

Werk

Jahr: 1939

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:15

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0015

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0015

LOG Id: LOG_0024

LOG Titel: Erfahrungen mit einem neuen geothermischen Aufschlußverfahren

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

Erfahrungen mit einem neuen geothermischen Aufschlußverfahren

Von **M. Paul**, Berlin. — (Mit 4 Abbildungen)

Messungen der Erdbodentemperatur über Schwefelerzlagerstätten zeigen, daß die in ihnen fortlaufend produzierte Wärme zu einer Hebung der Bodentemperaturen über solchen Lagerstätten führt. Im vorliegenden Falle war es möglich, Lage und Verlauf eines unverritzten Pyritlagers aus einer durch Temperaturmessungen in 2 m Bodentiefe festgestellten und weiterverfolgten Bodenaufheizung anzugeben.

Wir wissen, daß Unterschiede in der Wärmeleitfähigkeit des Gesteins in der Größe der geothermischen Tiefenstufe zum Ausdruck kommen. Über einem Störungskörper, der sich durch eine besonders große Wärmeleitfähigkeit gegenüber seiner Umgebung auszeichnet, wölben sich die Geisothermenflächen auf. Im umgekehrten Falle einer schlechteren Wärmeleitfähigkeit senken sich die Geisothermenflächen über dem Störungskörper. Wenn nun diese Aufwölbungen und Senkungen der Geisothermenflächen sich bis in oberflächennahe Schichten in einer meßbaren Größenordnung auswirken sollten, so hätte man hierin die Möglichkeit, aus Temperaturbestimmungen in den oberflächennahen Schichten Schlüsse auf die Tektonik des tieferen Untergrundes zu ziehen. Diese Frage kann jedoch zur Zeit mangels ausreichender Kenntnisse theoretisch nicht beantwortet werden. Sie läßt sich deshalb nur durch systematische praktische Versuche klären.

Von vornherein läßt sich nicht verkennen, daß die Suche nach einer tiefenbedingten Komponente der Bodentemperaturen mit erheblichen Schwierigkeiten zu rechnen hat. Aus dem täglichen und jahreszeitlichen Wechsel der Einstrahlung treten Temperaturschwingungen im flacheren Erdboden auf, deren Amplitude von äußeren Bedingungen abhängig ist, nämlich von der Größe der Einstrahlung und von der Größe der Wärmeleitfähigkeit der äußeren Schichten. Ferner sollten sich Grundwasserströmungen im Sinne einer Verschleppung oder gar eines vollkommenen Ausgleichs der Bodentemperaturen auswirken. Allerdings ist die Grundwasserbewegung sehr langsam, und selbst bei einem Gefälle von 2 m auf 100 m beträgt der tägliche Vormarsch weniger als 10 m.

Alle diese äußeren Einflüsse lassen sich jedoch in einem ziemlich weitgehenden Grade eliminieren, wenn man die horizontale Temperaturverteilung in verschiedenen tiefen Schichten aufsucht. So kann man durch Messungen in zwei verschiedenen Tiefen den ersten Differentialquotienten, durch Messungen in drei verschiedenen Tiefen auch noch den zweiten Differentialquotienten der äußeren Wärmewelle ermitteln und aus dem Vergleich mit jeweiligen Normalwerten eine Korrekturgröße bestimmen. Noch einfacher wäre aber die Prüfung einer Tiefenabhängigkeit der Bodentemperaturen, wenn man nur in einem solchen Gelände mißt, das augenscheinlich keine wesentlichen Unterschiede in den äußeren Bedingungen aufweist.

Führt man die Messungen in einem solchen weitgehend äußerlich gleichförmigen Gelände durch, so kann man die tägliche Temperaturwelle dadurch ausschalten, daß man in eine genügende Bodentiefe geht. Die jahreszeitlichen Einflüsse lassen sich dann an Hand der Temperaturmessungen an einer „Basisstation“ eliminieren, indem man die jeweilige Änderung der Basistemperatur seit einem Stichtage mit entgegengesetztem Vorzeichen zu dem jeweiligen Meßergebnis hinzufügt.

Soweit in den Bodentemperaturen ein tiefenbedingter Einfluß auftreten sollte, kann man über die zu erwartenden Kurvenbilder im voraus einige Aussagen machen. Da der Wärmestrom aus sehr großen Tiefen aufsteigt, müßte bei Unterschieden in der Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes ein distributives Gesetz in der Verteilung der Bodentemperaturen auftreten derart, daß auffallenden Temperaturerhebungen entsprechende Temperatursenken benachbart sind. Dies müßte sich dahin auswirken, daß über einem Störungskörper von besonders geringer Wärmeleitfähigkeit eine Temperatursenke auftritt, die seitlich von zwei Temperaturüberhöhungen eingeschlossen wird. Da die Wärmeleitfähigkeit in Richtung der Schicht besser sein dürfte als quer zur Schicht, müßten über steil einfallenden Schichten ebenfalls Temperaturerhöhungen auftreten. Bei Aufwölbungen tieferer Schichten sollten beiderseits über den Stellen steilsten Anstiegs der Aufwölbung Temperaturerhöhungen auftreten, während die Temperatur über dem Scheitel der Aufwölbung wieder absinkt. Derartige Kurvenbilder konnten in den vielen Messungen der Erdbodentemperatur, die ich seit dem Frühjahr 1935 durchgeführt habe, oft beobachtet werden.

Ich möchte hier nun ausschließlich*) über Messungen an Schwefelkieslagern berichten, mit denen mich der Herr Staatssekretär Keppler als Präsident der Reichsstelle für Bodenforschung im Mai dieses Jahres zu einer ersten Prüfung der Brauchbarkeit dieser Methode beauftragt hat. Dieser Auftrag ging von der Erfahrung aus, daß in Schwefelkieslagern Wärme produziert wird, die nun, wenn überhaupt das Verfahren brauchbar sein sollte, oberflächlich nachweisbar sein müßte, zumal die in Betracht gezogenen Lagerstätten verhältnismäßig flach liegen sollten. Die Versuche wurden in der Gemarkung Pfaffenreuth (Oberpfalz) über Lagerstätten der Bergbau-Aktiengesellschaft Bayerland durchgeführt.

In diesem Gelände hatten bisher alle anderen Methoden bis auf das magnetische Verfahren versagt. Um nicht irgendwie beeinflußt zu sein, hatte ich mit dem technischen Direktor der Bayerland, Herrn Spross, vereinbart, daß mir keinerlei Hinweise auf die tatsächliche Lage der Lagerstätten gegeben werden sollten. Mir wurde lediglich mitgeteilt, daß eine Anzahl von Aufschlußbohrungen vorhanden sei, von denen ein Teil nicht fündig geworden wäre. Hervorheben möchte ich, daß ich ohne die weitgehende Unterstützung durch Herrn Direktor Spross bei den großen Schwierigkeiten, auf die Flachbohrungen in dem teilweise nur halb verwitterten Gestein stießen, wohl kaum zu einem Ergebnis gekommen wäre.

*) Vergl. hierzu: M. Paul, Über Messungen der Erdbodentemperatur an Salzdomen. Z. Geophys. 11, 388 (1935).

Fig. 1 zeigt den Verlauf der Bodentemperaturen in 2 m Tiefe entlang der ersten mir vorgeschriebenen Trace, deren erster Teil (120 m) im freien Felde, der andere Teil im Nadelwald verlief. Beim Übergang vom freien Felde in den Wald trat zunächst ein erheblicher Rückgang der Bodentemperaturen auf, wie

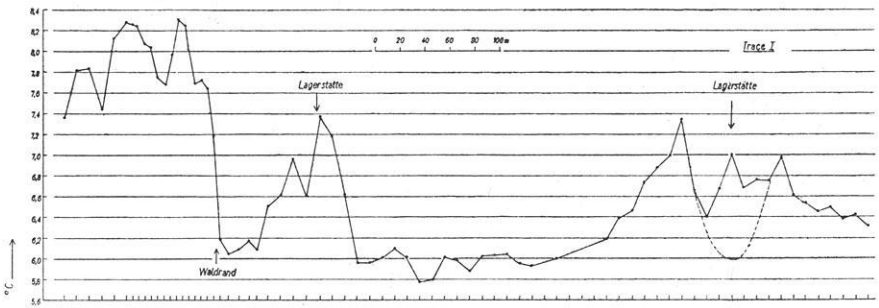


Fig. 1. Temperaturverlauf entlang einer Trace, die über zwei Schwefelerzlagerstätten hinwegführt. Die Trace läuft aus freiem Felde in Nadelwald hinein. Der verschiedenen Einstrahlung entspricht eine beträchtliche Verschiebung der Bodentemperaturen

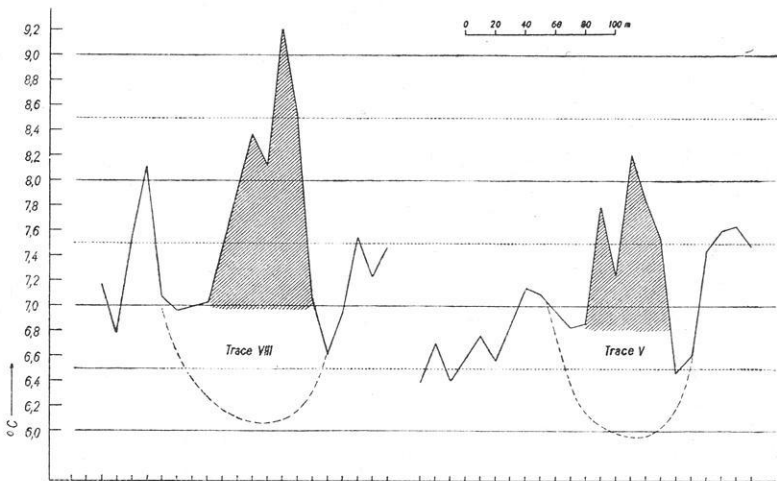


Fig. 2. Temperaturverlauf entlang zweier kurzer Tracen, die parallel zur Trace der Fig. 1 über das tiefer im Walde gelegene Schwefelerzlager gelegt sind. Die Bodenaufheizung aus der Wärmeproduktion der Lagerstätte erreicht hier einen maximalen Wert

dies ja auch in Anbetracht der verminderten Einstrahlung zu erwarten war. Im Walde wurden dann zwei auffallende Temperaturerhebungen festgestellt. Da ich keinerlei Anhaltspunkte über die Lage der Lagerstätte hatte als die, daß die Trace in ihrer vorgeschriebenen Länge über sie hinwegging, und mir zunächst erklärt wurde, daß die erste Temperaturanomalie uninteressant sei, ging ich der zweiten

Temperaturerhebung nach, deren weiteren Verlauf ich durch acht kürzere Paralleltracen ermittelte. Erst später erfuhr ich, daß die erste Temperaturerhebung über einem durch Schürfb Bohrungen erschlossenen, noch unverritzten Teil einer in Vorrichtung und Abbau befindlichen Schwefelkieslagerstätte lag.

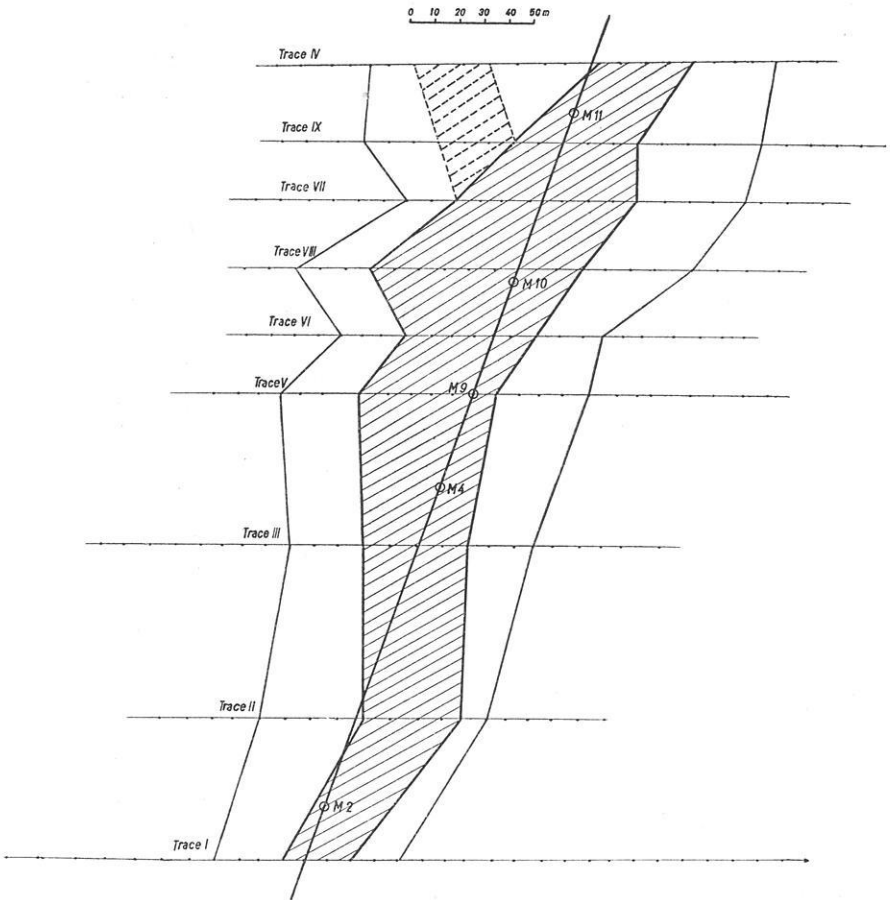


Fig. 3. Darstellung der (unverritzten) Schwefelkieslagerstätte der Fig. 1 und 2 nach dem in neun Paralleltracen ermittelten Verlaufe der Bodenaufheizung. Die aufgeheizte Zone ist durch Schraffierung hervorgehoben. Ihr Verlauf deckt sich mit magnetischen Messungen von M. Reich. Die Realität der Lagerstätte ist durch die fündigen Bohrungen M 2, M 4, M 9 und M 10 belegt

Bei der Weiterverfolgung der zweiten Temperaturerhebung der Trace 1 durch entsprechend gelegte Paralleltracen erhielt ich jedesmal das gleiche Bild einer in der Mitte aufgeheizten Temperatursenke. Die Aufheizungen nahmen zunächst beträchtlich zu, wie man an den hier herausgegriffenen Kurvenbildern

der Tracen V und VIII (Fig. 2) erkennen kann, die einen Abstand von 50 m voneinander haben. In dem Kurvenzug der Trace VIII erreicht die Aufheizung ihren maximalen Wert.

Ich habe nun die Stellen scheinbarer Aufheizung in ein Kartenblatt eingetragen (Fig. 3). Außerdem habe ich in diese Karte noch die Scheitel der beiden einhüllenden Temperaturwellen eingezeichnet. Die einander entsprechenden

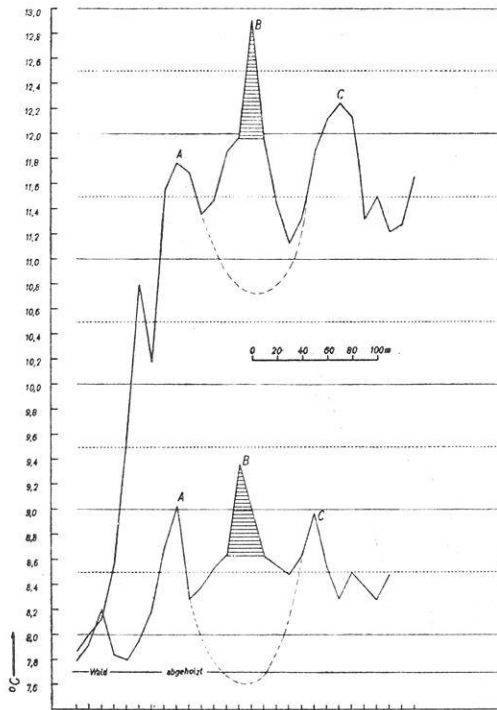


Fig. 4. Temperaturverlauf entlang zweier paralleler Tracen in einem Gebiete, durch das nach vorhergehenden (seitlich liegenden) Messungen von M. Reich eine magnetische Störungszone hindurchgehen sollte. Der schraffierte Teil der Temperaturkurven deckt sich mit der von Reich hier nachträglich aufgesuchten magnetischen Anomalie. Die obere Trace läuft aus Nadelwald ins Freie. Der Unterschied der Bodentemperaturen aus der verschiedenen Einstrahlung ist erstaunlich hoch

noch nicht vor, so daß die Frage der Realität einer entsprechenden Lagerstätte noch offen steht. Während die untere Trace wieder ganz im Walde verläuft, tritt die obere Trace bald nach ihrem Beginn in einen breiten, abgeholzten Geländestreifen ein. Der Temperaturunterschied im Erdboden aus der ver-

einander entsprechenden Punkte wurden geradlinig miteinander verbunden. Die schraffierte Fläche stellt das Gebiet der (vermuteten) Aufheizung dar. Wie dann später festgestellt werden konnte, deckt sich ihr Verlauf sehr genau mit dem Verlaufe der von Herrn Reich festgestellten magnetischen Anomalie, wobei insbesondere beide Methoden die gleiche S-förmige Führung der Störungszone angaben. Die Existenz einer hiermit zusammenhängenden Schwefelkieslagerstätte war durch die fündigen Bohrungen M 2, M 4, M 9, M 10 und M 11 nachgewiesen worden, die anlässlich der von Herrn Reich aufgefundenen magnetischen Anomalie in dieser Zone angesetzt wurden.

Zum Schluß will ich Ihnen noch zwei Temperaturkurven (Fig. 4) zeigen, die sich in einem anderen Geländeteile ebenfalls mit einer magnetischen Anomalie decken. Auch hier tritt eine in der Mitte aufgeheizte Temperatursenke auf, die von zwei seitlichen Temperaturerhebungen eingehüllt wird. Aufschlußbohrungen liegen hier

schiedenen Einstrahlung erreicht hier einen extremen Wert. Er ist ganz wesentlich größer als der in Trace I (Fig. 1) erhaltene Unterschied zwischen den Bodentemperaturen in Wald und Feld. Dies erklärt sich durch die inzwischen vorgeschrittene Jahreszeit (Anfang August gegenüber Anfang Juni). Trotz der wesentlich verschiedenen Einstrahlung ist eine Ähnlichkeit in den beiden Kurvenzügen der Fig. 4 nicht zu verkennen. Die beiden Tracen liegen etwa 50 m auseinander.

Mögen im einzelnen auch sicher äußere Einflüsse in die Meßkurven eingegangen sein, so kommt doch zweifellos auch ein tiefenbedingter Sinn hierin zum Ausdruck. Denn tatsächlich konnte hiermit eine Lagerstätte ohne jeden näheren Hinweis aufgefunden werden. Hinsichtlich eines weiteren Meßprogramms erscheint es mir vordringlich, derartige Messungen auf verschiedene Bodentiefen auszudehnen, um äußere Einflüsse in den Meßkurven herabzudrücken. Dies dürfte zu wesentlich glatteren Kurvenzügen führen. Daß die Messungen der Bodentemperatur reproduzierbar sind, ist schon früher mehrfach nachgewiesen worden.

Diskussionsbemerkungen zum Vortrage von M. Paul

M. Rössiger, Potsdam, erläutert kurz theoretische Überlegungen, die er zusammen mit Herrn Dr. M. Kohler, Universität Berlin, über die Verteilung der Temperatur über Einlagerungen verschiedener Wärmefähigkeit angestellt hat. Da die dem Problem angepaßte Randbedingung, nämlich die Konstanz der Wärmeübergangszahl (Erdoberfläche/Luft), wegen der schlechten Bestimmtheit dieser Größe nicht angewendet werden sollte, wurde die Temperaturverteilung berechnet unter Annahme einer konstanten Temperatur der Erdoberfläche. Für einen in der Tiefe d parallel zur Erdoberfläche liegenden zylindrischen Erzkörper vom Radius R und dem Wärmeleitvermögen λ' (Wärmeleitvermögen der Umgebung sei λ) beträgt der maximale lotrechte Temperaturgradient an der Erdoberfläche

$$a \left[1 + \frac{2 R^2}{d^2} \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda' + \lambda - \frac{R^2}{4 d^2} (\lambda' - \lambda)} \right],$$

wo a den ungestörten Temperaturgradienten bedeutet. Für eine mittlere Wärmeleitfähigkeit des Erzkörpers von $0,012 \text{ cal cm}^{-1} \text{ sec}^{-1}$, einem Wärmeleitvermögen des Nebengesteins von $0,003$, erhält man bei einem Verhältnis von $R/d = 1/2$ eine Zunahme des normalen Temperaturgradienten von 32% .

Für kugelförmige Einlagerungen und Rotationsellipsoide erhält man ähnlich gebaute Ausdrücke.

Rössiger weist darauf hin, daß diese Formel nicht anwendbar ist, wenn die Verteilung der Temperatur durch andere Prozesse (z. B. chemische Oxydationswärme) mitbedingt ist.