



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik**

**Müller, Johann Heinrich Jacob**

**Braunschweig, 1894**

200. Innere Erdwärme

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-96939](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-96939)

baren Beobachtungen der Bodentemperatur zu Quellentemperaturen seine Zuflucht nehmen.

Nach den Beobachtungen von Schlagintweit befindet sich die Isotherme von  $0^{\circ}$  in der Tauernkette (höchster Gipfel des Gross Glockner, etwas weniger als 4000 m) in einer Höhe von 3380 m, wo das Jahresmittel der Lufttemperatur ungefähr  $-7,0^{\circ}$  C. beträgt.

**Innere Erdwärme.** Wenn man in der Erdoberfläche über 200 den Punkt hinab vordringt, in welchem die jährlichen Temperaturschwankungen verschwinden, so findet man eine, mit wachsender Tiefe stets zunehmende Temperatur. In Bergwerken war diese Erscheinung schon lange bemerkt worden, ehe man noch regelmässige Beobachtungen darüber anstellte; die Bergleute wussten, dass in der Tiefe nicht allein die Temperaturveränderungen nicht mehr fühlbar sind, sondern dass es daselbst auch ausserordentlich warm ist.

Saussure fand zu Bex im Canton Waadt in einem Schachte, welcher seit drei Monaten von Niemandem befahren worden war, eine Temperatur von

14,4 <sup>o</sup> C.	in einer Tiefe von	100 m
15,6	" " " "	180
17,4	" " " "	214

Später wurden ähnliche Messungen in den Bergwerken der verschiedensten Gegenden angestellt, und alle führten zu dem gleichen Resultate, wenn sich auch nicht an allen Orten das gleiche Gesetz der Wärmezunahme herausstellte. Die in dieser Beziehung gefundenen Ungleichheiten sind aber sehr erklärlich, wenn man bedenkt, dass die verschiedenen Felsmassen, in welchen die Schachte angelegt sind, nicht gleich gute Wärmeleiter sind, dass es nicht gleichgültig sein kann, ob man von der Höhe eines Berges, von der Sohle eines Thaales oder von der Ebene aus niedergeht, dass die Tagwasser, welche in den Boden einsinken, mehr oder weniger störend auf die Regelmässigkeit der Wärmezunahme einwirken müssen.

In dem Albertischachte in Pörsbrunn, in welchem man im Jahre 1874 die Tiefe von 1000 m erreichte, fanden sich folgende Gesteinstemperaturen:

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur
74,5 m	9,4 <sup>o</sup>	505,6 m	16,5 <sup>o</sup>
145,0	11,5	581,5	17,8
190,7	12,0	661,8	19,2
286,3	13,8	737,3	20,4
359,8	14,2	832,2	21,1
432,7	15,1	889,3	21,8

Im Durchschnitt findet sich aus diesen Messungen, dass die Temperatur für 65 m Tiefenzunahme um  $1^{\circ}$  C. steigt. Aber die einzelnen

Beobachtungen dieser Reihe ergeben schon bedeutende Differenzen, und ebenso liefern Bohrungen an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche sehr verschiedene Resultate. Die Tiefenzunahme, welche einer Zunahme der Temperatur um  $1^{\circ}\text{C}$ . entspricht, nennt man die geothermische Tiefenstufe; dieselbe beträgt also für Pribram 65 m, während sie in einem Bohrloche in Neuffen in Württemberg nur zu 11 m gefunden wurde.

Das tiefste Bohrloch der Welt befindet sich in Sperenberg in der Nähe von Berlin; dasselbe geht 88 m durch Gyps und dann durch Steinsalz, und erreicht im Ganzen eine Tiefe von 1272 m. Es haben sich dort durch sorgfältige Messungen folgende Temperaturen gefunden:

Tiefe	Temperatur	Tiefe	Temperatur
26,7 m	$9^{\circ}$	477,8 m	$30,9^{\circ}$
223,0	21,6	605,2	33,1
286,7	23,5	669,0	35,9
350,4	26,4	1080,0	46,5
414,1	26,9	1268,6	48,1

Geothermische Tiefenstufe = 31,8 m.

In dem Bohrloche des artesischen Brunnens zu Grenelle bei Paris fand man in einer Tiefe von 547 m die Temperatur von  $27,7^{\circ}\text{C}$ ., und in dem zu Neusalzwerk in Westphalen in einer Tiefe von 696 m die Temperatur von  $32,8^{\circ}\text{C}$ .

Im Durchschnitt beträgt die geothermische Tiefenstufe etwa 33 m; doch kommen, wie schon erwähnt, bedeutende locale Verschiedenheiten vor. Namentlich nimmt in Kohlenbergwerken die Temperatur verhältnissmässig sehr rasch mit der Tiefe zu.

Sehr interessante Resultate über die Temperatur des Erdinnern hat man bei Gelegenheit des Baues des St. Gotthard-Tunnels erhalten. Die geothermische Tiefenstufe betrug im Durchschnitt etwa 50 m, und zwar war die höchste erreichte Temperatur =  $30,8^{\circ}\text{C}$ . Im Allgemeinen war die Temperatur dort, wo die höchsten Gesteinsmassen über dem Tunnel lagen, am grössten, doch entsprachen die Temperaturen nicht genau den Höhen der überlagernden Bergmassen, sondern unter grösseren Bergspitzen nahm die Temperatur verhältnissmässig wenig zu und unter tieferen Thälern weniger ab. Für die geothermische Tiefenstufe fand sich:

Tiefe	geothermische Tiefenstufe
301 m	24,0 m
558	42,3
1026	51,8
1165	52,5

Die Flächen gleicher Temperaturen haben demnach einen ähnlichen Verlauf wie die der Erdoberfläche, doch sind sie, wo die Erdoberfläche

gegen die Horizontale geneigt ist, weniger geneigt als diese, etwa wie Fig. 317 zeigt.

Wollten wir annehmen, dass die Temperatur des Erdinnern bis in grosse Tiefen in gleichem Verhältnisse, also um etwa  $1^{\circ}\text{C.}$  auf 33 m zunähme, so würden wir zu dem Resultate kommen, dass bei 60 km Tiefe schon eine Temperatur von über  $1800^{\circ}\text{C.}$  herrschte. Bei dieser Temperatur schmelzen aber schon fast alle uns bekannten Mineralien, und man hat daraus geschlossen, dass die Erde ihrer hauptsächlichlichen Masse nach ein glühendflüssiger Körper, und nur bedeckt von einer wenige geographische Meilen dicken festen Kruste sei. Indessen lassen sich gegen diese Annahme sehr gewichtige Bedenken erheben. Denn einestheils hat man gewöhnlich dort, wo weder Kohlenbergwerke noch irgend welche in chemischer Veränderung befindliche Gesteine vorhanden sind, wo demnach die Temperaturzunahme eine grosse Regelmässigkeit zeigt, bemerkt, dass mit grösserer Tiefe die geothermische Tiefenstufe

Fig. 317.



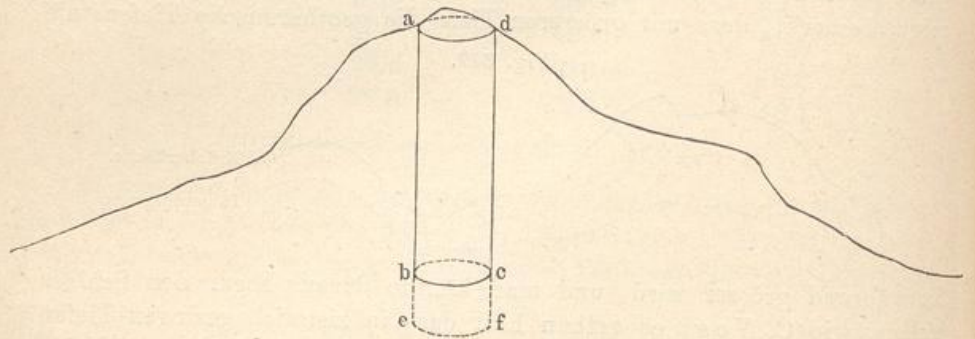
fortwährend grösser wird, und man könnte daraus sogar den Schluss ziehen, wie C. Vogt es gethan hat, dass in ziemlich geringen Tiefen die Temperaturzunahme überhaupt aufhört. Wenn man aber andererseits diesen Schluss nicht ziehen will, so ist doch zu bedenken, dass bei grösserem Drucke die Schmelztemperatur der Gesteine wächst, und dass im Innern der Erde, wo theilweise der Druck der oberen Erdschichten ein sehr beträchtlicher sein muss, schon dadurch der feste Zustand der unteren Schichten erhalten wird. Wie gross übrigens der Druck der oberen Schichten an einzelnen Stellen der Erde ist, davon kann man sich auch nicht annähernd ein Bild machen. Setzen wir z. B. den Fall, aus einem Berge sei (Fig. 318, a. f. S.) ein cylinderförmiges Stück *abcd* so ausgeschnitten, dass es sich ohne Reibung an den Seitenwänden auf- und niederbewegen könnte. Wir könnten dann, wenn wir das specifische Gewicht der Bergmasse und die Dimensionen des Stückes *abcd* kennten, genau den Druck berechnen, welchen es auf ein darunter befindliches, ebenfalls cylindrisches Stück *bcfe* des Berges ausübt.

Ganz anders liegt aber die Sache, wenn der Cylinder *abcd* fest mit dem Berge verbunden ist; er kann dann unter Umständen von den seitlich befindlichen Theilen des Berges so weit gestützt und in die Höhe gehalten werden, dass gar kein Druck auf *bcfe* stattfindet, wie z. B. eine steinerne Brücke, deren einen Bogen man durch eine Wand verschliesst, keinen Druck auf diese Wand ausübt. Man könnte sich sogar einen Grad der Consistenz der Erdkruste denken, bei welchem

sie sich wie eine dünnwandige metallene Hohlkugel, allein durch den Seitendruck ihrer einzelnen Theile im Gleichgewicht befindet, ohne auf die in ihrem Innern befindlichen Theile zu drücken. So liegen allerdings die Verhältnisse keineswegs, und es ist klar, dass z. B. die Oceane einen sehr bedeutenden Druck auf ihren Untergrund ausüben müssen.

Die Aufgabe, für jeden einzelnen Punkt der festen Erdoberfläche den Druck zu ermitteln, welchen sie in einer bestimmten Tiefe ausübt, ist demnach im Allgemeinen eine völlig unbestimmte und unlösbare, weil dieser Druck von der Beschaffenheit des Erdinnern abhängt, die wir nur unvollkommen, und von dem Seitendruck, den wir in der Regel gar nicht kennen; und wir können nur sagen, dass an manchen Stellen der

Fig. 318.



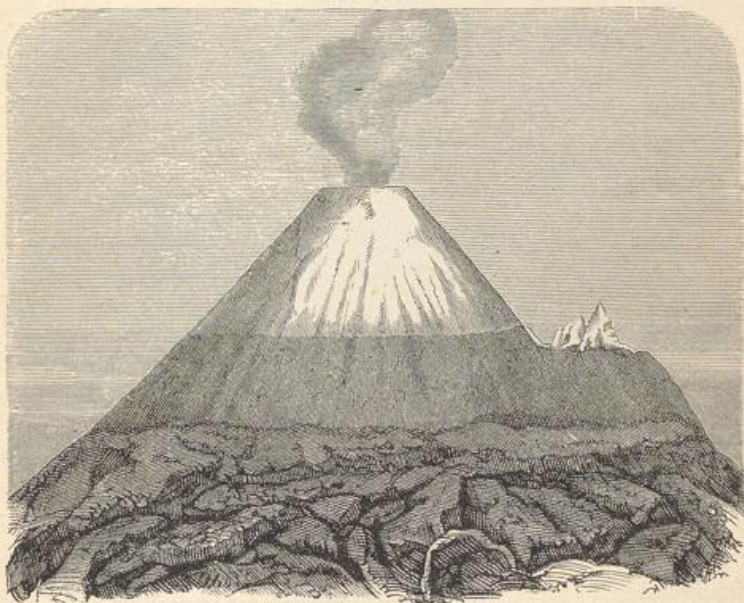
Erde der Druck ein sehr bedeutender und an anderen ein verschwindend kleiner ist.

Die schon erwähnte, früher aufgestellte Hypothese, dass die Erde im Grossen und Ganzen ein gluthflüssiger Körper und nur von einer wenige Meilen dicken Schicht überdeckt sei, ist jetzt wohl von fast allen Geologen verlassen worden. Es sprechen auch namentlich astronomische Gründe gegen die Annahme. Denn wie schon früher erwähnt wurde, wird die Präcession und Nutation der Erdachse durch die Anziehung der Sonne und des Mondes hervorgerufen, und muss in anderer Weise stattfinden, wenn die Erde ein flüssiger, als wenn sie ein starrer Körper ist, und anders, wenn sie, — im ersteren Falle, — mit einer sehr dünnen, als wenn sie mit einer dicken Kruste bedeckt ist. Untersuchungen, welche Hopkins über die Präcession und Nutation ausgeführt hat, zeigten ihm, dass die Erde entweder völlig starr, oder von einer Kruste bedeckt sei, welche eine Dicke von etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  des Erdradius habe. Es wäre nun noch möglich, dass die Erde im Wesentlichen aus einer viscosen Masse bestände, keinesfalls aber kann sie bis auf wenige Meilen unter ihrer Oberfläche in flüssigem Zustande sein. Dagegen ist wohl nicht zu bezweifeln, dass sie im Innern von sehr hoher Temperatur und im Zustande einer, wengleich äusserst langsamen Abkühlung begriffen

ist. Hierauf deuten die sicher constatirten allmählichen Hebungen und Senkungen einiger Theile der Erdoberfläche, die sich nur durch eine Zusammenziehung des Innern der Erde und dadurch bewirkte Faltenbildung in den bereits abgekühlten äusseren Schichten erklären lassen.

**Vulkane.** In verschiedenen Gegenden der Erde findet man Berge 201 von mehr oder weniger kegelförmiger Gestalt, auf deren Gipfel sich eine trichterförmige Vertiefung, der Krater, befindet. Dieser Krater hat meist eine kreisrunde Gestalt und der Kegel, welcher ihn trägt, besteht grösstentheils aus aufgeschütteten Materialien, weshalb er als Aschenkegel bezeichnet wird. Als besonders charakteristische Beispiele solcher Krater-

Fig. 319.



berge, welche man als Vulkane bezeichnet, mag der Cotopaxi in Südamerika, Fig. 319, und der Vulkan der Insel Barren im Golf von Bengalen, Fig. 320 (a. f. S.), dienen.

Eine Erscheinung, welche derartigen Bergen ein besonderes Interesse verleiht, sind die vulkanischen Ausbrüche oder Eruptionen, welche nach mehr oder minder langen Perioden der Ruhe stattfinden und deren normaler Verlauf im Wesentlichen folgender ist: Nach vorausgegangenem unterirdischem Getöse, welches von einer Erschütterung des Bodens begleitet ist, entsteigen dem Krater ungeheure Massen von Wasserdampf, während zugleich ein Auswurf von erdigen, steinigen, zermalnten und zerriebenen Massen, sogenannter vulkanischer Asche, stattfindet. Häufig sind diese Erscheinungen noch von dem Hervorbrechen geschmol-