

Die aussergewöhnliche Wärmezunahme im Bohrloche von Neuffen verglichen mit ähnlichem Verhalten anderer Bohrlöcher*.

Von Professor Dr. **W. Branco** in Hohenheim.

Mit einem Anhange von Professor Dr. **A. Schmidt** in Stuttgart.

Inhalt: DUNKER's Ansicht über den hohen Wert der Beobachtungen im Bohrloche zu Neuffen. Trotz der durch Pfropfen abgesperrten Wassersäulen bleiben doch störende Strömungen in wassererfüllten Bohrlöchern bestehen. Temperaturbeobachtungen in den Bohrlöchern von Sulz, Oberstritten, Oberkutzenhausen, Pechelbronn, Macholles. Vergleichung der Ergebnisse. Kleine Tiefenstufen in Japan. Die abnorm grossen Tiefenstufen auf der Halbinsel Keweenaw, Michigan, U. S. Bei Neuffen kann der Druck nicht die Ergebnisse getrübt haben. A. SCHMIDT's¹ Widerlegung der Meinung, dass in gewisser Tiefe das Jahresmittel des Ortes an der Oberfläche herrschen müsse.

Während im allgemeinen Durchschnitte die Wärmezunahme nach dem Erdinnern hin nur eine derartige zu sein scheint, dass die geothermische Tiefenstufe etwa auf einen Betrag von einigen 30 m beziffert zu werden pflegt, fand im Bohrloche zu Neuffen² Graf MANDELSLOH einst Temperaturen, welche eine Tiefenstufe von 11,1 m³ ergeben. Diese ganz aussergewöhnliche Grösse der Wärme-

* Vortrag, gehalten bei der Generalversammlung in Stuttgart 1896.

¹ Die Berechnung aller in dieser Mitteilung erwähnten geothermischen Tiefenstufen erfolgt nach A. Schmidt (s. hinten) in der Weise, dass das Jahresmittel nicht in die Zone der unveränderlichen Temperatur (etwa 25 m Tiefe) gesetzt wird, sondern an die Erdoberfläche, dass also die Tiefenstufe von letzterer an beginnt. Daher ergeben sich bei Neuffen und Monte Massi geringe Unterschiede gegenüber dem in meiner unten citierten Arbeit Gesagten.

² Am NW.-Fusse der schwäbischen Alb.

³ Das Bohrloch von Neuffen war 1180 württ. Fuss tief = 337,5 m (1 m = 3,491' württ.). Es hatte in 100' = 28,6 m Tiefe eine Temperatur von 10,8° C.; in 1180' = 337,5 m Tiefe eine solche von 38,7° C. Geht man, wie in dieser Mitteilung überall geschehen, von der Tagesfläche und dem Jahresmittel, hier 8,33° C., aus, so ergibt sich als Tiefenstufe 11,1 m. Will man dagegen von der in 28,6 m Tiefe beobachteten Temperatur von 10,8° C. ausgehen, so folgt daraus eine Tiefenstufe von 11,4 m.

zunahme bei Neuffen ist zweifelsohne die Veranlassung gewesen, dass die Ergebnisse der dortigen Untersuchungen allmählich in den Hintergrund geschoben wurden. Mancher misstraute ihnen und schritt daher über sie mit Stillschweigen hinweg.

Von demselben Misstrauen ausgehend, bemühte ich mich vor einigen Jahren, durch eine Untersuchung des von MANDELSLOH benutzten Geothermometers und durch eine Kritik aller einschlägigen Verhältnisse die Ursachen zu finden, durch welche die — wie ich gleich anderen meinte — irrtümlich viel zu bedeutende Höhe der Temperaturbestimmungen in jenem Bohrloche herbeigeführt sein könnte. Der Erfolg dieser Untersuchung war indes ein völlig anderer als ich erwartete¹.

Nicht der mindeste Anhaltspunkt fand sich dafür, dass MANDELSLOH's Beobachtungen irrtümlich gewesen seien, vielmehr sprachen alle Gründe für die Richtigkeit derselben, so dass in der That, wenn auch noch so schwer zu erklären, am NW.-Fusse der schwäbischen Alb, mitten in dem ehemals vulkanischen Gebiete um Urach, eine ganz ungewöhnlich hohe Wärmezunahme stattzufinden scheint.

Ein zweifelloser Beweis, dass dem wirklich so sei, liess sich freilich, nachdem seit jenen Messungen ein halbes Jahrhundert vergangen, nicht mehr erbringen. Es ist daher für die Beurteilung dieser Frage gewiss von Bedeutung, dass in neuester Zeit und ganz ohne von meinem Versuche einer Ehrenrettung dieser Messungen zu wissen, auch von anderer Seite genau dieselbe Ansicht ausgesprochen worden ist; und dieses Urteil von dem „hohen Werte“ der Messungen bei Neuffen ist um so wichtiger, als dasselbe aus dem Munde eines Mannes kommt, der als Autorität gilt in dieser Frage nach einer möglichst fehlerfreien Ermittlung der Wärmezunahme. Die Arbeit, in welcher auf solche Weise auf Neuffen Bezug genommen wird, entstammt der Feder des nun verstorbenen Geheimen Bergrats DUNKER². DUNKER setzt nicht den mindesten Zweifel in die allgemeine Richtigkeit der Temperaturbestimmungen MANDELSLOH's. Im besondern aber geht er, gestützt auf

¹ W. Branco, Schwabens 125 Vulkan-Embryonen. Stuttgart bei Schweizerbart. 1894. S. 103—160. Vergl. auch diese Jahreshefte, Jahrgang 1894, S. 505 bis 997 und Jahrgang 1895, S. 1—337.

² E. Dunker, Über die Wärme im Innern der Erde und ihre möglichst fehlerfreie Ermittlung. Stuttgart bei Schweizerbart. 1896. 8°. 242 S. 2 Taf. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von Professor Dr. Reinhard Brauns in Giessen.

einen auch von mir hervorgehobenen Umstand, noch viel weiter, indem er sogar zu dem Ergebnisse gelangt, dass das Bohrloch zu Neuffen eines der ganz wenigen Bohrlöcher sei, welche überhaupt völlig richtige, genaue Angaben über die Temperaturzunahme nach dem Erdinnern zu liefern im stande waren. Von allen derartigen Untersuchungen giebt es nach DUNKER bisher nur fünf, bei denen wirklich richtige Beobachtungen erfolgten, nämlich: Neuffen an der Alb, Pegny bei Genf, Sperenberg bei Berlin, Sudenburg bei Magdeburg, Schladebach bei Merseburg.

Dieses Urteil DUNKER's stützt sich auf die folgende Überlegung: Alle Temperaturbeobachtungen in Bergwerken werden bekanntlich getrübt durch die meist künstlich noch verstärkten Luftströmungen, welche den unteren Teufen Abkühlung, den oberen Erwärmung mitteilen. Gleiches geschieht in trockenen Bohrlöchern durch die auch hier auftretenden Luftströmungen. Ähnliches vollzieht sich aber auch in den mit Wasser erfüllten Bohrlöchern. Wie dort die Luft, so steigt hier das warme Wasser unablässig aus der Tiefe empor, während gleichzeitig das kalte Wasser von der Oberfläche aus hinabsinkt. Es wird also auch hier zwischen oberen und unteren Teufen ein gewisser Grad von Ausgleichung der Temperaturen angestrebt und bewirkt. In allen drei Fällen muss mithin ein hinabgelassenes Thermometer unten zu niedrige, oben zu hohe Temperaturen anzeigen und es können unter Umständen durch besonders kalte oder warme Quellen recht grosse Fehler erzeugt werden.

Fast alle älteren Beobachtungen über die Wärmezunahme sind durch die genannten Übelstände mehr oder weniger beeinflusst, mithin fehlerhaft gewesen. Gerade DUNKER's Bemühungen aber ist es zuzuschreiben, wenn man sich bei neueren Bohrlochuntersuchungen von den durch das Wasser hervorgerufenen Irrtümern zu befreien suchte. In der jedesmaligen Teufe wird durch einen über und einen unter dem herabgelassenen Thermometer befindlichen Pfropfen ein kurzes Ende der Wassersäule abgesperrt. Dadurch wird eine jede Strömung in der letzteren unterbrochen und das abgesperrte kurze Stück der Wassersäule nimmt nun nach DUNKER die Temperatur des Gesteines an, welche letzterem an dieser Stelle der Röhre innewohnt. Das Geothermometer giebt daher in diesem Falle mit der Temperatur des Wassers zugleich auch die wirkliche des Gesteines in der betreffenden Teufe an. Auf solche Weise untersuchte DUNKER die Wärmezunahme in dem Bohrloche zu Sperenberg; auf solche Weise

sind auch diejenigen bei Sudenburg und Schladebach untersucht worden. Diese drei Beobachtungsreihen sind nach DUNKER die einzigen ihrer Art, welche zu wirklich genauen Ergebnissen geführt haben.

An Stelle dieser künstlichen Art, jene Fehlerquelle abzuschneiden, giebt es jedoch auch eine natürlich sich vollziehende. Das findet in den seltenen Fällen statt, in welchen das ganze Bohrloch mit Schlamm erfüllt ist. In letzterem kann natürlich keinerlei Strömung eintreten; in jeder beliebigen Teufe wird daher der Schlamm genau die Temperatur besitzen, welche der Erdrinde an dieser Stelle wirklich zukommt. Von allen untersuchten Bohrlöchern sind es, wie DUNKER hervorhebt, nur zwei, bei denen dieser Fall vorliegt: Pegny bei Genf und Neuffen an der Alb. Nur diese zwei, sowie jene drei Bohrlöcher lässt DUNKER hinsichtlich der Richtigkeit der in ihnen angestellten Temperaturbeobachtungen überhaupt gelten¹.

Die zahlreichen Untersuchungen über die in Bohrlöchern und Bergwerken mit wachsender Tiefe stattfindenden Temperatursteigerungen haben bekanntlich zu ganz entgegengesetzten Folgerungen über die Art und Weise des Anwachsens der Wärme und damit auch über unsere Vorstellungen von der Temperatur des Erdinnern geführt. Aus den einen Beobachtungsreihen glaubte man folgern zu müssen, dass die Wärme in selbener Masse wachse wie die Tiefe, aus den anderen, dass sie schneller, aus den dritten, dass sie langsamer anwachse als diese. Das letztere ist mit Vorliebe geltend gemacht worden und hat sogar zu der jedenfalls überraschenden Ansicht geführt, dass die Wärmezunahme, da sie mit wachsender Tiefe immer geringer werde, schliesslich ganz aufhören müsse. Dergestalt, dass in einer gar nicht so bedeutenden Tiefe ein gar nicht sehr hohes Maximum der Temperatur erreicht sei, von dem an es nun bis zum Mittelpunkt hin nicht mehr wärmer würde, sondern vielleicht gar kälter. Es leuchtet ein, dass in solchem Falle die jetzige Erdwärme nicht der Rest einer ehemals sehr hoch gewesenen Eigenwärme der Erde sein könnte, sondern von aussen her, durch die Sonne, der Erde mitgeteilt worden sein müsste.

In solcher Weise berechnet z. B. HOTTENROTH für Sperenberg, dass bereits in 20 435 Fuss Tiefe das Maximum der Temperatur mit 96° R. erreicht, dass es bei 42 221 Fuss Tiefe gleich Null sein und von der ab negativ werden würde. BRAUNS berechnet ebenso für

¹ In meiner oben citierten Arbeit hatte ich gleichfalls bereits diese Erfüllung mit Schlamm (S. 121) als einen der Beweise für die Richtigkeit der Beobachtungen des Grafen von Mandelsloh aufgeführt.

Schladebach, dass in 2250 m Tiefe die Temperatur ihr Maximum mit $59,63^{\circ}$ C. erreicht habe und von da an abnehmen müsse¹.

Mit aller Entschiedenheit wendet sich DUNKER gegen eine solche Auffassung, die nur auf Grund fehlerhafter Temperaturbeobachtungen habe Boden gewinnen können. Wenn man sich auf die fünf oben genannten, allein sicher richtigen Beobachtungen beschränke, so erhalte man das Ergebnis, welches man späterhin einmal als allgemeines Gesetz erkennen werde: dass die Erdwärme wie die Tiefe zunimmt. Zu Sperenberg, Sudenburg und Schladebach ergab sich dieses Gesetz sofort dann, wenn die Temperatur in abgeschlossenen kurzen Wassersäulen gemessen wurde. Zu Pregny, wo das Bohrloch mit Schlamm erfüllt war, nahm gleichfalls die Wärme sehr genau zu, wie die Tiefe. Zu Neuffen ergab sich sogar eine kleine Beschleunigung der Wärmezunahme mit der Tiefe.

Dem gegenüber steht die grosse Zahl von Beobachtungsreihen, bei denen sich eine deutliche Verzögerung der Wärmezunahme ergab. Da aber diese Beobachtungen nach DUNKER sämtlich fehlerhaft sind, so folgt, wie er betont, auch das Fehlerhafte des aus ihnen gezogenen Schlusses.

Scheinbar freilich steht diese Verurteilung eines solchen Schlusses im grellsten Widerspruche mit der Theorie. Nachdem FOURIER den mathematischen Ausdruck gegeben hatte für die Temperaturveränderung, welche, bei Abkühlung durch Wärmestrahlung und -leitung, gegen das Innere eines heissen, festen Körpers von überall gleicher Anfangstemperatur stattfindet, stellte sich allerdings eine Verzögerung der Wärmezunahme mit der Tiefe heraus. Allein, messbar wird diese Verzögerung erst von einer bestimmten Teufe an abwärts, welche so gross ist, dass die Tiefen, in welche wir hinabdringen können, dagegen sehr gering sind. Oberhalb dieser Teufe also gilt das nicht. Dieselbe liegt nun in 130 000 engl. Fuss, wenn wir mit THOMSON annehmen, dass sich die Abkühlung der Erdkugel bereits seit 100 Millionen Jahren vollziehe; und sie liegt immer noch in 13 000 engl. Fuss (fast 4000 m), wenn wir die, offenbar aber ganz unzulässige Annahme machen, dass seit Beginn der Abkühlung erst 1 Million Jahre vergangen sei. Das tiefste Bohrloch der Erde aber, Paruchowitz, misst, seitdem Schladebach mit 1748 m überholt ist, 2003 m. Damit bleiben wir auf alle Fälle, wie DUNKER betont, weit oberhalb der Teufe, von der an nach abwärts die durch die Theorie beanspruchte Verzögerung

¹ Neues Jahrbuch f. Min. etc. 1876. S. 717; 1877. S. 610; 1888. I. S. 180.

der Wärmezunahme überhaupt messbar wird; oberhalb dieser Teufe muss nach FOURIER's Formel die Wärme so gut wie in völlig gleichem Schritte mit der Tiefe anwachsen. Ergiebt sich durch unsere Beobachtungen dennoch anderes, so liegt das eben an nicht beseitigten Fehlerquellen.

Unter diesen letzteren kann auch der Umstand eine Rolle spielen, dass die in grösserer Tiefe durchbohrten Gesteine eine grössere oder geringere Leitungsfähigkeit für Wärme besitzen als die in den oberen Teufen des Bohrloches anstehenden. Gegen diese Fehlerquelle kann man sich nicht schützen. Daher sind die Beobachtungen im Bohrloche von Sperenberg so wichtige, weil dasselbe etwa 1140 m lang in genau demselben Gesteine, Steinsalz, stand. Aber vor allem liegt die scheinbare, so oft beobachtete Verzögerung der Wärmezunahme in dem oben erwähnten Umstande, dass infolge der Luft- oder Wasserströmungen von dem Thermometer in den oberen Teufen eine höhere Temperatur, in den tieferen eine niedrigere angegeben wird, als eigentlich der Erde innewohnt. Dadurch muss natürlich in den oberen, künstlich erwärmten Teufen das Wachstum der Wärme als ein schnelleres, in den unteren, künstlich erkälteten dagegen als ein langsames erscheinen. Mithin muss sich im ganzen Bohrloche die Wärmezunahme der Erde fälschlich als eine mit der Tiefe verzögerte darstellen.

Die Grösse dieser Fehlerquelle ist in verschiedenen Fällen offenbar eine sehr verschiedene. DUNKER hat bei Sperenberg in 3390 Fuss Tiefe die Temperatur ohne Abschluss der Wassersäule zu $33,6^{\circ}$ R. bestimmt, dagegen nach Aufhebung der Strömung durch Abschluss der Wassersäule zu $36,6^{\circ}$ R. Hier hatte also die Strömung eine um volle 3° R. = $3,75^{\circ}$ C. niedrigere Temperatur bewirkt, als der Erde wirklich zukam. In anderen Fällen dagegen war die auf solche Weise bewirkte Temperaturfälschung sehr viel geringer. So haben BRAUN und WAITZ¹ im Bohrloche zu Sulz in 710 m Tiefe ohne Wasserabschluss $36,8^{\circ}$ C. gemessen, mit Wasserabschluss dagegen $36,5^{\circ}$ C., was mithin nur einen Unterschied von $0,3^{\circ}$ C. ergiebt. Auch in dem Bohrloche zu Schladebach waren diese Unterschiede sehr gering; hier hing das wahrscheinlich mit dem in der Tiefe nur geringen Durchmesser desselben zusammen. Ob bei Sulz derselbe Grund vorlag, vermag ich nicht zu sagen. DUNKER hat übrigens wohl das Ergebnis der Untersuchungen bei Sulz nicht mehr gekannt, sonst hätte er sie gewiss mit zu den genau richtigen gezählt.

¹ Diese Jahreshefte. 1892. S. 11.

So hohen Wert nun aber auch DUNKER mit Recht auf den Wasserabschluss legt, er vernachlässigt doch eines: Es ist klar, dass, falls überhaupt Strömungen im Wasser eines Bohrloches vorher vorhanden waren, man auch nach Herstellung des Abschlusses nicht ganz genau die wahre Temperatur der Erde wird bestimmen können. Nehmen wir an, dass etwa in halber Tiefe eines solchen Bohrloches eine kurze Wassersäule durch zwei Pfropfen abgeschlossen wird. Damit ist zwar die vorher durch das ganze Bohrloch auf und ab gestiegene Strömung gestört, aber sie ist nicht vernichtet, sondern nur in zwei Hälften geteilt. In jedem der beiden Abschnitte des Bohrloches wird nach wie vor eine Strömung entstehen; in dem oberen vielleicht eine stärkere als in dem unteren, weil der Durchmesser hier grösser und die Abkühlung oben an der Luft eine stärkere ist. Wie vorher im ganzen Bohrloche durch die Strömung unten eine zu niedrige Temperatur erzeugt wurde, oben eine zu hohe, so muss theoretisch dasselbe der Fall sein in jeder der beiden Hälften. Es werden daher die beiden Pfropfen der abgesperrten Wassersäule in der Weise begrenzt werden, dass an den oberen Pfropfen die zu niedrige Temperatur der oberen Hälfte, an den unteren Pfropfen die zu hohe Temperatur der unteren herantritt. Beide verschiedenen Temperaturen werden auf die Pfropfen einwirken und durch diese hindurch auf die zwischen ihnen befindliche abgesperrte Wassersäule. Schon HENRICH hat¹ darauf hingewiesen. Aber er hat auffallenderweise nur den abkühlenden Einfluss der oberen Strömung, nicht auch den erwärmenden der unteren hervorgehoben; vermutlich, weil er sich die abgesperrte Wassersäule nur ziemlich nahe an den Boden des Bohrloches gerückt dachte.

Nun kann aber eine kurze Wassersäule in jeder beliebigen Tiefe des Bohrloches abgesperrt werden; und je nach ihrer Höhenlage wird sich der Einfluss dieser beiden Strömungen auf sie verschieden gestalten. Befindet sie sich, wie wir vorhin annahmen, in der halben Tiefe des Bohrloches, so werden sich die von oben abkühlende und die von unten erwärmende Einwirkung vielleicht das Gleichgewicht halten können. Ist sie nahe an den Boden des Bohrloches gerückt, so wird der abkühlende Einfluss der oberen Strömung sich wesentlich allein geltend machen. Ist sie umgekehrt nahe an die Öffnung des Bohrloches gerückt, so wird der erwärmende Einfluss der unteren überwiegen. Man wird nicht einwerfen dürfen,

¹ Neues Jahrbuch f. Min. etc. 1877. S. 905.

dass dieser Einfluss der Strömungen unendlich klein sei gegenüber dem Einflusse der durch ihre Masse unendlich viel grösseren Erde; denn auf die kurze abgesperrte Wassersäule wirkt ja die Temperatur der Erde zunächst, direkt auch nur auf einer entsprechend kurzen Strecke ein.

Vielleicht erklärt sich der Umstand, dass z. B. bei Sulz und bei Schladebach die Temperatur bei abgesperrter Wassersäule nicht wesentlich anders als bei unabgesperrter war, zum Teil auch durch den Einfluss der beiden Strömungen.

Je nach den Verhältnissen wird dieser Einfluss sich mehr oder weniger geltend machen können. Wie dem aber auch sei, es geht doch aus diesen Betrachtungen hervor, dass die Erfüllung eines Bohrloches mit Schlamm, da derselbe keinerlei Strömung gestattet, unter sonst gleichen Verhältnissen noch richtigere Temperaturmessungen gewährleisten muss, als der Abschluss kurzer Wassersäulen im wassererfüllten Bohrloche. Es müssen daher die Bestimmungen in den Bohrlöchern zu Pegny bei Genf und — worauf es uns hier besonders ankommt — zu Neuffen an der Alb sogar noch etwas sicherere Bedingungen für das Anstellen von Untersuchungen über die Zunahme der Temperatur gewährt haben, als selbst diejenigen von Sperenberg, Sudenburg und Schladebach, d. h. sie müssen die allersichersten sein, die je gemacht wurden.

Wir haben bei Neuffen die überraschend grosse Wärmezunahme von durchschnittlich 1° C. auf 11,1 m Tiefe. In den oberen Teufen, von 0—600 Fuss, ist die Wärmezunahme etwas kleiner: auf je 100 württ. Fuss 2,53° C. In den unteren, von 600—1180 Fuss, ist sie etwas grösser: auf je 100 württ. Fuss 2,62° C. Die Wärmezunahme ist hier also eine etwas beschleunigte, denn die geothermische Tiefenstufe beträgt von 0—600 Fuss 11,31 m; von 600—1180 dagegen 10,90 m. Das sind aber Unterschiede geringer Art, so dass sich das Bohrloch von Neuffen fast genau den vier anderen, oben genannten anschliesst, bei welchen die Wärme im geraden Verhältnisse mit der Tiefe wächst. Zur Unterstützung der Glaubwürdigkeit dieser Untersuchungen habe ich bereits in meiner oben angeführten Arbeit¹ darauf hingewiesen, dass bei Monte Massi in Toskana eine ganz ähnlich starke Wärmezunahme stattfindet; denn dort wurde eine Tiefenstufe von 13,5 m beobachtet. Nach dem ein-

¹ l. c. S. 141.

gangs Auseinandergesetzten muss jedoch bei Monte Massi die Tiefenstufe in Wirklichkeit noch kleiner, d. h. derjenigen von Neuffen noch ähnlicher sein: Es handelt sich hier nicht um ein Bohrloch, sondern um einen Schacht, dessen Boden durch die in grosser Masse hinabstürzende Luft verhältnismässig stark abgekühlt werden muss. Wenn daher BUNSEN in 348 m Tiefe dort 41,7⁰ C. vom Thermometer ablas, so wird in dieser Teufe die eigentliche Erdtemperatur notwendig eine höhere, folglich die wirkliche Wärmezunahme eine grössere sein müssen. Es kann daher kein nennenswerter Unterschied zwischen der Tiefenstufe von Neuffen und Monte Massi bestehen.

Aber abgesehen von diesem in Toskana gelegenen Punkte kann ich jetzt noch vier¹ bzw. fünf geographisch unvergleichlich viel näher liegende Punkte anführen, an denen sich die Wärmezunahme fast genau ebensogross bzw. noch grösser als bei Neuffen erwiesen hat. Es sind das ein Bohrloch bei Macholles in der Limagne, über welches MICHEL-LÉVY berichtete; und drei bzw. vier Bohrlöcher nördlich von Strassburg i. Elsass, also Punkte, welche von Neuffen nur ungefähr 120 km Luftlinie entfernt liegen. DAUBRÉE hat über einige dieser Beobachtungen berichtet², VAN WERVEKE³ hat uns die Ergebnisse einer weiteren Beobachtungsreihe, bei Oberkutzenhausen, übermittelt. Diejenigen einer dritten und neuesten, bei Pechelbronn, verdanke ich den liebenswürdigen Mitteilungen, mit welchen der Direktor der Pechelbronner Ölbergwerke in Schiltigheim bei Strassburg, Herr J. LEPPMAN, meine Bitte erfüllte, mich über gewisse Punkte bei diesen Temperaturbestimmungen aufklären zu wollen. Ich unterlasse nicht, an dieser Stelle dafür meinem verbindlichsten Danke Ausdruck zu geben. Diesen Mitteilungen entnehme ich die folgenden näheren Umstände⁴:

¹ Das Bohrloch bei Sulz ist nur 178 m tief, daher zum genauen Vergleiche ungeeignet.

² Compt. rend. des séances hebdomadaires de l'Académie des Sciences, Paris, T. 117. 1893. S. 265—269.

³ Vorkommen, Gewinnung und Entstehung des Erdöls im Unter-Elsass. Zeitschr. f. praktische Geologie. Berlin 1895. S. 106.

⁴ Das Gebirge, in welchem diese drei Bohrlöcher niedergebracht sind, gehört dem Unteroligocän von Hagenau, Wörth, Weissenburg nördlich von Strassburg i. E. an; dasselbe besteht aus Brackwasser-Mergeln mit Sandadern. Wie der alte Ortschaftsname „Pechelbronn“ andeutet, wurde dort bereits seit alten Zeiten Erdpech bzw. Erdöl aus Quellen geschöpft. Jetzt hat die Gewinnung des Petroleums in diesem Gebiete so breiten Fuss gefasst, dass hier die grösste Menge des Steinöles gewonnen wird, welches Deutschland liefert. Hunderte von

Die Temperaturbestimmungen machte der Bohrleiter, Herr BÜRCK. Das von ihm angewendete Geo-Thermometer war einmal das WALFERDIN'sche¹, sodann auch andere Quecksilber-Füll-Thermometer.

Die Thermometer blieben jedesmal eine halbe bis eine ganze Stunde in der betreffenden Tiefe.

Das Bohrloch war verröhrt. Die Temperaturen wurden stets bei der Verröhrung bestimmt und zwar in der Weise, dass das Thermometer immer 1—2 m höher war, als der Kranz, das Ende des Futterrohres.

Das Bohrloch war stets schlammfrei, aber voll Wasser.

So überraschend gross auch die Wärmezunahme ist, welche sich in diesen Bohrlöchern geltend macht, man wird in den aufgeführten Verhältnissen keinen Grund finden, dieselbe zu bemängeln. Im Gegenteil, die meisten dieser Punkte sprechen dafür, dass die Wärmezunahme in Wirklichkeit sogar noch etwas grösser sein muss, als das Thermometer angab: Die Wasserströmung, welche in dem Bohrloche herrschte, musste aus der Tiefe einen Teil der Wärme in die Höhe entführen. Die Temperatur der Erde muss daher in der Tiefe eine noch höhere sein, als das im Wasser hängende Thermometer angab, d. h. die Wärmezunahme muss noch etwas grösser sein, als sie ohnehin schon ist.

Genau in demselben Sinne muss auch die die Wärme gut leitende, eiserne Verröhrung gewirkt haben, nur in geringerem Masse.

Auch das jedesmal nur $\frac{1}{2}$ —1 Stunde währende Verweilen des Thermometers im Bohrloche könnte, wenn überhaupt, dann jedenfalls nur den Erfolg gehabt haben, dass das Instrument noch nicht ganz voll den Betrag der in der Tiefe herrschenden Temperatur anzeigte, keinesfalls aber einen zu grossen.

Dass in der That Wärme aus der Tiefe in die Höhe verfrachtet worden ist, sehen wir zweifellos bewiesen dadurch, dass das Bohrloch in der Zone der unveränderlichen Temperatur, d. h. in etwa 25 m Tiefe eine ganz bedeutend viel höhere Wärme aufwies, als das durchschnittliche Jahresmittel. Allerdings besitzen wir nur von Oberkutzenhausen eine solche Messung; denn bei den anderen beiden Bohrlöchern haben die Temperaturbestimmungen leider erst in grösserer Tiefe begonnen. Bei Oberkutzenhausen aber zeigte sich ein ganz gewaltiger Unterschied zwischen dem Temperaturgrade, welchen die Erde in

Bohrlöchern sind gestossen, im Felde von Pechelbronn allein über 500, um neue Quellen zu eröffnen. Im Jahre 1894 wurden über 15000 t Rohöl im Unterelsass gewonnen.

¹ Geissler, Preisverzeichnis II. 1892. Nr. 2307.

Wirklichkeit besitzen muss, und demjenigen, welchen das in dem von unten her erwärmten Wasser hängende Thermometer wirklich und fälschlich angab:

Das Jahresmittel jener Gegend beträgt etwa 10° C. Ungefähr diese Temperatur muss daher — wie die Geophysik lehrt — die Erde dort in einer Tiefe von etwa 25 m besitzen. Statt dessen zeigte das Thermometer bei 28 m, also in einer um nur 3 m grösseren Tiefe, bereits 16° C. Bei Oberkutzenhausen hat also das Geothermometer in der Zone der unveränderlichen Temperatur eine das Jahresmittel um $5\frac{3}{4}^{\circ}$ C. übersteigende Wärmemenge festgestellt. Das ist ein sehr hoher Betrag. Annähernd eben so hoch ist er in Pechelbronn (s. später); dort wird das Jahresmittel um 6° C. in dieser Zone überschritten. Er wird aber noch bei weitem übertroffen durch das Verhalten in der Calumet and Hecla Mine am Oberen See¹, wo dicht unter dieser Zone, in 32 m Tiefe, statt des Jahresmittels von $4,5^{\circ}$ C. nicht weniger als 15° C. festgestellt wurden. Das giebt eine Überschreitung des Jahresmittels um fast $10,5^{\circ}$ C., wogegen wir bei Sperenberg nur eine solche von $3\frac{1}{2}^{\circ}$ C. haben.

Ein solcher Unterschied zwischen der wirklich beobachteten Temperatur und dem Jahresmittel muss sich natürlich in allen Bohrlöchern zeigen, in welchen Fehlerquellen der angedeuteten Art thätig sind. HENRICH² hat darauf hin die Vermutung ausgesprochen, dass diese Überschreitung des Jahresmittels in jener Zone eine ganz allgemeine Eigenschaft sei, welche sich in jedem Bohrloche bestätigt finden müsse.

Allem Anschein nach hat HENRICH als Ursache dieser Erscheinung nur die genannten Fehlerquellen im Auge. Es giebt aber ausser dieser, auf anormales Verhalten gegründeten Ursache noch eine durchaus normale, durch welche ein gewisses Mass von Temperaturüberschreitung über das Jahresmittel zur gesetzmässigen Notwendigkeit wird; wie das A. SCHMIDT hervorhob und am Schlusse dieser Mitteilung dargelegt werden soll, um hier den Gang der Betrachtung nicht zu unterbrechen.

Ich wende mich nun zu der Besprechung der bei den einzelnen Bohrlöchern erlangten Ergebnisse.

¹ Ich gebe das Weitere dieser interessanten Verhältnisse am Oberen See am Schlusse der Arbeit, um hier nicht zu weit abzuschweifen.

² Neues Jahrbuch f. Min. etc. 1877. S. 905.

1. Ein Bohrloch bei Sulz ergab, nach DAUBRÉE, eine Tiefenstufe von 12,7 m. Da dieses Bohrloch nur die geringe Tiefe von 178 m besass, so ist dasselbe für den Vergleich nicht im selben Masse wertvoll, wie die anderen. Diese Temperaturbestimmung soll zudem, wie mir Herr Kollege von ECK freundlich mitteilte, später eine Korrektur erfahren haben. Es war mir jedoch nicht möglich, in der Literatur die betreffende Angabe aufzufinden. Aus der von DAUBRÉE angegebenen Tiefenstufe von 12,7 m ergibt sich, dass derselbe in ganz derselben Weise wie in dieser Arbeit geschehen, an der Tagesfläche und mit dem Jahresmittel begonnen hat. Wir haben dann

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe
0 m	10° C.	178 m 14° C.	12,7 m
178 „	24 „		

2. Ausführlicher und bis zu grösserer Tiefe reichend sind die Angaben DAUBRÉE's über ein Bohrloch „im Walde von Hagenau“, welches VAN WERVEKE als von „Oberstritten“ anführt. Hier ergeben sich die folgenden Zahlen:

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur
305 m	47,5° C.	510 m	60,0° C.
330 „	52,5 „	540 „	59,4 „
360 „	53,7 „	580 „	59,4 „
400 „	57,5 „	600 „	60,6 „
420 „	58,7 „	620 „	60,6 „
480 „	58,7 „		

Diese Tabelle lässt starke Unregelmässigkeiten in dem Gange der Wärmezunahme erkennen. Je in 420 und 480, in 540 und 580, in 600 und 620 m Tiefe zeigt sich gar keine Temperatursteigerung! Von 360 auf 400 findet umgekehrt eine besonders starke statt; von 420 bis 620 dagegen eine äusserst schwache.

Solche Unregelmässigkeiten könnten stutzig machen, so dass man an der Richtigkeit der Messungen zweifeln möchte. Aber wir werden Ähnliches auch bei den unter 3 und 4 zu besprechenden Bohrlöchern wiederfinden, welche von anderer Hand und in späterer Zeit gemessen wurden. Dieser Umstand spricht für die Richtigkeit der Temperaturbestimmungen bei Oberstritten.

Überaus gross ist unter solchen Umständen der Unterschied zwischen der Wärmezunahme in der oberen Hälfte des Bohrloches und derjenigen in der unteren; denn wir haben

von	0	bis	305	m	eine	Tiefenstufe	von	8,1	m.	Auch	noch
"	0	"	420	"	"	"	"	8,6	"	Aber	
"	305	"	620	"	"	"	"	24,0	"	Und	gar
"	420	"	620	"	"	"	"	105,3	"	!	

Das ist eine ganz abnorme Verzögerung der Wärmezunahme, denn die Tiefenstufe ist in der unteren Hälfte dreimal so gross wie in der oberen; und im untersten Drittel sogar zwölfmal so gross wie in den oberen zwei Dritteln!

Trotzdem aber hat die ganze Tiefe des Bohrloches immer noch eine durchschnittliche Tiefenstufe von nur 12,2 m, weil dieselbe oben so klein ist.

Die folgende Tabelle lässt das Wechselnde der Tiefenstufen für Oberstritten noch genauer erkennen.

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe
0 m	10° C.)	305 m 37,5° C.	8,1 m
305 "	47,5 ")		
0 "	10 ")	330 " 42,5 "	7,8 "
330 "	52,5 ")		
0 "	10 ")	420 " 48,7 "	8,6 "
420 "	58,7 ")		
0 "	10 ")	510 " 50 "	10,2 "
510 "	60 ")		
0 "	10 ")	620 " 50,6 "	12,2 "
620 "	60,6 ")		
305 "	47,5 ")	115 " 11,2 "	10,32 "
420 "	58,7 ")		
330 "	52,5 ")	180 " 7,5 "	24,0 "
510 "	60 ")		
305 "	47,5 ")	315 " 13,1 "	24,0 "
620 "	60,6 ")		
420 "	58,7 ")	200 " 1,9 "	105,3 "
620 "	60,6 ")		

Vergleicht man nun an der Hand obiger Zahlen die Wärmezunahmen in den Bohrlöchern zu Oberstritten und zu Neuffen miteinander, so ergibt sich:

In dem 620 m tiefen Bohrloche von Oberstritten finden wir durchschnittlich eine geothermische Tiefenstufe von 12,2 m, d. h. fast genau denselben Betrag wie bei Neuffen mit 11,1 m. Vergleicht man aber wirklich Gleichwertiges, so ergibt sich, dass bei Oberstritten die Wärmezunahme noch viel grösser ist, als bei Neuffen; denn von der 0 bis

zur 330 m Teufe beträgt die Tiefenstufe bei Oberstritten sogar nur 7,8 m gegenüber den 11,1 m bei Neuffen.

Es ist diese Teufe von 330 m nämlich so ziemlich genau dieselbe, bis zu welcher das Bohrloch von Neuffen niedergebracht wurde, das mit seinen 1180 württ. Fuss eine Teufe von 375 m erreichte. Will man aber die durchschnittliche Wärmezunahme in zwei verschiedenen Bohrlöchern wirklich genau miteinander vergleichen, so ist es nötig, dass man auch annähernd gleiche Tiefen in Parallele stellt, nicht etwa hier ein tiefes, dort ein flaches Bohrloch.

3. Gar nicht weit von diesem Bohrloche von Oberstritten wurde nun, bei Oberkutzenhausen, ein anderes Bohrloch gestossen, dessen Wärmezunahme trotz der räumlichen Nähe bereits bedeutend von der des ersteren abweicht. Ich entnehme die folgenden Zahlen der in voriger Anmerkung citierten Arbeit VAN WERVEKE'S:

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur
236 m	18° C.	407 m	37° C.
275 „	23 „	435 „	38 „
281 „	27 „	461 „	37 „
334 „	34 „	491 „	40 „
365 „	34 „	509 „	41 „
387 „	36 „		

Wie bei Oberstritten, so zeigt sich auch hier wieder grosse Unregelmässigkeit, indem die Wärme mehrmals nicht zunimmt: So bleibt sie von 334—365 m auf 34° C. stehen und in 461 m bleibt sie ebenso wie in 407 m nur 37° C., während sie dazwischen, bei 435 m, bereits 38° C. betrug.

Die durchschnittliche Wärmezunahme ist geringer als bei Oberstritten. Während an letzterem Orte die Tiefenstufe von 0 bis zu 510 m Tiefe einen durchschnittlichen Wert von 10,2 m aufweist, hat sie hier von 0 bis zu 509 m, also bei fast derselben Tiefe wie dort, einen solchen von 16,4 m. Das ist zwar ein höherer Betrag, auch ein höherer als bei Neuffen und bei Monte Massi; aber immerhin ist er doch noch so klein, dass die Wärmezunahme auch hier noch eine sehr grosse genannt werden muss.

Während wir bei Oberstritten eine gewaltige Verzögerung der Wärmezunahme haben, zeigt Oberkutzenhausen gerade umgekehrt eine sehr starke Beschleunigung derselben: Von 0—236 m Tiefe, also in fast der oberen Hälfte, misst die Tiefenstufe 29,5 m; von 236—509 m Tiefe, also in fast der unteren Hälfte, misst sie nur 11,4 m, also nahezu 2^{1/2}mal

so wenig! Allein sie verdankt das nur der kurzen Strecke von 236—334 m Tiefe, auf welcher die Stufe den ganz auffallend geringen Wert von nur $6,1^{\circ}$ C. erlangt; denn von 334—509 m Tiefe schwillt die Stufe sofort wieder auf den vierfachen Betrag des soeben genannten an, nämlich 25 m. Es ist hierbei bemerkenswert, dass in dieser selben Tiefenlage der Wert der Stufe bei Oberstritten fast genau derselbe hohe ist, nämlich 24 m.

Die folgende Tabelle giebt diese Zahlen für die wechselnden Tiefenstufen bei Oberkutzenhausen an:

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf		Tiefenstufe
0 m	10° C.	236 m	8° C.	29,5 m
236 „	18 „			
0 „	10 „	334 „	24 „	13,9 „
334 „	34 „			
0 „	10 „	509 „	31 „	16,4 „
509 „	41 „			
236 „	18 „	98 „	16 „	6,1 „
334 „	34 „			
236 „	18 „	263 „	23 „	11,4 „
509 „	41 „			
334 „	34 „	175 „	7 „	25,0 „
509 „	41 „			

Es nähert sich mithin die Wärmezunahme bei Oberkutzenhausen mit 13,9 m recht stark derjenigen bei Neuffen mit 11,1 m, so lange wir ungefähr gleiche Tiefen der Bohrlöcher (334 m und 337 m) in Parallele stellen. Die Durchschnitts-Tiefenstufe der ganzen Bohrlöcher aber weicht in etwas höherem Masse von einander ab; denn bei Oberkutzenhausen mit 509 m Tiefe ist sie 16,4 m gross, bei Neuffen mit 337 m Tiefe nur 11,1 m.

4. Ich gebe nun die bisher noch nicht veröffentlichten Temperaturbestimmungen eines dritten, kürzlich bei Pechelbronn gestossenen Bohrloches, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Direktor LEPPMAN zu Schiltigheim bei Strassburg i. E. verdanke.

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur
28 m	16° C.	203 m	23° C.	380 m	37° C.
36 „	17 „	230 „	25 „	393 „	$37\frac{1}{2}$ „
50 „	18 „	245 „	28 „	402 „	38 „
60 „	19 „	260 „	28 „	415 „	39 „
73 „	21 „	273 „	29 „	429 „	$40\frac{1}{2}$ „
94 „	21 „	296 „	30 „	439 „	41 „
105 „	21 „	305 „	30 „	447 „	42 „

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur
120 m	21° C.	319 m	33° C.	456 m	42 ¹ / ₂ ° C.
140 „	21 ¹ / ₂ „	323 „	34 „	472 „	44 „
153 „	21 ¹ / ₂ „	340 „	34 ¹ / ₂ „	487 „	46 „
170 „	22 „	350 „	35 „	500 „	47 „
182 „	22 „	360 „	36 „	516 „	47 „
193 „	23 „	369 „	36 ¹ / ₂ „		

Aus diesen Zahlen ergibt sich auch hier wieder die Thatsache, dass man ein und dieselbe Temperatur gleichbleibend in verschiedenen Tiefen gefunden hat: so namentlich die 21° C. in 73, 94, 105 und 120 m Tiefe. Das mag ja zum Teil, wie bei den anderen beiden Bohrlöchern, an nicht genügender Feinheit des angewendeten Geothermometers liegen. Zum grösseren Teile aber ist es entschieden nur der Ausdruck thatsächlicher Verhältnisse; denn in den nächsten beiden Tiefen, 140 und 153 m, betrug die Temperatur nur 21¹/₂° C., so dass also nur ein kleiner Fehler vorliegen könnte; denn anderenfalls müsste hier ein grösserer Sprung in höhere Temperatur erfolgen¹.

Dieses Pechelbronner Bohrloch ist das einzige der drei, bei welchem auch in geringer Tiefe unter der Erdoberfläche die Temperatur bestimmt wurde. In 28 m Tiefe zeigten sich 16° C., während das Jahresmittel, welches nach allgemeiner Annahme etwa in dieser Tiefe herrschen müsste, nur 10° C. beträgt. Wir haben diese Verhältnisse bereits auf S. 38 betrachtet.

Unter solchen Umständen muss es natürlich einen grossen Unterschied ergeben, je nachdem der Wert der Tiefenstufe berechnet wird von der wirklich beobachteten, aber gewiss durch Fehlerquellen erhöhten Temperatur von 16° C. in 28 m Tiefe (Abtlg. I), oder von der bei 0 m herrschenden von 10° C. (Abtlg. II). Nur auf diese Letztere werden wir uns stützen dürfen. Die folgende Tabelle zeigt diese grossen Unterschiede, die sich hierbei für den Wert der Tiefenstufe bei dem Bohrloche von Pechelbronn ergeben:

I. Ausgang von 16° C. in 28 m Tiefe.

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe
28 m	16° C.	312 m 18,5° C.	18,5 m Ia.
340 „	34,5 „		
28 „	16 „	387 „ 23 „	16,8 „ Ib.
415 „	39 „		

¹ Wenn nämlich in 105 und 120 m Tiefe statt fälschlich gemessener 21° C. vielleicht schon 22 oder 23° geherrscht hätten, dann würde sich das dadurch verraten, dass nun in 140 m Tiefe eine abermals höhere Temperatur gefunden wäre. Da aber in 140 m Tiefe nur 21¹/₂° gemessen wurden, so muss die Messung von 21° in 120 und 105 m Tiefe wohl richtig sein.

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe
28 m	16° C.)	488 m 31° C.	15,7 m I c.
516 "	47 " }		
305 "	30 ")	110 " 9 "	12,2 "
415 "	39 " }		
323 "	34 ")	193 " 13 "	14,8 "
516 "	47 " }		

II. Ausgang von 10° C. an der Tagesfläche.

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe
0 m	10° C.)	340 m 24,5° C.	13,9 m II a.
340 "	34,5 " }		
0 "	10 ")	415 " 29 "	14,3 " II b.
415 "	39 " }		
0 "	10 ")	516 " 37 "	13,9 " II c.
516 "	47 " }		

Diese Tabellen zeigen, dass die Tiefenstufe, welche in I a, b, c scheinbar die Werte von 18,5 m, bzw. 16,8 m, bzw. 15,7 m besitzt, in Wirklichkeit, bei II a, b, c, nur 13,9 m, bzw. 14,3 m, bzw. 13,9 m ausmacht.

Auch das aber wird noch zu hoch sein; denn jene Temperatur von 16° C. in 28 m Tiefe ist ja zum Teil nur dadurch (s. eingangs) zu stande gekommen, dass die Wärme aus der Tiefe — durch Wasserströmung und Wärmeleitung der Verrohrung — zum Teil nach oben abgeleitet wurde, was bei Neuffen nicht der Fall war. Mithin muss bei Pechelbronn der Erde in der 516 m Teufe eine höhere Temperatur zu eigen sein als 47° C.; die Tiefenstufe muss mithin noch etwas kleiner sein als 13,9 m, 14,3 m, 13,9 m, d. h. sie muss sich derjenigen von Neuffen mit 11,1 m noch mehr nähern als sie das in obigen Zahlen zu thun scheint!

Auch das Verhältnis der Wärmezunahme in der oberen Hälfte des Bohrloches zu derjenigen der unteren wird ein viel normaleres, wenn wir von 10° C. in 0 m Tiefe (II.) ausgehen, als wenn wir uns auf die wirklich beobachtete Wärme des Wassers im Bohrloche von 16° C. in 28 m Tiefe (I.) stützen. Die Mitte der Bohrlochtiefe liegt fast in der 260 m Teufe. Wir haben nun eine geothermische Tiefenstufe bei

I. Ausgang von 16° C. in 28 m Teufe.

in der oberen Hälfte des Bohrloches von	19,33 m ¹
" " unteren " " " "	13,5 " ²

¹ d. h. von 28 m und 16° C. bis 260 m und 28° C.

² d. h. von 260 m und 28° C. bis 516 m und 47° C.

II. Ausgang von 10° C. an der Tagesfläche.

in der oberen Hälfte des Bohrloches von 14,4 m¹
 „ „ unteren „ „ „ „ 13,5 „

5. In Frankreich, bei Macholles in der Limagne, ist in neuester Zeit ein weiteres Bohrloch gestossen, in welchem die geothermische Tiefenstufe ebenfalls eine aussergewöhnlich kleine ist. Sie ist fast ebenso gering wie die bei Neuffen und die Analogie wird noch durch den weiteren Umstand vergrössert, dass es sich hier wie dort um ein Gebiet handelt, in welchem zu tertiärer Zeit vulkanische Thätigkeit herrschte.

MICHEL-LÉVY hat über dieses Bohrloch berichtet und die Untersuchung der Temperaturzunahme daselbst geleitet. Dieselbe erfolgte mit Hilfe WALFERDIN'scher Thermometer; die Wassercirkulation wurde durch geeignete Massregeln abgeschnitten und auch sonst die bei Sperenberg und Schladebach angewendeten Hilfsmittel benützt.

Durchsunken wurden Süsswasserkalk, dann Sandsteine, Arkosen, endlich Kalkschiefer. Von 1119 m Tiefe an kam man auf Salzschlamm, mit ein wenig Petroleum vermischt. Bei der geothermischen Untersuchung destillierte das Petroleum oben in die Kapillarröhre des Thermometers, wodurch das Herauströpfeln des Quecksilbers etwas gehindert wurde. Um das unmöglich zu machen, umschloss man das Instrument luftdicht mit einer Stabhlülle, auf welche Weise dann eine um 1° C. höhere Temperatur gemessen wurde: Bei 1005 m erlangte man vorher 78° C., nachher 79° C.

Bei einer mittleren Jahrestemperatur von 9,5° C. berechnet sich daher eine Tiefenstufe, von der Tagesfläche an, von 14,4° C.², also fast denselben Betrag, wie er sich bei Neuffen ergab. Über die Ursache dieser auffallend starken Wärmezunahme äussert sich MICHEL-LÉVY in voller Entschiedenheit dahin, dass sie durch die letzten Äusserungen des Vulkanismus hervorgerufen werde, welche in der Limagne sich noch bemerkbar machen: Kohlensäure-Exhalationen und warme Quellen.

In unserem vulkanischen Gebiete von Urach, zu welchem Neuffen gehört, sind freilich jetzt warme Quellen nicht mehr bemerkbar. Ihre Zeit ist bereits vorüber, aber früher waren sie, wie die schönen Sprudelsteine von Laichingen u. a. O. beweisen, vorhanden. Dagegen zeigt sich Kohlensäure noch bei Engstingen. Die Zeit der Eruptionen

¹ d. h. wie oben, nur von 0 m und 10° C. aus.

² Michel-Lévy berechnet eine geothermische Tiefenstufe von 14,16 m.

fällt bei Urach etwa in das Mittelmioocän; in der Limagne mag sie bis in das Oligocän hinabreichen. Hier wie dort handelt es sich um Basalte und Basaltbreccien (péperite der Limagne)¹.

Der besseren Übersicht wegen gebe ich eine Vergleichung der besprochenen sieben Bohrlöcher hinsichtlich ihrer Wärmezunahme und zwar in zwei verschiedenen Tabellen: Durchschnittliche Ergebnisse der ganzen Bohrlöcher bis zu ihrer vollen Tiefe (I.); und Ergebnisse bei ungefähr gleicher Tiefe (II.), was entschieden ein richtigeres Bild gewährt².

I. Vergleichung auf Grund der Durchschnittszunahme der Temperatur im ganzen Bohrloche.

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe	Bohrloch bei	
0 m	8,33° C.	337,5 m	30,37° C.	11,1 m	Neuffen
337,5 "	38,7 "				
0 "	10,0 "	620 "	50,6 "	12,2 "	Oberstritten
620 "	60,6 "				
0 "	10,0 "	178 "	24,0 "	12,7 "	Sulz
178 "	24,0 "				
0 "	10,0 "	516 "	37,0 "	13,9 "	Pechelbronn
516 "	47,0 "				
0 "	9,5 "	1005 "	69,5 "	14,4 "	Macholles
1005 "	79,0 "				
0 "	10,0 "	509 "	31,0 "	16,1 "	Oberkutzenhausen.
509 "	41,0 "				

II. Vergleichung auf Grund der Temperaturzunahme bei ungefähr³ gleichen Tiefen der Bohrlöcher.

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe	Bohrloch bei	
0 m	10,0° C.	330 m	42,5° C.	7,8 m	Oberstritten
330 "	52,5 "				
0 "	8,33 "	337,5 "	30,37 "	11,1 "	Neuffen
337,5 "	38,7 "				

¹ Compt. rend. Acad. Paris. Bd. 122. 1896. S. 1503.

² Freilich kann auch hierbei ein Umstand den Vergleich schädigen: Angenommen, wir wollen von einem 1000 m tiefen Bohrloche nur die Wärmezunahme bis zu 300 m Tiefe berücksichtigen. Wenn nun die Temperatur bestimmt worden ist, als das Bohrloch überhaupt erst bis zu 300 m niedergebracht war, so wird man ein genaueres Ergebnis haben, als wenn in 300 m Tiefe erst dann die Temperatur bestimmt wird, wenn dasselbe bis zu 1000 m niedergebracht ist. Im letzteren Falle kann bereits ein Austausch der Temperaturen zwischen oben und unten stattgefunden haben, die Temperatur bei 300 m also bereits erhöht worden sein.

³ „Ungefähr“ nur, denn es mussten aus jeder Tabelle die Tiefen genommen werden, welche der 337 m Tiefe von Neuffen am nächsten kommen. Für Macholles steht mir leider keine ähnliche Tiefe zu Gebote.

Tiefe	Temperatur	Wärmezunahme auf	Tiefenstufe	Bohrloch bei	
0 m	16,0° C.	348 m	25,7° C.	13,5 m	Monte Massi
348 "	41,7 "				
0 "	10,0 "	340 "	24,5 "	13,9 "	Pechelbronn
340 "	34,5 "				
0 "	10,0 "	334 "	24,0 "	13,9 "	Oberkutzenhausen.
334 "	34,0 "				

Wie man aus obigem ersieht, steht die bedeutende Grösse der Wärmezunahme, bezw. die geringe Grösse der Tiefenstufe von Neuffen nicht mehr so vereinzelt da, dass man aus diesem Grunde die dortigen Temperaturbestimmungen anzuzweifeln gezwungen wäre:

Die Bohrlöcher von Oberstritten und Sulz kommen Neuffen darin fast gleich (I.), ja Oberstritten übertrifft Neuffen sogar bedeutend, wenn dieselben Tiefen in Parallele gestellt werden (II.), was wohl das Richtigere sein dürfte. (Über etwaige Fehler bei Sulz vergl. S. 39.)

Die Bohrlöcher von Oberkutzenhausen und Pechelbronn sind zwar, bei dieser wie bei jener Betrachtungsweise, Neuffen nicht völlig ebenbürtig, aber sie stehen ihm doch recht nahe.

Monte Massi in Toskana mit einer Tiefenstufe von 13,5 m verhält sich ganz wie die beiden vorigen¹, jedoch dürfte in Wirklichkeit die Tiefenstufe noch etwas kleiner sein als sich aus den gemessenen Temperaturen ergibt, wie das eingangs erwähnt wurde.

Das Bohrloch von Macholles endlich, welches ganz wie dasjenige von Neuffen, auf ehemals vulkanischem Gebiete niedergebracht ist, schliesst sich mit seiner Tiefenstufe von 14,4 m ebenfalls eng an das bei Neuffen gewonnene Ergebnis an.

Man wird einer Parallele zwischen den Ergebnissen im Bohrloche von Neuffen und denen in den genannten elsässischen Bohrlöchern entgegenhalten können, dass letztere in Petroleum führenden Schichten aufsetzen. Die starke Wärmezunahme erkläre sich daher leicht als eine Folge chemischer Prozesse, sei also nicht als normal zu betrachten. Obgleich nicht erwiesen ist, dass noch jetzt so starke chemische Prozesse dort in der Tiefe vor sich gehen, kann man ja diese Erklärung gelten lassen. Keine Geltung aber hat sie in Bezug

¹ Vergl. meine oben citierte Arbeit S. 142.

auf das Bohrloch von Macholles, das in Bezug auf seine Lage in ehemals vulkanischem Gebiete sich völlig wie Neuffen verhält. Hinsichtlich der Untersuchungen von Monte Massi wurde von PILLA ausdrücklich hervorgehoben, dass die starke Wärmezunahme sich nicht etwa erklären lasse durch den Einfluss des einen kleinen, zudem in den oberen Teufen der Grube gelegenen Kohlenflötzes, auch nicht durch den Wärme erzeugenden Einfluss der zwei in dem Schachte arbeitenden Menschen und ihrer einen Lampe¹.

Zum weiteren Vergleiche möchte ich noch hinzufügen die ebenfalls kleinen, aber trotzdem immer noch grösseren Tiefenstufen, welche in Japan ermittelt wurden. Hier handelt es sich fraglos um eine Einwirkung des Vulkanismus. Nach MILNE's Angaben² findet sich in Tiefen unter 2000 engl. Fuss in den Minen von

Comstock Lode und } eine Tiefenstufe von 13,7 m.
Besshi

Da dies Bergwerke sind, in welchen mit Ventilation und Eiswasser gekühlt wird, so dürfte vermutlich in Wirklichkeit die Tiefenstufe noch kleiner sein³.

In der Slitt Mine, Northumberland, endlich haben wir eine Tiefenstufe von 18,65 m⁴.

In der Jahresversammlung des Vereins für vaterländische Naturkunde 1895, 24. Juni, wurde die Ansicht geltend gemacht, die hohen Temperaturangaben bei Neuffen gehörten nicht wirklich der Erde an, sondern erklärten sich durch den starken Druck, welcher in der Tiefe die Glasröhre zusammendrückte und das Quecksilber dadurch in die Höhe trieb. Ich habe bereits in meiner oben citierten Arbeit diese Möglichkeit ins Auge gefasst, sie aber verneinen müssen⁵. Da nämlich die Glasröhre oben offen war, so musste der Druck nicht nur aussen auf die Röhre, sondern auch innen auf dieselbe, also auch auf das Quecksilber wirken. Indem nun letzteres stärker komprimiert wird als Glas, so konnte — ganz im Gegenteil zu jener Ansicht — der mit der Tiefe wachsende Druck nicht nur keine zu hohe, sondern höchstens eine etwas zu niedrige Temperaturangabe bewirken.

¹ Compt. rend. Paris 1843. T. 16 S. 1319—27.

² Transactions of the seismological soc. of Japan 1882. Vol. 4 S. 61—73.

³ Milne giebt an auf 25' je 1° F. Wenn 1' engl. = 0,3048 m und 1° F. = 0,55° C. sind, so resultiert obige Tiefenstufe von 13,7 m.

⁴ Nature 1882. Vol. 26 S. 590.

⁵ l. c. S. 127.

Übrigens aber wird ganz dasselbe MAGNUS'sche Prinzip des Geothermometers bei den Untersuchungen anderer Bohrlöcher verwendet. Selbst wenn daher wirklich der Druck die Ursache sein sollte, dass zu hohe Temperaturen vom Thermometer angezeigt würden, so müsste er das doch in allen diesen Fällen thun. Dann aber wäre das gleichgültig, denn es handelt sich ja hier weniger um absolute Zahlen als um relative, indem die Tiefenstufen der verschiedenen Bohrlöcher miteinander verglichen werden.

Es lässt sich nun aber für Neuffen zweifellos aus den gemessenen Temperaturen beweisen, dass der Druck unmöglich die Ursache der hohen Wärmegrade sein kann. Da nämlich der Druck in den oberen Teufen klein ist und mit der Tiefe mehr und mehr zunimmt, so müsste auch die Wärmezunahme in den oberen Teufen noch eine niedrige, dem gewöhnlichen Masse gleichende sein: etwa auf je 100 Fuss 1° C., und erst mit steigender Tiefe müsste sie grösser und grösser werden. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Im Gegenteil, gleich im Anfang setzt die Wärmezunahme auf je 100 Fuss mit hohen Zahlen ein: 2,9 und $2,8^{\circ}$ C. Allerdings liegen dann von 800 bis 1080 Fuss Tiefe Wärmezunahmen von 3,4 und $3,5^{\circ}$ C. auf je 100 Fuss. Aber dazwischen liegt eine solche von $2,3^{\circ}$ C. und für die letzten 100 Fuss eine solche von $2,4^{\circ}$ C., wie das die untenstehende Tabelle zeigt. Man wird daher zugeben müssen, dass sich in diesen Zahlen durchaus nicht der Einfluss eines mit der Tiefe steigenden Druckes auf die Glasröhre ausspricht.

Tiefe in Fuss württ.	Wärmezunahme auf je 100 ¹ Fuss	Tiefe in Fuss württ.	Wärmezunahme auf je 100 Fuss
100—200	2,9 ^o C.	700—800	2,4 ^o C.
200—309	2,8 ..	800—900	3,4 ..
309—400	1,7 ..	900—1000	2,3 ..
400—500	2,2 ..	1000—1080	3,5 ..
500—600	3,1 ..	1080—1180	2,4 ..
600—700	1,9 ..		

Die abnorm hohe Wärme in der Zone der unveränderlichen Temperatur und die abnorm grosse Tiefenstufe auf Keweenaw. — Ich habe auf S. 38 davon gesprochen, dass in der Zone der unveränderlichen Temperatur keineswegs nur das Jahresmittel, sondern eine höhere Temperatur als dieses beobachtet wird. Bis ins Übermass gesteigert finden wir diese Erscheinung in dem Schachte des Kupferbergwerkes der Calumet and

¹ Vergl. S. 128 meiner oben angeführten Arbeit.

Hecla Mine, Halbinsel Keweenaw, Michigan U. S. ALEXANDER AGASSIZ hat dort in 31,8 m Tiefe 15° C. gemessen, während das Jahresmittel, wie JENTZSCH angiebt, nur etwa $4,5^{\circ}$ C. beträgt. Hier zeigt sich in der Zone der unveränderlichen Temperatur sogar eine um $10,5^{\circ}$ C. zu hohe Wärmemenge¹. Da in benachbarten Schächten bei 32 m Tiefe nur $6-6,5^{\circ}$ C. beobachtet wurden, so ist dies Verhalten in der Calumet and Hecla Mine ein ganz lokales, wie JENTZSCH meint, vielleicht durch heisse Quellen verursacht.

Bei einer so hohen Temperatur schon in 31 m Teufe sollte man nun eine gewaltig starke Wärmezunahme in diesem Schachte erwarten. Aber ganz im Gegenteil, dieselbe ist überraschender Weise abnorm gering. Wir können für die Berechnung derselben ausgehen entweder von dem thatsächlich Beobachteten, wenngleich durch eine Fehlerquelle Erzeugten: 15° C. in 31,8 m Tiefe. Oder von der in benachbarten Schächten gefundenen Temperatur von 6° C.

Selbst wenn man nur diese Temperatur von $6-6,5^{\circ}$ C. in rund 32 m Tiefe zu Grunde legt, so erhält man für die Calumet and Hecla Mine immer noch eine ungemein langsame Wärmezunahme; denn die geothermische Tiefenstufe misst dann 67,8—69,6 m. Geht man aber von den beobachteten 15° C. aus, so erhält man als Tiefenstufe gar 122,8 m! Hier haben wir das diametrale Gegenteil von Neuffen mit seinen rund 11 m.

Aus diesem ungeheuerlichen Betrage der Tiefenstufe geht aber auf das Klarste die Richtigkeit der von A. SCHMIDT vertretenen Ansicht hervor, dass die Berechnung der Tiefenstufe nicht von der in der Zone der unveränderlichen Temperatur beobachteten Temperatur ausgehen dürfe, sondern von der Tagesfläche und dem Jahresmittel. Legen wir diese beiden Daten zu Grunde², so ergibt sich eine immer noch sehr grosse Tiefenstufe von 63,1 m.

JENTZSCH sucht den sehr grossen Betrag der Tiefenstufe in den Schächten der Halbinsel Keweenaw zu erklären durch den Reichtum an Eisen, welchen die dort anstehenden Gesteine, Melaphyr und Diabas, besitzen. Dadurch muss allerdings die Leitungsfähigkeit der Gesteine eine grössere werden; und gewiss ist der von JENTZSCH

¹ A. Agassiz in American journal of science. 1895. Bd. 50. S. 503. — Supan in Petermann's Mitteilungen. 1895. Bd. 41 S. 294. — Jentzsch in Petermann's Mitteilungen. 1896. Heft 2 S. 42.

² $26,1^{\circ}$ C. — $4,5 = 21,6^{\circ}$ C. auf 1364 m Tiefe, nicht 1396 wie Supan als Druckfehler angiebt.

ausgesprochene Satz richtig: „Je grösser die Leitungsfähigkeit der Gesteine, um so grösser die Tiefenstufe.“ Fraglich scheint nur, ob der Reichtum an Eisen hinreicht, um ein so hohes Mass von Leitung der Wärme zu erklären. Wir sind in vielen Fällen gezwungen, auf künstlichem Wege, durch Verröhrung, in den Bohrlöchern eine gesteigerte Wärmeleitung herzustellen. Die Fehlerquelle, welche durch diese Eisenröhren erzeugt wird, ist allgemein bekannt. Die Grösse des dadurch hervorgerufenen Fehlers aber dürfte auch nicht annähernd so stark sein, um so grosse Tiefenstufen zu erzeugen, wie sie in den Schächten auf Keweenaw beobachtet wurden. Freilich ist ein allgemein im Gesteine verbreiteter Gehalt von Eisen und Kupfer etwas anderes als eine Verröhrung. Ob aber ein solcher Gehalt eine so gewaltige Wirkung auszuüben vermag, dürfte schwer festzustellen sein.

Eine ganz andere Erklärung dieser Verhältnisse war seiner Zeit von AGASSIZ und WHEELER gegeben worden. Diese suchten die geringe Wärmezunahme in den Gruben der Halbinsel Keweenaw zu erklären durch den abkühlenden Einfluss, welchen die gewaltige und tiefe Wassermasse des Oberen Sees auf den Untergrund seiner Ufer ausübt. Diese Masse, welche auf ihrem Boden nur 4° C. misst¹, wirkt wie ein riesiger kalter Umschlag wärmeentziehend. Als Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung führt WHEELER an, dass² die dem See zunächst gelegene Quincy-Mine eine Tiefenstufe von fast 70 m aufweist, während die vom See am meisten entfernte nur eine solche von fast 42 m besitzt. Auch fügen sich die anderen drei Schächte in den Rahmen dieses Gesetzes ein, so dass man dort in fünf verschiedenen Schächten die folgenden geothermischen Tiefenstufen hat:

66,9 m	bei	$1\frac{1}{2}$ km	Entfernung	vom	Oberen	See ³ .
54,5	„	„	3	„	„	„
55,4	„	„	4	„	„	„
52,0	„	„	$4\frac{4}{5}$	„	„	„
41,9	„	„	8	„	„	„

Das wirkt in der That überzeugender als die von JENTZSCH gegebene Erklärung. Es bedarf gar nicht der Annahme, dass das kalte Wasser des Sees in den Untergrund eindringe. JENTZSCH bekämpft zwar geschickt eine solche Annahme mit dem Hinweise

¹ Neumayr-Uhlig, Erdgeschichte. 1895. S. 119.

² Silliman's American journ. of science 1886. Bd. 32 S. 125—129.

³ Diese Zahlen nach der von SUPAN vorgenommenen Umrechnung der englischen Masse und Grade. s. Petermann's Mitteilungen 1887. Bd. 33 S. 26.

darauf, dass diese Gruben ja sämtlich trocken seien, wie WHEELER selbst hervorhebe. Aber WHEELER sagt¹ gar nichts von dem „Eindringen“ des Wassers in den Untergrund; er spricht nur von der abkühlenden Eigenschaft desselben².

Gewiss wird man analoger Weise fordern können, dass, falls WHEELER's Erklärung richtig ist, dann auch alle anderen grossen und tiefen Wasserbecken in gleicher Weise die Wärmezunahme im Untergrunde des sie umgebenden Küstenstreifens herabdrücken, also die Tiefenstufe dort vergrössern müssen. Es dürfte sich nur nicht so leicht wieder die Gelegenheit finden, die Wahrheit dieses Satzes durch eine Reihe, in verschiedener Entfernung von dem Wasserbecken liegender Gruben zu erproben.

Sollte WHEELER's Erklärung die richtige sein, so hätten wir in diesem wechselnden Verhalten der Tiefenstufen auf der Halbinsel Keweenaw eine vorzügliche Erklärung für diese oder jene Anomalie im Verhalten der Tiefenstufen anderer Gegenden.

Auf der anderen Seite übrigens verdient die von JENTZSCH wohl schärfer als bisher betonte Thatsache hervorgehoben zu werden, dass in der Regel in einem und demselben Bohrloche die geothermische Tiefenstufe in allen Teufen gar nicht gleich sein kann, sondern sich sprungweise verändern muss; einmal mit dem Gestein, zweitens mit den oft mit dem Gesteine wechselnden Grundwasserströmen, drittens mit etwaigen örtlichen Wärmecentren.

WHEELER führt als einziges ihm bekanntes Beispiel annähernd gleich grosser Tiefenstufe die Dukinfield-Steinkohlen-Grube bei Manchester, England, an. Dort ist die Tiefenstufe 90 engl. Fuss auf 1° Fahrenheit; das wäre also 61,72 m auf 1° C.³

A n h a n g.

A. SCHMIDT's Berichtigung der Ansicht, dass in gewisser Tiefe das Jahresmittel des Ortes an der Oberfläche herrschen müsse. — In jedem Lehrbuche der Geologie oder Geophysik kann man lesen, dass in einer gewissen Tiefe, die in verschiedenen Klimaten sehr verschiedenen Betrag hat, eine Temperatur herrsche, welche nach den einen gleich dem Jahresmittel, nach den anderen sehr angenähert gleich dem Jahresmittel sei. Es ist auf Seite 38 erwähnt worden, wie, infolge von Fehlerquellen, bei

¹ l. c. S. 129.

² „it is primarily to it acting as a great cold blanket.“

³ 1 Fuss engl. = 0,3048 m; 1° F. = $\frac{5}{9}$ ° C.

Bohrlöchern dieses Jahresmittel in jener Zone stets überschritten wird; wie aber auch bei Absehen von jeglichen Fehlerquellen, nach der wohlbegründeten Ansicht A. SCHMIDT's, ganz normaler Weise niemals genau das Jahresmittel herrschen kann.

Diese Auffassung gründet sich darauf, dass nicht nur von oben her die Sonnenwärme in die Tiefe hinabdringt, sondern dass gleichzeitig auch von unten her die Erdwärme aufsteigt. Dadurch muss in der Zone der unveränderlichen Temperatur eine Temperatur entstehen = dem Jahresmittel + einer Wärmemenge, welche in jedem Bohrloche abhängig ist von der geothermischen Tiefenstufe. Auf solche Weise entsteht dann in jener Zone eine Temperatur, welche ganz normaler Weise beträchtlich höher sein muss, als das Jahresmittel.

Wenn also z. B. an einem Orte ein Jahresmittel von 8° C. herrscht, während die geothermische Tiefenstufe 30 m beträgt und die Zone der unveränderlichen Temperatur in 20 m Tiefe liegt, so muss — bei Absehen von allen Fehlerquellen — in dieser Zone eine Temperatur herrschen von $8^{\circ} + \frac{2}{3}^{\circ}$ C. Je grösser die Tiefenstufe ist und in je geringerer Tiefe die Zone der unveränderlichen Temperatur liegt (z. B. Tropen), desto geringwertiger ist natürlich der Betrag, um welchen in dieser Zone das Jahresmittel überschritten wird. Wenn dagegen — wie z. B. bei den hier in Rede stehenden Bohr- löchern von Neuffen, Monte Massi und des Elsass — die Tiefenstufe eine kleine ist, während gleichzeitig jene Zone in ziemlicher Tiefe liegt, dann wird in derselben das Jahresmittel um einen ansehnlichen Betrag überschritten werden.

Ich gebe im Folgenden die briefliche Darlegung dieser Verhältnisse, welche ich der Liebenswürdigkeit des Herrn A. SCHMIDT-Stuttgart verdanke:

„. . . Schon seit längerer Zeit regt sich bei mir der Widerspruch gegen eine bei den Geophysikern allgemein verbreitete Vorstellung, als ob in derjenigen Tiefe unter der Erdoberfläche, wo die jährlichen Temperaturschwankungen unmerklich werden, die Temperatur gleich der mittleren Jahrestemperatur der Oberfläche sei. Diese Vorstellung ist mit den Gesetzen der Thermodynamik unverträglich. Wenn das Axiom richtig ist, dass in jedem ungleich temperierten Körper Wärme durch Leitung von den Stellen höherer nach denjenigen niedrigerer Temperatur übergeht, so beweist die Existenz einer allgemeinen geothermischen Tiefenstufe, dass im Innern der Erde fortgesetzt ein Wärmestrom von unten nach oben stattfindet bis zu demjenigen Gebiete, in welchem die jährlichen Temperaturschwankungen aufhören.

Dieser Wärmestrom kann nun aber in der fraglichen Tiefe nicht Halt machen, sonst müsste dort eine fortgesetzte Anhäufung von Wärme stattfinden, er muss sich von dort aus nach oben fortsetzen, — allerdings bald verzögert, bald beschleunigt, je nach der Jahreszeit, in den höchsten Schichten im Sommer sogar verkehrt, im Winter um so mehr beschleunigt. Im Jahresmittel aber muss der Strom in den oberen 20 m der Erdkruste dieselbe Intensität besitzen, wie in den tieferen Schichten und soweit nicht hier oben eine vermehrte Wärmekonvektion durch auf und ab bewegtes Wasser oder durch diffundierende Luft den Wärmetransport besorgt, wird auch in diesen oberen Schichten der Wärmestrom durch die Leitung des Bodens erfolgen, der deshalb eine stufenweise von unten nach oben abnehmende mittlere Jahrestemperatur aufweisen muss. Im Bohrloch von Neuffen muss in 100' Tiefe eine höhere Temperatur herrschen, als an der Oberfläche. Mit Ihrer Annahme No. 2 (S. 621 Ihrer Arbeit), der Temperaturzunahme um $2,58^{\circ}$ pro 100', erhalten wir für den Eingang des Bohrlochs die Temperatur von $10,8^{\circ 1} - 2,58 = 8,22^{\circ}$, in schönster Übereinstimmung mit der mittleren Jahrestemperatur von Neuffen, die Sie zu $8,33^{\circ}$ angeben. Gewiss eine schöne Bestätigung sowohl der Zuverlässigkeit der MANDELSLOH'schen Messungen, welche Ihre Kritik zur verdienten Anerkennung gebracht hat, als auch der Berechtigung meiner Zweifel in Betreff der verbreiteten Anschauungsweise. Meine Anschauungsweise bleibt richtig, auch wenn das oben zur Beweisführung beigezogene Axiom eine, wie ich an anderem Orte ausgeführt habe, vielleicht notwendige Berichtigung erfahren dürfte.“

„... Wir müssen also im allgemeinen die Tiefenstufe an der Erdoberfläche beginnen lassen, unter Einsetzung der mittleren Jahrestemperatur für die Oberfläche.“

„Die in Kellern gemachten Beobachtungen (Pariser Sternwarte) kann man nicht als Beweis gegen diese Anschauung geltend machen, denn hier bestehen ganz besondere Verhältnisse. Die Keller stehen in beständigem Austausch mit der Atmosphäre, nicht sowohl durch Luftströmungen als vielmehr durch Diffusion. Diese letztere entführt der Kellerluft fortgesetzt diejenigen Bestandteile, durch welche sich diese von der atmosphärischen Luft unterscheidet. Insbesondere giebt die Kellerluft im Laufe des Jahres grosse Mengen von Wasserdampf an die Atmosphäre ab, wodurch Wärme, in Form latenter Wärme, nach oben befördert wird. Der Effekt kann eine vollkommene

¹ $10,8^{\circ}$ C. ist die Temperatur, welche Graf Mandelsloh in 100 Fuss Tiefe beobachtet hatte.

Umkehrung der Tiefenstufe bewirken (Eishöhlen?). Wenn die Steine der Kellerwandung nicht aus porösem Materiale bestehen, werden die Keller nass und im Sommer warm, weil die Diffusion des Wasserdampfes gehemmt ist; sie werden zugleich im Winter kälter als trockene Keller, weil nasse Mauern die Wärme besser leiten.“

„... Das oben erwähnte Axiom von der Wärmeleitung, die überall zwischen den wärmeren und kälteren Stellen eines Körpers einen Wärmeübergang erzeugt, der fort dauert, solange eine Temperaturdifferenz besteht, bildet bei CLAUSIUS die Grundlage des II. Hauptsatzes der Wärmetheorie. Solange man dieses Axiom nicht bestreitet, enthält die Anschauung, nach welcher die Ein- und Ausstrahlung der Wärme an der Erdoberfläche sich das Gleichgewicht halten, einen Widerspruch mit der Thatsache der geothermischen Tiefenstufe. Entweder giebt der Erdball mehr Wärme ab, als er empfängt, oder das Axiom ist nicht richtig. Für mich ist das Axiom in hohem Grade zweifelhaft; es scheint mir sehr wahrscheinlich, dass die Wärmeleitung durch die Schwere derart beeinflusst wird, dass in jedem Körper, je nach seiner spezifischen Dichte und wohl auch nach anderen physikalischen Eigenschaften in verschiedenem Masse, die Schwere eine bestimmte Tiefenstufe bewirkt, bei welcher trotz der Temperaturdifferenz zwischen oben und unten die Wärmeleitung aufhört, dass umgekehrt bei anfänglicher Temperaturgleichheit durch Wärmeleitung eine Temperaturdifferenz zwischen oben und unten sich selbstthätig ausbilden muss. Bei dieser Anschauung besteht zwischen dem Satze, dass die Erde im Gleichgewicht der Wärmebilanz sich befinde, und der Thatsache der Temperaturzunahme nach unten kein Widerspruch. Aber auch bei dieser Anschauung muss in den oberen 20 m der Erdkruste die Tiefenstufe im Jahresmittel sich ausdrücken.“

„Aus der lokalen Verminderung des Betrags der Tiefenstufe, also z. B. aus deren Verminderung auf ihren dritten Teil im Bohrloch von Neuffen, werden wir wohl den Schluss ziehen dürfen, dass unterhalb dieses Gebietes grosser Temperaturzunahme ein mächtiges Gebiet kleiner Temperaturzunahme, vielleicht grosser Wärmeleitungsfähigkeit und deshalb grosser Tiefenstufe folge.“

„Ich freue mich, Ihnen mitteilen zu können, dass eine an W. THOMSON sich anschliessende Behandlung der Temperaturverteilung im Innern der Erde, die sich in dem eben erscheinenden zweiten Bande des Lehrbuchs der Experimentalphysik von E. RIECKE (Leipzig 1896. S. 451) findet, die geothermische Tiefenstufe ebenfalls an der Erdoberfläche beginnen lässt.“

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [53](#)

Autor(en)/Author(s): Branco(a) Wilhelm, Schmidt Axel (=A.)

Artikel/Article: [Die aussergewöhnliche Wärmezunahme im Bohrloche von Neuffen verglichen mit ähnlichem Verhalten anderer Bohrlöcher*. 28-55](#)