

# Kritische Bemerkungen

über die Verwerthung

## der Temperaturbeobachtungen in Tiefbohrlöchern

zu empirischen Formeln.

Von

**Dr. Brauns.**



Bekanntlich ist der Widerspruch gegen die Annahme eines noch bestehenden „feuerflüssigen Erdkerns“ oder überhaupt einer im Innern der Erde herrschenden grossen, die Schmelzpunkte der vulkanischen Laven übersteigenden Hitze schon bei weitem älter, als die Tiefbohrungen, um welche es sich bei den nachfolgenden Mittheilungen handelt. Die älteren Temperaturmessungen unter der Erdoberfläche waren weder sehr zahlreich, noch erstreckten sie sich in eine erhebliche Tiefe, und das einzige Bohrloch, bei welchem es während der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts möglich erschienen war, ein Gesetz für den Grad der Temperaturzunahme in den verschiedenen Niveaus aus den Beobachtungen abzuleiten, war das bekannte Bohrloch von Grenelle bei Paris. Gleichwohl gab es unter denen, welche die Gluthhitze des Erdinnern anzweifelten — zunächst unter den Anhängern G. Bischofs in Bonn, des Verfassers der in erster Auflage von 1851 an erschienenen „physikalischen und chemischen Geologie“ — Stimmen, welche die auf die Greneller Befunde von Arago aufgestellte Formel in ihrem Sinne verwertheten. Auch war es immerhin schon von einiger Bedeutung, dass der einzige Versuch, eine mathematische Formel für die Temperaturzunahme im Erdinnern aufzustellen, so ausgefallen war, dass eine permanente, gleichförmige Zunahme daraus nicht gefolgert werden konnte. Die Arago'sche Formel stand mit den Annahmen der Anhänger eines gluthflüssigen Erdinnern in direktem Widerspruch, und man konnte diese Annahmen nur dadurch retten, dass man die ganze Reihe von Beobachtungen für werthlos erklärte, dass man sagte, es herrsche in dem Bohrloche ein beträchtlicher Zustrom von kalter Flüssigkeit aus oberen Gesteinschichten in die Tiefe, sodass das rasch nach unten dringende Wasser nicht Zeit gefunden habe, die wahre Temperatur der tiefern Gesteinschichten anzunehmen. Man stand auch nicht an, dasselbe für andere Oertlichkeiten ohne weitere Prüfung zu behaupten. So misslich eine solche Ausrede im Grunde genannt werden darf, beruhigte man sich doch im allgemeinen dabei, und man darf daher wohl sagen, dass die Bischofs'sche Schule ziemlich unabhängig von den Temperaturbeobachtungen in den

Tiefen der Erde vorging, wenn sie der damals herrschenden, sogenannten „plutonischen“ Schule entgegentrat. Es war in Folge davon sehr erklärlich, dass schon das erste derjenigen Bohrlöcher, bei denen eine überdies viel sorgfältigere und mit bedeutenden Vorsichtsmassregeln ausgeführte Reihe von Temperaturbeobachtungen bis in eine ungleich erheblichere Tiefe ausgedehnt wurde, ein grosses Aufsehen erregte, als sich bei der Verrechnung eine der Arago'schen ganz analoge Formel ergab.

Es muss betont werden, dass sowohl diese beiden, als auch alle übrigen im folgenden zu erörternden Formeln nur „empirische“ sind. Sie sind nichts als Versuche, die Beobachtungsreihen einheitlich zusammenzufassen, und lassen nur eine beschränkte Ausdehnung über die Grenzen der Beobachtung selbst zu; sie dürfen namentlich nicht über irgend einen kritischen Punkt, an welchem ein Minimum oder Maximum für die Gleichung sich herausstellt, ausgedehnt werden. Eine Vernachlässigung dieser Forderung, welche durchaus in der Natur der Sache begründet ist, hat erfahrungsmässig stets zu völlig verfehlten Schlüssen geführt.

Der allgemeine Charakter der empirischen Formeln, um welche es sich hier handelt, lässt sich durch die Zeichen

$$T = t \pm xs \pm ys^2$$

wiedergeben, in welcher Gleichung  $T$  die (in Graden einer beliebigen Skala ausgedrückte) Temperatur für eine gewisse, in irgend welchem Maasse (jetzt meist in Metern) ausgedrückte Tiefe  $s$  herrschende Temperatur,  $t$  die bei einer Tiefe von 0 Metern herrschende Anfangstemperatur bedeutet.  $x$  und  $y$  aber durch algebraische Berechnungen gefundene und durch die Methode der kleinsten Fehlerquadrate kontrollirte Coëffizienten darstellen, mit welchen zunächst  $s$ , dann  $s^2$  zu multipliciren sind, um den durch Beobachtung gefundenen Werthen (durchschnittlich) möglichst nahe zu kommen. Diese Auffassung ist eine so einfache, dass man sich in der That wundern muss, wie gegen dieselbe (z. B. im „neuen Jahrbuche für Mineralogie“ u. s. w., 1888, I, Corr. S. 180 von Henrich) überhaupt gefehlt werden konnte. Die Beifügung des letzten Gliedes ist für alle die Fälle nothwendig, in welchen sich keine einfach mit der Tiefenzunahme proportionale Steigerung der Temperatur vorfindet, sondern die letztere entweder hinter der einfachen oder linearen Zunahme zurückbleibt oder ihr voraneilt. Eine im nämlichen Verhältnisse mit der Tiefe wachsende Wärme würde bedingen, dass das letzte Glied gleich Null wird.

Es hat sich nun für alle die Fälle, in welchen nicht ein nachweislicher Fehler in der Aufstellung der Formel vorhanden ist, stets gezeigt, dass die Rechnung für das letzte Glied einen negativen Werth ergab, dass also die Temperaturzunahme

nicht linear fortschritt, sondern mehr oder weniger, und zwar mit der Tiefenzunahme in steigendem Verhältnisse, hinter dem Maasse der linearen Zunahme zurückblieb. In Uebereinstimmung damit lautet die Formel Aragos für Grenelle — dessen totale Tiefe = 548 Meter —

$$T = 10,6^{\circ} + 0,042 \cdot s - 0,00002046 s^2,$$

und zwar für Grade des hunderttheiligen Thermometers und für Meter. Die ungleich wichtigere Formel, welche Geheimrath Dunker-Halle für das am 9. November 1870 begonnene und bis zu 1271,1m abgeteuft Bohrloch zu Sperenberg in der Mittelmark ermittelte, lautet auf Celsius-Grade und Meter umgerechnet:

$$T = 8,98 + 0,05136 \cdot s - 0,0000158623 s^2.$$

Wie bereits mehrfach auseinandergesetzt, ist die Litteratur grade über dies Sperenberger Bohrloch bald zu einem kaum überschaubaren Umfange angewachsen. Die Hauptursache davon war unbedingt die, dass die Mehrzahl der damaligen Geologen, unter denen sich auch der verdienstvolle Autor letztgenannter Formel selbst befand, eine unüberwindliche Abneigung dagegen empfanden, die Schlüsse gutzuhessen, zu welchen die thatsächlichen Beobachtungen führten, und sich die erdenklichste Mühe gaben, andere Formeln aufzustellen oder doch durch allerhand Schlussfolgerungen die Bedeutung der obigen abzuschwächen.

Der hauptsächlichste Fehler, welcher dabei gemacht wurde, ist nun meines Erachtens ohne alle Frage die willkürliche Abänderung des ersten Gliedes der rechten Seite der Gleichung, welche natürlich das ganze Resultat fälschen muss. Nach dem, was darüber oben gesagt ist, kann es gar keiner Frage unterworfen sein, dass man die Temperatur für eine Tiefe von 0 direkt in gar keiner anderen Weise finden kann, als durch Ermittlung der Durchschnittstemperatur der Lokalität, an welcher das Bohrloch angesetzt ist. Eine beliebige, noch so genaue Temperaturmessung an der oberen Ausmündung des Loches genügt offenbar nicht; jede Tages- und Jahreschwankung der Wärme würde sich fühlbar machen. Es bleibt daher nichts übrig, als entweder die vorhandenen Daten über die mittlere Wärme der Gegend zu benutzen, wie Dunker z. B. für Sperenberg die mittlere Temperatur Berlins und wie ich für das in ziemlicher Nähe von Halle belegene Bohrloch von Schladebach einfach die allgemein zu 9° C. angesetzte mittlere Temperatur Halle's nahm, oder man muss irgend eine nicht allzufern von der Erdoberfläche, aber doch schon von den Jahreschwankungen nicht mehr beeinträchtigte Stelle im Bohrloche wählen und aus dieser durch Rechnung die Anfangstemperatur ableiten. Natürlich muss hierbei grosse Vorsicht geübt werden, da, wie sich leicht ermitteln lässt, schon eine nicht sehr erhebliche Aenderung des konstanten

Anfangspunktes einen sehr merkbaren Einfluss auf die Grösse der zu ermittelnden Coëffizienten hat und folglich ein geringer Fehler in der Bestimmung der Konstanten im Stande ist, das ganze Resultat zu fälschen.

Diesen Verhältnissen gegenüber, deren Wichtigkeit und Unumstösslichkeit gewiss Niemand in Abrede stellen dürfte, wird das Verfahren nun geradezu unbegreiflich, welches — um die von mir aus dem dritten hier in Betracht kommenden und soeben erwähnten, 1884 begommenen Bohrloche von Schladebach gezogenen Schlüsse zu entkräften — Henrich an angegebener Stelle im „neuen Jahrbuche“ eingeschlagen hat. Von der Idee ausgehend, dass meine Voraussetzung irrig sei, nach welcher für  $s$  gleich 0 die Temperatur von  $9^{\circ}$  C. beobachtet worden (vgl. a. a. O. S. 182 und 185), variirt er die Konstante in einer wahrhaft erstaunlichen Weise, und erlangt dadurch allerdings linear — auch sogar dem linearen Verhalten voranschreitend — zunehmende Temperaturformeln. In seiner ersten Formel (S. 183) ist

$$T = 21,342^{\circ} \text{C.} + 0,020575 \cdot s + 0,000000057457 s^2$$

oder auch

$$T = 21,139 + 0,0207995 s.$$

Danach würde also Halle, das doch nicht viel kälter sein kann als Schladebach, eine Temperatur etwa wie Alexandria oder Neu-Orleans besitzen; und nahezu dasselbe Resultat giebt (S. 184) seine fünfte Gleichung

$$T = 20,8185 + 0,021027 \cdot s,$$

während seine dritte Gleichung (S. 184)

$$T = 24,018 + 0,01908 \cdot s$$

uns gar mit Yucatan, den kapverdischen Inseln und Manila auf eine Wärmstufe stellt. Von der 4. und 6. Gleichung, welche beide die Konstante auf 44 resp. 103,9 Grade erhöhen, schweige ich ganz, schon weil sie zu der Ungereimtheit führen, dass der Coëffizient des zweiten Gliedes, also  $x$ , in unserer Formel negativ wird. Es ist in der That der Mühe werth, festzustellen, dass Henrich allen Ernstes der Meinung ist, auf diesem Wege die Ansichten seiner Gegner zu widerlegen, und ferner, dass er wirklich — was man ohne Nachrechnen nicht glauben sollte — die Werthe für  $s$ , ganz unbekümmert um seine Erhöhung der Konstante, von der Erdoberfläche an misst! Es darf gewiss als ein bedauerlicher Einfluss doktrinärer Standpunkte bezeichnet werden, dass das „neue Jahrbuch“ einen Artikel dieses Inhalts nicht allein aufgenommen hat, sondern ihn auch noch kürzlich zu vertreten unternahm, indem es eine von mir ihm zugesandte Korrektur des Henrich'schen Irrthums zurückwies. — Erschwerend möchte dabei noch der Umstand zu nennen sein, dass Henrich bereits im Jahre 1876 in der nämlichen Zeitschrift einen ähnlichen Irrthum beging, der nicht

ungerügt blieb; nur verstieg er sich damals allerdings nicht zu so ungeheuren Ziffern, da die von ihm verlangte Erhöhung der Anfangstemperatur für Sperenberg sich etwa auf  $4\frac{1}{2}^{\circ}$  R. belief — immer eine Wärmehöherung, welche Berlin mit Norditalien in eine Kategorie bringen würde.

Indem ich mir vorbehalte, auf kleinere, aber in Uebereinstimmung mit dem oben Gesagten doch nicht einflusslose Abänderungen der Anfangstemperatur zurückzukommen, welche auch bei andern, im Gegensatz zu Henrich logischer gehaltenen Rechnungen sich zeigen, wende ich mich zu einem zweiten Fehler, nämlich zu einer willkürlichen Veränderung der thatsächlich am jeweiligen Ende eines Bohrloches, also vor Ort, gefundenen Temperatur. Ich mache in dieser Beziehung darauf aufmerksam, dass ein hinsichtlich der Endresultate keineswegs mit mir im Einverständnisse befindlicher namhafter Autor auf unserem Gebiete, Herr Oberberghauptmann Huyssen, jetzt in Berlin, doch darin mit mir vollkommen einer Meinung war, dass gerade die beiden Daten, die Anfangstemperatur bei 0 Tiefe und die Temperatur vor Ort, stets das wesentlichste seien. Wird in einem Bohrloche nicht von Anfang an die Temperatur beobachtet, und lässt man die Bohrung viel weiter in die Tiefe schreiten, bevor man eine Messung vornimmt, so ist man stets in Gefahr, ein ungenaues Resultat zu erzielen. Es liegt dies auf der Hand; wird in einem Bohrloche weiter nach oben — sagen wir in der Mitte — ein noch so gut abgeschlossenes Thermometer angebracht, so wird bei ungleichem Zuströmen von Quell- und Sickerwasser auf den beiden Seiten des Thermometers — oben und unten — möglicher Weise die obere oder die untere Seite einen zu grossen Einfluss erlangen, also das Instrument nicht die wahre Gesteinstemperatur an der betreffenden Stelle zeigen. Strömt das Bohrloch unten rasch voll Wasser, ohne dass von oben ein Gleiches stattfindet — ein Fall, der sich unbedingt sehr leicht ereignen kann — so muss nothwendiger Weise durch das Emporsteigen des wärmeren Wassers von unten eine zu hohe Temperatur angezeigt werden. Umgekehrt könnte, wenn die Zufuhr kalten Wassers von oben ungewöhnlich stark wäre und die des wärmeren Wassers von unten mangelte, eine zu niedrige Temperatur resultiren; nur wird dies selten der Fall sein, und man wird meistens mit einem ungefähr richtigen oder einem erhöhten Wärmegrade zu thun haben, und zwar ohne einen festen Anhaltspunkt dafür zu besitzen, ob der eine oder der andere Fall vorliegt. In dem bei Sperenberg in Frage kommenden, vorwiegend trockenen Gesteine, nämlich Steinsalz, ist indessen der Fall, dass in Folge eines Aufsteigens von warmem Wasser unter die Hülse des Thermometers eine zu hohe Temperatur gelesen wird, mindestens weit wahrscheinlicher. Der Fehler wird in solchen Fällen um so

grösser, je höher das Thermometer über der Maximaltiefe sich befindet, und so wird es vollkommen begreiflich, wie gerade im Sperenberger Bohrloche bei den nachträglichen Temperaturbeobachtungen, welche man nach der Vollendung der Bohrung in verschiedenen Tiefen anstellte, sich gegen die ersten Beobachtungen Differenzen bis zu  $3^{\circ}$  R. zeigten. Es möchte aus obigem mit Nothwendigkeit zweierlei folgern; einmal, dass trotz des Mangels eines guten Abschlusses des Thermometers die anfänglichen Beobachtungen, doch ungleich werthvoller waren — ein Satz, der auch durch das Schladebacher Bohrloch insofern volle Bestätigung findet, als dort vor Ort die zweierlei Beobachtungen ohne und mit Abschluss uns nur Differenzen von Bruchtheilen eines Grades zeigten, höchstes von  $0,4^{\circ}$  R. oder  $\frac{1}{2}^{\circ}$  C. —; zweitens aber, dass es ganz unstatthaft genannt werden muss, wenn man die Temperaturen der grössten Tiefen, nämlich  $38,5^{\circ}$  R. oder  $48,13^{\circ}$  C. für Sperenberg bei 1286,6 m und  $45,3^{\circ}$  R. oder  $56,63^{\circ}$  C. für Schladebach bei 1716 m Tiefe, hinaufschrauben will. Es mag immerhin für die Gegner einer Gluthitze im Erdinnern eine gewisse Genugthuung darin liegen, wenn für Sperenberg jene Erhöhung der Temperatur „vor Ort“ auf  $42^{\circ}$  R. oder  $52,5^{\circ}$  C. noch immer nicht genügt, eine gleichmässige oder lineare Temperatursteigerung zu folgern, vielmehr eine noch erklecklich höhere Steigerung zur Erzielung letzteren Ergebnisses erforderlich sein würde, allein die Zulässigkeit solcher Erhöhung darf man darum auf keinen Fall zugeben. Dies muss man um so strenger festhalten, als für Schladebach leider nur eine relativ kurze Reihe von Temperaturbeobachtungen vorliegt. Sie wurde begonnen bei 1266 m und von 30 zu 30 Metern, aber mit einigen Lücken, wiederholt, sodass ausser der Oberflächenwärme im ganzen nur 10 Beobachtungen vorliegen, welche noch dazu theilweise mit etwas grossem Abstände des Thermometers von der jeweiligen Bohrlochtiefe gemacht wurden; dies gilt besonders von den beiden ersten Wärmemessungen. Indessen ist der Abstand doch nicht so gross, dass wir darum die Messungen überhaupt zu vernachlässigen brauchten. Anders ist es jedoch mit den auch hier nachträglich veranstalteten Messungen, welche neuerdings (im „neuen Jahrbuche“ 1889, I, S. 35) von Dunker veröffentlicht sind. Obgleich hier die Verhältnisse etwas anders liegen als bei Sperenberg, und augenscheinlich keine so grossen Missverhältnisse zwischen den neuen und alten Messungen obwalten, so zeigen sie sich doch immerhin und lassen sich schon daraus erkennen, dass bei nur 6 m Tiefe sich gerade nach Anbringen des Verschlusses  $8,3^{\circ}$  R., also  $10,48^{\circ}$  C. zeigten, was um mehr als einen Grad zu hoch ist. Selbst die Formel, welche Dunker auf Grund aller ihm vorliegenden Beobachtungen aufgestellt, erreicht die Höhe der Anfangstemperatur nicht, welche sich aus der auf



dem angegebenen Wege angestellten Temperaturmessung ergab. Gleichwohl ist auch sie noch zu hoch, denn die Dunker'sche Gleichung lautet für Reaumur-Grade

$$T = 8,4204914 + 0,0224276 (s - 36 \text{ m}),$$

bei der die für 36 m Tiefe aus der Gesamtheit der Messungen berechnete Temperatur ganz richtig mit der nämlichen Tiefe kombinirt wird, die Werthe für  $s$  also nicht, wie es bei Henrich geschieht, ohne weiteres trotz der Einführung einer erst in grösserer Tiefe möglichen konstanten Wärme von der Oberfläche an gerechnet werden; die Umrechnung dieser Gleichung auf den Anfangspunkt = 0 aber ergibt, da die Auflösung der letzten Klammer einen negativen Zusatz zur Konstante im Betrage von 0,8073936 liefert, die Gleichung

$$T = 7,6130978 + 0,0224276 \cdot s,$$

und für Celsiusgrade umgerechnet

$$T = 9,5164 + 0,0280345 \cdot s.$$

Schon wegen dieses zu hohen Betrages der Konstante ist auf diese Gleichung kein Werth zu legen, wie dies auch aus einer Vergleichung mit den letzten beiden Gleichungen von Henrich (S. 187 f.) hervorgeht, auf die ich noch unten zurückkommen werde. Die eine setzt  $T = 9,385 + 0,028205 \cdot s$  und erhält eine nicht viel grössere Fehlerquadratsumme als die andere,

$$T = 8,9487 + 0,0320405 \cdot s - 0,0000022798 \cdot s^2,$$

sodass also eine Erhöhung der Konstante um nur 0,44 Grad schon eine wesentliche Aenderung der Gleichung ergibt. Da nun diese Erhöhungen der Anfangstemperatur durch nichts gerechtfertigt sind, so dürfen wir auch die sie enthaltenden Gleichungen nicht für richtig halten.

Nehmen wir aber hierzu, dass die Dunker'sche Formel obendrein die Temperatur der grössten Tiefe um etwa  $0,8^\circ$  R. oder einen Grad Celsius zu hoch gibt, nämlich =  $46,099^\circ$  R. statt  $45,3^\circ$ , und ferner, dass in der Hauptreihe der Beobachtungen von 1266 bis 1716 Meter sämtliche Werthe in den grössten Tiefen von 1656 m an nach abwärts nach der Formel zu hoch ausfallen, die mittleren, bis 1566 m hinauf, keine beträchtlichen Differenzen zeigen, die oberen dagegen bei der Rechnung nach der Formel sich sämtlich zu niedrig stellen, so möchten daraus noch fernere Bedenken gegen die Dunker'sche Formel erwachsen, welche den aus ihr gezogenen Schluss, nämlich die Annahme einer linearen Wärmezunahme unter der Erdoberfläche, umstossen.

Fragen wir nun nach einer Formel, welche aus den Schladebach'schen Beobachtungen abzuleiten wäre, so ergibt sich zunächst, wenn man die sämtlichen 10

ursprünglichen Beobachtungen mit der für 0-Tiefe anzunehmenden Temperatur von  $9^{\circ}$  C. kombiniert, eine ziemlich einfache und zugleich eine nur sehr geringe Fehlerquadratsumme aufweisende Formel von der Form

$$T = 9^{\circ} + 0,032 \cdot s - 0,0000025 \cdot s^2.$$

Diese Formel, obwohl auf viel weniger Decimalstellen berechnet, möchte von der obigen letzten Henrich'schen Formel, deren Fehlerquadratsumme nebenbei nicht wesentlich geringer ist (sie beträgt bei Henrich 2,15, hier 2,8), insofern den Vorzug verdienen, als sie die Anfangstemperatur überhaupt nicht willkürlich ändert und zugleich übersichtlicher ist. Indessen ist es ziemlich gleichgültig, auch hinsichtlich der aus beiden Formeln etwa zu ziehenden Schlüsse, welche von beiden man benutzen will, und Henrich hätte seine hierauf verwandte Mühe durchaus nicht als auf eine „undankbare Aufgabe“ verwandt beklagen sollen; diese Formel ist in der That das einzig brauchbare in seiner ganzen Auseinandersetzung.

Zum Schlusse möchte ich mir noch ein paar Worte über die Folgerungen erlauben, zu welchen diejenigen empirischen Formeln, welche im Vorstehenden als zulässig erkannt sind, uns berechtigen. Unbedingt gelangen wir durch sie zu dem Schlusse, dass bei einem Hinuntersteigen unter die Erdoberfläche zwar bis jetzt sich noch immer, absolut genommen, eine Temperaturzunahme gezeigt hat, dass aber der Grad dieser Steigerung um so mehr nachlässt, je tiefer wir gelangen. Dagegen ist in Wahrheit nichts einzuwenden; denn wenn wir uns (wie z. B. Herr Oberberghauptmann Huyssen) hinter die Unregelmässigkeiten der Temperaturzunahme flüchten wollten, welche häufig (z. B. in ziemlich hohem Grade bei dem Bohrloche in Sennowitz, nördlich von Halle) vorkommen, so überschätzen wir dieselben offenbar und verkennen, dass sich doch jene empirischen Formeln aufstellen liessen und nur geringe Fehlerquadratsummen ergaben. Wollten wir jedoch an Stelle der Gleichungen andere setzen, die jene Schlüsse nicht zuliessen, so würden wir einfach das Gebiet der thatsächlichen Beobachtung verlassen.

Ausserdem stellt sich in den beiden Bohrlöchern von Sperenberg und Schladebach die zuletzt beobachtete Wärmezunahme als sehr gering heraus; in Schladebach betrug sie sogar auf die letzten 30 Meter nur  $0,1^{\circ}$  R., also im Grunde nicht mehr, als die Grenze möglicher Beobachtungsfehler betragen dürfte. Dies schon lässt es uns als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass sich die Tiefe dieser Bohrlöcher schon einer Grenze nähert, von welcher aus keine Steigerung der Wärme mehr stattfindet, wo also eine konstante Durchschnittstemperatur des Erdkörpers erreicht wird. Von da an wieder eine Abnahme zu folgern, wie es die Anhänger des glühendheissen

Erdkerns ihren Gegnern gern andichten, ist aus den Eingangs bemerkten Gründen durchaus unstatthaft. Anders gestaltet sich aber die Frage nach der Tiefe und Temperatur, bei welcher jener konstante Werth der letzteren erreicht wird; in dieser Hinsicht dürfte sich mit Hülfe der Berechnung der Maxima und Minima wenigstens ein annäherndes Resultat erzielen lassen. Freilich sind der Beobachtungsstellen noch sehr wenige, und da Grenelle für etwa 1020 m, Sperenberg für 1650 m, Schladebach für die Formel  $T = 9^{\circ} + 0,032 \cdot s - 0,0000025 s^2$  aber erst für 6400 m Tiefe das Ende der Wärmezunahme verheisst, so würde namentlich in letzter Zahl eine grosse Schwierigkeit liegen, wenn nicht eben die so sehr geringe Wärmesteigerung, welche gegen Ende der Bohrung im letztgenannten Orte thatsächlich ermittelt ist, grade diese Ziffer als zu hoch erscheinen liesse. Aus diesem Grunde habe ich auch schon früher aus den letzten, tiefsten Beobachtungen eine andere empirische Formel berechnet, nämlich

$$T = 9^{\circ} + 0,045 \cdot s - 0,00001 \cdot s^2,$$

welche allerdings nur approximativ ist, meiner Ansicht nach jedoch mit 2250 m den Punkt, an welchem eine konstante Erdtemperatur erreicht sein würde, eher zu tief als zu hoch angibt. Dass diese Formel sich nicht durch Rückrechnungen kontrolliren und für die ganze Reihe der Beobachtungen verwerthen lässt, liegt eben darin, dass die Wärmezunahme nach ihr nothwendig geringer sein muss als weiter oben, dass also umgekehrt auch die Abnahme nach oben hin zu klein ausfallen muss — ein Umstand, der bei der Prüfung nicht zu übersehen sein möchte.

Die Temperaturen, welche sich in diesem konstant-warmen Erdinnern erwarten lassen, waren etwa  $60^{\circ}$  C. bei Schladebach (während die für die ersterwähnte Formel resultirenden  $111^{\circ}$  C. unberücksichtigt bleiben können),  $51^{\circ}$  C. bei Sperenberg und  $33^{\circ}$  C. bei Grenelle. Sie gehen zwar noch ziemlich weit auseinander; da man aber doch nicht in allen Fällen eine ganz gleiche Wärme des inneren Erdkörpers zu finden braucht, und da Grenelle bei seiner verhältnissmässig geringen Tiefe weniger in Betracht kommen dürfte, so ist doch in dieser Beziehung das Endergebniss kein ganz unbefriedigendes, sofern man eben nicht von plutonistischen Prämissen ausgeht und dem Thatbestande entgegen auf ihnen beharren will.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Halle](#)

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: [17](#)

Autor(en)/Author(s): Brauns

Artikel/Article: [Kritische Bemerkungen über die Verwerthung der Temperaturbeobachtungen in Tiefbohrlöchern zu empirischen Formeln 245-255](#)