© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Normale und anormale Werte der geothermischen Tiefenstufe.

Vortrag gehalten in der Abteilung „Geophysik" der Naturforscherversammlung in Dresden. September 1907.

Von **Joh. Königsberger.**

Man hat als Einwand gegen die Annahme einer regelmäßigen Temperaturzunahme im Erdinnern oft vorgebracht, daß die Temperaturzunahme in der Nähe der Erdoberfläche eine recht unregelmäßige ist.

Das ist unbestreitbar richtig: an einzelnen Punkten erfolgt eine Temperatursteigerung von 1° auf fast 10 m (Neuffen), an andern auf 70 m (Chicago); in einigen Erzbergwerken ist lokal sogar eine Abnahme zu beobachten. Man kann entweder annehmen, daß diese verschiedenen Werte regellos verteilt sind (Jaczewski) oder dass sich nach geographischen und geologischen Gesichtspunkten eine brauchbare Einteilung erreichen läßt (diese Möglichkeit ist wohl von Branca zuerst angedeutet worden und in den Lehrbüchern von Credner, Günther, Lapparent vertreten) und daß diese Einteilung physikalisch und mathematisch beweisbar ist[1].

Die folgende Tabelle zeigt, daß ohne Schwierigkeit eine geographisch und geologisch begründete Einteilung zu erzielen ist, durch die in die scheinbaren Unregelmäßigkeiten Ordnung gebracht wird.

Die Messungen in Dakota (U.S.A.)[2] mit Tiefenstufen von 9,5—25 m vermag ich nicht einzuordnen, weil mir die Geologie der benachbarten Gegenden unbekannt ist. Die neu vom Geolog. Survey herausgegebene geologische Karte von Nordamerika gibt ringsherum nur Glacial an. Die geothermische Karte von N. H. Darton scheint mir darauf zu deuten, daß in der Nähe von Fort Randall jungvulkanische Erscheinungen vorhanden sein könnten. Wie weit der Einfluß solcher sich erstrecken kann, soll a. a. O. besprochen werden.

[1] Bezüglich aller Literaturangaben sei auf den Vortrag des Verf. (Compte rendu du X. Congrès géologique international Mexico, 1906) verwiesen, der einer liebenswürdigen Bemerkung von Herrn Rothpletz folgend im Druck wesentlich erweitert wurde.

[2] N. H. Darton, American. Journ. of Science (4). 5. 163. 1898.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

I. In nahezu ebener Gegend, in chemisch unveränderlichen Gesteinen, die nicht jungeruptiv sind.

Ort	Geothermische Tiefenstufe	Ort	Geothermische Tiefenstufe
Sperenberg (Berlin) . . .	32,0	Knurow (Gleiwitz, Böhmen)	c. 32,0
Paruschowitz (Oberschlesien, Rybnik) . . .	34,0	Dilworth (Homewood Pittsburg U.S.A.)	37,9
Schladebach (Merseburg Prov. Sachsen)	36,9	St. Louis (U.S.A.)	31,0
Sudenburg (Magdeburg) .	32,3	Umgegend von Marietta (W.-Virginia U.S.A.) . .	Mittel: 37,9
Sennowitz (Halle)	36,66	Menegaon (Indien) . . .	37,31
Lieth (Altona)	35,9	Pondicherry (Indien) . .	29
Artern (Thüringen) . . .	37,7	Kentish Tow (London) . .	29
Rehme (Westfalen) . . .	32,0	Scarle (Lincoln, England)	37,8
Minden (Westfalen) . . .	29,0	Troyes (Frankreich) . . .	29
Sauerbrunn (Böhmen) . .	32,0	St. André (Eure Frankreich)	32,5
Grenelle (Paris)	32,6	Wien	31,5
Mondorf (Luxemburg) . .	31,04		

II. In ebener Gegend, chemisch unveränderlichem Gestein, aber in der Nähe einer ausgedehnten Wassermasse.

Ort	Geothermische Tiefenstufe	Bemerkungen	
Tokio	39,8		
Ebene von Utrecht . . .	52,0		
Port Jackson (N.-S.-Wales, Australia)	44,0		
Kupferbergwerke am Lake Superior U.S.A.: Osceola	42	8 km vom See	Zahlen nach den korrigierten neuen Angaben von Supan, Peterm. Mitt. 1887 33. p. 26. (Richtige Oberflächentemperatur)
Atlantic, Central etc.	52—55	näher am See in 3 bis 4,8 km Abstand	
	67	in 1,5 km vom See	
Quincy	70	am Ende der Kalumethalbinsel am See	
Chicago (Michigan) . . .	49		
Bootle Wasserwerk von Liverpool	71,3		
Dunkerque (Frankreich) .	130	an der Nordsee	
Neapel	100		

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

III. Unter Bergen und Tälern.

Ort	Geothermische Tiefenstufe	Ort	Geothermische Tiefenstufe
Mont Cenis-Scheitel . . .	50	Adalbert-Schacht (Pribram, Böhmen)	60—65
Gotthard-Scheitel	45	Pregny (Genf)	27,0
„ -Tal	29		
Simplon-Scheitel	43,5		
„ -Tal	29		

IV. In jungeruptiver Gegend.

Ort	Geothermische Tiefenstufe	Bemerkungen
Neuffen (Schwäbische Alb)	11,3	jungtertiäre Basalte Explosionskratere
Sulz am Neckar	24,1	
Macholles (Frankreich, Limagne)	14,6	vulkanische Tätigkeit, Kohlensäure-exhalationen
La Rochelle	19,0	
Mti. Massi	13,5	jungtertiär-vulkanisch Fumarolen von Borsäure, Toskanische Maremmen
Budapest	15,0	heisse Quellen, infolge miocäner vulkanischer Tätigkeit

V. In trockenen Sanden und in andern Medien mit schlechter Wärmeleitfähigkeit.

Ort	Geothermische Tiefenstufe	Bemerkungen
Ghadame (Tripolis) . . .	20,0	Sand
Sahara, französ.:		
Tebestbest	25,5	Sand
Mogar	25,8	
Tinedla	26,1	
Jakoutsk	28,5	Eis
Buenos Aires	20,0	Pampas-Schichten

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

VI. In der Nähe wärmeproduzierender Einlagerungen.

a) In produktivem Steinkohlengebiet, Kohlenbergwerken, Öl- und Petroleumbrunnen.

Ort	Geothermische Tiefenstufe	Ort	Geothermische Tiefenstufe
Pechelbronn (Elsaß) . . .	21,0—13,9	Charmoy (Creusot, Frankreich)	26,0
Oberkuntzenhausen . . .	16,2	Seraing (Belgien) . . .	27,4
Newcastle (England) . . .	23,3	Kohlengrube Flénu (Belgien)	29,6
Anzin (Frankreich):		Rosebridge (England) . .	29,52
Puits Chabaud I . .	26,7		
„ „ II . .	20,6		
Puits Renard I . .	15,3		
„ „ II . .	15,4		

b) Erzbergwerke.

1. Idria oberhalb des Herdes Wärmeproduzierender Herd in 200 m Tiefe	10	2. Comstock: Forman-Schacht . .	Mittel: 17,1

VII. Messungen in Bergwerken, in denen durch Ventilation der ganze Gesteinskörper abgekühlt wird.

Ort	Geothermische Tiefenstufe	Ort	Geothermische Tiefenstufe
Mittel aller Messungen in Minen in Sachsen, nach Reich	42—43	Freiberg i. S.	31
Dass. nach der Bergwerkskommission	55	Cornouailles	31
		Schemnitz	41,4

Alle die Messungen sind in obigen Tabellen nicht enthalten, bei denen mehrere Faktoren gleichzeitig in Rechnung zu setzen sind, z. B. Kohlenflöze und Nähe des Meeres wie bei vielen englischen Kohlengruben, Erzgruben in Bergen, oder Meer und jungvulkanische Erscheinungen.

Als normalen Wert der geothermischen Tiefenstufe werden wir die Werte unter I bezeichnen: in Gegenden mit ebener Oberfläche und in Gesteinen, die nicht jungeruptiv sind, und die sich chemisch unter dem Einfluß der Atmosphärilien nicht verändern.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Der Mittelwert der besten Messungen unter I ist von dem Mittelwert aller Messungen nur wenig verschieden und beträgt etwa 32—34 m p. 1°. Er hängt etwas von der Wärmeleitfähigder betr. Gesteine ab.

Eine qualitative Erklärung für die 6 Gruppen anormaler Tiefenstufen ergibt sich von selbst und ist schon in den Überschriften angedeutet. Man muß aber versuchen, quantitativ die Größe der Tiefenstufe zu berechnen.

Der heute wohl zunächstliegende Einwand gegen eine zahlenmäßige Anwendung der Differentialgleichung von Fourier ist die Tatsache der Radioaktivität der Gesteine und der damit verbundenen Wärmeproduktion durch die radioaktiven Substanzen. Wir wollen hier nicht darauf eingehen, sondern auf die an anderer Stelle aus den Messungen von Elster und Geitel, Strutt u. a. gezogenen Folgerungen verweisen[1]. Die Differentialgleichung der Wärmeleitung von Fourier und zwar für den stationären Zustand ist in der Nähe (bis auf 10—20 km) der Erdoberfläche stets anwendbar, gleichgültig ob man Abkühlung einer ursprünglich heißen Kugel oder radioaktive Wärme oder andere Ursachen als Erklärung für die Temperaturzunahme nach dem Erdinnern hin annimmt.

Die Schwierigkeiten, die sich einer streng mathematischen Berechnung entgegenstellen, sind anderer Natur. Es liegt zunächst kein einfaches mathematisches Problem, wie Gültigkeit der Laplace'schen Differentialgleichung im Innern und gegebene Temperatur auf einer analytisch definierbaren Fläche als Randbedingung vor. Vielmehr sind 3 Faktoren zu berücksichtigen: 1. die verschiedene Wärmeleitfähigkeit der Gesteine, 2. stärkere Wärmeproduktion in beliebig gestalteten Einlagerungen, 3. die scheinbar ganz unregelmäßige Gestalt der Oberfläche, an der verschiedene Temperaturen herrschen. Eine vollkommen strenge Berücksichtigung aller dieser Einflüsse dürfte mathematisch recht schwer sein. Deshalb muß erörtert werden, wann und inwieweit jeder Faktor in Betracht kommt.

Da fast überall die Erdkruste aus verschiedenen Gesteinen besteht, ist der 1. Faktor scheinbar der wichtigste.

Doch ergibt schon die angenäherte Rechnung[2] — es ist das Kondensatorproblem mit Einlagerungen verschiedener Dielektrika —, daß in den praktisch vorkommenden Fällen der Einfluß verschiedener Wärmeleitfähigkeit k zu vernachlässigen ist, solange die Unterschiede nicht mehr als das Doppelte bis Dreifache betragen. Messungen über die Wärmeleitfähigkeit von trockenen Gesteinen sind in großer Zahl vorhanden, aber die absoluten Werte von k, die für dasselbe Gestein von verschiedenen Beobachtern gefunden wurden, differieren

[1] Physik. Zeitschrift 7. 297. 1906.
[2] Eclog. geol. helv. 9. 133. 1906.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

um mehr als das 10fache[1]. Deshalb sollen relative Messungen an bergfeuchten Gesteinen nach der Methode von W. Voigt darüber Aufschluß geben. Vorläufige Versuche in dieser Richtung zeigten, daß die Unterschiede der einzelnen Gesteine wie auch die Abhängigkeit von der Schichtung viel kleiner sind als meist angenommen wird. Daher braucht dem Faktor 1 nur durch nachträgliche Korrektion Rechnung getragen zu werden. Nur wenn lose Sande oder Eis etc., Substanzen mit wesentlich schlechterer Leitfähigkeit, sich auf weite Entfernungen (über 100 qkm) erstrecken (Tabelle, Abschnitt V) gilt der Satz, daß die Tiefenstufe der Leitfähigkeit direkt proportional ist.

Der 2. Faktor, Einlagerungen, die erhebliche Wärmemengen produzieren oder Abkühlung bewirken, bezieht sich nicht auf gleichmäßig verteilte Radioaktivität in Gesteinen etc. Letztere unterliegt in erster Annäherung der Laplace'schen Beziehung. Hier handelt es sich vielmehr um Einlagerungen oxydierbarer Substanzen, wie Kohlenflöze, Erzgänge etc., also starke ungleichmäßige Wärmeproduktion. Dieser Fall kann rechnerisch zufriedenstellend behandelt werden (vergl. l. c.). Man erhält das mit den Beobachtungen (Höfer, G. F. Becker) übereinstimmende Resultat, daß die Tiefenstufe oberhalb der Einlagerung sehr klein, unterhalb derselben bald normal wird, eventuell sich zunächst auch umkehrt. Überraschend ist die aus der Rechnung sich ergebende geringe Wärmemenge, wofür a. a. O. Beispiele (für Comstock Lode, Kohlenflöze etc.) gegeben sind. Vermutlich könnten sich praktische Anwendungen geeigneter Kühlung der Kohlenbergwerke daran knüpfen. Weit kleiner ist der Einfluß vereinzelter heißer oder kalter Quellen; sie wirken nur auf kleine Abstände.

Sehr interessant scheint mir die geothermische Tiefenstufe in vulkanischen Gegenden. Es sei hier nur an Hand der Tabelle Abschnitt IV kurz darauf aufmerksam gemacht, wie lang zeitlich andauernd und örtlich sich weit erstreckend (Neuffen-Sulz) der Einfluß eruptiver Magmen ist. Anderseits läßt sich auch daraus die verhältnismäßig geringe Tiefe berechnen, in der jetzt noch schmelzflüssige Magmen lokal vorhanden sind, im Einklang mit der Hypothese von Stübel. — Zahlreiche Beobachtungen von Geologen (am Vesuv, Vulkano, St. Maria-Guatemala usw.) weisen ferner mit großer Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß sich vulkanische Ausbrüche schon lange vorher thermisch bemerkbar machen. Verf. hat deshalb einen einfachen Alarmapparat sich überlegt, der in ein Bohrloch von etwa 20—40 m Tiefe am Fuß der Vulkankegel eingesetzt, eine kleine Erhöhung der Temperatur rechtzeitig, vermutlich Monate vorher, anzeigen würde.

Eine thermische Überwachung der Vulkane kann

[1] Dies. Centralbl. 1907 p. 200.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

praktisch wichtiger und theoretisch ebenso interessant sein wie das genaue sehr kostspielige Studium der seismischen Erscheinungen, das jetzt in allen Ländern gepflegt wird. In Deutschland ist es nicht möglich, darüber Studien anzustellen, doch hat der Verf. sich mit Herren der geologischen Landesanstalt in Mexiko in Verbindung gesetzt und hofft, daß vielleicht ein Versuch zustande kommt[1].

Am wichtigsten ist der 3. Faktor: die Gestalt der Oberfläche. Einen praktisch wichtigen Fall, Tunnel durch Kettengebirge, hat Herr Dr. Thoma[2] auf Veranlassung des Verf.'s untersucht und hat eine befriedigende mit der Erfahrung recht gut übereinstimmende Lösung gefunden.

Notwendig für die numerische Rechnung ist die Kenntnis der Bodentemperaturen. Leider ist diese in ihrer Abhängigkeit von der Höhe und auch von der geographischen Breite nicht genau bekannt; immerhin lassen sich die Beobachtungen und Darlegungen von Schubert, die sich auf Norddeutschland beziehen, hierfür verwerten. In Freiburg, Bärental und Feldberg hat der Verf. dank der Unterstützung durch das großh. badische Ministerium seit $1^1/_2$ Jahren Messungen vorgenommen, und für ein Gutachten über ein Tunnelprojekt hat der Kanton Graubünden dem Vortr. jetzt Gelegenheit geboten bis 2500 m Bodentemperaturen exakt zu messen.

Größere mathematische Schwierigkeiten macht das Problem, den Verlauf der Geoisothermen in der Nähe großer Wassermassen (Tabelle, Abschnitt II) zu berechnen; doch lassen sich angenäherte Lösungen finden, die mit der Erfahrung befriedigend übereinstimmen, worüber a. a. O. berichtet werden soll. Für diese und ähnliche Probleme der Geophysik müssen graphische und physikalische Rechnungsmethoden an Stelle der streng mathematischen angewandt werden.

---

[1] Vor zwei Jahren wurde von Herrn Prof. Thürach der Vorschlag gemacht, den Kaiserstuhl bei Freiburg i. B. thermisch zu kontrollieren. So dankenswert auch diese Anregung war, so scheint doch dem Vortr. weder der Ort noch die damals geplante Vorrichtung sehr geeignet.

[2] E. Thoma, Inaug.-Diss. Freiburg i. B. 1905.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: 1907

Autor(en)/Author(s): Königsberger Joh.

Artikel/Article: Normale und anormale Werte der geothermischen Tiefenstufe. Vortrag gehalten in der Abteilung „Geophysik“ der Naturforscherversammlung in Dresden. September 1907. 673-679