



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Joh. Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik

Müller, Johann Heinrich Jacob

Braunschweig, 1894

199. Temperatur des Bodens

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

in welcher der Neumond nahezu mit dem Eintritt des Mondes in das Zeichen des Stiers zusammenfällt. Von diesen Kälterückfällen im Mai wird später noch die Rede sein.

199 **Temperatur des Bodens.** Wir haben bisher nur die Temperatur der Luft, aber nicht die Temperatur der oberen Bodenschichten besprochen, welche je nach der Natur der Bodenfläche oft bedeutend von der Lufttemperatur verschieden sein kann; ein nackter, des Pflanzenwuchses beraubter, steiniger oder sandiger Boden wird durch die Absorption der Sonnenstrahlen weit heisser, ein mit Pflanzen bedeckter Boden, z. B. ein Wiesengrund, wird durch die nächtliche Strahlung weit kälter als die Luft, deren Temperatur schon durch die fortwährenden Luftströmungen mehr ausgeglichen wird. In den afrikanischen Wüsten steigt die Hitze des Sandes oft auf 50 bis 60° C. Ein mit Pflanzen bedeckter Boden bleibt kühler, weil die Sonnenstrahlen ihn nicht direct treffen können, die Pflanzen selbst binden gewissermaassen eine grosse Wärmemenge, indem durch die Vegetation eine Menge Wasser verdunstet; sie erkalten aber, wie wir gesehen haben, bei ihrem grossen Emissionsvermögen durch Ausstrahlung der Wärme so stark, dass die Temperatur des Grases oft 7 bis 8° unter die der Luft sinkt. Im Inneren der Wälder ist die Luft beständig kühl, weil die dichte Laubdecke auf dieselbe Weise abkühlend wirkt wie eine Grasdecke, und weil die an den Gipfeln der Bäume abgekühlte Luft sich niedersenkt. Ueberdies ist aber auch die Wärmemenge, welche dem Erdboden zufliesst, von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft abhängig. Die atmosphärische Luft ist, wenn sie gar keine Wasserdämpfe enthält, für die von der Sonne kommenden Wärmestrahlen beinahe ebenso durchdringbar wie ein leerer Raum, während eine mit Feuchtigkeit erfüllte Luft die Wärmestrahlen theilweise absorbirt. Dadurch wird bewirkt, dass bei feuchter Luft ein Theil der Sonnenwärme den Erdboden gar nicht erreicht, sondern dazu verwandt wird, die Luft selbst zu erwärmen, während andererseits die feuchte Luft dazu dient, die den Erdboden erreichende Wärme dort festzuhalten. Auf hohen Bergen ist die Luft sehr trocken, in Folge dessen zeigt dort ein Thermometer im Schatten eine niedrige Temperatur, während Gegenstände, welche von den Sonnenstrahlen getroffen werden, sich zum Theil stark erwärmen. Der Grad der Erwärmung hängt aber von der Beschaffenheit des Gegenstandes ab. Auf schneebedeckten Flächen kann in grossen Höhen die Sonnenhitze für den Menschen unerträglich werden, während sie nicht im Stande ist, die Oberfläche des Schnees zu schmelzen, sondern von dieser fast vollständig wieder in den Weltraum ausgestrahlt wird. Ueberall aber, wo die Luft feucht ist, bildet sie eine schützende Decke für den Erdboden, und hindert die Ausstrahlung der Wärme in ähnlicher Weise, wie die Fenster eines Gewächshauses, welche die Sonnenstrahlen zwar grösstentheils durchlassen, aber verhindern, dass die Wärme des Raumes sich nach aussen hin wieder verbreitet.

Wegen des unvollkommenen Wärmeleitungsvermögens kann die Wärme der obersten Bodenschichten nur nach und nach in das Innere eindringen; wenn die Oberfläche aber erkaltet, so verlieren die tieferen Bodenschichten weniger schnell ihre Wärme; in einer geringen Tiefe werden deshalb die Temperaturschwankungen weit geringer sein als an der Oberfläche selbst. In Deutschland verschwinden schon bei einer Tiefe von 0,7 m die täglichen Temperaturschwankungen, und in einer noch grösseren Tiefe verschwinden sogar die jährlichen Variationen, so dass hier stets dieselbe Temperatur herrscht, welche aber keineswegs überall mit der mittleren Temperatur des Ortes genau übereinstimmt.

Seit 1671 hatte Giov. Cassini bemerkt, dass die Temperatur der Keller des Observatoriums zu Paris während des ganzen Jahres sich nicht ändert. Im Jahre 1730 machte Lahire dieselbe Beobachtung. Der Graf Jean Cassini, Urenkel des Obigen, erkannte zuerst die grosse Wichtigkeit dieser Erscheinung; im Jahre 1771 fing er an, sie durch eine Reihe von Versuchen näher zu untersuchen und im Jahre 1783 stellte er gemeinschaftlich mit Lavoisier in den Kellern des Observatoriums einen sehr empfindlichen Apparat auf, welcher entscheidende Resultate liefern musste. Dieser Apparat, welcher noch jetzt daselbst aufgestellt ist, hat folgende Einrichtung.

Auf dem Boden des Kellers, in einer Tiefe von 27,6 m, erhebt sich ein massiver Steinblock von 1,3 m Höhe, auf welchem ein mit feinem Sande gefülltes Glasgefäss steht; in diesem Sande steckt die Kugel eines Thermometers, dessen Theilung auf Glas geätzt ist. Das Thermometer ist von Lavoisier selbst construirt und mit wohl gereinigtem Quecksilber gefüllt; seine Kugel hat 7 cm im Durchmesser, und die Röhre ist so fein, dass ein Grad eine Länge von ungefähr 95 mm einnimmt, dass also $\frac{1}{100}$ Grad noch fast eine Länge von 1 mm hat; man kann demnach noch die Hälfte von $\frac{1}{100}$ Grad ablesen. Das Thermometer geht nur bis auf 16°C ., es hat aber oben einen kleinen Behälter, in welchen das Quecksilber hineinsteigen kann, wenn etwa die Temperatur über 16°C . steigen sollte.

Dieses Thermometer zeigt nun eine constante Temperatur von $11,82^{\circ}\text{C}$., und diese Temperatur hat sich seit einem halben Jahrhundert nicht geändert.

Die Tiefe, in welcher die jährlichen Temperaturschwankungen verschwinden, ist nicht in allen Gegenden dieselbe; sie hängt von der Leitungsfähigkeit des Bodens, vorzüglich aber auch von der Grösse des Temperaturunterschiedes der heissesten und kältesten Jahreszeit ab. In der heissen Zone Amerikas fand Boussignault schon in einer Tiefe von 5 bis 6 dem eine constante Temperatur, weil hier die Wärme ziemlich gleichförmig über die verschiedenen Zeiten des Jahres verbreitet ist.

Wie mit zunehmender Tiefe die jährlichen Veränderungen der Temperatur abnehmen, ersieht man aus folgenden Resultaten, welche die zu Brüssel in dieser Beziehung von 1834 bis 1837 angestellten Versuche geliefert haben.

Tiefe	Schwankungen der Temperatur im Laufe eines Jahres
0,19 m	13,28° C.
0,45	12,44
0,75	11,35
1,00	10,58
1,95	7,59
3,90	4,49
7,80	1,13

Vergleicht man die Beobachtungen von Paris, Strassburg, Zürich und Brüssel, so ergibt sich, dass die jährlichen Schwankungen ungefähr in einer Tiefe von 24 m verschwinden.

Da die Wärme nur allmählich von der Oberfläche in die Tiefe eindringt, so ist klar, dass in der Tiefe das Maximum der Temperatur später erreicht wird als in der Atmosphäre, wie dies auch folgende von Forbes in Edinburg in verschiedenen Bodenarten angestellte Versuche bestätigen.

Bodenart	Jähr. Temperaturschwankung in einer Tiefe von				Zeitpunkt des Temperaturmaximums in einer Tiefe von			
	1 m	1,9 m	3,9 m	7,8 m	1 m	1,9 m	3,9 m	7,8 m
Trapp . . .	10,53° C.	6,61°	3,5°	0,80°	6. Aug.	2. Sept.	17. Oct.	8. Jan.
Sand	11,23	8,30	4,19	1,16	31. Juli	24. Aug.	7. Oct.	30. Dec.
Sandstein .	9,58	7,72	5,22	2,28	5. Aug.	19. Aug.	11. Sept.	11. Nov.

Aus diesen Versuchen ergibt sich nun auch, wie ungleich die Leitungsfähigkeit verschiedener Fels- und Bodenarten für die Wärme ist. Trapp (Dolerit) besitzt unter den drei genannten das geringste, Sandstein das beste Leitungsvermögen. In gleicher Tiefe sind im Sandstein die Schwankungen der Temperatur nicht allein grösser, sondern das Maximum der Temperatur stellt sich auch früher ein als im Sande und Dolerit.

Beobachtungen über die Erdtemperatur in verschiedenen Tiefen sind bisher namentlich angestellt in Brüssel, Edinburg, Greenwich, Paris, Madrid, München, Breslau, Eberswalde, Potsdam, Königsberg, Bonn, Dresden, Budapest, Petersburg (Pawlowsk), Jakutsk, Sidney, Cambridge (Nordamerika) und in Indien.

In Königsberg wurde zuerst eine Erdthermometerstation im botanischen Garten durch Franz Neumann im Jahre 1836 eingerichtet, und vier Jahre hindurch daran beobachtet. In vollkommenerer Weise wurde an derselben Stelle im Jahre 1872 eine Station eingerichtet, an welcher bis zum Jahre 1892 Beobachtungen angestellt sind.

Es wurden sieben Thermometer von resp. 1,26, 1,57, 1,88, 2,51, 3,77, 6,28 und 8,78 m Länge hergestellt, und so weit durch Bohrlöcher in die Erde eingelassen, dass die Mittelpunkte ihrer Quecksilbergefässe resp. 0,03, 0,31, 0,63, 1,26, 2,52, 5,02 und 7,53 m, oder nach altem

Fig. 314.

rheinischen Maasse resp. 1 Zoll, 1, 2, 4, 8, 16 und 24 Fuss unter der Oberfläche der Erde waren. Das Gefäss des kürzesten Thermometers war ein kurzer dicker Cylinder von 2,6 cm Höhe und Durchmesser; die Gefässe der übrigen Thermometer waren Cylinder von etwa 14 cm Höhe, die ungefähr $\frac{1}{4}$ kg Quecksilber enthielten. Die Glasröhren wurden aus mehreren möglichst gleichmässigen engen Capillarröhren zusammengeschmolzen, und nur für den Theil vor der Scala (circa 40 cm) wurden Röhren von etwas weiterem Caliber verwandt, um der Scala nicht eine übermässige Länge geben zu müssen. Das ganze Rohr bis zum Beginne der Scala wurde in eine Kupferröhre eingelassen, welche 2,6 cm im Lichten und 1,5 mm Wanddicke hatte und am unteren Ende zur Aufnahme des Cylinders ein etwas erweitertes Ansatzstück trug, das mit Löchern versehen war (s. Fig. 314). Der Cylinder stand auf einem im Boden des Ansatzstückes befindlichen Korke; und die Thermometerröhre wurde vor einer Beschädigung durch übermässige Biegung oder Anschlagen an das Kupferrohr durch mehrere in verschiedener Höhe angebrachte und festgeleimte Korkstückchen geschützt. Das obere Ende der Röhre war in einen Haken ausgezogen, der durch ein Loch der Scala ging, so dass diese unverrückbar an der Röhre befestigt war. Die Scala hatte eine willkürliche Eintheilung und trug ungefähr 440 Theilstriche auf 40 cm; die Reduction der Ablesungen auf Grade nach Celsius wurde vor Einsenkung der Thermometer auf das Sorgfältigste bestimmt.

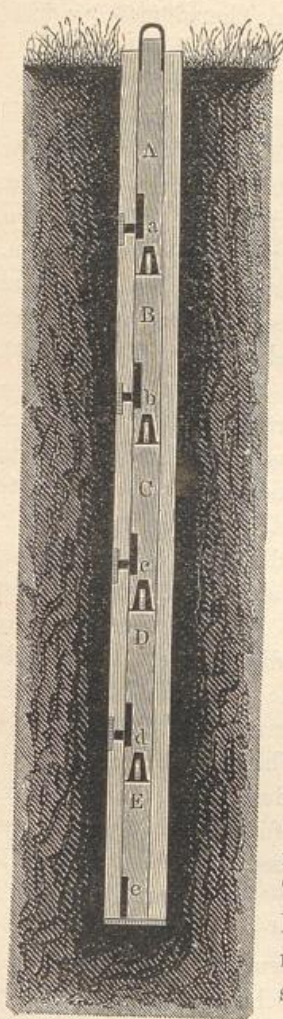
Am oberen Ende der Kupferröhre befand sich eine kleine Oeffnung, durch welche das Rohr, nachdem es in die Erde eingelassen war, gänzlich mit trockenem, feinstem Flugsande angefüllt wurde. Die Stellen, bis zu welchen die Thermometer in die Erde kommen sollten, waren vor der Einsenkung durch genaue Messungen bestimmt und durch Marken auf den Röhren bezeichnet. Die sämmtlichen Marken wurden mit Hülfe einer Wasserwaage vor dem Zuschütten der Löcher genau in eine Horizontale gebracht.

An einem Pfahle wurden ferner drei Normalthermometer angebracht. Das eine von ihnen, welches bestimmt war, die Temperatur der Luftschicht zu ermitteln, mit welcher der Erdboden in unmittelbarer Berührung stand, befand sich möglichst dicht über demselben und konnte zum Ablesen mittelst einer Schnur ohne Ende emporgezogen werden. Damit während dessen das Thermometer nicht sofort die Temperatur der höheren Luftschichten annahm, wurde der

Zwischenraum zwischen dem Cylinder und dem ihn umgebenden Korbe mit Watte ausgefüllt und der ganze Korb mit Kautschukstoff überzogen, um zu verhindern, dass bei einer Durchnässung der Watte ein Fehler in Folge der Verdunstungskälte entstand.

Das zweite der Thermometer wurde in ein mit Sand gefülltes Kupferrohr von derselben Beschaffenheit eingeschlossen, wie die Röhren der Erd-

Fig. 315.



thermometer, und befand sich mit seinem Cylinder in der halben Höhe der herausragenden Kupferrohren, deren Temperatur durch dasselbe eben gemessen werden sollte. Das dritte Thermometer war in gleicher Höhe mit der Mitte der Scalen befestigt und in eine Glasglocke eingeschlossen, ähnlich denen, welche die Scalen der Erdthermometer bedeckten. Dieses Thermometer war dazu bestimmt, die Temperatur der Scalen zu erhalten.

Die Thermometer wurden zum Schutze gegen Beschädigungen mit einem Kasten von Drahtgeflecht überdeckt, welcher in der Höhe der Scalen zwei Thüren trug, die zum Ablesen jedesmal geöffnet wurden. Alles Metall und Holz wurde mit weisser Oelfarbe gestrichen, um die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen möglichst abzuschwächen.

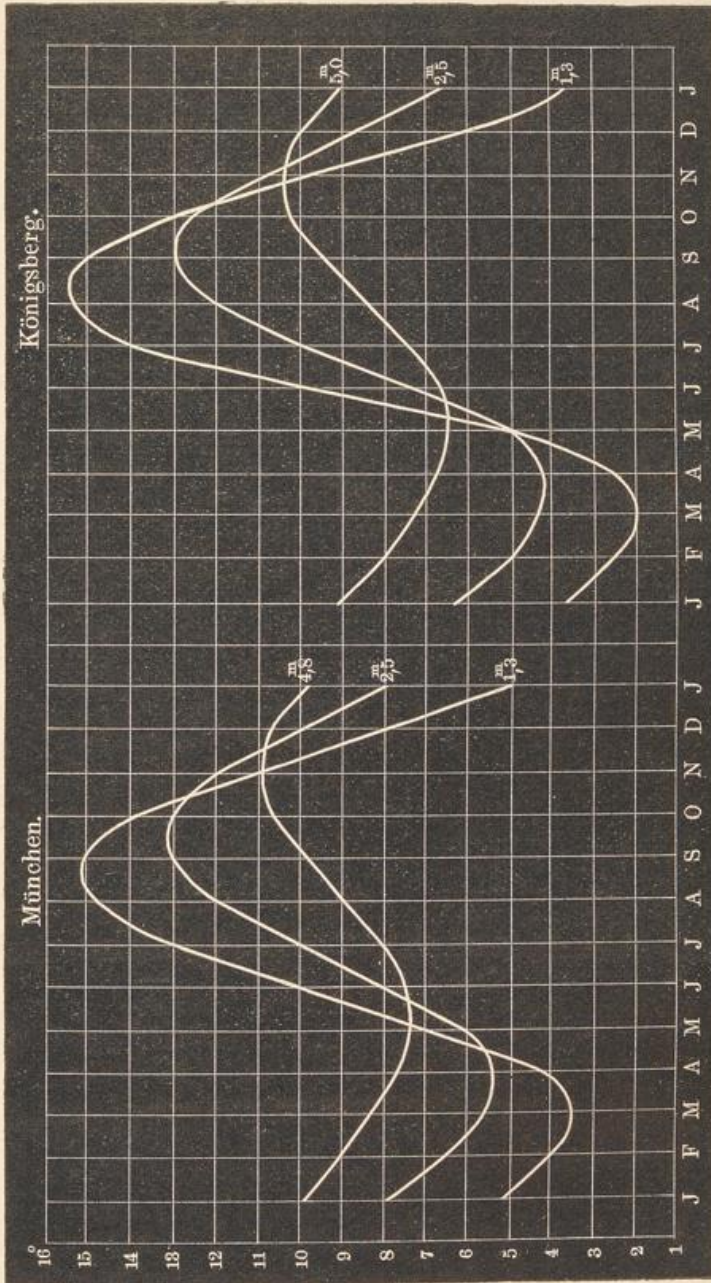
Bei der Reduction der an diesen Thermometern gemachten Ablesungen musste nothwendig darauf Rücksicht genommen werden, dass die Höhe des Quecksilberfadens nicht allein von der Temperatur des Quecksilbers im unteren Cylinder, sondern auch von derjenigen der Röhre abhängig sei. Unter der gewiss sehr nahe zutreffenden Voraussetzung, dass die Flächen gleicher Temperaturen in dem Erdboden horizontal lägen, wurden nun die Ablesungen der kürzeren Thermometer benutzt, um die Temperatur der Röhre der längeren Thermometer zu bestimmen, und so die nöthigen Daten erhalten, um die Temperatur des Erdreiches bei dem Cylinder zu ermitteln. Die Untersuchung der Thermometer, welche ihrer Einsenkung vorher ging, war eine sehr weitläufige;

es würde hier zu weit führen, auf sie näher einzugehen, und muss auf den Bericht über dieselbe von Dorn in den Schriften der Physikal.-Oekonomischen Gesellsch. in Königsberg, Jahrg. XIII, 1872, verwiesen werden.

Gegen die beschriebenen Thermometer ist der Einwand erhoben worden, dass durch die Kupferrohren die Temperatur der Luft und der oberen Erdschichten nach dem Quecksilbergefässe geleitet und dessen Temperatur beeinflusst werden kann. Von diesem Nachtheile ist die

Vorrichtung frei, welche Lamont in Bogenhausen bei München zur Untersuchung der Erdtemperatur hergestellt hat (s. Fig. 315).

Fig. 316.



In den Erdboden ist ein 6 m langes hölzernes Rohr von fast quadratischem Querschnitt (6,8 cm im Lichten) eingegraben, welches unten durch eine Kupferplatte geschlossen ist. In die Höhlung dieser Holzröhre passen fünf Holzstäbe, A, B, C, D und E. E ist 0,89 m, A ist

1,48 m, jeder der drei übrigen ist 1,18 m lang. Jeder dieser fast quadratischen Stäbe ist oben mit einem eisernen Bügel versehen, welcher in eine Höhlung des auf ihm aufsitzenden Stabes hineinragt. An der einen Seite ist in jedem dieser Stäbe eine Rinne angebracht (*a*, *b*, *c*, *d* und *e*), in welcher ein in Zehntel Grade getheiltes Thermometer mit grossem Gefässe befestigt ist. Der Thermometerkugel gegenüber ist, um die freie Mittheilung der Wärme zu vermitteln, die Wand des Holzrohres durchbohrt und die Oeffnung aussen mit einer Kupferplatte geschlossen.

Das Thermometer *a* ist 1,3, *b* ist 2,5, *c* ist 3,6, *d* ist 4,8 und *e* ist 6,0 m tief unter der Oberfläche des Bodens. Um eine Beobachtung zu machen, wird zuerst *A* hervorgezogen und das Thermometer bei *a* rasch abgelesen, ehe sich noch sein Stand ändern kann. Dann wird *B* mittelst eines an einer Schnur befestigten Hakens hervorgezogen, welcher in den am oberen Ende von *B* angebrachten Bügel eingreift, und dann rasch die Ablesung des Thermometers *b* vorgenommen u. s. w.

Zu Bogenhausen sind zwei solche Röhren dicht neben einander nordwestlich, zwei andere aber südöstlich von der Sternwarte angebracht. Die Ablesung wird daselbst einmal wöchentlich und zwar am Mittwoch vorgenommen.

Aehnliche Vorrichtungen hat Lamont construiert, um die Bodentemperatur bis zu 1,3 m Tiefe zu ermitteln. Fig. 316 (a. v. S.) stellt die Resultate der Beobachtungen in München 1861 bis 1889 und in Königsberg 1873 bis 1886 für die in 1,3 m, 2,5 m und 4,8 m resp. 5,0 m befindlichen Thermometer dar. Der Verlauf der Temperatureurven ist in beiden Fällen ein überraschend ähnlicher, nur sind in Königsberg die Unterschiede zwischen den Extremen der Temperatur etwas grösser. Die Bodenbeschaffenheit ist an beiden Orten nahezu die gleiche (Lehmboden).

In nachfolgender Tafel sind zur Vergleichung die mittleren monatlichen Lufttemperaturen und die Höhe über dem Meeresspiegel für beide Stationen gegeben:

	München	Königsberg
Januar	— 3,01 ⁰	— 3,41 ⁰
Februar	— 1,08	— 2,59
März	+ 2,30	— 0,26
April	+ 7,45	+ 5,46
Mai	+ 11,99	+ 10,81
Juni	+ 15,60	+ 15,40
Juli	+ 17,22	+ 17,22
August	+ 16,47	+ 16,53
September	+ 12,94	+ 13,05
October	+ 7,99	+ 7,67
November	+ 2,06	+ 1,86
December	— 1,55	— 1,83
Jahr:	+ 7,36 ⁰	+ 6,68 ⁰
Meereshöhe:	529 m	15,7 m

Betrachten wir jetzt die Resultate der Königsberger und Münchener Beobachtungen genauer. Die Beobachtungen wurden in Königsberg täglich dreimal, um 7 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 8 Uhr Abends angestellt, und zwar zeigt es sich, dass schon bei dem in 1,26 m Tiefe angebrachten Thermometer die täglichen Schwankungen der Lufttemperatur nicht mehr hervortreten. Als Mittel aus allen 14 Beobachtungsjahren ergibt sich nämlich für die vier höchsten Thermometer:

	0,03 m	0,31 m	0,63 m	1,26 m
7 Uhr Morgens . . .	6,50°	7,95°	8,22°	8,24°
2 „ Nachmittags . .	10,14	8,20	8,19	8,24
8 „ Abends . . .	7,90	8,42	8,24	8,24

Als Gesamtmittel für die sämtlichen Beobachtungen ergab sich:

Tiefe des Thermometers	Mittlere Temperatur	Tiefe des Thermometers	Mittlere Temperatur
0,03 m	8,11°	2,52 m	8,36°
0,31	8,19	5,02	8,43
0,63	8,23	7,53	8,39
1,26	8,24		

Es ist übrigens zu bemerken, dass die letzte Zahl weniger Gewicht hat als die übrigen, da das in 7,53 m Tiefe angebrachte Thermometer im Februar 1879 zerbrach, und die Beobachtungen sich daher über einen kleinen Zeitraum erstrecken. Für München hat sich ergeben:

Tiefe des Thermometers	Mittlere Temperatur
1,29 m	9,18°
2,46	9,16
3,63	9,12
4,80	9,12
5,97	9,06

Während also in Königsberg eine deutliche Zunahme der Temperatur mit der Tiefe im Betrage von etwa 0,06° C. für 1 m stattfindet, zeigt sich in München eine Abnahme, und zwar von durchschnittlich 0,03° C. für 1 m. An beiden Orten ist aber die mittlere Bodentemperatur in allen Schichten merklich höher als die mittlere Lufttemperatur. Es ist übrigens zu bemerken, dass das für München gefundene Resultat ein ziemlich vereinzelt ist; auf den meisten Beobachtungsstationen hat sich eine Zunahme der Temperatur mit der Tiefe ergeben.

Aus Fig. 316 (S. 595) ergibt sich, wie aus den schon erwähnten Beobachtungen in Edinburg, dass die Maxima und Minima der Temperaturen in der Erde um so später stattfinden, je tiefer die betreffende Erdschicht ist. Während in Königsberg im Mittel das Maximum der Lufttempe-

ratur auf die zweite Hälfte des Juli und das Minimum auf die Mitte des Januar fällt, fand sich bei dem in 7,53 m tiefen Thermometer das Maximum der Temperatur etwa für den 11. December und das Minimum für den 21. Juni, also den Extremen der Lufttemperatur beinahe entgegengesetzt. In München fand bei dem 5,97 m tiefen Thermometer das Maximum etwa am 17. November und das Minimum am 21. Mai statt.

Ob die in Königsberg etwas weiter aus einander liegenden Temperaturextreme im Vergleiche zu München der grösseren Leitungsfähigkeit der Kupferröhren zuzuschreiben sind, muss eine weitere Untersuchung lehren, welche voraussichtlich demnächst in Königsberg ausgeführt werden wird. Gegen die Lamont'sche Einrichtung der Erdthermometer lässt sich Folgendes einwenden. Der innere Holzstock *ABCDE* (Fig. 315) darf in das äussere Holzrohr nicht zu genau hineinpassen, weil sonst Klemmungen entstehen, die das rasche Ablesen der Thermometer, welches bei dieser Einrichtung ein Hauptforderniss ist, stören können. Wenn aber zwischen dem Rohre und dem Holzstocke Luft vorhanden ist, so ist es denkbar, dass ihre kältesten Theile sich möglichst tief lagern und die Angaben der Thermometer beeinflussen. Uebrigens zeigen die Bearbeitungen sowohl der Königsberger als auch der Münchener Beobachtungsreihen, dass erhebliche Fehlerquellen bei beiden nicht wirksam gewesen sind. In Pawlowsk hat man bei wesentlich der Lamont'schen Einrichtung zum Theil Röhren von Glas und Thon angewandt.

In solchen Gegenden, deren mittlere Jahrestemperatur unter dem Gefrierpunkte ist, muss in einer bestimmten Tiefe der Boden stets gefroren sein. So ist z. B. zu Jakutzk, dessen mittlere Jahrestemperatur $-11,1^{\circ}\text{C}$. ist, wie schon oben erwähnt wurde, trotz der bedeutenden Sommerwärme in einiger Tiefe der Boden beständig gefroren. In der Hoffnung, Wasser zu finden, legte Erman hier einen Brunnen an, fand aber in einer Tiefe von 15,2 m noch eine Temperatur von $-7,5^{\circ}\text{C}$.; dieser Brunnen wurde später durch Schergin bis auf 116,5 m vertieft. Folgendes sind die Temperaturen des Bodens in verschiedenen Tiefen:

6,1 m	$-10,2^{\circ}\text{C}$.
15,2	$-8,3$
91,4	$-3,9$
116,4	$-3,0$

Wenn man von der Bodentemperatur eines Ortes spricht, so versteht man darunter die Temperatur des Bodens in einer Tiefe, in welcher eben die jährlichen Variationen verschwinden. Solche Curven, welche die Orte gleicher Bodenwärme mit einander verbinden, hat man Isothermen genannt. Sie lassen sich bei dem äusserst lückenhaften Material nur mit sehr geringer Genauigkeit herstellen, und um ihren Lauf zu bestimmen, musste Kämtz wegen Mangel an unmittel-

baren Beobachtungen der Bodentemperatur zu Quellentemperaturen seine Zuflucht nehmen.

Nach den Beobachtungen von Schlagintweit befindet sich die Isotherme von 0° 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 ^o 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 Příbram, 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 ^o	505,6 m	16,5 ^o
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° C. steigt. Aber die einzelnen