

Beobachtungen der Erdbodentemperatur auf den forstlich-meteorologischen Stationen in Preussen, Braunschweig und Elsass-Lothringen.

Von Dr. A. Müttrich.

Die forstlich-meteorologischen Stationen stellen sich die Aufgabe, die Einwirkung des Waldes auf die meteorologischen Constanten durch Beobachtung zahlenmässig festzustellen. Die dabei auf den Stationen in Preussen, Braunschweig und Elsass-Lothringen erhaltenen Resultate sind sowohl für die einzelnen Monate¹⁾ als auch in Jahresberichten²⁾ publicirt, doch ist eine genauere Verarbeitung derselben bisher nicht erfolgt. Ueber die Einrichtung der Stationen sei hier noch bemerkt, dass jede in eine Wald- und eine Feldstation zerfällt, dass auf diesen identische Instrumente aufgestellt sind, an welchen unmittelbar nach einander parallel laufende Beobachtungen gemacht werden. In einem Abstände von 100 bis 300 m von der Grenze des Waldes befindet sich die eine dieser Stationen im Innern des Waldes und die andere auf freiem Felde. Bei der Auswahl von Oertlichkeiten, die zur Anlegung einer meteorologischen Station geeignet erschienen, wurde darauf geachtet, dass die zusammengehörigen Feld- und Waldstationen möglichst gleiche Bodenbeschaffenheit und Höhenlage besitzen, dass die Waldstation in einem geschlossenen Bestande eines grösseren Waldcomplexes und die Feldstation auf einer mindestens 5 ha grossen Acker- oder Wiesenfläche liegt. Ausserdem wurde darauf gesehen, dass die Stationen den verschiedenen Charakter des Landes im Allgemeinen (Tiefland, Hügel-land und Gebirge), sowie verschiedene Bodenbeschaffenheiten und verschiedene Baumarten (Kiefer, Fichte, Buche) repräsentirten. Nachdem das Netz der forstlich-meteorologischen Stationen, so wie es ursprünglich für Preussen und die Reichslande ins Auge gefasst war, im Jahre 1877 seinen Abschluss erreicht und sich demselben in dem Jahre 1878 noch eine in Braunschweig nach dem Muster der übrigen Stationen eingerichtete angeschlossen hat, werden die Beobachtungen gegenwärtig auf 14 Stationen regelmässig

¹⁾ Beobachtungs-Ergebnisse der im Königreich Preussen, im Herzogthum Braunschweig und in den Reichslanden eingerichteten forstlich-meteorologischen Stationen, 1. bis 5. Jahrgang 1875—1879. Verlag von Julius Springer, Berlin.

²⁾ Jahresbericht über die Beobachtungs-Ergebnisse der im Königreich Preussen und in den Reichslanden eingerichteten forstlich-meteorologischen Stationen 1. bis 4. Jahrgang, die Jahre 1875 bis 1878 umfassend. Verlag von Julius Springer, Berlin.

ausgeführt¹⁾, zu denen in der allerneuesten Zeit (1. Januar 1880) noch eine im Königreich Württemberg auf der schwäbischen Alp gelegene hinzugekommen ist. Wegen der isolirten Lage der Stationen, die nicht immer in der nächsten Nähe der Wohnung des Beobachters angelegt werden konnten, und wegen der sonstigen dienstlichen Beschäftigungen der Beobachter selbst, ist nur eine zweimalige Beobachtung im Laufe des Tages möglich. Deshalb musste von vornherein darauf verzichtet werden, aus den auf den forstlich-meteorologischen Stationen angestellten Beobachtungen genaue Mittelwerthe für die meteorologischen Constanten abzuleiten und konnte nur die Ermittlung der für den Wald und das freie Feld geltenden relativen Werthe in's Auge gefasst werden. Als Beobachtungszeit wurden die Stunden 8^h Morgens und 2^h Nachmittags gewählt und zwar deshalb, weil die Beobachtung um 2^h einen Anschluss an die zu gleicher Zeit auf den allgemeinen meteorologischen Stationen angestellten Beobachtungen gestattet und durch die Morgenbeobachtung um 8^h ungefähr die mittlere Tagestemperatur der atmosphärischen Luft bestimmt wird.

Wenn auch ein Vergleich der im Walde und auf freiem Felde gemachten Beobachtungen der meteorologischen Constanten einen Einfluss des Waldes auf ihre absolute Grösse und die Grösse ihrer Schwankungen sofort erkennen lässt, so ist es doch oft nicht leicht, diesen Einfluss einer kritischen Untersuchung zu unterwerfen, und allgemein geltende Gesetze abzuleiten, da die Beobachtungen erst eine kurze Reihe von Jahren und eben nur zweimal täglich angestellt sind. Am leichtesten dürfte sich eine derartige Verarbeitung bei den Erdbodentemperaturen ausführen lassen, weil dieselben, abgesehen

¹⁾ Ueber die geographische Lage der forstlich-meteorologischen Stationen, ihre Erhebung über dem Meeresspiegel, die Art und das Alter des Bestandes, in welchem sich die Waldstation befindet, sowie die Zeit, in welcher die Beobachtungen ihren Anfang nahmen, gelten folgende Angaben:

Station.	geographische Lage		Erhebung über dem Meeresspiegel in Metern.	Art und Alter des Bestandes.	Anfang der Beobachtung.
	nördliche Breite.	östliche Länge von Ferro.			
Friedrichsrode	51° 22'	28° 14'	353	Buche 65—85jährig	1874 1. October
Hollerath	50° 27 1/2'	24° 3 1/2'	612	Fichte 45jährig	" "
Carlsberg	50° 28'	34° 2'	690	" 45jährig	" "
Hagenau	48° 50'	25° 28'	145	Kiefer 55—65jährig	1875 1. Mai
Melkerei	48° 25'	24° 57 1/2'	930	Buche 60—80jährig	" "
Neumath	48° 59'	24° 57 1/2'	340	" 45jährig	" "
Fritzen	54° 50'	38° 13 1/2'	30	Fichte 45jährig	" 1. October
Hadersleben	55° 16'	27° 9 1/2'	34	Buche 70—80jährig	" "
Eberswalde	52° 50'	31° 29 1/2'	42	Kiefer 45jährig	" 1. December
Kurwien	53° 34'	39° 9'	124	" 80—140jährig	" "
Schoo	53° 36 1/2'	25° 14'	3	" 20jährig	1876 1. October
Sonnenberg	51° 45 1/2'	28° 10 1/2'	774	Fichte 45jährig	1877 1. Juni
Lahnhof	50° 53 1/4'	25° 54 1/2'	602	Buche 70jährig	" "
Marienthal	52° 16'	28° 38 1/4'	143	" 60jährig	1878 1. Mai

davon, dass sie dem Beobachter nicht die geringste Schwierigkeit darbieten, also auch am wenigsten durch Ablesungs- oder sonstige Beobachtungsfehler entstellt sein dürften, einen im Ganzen regelmässigen Verlauf zeigen und ihre Werthe sowohl für die auf den verschiedenen Stationen, als auch auf ein und derselben Station im Walde und auf freiem Felde angestellten Beobachtungen sehr wesentlich von einander abweichen. Deshalb stand wohl zu erwarten, dass die bisher angestellten Beobachtungen bereits einen Einblick in die Gesetze gestatten dürften, nach welchen der Einfluss des Waldes auf die Temperatur in den oberen für die Vegetation wichtigen Erdschichten in der Natur stattfindet.

Die Beobachtungsmethode, nach welcher die Erdbodentemperaturen bestimmt wurden, ist die Lamont'sche, welche bereits vielfach¹⁾ zur Anwendung gebracht ist. In senkrecht eingegrabene Holzröhren, welche unten entweder ganz offen oder nur durch ein Drahtgitter verschlossen sind, sind Holzplatten eingelassen, die den inneren Raum der Röhre beinahe ganz ausfüllen und nur so viel Spielraum lassen, dass sie in allen Fällen, selbst wenn sie durch Feuchtigkeit gequollen sind, ohne Anstrengung herausgezogen werden können. In die Holzplatte ist an ihrem unteren Ende ein seitlicher Einschnitt gemacht, in den ein Thermometer hineingepasst und in ihm befestigt ist. Die äussere Holzröhre ist dem Gefäss des Thermometers gegenüber mit einem Loch versehen, welches auf einzelnen Stationen vollständig frei, auf anderen ebenso wie die untere Oeffnung des Rohrs durch ein Drahtgitter verschlossen ist. Auf diese Weise ist es möglich gemacht, die Thermometer je nach der Länge der Holzröhre und der Holzplatte bis zu verschiedenen Tiefen in den Erdboden einzulassen und die Temperatur der verschiedenen Erdschichten in der Weise zu beobachten, dass die Holzplatte mit dem Thermometer herausgezogen und der Stand des letzteren abgelesen wird. Der obere über den Erdboden herausragende Theil der Holzplatte ist mit einem Griff versehen und mit einer hölzernen Kappe zugedeckt, so dass sowohl das directe Eindringen der Feuchtigkeit, als auch eine Bewegung der Luft in den verschiedenen Ritzen möglichst verhindert ist.

Damit während des Herausziehens der Thermometer keine Aenderung in ihrem Stand eintritt, sind dieselben absichtlich träge gemacht und zwar dadurch, dass das Quecksilbergefäss ausnahmsweise gross (im Durchschnitt enthält dasselbe 70—90 gr Quecksilber) gemacht ist. Die Erfahrung hat dabei gezeigt, dass in der That die Thermometer selbst zu den Tages- und Jahreszeiten, in welchen der Unterschied zwischen

¹⁾ Lamont, Wochenberichte der königlich Bayerischen Sternwarte 1867, No. 90; Ebermayer, die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden und seine klimatologische und hygienische Bedeutung. Aschaffenburg 1873; Wild, über die Bodentemperaturen in St. Petersburg und Nukuss in dem Repertorium für Meteorologie, herausgegeben von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Band VI. Heft I. Petersburg 1878; Bruhns, Resultate aus den meteorologischen Beobachtungen, angestellt an 24 königlich Sächsischen Stationen in den Jahren 1872 und 1873. 9. und 10. Jahrgang. Dresden und Leipzig. Teubner 1877.

der Luft- und der Erdbodentemperatur am grössten ist, nachdem sie heraufgezogen waren, viel länger, als zu der Beobachtung erforderlich war, eine constante Stellung beibehielten und da stets zuerst die Zehntel und dann erst die ganzen Grade abgelesen werden, so ist nicht zu befürchten, dass die Thermometer andere Temperaturen anzeigen, als die der Erdschichten, aus welchen sie heraufgezogen wurden.

In der angegebenen Weise wurden die Temperaturen für die Tiefen von 0,3; 0,6; 0,9 und 1,2 m beobachtet und zwar konnten dieselben an der Scala der Thermometer unmittelbar bis auf $0,1^{\circ}$ abgelesen werden. Ausser den 4 bis zu den angegebenen Tiefen eingelassenen Thermometern sind noch auf jeder Station sowohl auf freiem Felde, als auch im Walde zwei feststehende Thermometer so weit in den Erdboden eingegraben, dass sich bei dem einen das Quecksilbergefäss unmittelbar unter der Erdoberfläche und bei dem andern 0,15 m unter derselben befindet. Bei diesen beiden Thermometern schreitet die Scala nach $\frac{1}{5}^{\circ}$ fort und werden die ungeraden Zehntel durch Schätzung ermittelt. Des äusserlichen Schutzes wegen sind die Thermometer in Blechhüllen eingelassen, doch sind diese, um den Einfluss der Wärmeleitung durch das Metall möglichst unschädlich zu machen, in ihrem untern Theil vielfach durchbrochen und ausgeschnitten und ist das Blechrohr ausserdem, so weit es eingegraben ist, vollständig mit Erde gefüllt, so dass das Quecksilbergefäss und bei dem tiefer eingegrabenen Thermometer auch der untere Theil des Thermometerrohrs in unmittelbarer Berührung mit der Erde steht.

Die zu den Beobachtungen benutzten Thermometer, welche nach der Centesimal-Scala getheilt sind, wurden bei den zuerst angelegten Stationen von der Actien-Gesellschaft in Berlin früher J. G. Greiner jr. und Geissler und später von dem Mechanikus R. Fuess in Berlin verfertigt und sind, ehe sie zu den Beobachtungen benutzt wurden, mit genau calibrierten Normalthermometern für die in Frage kommenden Temperaturen von 5° zu 5° verglichen worden. Aus den Fehlern, die sich dabei für die einzelnen Thermometer ergaben und die nur ausnahmsweise $0,2^{\circ}$ überschritten, wurde für jedes derselben sein mittlerer Fehler bestimmt und bei der Zusammenstellung der Beobachtungen berücksichtigt. Eine sonstige Correctur, die namentlich für die oberen beiden Thermometer, bei denen sich die Scala in der Luft befand, wünschenswerth gewesen wäre, konnte vorläufig wenigstens nicht angebracht werden. Ein ungefährer Ueberschlag zeigte, dass bei Annahme der ungünstigsten Verhältnisse, die im Laufe des Jahres vorkommen können, die Correctur für das Thermometer an der Erdoberfläche circa $0,10^{\circ}$ und für das Thermometer in 0,15 m Tiefe circa $0,06^{\circ}$ betragen würde.

Bei einer Zusammenstellung der Erdbodentemperaturen kam es zuerst darauf an, zu untersuchen, bis zu welcher Tiefe sich die täglichen Temperaturschwankungen in dem Erdboden bemerklich machen und in wie weit die zu den Beobachtungszeiten Morgens 8 Uhr und Nachmittags 2 Uhr angestellten Ablesungen geeignet sind, einen

Schluss auf die mittlere Tagestemperatur in den verschiedenen Bodenschichten machen zu können. Zu diesem Zwecke wurden auf der mit der hiesigen Forstakademie verbundenen forstlich-meteorologischen Hauptstation wenigstens für eine kurze Zeit (15.—30. Juni v. J.) Tag und Nacht fortgesetzte zweistündliche Beobachtungen angestellt, um dadurch wenigstens für die im Sommer vorhandenen Verhältnisse ein Bild der täglichen Periode der Bodentemperatur zu erhalten. Aehnliche Beobachtungen liegen in grösserem Umfange von Herrn F. Dohrandt vor¹⁾, welche derselbe als Chef der meteorologischen Abtheilung der von der Kaiserlich Russischen geographischen Gesellschaft angeregten wissenschaftlichen Expedition an dem Amu-Darja in Nukuss für die obersten Bodenschichten von 0,00; 0,05; 0,10 und 0,20 m Tiefe während 11½ Monaten (1. November 1874 bis 14. October 1875) veranstaltet hat. Eine kritische Bearbeitung der Beobachtungen in Nukuss und eine Zusammenstellung der aus ihnen gewonnenen Resultate ist von Herrn Wild, Direktor des physicalischen Centralobservatoriums in der schon oben erwähnten Abhandlung: Ueber die Bodentemperaturen in St. Petersburg und Nukuss²⁾ gegeben worden.

Die hiesige meteorologische Hauptstation, auf welcher die zweistündlichen Ablesungen im verflossenen Sommer angestellt sind, liegt im Diluvium des deutschen Flachlandes auf einer ebenen Fläche, welche gegen Norden nach dem in das Terrain eingeschnittenen Thal der Schwärze und der Stadt Eberswalde zu abfällt. Die Erhebung der meteorologischen Station über dem mittleren Meeresspiegel der Ostsee ist = 42,37 m und zwar liegt dieselbe 12,61 m über der Höhenmarke des hiesigen Bahnhofs, welche sich nach einer Mittheilung des Direktoriums der Berlin-Stettiner Eisenbahn 29,76 m über dem Mittelwasserspiegel der Ostsee befindet. Die auf freiem Felde belegene Abtheilung der meteorologischen Station liegt allen Witterungseinflüssen ungehindert ausgesetzt auf dem sogenannten Drachenkopf in einer Entfernung von circa 125 m von der Waldgrenze, während sich die im Walde gelegene Abtheilung südlich von der ersteren in dem hiesigen Stadtwald in einem 45jährigen Kiefernbestand in gleicher Höhenlage circa 265 m von der Waldgrenze befindet.

Die zweistündlichen Beobachtungen ergaben für die Zeit vom 15.—30. Juni, wobei um Mitternacht vom 15.—16. Juni angefangen und um Mitternacht vom 30. Juni zum 1. Juli aufgehört wurde, als Mittel für die Zeiten: Mitternacht, 2^h, 4^h etc. für die Lufttemperatur 1,5 m über dem Erdboden und für die Erdbodentemperaturen in den verschiedenen Tiefen folgende Werthe:

¹⁾ Beobachtungsmaterial, gesammelt von der meteorologischen Abtheilung der wissenschaftlichen Expedition an dem Amu-Darja 1874—1875. St. Petersburg 1877.

²⁾ Repertorium für Meteorologie, herausgegeben von der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, redigirt von Dr. H. Wild, Mitglied der Akademie und Direktor des physicalischen Central-Observatoriums. Bd. VI. Heft I. St. Petersburg 1878.

Abtheilung auf freiem Felde (Feldstation).

Z e i t.	Lufttemperatur in Graden C.	Bodentemperatur in Graden C. in der Tiefe von					
		0,00 m	0,15 m	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
12 ^h	13,89	16,74	19,39	17,80	15,78	14,72	13,75
2 ^h	12,98	15,62	18,39	17,50	15,83	14,72	13,74
4 ^h	12,59	15,16	17,82	17,26	15,85	14,73	13,73
6 ^h	14,73	15,91	17,33	16,98	15,87	14,75	13,75
8 ^h	18,02	17,55	17,51	16,71	15,88	14,78	13,76
10 ^h	21,07	22,66	18,72	16,57	15,87	14,80	13,77
12 ^h	21,97	25,00	20,52	16,64	15,84	14,82	13,78
2 ^h	22,59	26,36	22,09	17,02	15,82	14,86	13,82
4 ^h	22,35	25,88	22,92	17,41	15,80	14,85	13,82
6 ^h	21,19	22,30	22,66	17,76	15,80	14,85	13,83
8 ^h	17,49	19,74	21,67	18,06	15,83	14,84	13,84
10 ^h	14,72	17,78	20,56	18,15	15,92	14,87	13,87
12 ^h	13,70	16,68	19,45	18,01	15,97	14,86	13,86
Mittel:	17,79	20,06	19,97	17,33	15,85	14,80	13,79

Abtheilung im Walde (Waldstation).

Z e i t.	Lufttemperatur in Graden C.	Bodentemperatur in Graden C. in der Tiefe von					
		0,00 m	0,15 m	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
12 ^h	14,30	15,34	15,96	15,55	13,14	11,95	11,10
2 ^h	13,41	14,58	15,48	15,44	13,15	11,93	11,08
4 ^h	13,09	14,29	15,23	15,29	13,16	11,92	11,08
6 ^h	14,24	14,61	14,98	15,11	13,18	11,92	11,08
8 ^h	17,41	16,06	15,06	14,93	13,20	11,94	11,08
10 ^h	20,24	18,74	15,65	14,80	13,20	11,94	11,08
12 ^h	21,08	19,81	16,37	14,74	13,20	11,96	11,10
2 ^h	21,66	20,77	17,12	14,85	13,21	11,99	11,12
4 ^h	21,50	20,43	17,38	15,14	13,19	12,00	11,11
6 ^h	19,95	19,15	17,35	15,34	13,19	12,00	11,12
8 ^h	17,35	17,54	17,02	15,48	13,19	12,01	11,13
10 ^h	15,16	16,18	16,57	15,60	13,24	12,04	11,19
12 ^h	14,14	15,34	16,08	15,67	13,27	12,04	11,18
Mittel:	17,45	17,29	16,19	15,19	13,19	11,97	11,11

Die zum Schluss angegebenen Mittelwerthe sind dadurch bestimmt, dass wenn man die der Zeit h entsprechende Temperatur mit t_h bezeichnet, sie = $\frac{1}{12} (\frac{1}{2} t_{12} + t_2 + \dots + t_{10} + \frac{1}{2} t_{12})$ gesetzt wurden.

Aus vorstehenden Zahlen ist nun zunächst das Maximum und Minimum der Luft- und der Erdbodentemperatur für verschiedene Tiefen, sowie die Zeit ihres Eintritts durch graphische Darstellung des täglichen Ganges der Temperatur gefunden. Dazu

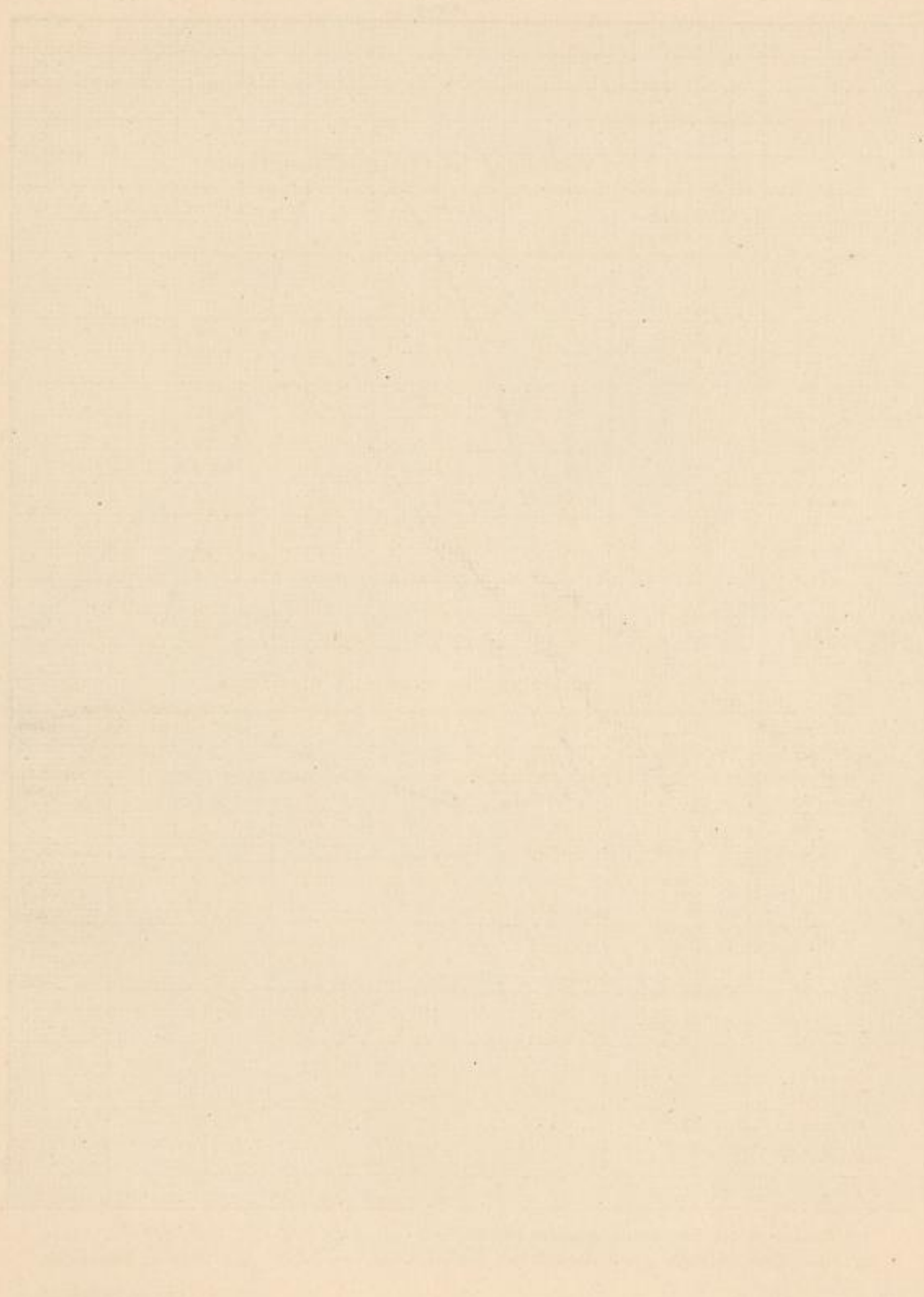
wurden die Werthe für die den Tag beginnende und denselben beschliessende Mitternacht in Einklang gebracht und die diesen Zeiten entsprechende Differenz auf den Tag gleichmässig vertheilt. Die so veränderten Beobachtungen stellen den täglichen Gang der Temperatur dar, unbeeinflusst von der während der vierzehntägigen Beobachtungszeit sich geltend machenden allgemeinen Temperaturveränderung. Die corrigirten Beobachtungen sind folgende:

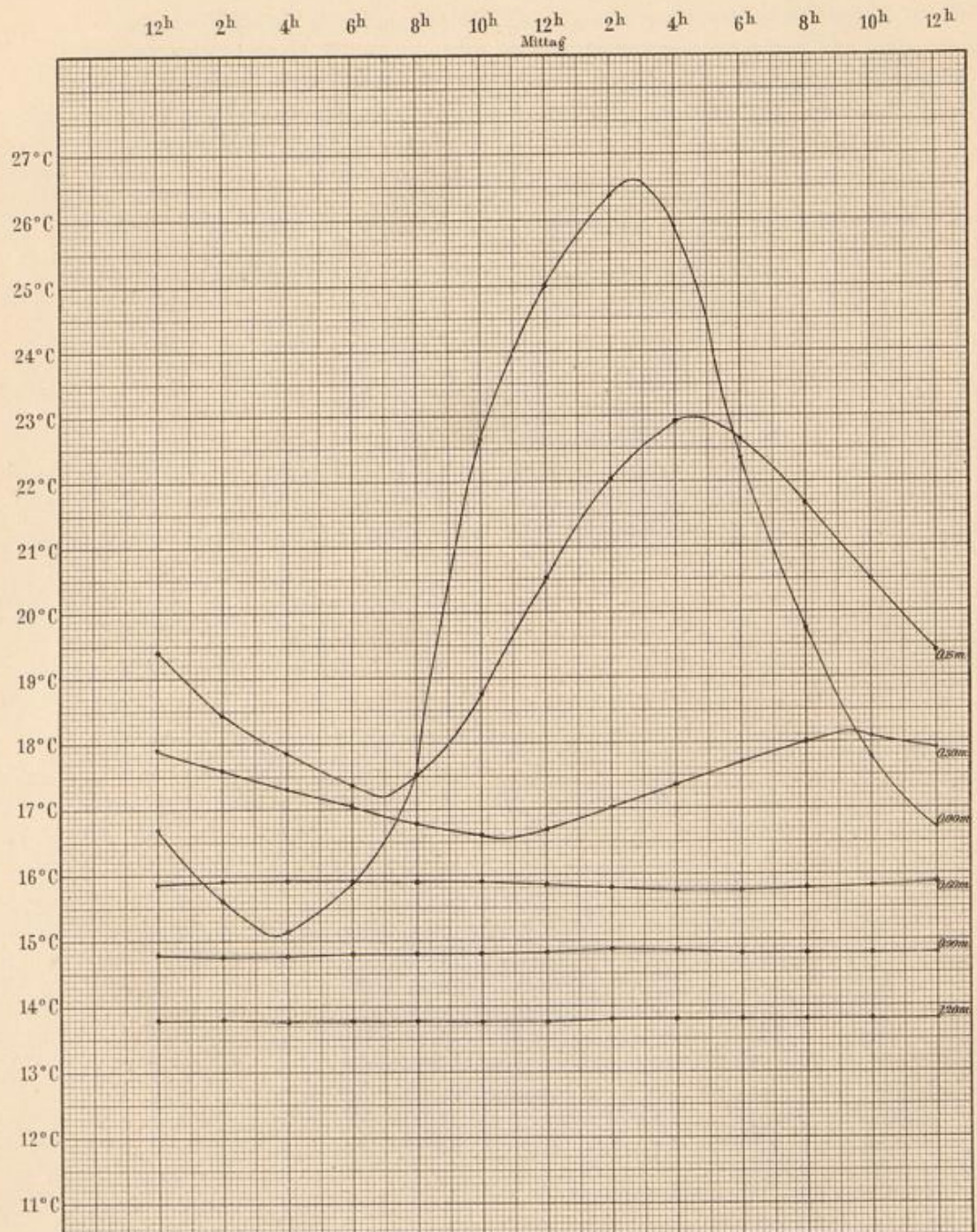
Abtheilung im Freien (Feldstation).

Zeit.	Lufttemperatur in Graden C.	Bodentemperatur in Graden C. in der Tiefe von					
		0,00 m	0,15 m	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
12 ^h	13,80	16,71	19,42	17,90	15,88	14,79	13,80
2 ^h	12,90	15,59	18,42	17,59	15,91	14,78	13,79
4 ^h	12,53	15,14	17,84	17,33	15,91	14,78	13,77
6 ^h	14,68	15,89	17,35	17,03	15,92	14,79	13,78
8 ^h	17,99	17,54	17,52	16,75	15,91	14,80	13,78
10 ^h	21,05	22,65	18,73	16,59	15,89	14,81	13,78
12 ^h	21,97	25,00	20,52	16,64	15,84	14,82	13,78
2 ^h	22,61	26,37	22,08	17,00	15,80	14,85	13,81
4 ^h	22,38	25,89	22,91	17,37	15,77	14,83	13,80
6 ^h	21,24	22,32	22,64	17,71	15,75	14,81	13,79
8 ^h	17,55	19,76	21,65	17,99	15,77	14,79	13,79
10 ^h	14,80	17,81	20,53	18,06	15,84	14,81	13,81
12 ^h	13,80	16,71	19,42	17,90	15,88	14,79	13,80
Mittel:	17,79	20,06	19,97	17,33	15,85	14,80	13,79

Abtheilung im Walde (Waldstation).

Zeit.	Lufttemperatur. in Graden C.	Bodentemperatur in Graden C. in der Tiefe von					
		0,00 m	0,15 m	0,30 m	0,60 m	0,90 m	1,20 m
12 ^h	14,22	15,34	16,02	15,61	13,20	12,00	11,14
2 ^h	13,34	14,58	15,53	15,49	13,20	11,97	11,11
4 ^h	13,04	14,29	15,27	15,33	13,20	11,95	11,11
6 ^h	14,20	14,61	15,01	15,14	13,21	11,94	11,10
8 ^h	17,38	16,06	15,08	14,95	13,22	11,95	11,09
10 ^h	20,23	18,74	15,66	14,81	13,21	11,95	11,09
12 ^h	21,08	19,81	16,37	14,74	13,20	11,96	11,10
2 ^h	21,67	20,77	17,11	14,84	13,20	11,98	11,11
4 ^h	21,53	20,43	17,36	15,12	13,17	11,99	11,10
6 ^h	19,99	19,15	17,32	15,31	13,16	11,98	11,10
8 ^h	17,40	17,54	16,98	15,44	13,15	11,98	11,10
10 ^h	15,23	16,18	16,52	15,55	13,19	12,00	11,16
12 ^h	14,22	15,34	16,02	15,61	13,20	12,00	11,14
Mittel:	17,45	17,29	16,19	15,19	13,19	11,97	11,11

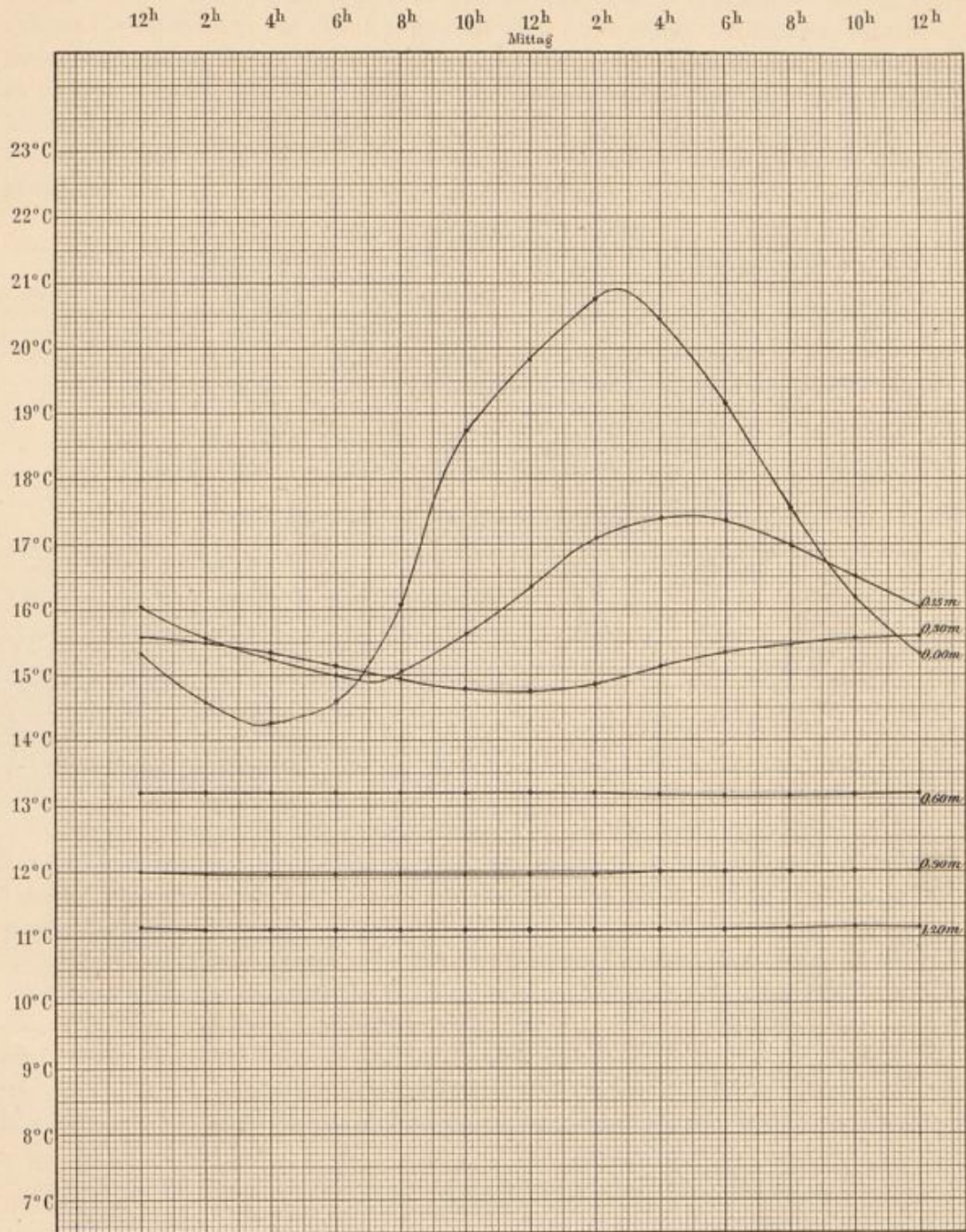




Tagescurven der Erdbodentemperaturen für die Tiefen von 0,00, 0,15, 0,30, 0,60, 0,90 und 1,20 m auf freiem Felde, abgeleitet aus zweistündlichen Beobachtungen vom 15-30 Juni 1879 zu Eberswalde.

Verlagshandlung von Julius Springer in Berlin, N.

Lith. Institut v. W. H. Orst. Berlin.



Tagescurven der Erdbodentemperaturen für die Tiefen von 0,00, 0,15, 0,30, 0,60, 0,90 und 1,20 m im Walde, abgeleitet aus zweistündlichen Beobachtungen vom 15. 30 Juni 1879 zu Eberswalde.

Verlagshandlung von Julius Springer in Berlin, N.

Lith. Institut v. Wih. Greve, Berlin.



Die aus diesen Zahlen abgeleiteten Curven, welche für die Feldstation auf Taf. I und für die Waldstation auf Taf. II dargestellt sind, geben die in der folgenden Tabelle zusammengestellten Werthe für die höchste und niedrigste Temperatur und die Zeiten, zu welchen dieselben und die tägliche Mitteltemperatur im Erdboden in verschiedenen Tiefen, sowie in der Luft eintraten. Die Zeit von Mitternacht bis Mittag ist dabei mit *a* (ante meridiem) und die Zeit von Mittag bis Mitternacht mit *p* (post meridiem) bezeichnet.

Abtheilung im Freien (Feldstation).

Tiefe in m.	Werth des Temperatur-		Differenz.	Eintrittszeit des Temperatur-			
	Minim.	Maxim.		Minim.	1. Med.	Maxim.	2. Med.
0,00	15,08°	26,60°	11,52°	3 ^h 40' <i>a</i>	8 ^h 48' <i>a</i>	2 ^h 48' <i>p</i>	7 ^h 42' <i>p</i>
0,15	17,20°	22,98°	5,78°	6 ^h 54' <i>a</i>	11 ^h 20' <i>a</i>	4 ^h 30' <i>p</i>	10 ^h 48' <i>p</i>
0,30	16,55°	18,15°	1,60°	10 ^h 30' <i>a</i>	3 ^h 48' <i>p</i>	9 ^h 18' <i>p</i>	3 ^h 48' <i>a</i>
0,60	15,75°	15,92°	0,17°	—	—	—	—

Für die Lufttemperatur sind die entsprechenden Werthe:

—	12,40°	22,68°	10,28°	3 ^h 48' <i>a</i>	7 ^h 52' <i>a</i>	2 ^h 18' <i>p</i>	7 ^h 54' <i>p</i>
---	--------	--------	--------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Abtheilung im Walde (Waldstation).

Tiefe in m.	Werth des Temperatur-		Differenz.	Eintrittszeit des Temperatur-			
	Minim.	Maxim.		Minim.	1. Med.	Maxim.	2. Med.
0,00	14,23°	20,90°	6,67°	3 ^h 36' <i>a</i>	8 ^h 48' <i>a</i>	2 ^h 44' <i>p</i>	8 ^h 24' <i>p</i>
0,15	14,90°	17,43°	2,53°	6 ^h 42' <i>a</i>	11 ^h 36' <i>a</i>	4 ^h 28' <i>p</i>	11 ^h 24' <i>p</i>
0,30	14,73°	15,61°	0,88°	11 ^h 15' <i>a</i>	4 ^h 48' <i>p</i>	12 ^h 0' <i>p</i>	5 ^h 36' <i>a</i>
0,60	13,15°	13,22°	0,07°	—	—	—	—

Für die Lufttemperatur sind die entsprechenden Werthe:

—	13,00°	21,80°	8,80°	3 ^h 36' <i>a</i>	8 ^h 3' <i>a</i>	2 ^h 27' <i>p</i>	7 ^h 56' <i>p</i>
---	--------	--------	-------	-----------------------------	----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Für die grösseren Tiefen ist auf die Angabe vom Maximum und Minimum der Temperatur sowie ihrer Eintrittszeiten verzichtet, da für diese die Schwankungen der Temperatur zu gering sind, als dass die betreffenden Grössen mit Sicherheit ermittelt werden konnten.

Aus diesen Zahlen ersieht man, dass das Minimum der Temperatur in der Bodenoberfläche gleichzeitig mit dem der Lufttemperatur und zwar zur Zeit des Sonnenaufganges¹⁾ eintrat, während das Maximum etwas verspätet (17 bis 30 Minuten) gegen das der Lufttemperatur beobachtet wurde, ein Resultat, welches in Bezug auf das Maximum mit den in Nukuss angestellten Beobachtungen nicht übereinstimmt, indem dort das Maximum an der Oberfläche des Erdbodens im Mittel eine Stunde früher als in der

¹⁾ Zur Zeit der Beobachtungen (15.—30. Juni) fand derselbe im Durchschnitt um 3^h 38' statt.

Luft beobachtet wurde. Diese Abweichung dürfte ebenso wie die für die im Folgenden behandelten Verspätungen der Temperaturextreme in den einzelnen Erdschichten ihre Erklärung darin finden, dass bei den zu den Beobachtungen an der Erdoberfläche benutzten Thermometern das Quecksilbergefäss die Form eines Cylinders von 2 bis 2,5 cm Länge hatte und das Thermometer in senkrechter Stellung so aufgestellt war, dass der Cylinder gerade von der Erde bedeckt wurde. Deshalb giebt die Ablesung an diesem Thermometer nicht die Temperatur an, welche unmittelbar dem Erdboden selbst zukommt, sondern eine Mitteltemperatur der obersten Erdschichten von 2 bis 2,5 cm Dicke.

Ausserdem folgt aus den angegebenen Zahlen, dass sowohl auf freiem Felde als auch im Walde die Grösse der täglichen Oscillationen mit wachsender Tiefe rasch abnimmt und im Walde etwa nur halb so gross ist als in derselben Tiefe auf freiem Felde. Das Maximum der Temperatur ist für die oberste Erdschicht auf freiem Felde grösser, im Walde kleiner als das Maximum der Lufttemperatur. Das Minimum der Temperatur erscheint wegen der oben angegebenen Art der Aufstellung des obersten Thermometers sowohl im Walde als auf freiem Felde grösser als das Minimum der Lufttemperatur.

Die täglichen Mitteltemperaturen sind im Walde kleiner als für dieselben Tiefen im Freien und zwar beträgt ihre Differenz für die beobachteten Tiefen der Reihe nach

2,77 3,78 2,14 2,66 2,83 2,68° C.

Ferner ergibt sich, dass sowohl das Minimum, als auch das Maximum und die beiden täglichen Mittelwerthe der Temperatur in den verschiedenen Erdschichten verspätet eintreten. Diese Verspätungen betragen:

Beobachtungen im Freien:

	Min.	1. Med.	Max.	2. Med.
Von 0,00 bis 0,15 m Tiefe	3 ^h 14'	2 ^h 32'	1 ^h 42'	3 ^h 6'
" 0,15 " 0,30 " "	3 ^h 36'	4 ^h 28'	4 ^h 48'	5 ^h 0'

Beobachtungen im Walde:

	Min.	1. Med.	Max.	2. Med.
Von 0,00 bis 0,15 m Tiefe	3 ^h 6'	2 ^h 48'	1 ^h 44'	3 ^h 0'
" 0,15 " 0,30 " "	4 ^h 33'	5 ^h 12'	7 ^h 32'	6 ^h 12'

Aus diesen Resultaten folgt, dass sowohl für das Minimum, als auch für das Maximum die Verzögerung ihres Auftretens mit wachsender Tiefe zunimmt. Für das Maximum ist die Verzögerung in der obersten Erdschicht kleiner, wird dann aber in der folgenden grösser als für das Minimum, in der obersten Erdschicht ist die Verzögerung im Freien und im Walde dieselbe, wird dann aber in der folgenden im Walde grösser als im Freien. Diese Thatsachen zeigen, dass das Wärmeleitungsvermögen in

den einzelnen Erdschichten ein verschiedenes ist, was durch den verschiedenen Grad ihrer Temperatur und ihrer Feuchtigkeit erklärt werden kann, worauf auch bereits A. v. Littrow¹⁾ und Wild²⁾ hingewiesen haben.

Weiter sieht man aus den angegebenen Resultaten, dass das absolute Minimum der Temperatur sowohl im Freien als auch im Walde mit wachsender Tiefe zuerst zunimmt und dann abnimmt, und von den beobachteten Tiefen bei 0,15 m seinen grössten Werth erhält. Die Mitteltemperaturen werden im Juni, für welchen Monat die Beobachtungen angestellt sind, mit wachsender Tiefe abnehmen, aber gleichzeitig erfolgt in der Nacht an der Oberfläche eine stärkere Abkühlung, als in den darunter liegenden Erdschichten und dadurch wird das absolute Minimum der Temperatur mit wachsender Tiefe am Anfange steigen und dann abnehmen, während das Maximum eine dauernde Abnahme mit wachsender Tiefe zeigen muss. In den Wintermonaten wird sich voraussichtlich das Verhältniss umkehren, denn weil dann die Mitteltemperatur mit wachsender Tiefe zunimmt und am Tage an der Oberfläche eine grössere Erwärmung als in den darunter liegenden Erdschichten stattfindet, so wird das Minimum mit wachsender Tiefe dauernd zunehmen und das absolute Maximum anfangs abnehmen und dann wieder zunehmen.

Die mitgetheilten Resultate sind auch dazu geeignet, zu bestimmen, welche Tageszeiten wenigstens im Sommer zur Beobachtung der Erdbodentemperaturen für die verschiedenen Tiefen gewählt werden müssten, um die täglichen Mitteltemperaturen zu erhalten. Für die Tiefen 0,9 und 1,2 m ist die tägliche Schwankung im ungünstigsten Fall (0,9 m im Freien) = 0,06° und weil der Gang der Temperaturcurve für diese Tiefen bereits ein gleichförmiger geworden ist, wird eine zweimalige Ablesung im Laufe von 24 Stunden, zu beliebigen um 12 Stunden auseinander liegenden Zeiten die mittlere Tagestemperatur richtig angeben.

Bei den auf den forstlich-meteorologischen Stationen um 8^h und um 2^h angestellten Beobachtungen wird für die genannten Tiefen die mittlere Temperatur als Mittel der beiden Ablesungen zwar nicht genau gefunden, jedoch beträgt der Fehler im ungünstigsten Falle $\pm 0,02^\circ$, und kann deshalb vernachlässigt werden. Für die vorhergehende Tiefe von 0,60 m findet bei der Beobachtung im Freien das zweite Medium, wie sich im Folgenden ergeben wird, um 11^h 57' a statt und wird durch Combination der beiden Ablesungen die mittlere Temperatur ungefähr bis zu derselben Grenze genau gefunden, ebenso wie auch bei den Beobachtungen im Walde, wo für diese Tiefe die Amplitude nur noch 0,07° beträgt.

¹⁾ A. v. Littrow, über die relative Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener Bodenarten und den betreffenden Einfluss des Wassers. Sitzungsberichte der Wiener Akademie Bd. LXXI. Januar 1875.

²⁾ L. c. p. 11.

Anders verhält es sich bei den Beobachtungen für die geringeren Tiefen. Um bei diesen aus den zweimaligen Ablesungen die mittlere Tages-Temperatur näherungsweise zu bestimmen, müssten bei ihnen zuerst noch Correctionen angebracht werden. Diese sind aber vorläufig noch unbekannt und könnten auch erst dadurch gefunden werden, dass stündliche oder wenigstens zweistündliche Beobachtungen der Temperatur für die oberen Erdschichten längere Zeit fortgesetzt werden. Für diese Tiefen werden daher die zweimaligen Beobachtungen um 8^h und um 2^h keine absoluten, sondern nur relative Werthe liefern, aus denen der Einfluss des Waldes auf die Temperaturverhältnisse in den oberen Erdschichten abgeleitet werden kann.

Endlich kann auch der Versuch gemacht werden, aus den Beobachtungen die Leitungsfähigkeit für die Wärme in den verschiedenen Bodenschichten oder vielmehr das Verhältniss dieser Leitungsfähigkeit k zur Wärmecapacität c (Produkt aus spezifischer Wärme und Dichtigkeit) zu berechnen. Zu diesem Zwecke wurden die vierzehntägigen Mittelwerthe der zweistündlichen Beobachtungen durch die in der Meteorologie so vielfach angewandte Bessel'sche Formel dargestellt, welche zur Bestimmung einer beliebigen periodischen Grösse dient und die von Bessel selbst zur Berechnung der Mitteltemperatur der atmosphärischen Luft für jeden fünften Tag des Jahres aus 24jährigen Beobachtungen (1799—1822) zu Königsberg benutzt worden ist. Nach derselben kann eine periodische Grösse y durch die Gleichung:

$$y = u_0 + u_1 \cdot \sin\left(U_1 + \frac{t}{p} 2\pi\right) + u_2 \cdot \sin\left(U_2 + \frac{t}{p} 4\pi\right) + \dots$$

ausgedrückt werden, wo $u_0, u_1, u_2 \dots$; $U_1, U_2 \dots$ constante Grössen bedeuten, p die Periode der Erscheinung und t ihre Phase angiebt, also y unverändert bleibt, wenn t um p oder ein Vielfaches von p vergrössert oder verkleinert wird. Für den vorliegenden Fall, in welchem die tägliche Temperaturcurve in verschiedenen Tiefen des Erdbodens ausgedrückt werden soll, ist $p = 24$ Stunden und desshalb wird der Werth von y die Form annehmen:

$$y = u_0 + u_1 \sin(U_1 + 15 \cdot t) + u_2 \cdot \sin(U_2 + 30 t) + \dots$$

Da für die Periode von 24 Stunden y 12 mal beobachtet ist und zwar für die Werthe $t = 0, 2, \dots, 22$, so konnten für jede Tiefe, für welche die Beobachtungen stattgefunden hatten, die Werthe der Constanten berechnet werden. Als Resultat der Rechnung, bei welcher die Beobachtungen für die Oberfläche aus dem auf S. 154 angegebenen Grunde ortgelassen sind und die so ausgeführt wurde, dass die Summe der Quadrate der Fehler fein Minimum wird, erhält man für die

Beobachtungen im Freien:

für 0,15 m Tiefe: $u_0 = 19,97$;

$u_1 = 2,7168$; $u_2 = 0,4076$; $u_3 = 0,0389$; $u_4 = 0,0513$

$U_1 = 191^\circ 15'$; $U_2 = 356^\circ 57'$; $U_3 = 223^\circ 16'$; $U_4 = 163^\circ 0'$.

Berechnet man aus der obigen Formel mit Hilfe dieser Werthe die beobachteten Grössen, so wird die mittlere Abweichung zwischen den berechneten und den beobachteten Werthen = $\pm 0,01$. Ebenso erhält man:

für 0,30 m Tiefe: $u_0 = 17,33$

$$u_1 = 0,7115; u_2 = 0,0521; u_3 = 0,0352$$

$$U_1 = 121^\circ 28'; U_2 = 253^\circ 54'; U_3 = 163^\circ 18'$$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,01;$$

für 0,60 m Tiefe: $u_0 = 15,85$

$$u_1 = 0,0835; u_2 = 0,0153; U_1 = 10^\circ 35'; U_2 = 100^\circ 54'$$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,005;$$

für 0,90 m Tiefe: $u_0 = 14,80; u_1 = 0,0250; U_1 = 265^\circ 45'$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,01;$$

für 1,20 m Tiefe: $u_0 = 13,79; u_1 = 0,0120; U_1 = 165^\circ 0'$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,007.$$

Für die Beobachtungen im Walde wird:

für 0,15 m Tiefe: $u_0 = 16,19$

$$u_1 = 1,1778; u_2 = 0,1501; u_3 = 0,0344; u_4 = 0,0169$$

$$U_1 = 188^\circ 42'; U_2 = 7^\circ 59'; U_3 = 230^\circ 54'; U_4 = 200^\circ 10'$$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,02;$$

für 0,30 m Tiefe: $u_0 = 15,19$

$$u_1 = 0,4111; u_2 = 0,0295; u_3 = 0,0313$$

$$U_1 = 100^\circ 41'; U_2 = 278^\circ 27'; U_3 = 64^\circ 48'$$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,01;$$

für 0,60 m Tiefe: $u_0 = 13,19$

$$u_1 = 0,0252; u_2 = 0,0100; U_1 = 345^\circ 43'; U_2 = 90^\circ 0'$$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,01;$$

für 0,90 m Tiefe: $u_0 = 11,97; u_1 = 0,0247; U_1 = 151^\circ 56'$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,01;$$

für 1,20 m Tiefe: $u_0 = 11,11; u_1 = 0,0193; U_1 = 107^\circ 28'$

$$\text{mittlerer Fehler} = \pm 0,01.$$

Substituirt man die angegebenen Werthe der Reihe nach in die Bessel'sche Gleichung und berechnet dann die Werthe von t , für welche y für die drei Tiefen von 0,15; 0,30 und 0,60 m ein Maximum oder Minimum wird und für welche y den Mittelwerth annimmt, so wie die Werthe der Maxima und Minima selbst, so erhält man für

Die Beobachtungen im Freien:

Tiefe in m.	Werth des Temperatur-			Eintrittszeit des			
	Min.	Med.	Max.	Min.	1. Med.	Max.	2. Med.
0,15	17,31°	19,97°	22,94°	6 ^h 47' a	11 ^h 23' a	4 ^h 30' p	10 ^h 48' p
0,30	16,57°	17,33°	18,07°	10 ^h 24' a	3 ^h 47' p	9 ^h 39' p	3 ^h 53' a
0,60	15,75°	15,85°	15,92°	5 ^h 23' p	10 ^h 41' p	4 ^h 31' a	11 ^h 57' a

und für die Beobachtungen im Walde:

Tiefe in m.	Werth des Temperatur-			Eintrittszeit des			
	Min.	Med.	Max.	Min.	1. Med.	Max.	2. Med.
0,15	15,00°	16,19°	17,41°	6 ^h 43' a	11 ^h 26' a	4 ^h 28' p	11 ^h 18' p
0,30	14,73°	15,19°	15,59°	11 ^h 47' a	4 ^h 45' p	11 ^h 48' p	5 ^h 19' a
0,60	13,16°	13,19°	13,21°	6 ^h 22' p	11 ^h 27' p	9 ^h 55' a	1 ^h 50' p

Aus diesen Werthen folgt, dass die Amplituden der Temperaturschwankung, die bereits auf Seite 153 aus den Temperaturcurven abgeleitet waren, für die Tiefen 0,15, 0,3 und 0,6 m folgende Werthe erhalten:

Tiefe in m.	Amplitude	
	im Freien.	im Walde.
0,15	5,63°	2,41°
0,30	1,50°	0,86°
0,60	0,17°	0,05°

Die Grösse der Amplitude, die Verzögerung der Temperatur-Extreme und die für die verschiedenen Tiefen angegebenen Werthe der Constanten der Besselschen Gleichung führen in folgender Weise zur Berechnung der Grösse $\frac{k}{c}$. Wir benutzen dazu zuerst die von Poisson¹⁾ aufgestellte Formel

$$A_{x'} = A_x \cdot e^{-\frac{x' - x}{a} \sqrt{\frac{m}{2}}}$$

in welcher $A_{x'}$ und A_x die Amplituden der Temperaturschwankungen in den Tiefen x' und x bedeuten, e die Basis des natürlichen Logarithmen-Systems ist und a und m durch die Gleichungen

$a = \sqrt{\frac{k}{c}}$ und $m = \frac{2\pi}{T}$ bestimmt sind, wo k die innere Wärmeleitungsfähigkeit, c die Wärmecapazität (specifische Wärme \times Dichtigkeit; bei Poisson ist c die specifische Wärme bezogen auf die Einheit des Volumens cf. L. c. p. 410) und T die Zeitdauer bedeutet, in welcher eine vollständige Temperaturschwankung ausgeführt wird.

¹⁾ Poisson, Théorie mathématique de la chaleur, Paris 1835. p. 432.

Setzt man in der angegebenen Gleichung $x = 0$, so wird A_x die Amplitude der Temperaturschwankung an der Erdoberfläche bedeuten, die mit A_0 bezeichnet werden soll und $A_{x'}$ wird dann die Amplitude der Temperaturschwankung in der Tiefe x' unter der Erdoberfläche darstellen. Nach dieser Substitution kann die obige Gleichung geschrieben werden:

$$\log A_{x'} = \log A_0 - x' \sqrt{\frac{m}{2a^2}} \cdot \log e \text{ oder auch } = A - x' \cdot B, \text{ wo } \log A_0 \text{ mit } A \text{ und } \sqrt{\frac{m}{2a^2}} \cdot \log e \text{ mit } B \text{ bezeichnet ist.}$$

Setzt man für x' und $A_{x'}$ die zusammengehörigen Werthe, sowie sie oben für die Tiefen von 0,15; 0,30 und 0,60 m gefunden sind, ein und berechnet aus diesen drei Gleichungen die Werthe von A und B , so erhält man für die Beobachtungen

im Freien	im Walde
$A = 1,26688$	$A = 0,92681$
$B = 0,034908$	$B = 0,03551$

und wenn aus diesen Werthen wieder die Grösse der Amplitude zurückberechnet wird, so erhält man:

Tiefe in cm	Amplitude der Temperaturschwankung in Graden C.					
	Feldstation			Waldstation		
	berechnet	beobachtet	Fehler	berechnet	beobachtet	Fehler
15	5,54	5,63	- 0,09	2,48	2,41	+ 0,07
30	1,66	1,50	+ 0,16	0,73	2,86	- 0,13
60	0,15	0,17	- 0,02	0,07	0,05	+ 0,02

Benutzt man die gefundenen Werthe von $A = \log A_0$, um die Amplitude für die Oberfläche abzuleiten, so erhält man dieselbe

$$\text{für die Feldstation} = 18,49^\circ \text{ und für die Waldstation} = 8,45^\circ;$$

während dieselbe bei den an der Oberfläche aufgestellten Thermometern $= 11,52^\circ$ und $= 6,67^\circ$ beobachtet wurde. Dieser bedeutende Unterschied kann als ein direkter Beweis für die schon oben ausgesprochene Behauptung angesehen werden, dass durch die an der Oberfläche aufgestellten Thermometer nicht die Temperatur der Erdoberfläche selbst, sondern eine Mitteltemperatur der obersten Erdschichten von 2 bis 2,5 cm Dicke angegeben wird.

Ausserdem könnten die für A und B erhaltenen Werthe auch dazu benutzt werden, die Tiefe x' zu finden, für welche die Amplitude einen bestimmten Werth hat. Will man z. B. die Tiefe ermitteln, in welcher die Amplitude der täglichen Temperaturschwankung nur noch $0,01^\circ$ beträgt, also als verschwindend klein angesehen werden kann, so hat man x' aus der Gleichung

$$\log 0,01 = A - x' \cdot B$$

zu berechnen, in welcher A und B die oben gefundenen Zahlenwerthe haben. Man erhält dann

aus den Beobachtungen im Freien $x' = 0,94$ m und

„ „ „ im Walde $x' = 0,82$ m.

Hieraus sieht man, dass die tägliche Temperaturschwankung im Freien bis zu einer grösseren Tiefe bemerkbar ist, als im Walde, aber auch dort keinen vollen Meter erreicht.

Aus den gefundenen Werthen für B , welches durch die Gleichung

$$B = \sqrt{\frac{m}{2a^2}} \cdot \log e = \sqrt{\frac{\pi \cdot c}{T \cdot k}} \cdot \log e$$

bestimmt ist, erhält man, da T im vorliegenden Falle einen Tag repräsentirt, die Constante der Wärmeleitung des Erdbodens für die Einheiten cm und Zeitminute

$$\text{im Freien } \frac{k}{c} = 0,3377,$$

$$\text{im Walde } \frac{k}{c} = 0,3263.$$

Berechnet man dieselbe Grösse für die verschiedenen Bodenschichten besondrs, so erhält man:

Tiefe der Bodenschicht	Werth von $\frac{k}{c}$	
	im Freien	im Walde
von 0,15 bis 0,30 m . . .	0,2806	0,4623
von 0,30 bis 0,60 m . . .	0,4141	0,2426

Der Werth von $\frac{k}{c}$ kann ausserdem auch aus den Verzögerungen bestimmt werden, welche die Temperatur-Extreme in verschiedenen Tiefen erfahren. Dazu benutzen wir die von Poisson¹⁾ für die Periode der äusseren Temperatur ζ an der Erdoberfläche aufgestellte Gleichung, welche dieselbe zur Zeit t ausdrückt. Diese Gleichung lautet:

$$\zeta = A_0 + A_1 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \alpha_1\right) + A_2 \sin\left(\frac{4\pi}{T} \cdot t + \alpha_2\right) + \dots,$$

wobei T die Dauer der Temperaturperiode bedeutet und $A_0, A_1, A_2 \dots, \alpha_1, \alpha_2 \dots$ zu bestimmende Constanten darstellen. Wendet man weiter die Gleichungen und die Betrachtungen an, welche Wild²⁾ bei Darstellung der Erdbodentemperaturen in Nukuss durchgeführt hat, so wird die Temperatur u in der Tiefe x unter der Erdoberfläche durch folgende Formel bestimmt:

¹⁾ Poisson, Théorie mathématique de la chaleur, Paris 1835. p. 430.

²⁾ L. c. p. 15, 24, 25.

$$u = A_0 + B_1 \cdot e^{-x \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}}} \sin\left(\frac{2\pi}{T} t - x \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}} - \beta_1\right) + B_2 \cdot e^{-x \sqrt{\frac{2\pi c}{Tk}}} \sin\left(\frac{4\pi}{T} t - x \sqrt{\frac{2\pi c}{Tk}} - \beta_2\right) + \dots$$

wo A_0 , T , C , k die oben angegebenen Werthe haben und B_1 , $B_2 \dots$, β_1 , $\beta_2 \dots$ wieder Constanten sind.

Als erste Annäherung kann angenommen werden, dass u ein Maximum oder Minimum wird, wenn

$$\sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - x \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}} - \beta_1\right) \text{ resp. } = \pm 1 \text{ wird.}$$

Dann ist

$$\text{für das Maximum von } u: t = \left(\frac{\pi}{2} + \beta_1\right) \frac{T}{2\pi} + \frac{x}{2} \sqrt{\frac{c \cdot T}{k\pi}} \text{ und}$$

$$\text{„ „ Minimum von } u: t = \left(\frac{3\pi}{2} + \beta_1\right) \frac{T}{2\pi} + \frac{x}{2} \sqrt{\frac{c \cdot T}{k\pi}}.$$

Nennt man die Zeit t , in welcher die Temperatur-Extreme in der Tiefe x eintreten, t_x , so erhält man die Verzögerung sowohl für das Maximum, als auch für das Minimum in der Bodenschicht von der Tiefe x bis zur Tiefe x_1 :

$$t_{x_1} - t_x = \frac{x_1 - x}{2} \cdot \sqrt{\frac{c \cdot T}{k\pi}} \text{ und wenn noch } \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}} = \gamma \text{ gesetzt wird, so folgt}$$

$$\gamma = (t_{x_1} - t_x) \cdot \frac{2\pi}{T} \cdot \frac{1}{x_1 - x}.$$

Aus den Eintrittszeiten der Temperatur-Extreme, wie sie für die verschiedenen Bodenschichten oben angenommen sind, folgt:

Tiefe der Bodenschicht in m	Differenz der Eintrittszeit			
	auf der Feldstation		auf der Waldstation	
	für das Max.	für das Min.	für das Max.	für das Min.
von 0,15 bis 0,30 m	5 st 9 m	3 st 37 m	7 st 20 m	5 st 4 m
„ 0,30 „ 0,60 „	6 st 52 m	6 st 59 m	10 st 7 m	6 st 35 m

Weil $t_{x_1} - t_x$ für das Maximum und Minimum nach den allgemeinen Formeln einander gleich sein sollen, so ist aus diesen Werthen für $t_{x_1} - t_x$ bereits ersichtlich, dass die aus ihnen abgeleiteten Werthe für $\frac{k}{c}$ nur ungenaue Resultate bilden können und die oben eingeführte Substitution $\sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t - x \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}} - \beta_1\right) = \pm 1$ nur als eine grobe Annäherung angesehen werden kann. Wir setzen daher für die Verzögerung $t_{x_1} - t_x$ die Mittel der für das Maximum und das Minimum einzeln gefundenen Werthe, nämlich

für die Tiefe von 0,15 bis 0,30 m; $t_{x_1} - t_x$ im Freien = 4^m 23^m und im Walde = 6^m 12^m,
 " " " " 0,30 " 0,60 m; $t_{x_1} - t_x$ " " = 6^m 55^m " " " = 8^m 21^m.

Auch diese Werthe liefern nur ungenaue Resultate und zwar wird

für die Tiefe von 0,15—0,30 m: $\frac{k}{c}$ im Freien = 0,3728, und im Walde = 0,1863
 " " " " 0,30—0,60 m: $\frac{k}{c}$ " " = 0,5988, " " " = 0,4109
 " " " " 0,15—0,60 m: $\frac{k}{c}$ " " = 0,5048, " " " = 0,3045.

Endlich kann noch $\frac{k}{c}$ aus den Constanten der Bessel'schen Gleichung (cf. Wild L. c. p. 26 und 27) bestimmt werden. Dieselbe lautet:

$$y = u_0 + u_1 \sin(U_1 + 15t) + u_2 \sin(U_2 + 30t) + \dots$$

Die Temperatur in der Tiefe x wurde durch die Gleichung dargestellt

$$u = A_0 + B_1 e^{-x \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}}} \sin\left(\frac{2\pi t}{T} - x \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}} - \beta_1\right) + B_2 e^{-x \sqrt{\frac{2\pi c}{Tk}}} \sin\left(\frac{4\pi t}{T} \cdot t - x \sqrt{\frac{2\pi c}{Tk}} - \beta_2\right) + \dots$$

Setzt man demnach

$$u_1 = B_1 e^{-x \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}}} \text{ und } U_1 + 15t = \frac{2\pi t}{T} - x \sqrt{\frac{\pi c}{Tx}} - \beta_1$$

und stellt die entsprechenden Gleichungen für zwei verschiedene Tiefen x und x_1 auf, für welche u_1 und U_1 mit $u_{1,x}$; u_{1,x_1} ; $U_{1,x}$ und U_{1,x_1} bezeichnet werden sollen, so erhält man:

$$\frac{\log u_{1,x} - \log u_{1,x_1}}{\log e} = (x_1 - x)\gamma \text{ und } U_{1,x} - U_{1,x_1} = (x_1 - x) \cdot \gamma,$$

wo γ wieder = $\sqrt{\frac{\pi c}{Tk}}$ gesetzt ist.

Substituirt man hier die Werthe von u_1 und U_1 , so wie sie aus der Bessel'schen Gleichung für die verschiedenen Tiefen gefunden worden sind und berechnet den Werth von $\frac{k}{c}$, so erhält man wieder für die Einheiten cm und Zeitminute

aus den Werthen von u_1

für die Tiefe von 0,15—0,30 m: $\frac{k}{c}$ im Freien = 0,2734 und im Walde = 0,4430
 " " " " 0,30—0,60 m: $\frac{k}{c}$ " " = 0,4277 " " " = 0,2519
 " " " " 0,15—0,60 m: $\frac{k}{c}$ " " = 0,3643 " " " = 0,2989

aus den Werthen von U_1
 für die Tiefe von 0,15—0,30 m: $\frac{k}{c}$ im Freien = 0,3309 und im Walde = 0,2080
 " " " " 0,30—0,60 m: $\frac{k}{c}$ " " = 0,5243 " " " = 0,4877
 " " " " 0,15—0,60 m: $\frac{k}{c}$ " " = 0,4443 " " " = 0,3520.

Stellt man die für $\frac{k}{c}$ erhaltenen Resultate zusammen, so findet man für die

Beobachtungen im Freien:

	aus den Amplituden			aus den Verzögerungen			Gesamtmittel
			Mittel			Mittel	
von 0,15 bis 0,30 m Tiefe $\frac{k}{c} =$	0,2806	0,2734	0,2770	0,3728	0,3309	0,3518	0,3144
" 0,30 " 0,60 " " $\frac{k}{c} =$	0,4141	0,4277	0,4209	0,5988	0,5243	0,5616	0,4912
" 0,15 " 0,60 " " $\frac{k}{c} =$	0,3377	0,3643	0,3510	0,5048	0,4443	0,4745	0,4127

Aus diesen Zahlen ersieht man, dass $\frac{k}{c}$ in den oberen Erdschichten mit wachsender Tiefe zunimmt und dass, wenn man die aus den Verzögerungen erhaltenen Resultate als die ungenaueren fortlässt, $\frac{k}{c}$ einen Durchschnittswerth von 0,3510 erhält, der einer Mitteltemperatur von 17,7° C. entspricht.

Die aus den Beobachtungen im Walde abgeleiteten Resultate stimmen weniger gut mit einander überein, denn für diese erhält man:

	aus den Amplituden			aus den Verzögerungen			Gesamtmittel
			Mittel			Mittel	
von 0,15 bis 0,30 m Tiefe $\frac{k}{c} =$	0,4623	0,4432	0,4528	0,1863	0,2080	0,1972	0,3250
" 0,30 " 0,60 " " $\frac{k}{c} =$	0,2426	0,2519	0,2473	0,4109	0,4877	0,4493	0,3483
" 0,15 " 0,60 " " $\frac{k}{c} =$	0,3263	0,2989	0,3126	0,3045	0,3520	0,3283	0,3105

Auffallend ist es, dass hier die aus den Amplituden abgeleiteten Werthe von $\frac{k}{c}$ mit wachsender Tiefe eine Abnahme und die aus den Verzögerungen gefundenen Werthe eine Zunahme zeigen, eine Unregelmässigkeit, aus welcher bereits Wild¹⁾ den Schluss zieht, dass in den obersten Bodenschichten eine Reihe von der Theorie nicht berück-

¹⁾ L. c. p. 28.

sichtiger Störungen, wie Niederschläge, Luftströmungen in den Zwischenräumen, ferner aber auch die Variation des Leitungsvermögens mit der Temperatur eine bedeutende Rolle spielen und daher die erhaltenen Resultate nur als grobe Annäherung angesehen werden können.

Nach vorstehenden Erörterungen wird es jetzt möglich sein, ähnliche Schlüsse für die jährlichen Temperaturschwankungen aus den Beobachtungen zu ziehen, die in den 4 Jahren 1876 bis 1879 in Eberswalde angestellt sind. Die Beobachtungen sind, wie bereits oben angegeben ist, des Morgens um 8^h und Mittags um 2^h angestellt und wird deshalb die mittlere Tagestemperatur und dieser entsprechend auch die mittlere Monatstemperatur nur für die tieferen Bodenschichten als richtig angenommen werden können. Trotzdem sind in der folgenden Tafel auch die Werthe für die geringeren Tiefen angegeben, damit aus ihnen wenigstens näherungsweise eine Vergleichung zwischen den Verhältnissen auf freiem Felde und im Walde angestellt werden kann. Zu bemerken ist noch, dass die Angaben für die Temperaturen an der Oberfläche und in der Tiefe von 0,15 m die Mittelwerthe für die 3 Jahre 1877, 1878 und 1879 und die für die folgenden Tiefen die Mittelwerthe für die 4 Jahre 1876—1879 sind. Im Walde mussten die Beobachtungen für 1,2 m Tiefe fortgelassen werden, weil die Ablesungen an einem Thermometer gemacht waren, dessen Nullpunkt sich im Laufe der Zeit so wesentlich verändert hatte, dass die Beobachtungen unbrauchbar geworden waren. Die für die Lufttemperatur angegebenen Werthe sind die aus den Maxima- und Minima-Temperaturen für die Jahre 1876—1879 abgeleiteten Mittelwerthe.

Monatsmittel der Temperatur in Graden C.:

Tiefe in m	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	October	Novbr.	Deebr.	Jahr
Beobachtungen im Freien:													
0,00	0,47	1,58	3,09	9,49	16,25	21,41	20,65	21,22	16,38	10,11	4,21	- 0,04	10,40
0,15	0,56	1,24	2,42	7,92	14,31	19,92	19,46	19,71	15,27	9,55	4,38	0,58	9,61
0,30	0,10	0,64	1,77	6,35	10,82	17,12	17,97	18,33	13,75	9,49	4,20	1,07	8,63
0,60	1,17	1,20	2,28	6,25	10,54	16,34	17,74	18,24	14,64	10,56	5,64	2,59	8,93
0,90	1,92	1,68	2,55	5,95	9,76	15,16	16,94	17,67	14,93	11,19	6,70	3,64	9,01
1,20	2,55	2,10	2,76	5,53	8,97	13,91	15,98	16,91	14,95	11,60	7,54	4,49	8,94
Luft	- 1,55	1,05	2,24	7,67	11,01	17,28	17,44	18,38	13,65	9,26	2,55	- 1,98	8,09
Beobachtungen im Walde:													
0,00	0,55	1,28	2,04	7,77	12,73	18,03	17,70	18,77	14,80	8,89	4,15	- 0,33	8,87
0,15	0,94	1,26	1,79	6,46	10,65	15,69	16,27	17,26	13,88	8,93	4,67	0,52	8,19
0,30	1,10	1,28	2,20	5,76	8,84	14,27	15,30	16,15	13,32	9,81	5,03	1,88	7,91
0,60	2,46	2,16	2,84	5,42	8,06	12,71	14,33	15,43	13,66	10,75	6,79	3,80	8,20
0,90	3,28	2,72	3,22	5,17	7,47	11,46	13,36	14,54	13,49	11,10	7,78	4,93	8,21
Luft	- 1,65	0,87	1,98	7,63	11,00	17,18	17,53	18,53	13,44	8,97	2,58	- 1,99	8,01

Will man aus diesen Zahlen die Grösse der Temperaturschwankung in den verschiedenen Bodenschichten, sowie die Zeiten ableiten, in denen die Temperatur-Extreme eintreten, so muss noch besonders darauf aufmerksam gemacht werden, dass der Werth des Minimums der Temperatur und seiner Eintrittszeit durch die Schneedecke im Winter wesentlich beeinflusst ist. Um dafür ein besonders in die Augen fallendes Beispiel anzuführen, sind in der folgenden Tafel die fünftägigen Mitteltemperaturen, welche sich aus den Beobachtungen im Freien in Fritzen für den Januar 1879 für die Tiefe von 0,15 m ergaben, mit der Schneehöhe und der Lufttemperatur zusammengestellt.

Januar 1879.						
Datum.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.
Schneehöhe in cm	5	24	20	19	22	23
Temp. in 0,15 m Tiefe in Graden C.	0,41	0,39	0,40	0,36	0,19	0,17
Lufttemperatur in Graden C.	0,51	-7,84	-5,13	-4,95	-7,46	-6,94

Ebenso ergab die Beobachtung im Freien in Melkeri:

Januar 1878.						
Datum.	1.-5.	6.-10.	11.-15.	16.-20.	21.-25.	26.-30.
Schneehöhe in cm	20	45	48	35	32	80
Temp. in 0,15 m Tiefe in Graden C.	1,02	0,94	0,74	0,78	0,70	0,72
Lufttemperatur in Graden C.	-3,66	-5,10	-9,38	-3,61	-3,38	-8,77

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, dass trotz der nicht unerheblichen Schwankungen der Lufttemperatur in der Tiefe von 0,15 m nur unbedeutende und viel kleinere Temperaturschwankungen auftraten, als nach den Beobachtungen im Sommer zu erwarten war, dass also sowohl die Grösse des Temperatur-Minimums als auch seine Eintrittszeit von der Schneedecke beeinflusst ist.

Ueber diesen Gegenstand liegen übrigens auch eine Reihe direkter Beobachtungen vor. So hat zunächst Herr Wollny¹⁾ in den Jahren 1874—1876 in den Monaten, in welchen der Boden mit Schnee bedeckt war, die Temperatur in 1 dm Tiefe auf einer mit Schnee bedeckten und einer vom Schnee befreiten Fläche beobachtet und nachgewiesen, dass bei Frostwetter die Temperatur im ersteren Fall bedeutend höher ist als im letzteren und dass die Temperaturschwankungen in dem ersteren stark abgeschwächt sind gegen die Schwankungen im schneefreien Boden. Ähnliche Beobachtungen sind in dem verflossenen Winter vom 26. November bis 25. December von den Herren Edm. und Henri Becquerel

¹⁾ Wollny, der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin. Wiegandt, Hempel und Parey 1877. p. 24—36. cf. Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie Band XV. p. 39.

in Paris ausgeführt¹⁾ und zwar wurde die Lufttemperatur in den Höhen 10,7 und 20 m und die Bodentemperaturen in den Tiefen von 5, 10, 20, 30 und 60 cm bestimmt. Auch diese Beobachtungen ergaben dasselbe Resultat, so dass man in der That verschiedene Werthe für das Temperatur-Minimum und seine Eintrittszeit aus den Beobachtungen erhalten wird, je nachdem der Boden in den Wintermonaten schneefrei oder mit Schnee bedeckt war.

Ausserdem zeigen die aus den obigen für den Gang der Jahrestemperatur angegebenen Zahlen abgeleiteten Curven bedeutende Unregelmässigkeiten, welche dadurch erklärt werden können, dass sie nur die Monatsmittel von 4 Jahren angeben, und sich die in dieser Zeit aufgetretenen abnormen Verhältnisse im Mittel noch nicht ausgeglichen haben. Bestimmt man aus den die Werthe der monatlichen Mitteltemperaturen darstellenden Curven die Grösse der Temperatur-Extreme, so erhält man:

Tiefe in m	Beobachtungen im Freien			Beobachtungen im Walde		
	Betrag in Graden C. vom Temperatur-			Betrag in Graden C. vom Temperatur-		
	Min.	Max.	Diff.	Min.	Max.	Diff.
0,00	— 0,04	21,60	21,64	— 0,33	18,77	19,10
0,15	0,50	20,00	19,50	0,52	17,40	16,88
0,30	0,05	18,33	18,28	1,10	16,15	15,05
0,60	0,90	18,30	17,40	2,10	15,45	13,35
0,90	1,63	17,70	16,07	2,65	14,60	11,95
1,20	2,10	16,92	14,82	—	—	—

Um die Zeiten zu finden, in denen die Temperatur-Extreme in den verschiedenen Bodenschichten auftraten, wurden wegen der Unregelmässigkeit der Curven für die oberen Bodenschichten nur die vier grösseren Tiefen berücksichtigt, für welche auf die fünf-tägigen Mittel und theilweise auch auf die täglichen Beobachtungen selbst zurückgegangen wurde. Die gesuchten Eintrittszeiten sind aus den für die Jahre 1876—1879 abgeleiteten Mittelwerthen bestimmt und zwar für das 1. und 2. Medium aus den fünf-tägigen Mitteln und für das Maximum und Minimum aus den täglichen Beobachtungen.

Dabei ergab sich:

Tiefe in m	Beobachtungen im Freien				Beobachtungen im Walde			
	Eintrittszeit von				Eintrittszeit von			
	Min.	1. Med.	Max.	2. Med.	Min.	1. Med.	Max.	2. Med.
0,3	—	8. Mai	—	19. Octbr.	—	12. Mai	—	30. Octbr.
0,6	3. Febr.	8. Mai	16. Aug.	28. Octbr.	5. Febr.	17. Mai	23. Aug.	4. Novbr.
0,9	6. Febr.	12. Mai	17. Aug.	2. Novbr.	7. Febr.	24. Mai	24. Aug.	12. Novbr.
1,2	8. Febr.	16. Mai	17. 18. Aug.	7. Novbr.	—	—	—	—

¹⁾ Compt. rend. T. LXXXIX. p. 1011. cf. Naturforscher XIII. Jahrgang. p. 44.

Aus den angegebenen Beobachtungen und den aus ihnen abgeleiteten Temperatur-Extremen und ihren Eintrittszeiten ist zuerst ersichtlich, dass, abgesehen von einer Unregelmässigkeit des Juni, die in den beiden oberen Erdschichten der Feldstation und der obersten der Waldstation durch besonders heisse und trockene Frühsommer hervorgebracht wurde, in den oberen Erdschichten das Minimum und Maximum des monatlichen Temperaturmittels sowohl im Freien, als auch im Walde mit den Extremen des Monatsmittels der Lufttemperatur zusammenfallen. Ferner sieht man, dass der Gang der Temperatur in den verschiedenen Jahreszeiten für zunehmende Tiefen ein verschiedener ist. In den Sommermonaten nimmt die Temperatur mit wachsender Tiefe ab, in den Wintermonaten nimmt sie zu und in den Uebergangsjahreszeiten findet ein Ausgleich für die verschiedenen Tiefen statt. Die Jahresmittel der Temperaturen sind für die verschiedenen Tiefen mit Ausnahme der obersten Erdschichten im Freien unter sich und im Walde unter sich wenig von einander verschieden, zeigen aber beide von der Oberfläche an eine rasche Abnahme und dann eine langsame Zunahme; im Walde sind sie kleiner als im Freien. Ihre Grösse und die für dieselben sich ergebenden Differenzen sind folgende:

Tiefe in m	Jahrestemp. in Graden C.		Diff.
	im Freien	im Walde	
0,00	10,40	8,87	1,53
0,15	9,61	8,19	1,42
0,30	8,63	7,91	0,72
0,60	8,93	8,20	0,73
0,90	9,01	8,21	0,80
1,20	8,94	—	—
Luft	8,09	8,01	0,08

Ausserdem ist ersichtlich, dass die Jahresamplitude der monatlichen Mitteltemperaturen sowohl im Freien, als auch im Walde mit wachsender Tiefe abnimmt, dass sie im Walde für jede Tiefe kleiner, als für dieselbe Tiefe im Freien ist und dass die Abnahme der Amplitude im Walde rascher als im Freien erfolgt. Es beträgt nämlich die Abnahme der Jahresamplitude angegeben in Graden C.:

Tiefe	Im Freien	Im Walde	Diff.
von 0,00 bis 0,15 m . .	2,14	2,22	0,08
" 0,00 " 0,30 m . .	3,36	4,05	0,69
" 0,00 " 0,60 m . .	4,24	5,75	1,51
" 0,00 " 0,90 m . .	5,57	7,15	1,57
" 0,00 " 1,20 m . .	6,82	—	—

Ferner folgt, dass mit Ausnahme einer Unregelmässigkeit in den oberen Bodenschichten das Minimum mit wachsender Tiefe sowohl im Freien als auch im Walde zunimmt, während das Maximum abnimmt und dass im Walde das Maximum kleiner und das Minimum grösser als in derselben Bodenschicht im Freien ist. In den verschiedenen Bodenschichten treten sowohl die Extreme der Temperatur als auch die beiden Mittelwerthe verspätet auf und zwar im Walde wieder später als auf freiem Felde.

Will man die vorstehend angegebenen Resultate der Beobachtungen dazu benutzen, um die Grösse $\frac{k}{c}$ ebenso wie oben aus den zweistündlichen Temperatur-Beobachtungen abzuleiten, so können dazu nur die für die Tiefen 60,90 und 120 cm gemachten Beobachtungen benutzt werden, da für die oberen Bodenschichten, wie früher gezeigt wurde, eine zweimalige Beobachtung im Laufe eines Tages nicht ausreicht, um die Mittelwerthe der Temperatur ohne dass noch besondere Correctionen angebracht werden, mit der erforderlichen Genauigkeit zu finden.

Zunächst wurden die Beobachtungen der mittleren Monatstemperaturen wieder dazu benutzt, die Constanten der Bessel'schen Gleichung zu berechnen. Dieselbe lautete:

$$y = u_0 + u_1 \sin \left(U_1 + \frac{t}{p} \cdot 2\pi \right) + u_2 \cdot \sin \left(U_2 + \frac{t}{p} \cdot 4\pi \right) + \dots$$

und da gegenwärtig die Periode $p = 12$ Monaten ist, so erhält man:

$$y = u_0 + u_1 \sin (U_1 + 30t) + u_2 \sin (U_2 + 60t) + \dots,$$

wo die beobachteten Monatsmittel den Zeiten $t = 0, 1, 2 \dots$ entsprechen und $t = 0$ den 15. Januar repräsentirt. Bei der Berechnung der Constanten $u_0, u_1, u_2 \dots, U_1, U_2 \dots$, die auf dieselbe Weise wie oben für die tägliche Temperatur-Periode ausgeführt ist, wurde nur bis zum fünften Gliede gegangen, obgleich eine noch grössere Anzahl von Gliedern nöthig gewesen wäre, um die Beobachtungen durch die Bessel'sche Gleichung genügend darzustellen. Bei der Bestimmung der fünf ersten Glieder wurde stehen geblieben, weil die aus ihnen rückwärts berechneten Werthe der mittleren Monatstemperaturen zwar abwechselnd zu gross und zu klein sind, aber die Differenz zwischen den beobachteten und berechneten Werthen für jede Tiefe eine constante Grösse ist. Das Resultat der Rechnung war für die

Beobachtungen im Freien:

für 0,60 m Tiefe: $u_0 = 8,93$

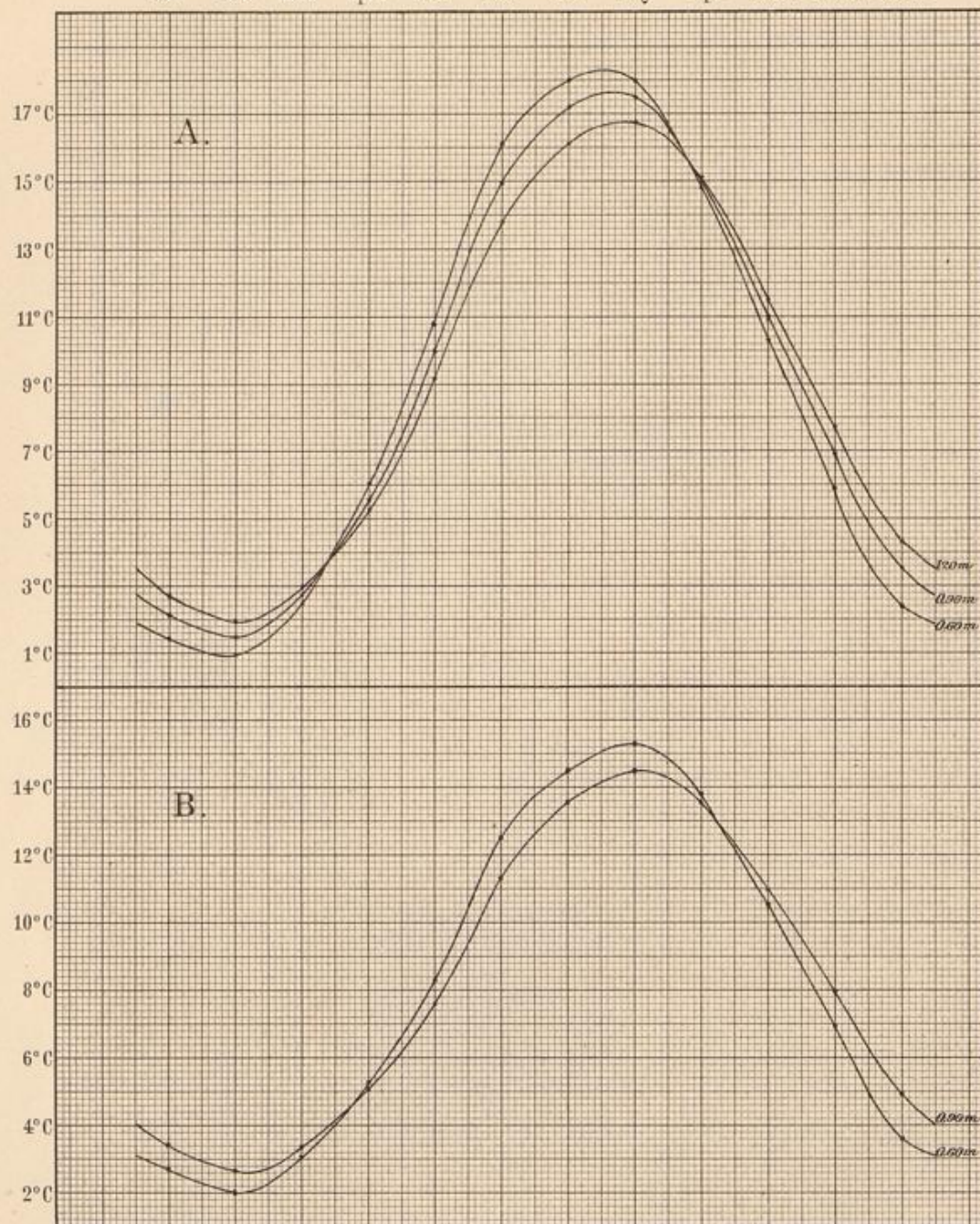
$u_1 = 8,8884; u_2 = 0,8095; u_3 = 0,2052; u_4 = 0,0333; u_5 = 0,2583$
 $U_1 = 256^\circ 32'; U_2 = 77^\circ 7'; U_3 = 34^\circ 5'; U_4 = 184^\circ 18'; U_5 = 70^\circ 58';$

für 0,90 m Tiefe: $u_0 = 9,01$

$u_1 = 8,1833; u_2 = 0,6766; u_3 = 0,1462; u_4 = 0,0683; u_5 = 0,2063$
 $U_1 = 251^\circ 32'; U_2 = 70^\circ 26'; U_3 = 28^\circ 37'; U_4 = 186^\circ 18'; U_5 = 61^\circ 11';$



Jan. Febr. März April Mai Juni Juli Aug. Sept. Octb. Novbr. Decbr.



Jahrescurven der Erdbodentemperaturen A. auf freiem Felde für die Tiefen von 0,60, 0,90, und 1,20 m. B. im Walde für die Tiefen von 0,60 und 0,90 m, abgeleitet aus vierjährigen Beobachtungen zu Eberswalde.

für 1,20 m Tiefe: $u_0 = 8,94$

$$u_1 = 7,5035; u_2 = 0,5634; u_3 = 0,1177; u_4 = 0,0892; u_5 = 0,1545$$

$$U_1 = 246'' 18'; U_2 = 62'' 22'; U_3 = 15'' 37'; U_4 = 197'' 1'; U_5 = 53'' 21'.$$

Ebenso wurde erhalten für die Beobachtungen im Walde:

für 0,60 m Tiefe: $u_0 = 8,20$

$$u_1 = 6,7231; u_2 = 0,5156; u_3 = 0,1658; u_4 = 0,0911; u_5 = 0,2501$$

$$U_1 = 246'' 58'; U_2 = 40'' 9'; U_3 = 12'' 47'; U_4 = 154'' 33'; U_5 = 59'' 33';$$

für 0,90 m Tiefe: $u_0 = 8,21$

$$u_1 = 5,9457; u_2 = 0,3926; u_3 = 0,1085; u_4 = 0,0869; u_5 = 0,1697$$

$$U_1 = 240'' 11'; U_2 = 31'' 3'; U_3 = 349'' 23'; U_4 = 168'' 23'; U_5 = 54'' 45'.$$

Berechnet man aus diesen Werthen rückwärts die Mitteltemperaturen für die einzelnen Monate, so erhält man:

Tiefe in m	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	October	Novbr.	Deebr.	Jahr
---------------	--------	---------	------	-------	-----	------	------	--------	---------	---------	--------	--------	------

Beobachtungen im Freien:

0,60	1,43	0,93	2,54	5,98	10,80	16,07	18,00	17,97	14,90	10,29	5,90	2,32	8,93
0,90	2,13	1,47	2,76	5,55	9,97	14,96	17,14	17,47	15,14	10,98	6,91	3,43	9,00
1,20	2,70	1,95	2,91	5,38	9,12	13,76	16,13	16,76	15,10	11,45	7,69	4,34	8,94

Beobachtungen im Walde:

0,60	2,64	1,98	3,02	5,24	8,24	12,53	14,51	15,25	13,84	10,57	6,97	3,62	8,20
0,90	3,39	2,61	3,33	5,06	7,58	11,35	13,47	14,43	13,60	10,99	7,89	4,82	8,21

Die Vergleichung dieser Zahlen mit den direkt beobachteten Monatsmitteln zeigt, dass sie abwechselnd zu gross und zu klein sind, dass aber der Unterschied zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen für jede Tiefe constant ist. Die Jahrescurven der Temperatur, so wie sie aus den berechneten Mitteltemperaturen folgen, sind auf Taf. III dargestellt.

Substituirt man die für die Constanten der Bessel'schen Gleichung erhaltenen Werthe in diese Gleichung und berechnet dann die Werthe von t , für welche die Temperatur y ein Maximum oder Minimum wird, so wie die Werthe des Maximums und Minimums selbst, so erhält man:

Tiefe in m	Werth des Temperatur-		Diff.	Eintrittszeit des	
	Min.	Max.		Min.	Max.
Beobachtungen im Freien:					
0,60	0,93	18,22	17,29	d. 14. Februar	d. 1. August
0,90	1,47	17,55	16,08	d. 16. Februar	d. 7. August
1,20	1,94	16,77	14,83	d. 18. Februar	d. 13. August
Beobachtungen im Walde:					
0,60	1,96	15,25	13,29	d. 18. Februar	d. 16. August
0,90	2,60	14,47	11,87	d. 20. Februar	d. 21. August

Die angegebenen Resultate können ebenso wie früher die für die zweistündlichen Beobachtungen erhaltenen dazu benutzt werden, die Constante der Wärmeleitung des Erdbodens für die jährliche Periode abzuleiten. Mit Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnung und der angenommenen Einheiten cm und Zeitminute ist

$$\log A_{x_1} = \log A_0 - x_1 \sqrt{\frac{m}{2a^2}} \log e = A - B \cdot x_1.$$

Substituirt man hier für A_{x_1} und x_1 die zusammengehörigen Werthe, wie sie sich aus den Curven ergeben, welche die Beobachtungen der monatlichen Mitteltemperaturen auf der Feldstation für die Tiefen 0,60; 0,90 und 1,20 m und auf der Waldstation für die Tiefen 0,6 und 0,9 m darstellen, so erhält man aus den Beobachtungen:

$$\text{im Freien: } A = 1,31046; B = 0,0011604$$

$$\text{und im Walde: } A = 1,22170; B = 0,0016037.$$

Aus dem Werthe von $A = \log A_0$ folgt die Jahresamplitude der Temperatur an der Oberfläche

$$\text{im Freien} = 20,44'' \text{ und im Walde} = 16,66'',$$

während die directe Beobachtung für diese Grösse 21,64'' und 18,77'' ergab. Der bedeutende Unterschied dieser Werthe ist wieder wie früher dadurch erklärbar, dass das an der Oberfläche aufgestellte Thermometer nicht die Temperatur der Oberfläche selbst, sondern die Mitteltemperatur der obersten Erdschicht von 2 bis 2,5 cm Dicke angab.

Will man aus den Werthen von A und B wieder die Tiefe berechnen, in welcher die Jahresamplitude der Temperatur einen kleinen Werth z. B. 0,01'' erhält und daher als verschwindend klein angesehen werden kann, so hat man die gesuchte Tiefe x_1 aus der Gleichung $\log 0,01 = A - x_1 B$ zu bestimmen.

Das Resultat der Rechnung ist, dass

$$\text{im Freien in einer Tiefe von } 28,5 \text{ m und}$$

$$\text{„ Walde „ „ „ „ } 20,1 \text{ m}$$

die Jahresamplitude nur noch 0,01'' beträgt.

Der Werth von B ergibt mit Benutzung der oben abgeleiteten Gleichung

$$B = \sqrt{\frac{\pi c}{Tk}} \cdot \log e$$

die Constante der Wärmeleitung und da die Periode T ein Jahr darstellt, so ist, wenn als Einheit der Zeit die Minute genommen wird, $T = 365,25 \cdot 1440$ zu setzen. Das Resultat der Substitution ist für die Beobachtungen

$$\text{im Freien } \frac{k}{c} = 0,8176$$

und

$$\text{im Walde } \frac{k}{c} = 0,4379.$$

Dieselbe Grösse kann auch wieder aus den Constanten der Besselschen Gleichung ermittelt werden. Die Rechnung giebt mit Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnungen und der eingeführten Einheiten cm und Zeitminute für $\frac{k}{c}$ folgende Resultate:

Aus den Werthen von u_1

$$\text{für die Tiefe von 0,6 bis 0,9 m: } \frac{k}{c} \text{ im Freien} = 0,7854 \text{ und im Walde} = 0,3560$$

$$\text{„ „ „ „ 0,9 „ 1,2 m: } \frac{k}{c} \text{ „ „} = 0,7145$$

und aus den Werthen von U_1

$$\text{für die Tiefe von 0,6 bis 0,9 m: } \frac{k}{c} \text{ im Freien} = 0,7059 \text{ und im Walde} = 0,3835$$

$$\text{„ „ „ „ 0,9 „ 1,2 m: } \frac{k}{c} \text{ „ „} = 0,6443.$$

Demnach erhält man als mittleren Werth von $\frac{k}{c}$ für die jährliche Temperaturperiode und die Einheiten cm und Zeitminute

$$\text{für die Beobachtungen im Freien } \frac{k}{c} = 0,733; \text{ mittlere Temperatur} = 8,96 \text{ und}$$

$$\text{„ „ „ „ Walde } \frac{k}{c} = 0,392; \text{ „ „} = 8,21.$$

Der bedeutende Unterschied dieser Resultate ist, wie schon oben erwähnt wurde, sowohl eine Folge der in den oberen Bodenschichten auftretenden Störungen, als auch der Variationen, welche das Leitungsvermögen bei veränderter Temperatur und bei veränderter Feuchtigkeit des Bodens erfährt.

Aehnliche Resultate, wie sie aus den auf der meteorologischen Station Eberswalde angestellten Beobachtungen vorstehend abgeleitet sind, können auch für die anderen Stationen gefunden werden. Indem eine genauere Ausführung einer anderen Gelegenheit vorbehalten bleibt, sollen im Folgenden nur die mittleren Monats-Temperaturen für die Tiefen 0,6; 0,9 und 1,2 m im Freien und im Walde, sowie die mittlere Jahrestemperatur der Luft, die aus den Curven der Erdbodentemperaturen sich ergebenden

Temperatur-Extreme und die Constanten der Wärmeleitung zusammengestellt werden. Ueber die in der folgenden Tafel enthaltenen Temperatur-Angaben ist zu bemerken, dass dieselben die Mittelwerthe mehrerer Jahre darstellen und zwar in Friedrichsrode, Hollerath und Carlsberg für die fünf Jahre 1875 bis 1879, in Hagenau, Melkerei und Neumath für die Zeit vom 1. Mai 1875 bis Ende 1879, in Fritzen, Hadersleben und Kurwien für die vier Jahre 1876 bis 1879, in Schoo für die drei Jahre 1877 bis 1879 und in Sonnenberg und Lahnhof für die zwei Jahre 1878 und 1879.

In Marienthal, wo die Beobachtungen erst am 1. Mai 1878 begonnen haben und deshalb nur für ein Jahr benutzt werden konnten, wurde der December 1879 wegen seiner ganz abnormen Temperatur-Verhältnisse fortgelassen und statt dessen, die Beobachtungen des December 1878 angegeben. Leider konnten die Beobachtungen nicht immer regelmässig angestellt werden, sondern enthielten auf einzelnen Stationen Lücken, die theils dadurch verursacht wurden, dass die Holzleisten, in welche die Thermometer eingelassen sind, in den Wintermonaten auf einzelnen Stationen zeitweise festgefroren waren und deshalb die Ablesungen nicht ausgeführt werden konnten, theils aber auch dadurch, dass einzelne Thermometer während des Gebrauchs zerbrachen und erst eine gewisse Zeit verstrich, bis sie durch andere ersetzt werden konnten. Bei den Beobachtungen im Walde verursachten in Hagenau, Hadersleben und Schoo die Verhältnisse des Grundwassers ganz besondere Schwierigkeiten, und wenn auch in Hadersleben und Schoo durch eine Art Drainage das Wasser abgeleitet wurde, so wurde dadurch eine Einwirkung auf die Temperaturverhältnisse des Erdbodens hervorgerufen, welche die Beobachtungen als unsicher erscheinen liess. In Hagenau wurden des Grundwassers wegen die Beobachtungen im Walde für die in Frage kommenden Tiefen nur unregelmässig ausgeführt und fielen während des grössten Theils der Jahre 1878 und 1879 aus. In Hadersleben konnten die Beobachtungen im Freien für 1,2 m Tiefe nicht benutzt werden, weil das Thermometer falsch zeigte, ohne dass das rechtzeitig bemerkt worden war. Sonstige kleinere Lücken in den Beobachtungen sind in den auf S. 146 Anm. 2 erwähnten Jahresberichten einzeln aufgeführt und wird deshalb in dieser Beziehung auf dieselben verwiesen. Die aus nicht ganz vollständigen Beobachtungen abgeleiteten Zahlen sind in der folgenden Tafel durch ein beigefügtes Sternchen kenntlich gemacht. Die in der letzten Verticalreihe angegebenen Jahresmittel der Lufttemperatur sind die für die entsprechenden Jahre aus den Maxima- und Minima-Temperaturen 1,5 m über der Erdoberfläche abgeleiteten Mittelwerthe. Die Resultate der Beobachtungen waren:

Station.	Tiefe in Meter.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.	Jahr.	Jahresmittel der Luft- temperatur.		
Friedrichsrode.	Beobachtungen im Freien.																
	0,6	1,58	1,00	1,49	4,71	9,09*	13,67	15,16	16,05	12,90	9,04	4,85	2,41	7,66	} 6,65		
	0,9	2,69	1,98	2,15	4,80	7,98*	11,95	13,99	15,02	13,13	9,97	6,28	3,87	7,78			
	1,2	3,40	2,77*	2,52*	3,82*	6,96*	10,42	12,70	13,86	12,79	10,28	7,09	4,74	7,61			
	Friedrichsrode.	Beobachtungen im Walde.															
		0,6	2,79	2,19	2,37	4,83	7,86*	10,61	12,04	13,05	11,55	9,14	5,85	3,61	7,16	} 5,76	
		0,9	3,27	2,53	2,52	3,98	6,54*	8,86	10,38	11,46	10,94	7,21*	6,57	4,52	6,57		
		1,2	3,90	3,11	2,91	3,73	5,74*	7,73	9,24	10,28	10,27	9,09	7,01	5,15	6,51		
		Hollerath.	Beobachtungen im Freien.														
			0,6	4,19*	4,06*	3,61	5,19	7,89	11,20	12,38	13,75	12,14	9,34	6,58*	4,11*	7,87	} 5,59
			0,9	4,44*	4,16*	3,88	5,05	7,37	10,16	11,70	12,99	12,10	9,87	7,25	5,05	7,84	
			1,2	4,60*	4,11*	3,80	4,77	6,80	9,22	10,97	12,13	11,69	9,96	7,61	5,56*	7,60	
Hollerath.			Beobachtungen im Walde.														
			0,6	2,55	2,08	2,21	3,59	5,86	9,00	10,68	11,91	10,80	8,60	5,52	3,33	6,34	} 6,01
			0,9	3,43	2,91	2,92	3,72	5,55	8,06	9,88	11,00	10,57	8,94	6,44	4,43	6,49	
			1,2	3,84	3,24	3,16	3,65	5,15	7,26	9,02	10,12	10,06	8,81	6,71	4,84	6,32	
	Carlsberg.		Beobachtungen im Freien.														
			0,6	2,06*	1,69*	1,68*	4,06*	7,35*	12,47*	13,97*	15,03	12,51	8,74	4,64	2,72	7,24	} 3,79
			0,9	2,76*	2,26*	2,08*	3,39*	6,62*	10,91*	12,79*	14,13	12,37	9,18*	5,55	3,56*	7,13	
			1,2	3,15*	2,56*	2,26*	3,21*	5,72*	9,48*	11,58*	12,92	11,99	9,38	6,05	4,17*	6,87	
		Carlsberg.	Beobachtungen im Walde.														
			0,6	0,75*	0,36*	0,36*	1,35*	4,59*	9,63*	11,01*	12,21	9,15	6,58	3,07	1,49*	5,0 ⁵	} 3,43
			0,9	1,73*	1,26*	0,89*	1,18*	3,79*	8,25*	10,05*	11,36	9,34	7,28	4,19	2,08*	5,12	
			1,2	2,06*	1,88*	1,46*	1,45*	3,59*	7,58*	9,21*	10,53	9,32*	7,55*	4,71	3,11*	5,20	
Hagenau.			Beobachtungen im Freien.														
			0,6	2,96*	4,02*	4,80*	8,61*	12,71	17,43	18,34	18,98	15,71	11,58	7,04	3,49	10,47	} 10,16
			0,9	4,03*	4,49*	5,13*	8,26*	11,89	16,16	17,49	18,28	15,96	12,37	8,27	4,97	10,61	
			1,2	4,92*	4,86*	5,35*	7,86*	11,04	14,82	16,48	17,42	15,94	12,93	9,34	6,19	10,60	
	Hagenau.		Beobachtungen im Walde.														
			0,6	4,05*	4,22*	5,16*	7,54*	10,45*	14,37*	15,72	16,44	14,35	11,29	7,79	4,89	9,69	} 8,92
			0,9	4,95*	4,91*	5,22*	7,70*	9,87*	12,88*	14,72*	15,45*	14,09*	11,95*	8,75*	6,43*	9,74	
			1,2	5,98*	5,40*	5,77*	7,15*	9,51*	11,99*	13,74*	14,71*	13,59*	11,91*	9,39*	7,33*	9,94	
		Melkeri.	Beobachtungen im Freien.														
			0,6	2,04	1,30	1,23	4,23	8,41	12,71	14,24	15,47	13,43	9,73	5,50	3,10	7,62	} 5,33
			0,9	3,00	2,05	1,64	3,54	6,92	10,59	12,57	13,85	12,98	10,31	6,74	4,28	7,37	
			1,2	4,09	3,01	2,35	3,23	6,20	9,35	11,53	12,85	12,73	10,84	7,92	5,51	7,47	
Melkeri.			Beobachtungen im Walde.														
			0,6	2,09	1,45	1,52	3,44	6,47	9,17	10,24	11,56	10,24	7,86	4,65	2,80	5,96	} 4,74
			0,9	2,92	2,12	1,95	3,01	5,53	7,82	9,05	10,30	9,89	8,18	5,63	3,80	5,85	
			1,2	3,69	2,86	2,47	2,94	4,92	6,88	8,21	9,34	9,48	8,33	6,40	4,64	5,85	
	Neumath.		Beobachtungen im Freien.														
			0,6	3,29*	3,43*	4,15	7,53	10,93	15,26	16,87	17,59	15,32	11,53	7,02	4,69*	9,80	} 8,58
			0,9	4,24*	3,93*	4,36	6,87	9,84	13,68	15,72	16,67	15,26	12,11	8,13	5,84*	9,72	
			1,2	5,00*	4,42*	4,66	6,55	9,13	12,54	14,75	15,86	15,06	12,46	8,97	6,73*	9,68	
		Neumath.	Beobachtungen im Walde.														
			0,6	2,68	2,80	3,73	6,90	9,56	12,93	14,33	15,41	13,60	10,42	6,50	3,88*	8,56	} 8,22
			0,9	3,52	3,27	3,98	6,43	8,83	11,73	13,39	14,50	13,45	10,84	7,39	4,90*	8,52	
			1,2	4,23	3,72	4,26	6,23	8,48	11,09	12,87	13,98	13,45	11,21	8,17	5,68*	8,61	

Station.	Tiefe in Meter.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.	Jahr.	Jahresmittel der Luft- temperatur.
Fritzen.	Beobachtungen im Freien.														
	0,6	0,13	0,09	0,35	2,82	8,25	15,42	16,92	17,29	14,29	9,40	4,70	1,61	7,61	} 6,38
	0,9	0,97	0,63	0,69	2,37	7,22	13,79	15,85	16,51	14,24	9,95	5,62	2,40	7,52	
	1,2	1,64	1,12	1,05*	2,19	6,34	12,23	14,72	15,63	14,06	10,52	6,47	3,52	7,46	
	Fritzen.	Beobachtungen im Walde.													
		0,6	0,62	0,35	0,53	2,12	5,27	10,15	11,85	12,79	11,86	9,12	5,69	2,52	6,07
0,9		1,50	1,05	1,02	2,05	4,64	8,99	10,90	11,93	11,50	9,86	6,39	3,52	6,07	
1,2		2,47	1,85	1,69	2,26	4,36	8,10	10,11	11,22	11,19	9,58	7,09	4,51	6,20	
Hadersleben.		Beobachtungen im Freien.													
		0,6	2,35	2,09	2,45	4,69	8,29	12,68	14,29*	15,03	12,90	10,26	6,56*	3,35	7,91
	0,9	2,89	2,45	2,59	4,27	7,36	11,25	13,08*	14,13	12,72	10,45	7,23*	4,16	7,72	
	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Hadersleben.	Beobachtungen im Walde.													
		0,6	2,21*	1,89	2,08	4,42	7,30	10,55	11,97*	13,28	11,75	9,76	6,58	4,25*	7,17
0,9		2,88	2,41	2,51	4,23	6,66	9,63	11,19*	12,55	11,62	9,88	7,23	4,25*	7,09	
1,2		3,54	2,93	2,94	4,06	6,11	8,76	10,39*	11,76	11,35	9,96	7,74	5,10*	7,05	
Kurwien.		Beobachtungen im Freien.													
		0,6	0,54	0,63	1,03	5,01	8,99	14,74	15,68	15,79	13,01	8,74	4,65	1,92	7,56
	0,9	1,74	1,47	1,69	4,63	8,19	13,24	14,61	15,15	13,13	9,45*	5,75*	3,58*	7,72	
	1,2	2,76	2,28	2,21	4,56	7,41	11,47	13,74	14,23	12,95	10,01	6,76	4,25	7,72	
	Kurwien.	Beobachtungen im Walde.													
		0,6	1,33	1,01	1,15	3,27	6,63	10,99	12,46	13,04	11,73	8,84	5,68	2,96	6,59
0,9		2,41	1,84	1,78	3,14	6,01	9,78	11,42	12,31	11,53	9,23	6,55	4,06	6,67	
1,2		3,11	2,42	2,23	3,14	5,61	8,93	10,70	11,61	11,27	9,44	7,05	4,76	6,69	
Schoo.		Beobachtungen im Freien.													
		0,6	3,56	3,33	3,51	5,96	9,02	12,69	14,43	15,22	13,41	10,59	7,39	3,66	8,56
	0,9	4,24	3,82	3,92	5,76	8,50	12,03	13,66	14,66	13,49	11,03	8,18	5,05	8,69	
	1,2	4,89	4,19	4,34	5,63	7,98	11,41	13,05	13,98	13,33	11,27	8,81	5,97	8,74	
	Schoo.	Beobachtungen im Walde.													
		0,6	3,09	2,85	2,76	4,93	7,58	11,03	12,70	13,89	12,42	9,93	6,98	3,57	7,64
0,9		3,62	3,15	3,08	4,82	7,23	10,40	12,21	13,43	12,37	10,15	7,46	4,24	7,68	
1,2		4,20	3,49	3,43	4,66	6,85	9,91	11,62	12,95	12,32	10,29	7,90	5,59*	7,77	
Sonnenberg.		Beobachtungen im Freien.													
		0,6	1,03	0,71	0,67	1,59	6,82	10,47	11,12	12,82	11,93	7,99	3,27	1,19	5,80
	0,9	1,43	1,02	0,94	1,48	6,12	9,53	10,62	12,27	11,82	8,53	4,25	2,42	5,87	
	1,2	1,95	1,57	1,35	1,78	5,54	8,67	10,06	11,70	11,61	8,87	4,97	2,97	5,92	
	Sonnenberg.	Beobachtungen im Walde.													
		0,6	0,92	0,86	1,09	1,06	4,48	7,80	8,47	9,95	9,31	6,16	2,49	1,18	4,48
0,9		1,45	1,42	1,61	1,51	4,12	6,68	7,74	9,08	8,85	6,47	3,37	2,06	4,53	
1,2		1,97	1,85	1,95	1,83	4,00	6,14	7,23	8,41	8,44	6,63	4,02	2,76	4,60	
Lahnhof.		Beobachtungen im Freien.													
		0,6	1,95	1,73	2,03	3,95	7,74	10,89	12,13	13,33	12,16	8,72	4,46	2,33	6,79
	0,9	2,76	2,31	2,52	3,74	7,09	9,88	11,40	12,60	11,94	9,21	5,55	3,40	6,87	
	1,2	3,46	2,88	2,96	3,65	6,50	8,96	10,62	11,81	11,59	9,51	6,43	4,30	6,89	
	Lahnhof.	Beobachtungen im Walde.													
		0,6	2,19	1,86	2,18	3,30	6,44	8,54	9,69	11,00	10,58	8,22	4,84	2,84	5,97
0,9		2,52	2,08	2,27	2,85	5,52	7,37	8,66	9,86	9,87	8,12	5,36	3,48	5,66	
1,2		3,34	2,84	2,34	3,10	5,21	6,85	8,16	9,26	9,55	8,37	6,17	4,40	5,84	

Station.	Tiefe in Meter	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.	Jahr.	Jahresmittel der Luft- temperatur.	
		Beobachtungen im Freien.														
Marienthal.	0,6	1,79	1,06	1,83	5,14	9,79	14,41	15,25	16,72	15,03	10,90	5,62	3,34	8,41	} 7,07	
	0,9	2,67	2,07	2,45	4,44	8,21	12,51	14,03	15,38	14,60	11,46	6,68	4,61	8,26		
	1,2	3,61	2,66	2,70	4,22	7,24	11,06	13,22	14,33	14,13	11,94	8,26	5,83	8,27		
	Beobachtungen im Walde.															
		0,6	2,55	1,72	1,90	4,00	6,82	10,70	11,60	13,29	12,52	9,76	6,08	4,20	7,10	} 6,77
		0,9	3,17	2,19	2,18	3,85	6,50	9,89	11,22	12,81	12,40	10,13	6,82	4,93	7,17	
1,2		3,83	2,74	2,58	3,32	6,19	9,28	10,78	12,33	12,19	10,35	7,42	4,06	7,23		

Die in vorstehender Tafel angegebenen Beobachtungen wurden dazu benutzt, die Temperaturcurven für die verschiedenen Tiefen zu zeichnen und aus diesen die Maxima und Minima der Temperatur abzulesen. Ausserdem wurden die Constanten u_1 und U_1 , welche mit Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnung in dem ersten Gliede der Besselschen Gleichung vorkommen, aus den Temperaturen für die verschiedenen Tiefen im Freien und im Walde berechnet. Fortgelassen wurden dabei aus den auf S. 172 angegebenen Gründen die Beobachtungen im Walde in Hadersleben, Schoo und Hagenau, in Hadersleben im Freien für 1,2 m Tiefe und die Beobachtungen in Marienthal, da dieselben nur wenig länger als ein Jahr angestellt waren. Die erhaltenen Resultate waren folgende:

Station	Tiefe in m.	Beobachtungen im Freien					Beobachtungen im Walde				
		Betrag von					Betrag von				
		Min.	Max.	Diff.	u_1	U_1	Min.	Max.	Diff.	u_1	U_1
Friedrichsrode	0,6	0,95	16,13	15,18	7,6510	254° 17'	2,10	13,10	11,00	5,4615	247° 40'
	0,9	1,95	15,05	13,10	6,5677	245° 45'	2,40	11,70	9,30	4,3609	240° 36'
	1,2	2,50	13,90	11,40	5,6888	237° 50'	2,85	10,50	7,65	3,7715	231° 3'
Hollerath	0,6	3,60	13,80	10,20	5,0029	247° 3'	2,00	12,00	10,00	4,9430	241° 19'
	0,9	3,88	13,10	9,22	4,5336	239° 46'	2,80	11,13	8,33	4,1487	233° 23'
	1,2	3,80	12,25	8,45	4,1605	233° 20'	3,10	10,30	7,20	3,6115	227° 13'
Carlsberg	0,6	1,60	15,05	13,45	6,8280	250° 45'	0,30	12,22	11,92	5,8928	247° 46'
	0,9	2,05	14,15	12,10	6,0186	243° 38'	0,88	11,38	10,50	5,1269	239° 15'
	1,2	2,20	12,95	10,75	5,3123	236° 54'	1,40	10,60	9,20	4,5147	233° 53'
Hagenau	0,6	2,90	19,00	16,10	8,2258	260° 38'	—	—	—	—	—
	0,9	4,00	18,33	14,33	7,3157	254° 36'	—	—	—	—	—
	1,2	4,75	17,45	12,70	6,4916	247° 46'	—	—	—	—	—
Melkerei	0,6	1,07	15,50	14,43	7,2232	248° 35'	1,35	11,57	10,22	5,0478	246° 7'
	0,9	1,60	14,80	13,20	6,0777	238° 16'	1,87	10,40	8,53	4,1740	235° 24'
	1,2	2,30	13,07	10,77	5,2770	228° 14'	2,40	9,65	7,25	3,5000	224° 57'
Neumath	0,6	3,20	17,62	14,42	7,3698	254° 9'	2,55	15,45	12,90	6,4179	253° 15'
	0,9	3,90	16,70	12,80	6,4824	246° 17'	3,17	14,53	11,36	5,6343	246° 21'
	1,2	4,35	15,95	11,60	5,7919	239° 35'	3,70	14,12	10,42	5,1498	240° 45'

Station	Tiefe in m.	Beobachtungen im Freien					Beobachtungen im Walde				
		Betrag von					Betrag von				
		Min.	Max.	Diff.	u_1	U_1	Min.	Max.	Diff.	u_1	U_1
Fritzen	0,6	0,05	17,35	17,30	9,1952	251° 45'	0,30	12,85	12,55	6,5500	240° 6'
	0,9	0,60	16,53	15,93	8,3836	246° 21'	0,97	12,02	11,05	5,7854	233° 34'
	1,2	1,00	15,67	14,67	7,6042	240° 18'	1,65	11,40	9,75	5,0769	226° 56'
Hadersleben	0,6	2,10	15,10	13,00	6,6988	248° 14'	—	—	—	—	—
	0,9	2,33	14,17	11,84	5,9880	241° 30'	—	—	—	—	—
	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kurwien	0,6	0,48	15,93	15,45	8,1510	256° 23'	0,95	13,10	12,15	6,2977	245° 6'
	0,9	1,40	15,20	13,80	7,0990	249° 59'	1,70	12,30	10,60	5,4419	237° 50'
	1,2	2,15	14,30	12,15	6,1954	243° 33'	2,15	11,70	9,55	4,8508	232° 5'
Schoo	0,6	3,30	15,23	11,93	6,1976	249° 10'	—	—	—	—	—
	0,9	3,70	14,65	10,95	5,5766	242° 58'	—	—	—	—	—
	1,2	4,10	14,03	9,93	5,0363	237° 18'	—	—	—	—	—
Sonnenberg	0,6	0,60	12,85	12,25	6,4737	248° 5'	0,85	10,05	9,20	4,7398	245° 56'
	0,9	0,85	12,30	11,45	5,9480	241° 42'	1,35	9,20	7,85	4,0286	239° 58'
	1,2	1,30	11,95	10,65	5,4144	236° 59'	1,80	8,60	6,80	3,4855	234° 54'
Lahnhof	0,6	1,70	13,42	11,72	6,0766	250° 25'	1,80	11,15	9,35	4,6982	243° 37'
	0,9	2,25	12,75	10,50	5,3361	243° 28'	2,00	10,07	8,07	4,0543	235° 50'
	1,2	2,80	12,02	9,22	4,6532	236° 30'	2,75	9,70	6,95	3,4545	227° 55'

Die Werthe von u_1 und U_1 wurden endlich dazu benutzt, um aus ihnen nach den im Früheren angegebenen Formeln die Constante der Wärmeleitung zu berechnen, wobei sich für diese Constante $\frac{k}{c}$ folgende Werthe ergaben:

Station	Beobachtungen im Freien						Beobachtungen im Walde							
	0,6–0,9 m tief			0,9–1,2 m tief			Mittel für beide Tiefen	0,6–0,9 m tief			0,9–1,2 m tief			Mittel für beide Tiefen
	Werth von $\frac{k}{c}$			Werth von $\frac{k}{c}$				Werth von $\frac{k}{c}$			Werth von $\frac{k}{c}$			
	abgeleitet	Mittel		abgeleitet	Mittel			abgeleitet	Mittel		abgeleitet	Mittel		
aus u_1	aus U_1		aus u_1	aus U_1		aus u_1	aus U_1		aus u_1	aus U_1				
Friedrichsrode . . .	0,231	0,214	0,223	0,261	0,249	0,255	0,239	0,106	0,353	0,230	0,255	0,194	0,225	0,228
Hollerath . . .	0,554	0,333	0,444	0,729	0,426	0,578	0,511	0,175	0,280	0,228	0,280	0,464	0,372	0,300
Carlsberg . . .	0,338	0,348	0,343	0,345	0,389	0,367	0,355	0,277	0,243	0,260	0,333	0,653	0,493	0,377
Hagenau . . .	0,391	0,485	0,438	0,376	0,378	0,377	0,408	—	—	—	—	—	—	—
Melkerei . . .	0,180	0,166	0,173	0,270	0,175	0,223	0,198	0,149	0,159	0,154	0,173	0,162	0,168	0,161
Neumath . . .	0,327	0,285	0,306	0,424	0,393	0,409	0,358	0,317	0,389	0,353	0,665	0,563	0,614	0,484
Fritzen . . .	0,630	0,605	0,618	0,565	0,482	0,524	0,571	0,349	0,413	0,381	0,315	0,401	0,358	0,370
Hadersleben . . .	0,427	0,550	0,489	—	—	—	0,489	—	—	—	—	—	—	—
Kurwien . . .	0,282	0,431	0,357	0,290	0,426	0,358	0,358	0,252	0,334	0,293	0,407	0,534	0,471	0,382
Schoo . . .	0,482	0,459	0,471	0,518	0,550	0,534	0,503	—	—	—	—	—	—	—
Sonnenberg . . .	0,750	0,609	0,680	0,609	0,793	0,701	0,691	0,203	0,441	0,322	0,256	0,608	0,432	0,377
Lahnhof . . .	0,318	0,365	0,342	0,287	0,364	0,326	0,334	0,247	0,291	0,269	0,167	0,282	0,225	0,247

Die aus u_1 und U_1 berechneten Werthe von $\frac{k}{c}$ weichen für einzelne Stationen, so besonders für die Beobachtungen im Freien in Hollerath und Kurwien und für die Beobachtungen im Walde in Friedrichsrode, Carlsberg und Sonnenberg wesentlich von einander ab und können daher vorläufig nur als angenäherte Resultate angesehen werden.

Die verschiedenen Bodenformationen, in welchen auf den einzelnen Stationen die Beobachtungen gemacht wurden, sind in der folgenden Tafel kurz charakterisirt:

Station	Bodenformation
Friedrichsrode .	Kalkboden mit schwacher Humusschicht
Hollerath . . .	Grauwackeboden
Carlsberg . . .	frischer lehmiger Sandboden auf Quadersandstein
Hagenau . . .	frischer humushaltiger Diluvialsand mit Thonunterlage
Melkerei . . .	Verwitterungsprodukt von grobkörnigem, feldspathreichem Granit
Neumath . . .	tiefgründiger, frischer, zur unteren Muschelkalkformation gehöriger Boden
Fritzen . . .	frischer, humoser, lehmiger, zur Diluvialformation gehöriger Sandboden
Hadersleben . .	frischer Lehm Boden mit Mergeluntergrund
Kurwien . . .	Diluvialsandboden
Schoo . . .	brauner Sandboden mit Untergrund von Lehm
Sonnenberg . .	Granitboden, der im Walde mit einer schwachen Humusschicht und auf freiem Felde mit einer 10 cm starken humosen und 20 cm starken lehmhaltigen Granitschicht bedeckt ist
Lahnhof . . .	Grauwackeboden.

Zum Schluss sollen des Vergleichs wegen noch einige Werthe für $\frac{k}{c}$ angegeben werden, welche der oben mehrfach erwähnten Arbeit von Wild über die Bodentemperaturen etc. entnommen sind, in welcher sich auf Seite 54 und flgde. die Beobachtungen über Erdbodentemperaturen zusammengestellt finden.

Beobachtungen von Forbes (1837—1842) in 3, 6, 12 und 24 Pariser Fuss Tiefe 1) im Trapptuff des Calton Hill bei Edinburg; 2) im homogenen Sandlager des Experimental-Garden und 3) im dichten Kohlensandstein zu Craighleith, berechnet nach der Besselschen Formel und bezogen auf die Einheiten cm und Zeitminute

$$\frac{k}{c} = \begin{array}{ccc} \text{in Trapp} & \text{in Sand} & \text{in Sandstein} \\ 0,4733 & 0,5228 & 1,386 \end{array}$$

Beobachtungen von F. E. Neumann (1836—39) im botanischen Garten zu Königsberg in 0,25; 1,33; 3,75; 6,33; 7,50 und 24 preuss. Fuss Tiefe. Der Boden ist diluvial, oben aufgefüllt, 15,7 m über dem Meere

$$\frac{k}{c} = 0,589.$$

Beobachtungen an derselben Stelle in 1 Zoll, 1, 2, 4, 8, 16 und 24 preuss. Fuss Tiefe, eingerichtet und publicirt von Dorn

$$\frac{k}{c} \text{ im Mittel} = 0,5833.$$

Beobachtungen in Upsala (1838—45) von Rudberg, Angström und Anderen in 2,1; 4,6 und 10 schwedischen Fuss Tiefe auf freiem Platz in einem Boden, der bis 5' Tiefe aus einem Gemenge von Sand und Thon und weiterhin aus feuchtem Thon bestand

$$4'—6' \text{ Sand und Thon, } \frac{k}{c} = 0,3395; \quad 6'—10' \text{ feuchter Thon, } \frac{k}{c} = 0,3539.$$

Beobachtungen in Leipzig (1866—1871) von Bruhns in 0,0; 0,4; 1,04; 2,45 und 3 m Tiefe mit eingegrabenen Thermometern, bei denen die Correctionen wegen der Temperatur-Differenz von Gefäss und Capillarröhre angebracht wurden

$$\frac{k}{c} = 0,9804 \text{ und}$$

(1868—71) an derselben Stelle in 2,0; 2,3 und 3,0 m Tiefe mit einer der Lamont'schen entsprechenden Vorrichtung

$$\frac{k}{c} = 1,030.$$
