

I.

Darstellung der Temperaturverhältnisse

an der

Oberfläche der Erde

von

dem Akademiker und Conservator

Dr. J. Lamont.

Darstellung der Temperaturverhältnisse

an der

Oberfläche der Erde

von

dem Akademiker und Conservator

Dr. J. F. Fournier

Verlag von J. Neumann, Neudamm

Darstellung der Temperaturverhältnisse

an der

Oberfläche der Erde;

von

J. Lamont.

§. 1.

Einleitung.

Die Temperatur der freien Luft an der Oberfläche der Erde hat eine ausgedehnte und mannigfaltige Wirksamkeit. Jeder Fortschritt im Wachstume der *Pflanzen* erfordert eine gewisse Quantität Wärme und nur bis an gewisse Grenzen verträgt das Pflanzenleben die Veränderungen der Temperatur. Das Leben der *Thiere* ist theils durch ihre Nahrung, welche vom Pflanzenreiche mittelbar oder unmittelbar abhängt, theils durch ihren Körperbau ebenfalls an Temperaturverhältnisse geknüpft, und wo die nöthige Wärme fehlt, da ist auch der *möglichen* Ausbreitung der Thiergattungen eine Grenze gezogen. Am Mannigfachsten of-

fenbart sich beim *Menschen* der Einfluss der Temperatur. Seine Lebensweise, Gewohnheiten und Sitten, Lebensbedürfnisse und Mittel zu ihrer Herbeischaffung hängen mehr oder minder genau mit den Temperaturverhältnissen zusammen.

In wie ferne man hoffen dürfe, einen Zusammenhang der Temperatur mit diesen Wirkungen so genau von sonstigen Einflüssen getrennt nachzuweisen, dass zwischen ihnen ein bestimmtes Verhältniss der Abhängigkeit hergestellt werden könne, darüber lässt die Unvollkommenheit der wenigen bisher angestellten Versuche keine vorläufige Entscheidung geben: jedenfalls ist die Wichtigkeit und Zweckmässigkeit der Untersuchung nicht in Abrede zu stellen.

Eine Bedingung, von welcher vorzugsweise der Erfolg der Untersuchung abhängen wird, ist die richtige Darstellung der Temperatur selbst durch einen mathematischen Ausdruck.

Man hat bisher als Ausdruck der Luftwärme überhaupt, oder der climatischen Temperatur eines Ortes die *mittlere Temperatur des Jahres* angenommen, obwohl man nicht verkennen konnte, wie ungeeignet das arithmetische Mittel der nach so verschiedenem Gesetze eintretenden Thermometergrade überhaupt sey, um den Wärmestand auszudrücken.

Orte von sehr verschiedenen Temperaturverhältnissen geben dasselbe arithmetische Mittel, indem die Grösse und die Folge der Veränderungen gänzlich verschwindet. Ein besonders nachtheiliger Umstand ist, dass hohe und tiefe Temperaturgrade im arithmetischen Mittel zu einer gemässigten Wärme sich verschmelzen, während in den wenigsten Fällen die Wirkungen in gleicher Weise zu einer mittlern Wirkung sich vereinigen. Ist das Leben einer Pflanze durch Kälte zerstört, so vermag die darauf folgende Hitze

nicht, die Vegetation herzustellen, welche zu Stande gekommen wäre, hätte ununterbrochen eine mittlere Temperatur statt gefunden. Somit bleibt es unmöglich, zwischen dem jährlichen *arithmetischen Mittel* der Luftwärme und ihren Wirkungen ein Verhältniss herzustellen.

Diese Betrachtungen veranlassten mich, für die Temperatur der freien Luft andere Ausdrücke zu suchen, welche von solchen Mängeln frei, und insbesondere geeignet seyn möchten, mit den Wirkungen der Temperatur als *Zahlengrössen* in Verbindung gebracht zu werden. Das Resultat dieses Versuches bildet den Inhalt folgender Abhandlung.

Indem ich mir zur Aufgabe machte, die Temperatur so auszudrücken, wie sie den Wirkungen gegenüber gestellt werden sollte, musste ich eine bestimmte Wirkungsweise voraussetzen. Zur Erläuterung der Ansicht, wornach ich hier verfahren bin, hebe ich beispielsweise voraus eine einzelne Wirkung der Wärme, die *Expansion* der Körper, hervor.

Ein Körper dehnt sich aus bei zunehmender und zieht sich zusammen bei abnehmender Temperatur, und zwar geht diese Wirkung so vor sich, dass *gleichen* Aenderungen der Wärme auch *gleiche* Aenderungen des Volumens entsprechen. Indessen hat diese Progression ihre Grenzen und man gelangt bei immer wachsender, wie bei immer fallender Temperatur auf einen Grad, bei welchem eine Aenderung in der *Zusammensetzung* des Körpers statt findet. Unmittelbar vor dieser Aenderung tritt auch ein anderes Verhältniss der Ausdehnung ein, und die gleichmässige Ausdehnung, die bis dahin sich zeigte, hört auf. So geht das Quecksilber bei gehöriger Hitze in Dampf über, bei hinreichend tiefer Temperatur erstarrt es zu einer festen Masse; das Volumen aber

dehnt sich unmittelbar vor diesen Uebergängen nach einem eigenthümlichen Gesetze aus. Um die Wirkung der Wärme auf das Volumen des Quecksilbers zu bestimmen, haben wir also zu untersuchen:

- 1) welche Zunahme des Volumens einer bestimmten Wärmezunahme (etwa der Zunahme von 1°) entspricht;
- 2) bei welchen Grenzen eine veränderte Form eintritt;
- 3) nach welchen Gesetzen die Ausdehnung sich richtet, wenn die Temperatur diesen Grenzen nahe kommt.

Die letztere Untersuchung ist nicht nur höchst schwierig, sondern findet auch weniger Anwendung als die beiden zuerst erwähnten Bestimmungen.

Was hier von der Ausdehnung gesagt wird, welche die Wärme hervorbringt, kann als allgemeiner Typus für die meisten zur mathematischen Behandlung geeigneten Wirkungen der Temperatur gelten. Eine Pflanze gedeiht schneller, wenn sie einer höhern, als wenn sie einer niedern Temperatur ausgesetzt wird, und zwar kann man, so weit die bisherige Erfahrung reicht, unbedenklich annehmen, dass die Temperaturerhöhung mit der Beschleunigung des Wachstums in geradem Verhältnisse stehe. Indessen findet diess nur zwischen gewissen Grenzen statt, denn immer lässt sich ein Wärme- und ein Kältegrad angeben, die beide den Pflanzenorganismus zerstören. Beim animalischen Leben möchte die Förderung durch wachsende Temperatur wohl nur in seltenen Fällen sicher verfolgt werden können, immer aber sind die Grenzen bestimmbar, welche die Temperatur nicht überschreiten darf, ohne dem animalischen Leben schädlich zu werden.

Ich führe diese Betrachtungen, die auf viele Wirkungen der Wärme ausgedehnt werden könnten, nur beispielsweise an, um nachzuweisen, welche Form die Lehre der *Lufttemperatur im Freien* erhalten müsse, wenn sie mit ihren Wirkungen in ein mathematisches Verhältniss gestellt werden soll.

Da alle Wirkungen der Temperatur nur zwischen gewissen Grenzen einem und demselben Gesetze folgen, so wird es nothwendig seyn, die *Grenzen* der Luftwärme an jedem Orte und zwar nicht bloß für die Periode eines Jahres, sondern für *jeden beliebigen Zeitraum* zu kennen.

Findet eine veränderliche Luftwärme während eines gegebenen Zeitraumes statt, und sind die Veränderungen nicht so gross, dass die Temperatur den Grenzen nahe käme, wo eine zerstörende Wirkung oder ein neues Gesetz einträte, so wird der Erfolg derselbe seyn, als wenn eine constante Wärme, welche dem arithmetischen Mittel der veränderlichen Wärme gleich wäre, denselben Zeitraum hindurch gedauert hätte, d. h. für diesen Fall steht die mittlere Temperatur des Zeitraumes mit der hervorgebrachten Wirkung in einfachem Verhältnisse. Es wird demnach von der Theorie gefordert werden können, dass sie *die mittlere Temperatur eines gegebenen Zeitraumes* finden lehre.

Es ist aber auch möglich, dass die Temperatur gegeben sey und die *Zeit* gesucht werde, wie lange diese Temperatur statt finde. Auch für diesen Fall muss die Theorie die entsprechenden Angaben liefern.

Man sieht, dass bei jeder Bestimmung zwei Elemente vorkommen, *Zeit* und *Thermometerhöhe*, indessen wird man in sehr vielen Fällen, und namentlich wo es um eine Classification des Clima oder der Wirkungen der Temperatur sich handelt, *ein* Element beseiti-

gen können, indem man demselben nach Umständen einen unveränderlichen oder einen unbestimmten Werth beilegt. Dem bisherigen Verfahren zufolge würde man geneigt seyn, die Classification nach der *Thermometerhöhe* vorzunehmen, ich werde aber bei einer künftigen Gelegenheit zeigen, dass hier die *Zeit* noch bequemer eingeführt werden könne.

§. 2.

Was die Bestimmung der Temperatur so schwierig macht, ist der beständige Wechsel, dem sie unterliegt: jeder Tag des Jahres und jede Stunde des Tages führt eine Aenderung herbei. Ueberdiess zeigt jeder Ort seine entschiedenen Eigenthümlichkeiten, so dass es kaum zwei Orte giebt, welche dieselbe Temperaturfolge hätten.

Wäre für einen einzelnen Ort die Temperatur auszudrücken, so würde es am Geeignetsten seyn, aus der Beobachtung eine Interpellationsformel zu berechnen, welche, da es sich um eine periodische Grösse handelt, aus Sinussen und Cosinussen der veränderlichen Grösse (der Zeit) zusammengesetzt seyn müsste. Soll dagegen eine *allgemeine* Bestimmung erlangt werden, so muss man von den wirkenden Ursachen ausgehend auf theoretischem Wege einen Ausdruck gewinnen, der als *allgemeiner Typus* der Temperatur gelten kann. Alsdann sind diejenigen *Modificationen* anzugeben, welche den allgemeinen Typus zum Ausdrucke der Temperatur jedes einzelnen Ortes machen.

Die wirkende Ursache bei der Temperatur der Luft ist die Sonne: sie bedingt die tägliche und jährliche Periode des Thermometerganges. Ohne die veränderte Stellung der Sonne würde die Temperatur immerwährend constant bleiben: hierin liegt der Grund, dass für alle Orte, bei denen die Veränderungen der Son-

nenstellung gleich sind, auch die Aenderungen der Temperatur nach demselben Gesetze *auf einander folgen*: nur *die Grösse* der Aenderungen wird nach der Localität verschieden seyn. Auf das Letztere beziehen sich demnach die Modificationen, wodurch der allgemeine Typus für einzelne Orte anwendbar gemacht wird.

Bei Bestimmung dieses allgemeinen Typus ist man in die Nothwendigkeit versetzt, die Constanten aus der Erfahrung abzuleiten, während vermöge des bedeutenden Einflusses der Localität die unmittelbare Beobachtung niemals den allgemeinen Typus darstellen kann. Ich habe hier die Betrachtung eingeführt, dass die Localität namentlich *die Höhe über die Meeresfläche, die Abdachung, die Nähe grosser Gebirge oder Gewässer* u. s. w. der Kugelgestalt der Erde gegenüber als *Zufälliges* zu rechnen sind, mithin, gleich den Beobachtungsfehlern astronomischer Messungen, aus dem *arithmetischen Mittel* einer langen Reihe von Bestimmungen nothwendig verschwinden werden. Diesem Grundsatz zufolge wird der allgemeine Typus der Temperatur für irgend einen Breitenkreis der Erde hervorgehen, wenn man eine hinreichende Zahl von Beobachtungen, die unter demselben an verschiedenen Orten gemacht sind, zusammensetzt.

§. 3.

Täglicher Gang der Wärme.

So wie die Sonne sich über den Horizont erhebt, so dringen ihre erwärmenden Strahlen durch die Atmosphäre der Erde und gelangen bis zur Oberfläche des Bodens.

Die Wärme, die an der Oberfläche erregt wird, geht theils in die Luft über, theils dringt sie in das Innere vor: dieser letztere Theil erhöht nach und nach die Temperatur der Erdkruste, der

erstere Theil dagegen pflanzt sich in der Atmosphäre nach Oben fort und geht zuletzt in den Weltraum über.

Betrachten wir nun vorerst die Luftwärme, so erkennen wir zweierlei Art, in welcher sie von den Sonnenstrahlen erhöht wird: *erstens* theilen die Strahlen, während sie durch die Luft gehen, derselben unmittelbar Wärme mit, und erhöhen die Temperatur in der Zeiteinheit (als welche *die Stunde* uns gelten soll) um eine Grösse, die ich .. *a* .. nennen werde: *zweitens* kommt der Luft von der an der Erdoberfläche erregten Wärme ein Theil zu: und zwar lässt sich dieser Theil den bekannten Gesetzen der Wärme-Mittheilung gemäss durch

$$h (v' - v)$$

für die Zeiteinheit ausdrücken, wenn man mit .. *v'* .. die Wärme der Oberfläche und mit .. *v* .. die Luftwärme bezeichnet.

Andererseits verliert die Luft einen Theil ihrer Wärme durch den Strom, der unaufhörlich nach Oben geht; diesen Verlust bezeichne ich mit .. *f* .. Hiernach wird für die Bewegung der Luftwärme folgende Differentialgleichung gelten:

$$\frac{dv}{dt} = a + h (v' - v) - f \quad \dots \quad \text{I.}$$

Die Wärme, welche durch die Sonnenstrahlen an der Erdoberfläche erregt wird, steht mit ihrer Menge, folglich dem Cosinus der Zenithdistanz .. *z* .. der Sonne in geradem Verhältnisse und kann durch

$$b \cdot \cos z$$

ausgedrückt werden. Nennen wir die Wärmequantität, welche in das Innere strömt .. *g* .., so haben wir für *v'* die Gleichung

$$\frac{dv'}{dt} = b \cos z - h (v' - v) - g \quad \dots \quad \text{II.}$$

Streng genommen hängen auch die Grössen f und g von v und v' , ab: indessen habe ich hierauf nicht Rücksicht genommen, weil die Beobachtung zeigt, dass diese Abhängigkeit in dem täglichen Gange der Wärme keinen erheblichen Einfluss ausübt. Die Gleichungen I. und II. geben

$$\frac{dv + dv'}{dt} = a + b \cos z - f - g$$

Ersetzen wir $\cos z$ durch $\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos mt$, wo φ die geographische Breite, δ die Declination der Sonne und mt der Stundenwinkel ist, folglich die Zeit t vom wahren Mittage an gerechnet werden muss, so erhalten wir durch Integration

$$v' + v = C + (a - f - g + b \sin \varphi \sin \delta) t + \frac{b \cos \varphi \cos \delta}{m} \sin mt$$

Vermöge dieser Gleichung wird das Integral von I:

$$v = C' e^{-2ht} + \frac{\frac{1}{2}(a - f + g - b \sin \varphi \sin \delta) - Ch}{2h} + \frac{1}{2}(a - f - g + b \sin \varphi \sin \delta) t + \frac{2hb \cos \varphi \cos \delta}{m(4h^2 + m^2)} (h \sin mt - m \cos mt) \dots \text{III.}$$

Hiernach hat man:

$$v' = C - C' e^{-2ht} - \frac{\frac{1}{2}(a - f + g - b \sin \varphi \sin \delta) - Ch}{2h} + \frac{1}{2}(a - f - g + b \sin \varphi \sin \delta) t + \frac{b \cos \varphi \cos \delta}{m} \left(\sin mt - \frac{2h^2}{4h^2 + m^2} \sin mt + \frac{2hm}{4h^2 + m^2} \cos mt \right) \dots \text{IV.}$$

Man möchte vielleicht Anfangs geneigt seyn zu glauben, dass durch Beibehaltung der Coefficienten der Zeit in der vorhergehenden Form die Abhängigkeit derselben von φ und δ , d. h. von der geographischen Breite und von der Jahreszeit ermittelt werden könnte. Es ist jedoch auf diesem Wege kein Vortheil zu erzie-

len, weil auch die übrigen Grössen a, b, f, g, h , ebenfalls von φ und δ , und zwar nach einem theoretisch nicht zu ermittelnden Gesetze abhängen. Desshalb wird es am Geeignetsten seyn, sämtlichen Coefficienten die einfachste Gestalt zu geben und aus den durch Beobachtung bestimmten Werthen derselben ihre Abhängigkeit von der geographischen Breite und der Jahreszeit zu untersuchen.

Als einfachste Gestalt der obigen Gleichungen kann man folgende annehmen:

$$\begin{aligned} v &= 1 + pt + q \cos (mt + \epsilon) & \dots & \text{V} \\ v' &= 1' + p't + q' \cos (mt + \epsilon') & \dots & \text{VI} \end{aligned}$$

wobei vorausgesetzt wird, dass die Exponentialgrössen in Reihen aufgelöst worden, mit Vernachlässigung der höhern Potenzen von h .

Die erstere Gleichung stellt den Gang der Luftwärme vor, so lange die Sonne über dem Horizont sich befindet. Ist die Sonne untergegangen, so tritt ein neues Verhältniss ein: die vorhandene Wärme vertheilt sich und die Temperatur kehrt während der Nacht (wenn man ausschliesslich die 24 stündige Periode betrachtet) zu demjenigen Stande zurück, vom welchem sie am Morgen des vorhergehenden Tages ausgegangen war. Das nächtliche Sinken des Thermometers theoretisch zu untersuchen würde überflüssig seyn, da es dem bekannten Gesetze des Erkaltens zufolge durch eine einfache Exponentialfunction der Zeit ausgedrückt wird. Und selbst anstatt dieser Form darf, wie die genauere Prüfung der Umstände und der beobachtete Erfolg nachweisen, das Verhältniss eines *gleichförmigen* Sinkens (die erste Stunde nach Sonnenuntergang ausgenommen) eingeführt werden.

Wir hätten nun die Coefficienten der täglichen Periode zu untersuchen und wollen desshalb zuerst die Ergebnisse der Beobachtung zusammenstellen.

§. 4.

Täglicher Gang der Wärme nach der Beobachtung.

Mit dem Aufgang der Sonne fängt das Thermometer zu steigen an: in den ersten Nachmittagsstunden erreicht es seinen höchsten Stand und sinkt wieder bis zum folgenden Morgen. Demnach muss nothwendiger Weise der niedrigste Stand zur Zeit des Sonnenaufgangs eintreten, und wenn bisweilen Abweichungen von diesem Gesetze sind beobachtet worden, so kann der Grund davon nur in zufälligen Veranlassungen oder in örtlichen Verhältnissen gesucht werden.

Die Grösse, um welche das Thermometer steigt von Sonnenaufgang bis zur Zeit des Maximums ist für alle Orte und alle Jahreszeiten verschieden. Folgende Grössen sind an der hiesigen Sternwarte beobachtet worden.

*Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum der Tages-
Temperatur, beobachtet an der k. Sternwarte
bei München.*

Jahrgang	1833	1834	1835	1836	1837	Mittel
Jan.	3,23	2,28	2,41	3,06	2,55	2,71
Febr.	4,19	5,20	3,93	2,84	4,79	4,19
März	5,97	5,07	4,14	5,94	5,58	5,34
Apr.	4,30	7,22	6,28	5,32	6,29	5,88
Mai	8,70	8,80	7,21	4,93	5,69	7,07
Juni	7,35	8,91	8,28	6,94	6,83	7,66
Juli	5,39	8,48	9,44	8,06	7,04	7,68
August	5,48	7,54	6,06	5,18	7,17	6,29
Sept.	5,32	9,42	7,33	4,47	5,62	6,43
Oct.	6,11	6,88	4,21	5,51	4,85	5,51
Nov.	2,76	4,48	3,69	3,03	1,83	3,16
Dec.	1,49	2,39	2,45	1,47	2,14	1,99

Ich habe gefunden, dass diese Unterschiede nahezu der Tageslänge proportional angenommen werden dürfen; denn wenn man die Mittel für die einzelnen Monate durch die Tageslänge (in Stunden) dividirt, so ergeben sich folgende Quotienten:

Unterschied des täglichen grössten und kleinsten Thermometerstandes durch die Tageslänge dividirt.

Jan.	0,31
Febr.	0,41
März	0,45
Apr.	0,43
Mai	0,47
Juni	0,48
Juli	0,49
Aug.	0,44
Sept.	0,51
Oct.	0,51
Nov.	0,34
Dec.	0,22

Ich habe oben die einzelnen Jahrgänge angeführt, um die bedeutenden Abweichungen hervorzuheben, welche an verschiedenen Jahren sind beobachtet worden: in der That geht der Einfluss zufälliger Störungen bisweilen über die Hälfte des gesuchten Betrages.

Berücksichtigt man diesen Umstand, so wird die Uebereinstimmung der obigen Quotienten genügend zum Beweise dienen, dass die Hypothese, die ich angenommen habe, sich wenig von der Wahrheit entfernt.

Folgende analoge Angaben, die in Centesimalgraden ausgedrückt sind, werden das Gesagte bestätigen:

Monate	Palermo	Padua	Genf	Paris	Brüssel	London	Jemteland
Jan.	0,53	0,38	0,47	0,45	0,62	0,59	0,38
Febr.	0,57	0,39	0,45	0,53	0,55	0,61	0,55
März	0,60	0,39	0,55	0,59	0,59	0,61	0,73
April	0,47	0,40	0,58	0,69	0,61	0,65	0,49
Mai	0,56	0,52	0,60	0,62	0,67	0,63	0,47
Juni	0,55	0,43	0,67	0,61	0,64	0,61	0,42
Juli	0,57	0,63	0,69	0,61	0,67	0,61	0,40
Aug.	0,58	0,64	0,70	0,66	0,67	0,67	0,45
Sept.	0,60	0,55	0,68	0,77	0,67	0,73	0,47
Oct.	0,62	0,41	0,66	0,69	0,68	0,71	0,39
Nov.	0,59	0,55	0,62	0,53	0,65	0,67	0,31
Dec.	0,53	0,48	0,61	0,48	0,63	0,64	0,40

Vergleicht man mit einander die Quotienten, welche für Orte von verschiedener Breite gefunden werden, so lässt sich kein Zusammenhang mit der Breite nachweisen: die Differenzen scheinen ausschliessend örtlich zu seyn, und ich werde desshalb den früher entwickelten Grundsätzen zufolge das Oertliche dadurch zu eliminiren suchen, dass ich das arithmetische Mittel aus den Bestimmungen vieler Orte berechne. Dabei lege ich den Bestimmungen der einzelnen Monate nicht gleichen Werth bei, sondern nehme an, dass die Sicherheit der Bestimmung in demselben Verhältnisse, wie die Tageslänge zunehmen. Dieses Verfahren ist für die Berechnung sehr bequem, weil man nur die zwölf Extrem-Unterschiede, welche den zwölf Monaten entsprechen, zusammen zu addiren und durch die Summe der Tageslängen zu dividiren hat, um den Mittelwerth für das ganze Jahr zu finden. Folgende Zusammenstellung enthält solche Summen, wie sie aus den Beobachtungen verschiedener Orte abgeleitet worden sind. Sämmtliche Angaben sind nach Centesimalgraden ausgedrückt.

Colombo . . .	22,5 ⁰
Trincomalee . .	39,4
Calcutta . . .	44,5
Peissenberg . .	51,5
Moscau . . .	55,7
Rom . . .	57,1
Enontekis . . .	58,9
St. Bernhard . .	68,7
Jemteland . . .	69,1
Padua . . .	71,4
München . . .	79,9
Palermo . . .	82,2
Avignon . . .	82,8
Paris . . .	89,8
Genf . . .	90,1
London . . .	94,1
Cobbe . . .	97,8
Couca . . .	98,6
Seringapatam . .	185,2

Aus diesen Angaben, welche den grossen Einfluss der Localität auffallend nachweisen, habe ich als Mittelwerth berechnet, dass man den Unterschied der höchsten und niedrigsten Temperatur erhalte, wenn man die Tageslänge (in Stunden ausgedrückt) mit 0°,41 (Réaumur) multiplicirt.

So verschieden die tägliche Erhebung des Thermometers ist, so verschieden würde höchst wahrscheinlich auch die Zeit seyn, wo es seine grösste Höhe erreicht: indessen besitzen wir über diesen Punkt sehr wenige Bestimmungen. Im Allgemeinen scheint es, dass etwa zwei Stunden nach der Culmination der Sonne das

Maximum der Wärme eintritt. Ich werde auf diese Bestimmung indessen wenig Gewicht legen, weil die Zwecke der Temperatur-Berechnung, die ich jetzt vornehme, nicht so fast auf die Zeit des Eintrittes als auf die Dauer eines Wärmegrades sich beziehen: auf die letztere Bestimmung hat aber eine geringe Verrückung des Culminationspunctes wenig Einfluss.

Nach der Culmination fängt das Thermometer zu sinken an und erreicht im Augenblicke des Sonnenunterganges einen Stand, welcher, der gewöhnlichen Annahme zufolge, das arithmetische Mittel seyn sollte zwischen der grössten und kleinsten Wärme des Tages. In der That weicht die Hypothese nicht weit von der Wahrheit ab: die Abweichungen zeigen aber einen zu regelmässigen Gang, als dass sie für zufällig gehalten werden dürften.

Grösse, welche zur Temperatur bei Sonnenuntergang hinzuzufügen wäre, um diese dem Mittel aus der grössten und kleinsten Temperatur des Tages gleich zu machen.

	Padua	Leith	München	
			1836	1837
Jan.	— 0,9	— 0,6	— 0,5	— 0,4
Febr.	— 0,9	— 1,1	— 0,4	— 0,5
März	— 1,2	— 0,9	— 0,5	— 0,8
April	— 1,2	— 1,2	— 0,5	— 1,0
Mai	— 0,2	— 0,6	— 0,9	— 0,2
Juni	+ 0,3	+ 1,0	+ 0,2	— 0,1
Juli	+ 0,5	— 0,3	— 0,4	—
Aug.	— 0,2	— 0,5	— 0,4	— 0,7
Sept.	— 0,6	— 0,7	— 0,6	— 0,8
Oct.	— 0,6	— 0,3	— 1,0	— 0,8
Nov.	— 0,4	— 0,4	— 0,6	— 0,2
Dec.	— 0,7	— 0,2	— 0,1	— 0,6

Nach Sonnenuntergang sinkt das Thermometer ununterbrochen bis zum folgenden Morgen: der Betrag des nächtlichen Sinkens würde also, wenn die eben vorhin erwähnte Hypothese für die Abendtemperatur gültig wäre, der Hälfte des Unterschiedes zwischen den täglichen Extremen gleich seyn.

Das nächtliche Sinken des Thermometers hat seinen Grund darin, dass die während des Tages angesammelte Wärme sich wieder vertheilt, und zwar, wie die Beobachtung ergeben hat, ziemlich gleichförmig. Die nächtliche Bewegung des Thermometers folgt demnach einem ganz andern Gesetze als die tägliche Bewegung: der Uebergang von dem einen Gesetze zum andern würde bei Sonnenuntergang plötzlich geschehen, wenn Ursache und Wirkung gleichzeitig einträten: Die Erfahrung zeigt indessen, dass die volle Wirkung immer etwas später erfolgt, und demnach etwa eine Stunde nachdem die erwärmende Kraft der Sonne aufgehört hat, das gleichförmige Sinken des Thermometers sich einstellt.

§. 5.

Bestimmung der Constanten der täglichen Periode aus der Beobachtung.

Was nun hier als Resultat der Erfahrung dargestellt ist, werde ich zur Bestimmung der Constanten in der Gleichung V. anwenden.

Es sey μ das Mittel zwischen der grössten und kleinsten Temperatur des Tages, so kann man die grösste Temperatur durch

$$\mu + \frac{1}{2} k \tau$$

die kleinste Temperatur durch

$$\mu - \frac{1}{2} k \tau$$

vorstellen, wo τ die halbe Tageslänge und $\frac{1}{2} k$ eine Constante be-

deutet, für welche wir in dem vorhergehenden §.4 den Werth $0^{\circ},41$ gefunden haben.

Die Temperatur bei Sonnenuntergang kann man mit

$$\mu + z$$

bezeichnen, wo z immer eine kleine Grösse ist.

Unsere Formel giebt für die hier bemerkten Zeiten die entsprechende Temperatur, wenn man für t die Werthe S (Zeit des Maximums) — τ (für Sonnenaufgang) und $+\tau$ (für Sonnenuntergang) substituirt. Hieraus entstehen die Gleichungen:

$$1 + pS + q \cos (mS + \varepsilon) = \mu + \frac{1}{2} k\tau \dots (1)$$

$$1 - p\tau + q \cos (m\tau - \varepsilon) = \mu - \frac{1}{2} k\tau \dots (2)$$

$$1 + p\tau + q \cos (m\tau + \varepsilon) = \mu + z \dots (3)$$

Ueberdiess gilt für die Zeit des Maximums die Gleichung

$$p - qm \sin (mS + \varepsilon) = 0 \dots (4)$$

Die Gleichungen (2) und (3) geben

$$1 + q \cos m\tau \cos \varepsilon = \mu + \frac{1}{2} z - \frac{1}{4} k\tau$$

$$p\tau - q \sin m\tau \sin \varepsilon = \frac{1}{2} z + \frac{1}{4} k\tau$$

Die Gleichungen (1) und (4) geben mit Vernachlässigung der höhern Potenzen von S und ε

$$1 + q + \frac{1}{2} \frac{p^2}{qm} - p\varepsilon = \mu + \frac{1}{2} k\tau$$

Hieraus liessen sich sämtliche Constanten unserer Gleichung V. ableiten mit Ausnahme der Grösse ε , und diese werde ich in der Folge $= 0$ annehmen. Dadurch wird allerdings die Zeit des Maximums früher gestellt, als sie die Beobachtung wenigstens in unsern Gegenden giebt: übrigens rechtfertigt sich die Annahme

nicht bloß durch die Betrachtung, die S. 17 berührt worden, sondern stimmt auch mit der Gleichung III. überein, wenn man bedenkt, dass die Wärme, welche an der Erdoberfläche erregt wird, nur langsam in die Luft übergeht, mithin h als eine kleine Grösse anzusehen ist, deren höhere Potenzen vernachlässigt werden dürfen.

Unsern Formeln zufolge hängt die Zeit des Maximums von der Länge des Tages ab, und zwar ergeben sich folgende Werthe:

Halbe Tagslänge.	Zeit des Maximums.	
1. Stunde	12 ^h	10' Mittags.
2.	12	22
3.	12	30
4.	12	38
5.	12	45
6.	12	50
7.	12	54
8.	12	57
9.	12	58
10.	12	59
11.	1	0

Wir haben oben gesehen, dass sich die Grösse z bisweilen auf 1° erhebt, und eine unverkennbare Abhängigkeit von der Jahreszeit kund giebt: da mir indessen nicht Data genug bekannt waren, um in dieser Beziehung eine feste Norm aufzustellen und das Oertliche vom Allgemeinen zu trennen, so hielt ich für geeigneter, die ganze Grösse zu den Localgleichungen zu rechnen, mithin bei dem allgemeinen Typus der täglichen Oscillationen zu übergehen.

Demnach erhält man

$$p = \frac{1}{4} k$$

$$q = \frac{1}{4} \frac{k}{m \sin S}$$

$$l = \mu - \frac{1}{4} k \tau - \frac{1}{4} \frac{k \cos m \tau}{m \sin m S}$$

und folglich

$$v = \mu + \frac{1}{4} k \left(t - \tau + \frac{\cos m t - \cos m \tau}{m \sin m S} \right)$$

$$= \mu + \frac{1}{4} k \left(t - \tau + [3\tau - S] \frac{\cos m t - \cos m \tau}{\cos m S - \cos m \tau} \right)$$

$$= \mu + \frac{1}{4} k F$$

Den bisherigen Annahmen zufolge sinkt das Thermometer während der Nacht um $\frac{1}{2} k \tau$ und zwar so, dass gleichen Zeiten gleiche Temperaturabnahme entspricht. Demnach wird für die Nacht

$$v = \mu - \frac{\frac{1}{2} k \tau}{24 - \tau} t$$

wo t von Sonnenuntergang zu rechnen ist. Auch dieser Ausdruck lässt sich unter die oben gebrauchte Form

$$v = \mu + \frac{1}{4} k F$$

bringen. Der Factor F hängt von der Tageslänge und der Zeit des Tages ab: mit diesen zwei Argumenten findet man in der Tafel, welche am Ende dieses §. steht, die entsprechenden Werthe desselben.

Wir haben in unserer Gleichung die Grösse μ noch zu bestimmen, welche der mittlern Temperatur des Tages sehr nahe kommt. Wird nämlich als mittlere Temperatur das arithmetische Mittel aus den Thermometerständen der 24 Stunden genommen, und dieses mit M bezeichnet, so ergeben sich für μ folgende Werthe:

Halbe Tageslänge	Werthe von μ
1. Stunde	$M + \frac{1}{4} k. 0,9$
2. „	$M + \frac{1}{4} k. 1,4$
3. „	$M + \frac{1}{4} k. 1,6$
4. „	$M + \frac{1}{4} k. 1,5$
5. „	$M + \frac{1}{4} k. 1,1$
6. „	$M + \frac{1}{4} k. 0,4$
7. „	$M - \frac{1}{4} k. 0,5$
8. „	$M - \frac{1}{4} k. 1,5$
9. „	$M - \frac{1}{4} k. 2,5$
10. „	$M - \frac{1}{4} k. 3,9$
11. „	$M - \frac{1}{4} k. 5,0$

Die Ausdrücke, die ich bisher entwickelt habe, bezogen sich auf diejenige Luftschichte, welche der Erdoberfläche am nächsten steht: soll für eine entferntere Luftschichte der Gang der Temperatur gefunden werden, so muss man berücksichtigen *erstens*, dass die Wärme eine gewisse Zeit braucht, um in die entfernteren Luftschichten zu gelangen, *zweitens* dass sie auf ihrem Wege an Intensität verliert.

Betrachtet man auf eine geringe Ausdehnung von der Oberfläche der Erde an die Bewegung der Wärme als gleichförmig mit der Geschwindigkeit c fortschreitend und ist die Entfernung, in welcher die Temperatur gemessen wird $= x$, so muss in dem periodischen Gliede $\cos mt$, welches von der an der Erdoberfläche erregten Wärme herrührt, die Zeit t um $\frac{x}{c}$ vermindert werden. In dem Gliede pt bleibt dagegen t unverändert.

Die Coefficienten p und q müssten der letztere wegen der Entfernung von der Erdoberfläche, der erstere wegen der Beschaf-

fenheit der höheren Luftschichten eine Verminderung erhalten: für geringe Höhen ist jedoch der Betrag nicht bedeutend und man kann immerhin bei gehöriger Bestimmung von k und t' den Gang der Wärme durch den Ausdruck

$$v = \mu + \frac{1}{4} k \left[t - \tau + \frac{3\tau - \vartheta}{\cos m\vartheta - \cos m\tau} (\cos m(t - t') - \cos m(\tau - t')) \right]$$

darstellen. Unsere Tafel für den Factor F wird auch hier die Berechnung erleichtern, denn sucht man F mit dem Argument $t - t'$ auf, so ist

$$v = \mu + \frac{1}{4} k t' + \frac{1}{4} k F.$$

Tafel für den Factor F.

Halbe Tageslänge in Stunden												
Stunde	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Vormittag	12	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	-10,0	-11,0
	1	-1,1	-2,2	-3,3	-4,5	-5,7	-7,0	-8,4	-10,0	-12,0	-15,0	-22,0
	2	-1,2	-2,4	-3,6	-5,0	-6,4	-8,0	-9,8	-12,0	-15,0	-20,0	-18,4
	3	-1,3	-2,6	-4,0	-5,5	-7,1	-9,0	-11,2	-14,0	-18,0	-16,5	-15,7
	4	-1,4	-2,8	-4,3	-6,0	-7,8	-10,0	-12,6	-16,0	-13,8	-12,1	-11,3
	5	-1,5	-3,0	-4,6	-6,5	-8,5	-11,0	-14,0	-11,2	-9,1	-7,4	-6,3
	6	-1,6	-3,2	-5,0	-7,0	-9,2	-12,0	-8,8	-6,2	-4,0	-2,3	-1,0
	7	-1,6	-3,4	-5,3	-7,5	-10,0	-6,5	-3,5	+1,1	+1,0	+2,8	+4,3
	8	-1,7	-3,6	-5,6	-8,0	-4,3	-1,2	+1,4	+3,7	+5,7	+7,6	+9,3
	9	-1,8	-3,8	-6,0	-2,2	+0,9	+3,4	+5,8	+7,9	+9,9	+11,9	+13,7
	10	-1,9	-4,0	-0,3	+2,5	+5,0	+7,2	+9,4	+11,4	+13,4	+15,4	+17,3
	11	-2,0	+1,2	+3,7	+5,8	+8,0	+10,0	+12,0	+14,0	+15,9	+18,0	+20,0
Nachmittag	12	+1,8	+3,6	+5,7	+7,6	+9,7	+11,6	+13,6	+15,5	+17,4	+19,5	+21,5
	1	0,0	+3,2	+5,7	+7,8	+10,0	+12,0	+14,0	+16,0	+17,9	+20,0	+22,0
	2	-0,1	0,0	+3,7	+6,5	+9,0	+11,2	+13,4	+15,4	+17,4	+19,4	+21,3
	3	-0,2	-0,2	0,0	+3,8	+6,9	+9,4	+11,8	+13,9	+15,9	+17,9	+19,7
	4	-0,3	-0,4	-0,3	0,0	+3,7	+6,8	+9,4	+11,7	+13,7	+15,6	+17,3
	5	-0,4	-0,6	-0,6	-0,5	0,0	+3,5	+6,5	+8,9	+11,0	+12,8	+14,3
	6	-0,5	-0,8	-1,0	-1,0	-0,7	0,0	+3,2	+5,8	+8,0	+9,7	+11,0
	7	-0,5	-1,0	-1,3	-1,5	-1,4	-1,0	0,0	+2,8	+4,9	+6,6	+7,7
	8	-0,6	-1,2	-1,6	-2,0	-2,1	-2,0	-1,4	0,0	+2,2	+3,8	+4,7
	9	-0,7	-1,4	-2,0	-2,5	-2,8	-3,0	-2,8	-2,0	0,0	+1,5	+2,3
	10	-0,8	-1,6	-2,3	-3,0	-3,5	-4,0	-4,2	-4,0	-3,0	0,0	+0,6
	11	-0,9	-1,8	-2,6	-3,5	-4,2	-5,0	-5,6	-6,0	-6,0	-5,0	0,0
12	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	-10,0	-11,0	

§. 6.

Berücksichtigung der Localität.

Es ist in §. 2 bemerkt worden, dass der Gang der Wärme (die *Folge* des Steigens und Fallens) durch örtliche Verhältnisse keine Unterbrechung oder Aenderung erleide, und dass der Einfluss der Localität darin bestehe, die *Grösse* des Steigens und Fallens zu modificiren. Allerdings giebt es auch Umgebungen, welche auf den Gang der Wärme Einfluss haben, namentlich dürfte hieher die Nähe grosser Gewässer zu rechnen seyn, welche regelmässig mit der Tageszeit eintreffende Windströmungen hervorbringen und so einen eigenthümlichen Wärmestand bedingen. Es wäre möglich, wenn der Zweck der Untersuchung solches erforderte, auch für diese Störung Localgleichungen zu finden: ich werde dieses jedoch gegenwärtig unterlassen, und nur den Localeinfluss, welcher die Constanten modificirt, berücksichtigen.

Der Unterschied der täglichen Temperaturextreme ändert sich, wie wir in §. 4 gesehen haben, nach der Lage des Ortes so beträchtlich, dass er bei gleicher Tageslänge an einem Orte wohl zehnmal grösser seyn kann als an einem andern. Desshalb muss bei Anwendung der vorhergehenden Formeln die Grösse *..k..* für jeden Ort eigens bestimmt werden.

Bekanntlich verbreitet sich in der Luft die Wärme hauptsächlich durch die Bewegung, welche eine Mischung der wärmeren und kälteren Theile hervorbringt. So wie nun die Luftbewegung in hohem Maasse von der Oertlichkeit, vorzugsweise von umgebenden Gebirgen oder Gewässern abhängt, so muss auch das Thermometer eine entsprechende Modification nachweisen. Wahrscheinlich wird hierin zum grossen Theile die Verschiedenheit der Werthe von *..k..* bedingt seyn: ein unmittelbar damit zusammenhängender

Einfluss ist das *frühere* oder *spätere* Eintreten des *Maximums* der täglichen Wärme. Diesen Umstand können wir, wie am Ende des vorhergehenden §. gezeigt worden, dadurch berücksichtigen, dass wir zu der Zeit... in dem periodischen Gliede eine Constante hinzufügen.

Uebrigens werde ich in den spätern Untersuchungen auf die Zeit des Maximums, in so ferne sie von der Localität abhängt, keine weitere Rücksicht nehmen, weil sie mit der Dauer eines Temperaturgrades keinen Zusammenhang hat.

Zur Beurtheilung der Uebereinstimmung unserer Formeln mit der Beobachtung füge ich hier ein Paar Vergleichen bei.

Täglicher Gang der Temperatur im Monat Julius nach den Beobachtungen von Chiminello mit der Theorie verglichen.

Stunde	Fehler der Formel	Stunde	Fehler der Formel
12 ^h Mitternacht	⁰ 0,0	12 ^h Mittag	⁰ — 0,7
1 „	+ 0,2	1 „	— 0,4
2 „	+ 0,5	2 „	— 0,1
3 „	+ 0,7	3 „	+ 0,2
4 Morgens	+ 1,1	4 „	+ 0,1
5 „	+ 0,4	5 „	+ 0,5
6 „	+ 0,1	6 „	+ 0,2
7 „	+ 0,3	7 „	+ 0,1
8 „	+ 0,2	8 Abend	— 1,0
9 „	0,0	9 „	— 0,9
10 „	— 0,6	10 „	— 0,4
11 „	— 0,8	11 „	— 1,3
12 Mittag	— 0,7	12 Mitternacht	0,0

Hiebei ist $k\tau = 9^{\circ},4$ und $\mu = 26^{\circ},0$ (Centesimalgrade) angenommen, die Zeit des Maximums aber ungeändert gelassen worden.

Als Fehler der Formel sind hier diejenigen Grössen bezeichnet, welche zu den berechneten Werthen hinzugefügt die Beobachtung darstellen.

Täglicher Gang der Wärme im Monat Junius beobachtet in Apenrade von Neuber und verglichen mit der Theorie.

Tageszeit	Fehler der Formel	
	I.	II.
7 _h Morgens	+ 0,1	+ 2,5
9 "	— 0,4	+ 1,3
11 "	— 1,0	— 0,1
12 "	— 1,2	— 0,7
1 "	— 1,1	— 1,0
3 "	+ 0,1	— 0,6
5 "	+ 1,8	+ 0,6
7 "	+ 2,0	+ 0,7
9 "	— 0,2	— 1,0
11 "	— 0,5	— 1,5

Hier ist in der mit I. bezeichneten Columne $\mu = 15^{\circ},6$ und $k = 1^{\circ},64$ angenommen: unter der Columne II. stehen die Differenzen, welche sich ergeben, wenn man die Zeit des Maximums um eine Stunde später annimmt, als sie nach der Tafel I. treffen würde, dann $k = 1^{\circ},60$ und $\mu + \frac{1}{4} k\tau = 15^{\circ},6$ setzt. Uebrigens sind die Constanten nicht nach der Methode der kleinsten Quadrate gesucht worden: zum Theile dieser Umstand, zum Theile Localität und die Unsicherheit der beobachteten Werthe selbst machen die Uebereinstimmung wenig befriedigend.

Es muss überhaupt nicht ausser Acht gelassen werden, dass die besten Beobachtungsreihen, die wir über den täglichen Gang der Wärme besitzen und namentlich jene von Padua, Leith und Apenrade weit entfernt sind, eine Norm darzubieten, an welche man die Theorie möglichst genau anzuschliessen sich bemühen sollte. Berücksichtigt man die mächtige Einwirkung zufälliger Ursachen, welche im Stande ist, in den monatlichen Mitteln verschiedener Jahre Differenzen von zwei bis drei Graden (s. §. 4) hervorzubringen, so wird man Beobachtungsreihen, die kaum mehr als ein Jahr umfassen, nur einen geringen Grad von Sicherheit zuschreiben.

Uebrigens sind die täglichen Oscillationen des Thermometers, so wie sie gewöhnlich keinen grossen Betrag erreichen, auch da, wo die Wirkung der Wärme auf Wachstum und ökonomische Einrichtungen betrachtet wird, von minderer Bedeutung, und man wird selten ein irriges Resultat erhalten, wenn man einen Mittelwerth des täglichen Ganges annimmt: nur in südlichen Himmelsstrichen, wo bei grosser Höhe über dem Meere die tägliche Bewegung des Thermometers sehr beträchtlich wird, zeigt sich ein entsprechender Einfluss auf die Natur.

§. 7.

Jährlicher Gang der Wärme.

Theoretischer Ausdruck des jährlichen Ganges der Wärme.

Die Wärme, welche durch die auffallenden Sonnenstrahlen erregt wird, theilt sich an der Erdoberfläche: ein Theil geht in die Luft über, ein Theil dringt in das Innere der Erde vor. Auf solche Weise gewinnt der Erdkörper selbst nach und nach eine

Wärmemenge, welche später an die Luft nach einem bestimmten Gesetze wieder abgegeben wird.

In so ferne kann denn auch die Erde als eine Wärmequelle für die Atmosphäre betrachtet werden; in ihrer Wirkung unterscheidet sie sich von der Sonne dadurch, dass ihre erwärmende Kraft nach den Jahreszeiten ungleich intensiv ihre Stellung gegen die Atmosphäre aber immer gleich ist, während bei der Sonne im Gegentheile die erwärmende Kraft sich gleich bleibt, die Lage aber sich ändert.

Dass die mittlere Temperatur der Tage im Sommer grösser ist als im Winter, hat seinen Grund in der Wärme, welche die Erde der Atmosphäre mittheilt: denn die Luft selbst ist nicht im Stande, die Wärme anzuhäufen oder dauernd zu behalten: was sie bei Tage gewinnt, verliert sie schnell wieder, wenn die Sonne verschwindet: würde demnach an der Oberfläche der Erde alle Wärme zurückgesendet, so gäbe es keine jährliche Periode in der mittlern Temperatur des Tages.

Dieser Ansicht gemäss haben wir also die Gesetze zu bestimmen, nach welchen im Laufe des Jahres die Erde ihre Wärme von der Sonne erhält und wieder abgibt. Der Ausdruck für v' S. 11 von $t = -\tau$ bis $t = +\tau$ integrirt, giebt die Wärme, welche während eines Tages in das Innere der Erde eindringt: ich werde jedoch anstatt der Rechnung so durchzuführen und durch spätere Vernachlässigung den erhaltenen Ausdruck zu vereinfachen, so wie er vereinfacht werden müsste, um mit der Beobachtung verglichen zu werden, gleich Anfangs von einer Hypothese ausgehen, die zu einem einfachen Resultate führt. Sie besteht in Folgendem:

- 1) Das Verhältniss der an der Erdoberfläche erregten Wärme zu dem Theile, der in die Erde eindringt, ist *constant*;

oder von der erregten Wärme wird ein bestimmter aliquoter Theil in die Erde aufgenommen;

- 2) Von der in der Erde enthaltenen Wärme dringt unausgesetzt ein Strom durch die Oberfläche heraus, der in einem *constanten* Verhältnisse zu der inneren Wärme steht; oder von der in der Erde befindlichen Wärme geht ein bestimmter aliquoter Theil in die Luft über.

Man sieht, dass beide Sätze nur eine naturgemässe Modification der Leitungsfähigkeit des Bodens aussprechen.

Nach dem ersten Satze haben wir:

$$\frac{d v'}{d t} = \gamma b \cos z$$

wo γ eine Constante ist, die übrigen Bezeichnungen aber von §. 3 entlehnt sind. Das Integral auf die ganze Tageslänge ausgedehnt, wäre

$$2 \gamma b \left(\sin \varphi \sin \delta \tau + \cos \varphi \cos \delta \frac{\sin m \tau}{m} \right)$$

Dieses Resultat mit der Gleichung IV. §. 3 zusammengehalten stimmt vollkommen mit dem überein, was früher in Beziehung auf h bemerkt worden ist.

Während der Boden in diesem Maasse Wärme erhält, strömt ein aliquoter Theil . . . $p W$. . . der inneren Wärme W in die Luft über. Hiernach ergiebt sich für W folgende Gleichung:

$$\frac{d W}{d t} = \gamma b \left(\sin \varphi \sin \delta \tau + \cos \varphi \cos \delta \frac{\sin m \tau}{m} \right) - p W$$

Um die Integration auszuführen, ist es nothwendig, τ und δ

durch Functionen der Zeit t auszudrücken. Führen wir vorerst die gerade Aufsteigung der Sonne α ein, so ist

$$\cos m\tau = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta = -\operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \omega \sin \alpha$$

wo ω die Schiefe der Ecliptik bedeutet. Daraus hat man

$$m\tau = \frac{1}{2}\pi + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \omega \sin \alpha + \frac{1}{8} \operatorname{tg}^3 \varphi \operatorname{tg}^3 \omega \sin^3 \alpha + \dots$$

ferner

$$\sin m\tau = \sqrt{1 - \cos^2 m\tau} = 1 - \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \omega \sin^2 \alpha + \frac{3}{8} \operatorname{tg}^4 \varphi \operatorname{tg}^4 \omega \sin^4 \alpha \dots;$$

daher wird

$$\begin{aligned} \sin \varphi \sin \delta \cdot m\tau + \cos \varphi \cos \delta \sin m\tau &= \\ &= \cos \varphi \cos^{\frac{1}{2}} \omega (1 - \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \omega \cos 2\alpha) (A_0 + A_1 \sin \alpha + A_2 \cos 2\alpha + A_4 \cos 4\alpha + \dots) \end{aligned}$$

wobei der Kürze wegen gesetzt worden

$$A_0 = 1 + \frac{1}{4} \operatorname{tg}^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \omega + \frac{3 \cdot 13}{8 \cdot 24} \operatorname{tg}^4 \varphi \operatorname{tg}^4 \omega - \frac{10 \cdot 19}{32 \cdot 80} \operatorname{tg}^6 \varphi \operatorname{tg}^6 \omega + \dots$$

$$A_1 = \frac{1}{2} \pi \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \omega$$

$$A_2 = -\frac{1}{4} \operatorname{tg}^2 \varphi \operatorname{tg}^2 \omega - \frac{1 \cdot 13}{2 \cdot 24} \operatorname{tg}^4 \varphi \operatorname{tg}^4 \omega + \frac{15 \cdot 19}{32 \cdot 80} \operatorname{tg}^6 \varphi \operatorname{tg}^6 \omega - \dots$$

$$A_4 = \frac{1 \cdot 13}{8 \cdot 24} \operatorname{tg}^4 \varphi \operatorname{tg}^4 \omega - \frac{6 \cdot 19}{32 \cdot 80} \operatorname{tg}^6 \varphi \operatorname{tg}^6 \omega \dots$$

Zur leichteren Uebersicht habe ich folgende Tabelle berechnet

φ	A_0	A_1	A_2	A_4
0°	+ 0,000	+ 0,000	— 0,000	+ 0,000
10	+ 1,001	+ 0,120	— 0,001	—
20	+ 1,006	+ 0,248	+ 0,006	—
30	+ 1,016	+ 0,393	— 0,014	—
40	+ 1,036	+ 0,571	— 0,037	+ 0,001
50	+ 1,080	+ 0,801	— 0,082	+ 0,003
60	+ 1,191	+ 1,080	— 0,198	+ 0,011
65	+ 1,316	+ 1,461	— 0,322	+ 0,014

Setzt man die Länge der Sonne $= \lambda = nt + \varepsilon$, so ist $\alpha = \lambda - \sin^2 \frac{1}{2} \omega \sin 2\lambda$, und nach der Substitution dieses Werthes erhält man das Integral der Gleichung

$$\begin{aligned}
 W = \text{Const.} + \frac{2\gamma b}{m} \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \omega & \left[\frac{1}{p} (A_0 + \frac{1}{2} A_2 \sin^2 \frac{1}{2} \omega) + \right. \\
 & + \frac{A_1}{p^2 + n^2} (1 - \frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \omega) (p \sin \lambda - n \cos \lambda) - \\
 & - \frac{1}{2} A_1 \sin^2 \frac{1}{2} \omega \frac{1}{p^2 + n^2} (p \cos \lambda + n \sin \lambda) + \\
 & + \frac{A_2}{p^2 + 4n^2} (2n \sin 2\lambda + p \cos 2\lambda) + \\
 & \left. + \frac{1}{2} \frac{A_1}{p^2 + 9n^2} \frac{\sin^2 \frac{1}{2} \omega}{\sin 45^\circ} (p \sin (3\lambda + 45^\circ) - 3n \cos (3\lambda + 45^\circ)) \dots \right]
 \end{aligned}$$

Nachdem wir angenommen haben, dass während der Nacht die in der Luft selbst enthaltene Wärme schnell vergehe, so darf man voraussetzen, dass bis zum Aufgange der Sonne nichts weiter als der aus dem Boden hervorgehende Wärmestrom pW vorhanden ist. Das Mittel aus der grössten und kleinsten Temperatur des Tages μ , wovon wir das Verhältniss zur mittlern Temperatur M oben festgesetzt haben, wird demnach seyn

$$pW + \frac{1}{2} k \tau$$

und substituirt man für W und τ ihre Werthe durch λ ausgedrückt, so erhält man eine Gleichung von der Form

$$\mu = B_0 + B_1 \sin \lambda + B'_1 \cos \lambda + B_2 \sin 2\lambda + B'_2 \cos 2\lambda + \dots,$$

wo folgende Abkürzungen eingeführt worden

$$B_0 = \frac{2b\gamma}{m} \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \omega (A_0 + \frac{1}{2} A_2 \sin^2 \frac{1}{2} \omega) + \frac{1}{8} \frac{k\pi}{m} + \text{Const.}$$

$$B_1 = \frac{2b\gamma}{m} \frac{A_1 p}{p^2 + n^2} (n - \frac{1}{2} n \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \omega + \frac{1}{2} p \sin^2 \frac{1}{2} \omega) \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \omega + \frac{1}{2} k \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \omega$$

$$B'_1 = -\frac{2b\gamma}{m} \frac{A_1 p}{p^2 + n^2} (n - \frac{1}{2} n \operatorname{tg}^2 \frac{1}{2} \omega + \frac{1}{2} p \sin^2 \frac{1}{2} \omega) \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \omega$$

$$B_2 = \frac{2b\gamma n p}{m(p^2 + n^2)} A_2 \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \omega$$

$$B'_2 = \frac{2b\gamma p^2}{m(p^2 + n^2)} A_2 \cos \varphi \cos^2 \frac{1}{2} \omega$$

Setzt man den grössten und kleinsten Werth der mittlern Temperatur $= m''$ und m' , und die entsprechenden Werthe der Sonnenlänge $= \lambda''$ und λ' , so ist

$$o = B_1 \cos \lambda' - B'_1 \sin \lambda' + 2 B_2 \cos 2\lambda' - 2 B'_2 \sin 2\lambda' \dots$$

$$o = B_1 \cos \lambda'' - B'_1 \sin \lambda'' + 2 B_2 \cos 2\lambda'' - 2 B'_2 \sin 2\lambda'' \dots$$

$$m' = B_0 + B_1 \sin \lambda' + B'_1 \cos \lambda' + B_2 \sin 2\lambda' + B'_2 \cos 2\lambda' \dots$$

$$m'' = B_0 + B_1 \sin \lambda'' + B'_1 \cos \lambda'' + B_2 \sin 2\lambda'' + B'_2 \cos 2\lambda'' \dots$$

Diese Gleichungen werden zur Bestimmung der Coefficienten dienen.

Die Grösse, die wir mit B_0 bezeichnet haben, ist die mittlere Temperatur des Jahres: man kann sie unter die Form

$$a + c f \cos \varphi$$

bringen, wo a und c Constanten sind, und f von der geographischen Breite abhängig ist. Die Werthe von f giebt folgende Tabelle.

φ	f
0°	1,000
10	0,986
20	0,945
30	0,880
40	0,793
50	0,693
60	0,593
65	0,555

Ehe wir weiter in dieser Untersuchung gehen, wollen wir dasjenige zusammenstellen, was die Beobachtung über den jährlichen Gang der Wärme und deren Abhängigkeit von der geographischen Breite gelehrt hat.

§. 8.

Jährlicher Gang der Wärme nach der Beobachtung.

In dem trefflichen Lehrbuche der Meteorologie von *Kämtz* ist durch eine ausgedehnte Induction nachgewiesen, dass man die monatlichen Mittel der Temperatur ausdrücken könne durch die Formel:

$$T_n = T' + \frac{1}{2} (m'' - m') \sin \left((n + \frac{1}{2}) 30 + 248^\circ.54' \right) \\ + \frac{1}{360} (m'' - m') \sin \left((n + \frac{1}{2}) 60 + 353^\circ.46' \right)$$

wo T_n die mittlere Temperatur des Monats, dessen Ordnungszahl n ist, und T' die mittlere Temperatur des Jahres bedeuten. Man sieht leicht ein, dass dieselbe Formel auch die mittlere Temperatur irgend eines Monatstages ausdrücken könne, wenn man anstatt n

den gehörigen Werth in Brüchen des Monats ausgedrückt substituirt.

Eigentlich erstreckt sich diese Formel nur auf denjenigen Theil der Erde, welcher ausserhalb der Wendekreise liegt: innerhalb der Wendekreise und insbesondere in der Nähe des Aequators zeigt fast jeder Ort einen abweichenden Temperaturgang. Der Hauptgrund dieser Verschiedenheit ist in dem Einflusse der Winde und des Regens zu suchen, die periodisch eintreffend eine bleibende Störung in dem Gange, der sonst nur durch die Stellung der Sonne bedingt wäre, hervorbringen.

Ich werde nun, um die Abhängigkeit des Temperaturganges von der geographischen Breite zu untersuchen, den früher erwähnten Grundsätzen zufolge den Einfluss der Localität aus den Beobachtungen dadurch zu eliminiren suchen, dass ich aus den Temperaturen vieler Orte von nahe gleicher Breite ein mittleres Resultat herstelle. Ich nehme zu diesem Behufe die in dem eben erwähnten Werke von *Kämtz* (II. Bd. pag. 89 sqq.) gegebene Zusammenstellung, ordne die Ortschaften nach ihrer geographischen Breite und bilde folgende Gruppen:

Zahl der Orte	Grenzen der Breite	mittlere Breite
5	$5^{\circ} 38' - 12^{\circ} 11'$	8,0
5	12 25 — 19 12	15,5
5	19 30 — 27 57	23,2
5	28 15 — 30 24	29,4
5	31 30 — 34 0	33,0
5	34 6 — 36 48	35,8
20	37 5 — 42 56	40,8
20	43 2 — 47 23	45,6
40	47 30 — 54 12	50,7
10	54 17 — 57 30	55,8
10	59 0 — 60 42	59,9
6	62 30 — 66 12	64,0
5	66 30 — 74 45	70,1

Indessen zeigt sich auch nach solcher Zusammenstellung keine hinreichend regelmässige Zunahme der Temperatur mit der Breite ohne Zweifel, weil die einzelnen Gruppen zu wenige Beobachtungen, oder Ortschaften von wenig verschiedener Localität enthalten. Gleicht man aber die Unregelmässigkeiten noch einigermaßen dadurch aus, dass man das arithmetische Mittel von je zwei zunächst aufeinander folgenden Positionen nimmt, und interpolirt eine regelmässige Reihe der Declinationen, so ergibt sich folgende Zusammenstellung, die in Centesimalgraden ausgedrückt ist:

Breite	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December	Jährliches Mittel
10°	+24,5°	+25,3°	+27,5°	+28,8°	+28,9°	+28,0°	+28,8°	+27,0°	+27,2°	+27,0°	+26,2°	+24,9°	+27,0°
15°	+22,2°	+23,5°	+25,7°	+27,4°	+28,3°	+28,0°	+28,4°	+27,4°	+27,3°	+26,7°	+25,1°	+22,8°	+26,1°
20°	+20,0°	+21,7°	+23,9°	+26,1°	+27,9°	+28,1°	+28,1°	+27,8°	+27,4°	+26,5°	+23,9°	+20,7°	+25,2°
25°	+17,6°	+19,0°	+21,6°	+23,8°	+26,4°	+27,7°	+28,4°	+28,3°	+27,2°	+25,1°	+21,6°	+17,9°	+23,7°
30°	+14,9°	+15,0°	+15,5°	+20,9°	+24,3°	+26,4°	+27,8°	+27,8°	+25,8°	+22,5°	+18,3°	+15,1°	+21,4°
35°	+10,7°	+11,9°	+14,8°	+17,1°	+20,7°	+23,9°	+25,7°	+25,7°	+22,8°	+19,1°	+14,6°	+12,3°	+18,3°
40°	+2,6°	+4,5°	+7,9°	+12,0°	+17,2°	+21,3°	+23,1°	+22,6°	+19,0°	+14,3°	+8,7°	+5,1°	+13,2°
45°	+1,3°	+0,6°	+4,0°	+8,8°	+14,6°	+18,4°	+20,2°	+19,7°	+16,0°	+10,5°	+4,7°	+0,8°	+9,8°
50°	+2,8°	+1,2°	+2,0°	+7,4°	+12,6°	+16,2°	+18,0°	+17,4°	+13,8°	+8,3°	+2,8°	+1,0°	+7,9°
55°	+4,8°	+3,8°	+0,8°	+4,8°	+10,2°	+14,6°	+16,3°	+15,5°	+11,6°	+6,1°	+0,5°	+3,2°	+5,5°
60°	+7,0°	+6,2°	+4,1°	+1,8°	+7,7°	+13,5°	+15,4°	+13,9°	+9,7°	+4,0°	+2,1°	+5,7°	+3,8°
65°	+12,2°	+11,6°	+9,2°	+3,3°	+3,8°	+10,1°	+12,8°	+10,8°	+6,7°	+0,1°	+7,6°	+10,3°	+0,9°

Betrachten wir nun zuerst die Reihenfolge der monatlichen Mittel, so bestätigt sich bei höheren Breiten das Gesetz, welches von *Kämtz* angegeben wird, vollkommen; gegen den Aequator hin stimmt es, wie der Verfasser selbst nachgewiesen hat, minder mit der Beobachtung überein. Es folgen hier die Grössen, welche zu den Resultaten der Formel (jedoch mit Weglassung des letzten Gliedes) hinzugefügt werden müssten, um die Beobachtung mit dem *Kämtz'schen* Ausdrucke übereinstimmend zu machen.

	Fehler der Formel									
	φ	10°	15°	20°	25°	30°				
Jan.	—	0,3	— 0,8	— 1,2	— 0,7	.. 0,0				
Febr.	+	0,3	+	0,2	+	0,2	+	0,2	—	0,5
März	+	1,7	+	1,4	+	1,0	+	1,1	+	0,9
Apr.	+	2,0	+	1,6	+	1,3	+	0,6	+	0,1
Mai	+	1,0	+	1,0	+	1,1	+	0,5	+	0,3
Juni	—	0,8	—	0,7	—	0,3	—	0,4	—	0,2
Juli	—	0,4	—	0,8	—	1,1	—	0,7	—	0,1
Aug.	—	2,0	—	1,5	—	1,1	—	0,3	+	0,5
Sept.	—	1,0	—	0,6	—	0,1	+	0,3	+	0,6
Oct.	—	0,2	+	0,3	+	0,9	+	0,9	+	0,5
Nov.	+	0,1	+	0,3	+	0,3	+	0,1	—	0,5
Dec.	—	0,3	—	0,8	—	1,3	—	1,4	—	1,1

Nimmt man die Summen der positiven und negativen Correctionen; so ergibt sich

Breite	posit. Corr.	negat. Corr.
10°	+ 5,1 ⁰	— 5,0 ⁰
15	+ 4,8	— 5,2
20	+ 4,8	— 5,1
25	+ 3,7	— 3,5
30	+ 2,9	— 2,4

Das Maximum und Minimum der Correction trifft mit Anfang der Monate April und August überein: die Zwischenzeit beträgt nur 4 Monate, ein Beweis, dass die Wirkung dem Sonnenlaufe nicht zuzuschreiben ist, und dass der Einfluss der nassen Jahreszeit jene Abweichung hauptsächlich erzeuge. Dasselbe folgt aus der weitem Betrachtung, dass innerhalb der Wendekreise die Summen der Correctionen constant sind. Hiernach dürfen wir für den Erdstrich innerhalb der Wendekreise folgende Correctionen der monatlichen mittlern Temperatur festsetzen:

Correction.

	Cent.	Reaum.
Jan.	— 0,8	— 0,6
Febr.	+ 0,2	+ 0,2
März	+ 1,4	+ 1,1
April	+ 1,6	+ 1,2
Mai	+ 1,0	+ 0,8
Juni	— 0,6	— 0,5
Juli	— 0,8	— 0,6
Aug.	— 1,5	— 1,1
Sept.	— 0,6	— 0,5
Oct.	+ 0,3	+ 0,2
Nov.	+ 0,2	+ 0,2
Dec.	— 0,8	— 0,6

Das letzte Glied der *Kämtz'schen* Formel

$$\frac{1}{30} (m'' - m') \sin \left((n + \frac{1}{2}) 60^\circ + 353^\circ 46' \right)$$

wird im Maximum, wenn man nicht über 65° Breite hinausgeht, kaum über $\frac{1}{2}$ Grad (Reaum.) betragen: überdiess bringt man durch Einführung dieses Gliedes die Rechnung nicht merklich der Beobachtung näher, wie aus folgender Vergleichung ersichtlich seyn wird.

*Correction der Formel.*Breite 60° .

	ohne das letzte Glied	mit dem letzten Gliede
Jan.	+ 0,3	0,0
Febr.	+ 0,2	— 0,5
März	— 1,3	— 1,7
Apr.	— 0,9	— 0,6
Mai	— 0,7	— 0,0
Juni	+ 0,6	+ 1,0
Juli	+ 0,5	+ 0,2
Aug.	— 0,1	— 0,8
Sept.	— 0,7	— 1,1
Oct.	— 1,9	— 1,6
Nov.	+ 2,9	+ 3,6
Dec.	— 0,4	— 0,0

Aus diesem Grunde habe ich auch geglaubt, das letzte Glied vernachlässigen und als Resultat der Erfahrung annehmen zu dürfen, dass die Temperatur der Monate durch

$$T_n = T' + \frac{1}{2} (m'' - m') \sin \left((n + \frac{1}{2}) 30^\circ + 248^\circ 54' \right)$$

ausgedrückt werde. Uebrigens glaube ich, dass um die Beobachtung genauer darzustellen, nicht mehrere periodische Glieder ein-

geführt, sondern für einzelne Erdstriche Correctionstafeln, wie wir oben für die heisse Zone dargestellt haben, bestimmt werden sollten.

§. 9.

Suchen wir nun auch die Abhängigkeit der Temperatur von der geographischen Breite festzusetzen. Aus unserer Tafel S. 38 ergeben sich folgende Werthe:

φ	T'	$\frac{1}{2} (m'' - m')$
10	+ 27,0	2,2
15	+ 26,1	3,1
20	+ 25,2	4,0
25	+ 23,7	5,4
30	+ 21,4	6,5
35	+ 18,3	7,5
40	+ 13,2	10,2
45	+ 9,8	10,7
50	+ 7,9	10,4
55	+ 5,5	10,6
60	+ 3,8	11,2
65	- 0,9	12,5

Ehe ich die in §. 7 gegebene Entwicklung vorgenommen hatte, versuchte ich aus der Beobachtung ein Gesetz abzuleiten, welches die mittlere Temperatur und ihre jährliche Oscillation darstellen sollte. Dabei wurde ich durch folgende Betrachtung geleitet.

So wie die Abweichung der Sonne nördlich und südlich vom Aequator die wechselnde Temperatur des Jahres erzeugt, so müsste

eine mittlere Stellung derselben auch einer mittlern Temperatur entsprechen. Stellt man sich aber vor, dass die Sonne in ihrer mittlern Stellung, d. h. am Aequator, unverändert stehen bliebe, so würde sie einen constanten Wärmestand erzeugen, und einem jeden Theile der Erde im Verhältnisse des Sinus ihrer Höhe Wärme mittheilen. Diese Wärme wäre mithin durch $b \cos \varphi$ auszudrücken. Stünde nun ferner die Erde in einem Raume von der Temperatur a , so hätte man die mittlere Temperatur

$$T' = a + b \cos \varphi$$

Nach derselben Betrachtungsweise würde, wenn die Sonne immerwährend in ihrer nördlichsten Lage verweilte, die Temperatur seyn

$$a + b' \cos (\varphi - \omega)$$

und bliebe sie unverändert in ihrer südlichsten Lage, so hätte man die Temperatur

$$a + b' \cos (\varphi + \omega)$$

Der erstere Ausdruck entspricht dem Maximum, der letztere dem Minimum, und man hat daher die Differenz

$$\frac{1}{2} (m'' - m') = b' \sin \omega \sin \varphi.$$

Sucht man aus der Beobachtung die Grössen a , b , b' , so erhält man

$$T' = -24^{\circ},5 + 52^{\circ},1 \cos \varphi \text{ Cent.} = -19^{\circ},6 + 41^{\circ},7 \cos \varphi \text{ Reaum.}$$

$$\frac{1}{2} (m'' - m') = 12^{\circ},7 \sin \varphi \text{ Cent.} = 10^{\circ},1 \sin \varphi \text{ Reaum.}$$

Diese Werthe sind nicht genau diejenigen, welche man aus der obigen Zahlenreihe durch die Methode der kleinsten Quadrate erhalten hätte: sie waren aus einer minder vollständigen Zusammenstel-

lung abgeleitet worden, unterscheiden sich jedoch so wenig von den wahrscheinlichsten Werthen, dass ich sie unverändert beibehalten habe, um so mehr als die Grundlage selbst, worauf die Bestimmung sich zu stützen hat, bisher noch ziemlich unsicher ist.

Nach den hier gefundenen Bestimmungen ist die folgende Tabelle berechnet:

ϕ	T'	$\frac{1}{2} (m'' - m')$
0	+ 22,1	0,0
5	+ 21,9	0,8
10	+ 21,4	1,7
15	+ 20,7	2,6
20	+ 19,6	3,4
25	+ 18,2	4,2
30	+ 16,5	5,0
35	+ 14,5	5,8
40	+ 12,3	6,5
45	+ 9,9	7,1
50	+ 7,2	7,7
55	+ 4,3	8,3
60	+ 1,2	8,8
65	- 2,0	9,2
70	- 5,3	9,5
75	- 8,8	9,8

Diese Constanten, in der Formel für T_n (S. 41) substituiert, geben für die mittlere Temperatur der Monate folgende Werthe:

Mittlere Temperatur der Monate.

Breite	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
0°	+21,5	+22,3	+23,2	+23,3	+22,9	+21,6	+21,5	+21,0	+21,6	+22,3	+22,3	+21,5
5	+20,5	+21,4	+22,5	+23,0	+23,0	+22,0	+22,1	+21,5	+21,9	+22,2	+21,8	+20,7
10	+19,1	+20,1	+21,5	+22,4	+22,9	+22,3	+22,5	+21,8	+21,9	+21,8	+20,9	+19,4
15	+17,5	+18,5	+20,3	+21,5	+22,5	+22,3	+22,7	+22,0	+21,7	+21,1	+19,9	+18,0
20	+15,6	+16,7	+18,7	+20,1	+21,8	+21,8	+22,4	+21,6	+21,1	+20,5	+18,4	+16,3
25	+14,0	+14,4	+15,7	+17,8	+20,0	+21,6	+22,4	+22,0	+20,7	+18,6	+16,5	+14,8
30	+11,5	+11,9	+13,6	+16,0	+18,5	+20,5	+21,5	+21,1	+19,4	+17,0	+14,5	+12,5
35	+8,7	+9,2	+11,1	+13,9	+16,8	+19,2	+20,3	+19,8	+17,9	+15,1	+12,2	+9,8
40	+5,8	+6,4	+8,5	+11,6	+14,9	+17,5	+18,8	+18,2	+16,1	+13,0	+9,7	+7,1
45	+2,9	+3,4	+5,7	+9,2	+12,7	+15,6	+17,0	+16,4	+14,0	+10,6	+7,1	+4,2
50	-0,4	+0,2	+2,7	+6,4	+10,3	+13,4	+14,9	+14,2	+11,7	+8,0	+4,1	+1,0
55	-3,9	-3,3	0,6	+3,4	+7,7	+11,0	+12,5	+11,9	+9,2	+5,2	+9,9	-2,4
60	-7,5	-6,8	-4,0	+0,3	+4,8	+8,3	+9,9	+9,2	+6,4	+2,1	-2,4	-5,9
65	-11,1	-10,4	-7,4	-3,0	+1,7	+5,4	+7,1	+6,4	+3,4	-1,1	-5,8	-9,4
70	-14,7	-14,0	-10,9	-6,3	-1,4	+2,4	+4,1	+3,4	-0,3	-4,3	-9,2	-13,0

Folgende Abweichungen ergeben sich bei Vergleichung der Rechnung mit der Beobachtung:

Breite	Fehler der Formeln	
	für T'	für $\frac{1}{2}(m'' - m')$
	^o	^o
10°	+ 0,2 R.	— 0,1 R.
15	+ 0,2	— 0,3
20	+ 0,6	— 0,5
25	+ 0,8	— 0,2
30	+ 0,6	— 0,2
35	+ 0,1	— 0,2
40	— 1,7	+ 1,3
45	— 2,1	+ 1,0
50	— 0,9	0,0
55	+ 0,1	— 0,3
60	+ 1,9	— 0,3
65	+ 1,3	+ 0,2

Vergleicht man diese Ergebnisse mit dem Resultate unserer theoretischen Entwicklung (§. 7), so zeigt sich, dass der Boden unter allen Breiten nicht gleich geeignet ist, die Sonnenwärme aufzunehmen, oder vielmehr, dass durch Wolken, Regen, Schnee, das Eindringen der Sonnenwärme sehr merklich modificirt wird.

Die Wirkung sämtlicher atmosphärischer Zustände erfordert, dass die Factoren

$$A_0 b \text{ und } \frac{p b}{p^2 + n^2}$$

von der Breite unabhängig seyen. Uebrigens wäre es unnütz, so lange wir keine nähere Kenntniss des Verhältnisses, nach welchem

die Sonnenwärme in den Boden dringt und denselben wieder verlässt, besitzen, Folgerungen auf die theoretisch gefundene Gleichung zu bauen: die Gleichung selbst ist aber jedenfalls merkwürdig, weil sie den jährlichen Gang der Wärme und die Abhängigkeit derselben von der geographischen Breite im Allgemeinen richtig bezeichnet, also auch den Voraussetzungen, aus welchen sie gefunden worden, zur Stütze dient.

§. 10.

Mittlere Temperatur des Tages und der Nacht.

Nach den Voraussetzungen, welche im §. 5 gemacht worden sind, haben wir für die Nachtzeit die Temperatur

$$v = \mu - \frac{1}{2} \frac{k\tau}{24 - 2\tau} t$$

Die mittlere Temperatur der Nacht ist demnach

$$= \frac{\int v dt}{24 - 2\tau} = \mu - \frac{1}{4} k\tau = N$$

Setzt man die mittlere Temperatur des Tages = T, so erhält man

$$2\tau T + (24 - 2\tau) N = 24 M,$$

wo M dem Vorhergehenden gemäss die mittlere tägliche Temperatur, d. h. die mittlere Temperatur des Tages und der Nacht zusammengekommen, bedeutet.

Führt man den Werth von μ aus §. 5 ein, und zwar so, dass $\mu = M + \frac{1}{4} k c$ gesetzt werde, so ergibt sich:

$$N = M - \frac{1}{4} k (\tau - c) = M - \frac{1}{4} k f'$$

$$T = M + \frac{1}{4} k (12 - \tau) \left(1 - \frac{c}{\tau}\right) = M + \frac{1}{4} k f.$$

Die Werthe von f und f' können aus folgender Tabelle genommen werden:

Halbe Tageslänge	f	f'
1 Stunde	1,1	0,1
2	3,0	0,6
3	4,2	1,4
4	5,0	2,5
5	5,5	3,9
6	6,0	5,6
7	5,3	7,5
8	4,8	9,5
9	3,8	11,5
10	2,8	13,9
11	1,5	16,0

§. 11.

Täglicher und jährlicher Gang der Temperatur des Bodens.

Es wird nicht schwierig seyn, aus den vorhergehenden Entwicklungen zu dem Resultate zu gelangen, dass im Boden ein ähnlicher Gang der Temperatur eintritt wie in der freien Luft, und dass die Folge der Bewegungen dieselbe ist, die Grösse aber abnimmt, und das Eintreffen sich verspätet in dem Maasse als die Tiefe wächst. Dieses Resultat bestätigt auch die Beobachtung: sie weist zugleich analoge Einflüsse der Localität nach, wie sie in der Lufttemperatur sich äussern.

Fast alle Wirkungen, die an ein Klima sich knüpfen, erfordern die Berücksichtigung der Luft- und der Bodentemperatur zu-

gleich, namentlich ist dieses beim Wachstume der Pflanzen der Fall, welche nach ihrer Leitungsfähigkeit und der Beschaffenheit ihrer Oberfläche einen Theil ihrer Wärme vom Boden, einen Theil von der Luft erhalten.

Handelt es sich aber darum, zwischen ähnlichen Wirkungen und der Temperatur ein Verhältniss herzustellen, so kann immerhin als Vergleichungsgrösse die Lufttemperatur genommen werden: denn vermöge der eben angegebenen Verbindung unterscheidet sich die Lufttemperatur von der Wärme der Pflanze nur durch Factoren, welche da, wo nur die Temperatur das Veränderliche ist, constant bleiben, mithin in einem geometrischen *Verhältnisse* wegfallen.

§. 12.

Variation der Temperatur.

Bei jeder Untersuchung, wo die Lufttemperatur als wirkende Ursache vorkommt, ist es von höchster Wichtigkeit, die äussersten Grenzen, welche sie aufwärts und abwärts erreicht, zu kennen. Der mathematisch bezeichnete Gang der täglichen und jährlichen Wärme ist nur als Mittelwerth zu betrachten, um welchen die wirkliche Temperatur in Folge der immerwährenden atmosphärischen Wechsel unaufhörlich aufwärts und abwärts oscillirt. Die Grösse dieser zufälligen Oscillationen lässt sich ihrer Natur nach nicht angeben: wohl aber sind die Grenzen bestimmbar.

Wind, Regen, Schnee und Wolken sind hier die bedingenden Ursachen, und so wie diese mit der Oertlichkeit in vielfacher Weise zusammenhängen, so lässt sich auch erwarten, dass die Oscillationen der Wärme an jedem Orte verschieden seyn werden. Folgende Zusammenstellung, welche die Differenzen des Maximums und Minimums für jeden Monat angiebt, ist aus den Manheimer meteor. Ephemeriden berechnet: für jeden Ort sind jedoch nur 5 Jahrgänge in Rechnung genommen.

Namen	geographische Breite	Januar °	Februar °	März °	April °
Rom	41° 54'	8,9	9,9	9,4	9,1
Cambridge	42 25	19,9	19,6	18,1	16,7
Marseille	43 18	11,5	11,4	11,8	13,4
Padua	45 24	10,8	12,8	12,5	13,5
Mailand	45 28	10,8	11,9	13,5	14,6
La Rochelle	46 9	12,5	13,4	11,8	12,7
Genf	46 12	14,1	15,8	15,8	18,2
St. Gotthard	46 30	15,0	15,4	11,8	15,8
Ofen	47 30	15,7	15,8	16,1	15,3
Tegernsee	47 43	14,6	18,1	18,0	17,2
Peissenberg	47 47	15,3	19,1	18,3	17,0
Andex	47 57	14,1	17,5	20,1	17,4
München	48 8	17,2	19,3	21,9	20,1
Wien	48 12	15,8	17,7	17,2	18,1
Manheim	49 29	13,7	17,2	15,8	15,9
Würzburg	49 46	16,0	20,7	17,4	18,8
Prag	50 6	20,0	18,0	19,1	16,6
Brüssel	50 51	11,4	15,0	15,2	17,6
Erfurt	50 59	16,7	18,7	21,4	18,2
Göttingen	51 31	14,5	13,0	18,6	14,0
Sagan	51 42	19,4	19,7	19,7	18,0
Berlin	52 33	13,9	16,7	15,9	13,1
Copenhagen	55 41	11,8	14,1	12,7	12,8
Stockholm	59 21	17,2	16,4	17,3	17,2
Spydberg	59 38	21,5	17,5	18,7	21,5

Mai °	Juni °	Juli °	August °	September °	October °	November °	December °	Jährliches Mittel °
9,6	10,5	7,0	8,9	7,2	9,0	11,6	9,5	9,2
15,6	15,2	12,2	15,1	14,6	16,0	16,5	18,2	16,5
10,9	10,6	12,2	11,4	11,0	13,7	14,5	12,7	12,1
13,4	12,4	12,7	14,1	12,6	14,7	13,5	13,6	13,0
13,2	12,6	12,1	11,9	11,4	12,2	11,4	10,1	12,1
14,1	12,3	11,8	13,1	11,7	12,2	14,7	12,9	12,7
15,6	14,1	12,8	14,5	13,1	15,4	14,9	14,2	14,7
13,4	13,0	12,6	13,9	12,8	12,9	15,4	13,4	13,9
15,7	14,6	12,9	14,5	14,3	13,9	14,8	16,3	15,0
16,4	14,4	14,3	15,5	14,1	14,2	17,0	15,5	16,2
17,4	14,4	13,8	15,2	15,2	15,1	17,8	16,0	16,2
18,2	15,5	15,4	16,6	18,5	14,4	15,6	13,8	16,4
18,8	16,2	16,0	18,5	17,6	15,6	17,3	15,8	17,9
17,6	16,7	16,5	14,8	15,3	15,2	14,1	14,2	16,1
17,4	14,6	14,8	13,9	12,9	14,2	15,9	18,2	15,4
19,4	16,5	16,2	16,7	16,8	15,4	14,8	16,5	17,1
18,5	14,4	14,1	15,5	14,8	14,7	15,1	15,6	17,2
19,4	17,8	15,7	12,8	15,0	13,6	17,7	16,9	15,7
20,5	17,4	15,4	13,9	15,1	13,8	19,0	18,3	17,4
16,8	16,1	14,4	16,0	15,3	16,9	15,2	16,7	15,6
20,8	17,5	18,2	16,9	19,5	15,2	14,6	15,5	18,0
14,9	12,3	12,4	12,2	10,3	9,5	13,1	14,4	13,2
14,8	14,1	11,6	9,6	9,7	10,8	11,9	12,8	12,2
17,9	15,1	112,7	12,5	14,4	11,7	13,7	16,7	15,2
18,7	17,0	4,5	14,5	16,0	14,0	12,5	21,5	17,3

Ungeachtet es sich hier um zufällige Oscillationen handelt, so kehren doch die Ursachen, wodurch diese Oscillationen veranlasst werden, so regelmässig jedes Jahr wieder zurück, dass man mit grosser Sicherheit ihr Eintreten erwarten darf. Um dieses nachzuweisen gehe ich hier eine Zusammenstellung der Regensburger, Mailänder und Wiener Beobachtungen in einzelne Perioden getheilt.

Unterschied des Maximums und Minimums der einzelnen Monate, beobachtet in Regensburg.

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
1774—1778	14,7 ⁰	16,4 ⁰	14,6 ⁰	19,0 ⁰	13,2 ⁰	14,6 ⁰	12,4 ⁰	15,3 ⁰	13,4 ⁰	15,1 ⁰	11,4 ⁰	12,4 ⁰
1779—1783	14,0	16,2	16,0	18,1	18,2	15,3	16,5	16,2	15,6	13,2	12,7	13,2
1784—1788	15,5	18,1	20,6	17,9	19,0	16,9	15,7	14,8	17,7	16,0	13,9	17,2
1789—1793	16,0	14,2	16,2	20,0	19,9	18,7	16,9	18,0	17,5	16,3	14,4	13,3
1794—1798	13,3	15,3	17,6	22,1	20,3	17,4	16,4	18,6	16,8	16,1	14,1	16,6
1799—1803	19,7	17,8	19,7	22,3	20,5	18,7	18,6	20,2	17,6	18,0	13,9	17,9
1804—1808	14,3	17,1	20,7	21,3	20,8	20,4	18,6	17,8	19,3	14,9	13,5	16,6
1809—1813	20,4	18,9	17,2	22,0	18,5	18,7	18,5	17,8	19,2	15,8	13,7	13,1
1813—1818	15,5	15,1	15,4	21,3	18,7	27,6	16,3	15,6	17,0	15,1	14,4	17,8
1819—1823	15,4	12,1	19,5	19,5	19,5	17,6	17,3	17,5	17,5	18,1	15,4	16,4
1824—1828	14,9	17,8	18,4	20,4	17,5	17,4	17,5	17,4	17,7	16,1	13,4	11,4
1829—1833	18,9	23,0	17,7	17,8	19,0	18,7	17,9	16,6	16,7	17,1	16,0	17,2

*Unterschied des Maximums und Minimums der einzelnen Monate,
beobachtet in Mailand.*

	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November	December
1815—1819	10,0	12,1	14,0	15,5	13,5	13,0	12,7	11,8	11,3	12,4	12,0	9,5
1820—1824	10,6	11,2	13,4	14,2	13,2	12,0	11,4	11,6	12,2	11,2	10,5	10,3
1825—1829	11,7	12,3	13,1	14,1	12,9	12,7	12,1	12,3	10,6	13,0	11,3	10,4

*Extrem-Unterschiede, aus den Wiener Beobachtungen
abgeleitet.*

1822—1826	14,3	14,3	17,3	18,3	18,0	17,1	17,9	14,1	16,2	13,9	12,9	13,0
1827—1831	17,3	21,1	17,1	17,9	16,3	16,4	15,1	15,6	14,5	16,5	15,3	15,4

Eine nähere Betrachtung der gegebenen Zahlen wird zeigen, dass eine Abhängigkeit von der Jahreszeit von der geographischen Breite und von der Localität vorhanden ist.

Die Abhängigkeit von der Jahreszeit weisen die Regensburger, Mailänder und Wiener Beobachtungen entschieden nach: wenn man das Mittel der monatlichen Extrem-Differenzen von den einzelnen Monaten abzieht, so ergibt sich:

	Regensburg	Mailand	Wien
Jan.	— 0,9 ^o	— 1,3 ^o	— 0,3 ^o
Febr.	0,0	— 0,2	+ 1,6
März	+ 0,8	+ 1,4	+ 1,1
Apr.	+ 3,1	+ 2,5	+ 2,0
Mai	+ 1,8	+ 1,1	+ 1,5
Juni	+ 0,7	+ 0,5	+ 0,6
Juli	— 0,3	0,0	+ 0,4
Aug.	+ 0,2	— 0,2	— 1,3
Sept.	+ 0,2	— 0,7	— 0,8
Oct.	— 1,1	+ 0,1	— 0,9
Nov.	— 3,1	— 0,7	— 2,0
Dec.	— 1,7	— 2,0	— 1,9

Um das Verhältniss der Monate noch weiter nachzuweisen und zugleich den täglichen und den Theil des jährlichen Ganges, der in den obigen Zahlen enthalten ist, mit desto grösserer Sicherheit auszuscheiden, vereinige ich die Beobachtungen mehrerer Orte zu einem gemeinsamen Resultate:

Breite	jährl. Mittel
^o	^o
43,7	12,6
46,8	14,5
48,3	16,4
50,6	16,6
56,0	15,2

Abweichung der einzelnen Monate vom jährlichen Mittel.

	Breite					Mittel
	43°,7	46°,8	48°,3	50°,6	56°,0	
Jan.	— 0,2	— 0,1	— 1,2	— 0,9	+ 1,5	— 0,2
Febr.	+ 0,5	+ 1,2	+ 1,8	+ 0,5	+ 1,7	+ 1,1
März	+ 0,5	+ 0,2	+ 2,3	+ 1,7	+ 1,7	+ 1,3
Apr.	+ 0,9	+ 1,3	+ 1,3	+ 0,4	+ 1,3	+ 1,0
Mai	+ 0,1	+ 0,5	+ 1,5	+ 2,3	+ 2,2	+ 1,3
Juni	— 0,3	— 0,8	— 0,9	+ 0,2	0,0	— 0,4
Juli	— 1,4	— 1,6	— 1,1	— 1,4	— 1,3	— 1,4
August	— 0,3	— 0,2	— 0,6	— 1,6	— 2,7	— 1,0
Sept.	— 1,2	— 1,3	— 0,5	— 1,2	— 1,2	— 1,1
Oct.	+ 0,5	— 0,8	— 1,5	— 1,7	— 3,0	— 1,5
Nov.	+ 0,9	+ 0,9	— 0,3	— 0,2	— 2,0	— 0,1
Dec.	+ 0,2	— 0,1	— 0,8	+ 0,2	+ 1,0	+ 0,1

In den Monaten, in welchen die Wärme steigt, findet, dem regelmässigen Gange zufolge, der tiefste Thermometerstand bei Sonnenaufgang des ersten Monatstages, der höchste Stand am letzten Tage, Nachmittags statt; in den Monaten, in welchen die Wärme abnimmt, tritt der entgegengesetzte Fall ein. Zieht man diese monatlichen Grenzen des regelmässigen Ganges von den vorhin angegebenen beobachteten Grenzen ab, so erhält man die Abweichung aufwärts und abwärts: die Hälfte hiervon kann als Grenze der Störungen des normalen Ganges betrachtet werden. Sie finden sich in folgender Tabelle zusammengesetzt:

Grösste Störung des normalen Ganges der Temperatur.

Breite	43°,7	46°,8	48°,3	50°,6	56°,0
	°	°	°	°	°
Jan.	3,8	4,8	5,3	5,6	6,2
Febr.	3,9	5,2	6,5	5,8	5,6
März	2,7	5,4	5,4	5,2	4,4
April	1,7	2,3	3,8	3,5	3,3
Mai	1,6	2,7	4,1	4,4	3,4
Juni	2,0	2,6	3,4	3,9	2,8
Juli	1,7	2,6	3,8	3,7	3,0
Aug.	2,3	3,3	4,0	3,6	2,6
Sept.	1,7	2,6	3,9	3,6	2,7
Oct.	2,4	2,7	3,3	3,3	2,0
Nov.	3,1	4,1	4,4	4,6	3,0
Dec.	3,6	4,5	5,0	5,7	5,4

Es ist nicht zu übersehen; dass hier die Rechnung so geführt wurde, als wenn die Maxima und Minima auf den Anfang und das Ende der Monate fielen: hätten wir die Beobachtungstage selbst berücksichtigt, so wäre zwar ein etwas verändertes, aber doch nicht erheblich verschiedenes Resultat zum Vorscheine gekommen.

Fassen wir nun die Schlüsse kurz zusammen, welche aus dem Vorhergehenden sich ergeben, so folgt:

- 1) dass die zufälligen Störungen des regelmässigen Ganges der Temperatur um so grösser werden, je schwächer die Wirkung der Sonne ist;
- 2) dass man die Störung der Temperatur unter verschiedenen Formen berücksichtigen könne, dass es aber am Bequemsten sey,

die Differenz der monatlichen *Maxima* und *Minima* herausheben, welche als *constant* für das ganze Jahr angenommen werden kann.

Die halbe Differenz des Maximums und Minimums oder die *Variation der Temperatur* wird eine derjenigen Bestimmungen bilden, welche bei Untersuchung der Luftwärme und ihrer Wirkung jedesmal zu berücksichtigen sind.

§. 13.

Graphische Darstellung der climatischen Temperatur.

Nachdem wir den Gang der Temperatur untersucht, und die Verhältnisse von *Zeit* und *Thermometerstand* dargestellt haben, kommen wir nun darauf, dem Ausdrücke der Temperatur die geeignetste Form zu geben, so zwar, dass den in der Einleitung angedeuteten Erfordernissen entsprochen werde.

Ich wähle zu diesem Zwecke die graphische Darstellung, welche mit der Bequemlichkeit des Gebrauches und dem Vortheile einer klaren Uebersicht alle Genauigkeit, die bei der Anwendung gefordert werden kann, verbindet.

Tafel I. stellt die mittlere Temperatur dar nach dem Ausdrücke, welcher in §. 8 näher begründet worden ist. In horizontaler Richtung wird die *Zeit*, in verticaler Richtung die *Thermometerhöhe* gezählt. Die Curven sind nur für jeden fünften Grad der geographischen Breite bis 75° gezeichnet, da es, wie später sich herausstellen wird, unnöthig gewesen wäre, kleinere Intervalle zu wählen.

Tafel II. stellt die Temperaturgrenzen, d. h. den höchsten und tiefsten Stand des Tages dar.

Sie ist nach den Ausdrücken $\mu + \frac{1}{2}k\tau$ und $\mu - \frac{1}{2}k\tau$ (§. 5) construirt, und hat übrigens dieselbe Einrichtung wie die vorhergehende Tafel.

Tafel III. enthält die Summen der monatlichen Temperaturen, d. h.

$$T' + \frac{1}{2} (m'' - m') \sin 263^\circ 54'$$

$$T' + \frac{1}{2} (m'' - m') (\sin 263^\circ 54' + \sin 293^\circ 54')$$

u. s. w.

Hiernach entspricht dem Ende des n ten Monats die Ordinate

$$nT' + \frac{1}{2} (m'' - m') \frac{\sin n.15^\circ \sin (248^\circ 54' + n.15^\circ)}{\sin 15^\circ}$$

Diese Tafel dient dazu, die mittlere Temperatur eines gegebenen Zeitraumes zu finden, denn zeichnet man auf der entsprechenden Curve den Anfangs- und Endpunkt des gegebenen Zeitraumes ein, zieht man dann die Höhe des erstern Punctes (die daneben stehende Zahl von Thermometergraden) von der Höhe des letztern ab und dividirt durch die Anzahl der Monate, so erhält man die mittlere Temperatur des Zeitraumes.

Man kann aber auch unmittelbar das arithmetische Mittel der Temperatur eines Zeitraumes durch die Tafel erhalten, wenn man sich der äussern links und rechts verzeichneten Scala bedient.

Man ziehe zu diesem Behufe eine Linie durch den Anfangs- und Endpunct des Zeitraumes (oder lege blos das Lineal an): man

lese zuerst auf der rechts stehenden, dann auf der links stehenden Scala die Höhe ab, wo die Scala von der Linie geschnitten wird, ziehe endlich das letztere Resultat vom erstern ab, so erhält man die mittlere Temperatur des Zeitraumes. Die theoretische Begründung dieses Verfahrens wird sich von selbst darbieten.

Tafel IV. hat den Zweck, die Tages- und Nachtlänge, so wie die Tages- und Nachttemperatur von einander zu trennen. Nach den Entwicklungen von §. 7 ist die Zeit, welche die Sonne über dem Horizont zubringt

$$\frac{2m\tau}{\pi} \cdot 12 = 12^h + \frac{24}{\pi} \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \omega \sin \alpha + \\ + \frac{4}{\pi} \operatorname{tg}^3 \varphi \operatorname{tg}^3 \omega \sin^3 \alpha + \dots ;$$

Setzt man die Länge der Sonne am 1. Januar = λ , die mittlere Bewegung in der Ecliptik = n , so wird nach x Tagen vom 1. Januar angefangen die Sonne länger über als unter dem Horizont gewesen seyn, um

$$\frac{4 \operatorname{tg} \varphi \sin \omega + \frac{1}{2} \operatorname{tg}^3 \varphi \operatorname{tg}^3 \omega + 6 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \omega \sin^2 \frac{1}{2} \omega}{m \pi \sin \frac{1}{2} n} \cdot (\cos(\lambda - \frac{1}{2} n) - \cos(\lambda - \frac{1}{2} n + xn)) \\ - \frac{\frac{1}{6} \operatorname{tg}^3 \varphi \operatorname{tg}^3 \omega + 2 \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \omega \sin^2 \frac{1}{2} \omega}{4 \pi \sin \frac{3}{2} n} (\cos(3\lambda - \frac{3}{2} n) - \cos(3\lambda - \frac{3}{2} n + 3xn))$$

Die Einheit hiebei ist die Tageslänge, d. h. ein Zeitraum von 24 Stunden. Nach diesem Ausdrücke sind die Curven der Tafel IV. construirt. Ganz in derselben Art, wie in Tafel III. mit der monatlichen Temperatur verfahren wurde, kann man den Unterschied der Tag- und Nachttemperatur, welche nach §. 10 für einen Tag

$$= T - N = 3k \left(1 - \frac{c}{\tau} \right)$$

seyen wird, behandeln. Wo sich die Tageslänge im Laufe des Jahres nicht bedeutend ändert, kann der Unterschied der mittlern Tag- und Nachttemperatur constant angenommen werden. Ich habe in Tafel IV. unter den Curven der Tag- und Nachtlänge die Curve angegeben, woraus der Unterschied der mittlern Tag- und Nachttemperatur gerade so gefunden wird, wie man die mittlere Temperatur aus Tafel III. findet.

Die bedeutendste Schwierigkeit bietet die Construction der Tafeln V. und VI. dar, wodurch angegeben wird, wie lange das Thermometer *auf oder über* einem gegebenen Temperaturgrade steht, was man die *Dauer* der Temperatur nennen könnte.

Die Aufgabe hat gegen die vorhergehenden das Eigenthümliche, dass nicht eine *fortlaufende* Zeitperiode in Betracht kommt, sondern aus der ganzen Jahresdauer diejenigen Theile hervorgehoben und zu einer Summe vereinigt werden, wo die Temperatur zwischen gewissen Grenzen sich befindet.

Zur Erläuterung der Aufgabe und der angewendeten Auflösungsmethode verzeichne ich die Temperaturcurve für die geographische Breite von 25° (Tafel VIII.) und nehme an, es sey die Dauer der Temperatur von $+ 11^{\circ}$ und darüber zu bestimmen, d. h. es sey die Zeit anzugeben, wie lange das Thermometer auf 11° oder darüber stehe.

Die drei Curven $a\ b\ c$, $a'\ b'\ c'$, $a''\ b''\ c''$ stellen die höchste Temperatur des Tages, die Temperatur bei Sonnenuntergang, und die Temperatur bei Sonnenaufgang vor. Würde die Thermometer-*röhre* in senkrechter Stellung und in dem Zeitraume eines Jahres mit gleichförmiger Bewegung von $A\ B$ nach $C\ D$ gelangen, so würde die Oberfläche der Quecksilbersäule sich immer zwischen

den Curven $a b c$ und $a'' b'' c''$ aufhalten und in ihrer Bewegung die ganze zwischen diesen Curven enthaltene Fläche beschreiben.

Zum ersten Male im Jahre würde das Quecksilber 11° erreichen etwa am 13. März Nachmittags und würde nahe eine Stunde sich auf dieser Höhe erhalten: am folgenden Tage bliebe es länger auf gleicher Temperatur und bis zum 10. Mai würde der Stand von 11° und darüber die 24 Stunden andauern. Unsere Aufgabe ist, alle diese Stunden zu summiren bis zum 21. November, wo eine Wärme von 11° zum letzten Male im Jahre statt findet. Wir wollen indessen die Aufgabe so lösen, dass wir berechnen, wie lange das Quecksilber sich in jedem Raume $\alpha \gamma \alpha' \gamma'$, $\delta \geq \delta' \geq$ aufhalte, woraus die gesuchte Grösse ohne Mühe durch Addition abzuleiten ist.

Der Raum $\alpha \beta \alpha' \beta'$ wird doppelt bei Tage beschrieben, und zwar einmal im Steigen Vormittags und einmal im Fallen Nachmittags: der Raum $\beta \beta' \gamma \gamma'$ wird einmal bei Tage beschrieben, Morgens nach Sonnenaufgang, und einmal Nachts. Wären die Geschwindigkeiten in den eben genannten Fällen c , c' , c'' , c''' , so hätten wir die Zeit, welche die Oberfläche des Quecksilbers im Raume $\alpha \alpha' \gamma \gamma'$ verweilt bei Tage

$$\frac{\alpha \alpha' \beta \beta'}{c} + \frac{\alpha \alpha' \beta \beta'}{c'} + \frac{\beta \beta' \gamma \gamma'}{c''}$$

bei der Nacht $\frac{\beta \beta' \gamma \gamma'}{c'''}$

Zu der erstern Grösse käme noch eine Stunde für jeden Tag, wo das Quecksilber die Linie $\alpha \alpha'$ berührt.

Unsere Aufgabe wäre nun darauf zurückgeführt, die Räume $\alpha \alpha' \beta \beta'$, $\beta \beta' \gamma \gamma'$ und die Geschwindigkeiten c , c' , c'' , c''' zu berechnen.

Wie das erstere durch mechanische Quadratur geschehen könne, bedarf keiner weitem Erklärung. Was die Geschwindigkeiten betrifft, so sind sie für jeden Tag verschieden: man darf jedoch als eine genügende Approximation annehmen, dass das Resultat dasselbe seyn werde, als wenn der ganze Raum mit der mittleren Geschwindigkeit, womit das Quecksilber in den oben genannten Abtheilungen des Tages steigt und fällt, beschrieben würde.

Die Werthe der mittleren Geschwindigkeiten sind, nach der Tageslänge geordnet, folgende:

Halbe Tageslänge	$\frac{1}{c} + \frac{1}{c'}$	$\frac{1}{c''}$
2 Stunden	⁰ 2,61	⁰ 1,00
3	3,20	0,83
4	3,24	0,83
5	3,33	0,83
6	3,62	0,83
7	3,70	0,96
8	3,62	1,00
9	3,61	1,00
10	3,50	1,04

Es ist nicht nothwendig, die Multiplication der gemessenen Räume mit den obigen Zahlen selbst vorzunehmen; denn da es nur um Verhältnisszahlen zu thun ist, so steht es frei, irgend einen constanten Factor einzuführen: diesem gemäss dividire ich die gefundenen Factoren $\frac{1}{c} + \frac{1}{c'}$, $\frac{1}{c''}$ durch 3,6 und erhalte:

Halbe Tageslänge	$\frac{1}{c} + \frac{1}{c'}$	$\frac{1}{c''}$
2 Stunden	1 + 0,30	$\frac{1}{4} + 0,03$
3	1 — 0,16	$\frac{1}{4} - 0,02$
4	1 — 0,16	$\frac{1}{4} - 0,02$
5	1 — 0,07	$\frac{1}{4} - 0,02$
6	1 + 0,01	$\frac{1}{4} - 0,02$
7	1 + 0,01	$\frac{1}{4} + 0,02$
8	1 + 0,01	$\frac{1}{4} + 0,03$
9	1 + 0,00	$\frac{1}{4} + 0,03$
10	1 — 0,03	$\frac{1}{4} + 0,04$

Rechnet man bei Bestimmung des Flächeninhaltes der einzelnen Flächen $\alpha \alpha' \beta \beta'$ u. s. w. in verticaler Richtung die Gradlänge und in horizontaler Richtung die Länge eines Monats als Einheit, so wird die Flächeneinheit = 108 Stunden = 4,5 Tage seyn. Um auch das Verweilen des Thermometerstandes auf der obern Linie $\alpha \alpha'$ in derselben Maasseinheit auszudrücken, hat man die Länge ihrer horizontalen Projection mit $\frac{1}{3,6}$ oder 0,277 zu multipliciren.

Es bleibt noch übrig, den Werth von c''' zu bestimmen. Nach dem Vorhergehenden ist $c''' = \frac{\frac{1}{4} k \tau}{12 - \tau}$ oder mit Auslassung des constanten Factors = $\frac{\tau}{12 - \tau}$.

Darauf erhält man folgende Werthe:

Halbe Tageslänge	$\frac{1}{c'''} $
1	11,00
2	5,00
3	3,00
4	2,00
5	1,40
6	1,00
7	0,71
8	0,50
9	0,33
10	0,20
11	0,09

Mit Beibehaltung der obigen Längeneinheiten erhält hier die Flächeneinheit den Werth von 6,25 Tagen.

§. 13.

Einfluss der Localität.

Bei der bisherigen Untersuchung beschäftigten wir uns mit einem Systeme der Wärme, welches dann statt finden würde, wenn alle besondern Localeinflüsse wegfielen: an dieses System haben wir nun die örtlichen Temperaturverhältnisse zu knüpfen, so dass man durch einen leichten Uebergang von der allgemeinen Form zur Kenntniss der für einzelne Orte geltenden Bestimmungen gelangen könne. Wie der Uebergang geschieht, erläutert kurz folgende Betrachtung. Die Bewegung der Temperatur wird einzig durch die Sonne hervorgebracht, welche nach ihrer Stel-

lung und nach der geographischen Breite des Ortes verschieden einwirkt: die Localität kann keine Bewegung erzeugen, sondern nur die Grösse der Bewegung nach einem bestimmten Verhältnisse vermindern oder vermehren, d. h. die Grösse der Constanten modificiren. Demnach wird das Thermometer mit der Tages- und Jahreszeit überall nach dem allgemeinen Typus steigen und fallen, nur werden die Ordinaten nach der Localität einen besondern Werth erhalten.

Die Constanten, welche von der Localität abhängen, sind drei: nämlich die Grösse k , dann die Grössen b' und T (§. 9), welche wir durch zwei andere Constanten m'' und m' , das Maximum und Minimum, ersetzen wollen: für irgend einen bestimmten Ort führen wir die Bezeichnungen M'' , M' , K ein.

In allen denjenigen Fällen, wo es sich nur um mittlere Temperatur handelt, fällt die Grösse k weg: und nur das jährliche Maximum und Minimum bedingen das Resultat. Hieher gehören die Ansätze der Tafeln I. und II.

Wollte man für irgend einen Ort dessen grösste und kleinste mittlere Tageswärme $= M''$ und M' sind, die Curven der mittleren Temperatur verzeichnen, so ist offenbar, dass wenn $M'' - M' = \alpha$ ($m'' - m'$) gesetzt wird, alle Ordinaten der neuen Curve in dem Verhältnisse $1 : \alpha$ grösser ausfallen würden, als in der entsprechenden Curve der Tafel I., mithin wird die letztere Curve auch für den erstern Fall gültig seyn, wenn man die Scala im Verhältnisse $1 : \frac{1}{\alpha}$ verkleinert, und sie so stellt, dass der höchste und niedrigste Punct auf die Grade M'' und M' hintreffen. Dasselbe gilt von den Tafeln II. und IV.

In Tafel VII. habe ich für diejenigen Orte, deren Temperatur

in dem Lehrbuche der Meteorologie von *Kämtz* angegeben ist, die Scalen verzeichnet. Die richtige Stellung des Nullpunctes der Scala erfordert, dass die starke horizontale Linie, welche unter den Namen der Orte steht, mit der starken Linie, welche in den Tafeln I., II., V., VI. auf -12° fällt, coincidire. Unter der eben erwähnten Linie wird durch die geographische Breite die Curve angegeben, welche bei Anwendung der Scala zu gebrauchen ist.

Das Verfahren, wornach hier statt die Curve zu ändern nur eine neue Scala eingeführt wird, lässt sich auf den Temperaturgang der verschiedenen geographischen Breiten mit gleichem Rechte anwenden. Durch Herstellung der entsprechenden Scalen würde eine einzige Curve für alle geographischen Breiten gelten.

Die Ausdrücke, wornach die Curven der Tafeln IV. und V. sind construirt worden, enthalten ausser dem jährlichen Maximum und Minimum auch die Grösse k , welche die tägliche Oscillation des Thermometers bedingt.

Ist wie im Vorhergehenden $M'' - M' = \alpha (m'' - m')$, und zugleich $K = \alpha k$, so werden die Scalen der Tafel VII. auch in dem gegenwärtigen Falle gültig seyn, und sich auf die Tafeln IV. und V. anwenden lassen.

Wenn dagegen die Dauer der verschiedenen Temperaturgrade bei einem Orte anzugeben wären, wo dieses Verhältniss nicht statt fände, so bliebe nichts anderes übrig, als eine eigene Curve dafür zu zeichnen. Untersucht man aber, welchen Einfluss die tägliche Bewegung des Thermometers überhaupt äussert, und bedenkt man insbesondere, dass eine Abweichung der Grösse k von dem angenommenen Normalwerthe bei der Tag- und Nachttemperatur Correctionen der Dauer von entgegengesetzten Zeichen hervorbringt,

so wird man sich überzeugen, dass durch Anwendung der Scalen auf die Tafeln IV. und V. ohne weitere Rücksicht auf k ein ziemlich genäherter Werth für die Temperaturdauer erhalten werde, wenn man nur vermeidet, Bestimmungen nahe an den beiden Enden der Curve zu suchen. Um den möglichen Fehler in solchem Falle zu schätzen, bemerke ich, dass eine Curve der Temperaturdauer für 45° Breite mit einem *doppelt so grossen* Werthe von k berechnet, zwischen den Grenzen $+ 7^\circ$ und $+ 17^\circ$ nirgends um *drei* Tage von der in Tafel V. verzeichneten Curve abweichen würde.

Erklärung und Gebrauch der Tafeln.

Im Allgemeinen ist zu bemerken, dass in sämtlichen Tafeln die Zeit (Monate und Tage) in horizontaler Richtung von der Rechten zur Linken gezählt werden, die Thermometergrade aber in verticaler Richtung von Unten nach Oben.

Gewöhnlich geben die Tafeln unmittelbar nur Monate oder Zeiträume von 10 Tagen, dann ganze Thermometergrade an. Sollten einzelne Tage und Zehntelgrade gefunden werden, so wird

man am besten thun, diese Unterabtheilungen nach dem Augenmasse zu schätzen: man wird mit einiger Uebung auf solche Weise schnell und sicher zum Zwecke gelangen. Den Gebrauch der Tafeln werden folgende Aufgaben erläutern.

Aufgabe I. Die mittlere Temperatur eines gegebenen Tages im Jahre zu finden.

Diese Aufgabe wird durch die Tafel I. gelöst; so findet man

bei 50° Breite für den 20. Nov.	+	3°,5
bei 30° „ „ „ 7. Apr.	+	15,3
bei 65° „ „ „ 4. März	—	9,0

Aufgabe II. Die höchste und tiefste Temperatur eines Tages oder eines gegebenen Zeitraumes zu finden.

Hiezu dient Tafel II.; so findet man z. B.

bei 45° für den 10. März höchste Temperatur + 7°,4,
tiefste Temperatur + 2°,7,

bei 55° ist in dem Zeitraume zwischen dem 20. Juni und 21. September die höchste Temperatur + 15°,7, die tiefste Temperatur + 6°,0, der erstere Stand tritt etwa am 24. Juli ein, der letztere am 21. September.

Die hier bezeichneten Temperatur-Extreme sind diejenigen, die vermöge des regelmässigen Ganges eintreten, und die also mit Sicherheit zu erwarten sind. Fragt es sich um die höchste und tiefste Temperatur, die *wahrscheinlich* eintreten können, oder die vermöge der Unregelmässigkeit des Klima *zu befürchten* sind, so muss man die Variation der Temperatur kennen. Man sucht also dann den höchsten und tiefsten Stand der mittleren Temperatur aus Tafel I., setzt zu dem erstern die Variation hinzu und zieht sie

von dem letztern ab, so erhält man die zu befürchtenden Temperatur-Extreme. Kennt man nicht aus der Beobachtung die Variation für den Ort, dessen Extreme gesucht werden, so kann man sich näherungsweise folgender Werthe (nach §. 11) bedienen:

Breite	Variation
	⁰
40°	6,3
45	6,8
50	7,4
55	8,0

Hätte man z. B. wie vorhin für 55° Breite die zu befürchtenden Extreme zwischen dem 20. Juni und 21. September zu suchen, so würde sich ergeben:

höchster Stand der mittlern Temperatur nach Tafel I. + 12°,6
(24. Juli) dazu die Variation 8°,0 addirt, giebt höchste Temperatur 20°,6;

tiefster Stand der mittlern Temperatur nach Tafel I. + 8°,3
(21. September), davon die Variation abgezogen, giebt tiefste Temperatur + 0°,3.

Aufgabe III. Die Zeit des Anfangs und Endes einer Temperatur, dann Temperaturgrenzen für gegebene Zeiträume zu finden.

Die hieher gehörenden Fragen beantworten die Tafeln I. und II., z. B.

bei 50° Breite trifft eine mittlere Temperatur von 10° zum ersten Male im Jahre ein am 13. Mai und zum letzten Male am 1. October, die Zwischenzeit beträgt 141 Tage;

bei 35° Breite ist der analoge Zwischenraum 285 Tage;

bei 45° Breite sinkt das Thermometer zwischen dem 5. April und 15. Nov. nicht unter 5° (Tafel II. tiefster Stand);

bei 15° Breite steigt das Thermometer vom 22. Nov. bis zum folgenden 1. März nie über 22°;

bei 45° Breite ist die Variation 6°,8, wenn also die mittlere Temperatur nicht über 6°,8 beträgt, so kann das Thermometer noch den Gefrierpunct erreichen: die mittlere Temperatur geht aber über 6°,8 zwischen dem 26. März und 18. November; in dieser Zeit ist also nicht zu befürchten, dass die Temperatur den Gefrierpunct erreichen werde.

Aufgabe IV. Die mittlere Temperatur eines gegebenen Zeitraumes zu finden.

Diese Aufgabe wird gelöst durch Tafel III. Man bezeichnet nämlich auf der entsprechenden Curve den Anfangs- und den Endpunct des gegebenen Zeitraumes, zieht durch diese zwei Puncte eine Linie, welche links und rechts die Scala der arithmetischen Mittel schneiden wird. Man bemerke nun zuerst an der rechts stehenden Scala, dann an der links stehenden Scala die Höhe, bei welcher sie von der Linie geschnitten werden, ziehe die letztere Höhe von der erstern ab, so hat man die mittlere Temperatur des Zeitraumes.

Z. B. bei 50° Breite die mittlere Temperatur der Monate Mai, Juni und Juli zu finden, lege man das Lineal so an (die Linie selbst braucht man nicht zu ziehen), dass es durch den 1. Mai und 31. Juli geht, so wird man finden

Scala rechts 18°,3

links 5,3

Mittlere Temperatur + 13,0

Man suche die mittlere Temperatur des Zeitraumes vom 10. März bis 25. October bei 45° , so findet sich

$$\begin{array}{r} \text{rechts } 19,7 \\ \text{links } \quad 6,7 \\ \hline + 13,0 \text{ mittlere Temperatur.} \end{array}$$

Für den Zeitraum vom 20. August bis 15. December findet sich bei 70° Breite

$$\begin{array}{r} \text{rechts } 4,6 \\ \text{links } \quad 9,4 \\ \hline - 4,8 \text{ mittlere Temperatur.} \end{array}$$

Aufgabe V. Das Verhältniss von Licht und Wärme zu bestimmen.

Tafel IV. zeigt, um wie viel Tage (d. h. Zeitabtheilungen von 24 Stunden) die Sonne länger über als unter dem Horizont sich befindet: und zwar ist die Summe der Nächte kürzer als die Summe der Tage, wenn das Ende des Zeitraumes höher steht, als der Anfangspunct, im entgegengesetzten Falle ist die Summe der Nächte länger, z. B.

Bei 65° Breite ist der 1. März um eine Abtheilung höher als der letzte, d. h. die Summe der Nächte zwischen dem 1. und 31. März ist um 24 Stunden länger als die Summe der Tage.

Bei 40° Breite steht der 1. August um 5,6 Tage höher als der 1. Januar, um so viel ist also die Summe der Nächte kürzer.

Innerhalb der Wendekreise wird der Unterschied der Tag- und Nachtlänge nie beträchtlich: es bleibt auch der Unterschied der täglichen und nächtlichen Temperatur ziemlich constant $= 2^\circ,4$.

Dieser letztere Unterschied ändert sich beträchtlich bei grösseren Breiten, in Tafel IV. ist die Linie dargestellt, welche nach Art der in Tafel III. verzeichneten Curven, zwischen 40 und 60° Breite den Unterschied der mittlern Tag- und Nachttemperatur angiebt. Z. B. für den Zeitraum vom 19. Mai bis 15. September hat man

$$\begin{array}{rcl} \text{Scala rechts} & 2^{\circ},8 \\ \text{links} & 0,1 \\ \hline \end{array}$$

2,7 Unterschied der mittlern Tag- und Nachttemperatur.

Für denselben Zeitraum hätte man

Unterschied der Tag- und Nachtlänge 15,8 Tage
die mittlere Temperatur überhaupt wäre nach Tafel III. + 13°,8
Hiernach hätte man folgende Zusammenstellung:

10. Mai bis 15. Sept. = 128 Tage mit + 13°,8 Wärme,
dabei beträgt

die Summe der Tageslängen 71,9 Tage mit 15°,0 m. Temp.

die Summe der Nachtlängen 56,1 Tage mit 12°,3 m. Temp *).

*) Die mittlere Temperatur der Tage ist = $13^{\circ},8 + \frac{71,9}{128} 2^{\circ},7$; die mittlere Temperatur der Nächte = $13^{\circ},8 - \frac{56,1}{128} 2^{\circ},7$ oder = der mittlern Temperatur der Tage — 2°,7.

Wo keine besondere Genauigkeit erfordert wird, kann man sich damit begnügen, die mittlere Temperatur um die Hälfte des Unterschiedes der Tag- und Nachttemperatur einmal zu vermehren und einmal zu vermindern, um die mittlere Tag- und Nachttemperatur zu finden.

Aufgabe VI. Die Dauer einer gegebenen Temperatur zu finden, d. h. anzugeben, wie lange das Thermometer auf oder über einem gegebenen Stande sich hält.

Man findet in Tafel V. und VI. die hiezu erforderlichen Curven dargestellt, und zwar wird in Tafel V. die Temperatur der Tage und Nächte getrennt, in Tafel VI. erscheinen sie zusammengesetzt.

Bei einer Breite von 55° dauert eine Temperatur von 8° und darüber

88 Tage mit Sonnenlicht,
36 Tage ohne Sonnenlicht.

Die ganze Dauer ist 124 Tage; und so lange wird auch nach Tafel VI. die Temperatur von 8° und darüber im ganzen Jahre dauern.

Will man noch überdiess die Zeit des Jahres wissen, in welche diese 124 Tage hineinfallen, so ersieht man aus Tafel II., dass das Thermometer zum ersten Male am 26. April und zum letzten Male am 13. October eine Höhe von 8° erreicht: zwischen diesen Grenzen ist also der obige Zeitraum enthalten.

Aufgabe VII. Die in den vorhergehenden Aufgaben für die Erde überhaupt gesuchten Grössen auch mit Berücksichtigung der Localität einzelner Orte zu finden.

Handelt es sich um die mittlere Temperatur der Tage, Monate u. s. w. (Tafel I., II., III.), so gilt die bereits gefundene Auflösung mit dem einzigen Unterschiede, dass sämtliche Thermometergrade nach der Scala des fraglichen Ortes ausgedrückt werden müssen. Die Scalen der Orte, deren Temperatur in *Kämtz* (Lehrbuch der Meteorologie S. 89 sqq.) angegeben wird, finden sich in Tafel VII. zusammengestellt, und zwar ist die Stellung des

Nullpunctes so genommen, dass der starke Strich, der unter den Namen der Orte steht, mit -12° der allgemeinen Scala (in Tafel I., II., V., VI. ebenfalls durch einen starken Strich bezeichnet) zusammenfallen muss. Desshalb wird immer beim Uebertragen der allgemeinen Scala auf die örtlichen Scalen, so wie bei dem umgekehrten Verfahren (wobei man sich des Zirkels am bequemsten bedienen wird) die eine Zirkelspitze in den genannten starken Strich anzusetzen seyn.

Wir haben bei der ersten Aufgabe gefunden, dass bei 50° Breite die Temperatur vom 20. November $+3^{\circ},5$ ist. Wäre die Bestimmung auf London zu beziehen, welches zu 50° gehört, so müsste man aus Tafel I. die Höhe des Punctes $+3^{\circ},5$ der Scala über der Grundlinie (-12°) mit dem Zirkel nehmen und auf die Scala von London übertragen. Auf solche Weise findet man, dass $+3^{\circ},5$ der allgemeinen Scala auf $+4^{\circ},9$ der Londoner Scala fällt. Die mittlere Temperatur vom 20. November ist also in London $+4^{\circ},9$.

Bei 65° Breite war die mittlere Temperatur vom 4. März $-9^{\circ},0$: für Uleo findet man $-0^{\circ},8$ und für Umeo $-5^{\circ},2$.

Die Variation für Würzburg ist $8^{\circ},5$; am 20. April und 20. October ist die mittlere Temperatur in Würzburg $+8^{\circ},5$: an diesen zwei Tagen kann also das Thermometer auf 0° fallen: in der Zwischenzeit ist aber eine Temperatur von 0° mit Wahrscheinlichkeit nicht zu erwarten.

Die Tafeln V. und VI. hängen nicht allein von dem jährlichen Gange der Temperatur, sondern auch von der täglichen Bewegung ab: indessen ist der Einfluss der letztern wenig bedeutend und man darf die vorhergehende Regel auch auf diese Tafeln, wenn die Abweichung der täglichen Oscillation von der angenommenen

Norm nicht sehr gross ist, ohne Bedenken anwenden. So dauert eine Temperatur von 10° und darüber

in Berlin . . .	129 Tage,
in London . . .	137 Tage,
in Regensburg . .	123 Tage,
am Peissenberg	82 Tage,
in Petersburg . .	90 Tage

u. s. w.

Die Anwendung der Tafel IV. auf besondere Localitäten erfordert eine genaue Kenntniss des täglichen Ganges der Wärme, worüber wir sehr wenige Bestimmungen bisher besitzen.

Ist aber für einen bestimmten Ort die Grösse des täglichen Steigens und Sinkens der Temperatur bekannt, so kann man nach §. 10 und 12 die Tafel für einen solchen Fall anwendbar machen.

Z u s a t z.

Täglicher Gang der Temperatur, abgeleitet aus den an der Königlichen Sternwarte bei München mit einem registrirenden Thermometer angestellten Beobachtungen.

Es ist oben bei der Darstellung des täglichen Ganges der Temperatur bemerkt worden, dass die vorhandenen stündlichen Beobachtungen von Padua, Leith und Apenrade zu wenig zahlreich

sind, um ein zuverlässiges Erfahrungsergebnis zu begründen, an welches die Theorie möglichst genau angeschlossen werden sollte. In der Absicht, neue Data in dieser Beziehung zu gewinnen, liess ich im Jahre 1838 an der Königlichen Sternwarte ein registrirendes Thermometer von eigenthümlicher Construction einrichten, wodurch für *jede Stunde* der Thermometerstand aufgezeichnet wird. Als eine wesentliche Bestimmung bemerke ich, dass die Temperatur der freien Luft auf einen *geraden Messingdrath* von etwa $1\frac{1}{2}$ Pariser Linien Durchmesser und 34 Fuss Länge einwirkt, wovon das eine Ende in einer Mauer befestiget ist, das andere Ende aber mit einer Art Zeigerwerk in Verbindung steht. Die Regulirung d. h. die Bestimmung des Fixpunctes und der Länge der Grade geschah durch Vergleichung mit dem bei den hiesigen meteorologischen Beobachtungen gebrauchten Quecksilberthermometer: dass dessen ungeachtet der Gang beider Instrumente nicht vollkommen derselbe seyn würde, liess sich leicht voraussehen, da der Messingdrath mit einer ausgedehnten Luftmasse in Berührung steht, auch in einem andern Verhältnisse die Wärme leitet und von der Feuchtigkeit afficirt wird, als die Thermometerkugel. Häufige Beobachtungen, welche angestellt wurden, um den Unterschied des Ganges zu bestimmen, gewährten das Resultat, dass bei *schnellem* Steigen und Fallen der Temperatur das Metallthermometer im Durchschnitte etwa $\frac{1}{2}$ Grad gegen das Quecksilberthermometer zurückblieb: stationär oder langsam zu- und abnehmende Temperaturen zeigten beide gleich, wenigstens ohne constanten Unterschied.

Es würde nicht schwer gewesen seyn, die Angaben des registrirenden Thermometers nach den gemachten Vergleichungen auf das Quecksilberthermometer zu reduciren: ich gebe indessen vorläufig die Resultate des erstern Instrumentes unverändert, wie sie gewonnen wurden, um so mehr als es unzweckmässig wäre, eine Reduction in dem eben angedeuteten Sinne vorzunehmen, ehe die

Frage entschieden ist, ob die Angaben eines in gewöhnlicher Weise aufgehängten Quecksilberthermometers als *normal* angenommen und an dieselben sämtliche Temperaturbeobachtungen angeschlossen werden sollen.

Die stündlichen Beobachtungen, worauf folgende Tabelle sich gründet, fingen mit dem 4. Mai 1838 an, und umfassen ein volles Jahr, jedoch nicht ohne zufällige Unterbrechungen. Die erste Lücke findet sich in der zweiten Hälfte des September, wo mehrere Tage nicht beobachtet wurde: nur die erste Hälfte des Monats ist in Rechnung genommen worden. Im December wurde die Beobachtung auf einige Zeit unterbrochen, während das registrirende Barometer (welches mit dem Thermometer verbunden ist) eine veränderte Einrichtung erhielt: und im Januar legte sich unter dem Zeigerwerke Eis an, was die Angaben des Instrumentes auf mehrere Tage unsicher machte. Ich habe beide Monate bei der Berechnung weggelassen, um so mehr als es keine Schwierigkeit haben wird, das was im ersten Jahre mangelhaft gelassen wurde, in den folgenden Jahren mit Sicherheit zu ersetzen.

Bei Herstellung der folgenden Tabelle nahm ich das arithmetische Mittel der 24 stündlichen Beobachtungen als mittlere Temperatur des Tages an, und indem ich diese Grösse von den Thermometerständen der einzelnen Stunden abzog, ergab sich, um wie viel das Thermometer in jeder Stunde über oder unter dem Mittelstande war. Diese letzteren Grössen sind in der Tabelle angegeben.

*Täglicher Gang der Temperatur in München, beobachtet
vom 4. Mai 1838 bis 4. Mai 1839.*

Stunden	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	October	November
	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°
12	-0,63	-0,82	-0,63	-2,39	-2,37	-2,37	-2,29	-1,65	-1,41	-0,84
1	-0,36	-0,95	-0,85	-2,92	-2,80	-2,87	-2,17	-2,28	-1,28	-0,60
2	-0,52	-1,18	-1,10	-3,29	-2,97	-2,81	-2,09	-2,47	-1,65	-0,67
3	-0,66	-1,41	-1,13	-3,66	-3,22	-3,30	-2,74	-2,37	-1,91	-0,79
4	-0,75	-1,50	-1,37	-3,82	-3,39	-3,45	-2,92	-2,50	-2,14	-0,99
5	-0,84	-1,51	-1,30	-3,85	-3,45	-3,55	-3,51	-2,91	-2,13	-0,88
6	-0,92	-1,52	-1,26	-3,20	-1,94	-3,11	-3,38	-2,55	-2,11	-1,00
7	-0,88	-1,44	-0,85	-1,66	-1,07	-1,47	-1,80	-2,03	-2,05	-1,04
8	-0,90	-0,92	-0,18	-0,34	+0,23	+0,17	-0,61	-0,78	-1,35	-0,92
9	-0,99	-0,31	-0,81	+1,39	+0,88	+1,16	+0,60	-0,37	-0,33	-0,68
10	-0,47	+0,05	+1,20	+1,72	+1,81	+1,93	+1,45	+1,10	-0,31	-0,09
11	+0,27	+0,85	+1,88	+2,77	+2,43	+2,27	+2,37	+1,86	+0,95	+0,40
12	+0,75	+1,58	+2,52	+2,78	+2,80	+2,70	+2,75	+2,62	+1,97	+1,28
1	+1,34	+1,94	+2,92	+3,25	+2,90	+2,52	+3,10	+3,16	+2,68	+1,64
2	+1,60	+2,02	+2,64	+3,26	+3,04	+3,01	+3,70	+3,12	+2,81	+1,81
3	+1,88	+2,01	+2,68	+3,63	+3,09	+3,29	+3,41	+3,38	+2,77	+1,60
4	+1,55	+1,59	+2,60	+3,65	+3,18	+3,21	+3,07	+3,56	+2,46	+1,43
5	+1,10	+1,49	+2,50	+2,90	+2,36	+2,71	+2,70	+3,06	+1,99	+0,90
6	+0,50	+0,94	+1,95	+2,16	+2,29	+1,87	+1,82	+1,31	+1,17	+0,31
7	+0,18	+0,46	+1,17	+1,04	+1,03	+1,48	+0,71	+0,29	+0,88	+0,17
8	+0,01	+0,04	+0,83	+0,03	-0,64	+0,44	-0,18	-0,66	+0,39	+0,04
9	-0,36	-0,25	+0,14	-1,03	-1,16	-0,49	-0,80	-0,91	-0,04	+0,04
10	-0,46	-0,60	-0,26	-1,00	-1,76	-1,33	-1,27	-1,23	-0,24	-0,33
11	-0,55	-0,64	-0,43	-2,19	-1,94	-2,02	-1,74	-1,50	-1,22	-0,79
12	-0,63	-0,82	-0,63	-2,39	-2,37	-2,37	-2,29	-1,65	-1,41	-0,84

Sucht man die Zeit des Minimums aus diesen Angaben abzuleiten, so gelangt man zu folgenden approximativen Bestimmungen:

Zeit des täglichen Minimums.

Februar	1,4 ^h nach	Sonnenaufgang
März	0,3 nach	„
April	1,0 vor	„
Mai	0,1 nach	„
Juni	0,5 nach	„
Juli	0,4 nach	„
August	0,5 nach	„
September	0,4 vor	„
October	1,8 vor	„
November	0,4 vor	„

Im Mittel trifft also die niedrigste Temperatur genau mit dem Aufgange der Sonne zusammen.

Die Zeit des Maximums fällt im Mittel auf 3 Uhr Nachmittags: die Bestimmungen der einzelnen Monate finden sich in folgender Uebersicht mit den analogen Angaben, die aus den Beobachtungen von Padua und Leith abgeleitet worden, zusammengestellt.

Zeit des täglichen Maximums.

	München	Padua	Leith
	^h	^h	^h
Febr.	2,9	1,8	1,9
März	2,5	2,4	2,6
April	3,2	3,5	3,6
Mai	3,5	2,3	3,8
Juni	3,6	2,3	3,7
Juli	3,3	2,2	4,1
Aug.	2,2	2,3	3,7
Sept.	3,8	1,9	2,5
Oct.	2,5	2,1	1,4
Nov.	2,0	1,3	1,7

Die Zeiten des Maximums und Minimums lassen sich mit den oben entwickelten Grundsätzen nur unvollkommen vereinigen und die weitere Vergleichung der einzelnen Stunden mit den Bestimmungen der Theorie führt nahe auf ähnliche Differenzen, wie wir oben S. 27 u. 28 gefunden haben: dass indessen die Differenzen in grossem Maasse der Unsicherheit der Beobachtungsergebnisse zur Last fallen, wird sich genügend herausstellen, wenn man die Monate Mai und Juni des Jahres 1839 mit denselben Monaten von 1838 zusammenhält.

Jahrgang 1839.

	Mai	Juni
^h	^o	^o
12	— 1,66	— 2,73
1	— 1,49	— 3,00
2	— 2,23	— 3,46
3	— 2,34	— 3,78
4	— 3,02	— 3,91
5	— 2,98	— 3,84
6	— 2,59	— 2,67
7	— 1,79	— 1,07
8	— 0,44	+ 0,76
9	+ 0,44	+ 1,61
10	+ 0,98	+ 2,09
11	+ 1,57	+ 2,43
12	+ 2,55	+ 2,19
1	+ 2,94	+ 3,28
2	+ 3,18	+ 3,14
3	+ 2,81	+ 3,39
4	+ 2,52	+ 3,20
5	+ 2,25	+ 3,05
6	+ 1,58	+ 2,40
7	+ 0,63	+ 1,42
8	+ 0,06	+ 0,33
9	— 0,51	— 0,87
10	— 1,16	— 1,60
11	— 1,39	— 2,33
12	— 1,66	— 2,73

Wäre die Bewegung der Temperatur an ganz heitern Tagen zu untersuchen, so würde man mit einer weniger ausgedehnten Beobachtungsreihe sichere Resultate erlangen: bedenkt man dagegen, dass diese regelmässige Bewegung durch Winde, Nebel und Wolken, Regen und Schnee fast unaufhörlich gestört wird, so kann man leicht ermessen, dass erst durch Vereinigung mehrerer Jahrgänge die Unregelmässigkeiten ausgeglichen werden können.

Um auch für den Gang der Wärme, welcher bei vollkommen heiterm Himmel statt findet, aus der Beobachtung vorläufig eine genäherte Bestimmung *) zu erlangen und zugleich auf eine wesentliche Rücksicht, welche bei der Theorie nicht ausser Acht zu lassen ist, aufmerksam zu machen, hebe ich die ganz heitern Tage, welche seit Aufstellung des registrirenden Thermometers vorgekommen sind, heraus, und stelle sie folgendermassen in Gruppen nach der Tageslänge zusammen:

	h
1838 Nov. 10. 27	mittlere Tageslänge 9,1
1838 Oct. 17. 22.	„ „ 10,5
1839 März 2. 3. 15.	„ „ 11,3
1838 Sept. 1. 2. 4. 5.	„ „ 13,2
1838 Aug. 5. 12. 16. 19.	„ „ 14,4
1838 Mai 4. 5. 8. 12. 13.	„ „ 14,8
1839 Mai 30., Juni 8. 11. 20., Juli 5. 7. 11. „	„ 15,9

*) Es dürfte nicht überflüssig seyn zu bemerken, dass die bisweilen versuchte Darstellung des Temperaturganges durch Reihen von Sinussen und Cosinussen der Zeit, deren Coefficienten aus der Beobachtung abgeleitet werden, nur ein Interpolationsverfahren ist, wodurch man für jede beliebige Zahlenreihe eine Formel erhalten kann. Solche Reihen sind bedeutungslos, wo es sich darum handelt, den Zusammenhang der Erscheinungen mit ihren Ursachen zu entwickeln.

Temperaturgang bei heiterm Himmel.

	^h	^o	^o	^o	^o	^o	^o
	1	-2,2	+5,2	-3,8	+ 5,2	+ 8,4	+ 4,9 + 8,5
	2	-1,8	+5,1	-4,1	+ 4,7	+ 8,4	+ 4,2 + 8,0
	3	-1,8	+5,0	-4,7	+ 4,6	+ 7,4	+ 3,8 + 7,8
	4	-2,0	+4,5	-4,8	+ 3,9	+ 7,4	+ 3,5 + 7,8
	5	-2,0	+4,4	-4,8	+ 3,5	+ 6,9	+ 3,5 + 8,2
	6	-2,4	+5,2	-4,9	+ 4,1	+ 7,1	+ 4,0 + 9,7
	7	-2,6	+4,6	-5,0	+ 6,3	+ 9,5	+ 6,0 +11,0
	8	-1,8	+5,0	-5,5	+ 8,9	+11,9	+ 8,4 +13,2
	9	-0,7	+5,6	-4,8	+10,5	+12,9	+11,0 +14,6
Mittag	10	-0,3	+6,4	-5,2	+12,0	+14,3	+12,3 +15,2
	11	+0,3	+6,7	-4,4	+12,9	+15,2	+13,4 +15,7
	12	+1,1	+7,5	-3,4	+13,8	+15,7	+13,9 +16,2
	1	+2,0	+7,8	-2,6	+14,4	+16,4	+14,5 +16,7
	2	+2,2	+7,9	-1,6	+14,8	+17,2	+14,9 +17,2
	3	+2,2	+8,0	-1,5	+15,1	+17,1	+15,3 +17,4
	4	+1,6	+7,1	-1,7	+15,4	+17,2	+15,2 +17,2
	5	+0,9	+6,2	-1,8	+14,8	+16,7	+15,0 +17,4
	6	-0,1	+7,1	-2,3	+14,1	+16,3	+14,6 +17,0
	7	-0,5	+6,8	-2,4	+11,9	+14,6	+12,9 +16,4
	8	-0,6	+5,5	-2,1	+10,3	+12,5	+12,1 +14,7
	9	-0,8	+5,2	-2,6	+ 9,6	+11,4	+ 9,9 +13,3
	10	-1,0	+4,3	-2,4	+ 8,4	+10,2	+ 8,9 +12,1
	11	-1,5	+3,3	-2,7	+ 7,7	+ 9,2	+ 7,3 +11,7
	12	-1,9	+3,2	-2,7	+ 7,5	+ 8,9	+ 6,5 +10,5
Mittl. Ta- geslänge	^h 9,1	^h 10,5	^h 11,3	^h 13,2	^h 14,4	^h 14,8	^h 15,9

Die Beobachtungsergebnisse sind von zufälligen Einflüssen, wozu hauptsächlich die wechselnde Einwirkung des Windes zu rechnen

ist, nicht hinreichend befreit, und desshalb auch mit keinem einfachen und naturgemässen Gesetze genau zu vereinigen, jedoch stimmen sie im Allgemeinen mit der vorhergehenden theoretischen Entwicklung überein. Rücksichtlich des bei Tage statt findenden Temperaturganges ist ein wesentlicher Umstand hier hervorzuheben. In der Nähe des Aequators, wo ein gleichmässiger Zustand der Atmosphäre statt findet, und die Zu- oder Abnahme der mittlern Temperatur von einem Tage zum andern fast unmerklich ist, kommt das Thermometer bei Sonnenaufgang zu demselben Stande zurück, von welchem es am vorhergehenden Morgen ausgegangen war. Ganz anders ist es in unserm Klima, wo die mittlere Temperatur bei eintretendem heiterm Wetter von einem Tage zum andern *schnell* wächst. In Folge dieses Verhältnisses bilden die oben gegebenen Beobachtungszahlen keine zurückkehrende Reihe und die letzte Zahl (die Temperatur von 12^h, Mitternacht) schliesst sich an die erste (Temperatur von 1^h nach Mitternacht) nicht an. Um die Zunahme der mittlern Temperatur abzusondern und den täglichen Gang den Voraussetzungen der Theorie gemäss rein zu erhalten, müsste man von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang die Correction

— at

und von Sonnenuntergang bis Mitternacht die Correction

— 2a τ

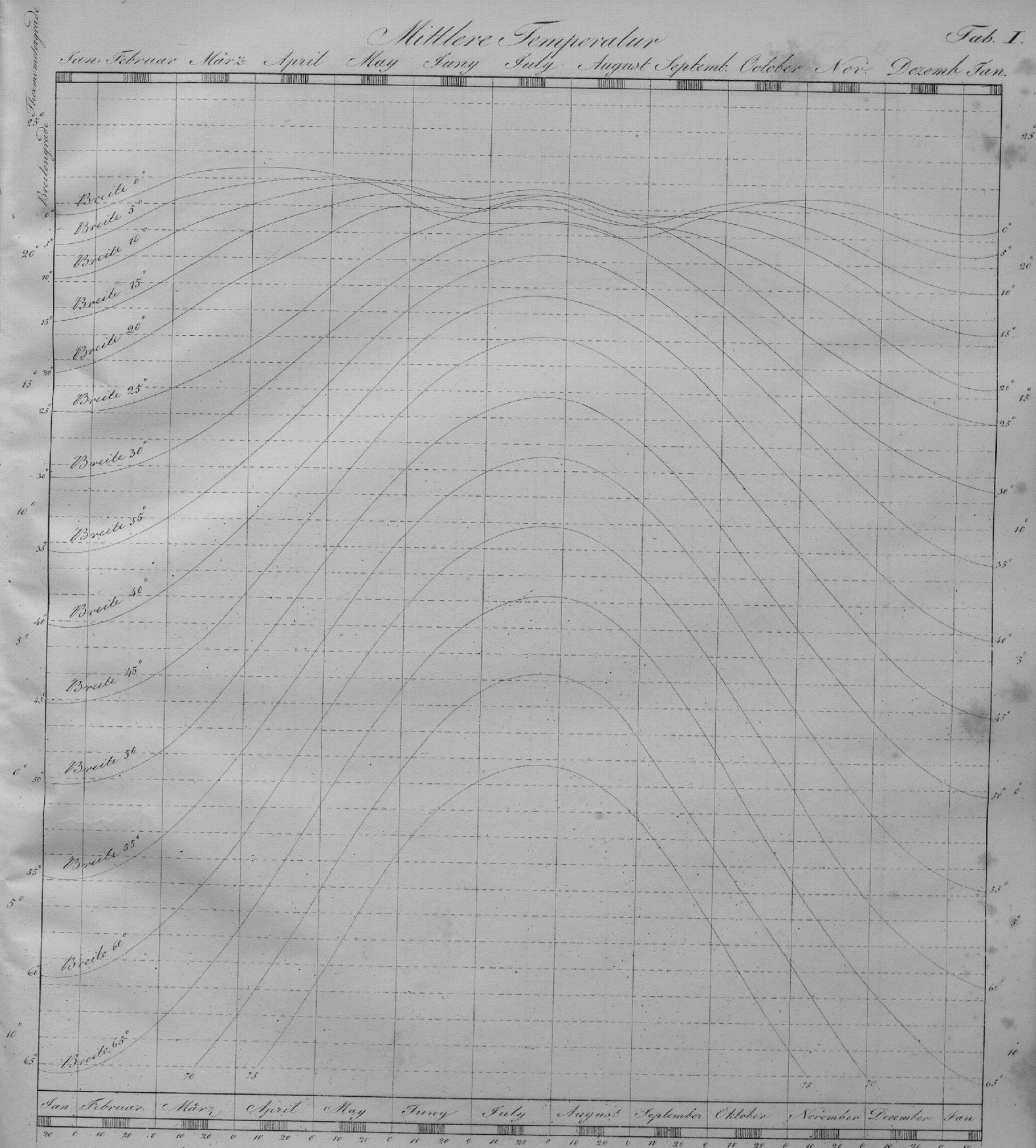
anbringen, wo a eine Constante, t die Zeit von Sonnenaufgang in Stunden gezählt, und τ die halbe Tageslänge bedeutet. Die Constante a ist so zu bestimmen, dass der Uebergang von 12^h auf 1^h nach Mitternacht mit der übrigen Reihe harmonire.

Uebrigens soll diese Correction hier nur angedeutet werden: die Anwendung derselben bei den obigen Zahlen würde sie der Theorie nähern, ohne sämmtliche Unregelmässigkeiten zu entfernen.

Mittlere Temperatur

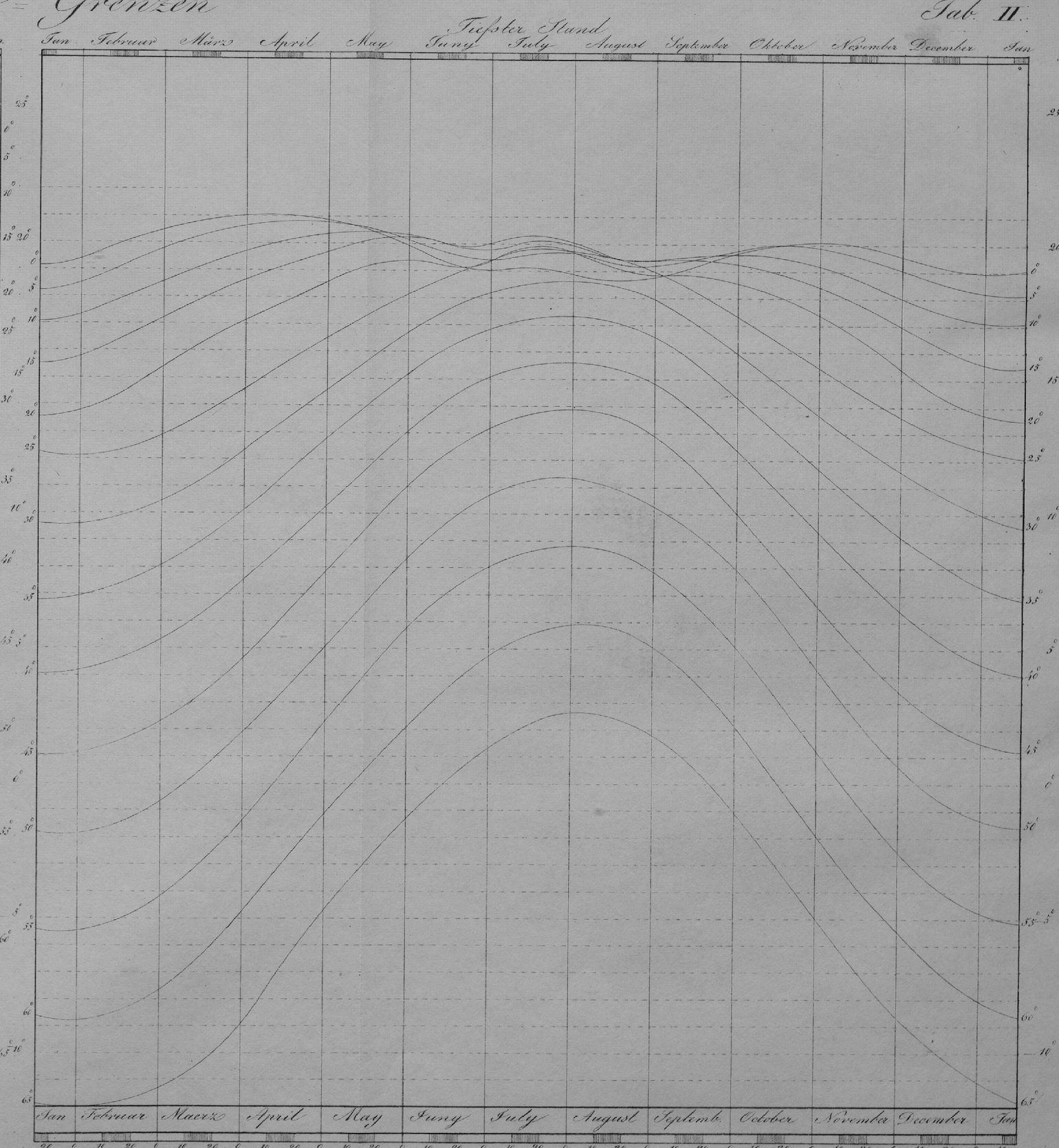
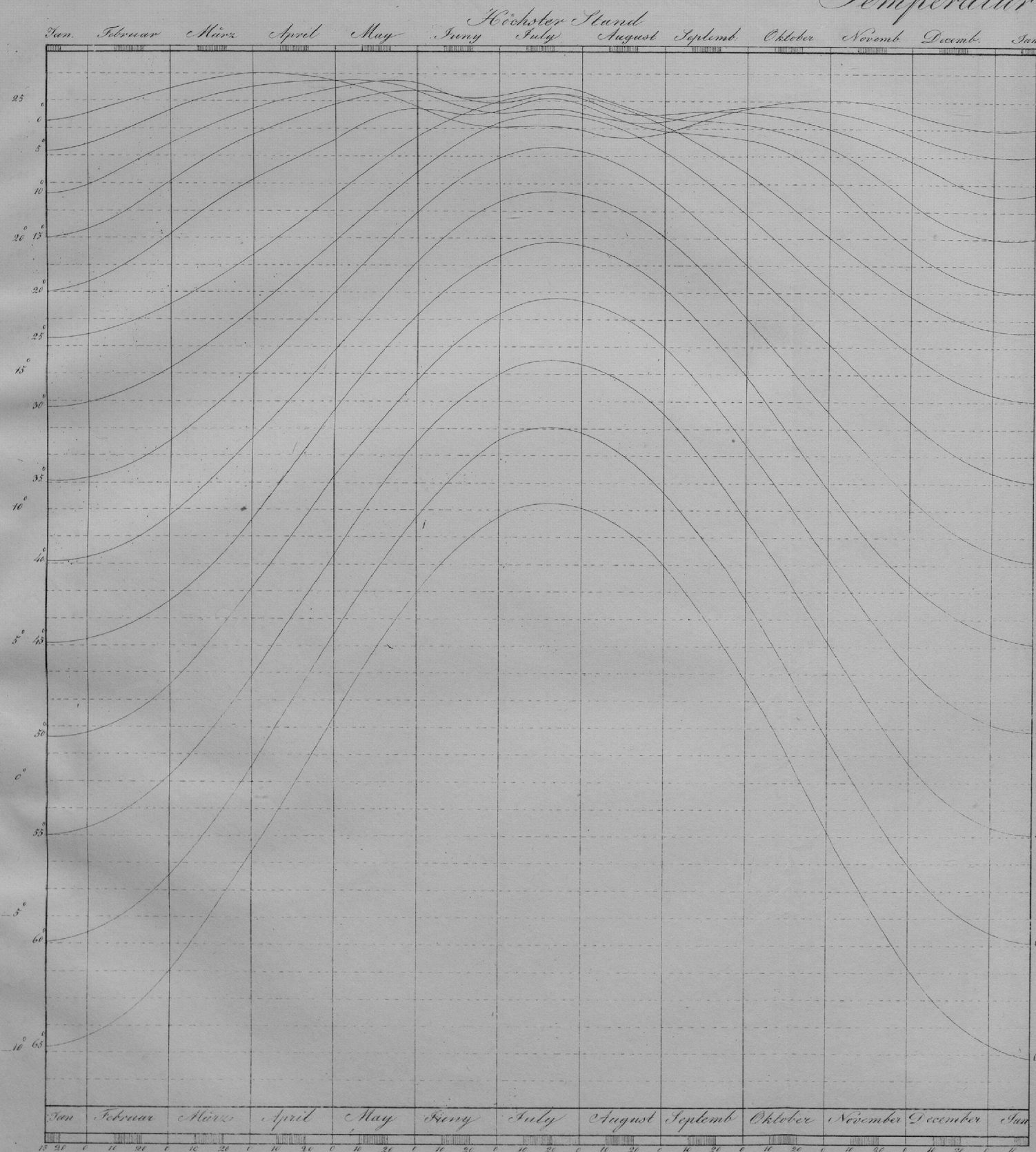
Tab. I.

Jan. Februar März April May June July August Septemb. October Nov. Decemb. Jan.



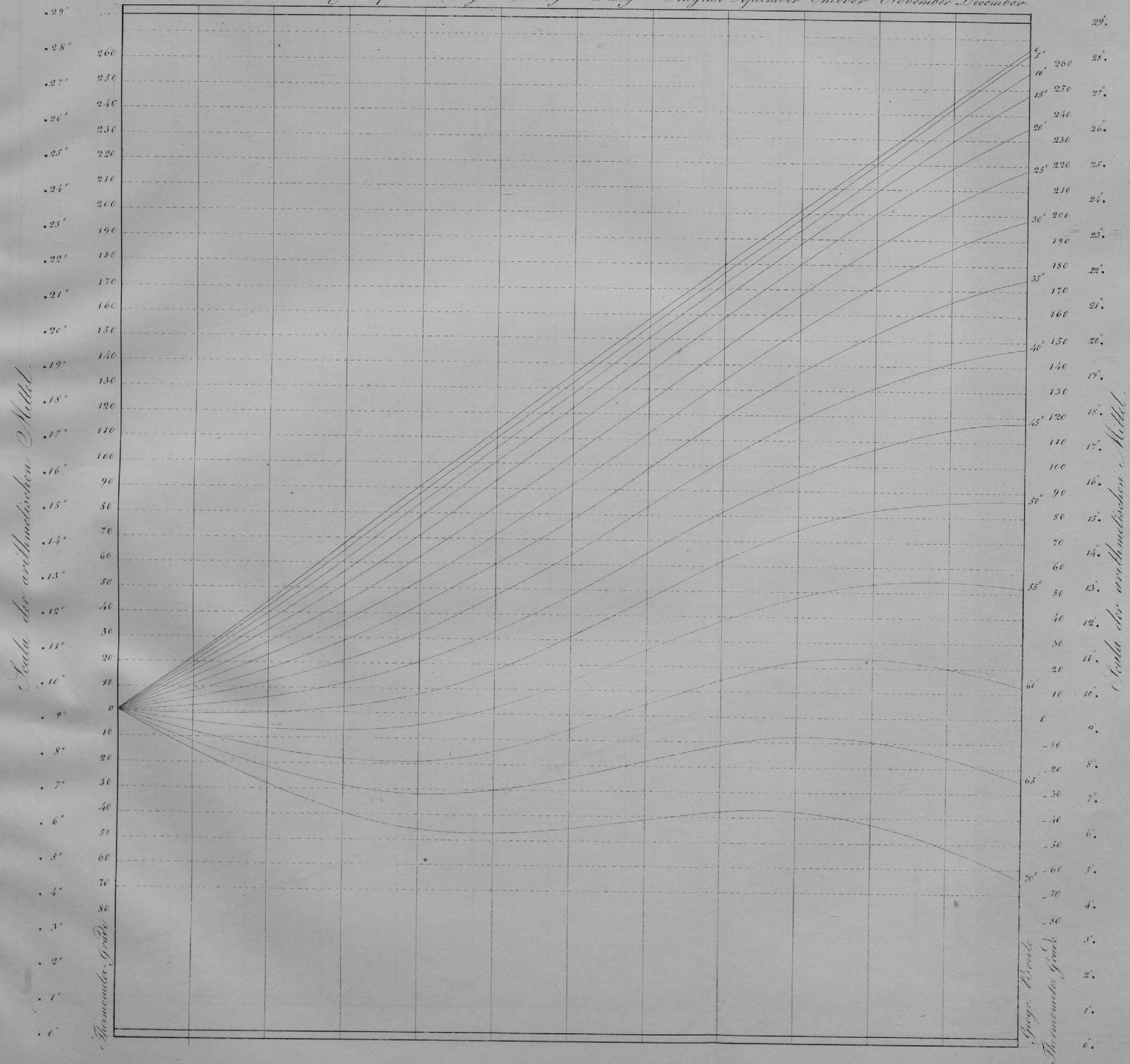
Temperatur = Grenzen

Tab. II.

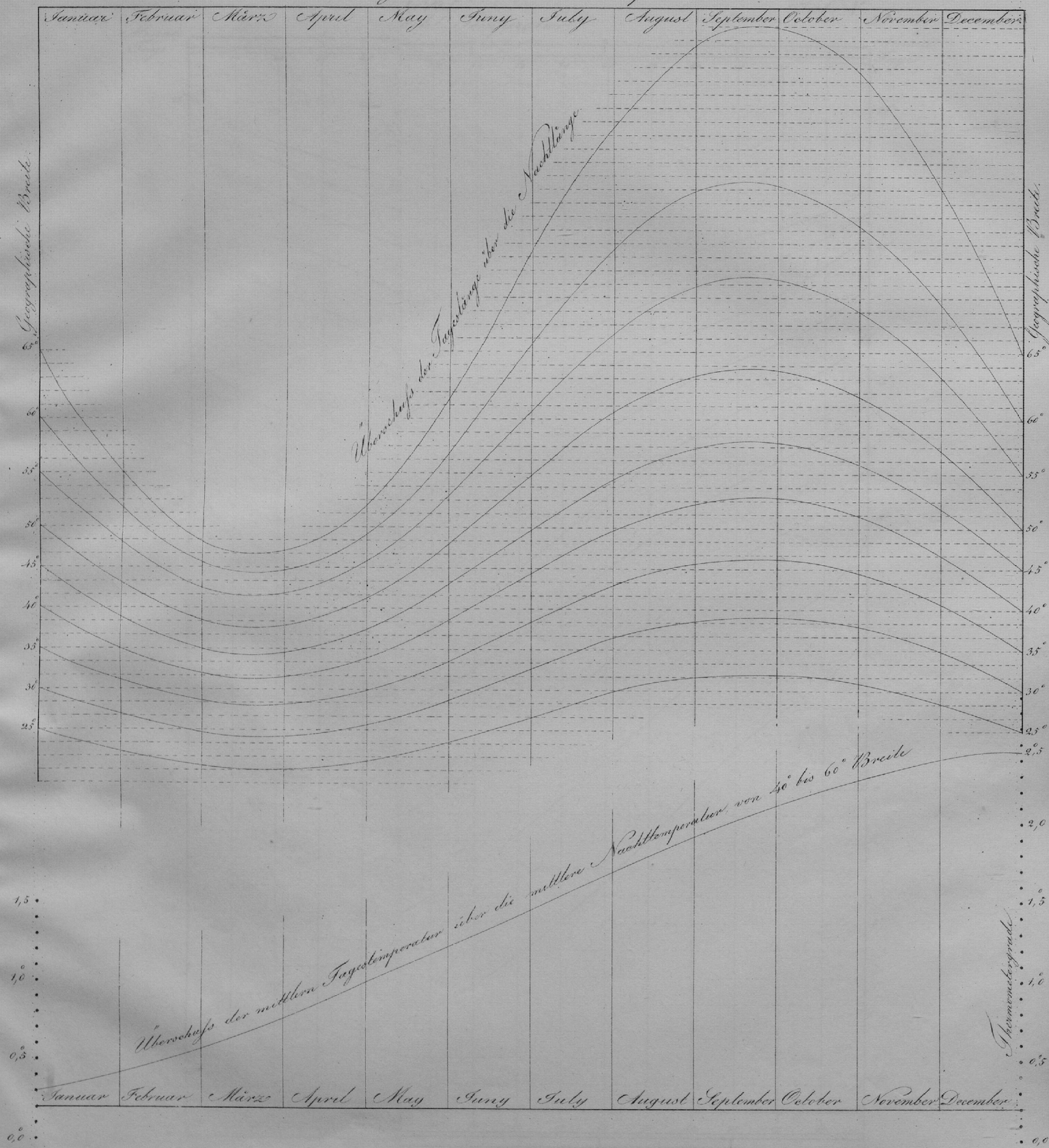


Summe der monatlichen Thermometer-Stände. Tab. III.

Januar Februar März April May June July August September Oktober November December.



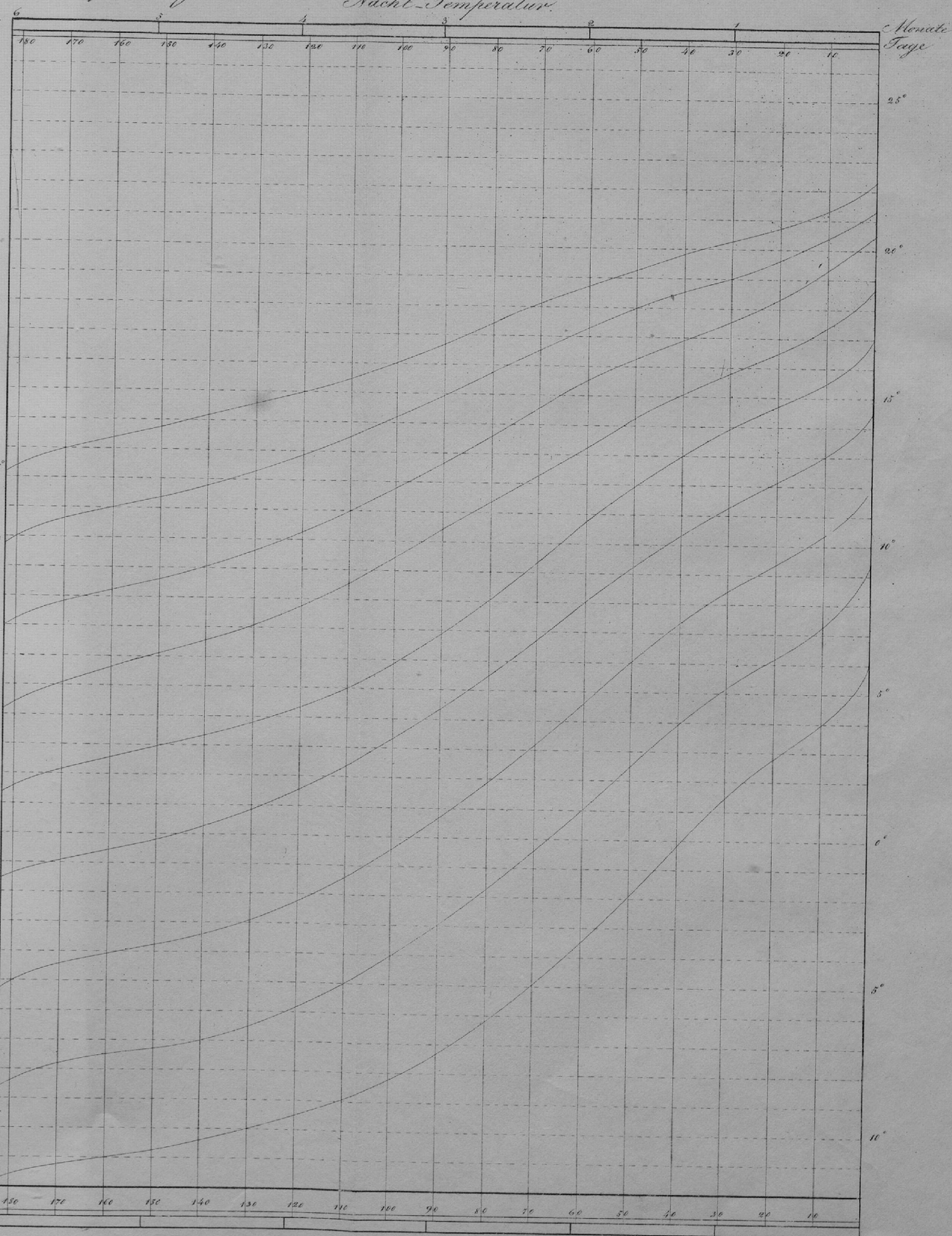
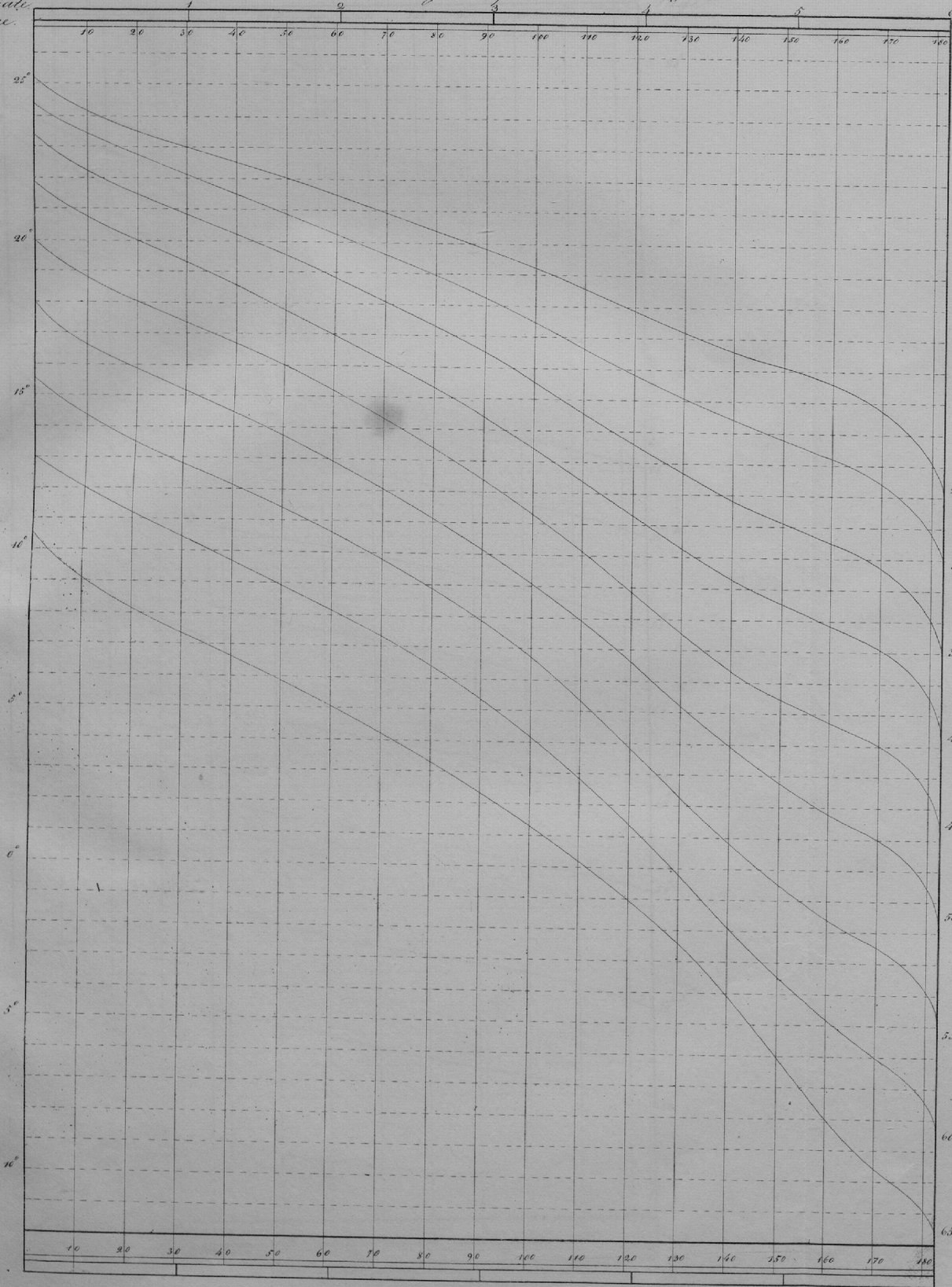
Unterschied der Tages- und Nachttemperatur und Unterschied der mittlern
Tages- und Nacht-Temperatur.



Vertheilung der Temperatur auf Tag und Nacht

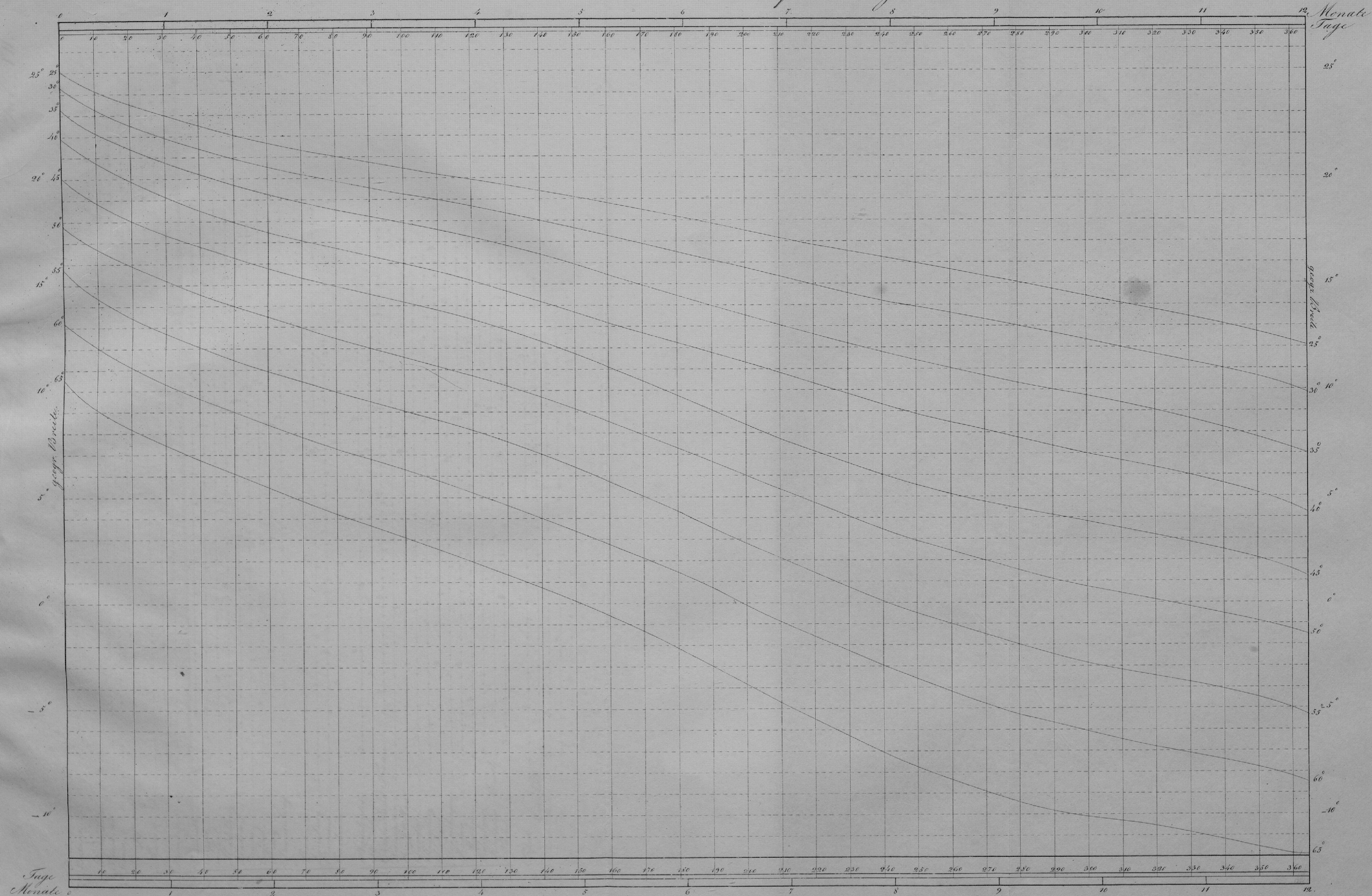
Tab. V.

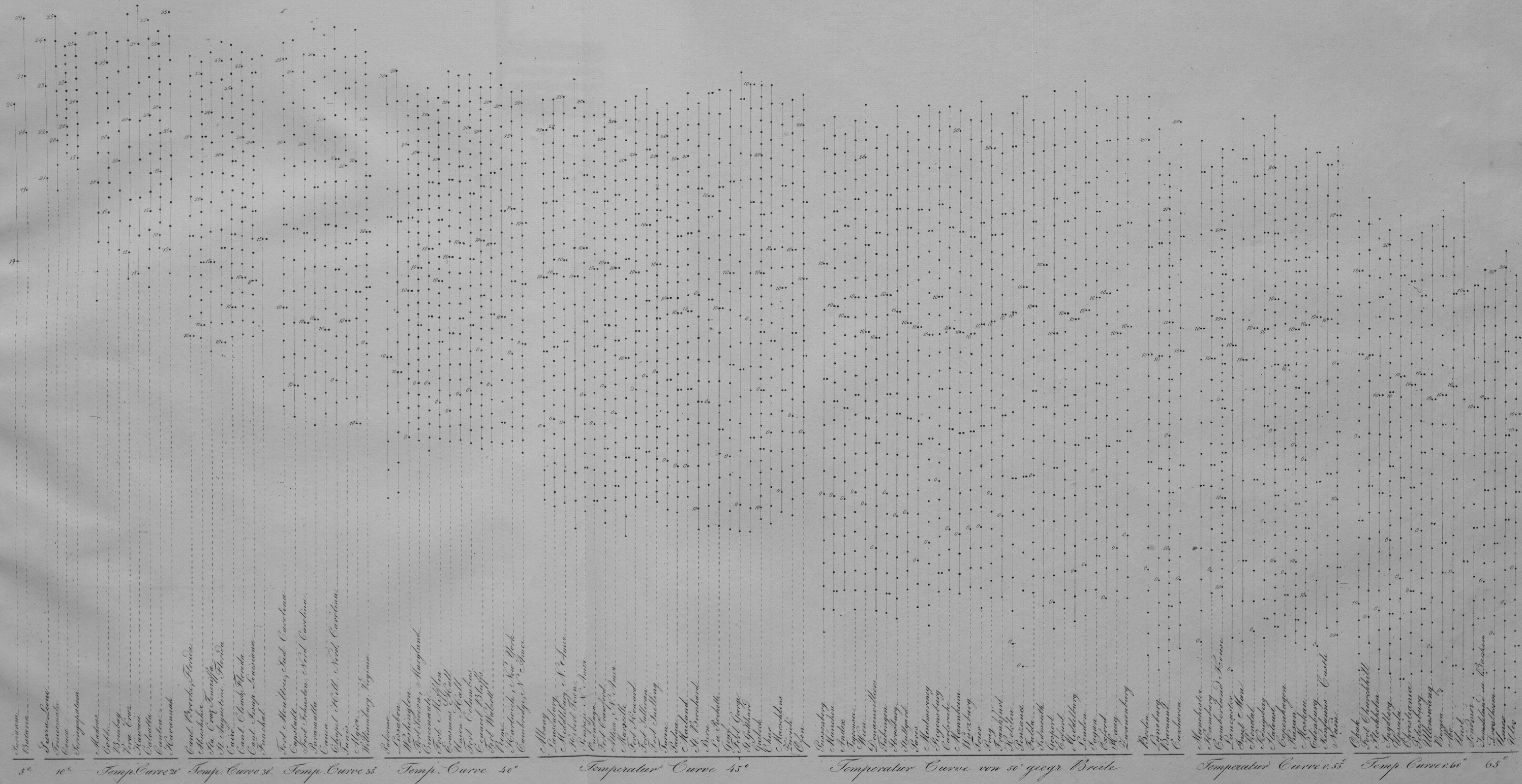
Monatliche
Tage



Dauer der einzelnen Temperaturgrade.

Tab. VI.





Tab. VIII.

From January till May April May June July August September October November December

