

# Der tägliche Gang der Temperatur auf dem Obirgipfel (2140 *m*) und einige Folgerungen aus demselben

J. Hann,

M. k. Akad.

(Vorgelegt in der Sitzung am 8. Juni 1893.)

Im Sommer 1891 wurde auf dem höchsten Punkte des Obirgipfels in Kärnten von Seite der österreichischen meteorologischen Gesellschaft ein neues Anemometerhäuschen aufgestellt. Der nach den Plänen des Herrn Oberbergrathes Ferd. Seeland in Klagenfurt unter der Obsorge des Herrn Bergverwalters R. Prugger in Eisenkappel mit einem Kostenaufwande von etwas über 1500 fl. errichtete Bau ist sehr zweckmässig ausgefallen und entspricht zugleich ästhetischen Anforderungen. Die meteorologische Zeitschrift enthält (Jahrgang 1893, Tafel III) ein sehr gelungenes Bild dieser neuen Warte nach einer photographischen Aufnahme des Herrn Dr. Ferd. v. Kleinmayr. Ich verweise auf diese Abbildung, welcher auch eine Ansicht der alten meteorologischen Station beim Rainer'schen Berghause am Obir (2044 *m*) beigegeben ist, weil sie manche der folgenden Erörterungen besser erläutert, als dies durch wörtliche Auseinandersetzungen erreicht werden kann. Auf der Nordseite dieses Anemometerhäuschens, das mit seinen vier Fronten genau nach den Weltgegenden orientirt ist, befindet sich  $2\frac{1}{2}$  *m* über dem Boden ein Fenster, vor welchem in einer luftigen Blechbeschirmung ein Thermograph Richard angebracht wurde, zugleich mit einem Thermometer, welches zur directen Ablesung der Lufttemperatur bestimmt ist. Gegen das Innere der hölzernen Anemometerhütte sind diese Instrumente durch ein Glasfenster

abgeschlossen. Die Aufstellung des Thermographen ist eine sehr günstige und freie. Das Anemometerhäuschen hat wenig mehr als  $2 m^2$  Querschnitt und steht auf einem  $1 m$  hohen, gemauerten Sockel. Der Gipfel des Obir hat nur eine sehr geringe Fläche und fällt allseitig, namentlich nach West und Nord sehr steil ab. Er ist zugleich in weitem Umkreise der höchste Gipfel ( $2141 m$ ), die nächstliegenden, ihm an Höhe nahekommenden Gipfel der Karawanken sind: Die Kosuta ( $2135 m$ ) in SW., in circa  $9 km$ , und der Petzen ( $2114$ ) im Osten in circa  $21 km$  Entfernung; im Süden liegen die Sanntthaler Alpen in circa  $16 km$  Abstand, mit Gipfeln von  $2300$  bis  $2600 m$ ; nach Norden hin beherrscht der Obir das ganze kärntnerische Becken. Das Drauthal, in welches der Nordhang desselben abfällt, hat eine Seehöhe von wenig über  $400 m$ , die Thäler im Osten und Süden reichen zu Seehöhen von  $5—600 m$  hinab. Der Obir ist demnach eine fast freistehende Felspyramide von  $1500$  bis respective  $1700 m$  relativer Erhebung.

Da die Aufstellung des Thermometers zugleich eine sehr günstige ist, so gestatten demnach die Temperaturregistrierungen auf dem Obirgipfel Schlüsse auf den Gang der Temperatur der höheren Luftschichten ohne erhebliche Beeinflussung durch die Unterlage. Es kommt noch ein Vortheil dazu. Die Gipfelstation auf dem Obir liegt noch in Sehweite der Sonnblickstation und fast genau  $1000 m$  tiefer als letztere. Die horizontale Entfernung der beiden Gipfel ist circa  $137 km$  oder  $18\frac{1}{2}$  deutsche Meilen, der Breitenunterschied beträgt wenig über einen halben Grad. Man kann daher die Temperaturbeobachtungen an den beiden Gipfelstationen zu manchen Vergleichen benützen. Ich kenne kein anderes Paar von Gipfelstationen von ähnlicher Höhe, welche solche Vergleichen gestatten würden.

Die Temperaturregistrierungen auf dem Obirgipfel beginnen mit 10. Februar 1892. Die Registrierungen an der unteren Station beim Berghaus,  $100 m$  tiefer, liefern eine damit parallel gehende Reihe. Die directen Ablesungen am Thermometer, das auf dem Gipfel neben dem Registrirapparat in derselben Beschirmung angebracht ist, erfolgen täglich einmal, wenn es die Witterung zulässt. Sie dienen als Anhaltspunkte bei der Reduction der Thermographenzeichnungen. Die bis inclusive Februar 1893

durchgeführten Reductionen haben eine völlig befriedigende Übereinstimmung zwischen der Thermographenzeichnung und der directen Ablesung ergeben. Eine weitere Controle bieten in gewissem Sinne auch die Registrirungen an der unteren Station, die sich an die dreimaligen Ablesungen um 7<sup>h</sup>, 2<sup>h</sup> und 9<sup>h</sup> anschliessen. Eine sorgfältige kritische Prüfung der Reduction der Thermogramme an der oberen Station hat deren völlige Verlässlichkeit ergeben. Der auffälligste Unterschied zwischen dem Temperaturgang unten beim Berghaus und oben auf dem Gipfel zeigte sich im Mai 1892. Nicht allein, dass dieser Monat nach den Registrirungen oben eine etwas höhere Temperatur hatte als unten, und dass auch die Maxima oben grösser waren als unten, es ergab sich zugleich die auffällige Erscheinung, dass die mittlere tägliche Wärmeschwankung auf dem Gipfel grösser war als unten beim Berghaus. In der Regel ist natürlich das Umgekehrte der Fall, besonders da die untere Station gegen die Sonnenstrahlung nicht genügend geschützt werden kann. Eine sorgfältige Prüfung der directen Ablesungen und der Thermogramme liess an der Richtigkeit der reducirten Temperaturwerthe auf dem Gipfel trotzdem nicht zweifeln. Es ergab sich nun bei weiteren Nachforschungen als vollkommen zureichender Grund für diese Anomalie der folgende Umstand. In der zweiten Hälfte des Mai 1892 setzte plötzlich hohe Wärme ein; der Schnee oben auf dem Gipfel war schon geschmolzen, unten aber gab es in der Thermometerhütte und deren Umgebung nach der Mittheilung des Beobachters J. Mattweber noch viel Eis und Schnee: »Im Mai 1892 gab es den ganzen Monat hindurch bis anfangs Juni noch bedeutend viel Schnee in der Umgebung des Hauses und auch in der Instrumentenhütte noch eine starke Eisrinde, wogegen auf dem Gipfel der Schnee schon längst weggeschmolzen war.« Dadurch klärt sich die ganze Sache auf und die kleinere tägliche Temperaturschwankung unten beim Berghaus trotz der stärkeren directen Wirkung der Sonnenstrahlung auf die Thermometerhütte wird verständlich.

Der Umstand, dass auf der kleinen Gipfelfläche, die frei von den Winden und Stürmen bestrichen wird, sich wenig Schnee halten kann, ist sehr günstig für die Registrirung möglichst richtiger Lufttemperaturen.

In der folgenden Tabelle I findet man den täglichen Gang der Temperatur auf dem Obirgipfel von Februar 1892 bis Februar 1893 inclusive in Form von Abweichungen der Stundenmittel vom Tagesmittel zusammengestellt, natürlich ohne jede Ausgleichung, als rohe Mittel aus den registrirten Temperaturen. Der absolute Werth der Monatstemperatur des Februar 1892 ist auf ein volles Monatsmittel reducirt worden, der tägliche Gang bezieht sich auf 20 Tage (10. bis 29. inclusive). Um den täglichen Gang im Februar etwas sicherer kennen zu lernen, habe ich auch noch den Monat Februar 1893 benützt. Die Daten für den Februar, die im Nachfolgenden angeführt werden, sind deshalb zumeist Mittel aus zwei Monaten (Februar 1892 und Februar 1893).

Zur Charakterisirung des allgemeinen Temperaturcharakters der Monate des Jahres 1892 und des Jänner und Februar 1893 mag Folgendes bemerkt werden: Der Februar und März 1892 waren zu kalt, namentlich der letztere (Abweichung circa  $-2^{\circ}$ ), April etwas zu warm, Mai nahe normal, Juni etwas zu kalt, der Juli hatte eine grosse negative Abweichung (fast  $1\frac{1}{2}^{\circ}$ ), August und September waren abnorm warm (August-Abweichung  $+1.7^{\circ}$ ), der October war erheblich zu kalt, der November erheblich zu warm, der December und der Februar 1893 waren fast normal, der Jänner 1893 war viel zu kalt (Abweichung nahe  $-6^{\circ}$ ). Diese Temperaturverhältnisse 1892/93 erklären einige Eigenthümlichkeiten im täglichen Gange der Temperatur, wie sie Tabelle I aufweist, und dienen namentlich auch zur Erläuterung des Unterschiedes im täglichen Gange der Wärme an den beiden Obirstationen, welcher nun auch in Betrachtung gezogen werden soll.

Die Lage der alten Station beim Berghause Obir ist ziemlich ungünstig für Beobachtungen des täglichen Wärmeganges. Das Berghaus liegt auf der Süd-Abdachung des Obirgipfels, und ist auch im Westen durch einen ziemlich nahen Bergrücken, der sich vom Gipfel herabzieht, gedeckt. Da das Haus mit seiner Rückseite an den Felsen angelehnt ist, so blieb zur Aufstellung der Thermometerhütte nur die nach SSW gekehrte Front des Hauses übrig. Es sind zwar thunlichst Vorkehrungen getroffen, den Einfluss der directen Sonnenstrahlung unschädlicher zu

# I. Täglicher Gang der Temperatur auf dem Obirgipfel — 2140 m.

## Abweichungen vom Monatsmittel.

		1892	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.	1893	Febr.
		Febr.											Jänner	
1 <sup>h</sup> a.	—	·22	— ·55	— ·69	— ·76	— 1·07	— 1·47	— 1·32	— ·94	— ·37	— ·15	— ·24	— ·00	— ·14
	2	— ·14	— ·54	— ·52	— ·81	— 1·15	— 1·49	— 1·48	— ·93	— ·33	— 19	— ·20	— ·05	— ·19
	3	— ·08	— ·56	— ·52	— ·96	— 1·24	— 1·56	— 1·61	— 1·00	— ·52	— ·13	— ·23	— ·23	— ·21
	4	— ·15	— ·65	— ·40	— 1·07	— 1·12	— 1·63	— 1·71	— ·96	— ·40	— ·03	— ·23	— ·33	— ·12
	5	— ·13	— ·71	— ·49	— 1·14	— ·99	— 1·55	— 1·63	— ·98	— ·30	— ·05	— ·27	— ·44	— ·23
	6	— ·17	— ·69	— ·45	— 1·20	— ·36	— 1·25	— 1·20	— ·87	— ·33	— ·11	— ·35	— ·48	— ·21
	7	— ·11	— ·64	— ·26	— 1·16	— ·17	— ·67	— ·64	— ·51	— ·23	— ·41	— ·34	— ·56	— ·24
	8	— ·06	— ·43	— 18	— ·82	— ·02	— ·10	— ·06	— ·13	— ·07	— ·26	— ·29	— ·40	— ·20
	9	— ·03	— ·08	— ·10	— ·47	— ·40	— ·10	— ·07	— ·01	— ·11	— 14	— ·09	— ·14	— ·15
	10	— ·06	— ·15	— ·00	— ·02	— ·73	— ·63	— ·30	— ·23	— ·33	— ·09	— ·25	— ·10	— ·07
	11	— ·17	— ·44	— ·24	— ·58	— ·92	— 1·06	— ·81	— ·61	— ·47	— ·26	— ·35	— ·17	— ·10
Mittag	— ·36	— ·98	— ·48	— ·89	— 1·32	— 1·64	— 1·40	— 1·03	— ·62	— ·43	— ·54	— ·19	— ·23	
1	—	·61	·99	·66	1·30	1·44	1·91	1·73	1·31	·72	·55	·58	·34	·29
	2	·61	·99	·85	1·65	1·54	2·17	2·04	1·42	·67	·56	·74	·44	·28
	3	·54	1·09	·77	1·72	1·46	2·29	2·17	1·45	·50	·53	·62	·47	·47
	4	·36	1·05	·82	1·50	1·24	1·97	2·03	1·44	·35	·33	·37	·23	·49
	5	·05	·69	·72	1·34	·61	1·37	1·87	1·23	·20	13	·02	·14	·33
	6	— ·07	·26	·61	1·11	·23	1·08	1·31	·62	— ·05	— ·04	— ·12	·10	18
	7	— ·13	— ·02	·10	·52	— ·19	·20	·25	·04	— ·04	— ·19	— ·22	·22	·03
	8	— ·20	— ·09	— ·13	— ·06	— ·34	— ·45	— ·38	— ·22	— ·07	— ·23	— ·12	·12	— ·13
	9	— ·31	— ·36	— ·14	— ·31	— ·63	— ·76	— ·66	— ·37	— ·23	— ·23	— ·16	·05	— 19
	10	— ·36	— ·43	— ·23	— ·50	— ·69	— ·88	— ·95	— ·66	— ·32	— ·32	— ·16	·00	— ·11
	11	— ·38	— ·39	— ·49	— ·57	— ·85	— 1·19	— 1·09	— ·80	— ·34	— ·30	— ·18	— ·05	— ·12
Mitternacht	— ·32	— ·49	— ·59	— ·66	— 1·04	— 1·39	— 1·17	— ·89	— ·35	— ·21	— ·24	— 02	— ·18	
Mittel	7·37	8·24	1·75	2·24	5·50	7·38	9·80	6·51	0·13	— ·26	— 8·28	— 12·66	— 6·93	

machen, denselben ganz zu beseitigen liess sich aber natürlich nicht erreichen. In Folge der Erwärmung der Holzverschalung in SSW-licher Exposition ist eine Verspätung des Temperaturmaximums zu erwarten und zugleich eine etwas zu hohe Tageswärme überhaupt; auch die Nachttemperaturen dürften etwas zu hoch sein, dergleichen wohl auch das nächtliche Temperaturminimum. Herr Dr. Pernter hat in einer vorläufigen Mittheilung über den täglichen Wärmegang auf dem Obir (Zeitschrift für Meteorologie, XIX. B., 1884, S. 333) gezeigt, dass in der That eine erhebliche Verspätung im Eintritt des Temperaturmaximums sich zeigt. Um den Einfluss der nachmittägigen Besonnung des Thermometerhäuschens auf die Lufttemperatur in demselben zu constatiren, wurde im Jahre 1885 an einem Dachfenster der ENE-Seite des Hauses ein Thermometer in Beschirmung aufgestellt und Nachmittags stündlich abgelesen (siehe Jahrbücher der k. k. C. A. für Meteorologie und Erdmagnetismus, 1885, S. 51).

Die mittleren Unterschiede der Lufttemperaturen in der Thermometerhütte und vor dem Ostfenster des Hauses an sonnigen, klaren Tagen waren folgende:

Thermometerstand — (Thermometer vor Ostfenster).

	Stunde (Nachmittag)			
	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	
Juni und Juli	0°5	1°4	2°1	2°8
August und September	1 1	2·6	3·1	2·7

Bei sonnigem Wetter ist demnach die Erwärmung der Luft in der Thermometerhütte eine ganz beträchtliche und sehr störende. Im Mittel eines ganzen Monats ist allerdings der Einfluss weit geringer, wegen der vielen trüben und nassen Tage.

Interessant ist in dieser Beziehung ein Vergleich des Temperaturganges beim Berghaus Obir mit jenem auf dem Säntis. Ich bilde die Differenzen im täglichen Wärmegange beider Stationen auf Grund der Zusammenstellung bei Dr. Trabert: »Der tägliche Gang der Temperatur und des Sonnenscheins auf dem Sonnblickgipfel« (Denkschriften der Wiener Akademie, B. LIX, 1892, S. 18 und 19 des Separatabdruckes). Der tägliche

Temperaturgang auf dem Säntis bezieht sich noch auf die alte Station beim Gasthause in 2470 *m* Seehöhe auf der NE-Seite des Felsgipfels (3 Jahre 1884/87) mehr als 400 *m* höher als das Rainer'sche Berghaus auf dem Obir.

Unterschiede im täglichen Wärmegange auf dem Obir (Berghaus) und Säntis. Obir—Säntis.

Mittag	1 <sup>h</sup>		3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>		6 <sup>h</sup>		8 <sup>h</sup> Abd.
Juni und Juli								
—0·5	—0·3	—0·2	0·0	0·2	0·8	1·0	0·8	0·6
August und September								
—0·5	—0·3	0·0	0·3	0·8	1·3	1·0	0·4	0·3

Im Gange dieser Zahlen erkennt man recht deutlich den Einfluss der Abendsonne auf die Temperaturangaben in der Thermometerhütte beim Berghause Obir.

Die Eintrittszeiten des täglichen Temperaturmaximums sind:

	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Mittel
Obir	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	3·5
Säntis	2	2	2	2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>		2	2·1

Beim Berghause Obir tritt demnach im Sommerhalbjahre das Temperaturmaximum nahezu um 1<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Stunden später ein als auf dem Säntis.

Der Übelstand bei der Thermometeraufstellung beim Berghause Obir liegt nicht allein in der Erwärmung der Thermometerhütte durch die Nachmittagssonne, sondern in vielleicht noch höherem Grade in der Erwärmung der ganzen nach SSW exponirten Berglehne selbst, an der das Berghaus angebaut ist.

Ich war nun sehr gespannt darauf, welche Differenzen sich in dem täglichen Gange der Temperatur beim Berghaus gegenüber der neuen Temperaturstation auf dem Gipfel ergeben werden.

Zu diesem Zwecke wurden zunächst die Differenzen der Stundenmittel der Temperatur an der unteren und an der oberen Station für jeden Monat gebildet. In diesen Differenzen steckt

aber auch die Wärmeabnahme mit der Höhe, die, wie schon bemerkt, gerade in den benützten Monaten (Februar 1892 bis Februar 1893) wegen der abnormen wechselnden Witterung viele Besonderheiten zeigte, so dass diese rohen Differenzen noch gar nicht geeignet sind, ein klares Bild von den Unterschieden im täglichen Wärmegange an den beiden Stationen zu liefern.

Wenn man aber den mittleren Temperaturunterschied in jedem Monate von den entsprechenden Temperaturdifferenzen zu den einzelnen Stunden abzieht, so erhält man die eigentlichen Unterschiede im täglichen Wärmegange oben und unten. Der kleine Höhenunterschied spielt dabei sicherlich gar keine Rolle. Wie ich später zeigen werde, ist der tägliche Wärmegang auf dem Obirgipfel fast genau derselbe, wie auf dem Sonnblickgipfel, trotz der fast 1000 *m* geringeren Höhe des ersteren.

Man darf sicherlich annehmen, dass der tägliche Wärmegang auf dem Obirgipfel genau ebenso ausgefallen wäre, wenn derselbe nur die Seehöhe des Berghauses hätte. Die Unterschiede im täglichen Wärmegange, die wir im Folgenden kennen lernen werden, sind demnach ganz allein begründet in der Aufstellung des Thermographen, der Exposition und örtlichen Umgebung der unteren Station.

Bevor ich die Unterschiede im täglichen Wärmegange an den beiden Stationen mittheile, möchte ich aber doch auch eine Vorstellung von den actuellen Temperaturdifferenzen in den wärmsten Monaten des Jahres geben. Da diese Unterschiede sich jedoch nur auf einen Jahrgang beziehen, will ich bloss die Mittel für Juni und Juli 1892 (zwei trübe Monate mit negativer Temperaturabweichung) und für August und September 1892 (zwei abnorm heitere Monate mit grosser positiver Temperaturabweichung) hier anführen.

Juni und Juli :	Temperatur unten 7°0, Abweichung —0°9, Bewölkung 5·5.
Aug. und Sept.:	Temperatur unten 9°3, Abweichung +1°7, Bewölkung 3·2.

Temperaturunterschied Obir-Berghaus 2044 *m* und  
Obirgipfel 2140 *m* im Sommer 1892.

	Juni u. Juli		Aug. u. Sept.			Juni u. Juli		Aug. u. Sept.	
1 <sup>h</sup> a.	·66		·70		1 <sup>h</sup> p.	·95		2·24	
2	·64		·67		2	1·10		2·53	
3	·66		·68		3	1 15		2·35	
4	·54		·60		4	1 30		2·21	
5	34		·51		5	1 52		1·64	
6	— 05		·21		6	1·36		1 35	
7	— ·21		·03		7	·93		·95	
8	— ·12		— ·05		8	·82		·92	
9	·08		·48		9	·87		79	
10	·17		1·05		10	·74		·70	
11	·55		1·52		11	75		·67	
Mittag	·68		1·87		Mittern.	·62		·62	
Mittlere Temperaturdifferenz Juni—Juli..						0·67			
						Aug.—Sept.		1·05	
Amplitude der Differenz Juni—Juli						1 73			
						August—September		2·58	

Man bemerkt zunächst, dass die untere Station in den Nachmittagsstunden sehr erheblich zu warm ist. Es erhebt sich Nachmittags in heiteren, warmen Sommermonaten selbst die mittlere Temperatur um 2° (mit Rücksicht auf die geringere Seehöhe der unteren Station) über die Lufttemperatur in gleicher Höhe, auch in kühlen und trüben Sommermonaten beträgt der Überschuss der Temperatur über jene der freien Atmosphäre in den Nachmittagsstunden sicherlich noch 1°. Im Juni und Juli wurde das Maximum der Differenz erst um 5<sup>h</sup> erreicht, im August und September schon um 2<sup>h</sup> Nachmittags.

In den ersten Vormittagsstunden bleibt die Temperatur in der Beschirmung der unteren Station um einige Zehntel Grade zurück hinter jener auf dem Gipfel. Es ist allerdings dazu zu bemerken, dass um diese Zeit die untere Station (der Thermometerstand) noch im Schatten liegt, während oben die Sonne etwa vom Aufgange bis 6<sup>h</sup>a. die Thermometerbeschirmung

treffen muss. Sicherlich verzögert aber die massive Holzbeschirmung der Thermometer an der unteren Station die Temperaturzunahme am Morgen, da sie sich erst langsam wieder erwärmt. Ich möchte die negativen Differenzen um 7<sup>h</sup> und 8<sup>h</sup> Morgens hauptsächlich diesem Umstande zuschreiben.

Die folgende Tabelle II enthält die Unterschiede im täglichen Wärmegange beim Berghause Obir und auf dem Obirgipfel. Die in dieser Tabelle enthaltenen Zahlenwerthe sind aber schon einer Ausgleichrechnung unterworfen worden, um den jährlichen Gang derselben klarer zum Ausdrucke gelangen zu lassen. Die Horizontal-Columnen dieser Tabelle sind nach dem Schema  $\frac{1}{4}(a+2b+c)$  ausgeglichen worden, die Vertical-Columnen aber, d. i. der tägliche Gang in jedem einzelnen Monate sind dann nicht mehr weiter geändert worden. Es wurde nur versucht, den abnormen Charakter einiger Monate, von dem schon oben die Rede war, einigermaßen zu eliminiren und die Differenzen den Mittelwerthen aus mehreren Jahrgängen näher zu bringen. Wie weit dies erreicht worden ist, wird sich erst in den nächsten Jahren herausstellen.

Der tägliche Gang dieser Differenzen ist recht interessant. Im Mai und Juni ist auch noch in den ersten Nachtstunden die Temperatur unten wenigstens relativ höher als oben. Der Spätsommer, der Herbst und selbst noch der Winter hat die höchsten positiven Unterschiede im täglichen Wärmegange. Diese Eigenthümlichkeiten werden sicherlich auch in den mehrjährigen Mitteln erhalten bleiben.

Wenn man die Zahlenwerthe der Tabelle II an den mittleren täglichen Temperaturgang bei dem Berghause Obir mit entgegengesetzten Vorzeichen anbringen würde, so würde man den mittleren täglichen Wärmegang auf dem Obirgipfel erhalten. Doch möchte es sich keineswegs empfehlen, dies schon jetzt zu versuchen, weil trotz der Ausgleichsrechnung, der diese Differenzen unterworfen worden sind, dieselben doch noch keinem mittleren normalen Zustande entsprechen. Namentlich im Winter wären unbrauchbare Resultate zu erwarten, da fast der ganze tägliche Gang auf dem Obirgipfel von derselben Größenordnung ist, wie die Fehler, die den obigen Differenzen noch anhaften.

## II. Unterschied im täglichen Wärmegange Obir-Berghaus—Obirgipfel. Hundertel Grade Celsius.

	Jänner	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Octob.	Nov.	Decbr.	Jahr
1 <sup>h</sup> a.	— 26	— 21	— 30	— 24	01	06	— 09	— 25	— 29	— 27	— 37	— 40	— 22
2	— 25	— 24	— 38	— 35	— 05	05	— 09	— 26	— 34	— 30	— 35	— 37	— 24
3	— 25	— 30	— 47	— 42	— 08	05	— 07	— 24	— 32	— 22	— 33	— 35	— 25
4	— 22	— 23	— 47	— 50	— 19	— 06	— 18	— 32	— 36	— 29	— 40	— 40	— 30
5	— 22	— 22	— 46	— 51	— 32	— 26	— 35	— 46	— 46	— 35	— 41	— 40	— 37
6	— 31	— 32	— 53	— 67	— 66	— 69	— 71	— 76	— 65	— 40	— 42	— 45	— 55
7	— 26	— 27	— 47	— 67	— 73	— 79	— 96	— 1·06	— 83	— 46	— 39	— 40	— 60
8	— 20	— 24	— 46	— 61	— 57	— 65	— 97	— 1·13	— 82	— 44	— 36	— 35	— 57
9	17	— 23	— 37	— 40	— 44	— 52	— 64	— 62	— 37	— 14	— 12	— 16	— 35
10	04	01	— 17	— 16	— 26	— 42	— 43	— 17	09	14	08	05	— 07
11	31	16	14	13	05	— 04	11	24	38	41	40	41	23
Mittag	56	32	34	33	11	02	17	59	77	56	68	73	43
1 <sup>h</sup> p.	72	48	59	58	29	22	53	99	1·01	85	95	1·01	68
2	97	74	91	87	47	36	70	1·23	1·26	92	1·03	1·21	89
3	63	53	80	82	42	35	73	1·10	1·12	81	81	85	75
4	39	38	71	73	47	44	76	1·03	97	63	53	51	63
5	07	21	57	59	43	64	78	76	48	21	06	05	40
6	— 03	12	37	39	30	51	64	45	15	— 03	— 04	— 04	23
7	18	— 02	23	30	26	26	14	— 03	— 13	— 16	— 11	— 15	04
8	— 22	— 10	06	14	11	12	09	— 05	— 15	— 17	— 16	— 22	— 05
9	— 27	— 10	02	04	09	18	11	— 11	— 29	— 25	— 22	— 31	— 09
10	— 29	— 15	— 11	— 08	02	09	— 02	— 22	— 37	— 32	— 26	— 30	— 17
11	21	— 18	— 20	— 08	08	11	— 07	— 24	— 37	— 32	— 23	— 24	— 17
Mitternacht	25	— 20	— 24	— 16	11	08	— 15	— 35	— 40	— 34	— 30	— 33	— 21
Mittel	·30	·25	·39	·41	·27	·29	·40	·53	·52	·37	·38	·40	·354

Ich habe deshalb die Reduction des täglichen Temperaturganges beim Berghause Obir, wie er sich aus den mehrjährigen Beobachtungen ergibt, auf jenen einer freien Gipfellation probeweise nur für die Jahreszeiten versucht, und auch dies nur in schematischer Weise. Die Rechnung wurde deshalb durchgeführt, weil sie einige nicht uninteressante Nebenresultate abzuwerfen verspricht.

Den mittleren täglichen Temperaturgang beim Berghause Obir hat schon Dr. Trabert in seiner früher citirten Abhandlung mitgetheilt. Ich habe noch den Jahrgang 1892 und ein paar ältere Jahrgänge 1882 und 1883 benützt, die dort nicht verwendet worden sind.

Der folgenden Tabelle III, welche den täglichen Wärmegang beim Berghause Obir in Form von Abweichungen der Stundenmittel der Temperatur vom Tagesmittel enthält, liegen die Aufzeichnungen von 7—8 Jahrgängen zu Grunde (1882 und 1883 lückenhaft, 1886 und 1887 etwas lückenhaft, Complet 1884, 1885, 1888, 1889 und 1892). Die Tabelle hat insoferne einen Werth, als es später möglich sein wird, den gestörten täglichen Wärmegang beim Berghause auf den richtigen Temperaturgang auf dem Gipfel zu reduciren. Zu diesem Zwecke werden die Registrirungen unten noch eine Weile fortgesetzt werden müssen, um die Temperaturdifferenzen zwischen Berghaus und Gipfel sicherer ableiten zu können. Vorläufig muss man sich darauf beschränken, die Reduction nur für die Jahreszeiten durchzuführen und auch dies soll nur in allgemeiner Form geschehen.

Zu diesem Zwecke wurden aus den Zahlenwerthen der Tabellen II und III Vierteljahrsmittel abgeleitet und diese durch periodische Functionen ausgedrückt.

### III. Täglicher Gang der Temperatur im Mittel von 7—8 Jahrgängen. Berghaus Obir, 2014 *m.*

	Jänner	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Octob.	Nov.	Decbr.	Jahr
1 <sup>h</sup> a.	— ·52	— ·76	— ·88	— ·75	—1·03	—1·32	—1·35	—1·48	—1·25	— ·52	— 62	— ·39	— ·90
2	— ·59	— ·84	—1·03	— ·88	—1·14	—1·47	—1·47	—1·58	—1·38	— ·56	— ·64	— ·44	—1·00
3	— ·63	— ·91	—1·04	— ·99	—1·28	—1·57	—1·62	—1·69	—1·46	— ·60	— ·62	— ·51	—1·07
4	— ·66	— ·96	—1·10	—1·08	—1·38	—1·75	—1·73	—1·82	—1·52	— ·65	— ·60	— ·50	—1·15
5	— ·73	— ·99	—1·20	—1·20	—1·46	—1·72	—1·79	—1·85	—1·57	— ·66	— ·59	— ·54	—1·19
6	— ·78	—1·05	—1·21	—1·22	—1·40	—1·58	—1·71	—1·85	—1·58	— ·74	— ·61	— ·59	—1·19
7	— ·79	—1·06	—1·18	—1·16	—1·20	—1·33	—1·52	—1·72	—1·40	— ·78	— ·65	— ·63	—1·12
8	— ·76	— ·96	—1·00	— ·94	— ·93	— ·94	—1·06	—1·25	—1·05	— ·69	— ·53	— 53	— ·88
9	— ·62	— ·83	— ·66	— ·50	— ·46	— ·42	— ·54	— ·64	— ·50	— ·43	— ·31	— ·40	— ·53
10	— ·26	— ·28	— ·19	— ·08	— ·04	— ·18	— ·08	— ·07	— ·24	— ·04	— ·17	— ·10	— ·01
11	·22	·29	·39	·40	·66	·82	·80	·80	·98	·36	·68	·41	·57
Mittag	·75	·91	1·08	·86	1·08	1·37	1·47	1·52	1·62	·81	1·11	·81	1·12
1	1·35	1·58	1·59	1·26	1·43	1·83	1·98	2·10	2·14	1·24	1·44	1·18	1·60
2	1·64	2·19	1·96	1·59	1·79	2·17	2·24	2·71	2·52	1·45	1·64	1·45	1·95
3	1·59	2·35	2·06	1·75	1·98	2·29	2·57	2·80	2·68	1·51	1·54	1·25	2·03
4	1·24	1·86	1·86	1·71	2·00	2·26	2·66	2·93	2·53	1·24	1·05	·71	1·84
5	·58	1·05	1·49	1·53	1·76	2·02	2·43	2·80	1·92	·68	·24	·25	1·40
6	·25	·55	·84	1·06	1·24	1·61	1·78	1·78	·78	·19	— ·01	·03	·84
7	·04	·08	·30	·43	·51	·63	·70	·47	·00	— ·08	— ·21	— ·08	·24
8	— ·05	— ·10	— ·08	— ·06	·04	·03	— ·04	— ·17	·01	— ·29	— ·32	— ·19	— ·08
9	— ·20	— ·37	·33	— ·16	— ·33	— ·35	— ·53	— ·59	— ·65	— ·15	— ·44	— ·25	— ·37
10	— ·31	— ·47	— ·53	— ·35	— ·50	— ·65	— ·82	— ·90	— ·87	— ·32	— ·53	— ·25	— ·54
11	— ·35	— ·57	— ·64	— ·48	— ·64	— ·83	— ·98	—1·10	—1·03	— ·36	— ·55	— ·29	— ·65
Mitternacht	— ·45	— ·66	— ·76	— ·62	— ·81	—1·11	—1·22	—1·31	—1·13	— ·44	— ·58	— ·33	— ·78
Mittel	·64	·90	·97	·88	1·05	1·26	1·38	1·50	1·28	·62	·65	·51	·96

Diese Vierteljahrsmittel enthält die nachfolgende Tabelle IV.

Tabelle IV

	Täglicher Temperaturgang beim Berghause Obir 7—8 Jahre				Differenz gegen den täglichen Gang auf dem Gipfel 1 Jahr			
	Winter	Früh- ling	Som- mer	Herbst	Winter	Früh- ling	Som- mer	Herbst
1 <sup>a</sup> .	— ·56	— 89	—1·39	— ·80	— ·27	— ·18	— ·09	— ·31
	— ·62	—1·02	—1·51	— ·86	— ·29	— ·26	— 10	— ·33
3	— ·68	—1·10	—1·63	— ·89	— ·30	— ·32	— ·09	— ·29
4	— ·71	—1·19	—1·77	— ·92	— ·28	— ·39	— ·19	— ·35
	— ·75	—1·29	—1·79	— ·94	— ·28	— ·43	— ·36	— ·41
6	— ·81	—1·28	—1·72	— ·98	— ·36	— 62	— ·72	— ·49
	— ·83	—1·18	—1·53	— ·94	— 31	— ·62	— ·94	— ·56
8	— ·75	— ·96	—1·09	— ·76	— ·26	— ·55	— ·92	— ·54
9	— ·62	— ·54	—0·54	— ·41	— ·19	— ·40	— ·59	— ·21
10	— ·21	— ·08	·11	·12	·03	— ·20	— ·34	·10
11	·31	·48	·80	·67	·29	·11	·10	·40
Mittag	·82	1·01	1·45	1·18	·54	·26	·26	·67
1	1·37	1·43	1·97	1·61	·74	49	·58	·94
2	1·76	1·78	2·37	1·87	·97	·75	·76	1·07
3	1·73	1·93	2·55	1·92	·67	·68	·73	·91
4	1·27	1·86	2·61	1·61	·43	·64	·74	·71
5	·63	1·59	2·41	·95	·11	·53	·73	·25
6	·28	1·05	1·72	·32	·02	·35	·53	·03
	·01	0·41	·60	— ·10	— ·12	— ·26	·12	— 13
8	— ·11	·01	— ·17	— ·17	— ·18	·10	·05	— 16
9	— ·27	— ·27	— ·50	— ·45	— ·23	·05	·06	— ·25
10	— ·34	— ·46	— ·80	— ·57	— ·25	— ·02	— ·05	— ·32
11	— ·40	— ·59	— ·98	— ·65	— ·21	— ·07	— ·07	— ·31
Mitternacht	— ·48	— ·73	—1·22	— ·72	— ·26	— ·10	— ·14	— ·35
Mittel	·68	·96	1·38	·85	·32	·35	·39	42

Die Unterschiede im täglichen Wärmegange oben und unten haben, wie man aus der Tabelle IV recht deutlich sieht, vollkommen denselben Gang, wie die Temperatur beim Berghause selbst, nur die Amplituden sind kleiner.

Im Sommer ist die Verspätung des Maximaleffectes der Störung recht deutlich ausgeprägt. Man kann sagen, dass die Störung im täglichen Gange der Temperatur beim Berghause darin besteht, dass auf den Gang der Lufttemperatur noch ein Temperaturgang von beinahe demselben Charakter aufgesetzt ist, so dass die Amplituden sehr vergrößert und zugleich der Eintritt des Nachmittagsmaximums namentlich im Sommer verzögert wird.

Den kürzesten und präzisesten Ausdruck finden diese Verhältnisse durch die folgenden Gleichungen. Die Zeit ist von Mitternacht an gezählt ( $x = 0$  für Mitternacht).

A. Täglicher Gang der Temperatur beim Berghause Obir, ausgedrückt durch die Constanten der Bessel'schen Formel.

	$p_1$	$q_1$	$p_2$	$q_2$	$A_1$	$A_2$		
Winter	— ·691	— ·741	+ ·230	+ ·452	223°0	26°9	1·013	·507
Frühjahr	— ·924	—1 166	+ ·128	+ ·420	218·4	17·0	1·488	·439
Sommer	—1·411	—1·592	+ ·091	+ ·516	221·6	10·0	2·127	·524
Herbst	— ·976	— ·825	+ 261	+ ·457	229·8	29·7	1·277	·526
Jahr	—1·000	—1·081	+ ·177	+ 461	222·8	21·0	1·472	·494

B. Unterschied im täglichen Gange Berghaus Obir—Obirgipfel.

	$p_1$	$q_1$	$p_2$	$q_2$	$A_1$	$A_2$	$a_1$	
Winter	— ·390	— ·242	+ ·166	+ ·201	238·2	39·6	·459	·261
Frühling.	— ·209	— ·496	+ ·100	+ ·191	202·9	27·6	·538	·216
Sommer	— ·150	— ·560	+ ·121	+ 345	195·0	19·3	·580	·366
Herbst	— ·481	— 356	+ ·214	+ ·280	233 5	37·4	·598	·352
Jahr	— ·307	— ·413	+ ·150	+ ·254	216·6	30·6	·515	·295

Die durch letztere Constanten repräsentirten Gleichungen sind der Ausdruck für die Störungen, denen der Gang der Temperatur beim Berghause in Folge örtlicher Einflüsse und fehler-

hafter Aufstellung des Thermographen unterliegt. Man bemerkt zunächst, dass das zweite Glied verhältnissmässig sehr gross ist. Der Einfluss des ersten Gliedes erreicht sein Maximum im Winter um 2<sup>h</sup>, im Frühling um 4<sup>1/2</sup><sup>h</sup>, im Sommer um 5<sup>h</sup> und im Herbst um 2<sup>1/2</sup><sup>h</sup>. Da auch das zweite Glied im Sommer um 5<sup>h</sup>p. einen maximalen positiven Werth erhält, so erklärt sich die beträchtliche Verspätung im Eintritt des Temperaturmaximums zu dieser Jahreszeit.

Wenn man nun die durch obige Gleichungen (Tabelle B) repräsentirten Störungen im täglichen Gange der Temperatur beim Berghause Obir, von dem letzteren abzieht, so wie er durch die Gleichungen in Tabelle A repräsentirt wird, so erhält man die Ausdrücke für die wahrscheinlichsten mittleren Werthe des täglichen Wärmeganges auf dem Gipfel des Obir. Indem man die  $p$  und  $q$  der Tabelle B von den entsprechenden  $p$  und  $q$  der Tabelle A subtrahirt und dann aus den sich ergebenden neuen Werthen der  $p$  und  $q$  die Winkelconstanten  $A$  und die Amplituden  $a$  berechnet, findet man:

### C. Berechneter mittlerer täglicher Gang der Temperatur auf dem Obirgipfel.

	$p_1$	$q_1$	$p_2$	$q_2$	$A_1$	$A_2$		
Winter .	— ·301	— ·499	+·064	+·251	211°1	14·3	·583	·259
Frühling	— ·715	— ·670	+·028	+·229	226·9	7·0	·980	·231
Sommer	—1·261	—1·032	—·030	+·171	230·7	350·1	1·630	·174
Herbst	— ·495	— ·469	+·047	+·177	226·6	14·9	·681	·183
Jahr	— ·693	— ·668	+·027	+·207	226·1	7·4	·962	·209

Die Amplituden des täglichen Wärmeganges auf dem Gipfel erscheinen nun sehr beträchtlich kleiner und es ist namentlich der Einfluss des zweiten periodischen Gliedes mit zwei Maximis und Minimis im Laufe eines Tages sehr stark herabgemindert, so dass der einfache tägliche Gang in bedeutend höherem Grade präponderirt.

Der tägliche Temperaturgang auf einem freien Berggipfel nähert sich demnach mehr einer einmaligen täglichen Wärmewelle als der durch Localeinflüsse gestörte Temperaturgang an der Erdoberfläche.



V Täglicher Gang der Temperatur in den correspondirenden Monaten Februar 1892 bis  
Jänner 1893 inclusive.

	Obirgipfel 2140 m					Sonnblick 3100 m				
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
1a.	—0·14	—0·67	—1·29	—0·49	—0·65	—0·30	—0·77	—0·69	—0·49	—0·56
2	—0·14	—0·62	—1·37	—0·48	—0·65	—0·31	—0·81	—0·82	—0·48	—0·60
3	—0·20	—0·68	—1·47	—0·55	—0·72	—0·36	—0·90	—0·92	—0·54	—0·68
4	—0·23	—0·71	—1·49*	—0·46*	—0·72	—0·41	—0·97*	—1·05	—0·61	—0·76
5	—0·30	—0·78	—1·39	—0·44	—0·73	—0·42*	—0·95	—1·05*	—0·61	—0·76
6	—0·34	—0·78*	—0·94	—0·44	—0·62	—0·37	—0·91	—0·86	—0·64*	—0·69
7	—0·36*	—0·69	—0·49	—0·38	—0·48	—0·36	—0·63	—0·52	—0·52	—0·51
8	—0·27	—0·48	—0·06	—0·15	—0·24	—0·29	—0·43	—0·33	—0·33	—0·34
9	—0·10	—0·22	0·19	—0·01	—0·03	—0·10	0·00	—0·05	—0·05	—0·05
10	0·12	0·04	0·55	0·22	0·23	0·15	0·34	0·24	0·15	0·22
11	0·22	0·42	0·93	0·45	0·50	0·35	0·61	0·47	0·36	0·45
Mittag	0·34	0·78	1·45	0·69	0·81	0·52	0·93	0·65	0·63	0·68
1	0·46	0·98	1·69	0·86	1·00	0·61	1·17	0·81	0·77	0·84
2	0·54*	1·16	1·92	0·88*	1·12	0·66*	1·38	1·09	0·78	0·98
3	0·53	1·19*	1·97*	0·83	1·13	0·65	1·39*	1·19*	0·86*	1·02
4	0·34	1·12	1·75	0·71	0·98	0·55	1·21	1·19	0·80	0·94
5	0·10	0·92	1·28	0·51	0·70	0·30	0·97	0·99	0·57	0·71
6	0·02	0·66	0·87	0·18	0·43	0·14	0·63	0·81	0·30	0·47
7	—0·02	0·20	0·09	—0·06	0·05	0·01	0·21	0·46	0·09	0·19
8	—0·05	—0·09	—0·39	—0·17	—0·18	—0·11	—0·14	0·05	—0·03	—0·06
9	—0·12	—0·27	—0·68	—0·28	—0·34	—0·12	—0·50	—0·25	—0·14	—0·25
10	—0·13	—0·39	—0·84	—0·43	—0·45	—0·19	—0·59	—0·40	—0·24	—0·35
11	—0·16	—0·48	—1·04	—0·48	—0·54	—0·24	—0·66	—0·50	—0·35	—0·44
Mittern.	—0·17	—0·58	—1·20	—0·48	—0·61	—0·26	—0·72	—0·59	—0·41	—0·50



Die Übereinstimmung im täglichen Gange der Temperatur auf dem Obirgipfel und auf dem Sonnblickgipfel findet wohl ihren kürzesten und zugleich augenfälligsten Ausdruck in den folgenden Gleichungen:

Täglicher Gang der Temperatur ( $x = 0$  für Mitternacht).

I. Im Jahresmittel:

Obirgipfel (2140 <i>m</i> )	$0 \cdot 89 \sin (234^{\circ}3+x)+0 \cdot 22 \sin (28^{\circ}1+2 \cdot x)$
Sonnblickgipfel (3100 <i>m</i> )	$0 \cdot 84 \sin (228 \cdot 4+x)+0 \cdot 18 \sin (33 \cdot 1+2 \cdot x)$

II. Im Sommermittel (Juni—August):

Obirgipfel	$1 \cdot 65 \sin (238^{\circ}1+x)+0 \cdot 25 \sin (24^{\circ}3+2 \cdot x)$
Sonnblickgipfel	$1 \cdot 04 \sin (224 \cdot 0+x)+0 \cdot 12 \sin (16 \cdot 9+2 \cdot x)$

Im Jahresmittel ist die Übereinstimmung eine vollständige, im Sommermittel besteht ein merklicher Unterschied in der Amplitude und in der Phasenzeit der täglichen Wärmewelle. Die Amplitude ist um die Hälfte grösser auf dem Obir, und der Eintritt des Maximums erfolgt früher als auf dem Sonnblick (so weit das erste Glied allein in Betracht kommt, um nahezu Stunde: Obirgipfel Maximum 2<sup>h</sup> p., Sonnblickgipfel 3<sup>h</sup> p.).

Die Übereinstimmung im täglichen Gange der Temperatur auf den beiden um fast 1000 *m* an absoluter Höhe verschiedenen Gipfeln zeigt, wie wir schon früher hervorgehoben haben, dass die rascheste Änderung im Temperaturgange bei zunehmender Entfernung von der Erdoberfläche in den alleruntersten Schichten vor sich geht, und dass es jedenfalls ganz unzulässig ist, eine mit der Höhe einfach proportionale Änderung (Abnahme) der Amplituden der Lufttemperatur anzunehmen. Die mittlere tägliche Wärmeschwankung in der Luftschicht zwischen den Niederungen und einem Berggipfel, der aus denselben emporsteigt, ist jedenfalls erheblich kleiner, als das Mittel aus den oben und unten beobachteten Temperaturamplituden. Am besten lässt sich die rasche Abnahme der Amplituden der täglichen Wärmeschwankung mit der Entfernung vom Erdboden mittelst den Temperaturstationen auf dem Eiffelturm zu Paris constatiren. Ich will zum Schlusse dieser Erörterungen die täglichen Temperaturvariationen im Mittel der

vier Jahreszeiten für Klagenfurt,<sup>f</sup> Obir und Sonnblick (Jahr 1892) und den Stationen auf dem Eiffelthurm (Jahr 1890) hier übersichtlich zusammenstellen.

Mittlere tägliche periodische Wärmeschwankung aus 24stündigen Beobachtungen.

	Klagenfurt 450 <i>m</i>	Obir 2140 <i>m</i>	Sonnblick 3100 <i>m</i>	Paris <sup>1</sup> 18 <i>m</i>	Eiffelthurm <sup>1</sup>		
					123 <i>m</i>	197 <i>m</i>	302 <i>m</i>
Winter	5.5	1.0	1.1	3.6	3.0	2.5	2.0
Frühling	9.1	2.0	2.4	6.9	5.8	5.0	4.6
Sommer	9.6	3.5	2.3	7.7	6.1	5.2	5.2
Herbst.	5.7	1.4	1.5	6.1	4.7	3.6	2.9
Jahr.	7.5	2.0	1.8	6.1	4.9	4.1	3.7

Die mittlere Tagesschwankung der Temperatur nimmt, wie die Beobachtungen auf dem Eiffelthurme zeigen, zuerst sehr rasch und dann bald viel langsamer mit der Höhe ab. Die Stationen in 18 und 123 *m* geben 1°1 Abnahme der Amplitude pro 100 *m* Höhenzunahme, die Stationen in 123 und 197 *m* liefern das gleiche Resultat, die Stationen in 197 und 302 *m* geben bloss 0°36 pro 100 *m*. Aus den vier Stationen erhält man folgende genäherte Gleichung für die Abnahme der Amplituden mit der Höhe, wenn wir mit *A* die Amplituden und mit *h* die relativen Höhen in Hektometern bezeichnen:

$$A_h = A_0 - 1.21 h + 0.14 h^2.$$

Lässt man das gleiche Gesetz der Abnahme der Amplituden auch für das kärntnerische Becken gelten, so würde man beiläufig folgende Reihenfolgen von Amplituden der Tagesschwankung der Temperatur in den verschiedenen Höhen aufstellen können:

Jahresmittel der Amplituden der periodischen täglichen Wärmeschwankung.

Relative Höhe	0	100	200	300	1700	2600 <i>m</i>
Amplitude	7.5	6.4	5.6	5.1	2.0	1.8

<sup>1</sup> Relative Höhen über dem Erdboden. Paris, Bureau Central, Terrasse.

Diese Zahlen dienen natürlich nur zu einer vorläufigen rohen Schätzung der Abnahme der Amplituden der periodischen Tagesschwankung der Temperatur mit der Höhe. Dieselbe scheint nach den Jahreszeiten ziemlich verschieden zu sein; die stündlichen Aufzeichnungen auf dem Eiffelthurme im Jahre 1890 geben z. B. folgendes eigenthümliche Resultat.

Localität	Änderung der Amplitude pro 105 m			
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Bureau Central (18 m)—II. Plattform (123 m)	0°55	1°07	1°59	1°43
Intermediäre Plattform (197 m)—Spitze (302 m)	0·50	0·38	0·00	0·64

Diese Zahlen mögen nur hier stehen, um darauf aufmerksam zu machen, dass die Abnahme der Tagesamplitude der Temperatur ziemlich complicirten Einflüssen zu unterliegen scheint. Die bezüglichen Verhältnisse an den Stationen auf dem Eiffelthurm wird uns sicherlich Herr A. Angot noch seinerzeit vollkommen klar darstellen. Hier muss die Erörterung derselben nun abgebrochen werden.

### Tägliche Periode der Wärmeabnahme mit der Höhe.

Die beiden, man darf sagen, benachbarten Gipfelstationen auf dem Obir und auf dem Sonnblick geben Gelegenheit, auch in Bezug auf die tägliche Periode der Wärmeabnahme mit der Höhe eine kleine vorläufige Untersuchung anzustellen.

Bekanntlich erhält man eine sehr beträchtliche tägliche Periode der Wärmeabnahme mit der Höhe, wenn man eine Station in der Niederung mit einer Station auf einem Berggipfel diesbezüglich vergleicht.

In Wirklichkeit wird die tägliche Änderung der Wärmeabnahme mit der Höhe viel kleiner sein, denn die grosse Steigerung der täglichen Wärmeschwankung in der Nähe der Erdoberfläche beschränkt sich bloss auf die untersten Luftschichten. In den höheren, freien Luftschichten dürfte der Unterschied im täglichen Wärmegange beim Übergange von einem Niveau zu einem anderen ein viel geringerer sein, als man dies gewöhnlich annimmt. Stündliche Temperaturaufzeichnungen



## VI. Temperaturdifferenz Obirgipfel—Sonnblickgipfel, corrigirt für den Breitenunterschied.

	Jänner	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Octob.	Nov.	Decbr.	Jahr
1 <sup>h</sup>	4·96	5·94	5·20	5·33	6·27	5·25*	5·95**	6·14	6·24	5·21	4·93	5·16	5·55
2	4·89	6·02*	5·21	5·53	6·34	5·34	6·07	6·07**	6·26	5·26	4·84	5·28	5·59
3	4·77	6·00	5·24	5·64	6·29	5·36	6·04	6·08	6·23	5·09	5·10	5·30	5·60
4	4·70	6·00	5·23	5·76*	6·37	5·60	6·06	6·18	6·21	5·42	5·20**	5·43*	5·68
5	4·73	5·98	5·20	5·68	6·40	5·71	6·11	6·33	6·19**	5·52	5·17	5·23	5·69
6	4·60	5·97	5·31*	5·68	6·57*	6·22	6·15	6·56	6·25	5·54	5·19	5·10	5·76
7	4·47	6·01	5·28	5·52	6·32	6·22	6·32	6·73	6·36	5·63	4·82	5·07	5·73
8	4·52	6·02	5·14	5·33	6·29	6·26	6·64	7·10	6·54	5·68**	4·73	5·02	5·77
9	4·61	5·94	5·18	5·08	6·25	6·47	6·49	6·93	6·25	5·63	4·67	5·00	5·71
10	4·61	5·79	5·09	4·91	6·13	6·34	6·78	6·99	6·29	5·65	4·70	5·07	5·70
11	4·50	5·72	5·07**	5·01	6·12	6·38	6·96	7·23	6·49	5·59	4·64	4·97	5·73
Mittag	4·46*	5·66	5·18	4·96	6·03**	6·60**	7·31	7·69	6·65	5·42	4·56	4·95	5·79
1 <sup>h</sup> p.	4·61	5·64	5·15	4·88	6·12	6·58	7·39**	7·87**	6·84	5·52	4·53	4·93	5·84
2	4·76	5·49	5·11	4·80	6·05	6·53	7·29	7·84	6·93**	5·22	4·58	5·06	5·80
3	4·81	5·57	5·25	4·67*	6·24	6·33	7·41	7·79	6·74	5·07	4·59	4·96	5·79
4	4·69	5·54	5·34	4·85	6·51	6·17	7·12	7·55	6·78	5·02**	4·37*	4·83	5·73
5	4·77	5·52**	5·34	4·88	6·44	5·75	6·91	7·41	6·82	5·04	4·46	4·81**	5·68
6	4·82	5·60	5·22	5·08	6·63**	5·58	6·85	6·98	6·53	5·03	4·54	4·87	5·65
7	5·08	5·66	5·31	5·00	6·49	5·35	6·36	6·36	6·32	5·20	4·52	4·84	5·54
8	5·00**	5·67	5·39**	5·17	6·33	5·52	6·17	6·20	6·24	5·32	4·53	5·16	5·56
9	4·87	5·67	5·28	5·60	6·49	5·48	6·22	6·22	6·34	5·23	4·53	5·13	5·59
10	4·97	5·74	5·20	5·58	6·50	5·47	6·29	6·14	6·27	5·22	4·43	5·13	5·58
11	4·91	5·80	5·31	5·35	6·47	5·39	6·08	6·13	6·29	5·29	4·52	5·15	5·56
Mittn.	5·02	5·88	5·27	5·36	6·28	5·28	5·98	6·14	6·27	5·25	4·75	5·09	5·55
Mittel	4·76	5·71	5·23	5·23	6·32	5·88	6·54	6·77	6·42	5·33	4·69	5·06	5·67

natürlich die Anbringung dieser Correctionen keinen Einfluss. Die jährliche Periode der Wärmeabnahme mit der Höhe wird aber durch dieselben etwas verkleinert.

Die Temperaturdifferenzen der Tabelle VI zeigen im Winterhalbjahr fast gar keinen täglichen Gang, sie sind fast constant den ganzen Tag über. Soweit noch ein täglicher Gang erkennbar ist, zeigt er die höchst auffallende Erscheinung, dass das Minimum der Temperaturdifferenzen im täglichen Gange auf Mittag oder Nachmittag fällt, das Maximum auf den Abend oder die Nachtstunden. Das ist ganz das Gegentheil von den bekannten Verhältnissen: grösste Temperaturdifferenz (Maximum der Wärmeabnahme) am Nachmittag, kleinste am frühen Morgen. Diese Umkehrung des täglichen Ganges der Temperaturdifferenzen beginnt im October und währt bis zum Mai. In den eigentlichen Sommermonaten Juni bis September ist der tägliche Gang der Temperaturdifferenzen der normale mit einem Maximum in den ersten Nachmittagsstunden und einem Minimum in den Nachtstunden. Die Umkehrung des täglichen Ganges der Temperaturdifferenzen ist also den kalten Monaten eigenthümlich, vielleicht kann man sagen jenen Monaten, während welcher der Obirgipfel zumeist mit Schnee bedeckt ist. Während derselben Monate ist natürlich auch der 1000 *m* höhere Sonnblickgipfel mit Schnee bedeckt. In jener Jahreszeit also, wo beide Gipfel mehr oder minder eine Schneelage haben, ist die Wärmeabnahme mit der Höhe in der Nacht rascher als bei Tag. Mit anderen Worten, die untere Station (Obirgipfel) ist bei Nacht relativ wärmer, bei Tag kälter. Es handelt sich allerdings nur um einige Zehntel Grade Celsius.

Zur Zeit, da der Obirgipfel keine dauernde Schneedecke hat, in den vier Sommermonaten Juni—September, ist er bei Tag relativ wärmer und bei Nacht kälter als der höhere Sonnblickgipfel, der die permanente Schneegrenze überragt. Ich hebe die Verhältnisse der Bodenunterlage der Station hervor, ohne damit bestimmt behaupten zu wollen, dass wirklich die Schneedecke die Ursache der Umkehrung des täglichen Ganges der Temperaturdifferenzen ist. Mir scheint dies aber wahrscheinlich zu sein.

Im Winterhalbjahr, namentlich während der Anwesenheit einer Schneedecke, ist die Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen den Thälern und den Berggipfeln am kleinsten. Die durch Wärmeausstrahlung während der langen Nächte erkaltete Luft über den Berghängen und Gipfel fließt ins Thal hinab und wird durch wärmere aus der freien Atmosphäre ersetzt. Diese aus der Höhe auf die Bergabhänge gleichsam herabgesaugte Luft erwärmt sich beim Herabsinken dynamisch und bildet eine Art Wärmequelle für die Berghänge und Berggipfel. Ich habe einige auffallende Beispiele dafür in meiner schon oben citirten Abhandlung über die Temperaturverhältnisse der österreichischen Alpenländer (III. Theil, S. 63 [95]) ausführlicher behandelt. Es scheint mir nun nicht unwahrscheinlich zu sein, dass in diesem nächtlichen Herabsinken sich erwärmender Luft aus der Höhe die Ursache der relativ höheren Temperatur des Obirgipfels in den Nachtstunden des Winterhalbjahres liegen könnte. Der Obir liegt gerade in einem Gebiete, in welchem die nächtliche »Temperaturumkehrung« im Winter recht häufig ist, während beim Sonnblickgipfel wegen seiner Höhe und der bewegteren Luft auf der Nordseite der Alpen dies schon seltener und schwächer der Fall ist.

Wenn diese Annahme richtig ist, dann darf man voraussetzen, dass zur Zeit eines Barometermaximums diese Umkehrung des täglichen Ganges der Temperaturdifferenzen am stärksten sich geltend machen wird. Um diese Schlussfolgerung zu prüfen, habe ich in dem Winter 1892/93, dem einzigen, von dem jetzt schon Beobachtungen von dem Obirgipfel vorliegen, 20 Tage herausgesucht, während deren nach den täglichen Wetterkarten die Ostalpen im Gebiete eines Barometermaximums lagen.

Leider gehört der grössere Theil dieser Tage keinem ausgesprochenen Barometermaximum an, namentlich lag der Kern des Maximums nur wenige Male über den Ostalpen selbst. Es ist also von vorneherein kein sehr entschiedenes Resultat zu erwarten. Der Winter 1892/93 hatte nur im December einige ausgesprochene Barometermaxima; man darf sich aber, wegen der beträchtlichen Entfernung der beiden Stationen (Obir und Sonnblick) von den stündlichen Daten einiger weniger Tage

noch gar keinen entschiedenen täglichen Gang der Temperaturdifferenzen erwarten. Daher glaubte ich doch mindestens 20 Tage der Rechnung zu Grunde legen zu müssen. Die benützten Tage sind: 1892 November 21./24., 27./29.; December 16./22., 26./29.: 1893 Januar 28. und 29. Von diesen Tagen wurden die stündlichen Temperaturwerthe für Sonnblick und Obir ausgeschrieben und Mittelwerthe abgeleitet. Diese und die daraus folgenden stündlichen Temperaturunterschiede zwischen Obir und Sonnblick findet man in der folgenden Tabelle S. 736 zusammengestellt. Von einer Reduction auf gleiche Breite wurde wegen der Kleinheit und Unsicherheit dieser Reduction im vorliegenden Falle Abstand genommen. Dieselbe Tabelle VII enthält auch die Mittelwerthe der Temperaturdifferenzen aus Tabelle VI für 3 Perioden des Jahres.

Der Gang der Temperaturdifferenzen Sonnblick—Obir während der 20 Tage mit Barometermaximis zeigt genau den gleichen Gang, wie er im Wintermittel überhaupt stattfindet, nur in unregelmässigerer und schwächer ausgeprägter Form. Er spricht also kaum für die früher erwähnte Annahme über die Ursache des nächtlichen Maximums der Temperaturdifferenzen, bestätigt aber die Existenz dieses Maximums selbst im Mittel weniger Tage.

Da die einfachen Mittelwerthe der erwähnten 20 Tage noch einen sehr unregelmässigen Gang zeigten, habe ich dieselben auf die Formel gebracht ( $x = 0$  für Mitternacht):

$$5 \cdot 259 + 0 \cdot 091 \sin(82^\circ 4 + x) + 0 \cdot 031 \sin(48^\circ 8 + 2x).$$

Mittelst derselben sind die »berechneten Werthe« erhalten worden. Von 6<sup>h</sup> Morgens bis 7<sup>h</sup> Abends bleiben die Temperaturdifferenzen unterhalb des Tagesmittels. Das Minimum fällt auf 10<sup>h</sup> Vormittag, das Maximum auf 1<sup>h</sup> Nachts. Die Amplitude der Variation beträgt nur  $0^\circ 2$ , d. i. kaum  $4\%$  des Betrages der mittleren Temperaturdifferenz.

Wenn man die Temperaturdifferenzen Sonnblick—Obir durch den Höhenunterschied, d. i. 940 *m* dividirt, so erhält man die Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen den beiden Gipfeln im Niveauintervall von 2 und 3 *km* Seehöhe.

## VII. Mittlere Temperaturdifferenzen zwischen Obir- gipfel und Sonnblickgipfel.

	I. Mittel von 20 Tagen, Barometer- maxima				II. Mittlere Differenz corrigirt für den Breitenunterschied		
	Mittlere Temperatur		Temp.-Differenz		Decemb. bis März	April, Mai, October, Novb.	Juni bis Septmb.
	Sonn- blick	Obir	beob- achtet	berech- net			
1 a.	—9·78	—4·45	5·33	5·38*	5·31	5·43	5·90*
2	·76	·43	·33	·37	·35*	·49	·94
3	·88	·49	·39	·35	·33	53	·93
4	·98	·53	·45*	·32	·34	·69	6·01
5	·84	·47	·37	·29	·29	·69*	·08
6	·80	·62	·18	·25	·25	·75	·29
7	·75	·64	·11	·22	·21	·57	·41
8	·65	·53	·12*	·20	·17	·51	·63
9	·52	·25	·27	18	·18	41	·54
10	·38	·14	·24	·18*	·14	·35	·60
11	·19	·04	·15	·19	·08	34	·76
Mittag	·01	3·90	·11	·19	·06*	·24	7·06
1	8·98	·78	·20	·20	·08	·26	17*
2	9·07	·65	·42	·20	·10	·16	·15
3	·03	·74	·29	·21	·15	·14*	·07
4	·04	·99	·05	·21	·10	19	6·90
5	·35	4·31	·04*	21	·11	·20	·72
6	·68	·53	·15	·22	·13	·32	·49
7	·83	·48	·35	·24	·22	·30	·10
8	·96	·50	·46	·26	·31	·34	·03
9	·89	55	·34	·29	·24	·46	·06
10	·85	·62	·23	·33	·26	·43	·04
11	·83	·52	·31	·35	·29	·41	5·97
Mittn.	·78	·45	·33	·37	·31	·41	·92
Mittel	—9·58	—4·32	5·26	5·26	5·51	5·40	6·41

Die stündlichen Werthe der Wärmeabnahme mit der Höhe, die hier nicht angeführt zu werden brauchen, da sie natürlich genau den gleichen Gang zeigen wie die Temperaturdifferenzen in Tabelle VII, wurden für die 3 Jahresperioden December bis März (Winter); April, Mai, October, November (Frühling und Herbst); dann Juni—September (Sommer), während welcher sie einen analogen Gang haben, abgeleitet und dann durch periodische Reihen ausgedrückt.

Täglicher Gang der Temperaturabnahme mit der Höhe pro 100 *m* zwischen Sonnblick und Obirgipfel. ( $x = 0$  für Mitternacht).

Winter	$0.5425 + 0.0132 \sin(68^\circ 9' + x) + 0.0011 \sin(292^\circ 1' + 2x)$
Frühling u. Herbst.	$0.5626 + 0.0217 \sin(31^\circ 9' + x) + 0.0079 \sin(250^\circ 9' + 2x)$
Sommer	$0.6670 + 0.0607 \sin(255^\circ 3' + x) + 0.0139 \sin(29^\circ 8' + 2x)$

Mittelst dieser Gleichungen ist der in Tabelle VIII S. 738 enthaltene tägliche Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe sowohl in Form von Abweichungen vom Tagesmittel als auch in Form der absoluten Werthe der Wärmeabnahme selbst berechnet worden.

Man sieht, dass während 8 Monaten des Jahres von October bis Mai inclusive fast kein täglicher Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe vorhanden ist, und selbst im Sommer ist derselbe nur ganz schwach ausgeprägt. In grossen Höhen über 2000 *m* ist demnach fast keine tägliche Änderung in der Wärmeabnahme mit der Höhe mehr vorhanden; ein sehr bemerkenswerthes Resultat, das, wie mir scheint, hier zuerst nachgewiesen worden ist. Für die freie Atmosphäre gilt dieser Satz jedenfalls in noch höherem Grade, denn die Fehler, denen unsere Bestimmungen der Lufttemperatur unterliegen, streben dahin, die tägliche Wärmeschwankung etwas grösser erscheinen zu lassen, als sie in Wirklichkeit in den freien Atmosphären vorhanden ist.

VIII. Täglicher Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen Sonnblick (3100 *m*) und Obir (2140 *m*) pro 100 *m*. Celsius Grade.

	Winter	Frühling und Herbst	Sommer	Winter	Frühling und Herbst	Sommer	Jahr
	Abweichungen vom Mittel			Absolute Werthe			
1 <sup>h</sup> a.	·012	·008	—·049	·555	·570	·618	·581
2	·013*	·013	—·045	·555*	·576	·622	·584
3	·012	·018	—·040	·555	·581	·627	·588
4	·011	·023	—·036	·554	·586	·631	·590
5	·009	·026*	—·030	·551	·589*	·637	·592
6	·006	·026*	—·022	·548	·589	·645	·594
	·002	·023	—·012	·545	·585	·655	·595
8	—·002	·016	·002	·541	·579	·669	·596
9	—·006	·008	·018	·537	·570	·685	·597
10	—·009	—·002	·036	·533	·561	·703	·599
11	—·012	—·011	·053	·531	·551	·720	·601
Mittag	—·013	—·019	·066	·529	·544	·733	·602
1	—·014*	—·023	·073*	·529*	·539	·740*	·603*
2	—·013	—·025*	·072	·529	·538*	·739	·603
3	—·012	—·024	·064	·531	·539	·731	·600
4	—·009	—·020	·050	·533	·542	·717	·597
	—·006	—·016	·030	·536	·547	·697	·593
6	—·004	—·011	·009	·539	·552	·675	·589
	—·001	—·007	—·012	·542	·555	·655	·584
8	·002	—·004	—·030	·545	·558	·637	·580
9	·005	—·003	—·043	·547	·560	·624	·577
10	·008	—·001	—·050	·550	·562	·617	·576*
11	·010	·001	—·053*	·552	·563	·614*	·576
Mitternacht	·012	·004	—·051	·553	·566	·616	·578
Mittel	·007	·011	·031	·542	·563	·667	·591

Die wichtigsten Elemente des täglichen Ganges der Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen Obir und Sonnblick sind:

	Mittel	Maximum		Minimum		Amplitude
		Zeit	Betrag	Zeit	Betrag	
Winter	0°542		0°555	1 <sup>h</sup> p.	0°529	0°026
Frühling und Herbst	0°563	5 a.	0°589	2 p.	0°538	0°051
Sommer	0°667	1 p.	0°740	11 p.	0°614	0°126
Jahr	0°591	1 p.	0°603	10 <sup>1/2</sup> p.	0°576	0°027

Selbst im Sommer schwankt tagüber die Wärmeabnahme mit der Höhe nur zwischen den Grenzen 0°74 und 0°61 pro 100 *m*, im Winter bewegt sie sich gar nur zwischen 0°55 und 0°53, in den Übergangsjahreszeiten zwischen 0°59 und 0°54.

Von Interesse ist ein Vergleich mit den von Herrn Dr. Trabert aus dreijährigen correspondirenden Beobachtungen berechneten Werthen der Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen Kolm Saigurn und Sonnblick (Höhendifferenz 1500 *m*). Die Lage von Kolm Saigurn ist ausserordentlich günstig zur Berechnung der Wärmeabnahme mit der Höhe, wegen der sehr geringen Horizontalabstand von Sonnblickgipfel (bloss 2·5 *km*) und der örtlichen Verhältnisse überhaupt, die eine ganz locale Beeinflussung der beobachteten Temperatur, wie sie in vielen Thalstationen namentlich im Winter vorkommt, unwahrscheinlich erscheinen lassen.

Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen Kolm Saigurn und Sonnblickgipfel. Mittel und Extreme im täglichen Gange.

	Mittel	Maximum		Minimum		Amplitude
		Zeit	Betrag	Zeit	Betrag	
Winter	0°530	Mittag	0°66	4 <sup>h</sup> a.	0°49	0°17
Sommer	0°727		0°87	3 a.	0°61	0°26
Jahr	0°633		0°79	4 a.	0°54	0°25

Die Amplituden im täglichen Gange der Wärmeabnahme sind hier viel grösser und ziemlich extrem. Am extremsten ist der tägliche Gang in den Monaten April und Mai, wo das Mini-

imum um 3<sup>h</sup>a. 0·60 beträgt und das Maximum um Mittag 0·92 erreicht. Diese ungemein rasche Wärmeabnahme mit der Höhe um die Mittagsstunden im Frühling ist sicherlich das Resultat einer ganz localen Temperatursteigerung in Kolm Saigurn (Gegensatz des im Frühjahr nach der Schneeschmelze stark erwärmten allseitig umschlossenen Thalbodens gegenüber den noch eisigen, freien Höhen des Sonnblickgipfels); die rasche Wärmeabnahme kommt sicherlich nur den untersten Luftschichten zu.

Hätten wir einen freien Berggipfel von der Höhe von Kolm Saigurn in der Nähe des Sonnblick, so würden stündliche Temperaturbeobachtungen auf demselben sicherlich einen viel gleichmässigeren täglichen Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe ergeben, der sich jenem, wie er zwischen Obir und Sonnblick besteht, anschliessen würde.

Die Gleichungen für den täglichen Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen Kolm Saigurn und Sonnblick sind ( $x = 0$  für Mitternacht):

$$\text{Winter} \quad 0\cdot530 + 0\cdot077 \sin(253^{\circ}9 + x) + 0\cdot038 \sin(79^{\circ}3 + 2x)$$

$$\text{Sommer} \quad 0\cdot727 + 0\cdot135 \sin(262\cdot4 + x) + 0\cdot028 \sin(113\cdot9 + 2x)$$

$$\text{Jahr} \quad 0\cdot633 + 0\cdot110 \sin(261\cdot0 + x) + 0\cdot041 \sin(93\cdot2 + 2x)$$

Auffallend ist der frühe Eintritt des Maximums der Wärmeabnahme zwischen Kolm Saigurn und Sonnblick, der schon auf den Mittag fällt und zwar das ganze Jahr hindurch. Im Sommer wie im Winter ist der tägliche Gang der Wärmeänderung mit der Höhe zwischen Kolm und Sonnblick sehr nahe der gleiche.

Die Registrirung der Temperatur auf dem Obirgipfel hat jedenfalls schon jetzt den grossen Nutzen gehabt, dass sie uns darauf aufmerksam gemacht hat, wie vorsichtig man sein muss, wenn man aus stündlichen Temperaturbeobachtungen in Thälern allgemeinere Schlussfolgerungen ziehen will auf die Verhältnisse in der freien Atmosphäre. Man ist nur zu sehr geneigt, auf Grund der Beobachtungen in der Nähe der Erdoberfläche die tägliche Temperaturvariation in der Atmosphäre zu überschätzen. Selbst die Beobachtungen auf freien Berggipfeln,

unter den günstigsten Verhältnissen angestellt, werden immer noch eine etwas grössere tägliche Temperaturschwankung der Luft ergeben, als sie derselben in der That zukommt. Ich habe in einer kürzlich veröffentlichten Abhandlung über die tägliche Luftdruckschwankung gezeigt, dass die Grösse der einmaligen täglichen Variation des Barometers auf Bergen auf eine sehr kleine tägliche Variation der Temperatur der höheren Luftschichten hinweist. Die Temperaturregistrirungen auf dem Obirgipfel liefern eine Bestätigung dafür.

Werfen wir noch rasch einen Blick auf den jährlichen Gang der Wärmeabnahme mit der Höhe, soweit sich derselbe schon jetzt aus den Temperaturlaufzeichnungen auf dem Obirgipfel ableiten lässt. Da erst die Beobachtungen eines Jahres mit recht abnormen Temperaturverhältnissen vorliegen, so können die daraus abgeleiteten Ergebnisse nur zu einer vorläufigen Orientirung dienen.

Ich theile im Nachfolgenden die Monatmittel der Temperaturabnahme mit der Höhe mit für das Höhenintervall Obir—Sonnblick, dann auch für das untere Niveau im Mittel aus Obirgipfel—Saager (Nordseite) und Obirgipfel—Eisenkappel (Südseite). Schloss Saager liegt sehr günstig auf einem Bergvorsprung des Südabfalles der Sattnitz gegen das Drauthal, 80 *m* über dem Thal auf steiler Berglehne. Trotzdem fand im December 1892 im Mittel von 7<sup>h</sup> Morgens eine »Temperaturumkehrung« statt, Obirgipfel hatte (im Monatsmittel) eine 0°2 höhere Temperatur als das 1660 *m* tiefer liegende Saager. Die kalten Luftschichten im Drauthale hatten demnach eine bedeutende Mächtigkeit. Eisenkappel hat eine vollkommene Thallage, liegt aber fast 100 *m* höher als Saager. Auch hier gab es natürlich im December um 7<sup>h</sup> Morgens eine »Temperaturumkehrung«.

Zum Vergleiche theile ich auch die Monatsmittel der Wärmeabnahme mit der Höhe zwischen Kolm Saigurn und Sonnblick mit (nach Dr. Trabert) im Mittel von drei Jahrgängen. Kolm Saigurn hat, wie schon bemerkt, eine sehr günstige Lage insoferne, als dort stagnirende, kalte Luftschichten fehlen, die Wärmeabnahme mit der Höhe daher jener in der freien Atmosphäre recht nahe kommen mag, wie dies auch die nachfolgenden Werthe derselben nachweisen dürften.

## Wärmeabnahme mit der Höhe pro 100 m.

Sonnblick— Kolm Saigurn $\Delta H = 1500 m$	Sonnblick— Obirgipfel $\Delta H = 960 m$	Obirgipfel— $\frac{1}{2}$ (Saager+ Eisenkappel) $\Delta H = 1620 m$
---	--	--

## A. Beobachtet

Jänner	0°49	0°50	0°26
Februar	0·57	0·59	0·36
März . .	0·63	0·55	0·57
April	0·73	0·55	0·59
Mai	0·73	0·66	0·70
Juni . .	0·77	0·61	0·73
Juli	0·72	0·68	0·65
August	0·69	0·70	0·60
September	0·65	0·67	0·54
October	0·57	0·55	0·50
November .	0·54	0·49	0·24
December	0·53	0·53	0·10
Jahr	0·63	0·59	0·49

## B. Berechnet

Jänner	0·51	0·53	0·21
Februar	0·56	0·56	0·36
März .	0·64	0·57	0·54
April	0·71	0·57	0·66
Mai	0·75	0·60	0·69
Juni .	0·76	0·64	0·68
Juli	0·73	0·69	0·66
August	0·69	0·70	0·63
September	0·64	0·65	0·56
October	0·59	0·57	0·42
November	0·54	0·51	0·24
December	0·51	0·50	0·17
Jahr	0·63	0·59	0·49

## Gleichungen des jährlichen Ganges der Wärmeabnahme mit der Höhe.

Kolm—Sonnblick	$0 \cdot 635 + \cdot 124 \sin (299^{\circ}5 + x) + \cdot 015 \sin (252^{\circ}9 + 2x)$
Obir—Sonnblick	$0 \cdot 590 + \cdot 083 \sin (271^{\circ}9 + x) + \cdot 038 \sin (30^{\circ}4 + 2x)$
Obir—Saager, Kappel.	$0 \cdot 487 + \cdot 255 \sin (297^{\circ}6 + x) + \cdot 067 \sin (309^{\circ}6 + 2x)$

Die Wärmeänderung mit der Höhe zwischen Kolm und Sonnblick stimmt sehr nahe überein mit jener, die zwischen Obir und Sonnblick besteht, die Übereinstimmung ist sogar von Juli bis inclusive Februar eine vollkommene, in den Monaten März, April, Mai, Juni ist die Wärmeänderung mit der Höhe zwischen Obir und Sonnblick eine viel kleinere als jene zwischen Kolm und Sonnblick. Ob dieser Unterschied im Mittel mehrerer Jahrgänge bestehen bleiben wird und vielleicht in dem Temperaturgegensatz des nach der Schneeschmelze sich rasch erwärmenden Thales von Kolm gegenüber dem Sonnblickgipfel begründet ist, ein Gegensatz, der zwischen Obir und Sonnblick nicht existirt, oder doch nur in den eigenthümlichen Witterungsverhältnissen des Jahrganges 1892 begründet war, das muss vorläufig dahingestellt bleiben. Ich bin eher geneigt, das erstere anzunehmen.

Die Wärmeänderung mit der Höhe zwischen den Thälern am Fusse des Obir und dessen Gipfel zeigt von October bis inclusive Februar die bekannten Anomalien; sie ist ungemein gering, namentlich im December und Jänner. Dadurch wird auch das Jahresmittel zu klein. Die Amplitude des jährlichen Ganges ist mehr als doppelt so gross als jene, die für Kolm—Sonnblick gilt; die Phasenzeiten stimmen aber recht nahe überein.

Zum Schlusse möchte ich noch die Verhältnisse der mittleren Temperatur zwischen Obirgipfel und Sonnblickgipfel kurz betrachten namentlich in Bezug auf den täglichen Gang dieser mittleren Temperatur.

Die folgende Tabelle IX enthält die Mittelwerthe aus den stündlichen Aufzeichnungen der Temperatur auf dem Obirgipfel und Sonnblickgipfel. Die Tabelle gibt also die wahrscheinlichen Stundenmittel der Lufttemperatur an in der Luftschichte zwischen 2100 und 3100 *m*.

IX. Mittlere Temperatur der Luftschichte  
(Mächtigkeit 960 m),

	1893 Jänner	1892 und 1893 Februar	1892 März	1892 April	1892 Mai	1892 Juni	1892 Juli	1892 August
1 a.	-15·25	-10·38	-11·48	-5·22	-1·50	1·54	2·59	5·19
	-15·26	-10·36	-11·48	-5·16	-1·57	1·42	2·51	5·06
3	-15·39	-10·37	-11·51	-5·21	-1·69	1·32	2·45	4·91
4	-15·44	-10·36	-11·60	-5·25	-1·79	1·32	2·37	4·76
5	-15·56	-10·40	-11·65	-5·20	-1·69	1·39	2·42	4·76
6	-15·55	-10·41	-11·67	-5·16	-1·43	1·76	2·71	5·07
7	-15·56	-10·40	-11·60	-4·88	-1·14	1·95	3·40	5·55
8	-15·44	-10·37	-11·33	-4·70	-0·88	2·08	3·62	5·94
9	-15·23	-10·27	-11·00	-4·49	-0·53	2·40	3·80	6·15
10	-14·98	-10·12	-10·72	-4·30	-0·16	2·80	4·30	6·35
11	-14·86	-9·96	-10·42	-4·11	0·20	2·96	4·65	6·73
Mittag	-14·79	-9·76	-10·03	-3·85	0·53	3·26	5·05	7·10
1	-14·70	-9·60	-9·91	-3·63	0·86	3·38	5·28	7·33
	-14·64	-9·53	-9·89	-3·40	1·14	3·51	5·60	7·66
3	-14·64	-9·51	-9·86	-3·41	1·26	3·48	5·66	7·81
4	-14·82	-9·57	-9·95	-3·46	1·11	3·39	5·50	7·77
	-14·95	-9·80	-10·30	-3·57	0·85	2·97	5·02	7·69
6	-15·02	-9·97	-10·67	-3·77	0·55	2·67	4·78	7·34
	-15·04	-10·11	-11·00	-4·22	-0·08	2·37	4·13	6·60
8	-15·05	-10·23	-11·10	-4·54	-0·55	2·14	3·58	6·04
9	-15·10	-10·31	-11·31	-4·77	-0·95	1·86	3·24	5·74
10	-15·19	-10·33	-11·35	-4·85	-1·12	1·81	3·07	5·49
11	-15·22	-10·38	-11·36	-5·00	-1·28	1·69	2·88	5·35
Mittn.	-15·24	-10·42	-11·44	-5·10	-1·39	1·55	2·73	5·26
Mittel	-15·12	-10·12	-10·94	-4·47	-0·47	2·29	3·81	6·15

zwischen Obirgipfel und Sonnblickgipfel  
mittlere Höhe 2620 m.

1892 Sept.	1892 Octob.	1892 Nov.	1892 Decbr.	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
2·24	—3·02	—5·01	—11 22	—12·28	—6·07	3·11	—1·93	—4·29
2·24	—3·05	5·00	11 24	—12·29	—6·07	3 00	—1·94	—4·32
2·25	—3·15	—5·07	—11·28	—12 35	—6·14	2·90	—1·99	—4·39
2·25	—3 18	—5·03	—11·35	—12·38	—6·21*	2·82*	—1·99*	—4·44*
2·24	—3·13	—5·04	—11·29	—12·42	—6·18	·86	—1·98	—4·43
2 33	—3·16	—5·11	—11 31	—12·42*	—6·09	3·18	—1·98	—4·33
2·65	—3·10	—5·21	11·28	—12·41	—5·87	3·63	—1·89	—4·13
2·94	—2·95	—5·03	—11·20	—12 34	—5·64	3·88	—1·68	—3·94
3·20	—2·73	—4·88	—10·99	—12·16	—5·34	4·12	—1·47	—3·71
3·42	—2·52	—4·66	—10·69	—11·93	—5·06	4·48	—1·25	—3·44
3·70	—2·33	—4·46	—10·53	—11·78	—4·78	4·78	—1·03	—3·20
4·04	—2·15	—4·23	—10·32	—11·62	—4·45	5·14	—0·78	—2·93
4·22	2·05	—4·10	—10·27	—11·52	—4·23	5·33	—0·64	—2·77
4·29	—1·95	4·09	—10·16	—11·44*	—4·05	5·59	—0·58*	—2·62
4·37	—2·03	—4·08	—10·21	—11·45	—4·00*	5·65*	—0 58	—2·60*
4 38	—2·15	—4·22	—10·41	—11·60	—4·10	5·55	—0·66	—2·70
4·15	—2·30	—4·46	—10·79	—11·85	—4·34	5·23	—0·87	—2·96
3·69	—2·53	—4·68	—10·92	—11·97	—4·63	4·93	—1·17	—3·21
3·23	—2·60	—4·81	—11·00	—12·05	—5 10	4·37	—1·39	—3·54
3·01	—2·68	—4 86	—11·07	—12·12	—5·40	3·92	—1·51	—3·78
2·81	—2·79	—4·87	11·09	—12·17	—5·68	3·61	—1·62	—3·96
2·56	—2·87	—4·92	—11·09	—12·20	—5·77	3 46	—1·74	—4·07
2·42	—2·92	—4·93	—11 12	—12·24	—5·88	3·31	—1·81	—4·16
2·34	—2 95	—4·96	—11·18	—12·28	—5·98	3·18	—1·86	—4·23
3·12	—2·68	—4·74	—10·92	—12·05	—5·29	4·08	—1·43	—3·67

Da der August 1892 fast um  $2^{\circ}$  zu warm war, dagegen der Jänner 1893 um mehr als  $6^{\circ}$  zu kalt, so erscheint die Jahresschwankung der Lufttemperatur in dieser Schichte viel zu gross gegenüber mittleren, normalen Verhältnissen; statt  $21^{\circ}3$  wird sie im Mittel wohl kaum  $14^{\circ}$  betragen. Allgemeines Interesse kann aber der tägliche Gang der Lufttemperatur in einer fast 1000 *m* mächtigen Luftschichte in einem so hohen Niveau beanspruchen, namentlich mit Bezug auf dessen Einfluss auf die tägliche Barometerschwankung daselbst. Hauptsächlich deshalb wurden die Zahlenwerthe dieser Tabelle abgeleitet. Es ist ja das erstemal, dass ein Versuch gemacht werden kann, den täglichen Gang der Temperatur in einer circa 1000 *m* mächtigen Luftschichte in einer Seehöhe über 2000 *m* zu erfahren. Dazu können nur Temperaturregistri- rungen auf zwei benachbarten Berggipfeln in verschiedener Seehöhe benutzt werden. Die horizontale Entfernung der beiden Gipfel (Obir, Sonnblick) kann den täglichen Gang nicht beeinflussen, sondern nur die absoluten Werthe der mittleren Temperatur.

Um den täglichen Gang besser überblicken zu können, wurden auch für die Jahreszeiten Mittelwerthe abgeleitet. Das empfahl sich um so mehr, als ja vorerst bloss die Regi- strungen eines einzelnen Jahrganges vorliegen, der manche Witterungsanomalien aufzuweisen hatte.

In diesen Mitteln für die vier Jahreszeiten kommt der tägliche Gang der Temperatur in der Luftschichte zwischen Obir und Sonnblick schon mit grosser Regelmässigkeit zum Aus- drucke.

Täglicher Gang der Temperatur in der 940 *m* mächtigen Luftschichte zwischen Obirgipfel (2140) und Sonnblickgipfel (3100).

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
Mittel . .	—12·0	—5·3	4·1	—1·4	—3·7
Maximum.	—11·4	—4·0	5·6	—0·6	—2·6
Zeit	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup>	2 <sup>h</sup>	3 <sup>h</sup> p.
Minimum	—12·4	—6·2	2·8	—2·0	—4·4
Zeit	6 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup>	4 <sup>h</sup> a.
Amplitude	1°0	2°2	2°8	1°4	1°8

Die tägliche Wärmeschwankung in der Luftschichte zwischen 2100 und 3100 *m* ist somit sehr klein, 1° im Winter, kaum 3° im Sommer, und wird in Wirklichkeit wohl noch etwas kleiner sein. Der Eintritt des Temperaturmaximums fällt auf 3<sup>h</sup> p., also ziemlich spät, das Minimum tritt dagegen schon sehr früh auf, nämlich schon 4<sup>h</sup> Morgens. Ich will vorläufig nur diese Verhältnisse constatiren, ohne auf Vermuthungen über die ursächlichen Bedingungen derselben einzugehen.

Für die beiden extremen Jahreszeiten und für das Jahr habe ich den täglichen Wärmegang auch durch periodische Reihen dargestellt, die hier angeführt werden mögen.

Täglicher Gang der mittleren Temperatur der Luftschichte zwischen Obir- und Sonnblickgipfel.

Winter	$0^{\circ}413 \sin (229^{\circ}6 + x) + 0 \cdot 181 \sin (46^{\circ}4 + 2x)$
Sommer	$1 \cdot 334 \sin (232 \cdot 6 + x) + 0 \cdot 186 \sin (20^{\circ}1 + 2x)$
Jahr	$0 \cdot 872 \sin (231^{\circ}5 + x) + 0 \cdot 189 \sin (30^{\circ}1 + 2x)$

Mit Ausnahme der Grösse der Amplitude des ersten Gliedes bleibt der jährliche Gang in allen Jahreszeiten nahe derselbe. Bemerkenswerth ist die Constanz der Amplitude des zweiten Gliedes und deren relativ (zu jener des ersten Gliedes) beträchtliche Grösse. Das erste Glied erreicht im Mittel seine extremen Werthe um 2<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> Morgens und Nachmittags.

In meiner Abhandlung: »Weitere Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers«<sup>1</sup> habe ich darauf hingewiesen, dass der tägliche Gang des Barometers auf den höheren Berggipfeln auf eine weit kleinere tägliche Variation der Lufttemperatur schliessen lässt, als die Beobachtungen zu ergeben scheinen. Da die stündlichen Temperaturbeobachtungen in der Nähe der Erdoberfläche jedenfalls eine viel zu grosse Amplitude der täglichen Temperaturänderung ergeben, und wir dieselben benützen müssen, wenn wir den täglichen Wärmegang in der Luftschichte zwischen dem Berggipfel und dessen Fuss ableiten wollen, so war dies wohl von vorneherein zu erwarten.

Die obigen Zahlenwerthe für den mittleren Gang der Lufttemperatur in der 960 *m* mächtigen Luftschichte zwischen Obirgipfel und Sonnblickgipfel können nun viel mehr darauf Anspruch machen, den wahren täglichen Gang der Lufttemperatur darzustellen und bei einer vollständigen Erklärung der täglichen Barometerschwankung mit mehr Erfolg benutzt zu werden. Doch will mir scheinen, dass, wenigstens im Sommer, die tägliche Variation der Lufttemperatur immer noch grösser sein dürfte, als sich dies mit der Grösse der beobachteten einmaligen täglichen Barometerschwankung (der sogenannten thermischen Oscillation im engeren Sinne) auf Berggipfeln leicht in Einklang bringen lässt.

Der Gegenstand soll aber hier nicht weiter verfolgt werden, da auch die entsprechenden Daten über die tägliche Variation des Barometers auf dem Obir und auf dem Sonnblickgipfel gegenwärtig nicht vorliegen. Ich will mich damit begnügen, die Gleichungen hinzuschreiben, welche die »thermische« Oscillation des Barometers ausdrücken, welche durch die oben angeführte tägliche Variation der Lufttemperatur in der Luftschichte zwischen Obir- und Sonnblickgipfel auf letzterem erzeugt werden müsste.

Man erhält diese Gleichungen, wenn man die numerischen Coëfficienten der vorhin mitgetheilten Gleichungen für den täglichen Gang der Temperatur mit dem Factor  $bh : RT^2$  multiplicirt und zu den Winkelconstanten  $180^\circ$  hinzugibt.

Die den erwähnten Factor constituirenden Grössen sind in unserem Falle folgende:  $h = 960 \text{ m}$ ,  $\alpha = 0.0038$  gesetzt, wird  $T_0 = 263$ ,  $R = 30.37$ ;  $b$  ist im Winter  $= 516.2$ , Sommer  $= 524.8$ , Jahr  $= 519.9$ ;  $T$  im Winter  $251^\circ$  im Sommer  $267^\circ$  im Jahr  $259.3$ . Hiernach berechnet sich der Factor zur Reduction der täglichen Temperaturvariation auf die dadurch verursachte tägliche Barometerschwankung im Niveau des Sonnblick zu  $0.260$  im Winter, zu  $0.234$  im Sommer und  $0.245$  im Jahresmittel.

Auf diesem Wege erhält man folgende Gleichungen, welche die »thermische« Luftdruckoscillation im Niveau des Sonnblickgipfels, hervorgebracht durch die tägliche Temperaturvariation in der Luftschichte zwischen Obir- und Sonnblickgipfel ausdrücken.

## Tägliche thermische Luftdruckschwankung:

Winter	$0 \cdot 107 \sin (49^{\circ}6 + x) + 0 \cdot 047 \sin (226^{\circ}4 + 2x)$
Sommer	$0 \cdot 311 \sin (52 \cdot 6 + x) + 0 \cdot 043 \sin (200^{\circ}1 + 2x)$
Jahr	$0 \cdot 214 \sin (51 \cdot 5 + x) + 0 \cdot 046 \sin (210^{\circ}1 + 2x)$

Der Sinn dieser Gleichungen ist, dass auf die tägliche »thermische« Luftdruckschwankung, wie sie im Niveau von 2140 *m* schon besteht, im Niveau von 3100 *m* noch eine weitere »thermische« Druckschwankung aufgesetzt wird in Folge der täglichen Temperaturvariation der zwischenliegenden Luftschichte von 960 *m* Mächtigkeit, deren Grösse und Verlauf die vorstehenden Gleichungen ausdrücken. Dieselben können auch als der Unterschied der reinen thermischen Druckschwankung auf dem Sonnblickgipfel gegenüber jener auf dem Obirgipfel betrachtet werden.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [102\\_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Hann J.

Artikel/Article: [Der tägliche Gang der Temperatur auf dem Obirgipfel \(2140 m\) und einige Folgerungen aus demselben. 709-749](#)