vergleichswert als ungefähres Maß des Unterschiedes in den äußeren Bedingungen angesehen werden. Das für die Versuche vom Verfasser ausgearbeitete Meßverfahren dürfte genügend genau sein (Gesamtfehler $\pm 0.02^0$ C), um solche Unterschiede noch klar genug herauszuheben.

Bei den bisher durchgeführten Versuchen wurde allerdings ein anderer Weg beschritten. Wenn die äußeren Bedingungen in einem bestimmten Gelände nahezu gleich sind, so müssen auch die Temperaturdifferenzen in 2 m Bodentiefe zwischen den einzelnen Meßstationen nahezu gleich den Differenzen zwischen den Ruhetemperaturen sein, soweit sie am selben Tage gemessen werden. Um Bodentemperaturen, die innerhalb eines solchen (idealen) Geländes an verschiedenen Tagen gemessen werden, miteinander vergleichbar zu machen, ist es dann lediglich erforderlich, den Betrag, um den sich die Temperatur an einer „Basisstation" dieses Geländes seit einem bestimmten Stichtage jeweils geändert hat, zu den gemessenen Temperaturen zuzuzählen bzw. von ihnen abzuziehen. Um dieser

Bedingung gleicher äußerer Einflüsse möglichst nahezukommen, wurden in den beiden ersten Meßperioden (März—April und Juni—Juli dieses Jahres) wenigstens äußerlich gleichwertige Meßorte (Grasweide) ausgesucht. Hierbei war durchweg auch im Aufbau der äußeren Schichten kein sehr wesentlicher Unterschied festzustellen. Nach späteren Messungen hat es den Anschein, als ob die Unterschiede zwischen Wiese und Acker nicht erheblich sein können.

Besonders aussichtsreich für die Untersuchung einer Abhängigkeit der Bodentemperaturen von der Tektonik des Untergrundes erschienen Temperaturmessungen an Salzdomen, die einmal eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit aufweisen und aus großer Tiefe aufsteigen (kleines $\Sigma D_{\nu,\nu+1}$). Manche Autoren bestreiten allerdings eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit des Salzes und schreiben die beobachteten hohen Temperaturen mehr dem homogenen Aufbau zu. Eingehender

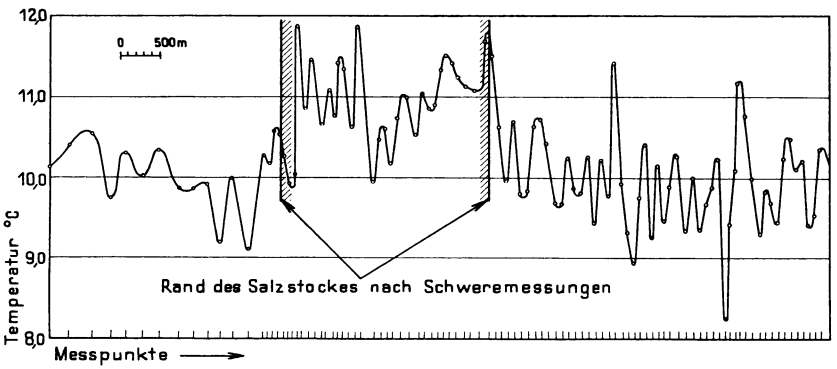

Fig. 1

haben sich mit den hohen Temperaturen in Salzdomen bzw. Salzbergwerken Huyssen[5]), Sollas[6]), Albrecht[7]), Busch[8]), Koenigsberger[9]), Heald[10]) und Krejci-Graf[11]) befaßt.

Insgesamt wurden bisher rund 700 Temperaturmessungen an zwei Salzstöcken der Provinz Hannover durchgeführt. In allen Fällen war die mittlere Temperatur über dem Salz höher als die mittlere Temperatur im Vorgelände. Beispielsweise betrug in einer besonders ausgedehnten Meßtrace (Fig. 1) über den größeren von beiden Salzstöcken die mittlere Temperatur aus 21 Messungen im westlichen Vorgelände 10.06° C, die mittlere Temperatur aus 51 Messungen im östlichen Vorgelände 9.95° C, die mittlere Temperatur aus 28 Messungen auf dem Salzdom 11.04° C. Sämtliche Meßergebnisse waren an Hand von Basismessungen auf einen bestimmten Stichtag reduziert worden. Bei den 376 Messungen an dem größeren Salzdome war die Übereinstimmung zwischen dem gravimetrisch ermittelten bzw. durch Bohrungen aufgeschlossenem Rande des Salzes und seiner Indikation durch die Temperaturmessungen recht zufriedenstellend. In dem Temperaturprofil trat der Rand des Salzstockes hier durch besonders hohe Temperaturwellen hervor,

die vielleicht auf die bevorzugt gute Wärmeleitfähigkeit steil aufragender Schichten oder Oxydations- bzw. Hydratationsvorgänge zurückzuführen sind. Auch bei den Messungen an dem kleineren Salzstocke, die zur Zeit noch im Gange sind, tritt die Reaktion auf das Salz durch steile Temperaturanstiege hervor, deren Höhe aber durch andere Temperaturspitzen auf dem Salz noch übertroffen wird. Dieses Material soll nach Beendigung der Versuche genauer mit gravimetrischen Messungen und Aufschlüssen durch Tiefbohrungen verglichen werden. Bei diesen letzteren Messungen wurde durchweg auch die Tiefe des Grundwassers festgestellt, um dessen Einwirkungen nachzugehen.

Die Abhängigkeit der Bodentemperaturen von der Beschaffenheit des tieferen Untergrundes erscheint bei der augenblicklichen Zahl von rund 700 Temperaturbestimmungen wenigstens an Salzdomen schon recht gut belegt. Die Durchbildung eines geeigneten Verfahrens, das eine genügende Meßgenauigkeit und die Ermittlung der wahren (durch den Eingriff unverfälschten) Bodentemperatur gewährleistete, hat längere Zeit in Anspruch genommen. Wieweit solche Temperaturbestimmungen sich für geophysikalische Aufschlüsse nutzbar machen lassen, soll durch weitere Messungen noch eingehender geprüft werden. Da es sich um eine Summenmessung der Leitfähigkeiten der einzelnen Schichten handelt, dürften die Ergebnisse — ebenso wie bei den gravimetrischen Messungen — nicht immer eindeutig sein. Um die Einflüsse aus äußeren Verschiedenheiten klarzustellen, sind Versuchsmessungen in zwei verschiedenen Bodentiefen geplant. Jedenfalls besteht die Aussicht, daß noch ein recht umfangreiches Versuchsmaterial zusammengetragen werden kann, dessen Auswertung die hier behandelten Fragen dann genügend zuverlässig beantworten läßt.

Zum Schluß sei in diesem Zusammenhange noch auf die bedeutungsvollen Arbeiten von Heald[10]) über Temperaturmessungen in Tiefbohrungen hingewiesen, aus denen hervorgeht, daß ein Zusammenhang zwischen Temperatur und Tektonik zweifellos vorhanden ist. Sehr aufschlußreich würde eine Kombination von Temperaturmessungen in Tiefbohrungen mit Bodentemperaturmessungen in etwa 2 m Tiefe sein.

Literatur

[1]) Öl und Kohle **11**, 641 (1935).
[2]) Phys. Ök. Ges. Königsberg 1891, S. 32.
[3]) Ebenda Königsberg 1892, S. 33.
[4]) Theod. Homén: Der tägliche Wärmeumsatz im Boden, Leipzig 1897.
[5]) Verh. d. 8. Deutsch. Geogr. Tag. z. Berlin 1889, S. 225.
[6]) W. J. Sollas: Geol. Mag. **8**, 502 (1901).
[7]) D. Albrecht: Kali **16**, 413 (1922).
[8]) B. Busch: ebenda **17**, 202 (1923).
[9]) J. Koenigsberger: ebenda **18**, 36 (1924).
[10]) K. C. Heald: Determination of geothermal gradients, Oil and Gas Journ. **28** (1929) Nr. 29. Ferner: Determination of geothermal gradients in oil fields on anticlinal structure, Am. Petr. Inst. **11** (1930) Nr. 1.
[11]) Karl Krejci-Graf: Grundfragen der Ölgeologie, Stuttgart 1930.