©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Studien über die Luftdruck- und Temperaturverhältnisse auf dem Sonnblickgipfel, nebst Bemerkungen über deren Bedeutung für die Theorie der Cyclonen und Anticyclonen

von

J. Hann,
w. M. k. Akad.

Die nachfolgenden Untersuchungen haben ihren Ausgangspunkt genommen von dem Versuche einer Beantwortung der Frage, unter welchen meteorologischen Verhältnissen in einer Seehöhe von circa 3 *km* die Monatsmaxima und Minima des Luftdruckes und der Temperatur einzutreten pflegen. Es schien mir an sich von Interesse, diese Verhältnisse klarzustellen. Für die Erdoberfläche sind dieselben seit Langem bekannt und nun bot sich zum erstenmale durch die jetzt mehr als vier Jahre umfassenden Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel eine Gelegenheit, nachzusehen, welche Verschiedenheiten das Auftreten der Luftdruck- und Temperaturextreme in 3100 *m* Seehöhe gegenüber jenem an der Erdoberfläche darbieten mag.

Im Verfolg der darauf bezüglichen Auszüge und Zusammenstellungen aus den Beobachtungsjournalen der meteorologischen Station auf dem Sonnblickgipfel und jenen zu Ischl (als Basisstation) ergaben sich dann von selbst mehrere andere Fragepunkte von allgemeinerem und theoretischem Interesse, deren Beantwortung näher zu treten gleichfalls versucht worden ist. Die Ergebnisse der daraus hervorgegangenen Untersuchungen bilden den Inhalt dieser Abhandlung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

I. Die Luftdruckmaxima und Minima auf dem Sonnblickgipfel.

Aus dem Beobachtungsjournal der Station auf dem Sonnblickgipfel von October 1886 bis December 1890 wurden zunächst die Monatsmaxima und Minima des Luftdruckes ausgezogen und die Daten über die zugehörigen Temperaturen, Feuchtigkeitsgehalte der Luft, Bewölkung und Windrichtung beigeschrieben. Aus mehrfachen Gründen nahm ich bei allen Elementen (auch beim Luftdruck) die Tagesmittel. Die Hauptvortheile, welche die Tagesmittel darbieten, sind: die Elimination des täglichen Ganges und die grössere Sicherheit der Resultate.

Als Basisstation bei dieser speciellen Untersuchung wurde Ischl genommen. Für Ischl liegt eine längere homogene Reihe von sorgfältigen Luftdruck- und Temperaturbeobachtungen vor, welche es leicht machte, auch die Abweichungen vom 30jährigen Mittel (1851—1880) aufzustellen.

Die Seehöhe von Ischl ist an das Präcisionsnivellement angeschlossen, desgleichen ist auch die Barometercorrection gut bekannt. Ischl ist ferner in Bezug auf die Temperatur im Winter nicht der Ansammlung stagnirender kalter Luftmassen unterworfen, welche den Beobachtungen eine allgemeinere Geltung rauben. Die etwas grössere Entfernung vom Fusse des Sonnblick kam im vorliegenden Falle dagegen kaum in Betracht.[1]

Für die Monate October bis December konnten je fünf Luftdruckextreme verwendet werden, für die übrigen Monate nur je vier, in Summa also 51 Maxima und 51 Minima; für das Winterhalbjahr je 27, für das Sommerhalbjahr je 24. Zu jedem Maximum und Minimum wurde ausserdem auf der täglichen Wetterkarte die entsprechende Lage des Maximums und Minimums des Luftdruckes um 7^h Morgens des betreffenden Tages aufgesucht, desgleichen die der Position des Sonnblick entsprechende Isobare.

---

[1] Die directe Entfernung des Sonnblick von Ischl beträgt 87 *km*; Salzburg ist ein wenig weiter entfernt. Die nächste Station wäre Zell a. S., wo aber im Winter eine locale Temperaturdepression sich einstellt.

Die den Maximis und Minimis des Luftdruckes auf dem Sonnblickgipfel correspondirenden Tagesmittel des Luftdruckes, der Temperatur, Feuchtigkeit und Bewölkung zu Ischl wurden in andere Tabellen eingetragen. Schliesslich wurden dann noch die Abweichungen des Luftdruckes und der Temperatur bei den einzelnen Maximis und Minimis am Sonnblickgipfel wie zu Ischl aufgesucht. Dabei wurden die 30jährigen Mittel der Periode 1851—1880 zu Grunde gelegt, aus welchen durch einfache lineare Interpolation noch Mittel für jeden ersten Monatstag abgeleitet wurden. Dies schien mir für den vorliegenden Zweck genügend.[1]

In der folgenden Tabelle findet man die allgemeineren Ergebnisse der auf die Luftdruckmaxima auf dem Sonnblickgipfel bezüglichen Untersuchung zusammengestellt. Ich muss leider darauf verzichten, die Tabelle, welche die jedes einzelne Barometermaximum begleitenden meteorologischen Zustände enthält, hier wiederzugeben. Es würde dies den Umfang dieser Abhandlung ungebührlich erhöht und zugleich den Überblick über die Ergebnisse behindert haben. Es schien mir das Detail auch nicht so wesentlich, dass dessen Abdruck diese Nachtheile aufgewogen hätte. Ich werde suchen, diesen Mangel eines Einblickes in die einzelnen Daten durch Hervorhebung der von den Mitteln abweichenden Fälle möglichst leicht vermissen zu lassen.

---

[1] Die hier verwendeten 30jährigen Mittelwerthe des Luftdruckes und der Temperatur für den Sonnblickgipfel sind durch Differenzen gegen die correspondirenden Mittel der Schmittenhöhe, des Obir und des Säntisgipfels erhalten worden. Ich habe jene Mittel benützt, die ich schon in der Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines, 1889, Bd. XX, S. 78, veröffentlicht habe.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

I. Monatsmaxima des Luftdruckes auf dem Sonnblick.

	Luftdruck		Temperatur		Relative Feuchtigkeit		Bewölkung		Abweichungen vom 30jährigen Mittel			
									Luftdruck		Temperatur	
	Sonnblick	Meeresniveau [1]	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl
					A. Winterhalbjahr.							
October ..	528·5	773·0	— 2°5	8°4	76	82	2·8	5 0	8·6	8·5	3°5	1°6
November	27·5	74·3	— 4·8	2·8	52	91	1·4	6·8	10·1	9·5	5·0	0·4
December	24·6	74·8	— 8·0	—2·6	74	90	3·2	4·6	7·9	7·1	3·9	—2·4
Jänner ...	28·5	79·6	— 6·7	—1·5	70	90	1·2	5·0	12·4	11·8	6·5	0·6
Februar ..	23 2	72·4	—10·0	1·0	77	81	5·0	6·7	7·7	7·4	3·0	0·3
März	24·1	72·8	— 8·2	4·0	65	73	3·2	2·0	8·7	8·1	3·6	1·1
Mittel ...	526·1	774·5	— 6·7	2·0	69	85	2·8	5·0	9·2	8·7	4·2	0·3
					B. Sommerhalbjahr.							
April	523·1	766·4	— 6·0	10 4	81	72	4·0	4·5	5·5	3·9	1·6	2·0
Mai	26·0	65·6	— 1·0	16·6	90	76	5·0	4·5	5·8	3·2	3·3	3·8
Juni	28·8	65·7	1·6	20·4	91	66	4·2	5·2	6·3	2·8	3·4	5·2
Juli.....	29·7	64·2	4·7	21·9	87	63	4·2	2·2	4·8	0·5	3·6	4·6
August ..	31·0	65·5	4·8	21·4	75	72	3·5	5·0	6·1	2·0	3·6	4·4
September	30·4	70·2	1·8	15·4	88	83	4·2	3·8	6·6	5·4	3·0	1·9
Mittel	528·2	766·3	1·0	17·7	85	72	4·2	4·2	5·8	3·0	3·1	3·6

Betrachten wir zunächst das Auftreten der Luftdruckmaxima im Winterhalbjahr auf dem Sonnblickgipfel. Dasselbe ist verbunden mit relativ hoher Temperatur, geringer relativer Feuchtigkeit und sehr geringer Bewölkung. Gleichzeitig ist unten in 467 *m* Seehöhe, nahe dem Fusse des Sonnblick (2630 *m* tiefer) die Temperatur relativ niedriger, die Luft feuchter, der Himmel stärker bedeckt.

Die Luftdruckabweichung vom Mittel ist auf dem Sonnblick etwas grösser als zu Ischl. Den Luftdruckmaximis auf dem Sonn-

[1] Die correspondirenden Luftdruckmittel im Meeresniveau beziehen sich auf 7ʰ Morgens und sind den täglichen Wetterkarten entnommen, dagegen sind die Mittel für den Sonnblick Tagesmittel.

blickgipfel entsprechen auch Luftdruckmaxima an der Erdoberfläche, wie dies auch die aus den täglichen Wetterkarten entnommenen Barometerstände direct ersehen lassen. Da in einer Seehöhe von 3 *km* der Luftdruck schon in erheblichem Maasse von der Temperatur der Luftschichten unterhalb abhängt, ist dies nicht so selbstverständlich, sobald die Luftdruckmaxima in der Höhe mit erhöhter Temperatur verbunden sind, wie dies thatsächlich der Fall ist.

Unter den 27 Maximis der Winterhalbjahre (October 1886 bis December 1890) auf dem Sonnblickgipfel, die unserer Tabelle zu Grunde liegen, sind 14, bei denen gleichzeitig auch am Meeresniveau das Centrum hohen Luftdruckes über den Ostalpen lag, und nur 3, bei denen am Meeresniveau die Sonnblickisobare[1] um 5 *mm* oder mehr unter der höchsten Isobare der Wetterkarte lag. Und nur in einem Falle entsprach das Monatsmaximum des Luftdruckes auf dem Sonnblickgipfel überhaupt keinem Maximumgebiet an der Erdoberfläche. Dies war am 26. Februar 1888 der Fall, wo die Luftdruckabweichung auch auf dem Sonnblick nur 1 1 *mm* betrug, die Sonnblickisobare etwas unter 760 *mm* war und das Maximum, 780 *mm*, erst in der Gegend von Petersburg anzutreffen war. Es trat eben im ganzen Februar 1888 kein wahres Luftdruckmaximum auf. (Auch in Ischl erhob sich das Maximum des Februar 1888 nur um 1 4 *mm* über das 30jährige Mittel).

Den Barometermaximis des Winterhalbjahres auf dem Sonnblickgipfel entsprechen demnach fast ausnahmslos auch Barometermaxima an der Erdoberfläche. Von diesen letzteren treten daher viele derart auf, dass auch noch in 3 *km* Seehöhe das Barometermaximum mindestens ebenso gross ist, als unten an der Erdoberfläche, so dass diese Maxima wohl die ganze Höhe der Atmosphäre, in welcher sich die gewöhnlichen Witterungsvorgänge abspielen, beherrschen.

Die Heiterkeit des Himmels und die grosse Lufttrockenheit, nicht minder auch die hohe Temperatur, welche diese Barometermaxima begleiten, weisen sehr deutlich auf ihren Ursprung, eine

[1] Unter Sonnblickisobare verstehe ich natürlich nicht den auf das Meeresniveau reducirten Luftdruck des Sonnblickgipfels, sondern die der Position des Sonnblick entsprechende Isobare der Wetterkarte.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

herabsinkende Luftbewegung, hin. Diese Barometermaxima dürfen wir demnach als dynamische Phänomene betrachten,[1] im Gegensatz zu jenen, welche thermischen Ursprungs sind.

Jene 14 Barometermaxima (von 27) auf dem Sonnblickgipfel, bei denen zugleich die Sonnblickisobare grösser oder wenigstens gleich war der höchsten Isobare der täglichen Wetterkarten, zeigten im Durchschnitt folgendes Verhalten. Es entfielen auf den October 2, November 4, December 2, Januar 3, Februar 1 und März 2 solcher Maxima.

Sonnblick im Centrum hohen Luftdruckes.

	Abweichung		Beob.	Relat.	Bewölkung
	Luftdruck	Temp.	Temperatur	Feucht.	
Sonnblick	+11·8 *mm*	+6°0	—5°0	61%	1·3
Ischl	..+11 1	+0·5	1·7	85	4·1

Die Temperaturabweichung auf dem Sonnblick war stets positiv und hielt sich zwischen den Grenzen +2°6 und +8°6 im Tagesmittel. In Ischl war gleichzeitig die Temperaturabweichung fast ebenso oft negativ als positiv. Diese kleine Tabelle zeigt die oben hervorgehobenen Eigenschaften der Barometermaxima auf dem Sonnblickgipfel in noch entschiedenerer Weise; es ist ja aus meinen früheren Untersuchungen bekannt, dass gerade im Centrum einer Area hohen Druckes die Lufttrockenheit und positive Temperaturanomalie in den grösseren Höhen am stärksten auftreten, während sie am Rande derselben oft nicht zu finden sind.

Diese 14 centralen Barometermaxima sind aber durchaus nicht alle, welche in der Periode October 1886 bis December 1890 während des Winterhalbjahres eingetreten sind. Es sind nur jene, welche auf dem Sonnblickgipfel ein Monatsmaximum des Luftdruckes erzeugten. Die über den Ostalpen centralen Maxima sind aber nicht immer gerade die höchsten. Auch würden, wie sich später zeigen wird, die positive Wärmeanomalie und die Lufttrockenheit einen noch höheren Grad erreichen, wenn nicht bloss

[1] Um einem Missverständniss der Bezeichnung „Dynamische Phänomene“ zu begegnen, verweisen wir schon hier auf S. 432, Anmerkung.

der Tag des Maximums allein in Rechnung gezogen worden wäre. Die Barometermaxima des Winterhalbjahres halten sich ja oft eine und selbst mehrere Wochen über den Ostalpen und es stellt sich, wie gezeigt werden wird, die höchste Temperatur und die grösste Trockenheit zumeist etwas nach dem Eintritt des Maximums ein.

Bevor wir die Barometermaxima des Winterhalbjahres verlassen, wollen wir noch die Frage beantworten: Welche Witterungsverhältnisse herrschen auf dem Sonnblick während der Monatsmaxima des Luftdruckes zu Ischl? Dass die Monatsmaxima oben und unten zumeist nicht zusammenfallen dürften, geht aus der Überlegung hervor, dass eine niedrigere Temperatur der Luftsäule die Barometermaxima in Ischl verstärkt, sie dagegen auf dem Sonnblick vermindert.

Von den 27 Monatsmaximis des Barometerstandes treten oben und unten gleichzeitig nur 7 ein (26%), nimmt man aber den Tag vorher und nachher noch hinzu, so fallen 17 zusammen, und sogar 19, wenn man das Zusammenfallen auf die gleiche Periode hohen Druckes überhaupt bezieht.

Ich habe nun die Luftdruckmaxima des Winterhalbjahres (der Periode October 1886 bis December 1890) zu Ischl mit ihren Begleiterscheinungen aufgesucht und die correspondirenden Daten für den Sonnblick zugeschrieben. Es wurde dann eine der Tabelle I entsprechende Tabelle angelegt und schliesslich die Mittelwerthe für das Winterhalbjahr genommen, auf deren Wiedergabe ich mich hier beschränke.[1]

Monatsmaxima des Luftdruckes zu Ischl.

	Luftdruck	Temperatur	Abweichung Luftdruck	Abweichung Temp.	Relat. Feucht.	Bewölkung
Ischl	..732·0	— 0°2	+10·9	—0°8	89	4·7
Sonnblick	.525·0	—10.4	+ 8·2	+0·9	73	3·3

Die Eigenschaften der Barometermaxima treten nun zu Ischl entschiedener hervor, auf dem Sonnblick dagegen, wie zu erwarten war, erheblich schwächer. Es ist aber gewiss sehr bemerkens-

[1] Diese Mittel sind aus 25 Daten abgeleitet, da die Monatsmaxima vom December 1886 und Februar 1888 gar keine Maxima sind, indem die Luftdruckabweichung nur 2 und $1^1/_2$ *mm* zu Ischl selbst erreichte.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

werth, dass auch die den Monatsmaximis zu Ischl genau correspondirenden meteorologischen Mittelwerthe für den Sonnblickgipfel denselben Charakter haben, den wir früher im höchsten Grade in dem Centrum der Barometermaxima angetroffen haben.

Betrachten wir nun die Monatsmaxima des Barometers im Sommerhalbjahr. Tabelle I zeigt, dass im Sommerhalbjahr die oben erwähnten Begleiterscheinungen derselben auf dem Sonnblickgipfel, in den Mittelwerthen wenigstens, kaum mehr anzutreffen sind. Die positive Temperaturabweichung ist unten grösser als oben, umgekehrt verhält es sich bei der relativen Feuchtigkeit. Die mittlere Bewölkung ist oben und unten gleich, überall ziemlich gering. Die positiven Luftdruckabweichungen auf dem Sonnblickgipfel sind fast zweimal grösser als die correspondirenden zu Ischl, woraus sich ergibt, dass dieselben (der Mehrzahl nach) den grösseren Theil ihres Betrages nach ein Effect der gesteigerten Temperatur der Luftschichten unterhalb 3100 *m* sind.

Die während des Sommerhalbjahres gesteigerte Erwärmung der Niederungen und Bergabhänge ist es, welche durch die dabei ins Leben gerufenen aufsteigenden Luftströmungen den wahren Charakter der meteorologischen Erscheinungen der hohen Regionen innerhalb der Barometermaxima maskirt, wenigstens auf Berggipfeln. Die aufsteigenden Luftströmungen bedecken die Berggipfel mit Wolken, wodurch auch die Temperatur, namentlich wenn es zu Niederschlägen kommt, herabgedrückt wird.

Nimmt man von den 24 Fällen der Barometermaxima auf dem Sonnblickgipfel jene speciell heraus, bei welchen die Sonnblickisobare gleich oder höher war als die höchste Isobare der täglichen Wetterkarten (der k. k. Centralanstalt für Meteorologie), so erhält man deren 9, welche folgende Mittelwerthe liefern.

Barometermaximum an der Erdoberfläche; Sommerhalbjahr.

	Abweichung		Beob.	Relative	Bewölkung
	Luftdruck	Temp.	Temperatur	Feucht.	
Ischl	. +2·7 *mm*	+4°1	18°5	71%	2·2
Sonnblick	. . +6·2	+3·9	2·4	75	2·3

Die Temperaturanomalie ist oben und unten nahe gleich. Die Luftdruckanomalie ist oben in Folge der hohen Temperatur

der Luftsäule mehr als zweimal grösser als unten, die Temperaturabnahme mit der Höhe ist nahezu die mittlere (0°61 pro 100 *m*), die relative Feuchtigkeit ist gering, namentlich oben, wo im Sommerhalbjahr das Mittel aus vier Jahren 93% beträgt,[1] der Himmel ist oben wie unten heiter. Dies sind die meteorologischen Verhältnisse im centralen Theile einer Anticyclone des Sommers.

Monatsminima des Luftdruckes auf dem Sonnblickgipfel.

In der folgenden Tabelle findet man in ganz analoger Weise, wie dies früher für die Barometermaxima geschehen ist, auch die Mittelwerthe der meteorologischen Elemente für die Monats-Minima des Luftdruckes auf dem Sonnblickgipfel zusammengestellt.

II. Monatsminima des Luftdruckes auf dem Sonnblick.

	Luftdruck		Temperatur		Relative Feuchtigkeit		Bewölkung		Abweichungen vom 30jährigen Mittel			
									Luftdruck		Temperatur	
	Sonnblick	Meeresniveau	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl
A. Winterhalbjahr.												
October .	510·9	750·9	— 9°8	6°5	98	86	9·4	7·6	—10·4	—10·5	—5°3	—2°4
November	8·3	51·6	—12·0	2·4	97	86	9·6	9·6	— 9·6	—10·2	—1·9	0·4
December	6·7	52·7	—15·0	—3·3	94	88	8·8	7·0	— 9·8	—12·2	—2·2	—1·8
Jänner ...	5·1	52·2	—14·9	—0·3	93	80	8·2	7·5	—11·0	—13·9	—1·6	1·7
Februar ..	5·5	59·1	—21·3	—4·8	95	87	7·0	6·2	—10·1	— 7·7	—8·1	—3·6
März.....	4·2	58·7	—22·0	—5·1	93	92	7·2	7·8	—10·6	— 5·1	—9·5	—6·2
Mittel....	506·8	754·2	—15·8	—0·8	95	86	8·4	7·6	—10·2	— 9·9	—4·8	—2·0

[1] Die Mittel der absoluten und relativen Feuchtigkeit, aus der Periode October 1886 bis inclusive Februar 1891 abgeleitet, sind:

Mittlerer Dampfdruck (Millimeter) und relative Feuchtigkeit (Procent) auf dem Sonnblickgipfel, 3105 *m*.

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.
Mm.	1·4	1·2	1·6	2·1	3·2	3·9	4·4	4·4	3·5
Proc.	84	84	91	95	93	93	94	93	91

	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Mm.	2·5	2·0	1·4	2·6
Proc.	88	86	84	90

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

	Luftdruck		Temperatur		Relative Feuchtigkeit		Bewölkung		Abweichungen vom 30jährigen Mittel			
									Luftdruck		Temperatur	
	Sonnblick	Meeresniveau	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl
					B. Sommerhalbjahr.							
April	507·4	754·0	—16°8	2°0	96	81	8·5	7·5	— 9·2	— 7·4	—7°8	—4°5
Mai	14·8	52·1	— 4·5	13·6	93	65	8·0	6·5	— 5·0	— 7·9	—0·2	1·6
Juni	18·3	55·8	— 2·6	15·0	97	76	9·5	6·8	— 4·5	— 5·8	—1·1	—0·7
Juli.....	18·2	55·1	— 1·9	15·0	99	73	9·8	6·5	— 6·2	— 6·8	—2·4	—2·0
August ..	18·0	58·4	— 4·1	11·6	99	82	9·0	8·2	— 6·6	— 4·2	—4·7	—4·6
September	16·2	57·4	— 5·0	9·6	98	89	10·0	9·8	— 7·1	— 5·9	—4·6	—4·9
Mittel ...	515·5	755·5	— 5·8	11·1	97	78	9·1	7·5	— 6·4	— 6·3	—3·5	—2·5

Die Monatsminima des Luftdruckes sind im Winter- wie im Sommerhalbjahr gleicherweise charakterisirt durch niedrige Temperatur oben wie unten (die negative Temperaturabweichung ist oben grösser als unten), grosse relative Feuchtigkeit (oben fast völlige Sättigung) der Luft und starke Bewölkung, die sich oben zur nahezu completen Bedeckung des Himmels steigert. Anders gesagt: Die Barometerminima auf dem Sonnblickgipfel treten bei jenem Witterungszustand ein, den wir kurz als „schlechtes Wetter" bezeichnen. Die niedrige Temperatur der Luftsäule bringt es mit sich, dass die negative Luftdruckanomalie oben grösser ist als unten.

Sehr bemerkenswerth ist, dass bei den Luftdruckminimis in 3000 *m* Seehöhe die Temperaturabnahme mit der Höhe im Winterhalbjahr und im Sommerhalbjahr nahezu dieselbe ist. Die Temperaturdifferenz Ischl—Sonnblick ist im Winterhalbjahr 15°0, im Sommerhalbjahr 16°9, was einer Wärmeabnahme pro 100 *m* von 0°57 und 0°64 entspricht. Während der Barometermaxima auf dem Sonnblickgipfel ist die Temperaturdifferenz Ischl—Sonnblick im Winterhalbjahr nur 8°7, im Sommerhalbjahr 16°7 (wie bei den Barometerminimis). Die Wärmeabnahme pro 100 *m* beträgt demnach im Winterhalbjahr bei den Maximis 0°33, im Sommerhalbjahr dagegen 0°63.

Dass die absoluten Luftdruckminima auf dem Sonnblickgipfel bei niedriger Temperatur auftreten, ist natürlich zum Theil ein Effect dieser niedrigen Temperatur selbst. Diese Minima fallen aber in den allermeisten Fällen zusammen mit Luftdruckminimis an der Erdoberfläche, wie ja schon die correspondirenden Luftdruckabweichungen zu Ischl in der Tabelle zeigen. Ich habe aber ausserdem die den Barometerminimis auf dem Sonnblick correspondirenden Isobaren an der Erdoberfläche (für den Sonnblick) in jedem Falle aufgesucht. Die Mittelwerthe dieser Isobaren findet man in der zweiten Columne unserer Tabelle, und diese zeigt direct, dass die absoluten Luftdruckminima auf dem Sonnblickgipfel zusammenfallen mit niedrigen Barometerständen an der Erdoberfläche. Diese Minima sind demnach nicht bloss ein Effect der niedrigen Temperatur der Luftsäule unterhalb 3000 *m*, welche dieselben begleiten.

Bemerkenswerth ist die regelmässige Zunahme der Luftdruckdifferenz Ischl—Sonnblick vom October bis März während der Barometerminima, welche in folgenden Zahlen zu Tage tritt:

Luftdruckdifferenz Ischl—Sonnblick während der Luftdruckminima an letzterer Station.

October	November	December	Jänner	Februar	März
199·8	202·3	202·8	203·0	208·3	213·1
April	Mai	Juni	Juli	August	September
204·5	197·1	197·1	196·7	199·5	200·0

Diese Differenzen hängen allerdings auch von den absoluten Barometerständen ab, aber nicht in dem Maasse, dass dadurch der Charakter des jährlichen Ganges merklich beeinflusst werden würde. Man sieht, dass im Allgemeinen die Zunahme des Luftgewichtes oder die Abnahme der mittleren Temperatur der 2630 *m* mächtigen Luftschichte während der Barometerminima gegen den Ausgang des Winters hin ein Maximum erreicht. Die Barometerminima auf dem Sonnblickgipfel erreichen im März ihre grösste Intensität und sind dann verbunden mit sehr niedrigen Temperaturen der Luftsäule unterhalb 3100 *m*. Es scheint mir, dass diese Thatsache für das Regime der höheren Luftschichten unserer Gegenden nicht ganz ohne Bedeutung ist.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Von den 27 Monatsminimis des Luftdruckes im Winterhalbjahr auf dem Sonnblickgipfel fielen 13, also nur die Hälfte, mit Barometerminimis an der Erdoberfläche zusammen (Sonnblickisobare ≦ als die niedrigste Isobare der täglichen Wetterkarte von Europa), in den übrigen Fällen, bis auf zwei, lag das Centrum des niedrigsten Barometerstandes in grösserer Entfernung.

In zwei Fällen aber betrug die Sonnblickisobare über 765 *mm*. Der bemerkenswertheste dieser Fälle war der vom 18. Februar 1887, wo die Sonnblickisobare sogar 771·0 *mm* betrug, und die Wetterkarte ein locales secundäres Barometermaximum über den Ostalpen verzeichnet, was allerdings ein Effect der Reduction der Barometerstände der über 400 *m* hoch gelegenen Stationen bei Temperaturen von —14 bis —23° C. ist. Das Maximum lag im nordöstlichen Russland (775) und von diesem aus erstreckte sich eine Zunge hohen Luftdruckes nach SW hin bis nach Böhmen herein (770 *mm*). Über dem Mittelmeer aber herrschte niedriger Luftdruck. Auf dem Sonnblick war die Temperatur sehr niedrig (Tagesmittel —26°7, Minimum —31°0) bei NNE_5. Die Luftdruckabweichung betrug auf dem Sonnblick —6·3 *mm*, in Ischl +1·5 *mm*. Der Sonnblick lag am östlichen Rande eines Barometermaximums im Bereiche eines starken, nach Süd gerichteten Gradienten.

Der zweite Fall war der vom 12. Februar 1890. Das Barometermaximum 775 lag über Mittelrussland und der Ostsee, der Sonnblick lag auf der Isobare 768, das Minimum 750 lag an der Westküste von Irland. Die Windrichtung auf dem Sonnblickgipfel S 5 entspricht ziemlich gut der Druckvertheilung am Meeresniveau; bemerkenswerth ist aber die dabei herrschende niedrige Temperatur (Tagesmittel —19°4, Minimum —24°) bei Schneefall. Sonst ist bei dieser Druckvertheilung die Temperatur auf dem Sonnblick relativ hoch, während sie bei niedrigem Druck im Süden, wie im vorigen Falle, in der Regel sehr tief ist. Die Luftdruckabweichung auf dem Sonnblickgipfel war bloss —2·8 *mm*, zu Ischl +0·8 *mm*.

Februar und März sind die Monate, wo eine Tendenz zu sehr niedrigen Temperaturen auf dem Sonnblickgipfel bei relativ hohem Barometerstande am Meeresniveau zu bestehen scheint.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es ist, als wenn in diesen Monaten in den höheren Luftschichten ein nach Süd gerichteter Gradient am leichtesten sich einstellen würde. (Man sehe auch den 4. März 1888 und den 2. März 1890).

Auf die Luftdruckminima des Sommerhalbjahres näher einzugehen, liegt keine Veranlassung vor. Sie sind fast durchgängig (in 21 Fällen von 24) von Schnee und Regen begleitet, von totaler Bedeckung des Himmels und niedriger Temperatur. Nur in sechs Fällen (von 24) war die Temperatur etwas über dem Mittel,[1] in den übrigen tief unter demselben.

Wir können zunächst das Ergebniss der vorausgehenden Untersuchung kurz dahin zusammenfassen, dass die Luftdruckanomalie in 3100 *m* Seehöhe in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle den correspondirenden Luftdruckanomalien an der Erdoberfläche dem Sinne nach entsprechen. Von den Barometer-Maximis (oben) gilt dies fast ohne Ausnahme. Die Luftdruckanomalie ist oben stärker ausgeprägt als unten, was mit den Temperaturverhältnissen der Luftsäule während dieser Luftdruckanomalien causal zusammenhängt. Die Barometermaxima sind nämlich mit hoher Temperatur der Luftsäule (auch im Winter) verbunden, die Barometerminima mit niedriger Temperatur. Die begleitende Temperaturanomalie verstärkt daher die Luftdruckanomalie in den höheren Schichten.

II. Gang der Temperatur in 3100 *m* Seehöhe beim Vorübergang eines Barometermaximums und eines Barometerminimums daselbst.

An der Erdoberfläche bringt bekanntlich im Winter unserer Breiten der steigende Luftdruck (ein Barometermaximum) im Durchschnitt eine Temperaturdepression als Folge der Wärmeausstrahlung bei heiterem Himmel. Die Annäherung eines Barometerminimums dagegen bringt steigende Temperatur, welche dann bei wieder zunehmendem Luftdruck auf der Rückseite derselben von einer neuerdings eintretenden Temperaturdepression gefolgt wird. Im Sommerhalbjahr verhält es sich im Allgemeinen umgekehrt.

---

[1] Im Winterhalbjahr in acht Fällen von 27.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Es schien mir nun von Interesse, zu fragen, wie sich in einer Seehöhe von 3100 *m* der Gang des Barometers zu dem des Thermometers verhält. Zu diesem Zwecke wurden die jedem Monatsmaximum des Luftdruckes vorausgehenden und nachfolgenden zwei Tage (im Ganzen also fünf Tage) aus dem Beobachtungsjournale der Sonnblickstation mit ihren Luftdruck- und Temperaturmitteln ausgeschrieben und schliesslich die Mittelwerthe derselben für jeden Monat gebildet. In der Art sind die folgenden zwei Tabellen entstanden, welche die Antwort auf die oben gestellte Frage enthalten.

Luftdruckmaxima auf dem Sonnblickgipfel.

	Gang des Barometers 500 *mm*+					Gang des Thermometers				
Decemb.	16·6	20·3	24·6	22·1	16·4	—12·1	—12·3	— 8·8	—7·6	— 9·8
Jänner ..	23·5	27·0	28·5	26·1	22·5	— 9·4	— 9·5	— 6·7	—7·4	—10·7
Februar .	15·1	20.2	23·2	21·4	16·5	—13·0	—12·7	—10·0	—9·8	—13·3
März	13·0	19·2	22·2	21·0	16·8	—13·8	—12·2	— 9·0	—7·0	— 7·5
April ...	17·4	20·8	23·1	22·5	20·0	— 8·9	— 7·5	— 5·9	—4·9	— 5·2
Mai	22·6	24·9	26·0	25·0	23·0	— 4·0	— 1·7	— 1·0	—0·5	— 0·7
Juni	26·5	28·3	28·8	27·5	25·6	— 2·1	0·0	1·6	2·3	1·4
Juli.....	27·0	28·7	29·8	28·7	27·8	2·5	3·3	5·0	5·4	4·5
August .	27·9	30·0	31·1	29·2	25·9	0·0	1·6	4·2	5·2	3·5
Septemb.	27·8	29·2	30·3	28·7	26·6	— 0·6	— 1·0	0·7	1·8	1·1
October .	25·0	27·2	28·5	27·2	25·4	— 4·6	— 3·4	— 2·3	—2·4	— 4·9
Novemb.	22·4	25·0	27·0	24·9	21·9	— 7·4	— 7·5	— 5·6	—6·0	— 7·9
Winter ..	18·4	22·5	25·4	23·2	18·5	—11·5	—11·5	— 8·5	—8·3	—11·3
Frühling	17·7	21·6	23·8	22·8	19·9	— 8·9	— 7·1	— 5·3	—4·1	— 4·5
Sommer .	27·1	29·0	29·9	28·5	26·4	0·1	1·6	3·6	4·3	3·1
Herbst ..	25·1	27·1	28·6	26·9	24·6	— 4·2	— 4·0	— 2·4	—2·2	— 3·9
Jahr	22·1	25·1	26·9	25·4	22·4	— 6·1	— 5·2	— 3·1	—2·6	— 4·1

Luftdruckminima auf dem Sonnblickgipfel.

	Gang des Barometers 500 *mm*+					Gang des Thermometers				
Decemb.	12·4	9·5	6·7	10·0	13·8	—13 5	—13·9	—15·0	—16·0	—16·1
Jänner	11·8	9·1	5·1	6·7	11·8	— 14·0	—15·5	—14·9	—18·3	—15·6
Februar .	12·1	10·0	5·5	7·3	9·4	—15·6	—19·8	—21·3	—20·3	—17·1
März ...	11·4	8·7	6·0	9·3	15·0	—15·8	—16·3	—20·8	—19·3	—17·6
April ...	14·2	9·9	8·0	11·0	13·6	— 9·6	—11·8	—14·3	—14·4	—11·2
Mai ..	19·6	18·4	14·8	16·6	19·2	— 6·3	— 5·0	— 4·5	— 4·5	— 4·5
Juni .	22·5	20·2	18 4	20·3	22·6	— 0·6	— 1·6	— 3·3	— 4·1	— 4·0
Juli ..	24·1	20·3	18·2	21·3	24·0	1·7	0·8	— 2·0	— 3·1	— 2·2
August .	25·2	22·5	18·0	20·3	22·5	1·0	0·7	— 4·1	— 5·6	— 4·2
Septemb.	22·4	19·3	17·3	19·5	21·5	— 4·0	— 3·2	— 5·2	— 6·2	— 5·0
October .	15·9	11·8	10·7	14·1	18·0	— 8.1	— 7·8	— 9·8	—10·3	—10·6
Novemb.	14·1	10·8	8·3	11 2	13·8	— 5·5	— 8·2	—12·0	—12·5	—12·2
Winter ..	12·1	9·5	5·8	8·0	11·7	—14·4	—16·4	—17·1	—18·2	—16·3
Frühling	15·1	12·3	9·6	12·3	15·9	—10 6	—11·0	—13·2	—12·7	—11·1
Sommer .	23·9	21·0	18·2	20·6	23·0	0·7	0·0	— 3·1	— 4·3	— 3·5
Herbst ..	17·5	14·0	12·1	14·9	17·8	— 5·9	— 6·4	— 9·0	— 9·7	— 9·3
Jahr .	17·1	14·2	11·4	14·0	17·1	— 7·5	— 8·5	—10·6	—11·2	—10·0

Wir ersehen aus diesen Tabellen erstlich, dass in allen Jahreszeiten die Temperatur mit dem Luftdruck steigt, und dass das Maximum der Temperatur einen Tag nach dem Maximum des Luftdruckes eintritt.[1] Den gleichen Barometerständen vor und nach dem Maximum entsprechen durchaus nicht gleiche Temperaturen, wie es sein müsste, wenn der Luftdruck in erster

[1] Eigenthümlich ist, dass im Winterhalbjahr öfter unmittelbar vor dem Eintritt des Barometermaximums eine kleine Temperaturdepression sich einstellt. Es zeigt sich dies auch noch etwas in den Monatsmitteln des November, December und Jänner. Ich habe keinen Grund dafür in etwaigen correspondirenden Änderungen der Windrichtung finden können.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Linie eine Function der Temperatur wäre. Einem Luftdruck von 525·1 *mm* einen Tag vor dem Maximum entspricht eine Temperatur von —5°2, dem nahe gleichen Drucke von 525·4 einen Tag nach dem Maximum dagegen eine Temperatur von —2°6.

Im Vergleich mit der Niederung ist der Gang der Temperatur im Winterhalbjahr in 3100 *m* Seehöhe der entgegengesetzte; unten sinkt die Temperatur unter dem Einflusse eines Barometermaximums, oben steigt sie.

Die zweite Tabelle zeigt uns, dass beim Herannahen eines Barometerminimums in 3100 *m* Seehöhe die Temperatur rasch sinkt und am Tage nach dem Eintritte des Barometerminimums das Temperaturminimum sich einstellt, am nächsten Tage steigt die Temperatur wieder. Dies findet gleichmässig in allen Jahreszeiten statt. Auch hier entsprechen wieder gleichen Barometerständen vor und nach dem Maximum ganz verschiedene Temperaturen, ein abermaliger Beweis dafür, dass es nicht die Temperatur selbst ist, die den Gang des Barometers bestimmt. Bei demselben Barometerstande von 514 *mm* ist die Temperatur einen Tag vor dem Minimum —8°5, am Tage nach dem Minimum —11°2, ebenso bei dem gleichen Barometerstande von 517 *mm* zwei Tage vor dem Minimum —7°5, zwei Tage nach demselben —10°0.

Im Vergleiche zur Niederung ist auch bei den Barometerminimis der Gang der Temperatur in 3100 *m*, im Winterhalbjahr wenigstens, der entgegengesetzte, oben sinkt die Temperatur beim Herannahen eines Barometerminimums, unten steigt sie bekanntlich.

Stellen wir die correspondirenden Gänge des Luftdruckes und der Temperatur im Jahresmittel in 3100 *m* Seehöhe vergleichend nebeneinander, so erhalten wir folgende Übersicht der Verhältnisse.

Correspondirender Gang des Barometers und des Thermometers auf dem Sonnblickgipfel, 3100 *m*.

A. Luftdruck.

		Abweichungen				
	Mittel	2 Tage vor	1 Tag vor	Max. oder Min.	1 Tag nach	2 Tage nach
Barometermaximum	524·4	—2·3	+0·7	+2·5	+1·0	—2·0 *mm*
Barometerminimum	514·8	+2·4	—0·6	—3·4	—0·8	+2·3

B. Temperatur (correspondirend).

	Mittel	Abweichungen 2 Tage vor	1 Tag vor	Max. oder Min.	1 Tag nach	2 Tage nach
Barometermaximum	—4°2	—1°9	—1°0	+1°1	+1°6	+0°1 C.
Barometerminimum	—9·6	+2·1	+1·1	—1·0	—1·6	—0.4

Der Gang des Barometers und des Thermometers zeigt eine bemerkenswerthe Symmetrie zu beiden Seiten des Maximums und Minimums.

Im Allgemeinen können wir schliesslich den Satz aufstellen, dass die dem Vorübergang eines Barometermaximums und eines Barometerminimums in 3100 *m* Seehöhe entsprechenden Temperaturänderungen im Winterhalbjahr wenigstens sich entgegengesetzt verhalten, wie die Temperaturänderungen beim Vorübergang der Luftdruckmaxima und Minima in der Niederung.

III. Temperatur bei verschiedener Bewölkung auf dem Sonnblick.

Mit dem entgegengesetzten Gange der Temperatur in 3100 *m* Seehöhe gegenüber der Niederung während des Vorüberganges der Barometermaxima im Winterhalbjahr stimmt auch die Thatsache überein, dass der Einfluss der Bewölkung auf die Temperatur auf dem Sonnblickgipfel der entgegengesetzte von dem in der Niederung ist.

Für mehrere Orte der gemässigten Zone ist schon nachgewiesen worden, dass im Winter einer Abnahme der Bewölkung auch eine Abnahme der Temperatur entspricht. Kämtz hat für Dorpat die den verschiedenen Graden der Bedeckung des Himmels entsprechenden Mitteltemperaturen berechnet. Das Ergebniss für den Winter ist folgendes:

Bewölkung	0	1	2	3	4
Temperaturabweichung	—10°5	—6°8	—3°1	+0°5	+4°4

In ähnlicher Weise fand Augustin für Prag die mittlere Wintertemperatur an ganz heiteren Tagen —6°5, an ganz trüben Tagen dagegen 0°0. Für Greenwich sind diese Temperaturen: ganz heiter 1°3, ganz trüb 4°3; für Paris: ganz heiter —0°1, ganz trüb 2°9. Mit Abnahme der Bewölkung sinkt also im Winter

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

unserer Breiten die Temperatur, und zwar im Inneren des Continentes viel stärker als an den Küsten. Anders in 3100 *m* Seehöhe auf dem Sonnblickgipfel. Ich habe aus den Beobachtungsjournalen von vier Jahren die während der Monate November bis März beobachteten mittleren Temperaturen und zugehörigen mittleren Bewölkungsgrade ausgeschrieben, die Temperaturen nach den Bewölkungsgraden sortirt und dann die Mittel gerechnet. Auf diese Weise erhielt ich folgende Zahlen für die Abhängigkeit der Temperatur von dem Grade der Bewölkung.

Temperatur auf dem Sonnblickgipfel bei verschiedenen Graden der Bewölkung. Mittel für November bis März.

Bewölkung	0	1	2	3	4	5	6
Häufigkeit	71	61	38	24	34	38	38
Temperatur ..	—9°9	—10°8	—10°6	—12°8	—13°8	—12°8	—13°9

Bewölkung	7	8	9	10
Häufigkeit	39	71	50	140
Temperatur	—13°5	—13°1	—13°0	—13°0

Den kleinsten Bewölkungsgraden entspricht die höchste Temperatur, ganz umgekehrt wie in der Niederung. Dass die ganz heiteren und ganz trüben Tage am häufigsten sind, ist bekanntlich für den Winter überhaupt charakteristisch. Da die mittleren Bewölkungsgrade relativ selten sind, so erscheint es begründet, mehrere Stufen zusammenzufassen, um ziemlich gleichwerthige Temperaturmittel zu erhalten. Man erhält so folgende Zahlenreihe, die schon übersichtlicher ist.

Temperatur auf dem Sonnblick bei verschiedenen Bewölkungsgraden.

Bewölkung ...	0	1	2—3	4—5	6—7	8—9	10
Häufigkeit	71	61	62	72	77	121	140
Temperatur ..	—9°9	—10°8	—11°5	—13°3	—13°7	—13°0	—13°0

Die niedrigste Temperatur tritt bei den Bewölkungsgraden 6—7 ein und ist um 3°8 tiefer als die höchste Temperatur, die bei ganz heiterem Himmel eintritt. Da die höchsten Bewölkungsgrade so sehr dominiren, so ist es begreiflich, dass ihre Mitteltemperatur sich nicht weit von der mittleren Temperatur der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Monate November bis März entfernen kann, welche —12°3 beträgt.

Wir haben also hier von einem ganz anderen Gesichtspunkte ausgehend abermals das Resultat erhalten, dass mit den Barometermaximis im eigentlichen Sinne (an der Erdoberfläche, die allerdings auch Maximis in 3100 *m* entsprechen) auf dem Sonnblickgipfel die höchste Temperatur eintritt. Denn dass die ganz heiteren Tage nur während der Barometermaxima auftreten, ist eine bekannte Thatsache.

Obgleich es eigentlich überflüssig scheinen mag, wollen wir doch dem Einwurfe begegnen, dass diese hohe Temperatur bei heiterem Himmel ein Effect der Sonnenstrahlung ist. Wer jemals einen Blick in die publicirten täglichen Beobachtungen auf dem Sonnblick geworfen hat, konnte sich überzeugen, wie gering die tägliche Temperaturschwankung daselbst namentlich im Winterhalbjahr auch an ganz heiteren Tagen ist. Da ich aber zu einem anderen Behufe alle Perioden von ganz heiteren Tagen (drei und darüber) auf dem Sonnblick während der Monate October bis März ausgezogen und die zugehörigen Mitteltemperaturen berechnet habe, so kann ich die mittlere tägliche Temperaturschwankung an ganz heiteren Tagen (mittlere Bewölkung 0 bis 0·5) hieher stellen.

Sonnblick.

	7^h	2^h	9^h
Temperaturgang an ganz heiteren Tagen (70 an der Zahl).	—8°6	—7°3	—8°5

Das Tagesmittel erhebt sich demnach selbst an ganz heiteren Tagen nur um 0°4 über die Temperatur um 7^h Morgens, wo (von November bis März) noch kein Einfluss der Insolation wirksam sein kann. Die hohe Temperatur an ganz heiteren Tagen auf dem Sonnblickgipfel in 3100 *m* Seehöhe ist demnach nicht anders zu erklären, als durch die dynamische Erwärmung der in den Centren der Barometermaxima langsam herabsinkenden Luftmassen, welcher Umstand zugleich die Heiterkeit des Himmels und die begleitende Trockenheit der Luft bedingt. Für die Trockenheit der Luft an diesen heiteren Tagen geben folgende Mittelzahlen einen genügenden Nachweis.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sonnblick. Relative Feuchtigkeit.

	7h	2h	9h
Mittel von 70 ganz heiteren Tagen (October bis März)	56%	58%	58%

Perioden von mindestens drei sich folgenden ganz heiteren Tagen kommen auf dem Sonnblick im Sommerhalbjahr fast gar nicht mehr vor. Im Winterhalbjahr, October bis März, fand ich in der Zeit von October 1886 bis December 1890 folgende:

	Oct.	Nov.	Dec.	Jänner	Feb.	März
Zahl der heiteren Tage [1]	13	18	9	10	16	4
Mittl. Sonnblickisobare	772·8	776·5	770·3	777·5	771·8	768·6

Wie man sieht, treten diese Perioden heiterer Witterung innerhalb der Barometermaxima auf und sind, wie vorher gezeigt wurde, von relativ hoher Temperatur und grosser Lufttrockenheit begleitet. Die Winde sind dabei variabel und schwach.

Als Beispiel der bedeutenden Psychrometerdifferenzen, die während dieser Perioden heiterer ruhiger Witterung innerhalb der Barometermaxima auf dem Sonnblickgipfel auftreten können, will ich nur den 8. und 9. December 1888 anführen.[2] Dabei ist zu bedenken, dass in Folge der schwachen Luftbewegung das Psychrometer wahrscheinlich noch eine zu grosse Feuchtigkeit angibt.

Sonnblick, December 1888.

	Trockenes Thermometer			Feuchtes Thermometer			Luftdruck Sonnblick	Bewölkung	
Dec.	7h	2h	9h	7h	2h	9h	7h		Wind
8.	—6·2	—4·4	—3·4	—7·0	—7·8	—7·4	525·9	0·7	S 1
9.	—2·4	—3·0	—5·8	—6·6	—5·4	—7·6	525·8	0·7	WSW 1

	Dampfdruck			Relative Feuchtigkeit			Sonnblick-isobare 7h	Lage des Maximums
8.	2·2	1·3	1·2	79	40	33	774·6	Ostalpen, Ungarn
9.	1·3	2·2	1·9	33	60	65	774·2	Mittel- und Südeuropa.

[1] Es sind nur jene gezählt, welche Perioden von mindestens drei Tagen umfassen.

[2] Man vergleiche das Barometermaximum von November 1889.

Die Temperaturabweichung betrug am 8. +8°3, am 9. aber +9°3 C.

Derartige Fälle kommen in jedem Winter mehrfach vor. Sie sind eben für die Barometermaxima charakteristisch.

IV. Die Temperaturmaxima und Minima auf dem Sonnblickgipfel.

Wir stellen uns jetzt die Frage: Unter welchen allgemeinen meteorologischen Verhältnissen treten auf dem Sonnblickgipfel in 3100 *m* Seehöhe die Monatsmaxima und Minima der Temperatur ein?

Betrachten wir zunächst die Monatsmaxima der Temperatur auf dem Sonnblick. Wir haben die Beobachtungen der Jahre 1887 bis 1890 benützt. In den Monaten Februar 1887 und September 1888 traten zwei nahe gleich hohe Temperaturmaxima auf, welche beide berücksichtigt worden sind, so dass im Ganzen 50 Temperaturmaxima der nachfolgenden Untersuchung zu Grunde liegen.

Temperaturmaxima auf dem Sonnblick. Winterhalbjahr.

Monat	Mittl. Temp. Tagesm.	Mittl. Temp. Max.	Luftdruck	Bewölkung	Sonnblickisobare	Höchste Isobare der Wetterkarte
Oct. (4)	—0°1	1°8	525·1	4·0	768·6	770·0
Nov. (4)	—3·3	—2·1	524·2	2·8	769·4	774·0
Dec. (4)	—5·4	—4·5	522·0	3·7	770·4	772·0
Jän. (4)	—6·2	—4·6	527·3	3·5	778·2	775·0
Feb. (5)	—8·1	—6·9	522·4	3·2	772·1	775·0
März (4)	—4·9	—2·8	518·7	5·5	760·6	769·0

Die Temperaturmaxima des Winterhalbjahres auf dem Sonnblickgipfel treten fast durchgängig im Gefolge der Barometermaxima auf. Während 25 Maximis lag das Barometermaximum 15mal über den Ostalpen selbst, zweimal war dies am Vortage der Fall, einmal lag der Sonnblick auf einem Rücken hohen Druckes zwischen einem Maximum in SW und einem in NE. In den übrigen sieben Fällen, wo die Sonnblickisobare mehr weniger beträchtlich niedriger war als die höchste der europäischen Wetterkarte, lagen die Maxima zumeist in E oder SE und niedriger Luftdruck in W oder NW.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Windverhältnisse während der Temperaturmaxima zeigen nichts Charakteristisches. Es herrschten Calmen und schwache variable Winde sechsmal, NW, SW und S je viermal, W dreimal, NE zweimal, N und SE einmal. Dreimal trat das Temperaturmaximum bei starkem S und SE ein, zweimal bei heftigem NW, siebenmal schneite es.

Betrachten wir nun die Temperaturmaxima des Sommerhalbjahres.

Temperaturmaxima auf dem Sonnblick. Sommerhalbjahr.

Monat	Mittl. Temperatur Tagesm.	Mittl. Temperatur Max.	Luftdruck	Bewölkung	Sonnblickisobare	Höchste Isobare der Wetterkarte
April (4)	—4°4	—3°1	518·8	8·7	760·2	763·0
Mai (4)	—0·1	1·4	523·0	7·5	759·4	766·0
Juni (4)	2·9	5·4	527·8	6·5	763·3	766·0
Juli (4)	5·8	7·7	528·7	5·0	762·3	765·0
Aug. (4)	6·4	8·3	529·8	3·8	764·3	764·0
Sept. (5)	3·1	4·9	528·9	4·0	766·3	765·9

Im Sommerhalbjahre ist der Eintritt der Temperaturmaxima auf dem Sonnblickgipfel nicht mehr regelmässig mit den Barometermaximis verknüpft. Nur der August und der September stimmen mit ihrem hohen Druck (im Meeresniveau) und heiteren Himmel mit den gleichartigen Verhältnissen des Winterhalbjahres überein (dagegen zeigt der März mehr Anschluss an die Verhältnisse des Sommerhalbjahres). Von den 25 Temperaturmaximis des Sommerhalbjahres fielen 10 zusammen mit einem Barometermaximum über den Alpen, einmal lag der Sonnblick auf einem Rücken hohen Druckes und einmal war das Barometermaximum am Vortage über den Alpen gelegen. Es ist also ungefähr die Hälfte der Fälle der Temperaturmaxima, die im Sommerhalbjahr noch mit einem Barometermaximum an der Erdoberfläche zusammenfallen.

Die Häufigkeit der Windrichtungen während der Temperaturmaxima des Sommerhalbjahres war folgende: 7 SW (einmal stürmisch), 6 N (stets schwach), 5 W (einmal stürmisch), 4 Calmen und variabel, endlich SE, S und NW je einmal.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Im Allgemeinen treten die Temperaturmaxima auf dem Sonnblick auf: in der grössten Mehrzahl der Fälle innerhalb der Barometermaxima, dann auch bei einer Druckvertheilung, welche stärkere südöstliche, südliche und südwestliche Winde bewirkt, d. i. hoher Druck in SE oder S, niedriger in NW und N.

Temperaturminima auf dem Sonnblick.

Die folgende kleine Tabelle enthält die mittleren Temperaturen, Barometerstände und Bewölkung bei den Temperaturminimis des Winterhalbjahres.

Temperaturminima auf dem Sonnblick. Winterhalbjahr.

Monat	Mittl. Temperatur Tagesm.	Mittl. Temperatur Min.	Luftdruck	Mittl. Bewölkung	Sonnblickisobare	Höchste Isobare der Wetterkarte	Tiefste Isobare der Wetterkarte
Oct. (4)	—17·2	—20·3	517·8	4·2	770·0	772	757
Nov. (4)	—17·9	—20·2	512·7	7·8	763·4	772	758
Dec. (4)	—23·4	—27·0	510 3	5·0	767·7	770	756
Jän. (4)	—24·8	—26·8	509·8	8·7	765·4	772	754
Febr. (5)	—23·8	—27·4	509·6	8·0	767·0	773	759
März (4)	—26·6	—30·2	507·1	8·2	765·5	770	750

Die Temperaturminima des Winterhalbjahres auf dem Sonnblickgipfel treten ohne Ausnahme dann ein, wenn der Sonnblick am östlichen oder (seltener) am südlichen Rande eines Barometermaximums liegt und das Barometerminimum sich im Süden oder Südosten befindet. In den vorliegenden 25 Fällen lag das Maximum stets in N, NW oder W (zumeist in NW), das Minimum mit wenigen Ausnahmen über Italien, oder über der Adria, oder über Ungarn, wo es dann am Vortage über Italien oder der Adria gelegen war. Nur in zwei Fällen lag das Minimum der Wetterkarte in SE-Europa. Der Sonnblick kann selbst innerhalb der höchsten Isobare der Wetterkarte liegen[1] (aber das Centrum des hohen Druckes liegt dann stets in W oder NW), was fünfmal der Fall war, wenn gleichzeitig ein nahes Minimum im Süden liegt, so treten in der

[1] Die Isobaren sind daselbst nur von 5 zu 5 *mm* eingezeichnet.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Höhe und auch in der Niederung sehr tiefe Temperaturen ein. Von N nach S verlaufende Isobaren bei einem hohen Maximum im Westen und einem nahen Minimum im Süden, das ist die Druckvertheilung, die oben wie unten, namentlich gegen Ausgang des Winters, grosse Temperaturdepressionen bringt.

Die Windvertheilung und Windstärke auf dem Sonnblickgipfel stimmt mit der geschilderten Druckvertheilung. N herrschte 14mal, NE siebenmal, NW dreimal, W einmal (unter 25 Fällen), Windstille gab es nie. Stürmisch traten diese Winde zwölfmal auf. Wie ich schon anderswo bemerkt habe, weicht die Windrichtung auf dem Sonnblickgipfel meist erheblich im Sinne einer Drehung nach rechts (oft bis zu 90°) von dem Unterwind ab (z. B. unten NW oben NE). Der Himmel ist während des Eintrittes der Temperaturminima meist stark bedeckt.

Februar und März sind die Jahreszeit, wo bei der geschilderten Luftdruckvertheilung (Maximum im W, tieferes Minimum über Italien, oder der Adria) die Jahresminima der Temperatur auf dem Sonnblickgipfel eintreten. Im März 1889 trat noch am 16. ein Minimum von —34° ein bei stürmischem Wind, der von NNW nach ENE drehte.

Temperaturminima des Sommerhalbjahres auf dem Sonnblickgipfel.

Monat	Mittl. Temperatur Tagesm.	Mittl. Temperatur Min.	Luftdruck	Bewölkung	Sonnblick-isobare	Höchste Tiefste Isobare der Wetterkarte	
April (4)	—18·0	—20·0	511·1	8·2	761·9	768	752
Mai (4)	— 8·4	— 9·3	519·5	8·7	762·8	766	758
Juni (4)	— 6·5	— 8·3	522·9	9·7	767·1	770	760
Juli (4)	— 5·9	— 7·2	522·5	8·2	764·3	766	753
Aug. (4)	— 7·1	— 8·7	520·6	8·5	763'1	767	754
Sept. (4)	—10·1	—11·6	520·8	6·8	767·1	769	758

Die Verhältnisse, unter welchen im Sommerhalbjahr die Temperaturminima auf dem Sonnblickgipfel eintreten, stimmen mit jenen des Winterhalbjahres fast vollkommen überein. Das Barometerminimum lag 20mal über Italien oder der Adria, oder über Ungarn (dann am Vortag über der Adria) und viermal über SE-Europa. Das Barometermaximum lag stets in NW oder W,

zweimal in SW; in diesen letzteren Fällen lag aber das Minimum nahe im Süden der Alpen. Der Sonnblick lag mehrmals innerhalb der höchsten Isobare der Wetterkarte am Rande des Maximums, dessen Centrum in W oder NW lag. Die während des Temperaturminimums herrschenden Winde sind dieselben wie im Winterhalbjahr. Nord, meist stürmisch, herrschte 14mal, NE siebenmal, NW, W und S je einmal (in 24 Fällen). Stürmisch wehte der Wind elfmal, der Himmel ist meist ganz bedeckt und Schneefälle sind häufig (zwölfmal).

Es treten demnach die niedrigsten Temperaturen auf dem Sonnblickgipfel auch meist bei hohem Luftdruck an der Erdoberfläche auf, aber nicht im Centrum eines Barometermaximums (in welchem die Temperaturmaxima auftreten), sondern am östlichen Rande der Barometermaxima, wenn zugleich ein ziemlich nahes Barometerminimum im Süden (oder im Südosten) vorhanden ist.

Ähnliche Verhältnisse treten wohl beim Mt. Washington in Nordamerika recht häufig auf, der im Süden den warmen Golfstrom und dadurch ein grosses Druckgefälle nach Süden hat, sobald ein Barometermaximum von West herannaht. Hieraus und aus der relativ grossen Geschwindigkeit des westöstlichen Fortschreitens der Barometermaxima in dieser Gegend erklärt es sich wohl, wie Herr Hazen dazu gekommen ist, aus den Beobachtungen auf dem Mt. Washington die Temperatursteigerung im Centrum der Barometermaxima in grösseren Höhen so energisch zu bestreiten. Übrigens ist von Anderen nachgewiesen worden, dass auch auf dem Mt. Washington die Erwärmung im Centrum eines Barometermaximums geradeso eintritt, wie in den Alpen.

V. Temperatur und Luftdruck auf dem Sonnblickgipfel während der Barometerminima über Mitteleuropa und speciell über den Ostalpen. Berechnung der Temperaturabweichungen einer Luftsäule aus den Luftdruckabweichungen oben und unten.

Ich habe auf den täglichen Wetterkarten von Europa alle Barometerminima aufgesucht, welche während eines Zeitraumes von vier Jahren, October 1886 bis inclusive September 1890, in der Nähe des Sonnblick verweilten oder geradezu über

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

den Ostalpen selbst sich eingestellt haben. Es sind davon im Ganzen 37 zu constatiren gewesen, davon kommen 20 auf das Winterhalbjahr und 17 auf das Sommerhalbjahr. Während der vier Jahre traten aber im Sommerhalbjahr (April bis September) nur in den Monaten April und Mai Barometerminima in der Nähe des Sonnblickgipfels auf; dazu kommt noch das einzige Minimum) das vom 25. zum 26. August 1890 über die Alpen hinweggezogen ist. In den Monaten Juni, Juli, September war innerhalb der vier Jahre kein Minimum zu finden, das den hier gestellten Bedingungen mir zu entsprechen schien.

In der folgenden Liste habe ich alle diese 37 Barometerminima zusammengestellt und ganz allgemein charakterisirt. Die nächste Tabelle enthält dann die diesen Barometerminimis entsprechenden Beobachtungen des Luftdruckes der Temperatur, der Windrichtung und Geschwindigkeit auf dem Sonnblickgipfel und zu Ischl um 7^h Morgens, d. i. die Zeit, auf welche sich die Wetterkarte bezieht.

Barometerminima des Zeitraumes October 1886 bis October 1890, welche in der Nähe des Sonnblick vorübergegangen sind.

1886	October	17	Centrum bei Utrecht 731. Sonnblickisobare 742. Niederschläge über ganz Mitteleuropa ausgebreitet, auf der Nord- und Südseite der Alpen.
	December	20	Centrum bei München und Zürich 751. Sonnblickisobare 752. Niederschläge und Trübung über Centraleuropa ausgebreitet. Norddeutschland Schnee, Südseite der Alpen grosse Regenmengen, Nordseite weniger.
1887	April	1	Centrum Holland, Belgien 746. Sonnblickisobare 756. Trübung über ganz Mitteleuropa, Nord- und Südseite der Alpen; Niederschläge auf der Nordseite der Alpen, Südseite nicht; etwas Föhn.

1887	April	6	Drei Minima, Centrum 749 bei München und Paris, dann 748 bei Toulon. Central- und Südeuropa innerhalb der Isobare 755. Sonnblickisobare 749. Allgemeine Trübung, sehr starke Niederschläge auf der Südseite der Alpen; Nordseite trocken.
		7	Centrum am Nordfuss der Alpen. Genf—Salzburg 748 *mm*. Ganz Westeuropa bis etwa 15° E allgemeine Trübung, starke Niederschläge auf der Südseite der Alpen. Nordseite Föhn.
	Mai	27	Flache Depression über Centraleuropa 758 *mm*. Sonnblickisobare 757·5. Trübung und Niederschläge auf Nord- und Südseite der Alpen, im Süden.
	October	10	Centrum über Niederland und Nordwestdeutschland 742. Sonnblickisobare 748. Allgemeine Trübung. Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen, stark im Süden, Nordseite etwas Föhnwind.
	December	26	Zwei Minima über Mitteleuropa. Centrum bei München 752 und Golf von Lyon 755. Sonnblickisobare 754·5. Nordseite der Alpen Schnee, Südseite heiter, föhnig.
1888	Februar	16	Centrum über Oberitalien 750. Sonnblickisobare 754. Ganz Westeuropa innerhalb der Isobare 760. Ausgebreitete intensive Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen, starke Schneefälle. Luftdruck steigt in Nordwest- und Nordeuropa, 770 *mm*.
		17	Zwei Minima, München 752 und Golf von Genua detto. Sonnblickisobare 754. Ganz Mitteleuropa und Oberitalien innerhalb der Isobare 755. Allgemeine Trübung und Niederschläge in Nord und Süd.
		18	Ähnlich, noch grössere Ausbreitung des Gebietes der Isobare 755. Minima bei München 752 und Florenz 748. Sonnblickisobare 751·5. Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

1888	Februar	19	Minimum über Centraleuropa noch ausgebreiteter. Isobare 750, bedeckt ganz Frankreich, reicht nach Westrussland hinein und von der Ostsee bis Sardinien. Centren bei Paris, Karlsruhe, Hamburg, Lemberg 746 *mm*. Sonnblickisobare 749·5. Niederschläge, namentlich auf der Nordseite der Alpen.
		20	Centrum Provence 735. West- und Mitteleuropa Isobare 750. Sonnblickisobare 746·2. Nordseite der Alpen trocken, Südseite starke Niederschläge (Schnee).
		21	Minimum über den Alpenkamm nach NE fortgeschritten. Centrum über den Ostalpen. München 744, Salzburg, Chur 745 *mm*. Niederschläge (Schnee) auf der Südseite der Alpen, Nordseite trocken. Sonnblickisobare 746.
		22	Minima bei München 751 und Golf von Genua 750. Sonnblickisobare 752·5. Niederschläge auf der Südseite der Alpen, Nordseite trocken.
		23	Minima über Golf von Genua 750, Ungarn 750 und bei München 752. Sonnblickisobare 754. Schneefälle auf der Nordseite der Alpen, Südseite trocken.
	März	17	Minimum bei München 748 und bei Toulon 745. Ganz Westeuropa innerhalb der Isobare 755. Sonnblickisobare 749. Schnee und Regen auf der Nord- und Südseite der Alpen. Schnee in Lugano.
	April	20	Ausgedehntes Minimum. Centren Nizza 751, England 750. Sonnblickisobare 753·5. Starke Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen.
	Mai	29	Minimum über Centraleuropa. Centren Nordbayern und Golf von Lyon 756 und 755. Sonnblickisobare 755·5. Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen.

1888	November	2	Minimum über Frankreich, Centrum 748. Bregenz 749, Sonnblickisobare 754. Allgemeine Trübung in Westeuropa. Starke Niederschläge auf der Südseite der Alpen, Nordseite Föhn.
		3	Minimum nach E vorgerückt. Centrum nahe dem Fusse des Sonnblick 749 *mm*. Zweites Minimum (750) erscheint über dem Eingang des Canals. Starke Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen, namentlich im Süden (Lugano 102 *mm*).
1889	Februar	9	Tiefes Minimum über Dänemark, 725 *mm*. Zweites Minimum über Oberitalien 744. Hoher Druck im Westen, an der französischen Küste 760. Sonnblickisobare 746. Schneefall auf der Nordseite der Alpen, im Süden noch sonnig und mild.
		11	Minimum über Belgien, nach Südwestdeutschland sich erstreckend (743), zweites Minimum in Russland. Sonnblickisobare 748·5. Hoher Druck in SW. Regen und Schneefälle auf der Nordseite der Alpen.
	April	6	Minimum 750 *mm* über Mitteleuropa und Oberitalien. Sonnblickisobare 748·5. Etwas Regen auf der Nordseite der Alpen, starker Regen auf der Südseite.
		9	Minimum über Süddeutschland, Frankreich, Oberitalien 745 *mm*, bei Toulon 740 *mm*. Sonnblickisobare 744·5. Geringe Niederschläge. Nordschweiz Föhnwetter.
		25	Minimum über Centraleuropa 755 *mm*, ein Keil etwas höheren Luftdruckes schiebt sich von West her am Nordfusse der Alpen über Süddeutschland vor. Sonnblickisobare 753. Starke Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen (z. B. Zürich 32 Locarno 96).
	Mai	27	Minimum 755 *mm* über ganz Mitteleuropa, Centrum bei Salzburg 751·2. Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Alpen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

1889	Mai	28	Minimum 755 *mm*, Nordseite der Alpen. Sonnblickisobare 755. Niederschläge und Trübung ziemlich allgemein.
	October	1	Minimum über Mitteleuropa 755. Centrum bei Wien 752. Sonnblickisobare 753 *mm*. Erhebliche Niederschläge auf der Nord- und Südseite der Ostalpen.
1890	März	19	Minimum über Mitteleuropa, Centrum Bayern und Salzburg 742, zweites Minimum bei den Balearen 745. Sonnblickisobare 741. Sehr starke Niederschläge auf der Südseite der Alpen, weniger auf der Nordseite.
		20	Minimum 755 über ganz West- und Südeuropa, Spanien ausgenommen. Centren über der Nordsee 742 und Mittelitalien 743. Sonnblickisobare 749·5. Starke Niederschläge auf der Südseite der Alpen, schwächere auf der Nordseite.
	Mai	2	Minimum über Bayern 755. Sonnblickisobare 755. Niederschläge auf der Südseite der Alpen. Im W trüb, in E heiter.
		8	Minimum über Mitteleuropa und Oberitalien 746—747. Sonnblickisobare 746. Niederschläge auf der Südseite und Nordseite der Alpen.
		13	Minimum über dem westlichen Norddeustchland 745 *mm*. Zweites secundäres Minimum über dem Golf von Genua 750. Sonnblickisobare 746. Starke Niederschläge auf der Südseite der Alpen, weniger auf der Nordseite.
		28	Minimum über den Süd- und Westalpen 755 *mm*. Sonnblickisobare 756 (Wien 759). Ausgebreitete starke Niederschläge über der Süd- und Nordseite der Alpen, namentlich im Süden. In den Alpen regnerisch und trüb.

1890	August	25	Minimum über Italien und Norddeutschland, von Frankreich her schiebt sich ein Keil höheren Druckes über 755 *mm* nach E nach Bayern herein. Centrum Golf von Genua 750. Sonnblickisobare 754 *mm*. Grosse Niederschläge und Gewitter auf der Nord- und Südseite der Alpen.
		26	Das Minimum ist über die Ostalpen nach NE vorgerückt und liegt jetzt über Polen 750 *mm*. Von SW her dringt höherer Luftdruck von Südfrankreich nach, 760. Sonnblickisobare 758. Sehr starke Niederschläge, zum Theil Schnee auf der Nordseite und Südseite der Alpen.

Datum	Sonnblick			Ischl		
	Luftdruck	Temperatur	Wind	Luftdruck	Temperatur	Wind
1886 October 17	504·5	— 9·4	SW 3	701·0	6·2	S 5
Decemb. 20	13·8	— 7·4	W 7	09·8	0·1	Var.
1887 April 1	09·1	—19·2	W 2	13·7	— 2·1	S 5
6	13·2	— 8·2	SW 4	09·6	6·8	S 2
7	11·8	— 8·4	SW 4	08·3	7·8	S 3
Mai 27	16·5	— 7·0	SW 3	16·5	11·3	Var.
October 10	11·1	— 5·0	SW 4	06·2	10·4	W 2
Decemb. 26	03·8	—22·4	WNW 3	11·0	— 4·4	Var.
1888 Februar 16	08·1	—10·2	S 2	10·4	— 0·2	N 2
17	06·0	—17·2	SW 2	11·4	— 0·6	C.
18	02·5	—18·2	SE 1	08·3	— 3·3	Var.
19	00·4	—21·2	S 2	07·0	— 7·7	S 1
20	04·9	—15 8	SE 3	06·3	4·6	SE 6
21	04·4	—13·8	S 2	05·1	0·0	E 1
22	05·2	—18·6	WSW 1	10·5	— 1·4	E 1
23	07·3	—17·8	SW 1	14·6	— 3·6	NE 3
März 17	07·3	—10·2	S 2	07·8	0·0	Var.
April 20	13·1	— 6·2	S 3	12·0	8·6	W 3
Mai 29	18·2	— 4·6	NNE 2	15·0	15·0	C.
Novemb. 2	13·8	— 6·6	SW 4	12·5	3·6	Var.
3	10·1	— 5·4	W 1	07·8	9·0	WNW 4

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Datum			Sonnblick			Ischl		
			Luftdruck	Temperatur	Wind	Luftdruck	Temperatur	Wind
1889	Februar	9	499·5	—16·0	SW 5	702·9	— 3·6	NE 4
		11	503 0	—19·2	SW 2	05·8	— 4·6	SE 3
	April	6	08·5	—11·2	SSW 4	07·1	2·4	Var.
		9	05·8	— 9·2	W 3	03·0	4·2	Var.
		25	13·8	— 6·0	WSW 3	12·0	8·2	Var.
	Mai	27	17·5	— 0·2	SW 0	11·7	16·6	S 1
		28	19 5	— 0·8	ENE 1	14·9	14·4	SW 1
	October	1	11·9	— 6·0	S 2	11·5	7·2	Var.
1890	März	19	05·8	— 8·2	SW 2	02·2	11 6	S 1
		20	08·6	— 9·8	ESE 2	08·6	8·0	C.
	Mai	2	15·1	— 8·2	SSW 2	14·4	11·2	S 1
		8	12·4	— 3·6	S 3	05·8	14·2	C.
		13	12·7	— 4·6	S 5	06·5	17·0	S 1
		28	18·0	— 2·0	S 3	15·5	12·6	C.
	August	25	18·3	2·0	SW 6	14·5	14·8	Var.
		26	14·5	— 7·8	N 5	16·4	7·6	NW

Aus den Beobachtungen auf dem Sonnblickgipfel ergibt sich zunächst, dass den Vorübergang eines Barometerminimums in der Nähe desselben fast ausschliesslich S und SW-Winde begleiteten. Die Windfrequenz während der 37 Fälle war folgende: SW 14, S 11, W 6, SE 3, E, NE und N je einmal. Die mittlere Windrichtung war also S 30° W, d. i. nahezu SSW. Stürmisch waren die Winde nur zweimal, in der Regel war die Luftbewegung mässig, wie dies wohl dem inneren Theile eines Barometerminimums entspricht.

Aus den Luftdruck- und Temperaturbeobachtungen lassen sich zunächst keine weiteren Schlüsse ziehen. Man kann nur versuchen, die Temperaturänderung mit der Höhe zwischen Ischl und Sonnblickgipfel (Höhenunterschied rund 2630 *m*) zu bestimmen. Es ergibt sich dann:

Winterhalbjahr (20 Fälle) Sonnblick —12°4, Ischl 1°6, Wärmeabnahme pro 100 *m* 0°53. Diese Wärmeabnahme ist etwas rascher als im Mittel des Winterhalbjahres überhaupt; die Temperatur ist oben wie unten niedrig.

Sommerhalbjahr (17 Fälle, fast ausschliesslich April und Mai) Sonnblick —6°2, Ischl 10°0, Wärmeabnahme pro 100 *m* 0°62. Diese Wärmeabnahme ist nahezu normal, wenn man berücksichtigt, dass sie für 7^h Morgens gilt.

Im Ganzen ist die Wärmeabnahme mit der Höhe innerhalb der Barometerminima ziemlich normal, doch etwas rascher als im Mittel.

Um aus den oben mitgetheilten Temperatur- und Luftdruckbeobachtungen weitere Schlüsse ziehen zu können, habe ich jedem Falle die Abweichung vom 30jährigen Mittel berechnet, sowohl für Luftdruck wie für die Temperatur. Diese Abweichungen lassen sich in strenger Weise zu Mitteln zusammenfassen, was mit den absoluten Werthen wegen ihrer ungleichmässigen Vertheilung über das Jahr nicht thunlich ist.

Die einzelnen Abweichungen hier mitzutheilen halte ich für unnöthig, ich muss mich mit der Anführung der wichtigsten Schlüsse begnügen, zu denen dieselben führen. Vorerst wollen wir die mittleren Werthe dieser Abweichungen kennen lernen.

Luftdruck- und Temperaturabweichungen auf dem Sonnblickgipfel und zu Ischl während der Barometerminima (an der Erdoberfläche).

	Luftdruckabweichung in Millimetern		Temperaturabweichung	
	Sonnblick	Ischl	Sonnblick	Ischl
Winterhalbjahr (20)	—10·2	—12·8	—1°7	+1°3
Sommerhalbjahr (17)	— 5·2	— 8·4	0·0	+1·1
Allgemeines Mittel (37)	— 7·9	—10·8	—0·9	+1·2

Indem wir vorläufig die Luftdruckabweichungen bei Seite lassen, können wir constatiren, dass die Barometerminima in einer Höhe von 3 *km* durchschnittlich von einer Temperaturerniedrigung begleitet sind. Während in den Centren der Barometermaxima fast ausnahmslos eine Temperaturerhöhung eintritt, bringen die Barometerminima eine, wenn auch durchschnittlich nur geringe Temperaturdepression. So weit ich sehen kann, lässt sich deshalb der Schluss nicht abweisen, dass in der Regel die Luft (sagen wir vorläufig nur in der Höhe von 3 *km*) in den

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Centren der Barometerminima niedriger ist als in den Centren der Barometermaxima im Winter wie im Sommer.

Unter 37 Fällen war in 20 Fällen die Temperaturabweichung auf dem Sonnblick negativ, speciell im Winterhalbjahr unter 20 Fällen in 13 negativ. Es ist dies umso auffälliger, als die während dieser 37 Fälle herrschende Windrichtung SSW war. Ich habe schon bei einer anderen Gelegenheit gezeigt, dass in einer Höhe von 3 *km* auch kräftige, weit her kommende südliche Winde (bei andauernd hohem Druck in SE und niedrigem in NW) keine so grosse Erwärmung bringen, wie die herabsinkende Luft in den Barometermaximis.

Zu Ischl war die Temperaturabweichung nur 16 mal negativ und 21 mal positiv.

Betrachten wir nun auch die Luftdruckabweichungen oben und unten.

Da wir einen Einfluss der Luftbewegung selbst, also dynamische Einflüsse auf den Luftdruck unten und oben bei Seite lassen dürfen, umso mehr, als die Luftbewegung innerhalb der Minima im Allgemeinen nur schwach war, so besteht, wenn wir mit ΔB die Luftdruckabweichung unten und mit db jene auf dem Sonnblickgipfel bezeichnen, die Relation[1]

$$db = \Delta B \frac{b}{B}$$

Für den Sonnblick und Ischl ist das Verhältniss $b:B = 0 \cdot 72$. (Die grössten Schwankungen dieses Verhältnisses sind: bei den Winterminimis ist dasselbe $0 \cdot 71$, bei den Sommermaximis $0 \cdot 73$.) Wenn man die Luftdruckabweichungen von Ischl mit $0 \cdot 72$ multiplicirt, so würde man die Luftdruckabweichungen auf dem Sonnblick erhalten, wenn die Temperatur der Luftsäule von der normalen nicht abweichen würde. Eine höhere Temperatur der

[1] Ändert sich die Temperatur der Luftsäule nicht, geht aber der Barometerstand B unten in $B+\Delta B$, in der Höhe b in $b+db$ über, so besteht die Gleichung (bei constanter Temperatur und Feuchtigkeit)

$$\lg\left(\frac{B}{b}\right) = \lg\left(\frac{B+\Delta B}{b+db}\right),$$

woraus sogleich auch obige Relation sich ergibt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Luftsäule bedingt aber bei negativen Luftdruckabweichungen eine Verminderung derselben in der Höhe, und umgekehrt.

Im Mittel aller 37 Fälle ist die Luftdruckabweichung auf dem Sonnblick etwas grösser, als sie bei der mittleren Lufttemperatur sein würde, was einer geringen negativen Abweichung der Temperatur der Luftsäule während der Barometerminima entspricht. Die berechnete Abweichung ist genau $-10 \cdot 78 \times 0 \cdot 72 = 7 \cdot 76$, die beobachtete $7 \cdot 91$.

Wenn man die einzelnen Luftdruckabweichungen auf dem Sonnblick mit jenen für eine constante Temperatur vergleicht, so sind dieselben bald grösser, bald kleiner als letztere, wie dies den bald negativen, bald positiven Temperaturabweichungen der Luftsäule entspricht. Die Abweichungen erreichten bis zu 6 *mm* nach beiden Richtungen. Wir können den Versuch machen, den theoretischen Temperatureinfluss auf die Luftdruckabweichungen mit den beobachteten zu vergleichen, wobei wir die allerdings nur im Mittel vieler Fälle hinlänglich zutreffende Annahme zu Grunde legen müssen, dass die Abweichung der Temperatur der ganzen Luftsäule das Mittel ist aus der Abweichung oben und unten. Dass diese Annahme wenigstens dem Sinne nach sich nicht so weit von der Wahrheit entfernt, geht daraus hervor, dass nur in drei Fällen von 37 das Zeichen der Anomalie der Luftdruckabweichung auf dem Sonnblick mit dem Vorzeichen der derart angenommenen Temperaturabweichung nicht übereinstimmt.[1]

Legt man, um verlässlichere Resultate zu erhalten, nur die grösseren Anomalien der Luftdruckabweichungen auf dem Sonnblickgipfel der Rechnung zu Grunde, so erhält man folgende Resultate.

Die Luftdruckabweichung auf dem Sonnblick war gegenüber jener bei constanter Temperatur in 12 Fällen erheblich (Grenzen $1 \cdot 8$ und $5 \cdot 9$ *mm*) zu gross (Grenzen der Temperaturabweichungen $-1°4$ bis $-7°2$). Diese Fälle geben eine mittlere positive Anomalie der Luftdruckabweichung oben von $+3 \cdot 38$ *mm*

[1] Einmal ist die Abweichung um $0 \cdot 7$ *mm* zu gross bei einer Temperaturabweichung von $+1°3$, zweimal zu klein um $1 \cdot 4$ *mm* bei Abweichungen von $-1°7$ und $-0°1$. Hier sind jedenfalls die angenommenen Temperaturabweichungen unrichtig.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bei einer mittleren Temperaturabweichung von —3°80. Daraus würde pro Grad eine Anomalie der Luftdruckabweichung von 0·89 *mm* folgen für das Höhenintervall von 2633 *m*. Dagegen liefern 12 grössere negative Anomalien der Luftdruckabweichungen auf dem Sonnblickgipfel eine mittlere Anomalie von —2·28 *mm*, während das Mittel der entsprechenden Temperaturanomalien +3°62 war (Grenzen —0·6 und —6·0 *mm* und +1°1 und +6°5.) Hiernach entspricht 1° Temperaturanomalie einer Luftdruckanomalie von 0·63. Nimmt man das Mittel aus diesen 24 Fällen, so erhält man die empirische Relation (für constanten Druck)

$$db = 0 \cdot 76\, dt.$$

Vergleichen wir dieses Resultat mit dem theoretischen Werth.

Die bekannte hypsometrische Formel gibt für constanten Druck die Gleichung

$$db = \frac{bh}{RT^2}\, dt,$$

worin b den Luftdruck der oberen Station, h die Höhe der Luftsäule, R eine Constante und T die absolute Temperatur bedeuten.

Für ganz trockene Luft ist $R = 29 \cdot 3$. Nimmt man in der bekannten genäherten Weise dadurch auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft Rücksicht,[1] dass man den Ausdehnungscoëfficienten der

---

[1] Will man den Einfluss einer Änderung der Luftfeuchtigkeit oder des mittleren Dampfdruckes e auf den Luftdruck in der Höhe h separat kennen lernen, so erhält man aus der Gleichung

$$\log b = \log B - \frac{h}{RT\left(1+\beta\frac{e}{b}\right)}$$

zunächst, wenn für $1+\beta\frac{e}{b}$ kurz $f(e)$ gesetzt wird.

$$db = \frac{hbdf(e)}{RTf(e)^2}.$$

$f(e)^2$ ist so nahe gleich 1, dass man diesen Factor weglassen darf; $df(e)$ ist $= \beta\left(\frac{de}{b} - \frac{e\,db}{b^2}\right)$. Auch hier darf fast immer $ebd:b^2$ vernachlässigt werden. Für den Sonnblick z. B. ist e (mittlerer Dampfdruck der ganzen Luft-

Luft auf 0·004 erhöht,[1] so wird $R = 32·0$ (genauer lg $R = 1·50535$) und $T_0 = 250$.

Für den uns vorliegenden Fall ist $b = 510\,mm$, $h = 2633\,m$, $t = -2°2$, somit $T = 247·8$. Durch Einführung dieser Werthe erhält man

$$db = 0·68\,dt.$$

Man sieht, dass der empirisch gefundene Werth des Coëfficienten von dt recht befriedigend mit dem theoretischen überein-

---

säule) im Sommer circa 6 *mm*, die Änderung vom Winter zum Sommer weniger als 4 *mm*; dem entspricht genähert eine Druckänderung auf dem Sonnblick aus dieser Quelle allein von circa 0·5 *mm*. Es ist daher, wenn b rund = 520 *mm* gesetzt wird, $de : b = 0·0080$, dagegen $edb : b^2 = 0·000012$, somit gegen das erste Glied völlig zu vernachlässigen. Somit dürfen wir setzen:

$$db = \frac{\beta h}{RT}\,de,$$

wo $\beta = 0·377$.

Da der Einfluss von de auf die Druckänderungen nur gering ist, so dürfen wir allgemein setzen $R = 29·3$, $T = 273$, und es wird dann, wenn h in Hektometern ausgedrückt wird,

$$db = 0·00472\,h\,de,$$

h in Hektometern.

Nehmen wir für den Sonnblick $h = 26$, so wird für den Sonnblickgipfel

$$db = 0·123\,de.$$

Eine Änderung des Dampfdruckes um 1 *mm* in einer Luftsäule von 26 *hm* Mächtigkeit bewirkt somit eine Druckänderung von etwas über 0·1 *mm* in demselben Sinne, in welchem die Änderung des Dampfdruckes erfolgt. Ich glaube nicht, dass man selbst in den Sommermonaten eine tägliche Änderung des Dampfdruckes der ganzen Luftsäule um mehr als 1 *mm* annehmen darf. Dies mag zur Beurtheilung des Einflusses der täglichen Änderungen der Luftfeuchtigkeit auf den täglichen Gang des Barometers auf dem Sonnblickgipfel dienen. Ein Millimeter Dampfdruckänderung ist noch nicht einmal 0°2 Temperaturänderung äquivalent.

[1] Dass dieser Werth in der That den Beobachtungen sehr gut entspricht, habe ich nachgewiesen in meiner Abhandlung „Zur barometrischen Höhenmessung", diese Sitzungsber., Bd. LXXIV, Juli 1876. Die etwas kleineren Werthe, die Bruhns und Jordan gefunden haben, sind aus den geringen Höhenunterschieden abgeleitet, welche die sächsischen und badischen Stationen darbieten. Ich habe aus Beobachtungen in verschiedenen Klimagebieten und aus grossen Höhenunterschieden den betreffenden Factor berechnet.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

stimmt. Wenn die angenommene mittlere Temperaturabweichung der Luftsäule, die wir ja bloss aus den Abweichungen oben und unten (in einer eingeschlossenen entfernten Thalstation) bestimmt haben, statt 3·50 (Mittel von 24 Fällen) 3·93 gewesen wäre, so würden wir den theoretischen Werth des Temperatureinflusses ganz genau erhalten haben. Ob dem Umstand, dass wir aus den negativen, wie aus den positiven Temperaturanomalien gleicherweise einen etwas zu grossen Temperatureinfluss gefunden haben, eine Bedeutung beizumessen ist, lässt sich aus dem vorliegenden Materiale nicht entscheiden. Die Luftdruckabweichungen während der Barometermaxima lassen sich zu einer ähnlichen Rechnung deshalb nicht verwenden, weil die abnorme Temperaturschichtung während derselben durchaus nicht gestattet, aus den Temperaturabweichungen zu Ischl und auf dem Sonnblick auf die mittlere Temperaturabweichung der ganzen Luftsäule zu schliessen. Es würde interessant sein, mittelst eines besser geeigneten Materiales von Temperaturabweichungen den Einfluss derselben auf die Luftdruckabweichungen der oberen Station genauer zu untersuchen, und zu prüfen, wie weit die folgende Gleichung[1] mit den Beobachtungen übereinstimmt, d. h. die ganze Druckänderung oben nur durch die Temperatur- und Druckänderung unterhalb ausgedrückt werden kann.

$$db = dB\frac{b}{B} + \frac{bh}{RT^2}dt.$$

Wie wir eben gezeigt haben, scheint diese Gleichung in der That in sehr befriedigender Weise mit den Beobachtungen übereinzustimmen, wie es auch sein muss, wenn die dynamischen Druckänderungen von keinem merklichen Einfluss sind. Speciell für den Sonnblick nimmt diese Gleichung folgende Form an, wenn wir, was wohl den Verhältnissen am besten entsprechen dürfte, $h = 2600\ m$ setzen, b im Winterhalbjahr $= 516 \cdot 8\ mm$, im Sommerhalbjahr $= 522 \cdot 3$, t entsprechend $-5°2$ (oben $-11°0$, unten

[1] Man erhält dieselbe unmittelbar als Differentiale der Gleichung

$$\log b = \log B - \frac{h}{RT}.$$

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

$+0°7$) und $6°3$ (oben $-2°2$, unten $14°9$), also $T = 244 \cdot 8$ und $256 \cdot 3$. Dann wird:

$$\text{Winterhalbjahr.} \quad . db = 0 \cdot 72\, dB + 0 \cdot 699\, dt$$
$$\text{Sommerhalbjahr.} \quad \ldots db = 0 \cdot 72\, dB + 0 \cdot 647\, dt.$$

Die vorstehenden Erörterungen zeigen nun auch, welchen Vortheil die Einführung der Temperatur- und Luftdruckabweichungen in die Untersuchungen über die Druckvertheilung in den höheren Niveaux gewähren. Es wird dabei vorausgesetzt, dass die Mittelwerthe, mittelst welcher die Abweichungen des Luftdruckes und der Temperatur oben und unten berechnet werden, sich auf die gleiche Zeitperiode beziehen. Dann kann man mittelst derselben zahlreiche Fragen, die sonst nur durch umständliche Rechnungen erledigt werden können, auf höchst einfache Weise beantworten. Ich betone dies hier besonders, weil es in neuerer Zeit üblich geworden ist, den Luftdruck- und Temperaturabweichungen fast jede Bedeutung abzusprechen, namentlich in allen Fragen der sogenannten „dynamischen Meteorologie". Das ist aber ein ganz einseitiger Standpunkt. Auch für Probleme der Physik der Atmosphäre empfiehlt sich öfter die Einführung der Abweichungen von Mittelwerthen desselben Zeitraumes.

Wenn wir z. B. die Frage zu beantworten haben: Welche mittlere Temperatur muss eine 2600 *m* mächtige Luftsäule haben, damit ein Barometermaximum im untersten Niveau von, sagen wir 10 *mm* Abweichung von dem mittleren Drucke, im obersten Niveau den Druck ungeändert lässt, so ist eine derartige Frage mit absoluten Luftdruck- und Temperaturwerthen gar nicht allgemein und überhaupt nur durch umständlichere Rechnung zu beantworten. Mit Zuhilfenahme von Abweichungen haben wir die Antwort sogleich. Ein Barometermaximum von 10 *mm* Druckabweichung unten gibt oben (im vorliegenden Falle) bei ungeänderter Temperatur eine positive Druckabweichung von $7 \cdot 2$ *mm*. Damit diese verschwinde, muss die mittlere Temperatur der ganzen Luftsäule um $dt = 7 \cdot 2 : 0 \cdot 68 = 10°6$ sinken.[1]

[1] Man kann übrigens diese Abweichungen auch als Unterschiede des Luftdruckes und der mittleren Temperatur zweier Luftsäulen von gleicher Höhe auffassen, wodurch die obige Frage allgemeinere Bedeutung erlangt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Auf Seite 372 haben wir gefunden, dass während 14 Barometermaximis, deren Centrum über den Ostalpen lag, die Luftdruckabweichung auf dem Sonnblick 11·8 *mm* betrug, zu Ischl dagegen 11·1 *mm*. Versuchen wir, aus diesen Daten die Abweichung der mittleren Temperatur der Luftsäule von 2630 *m* zu berechnen, so finden wir Folgendes: Nach der Luftdruckabweichung zu Ischl sollte jene auf dem Sonnblick $11 \cdot 1 \times 0 \cdot 72 = 7 \cdot 99$ *mm* sein. Die positive Anomalie ist demnach 3·8 *mm*. Dies gibt durch Division mit 0·68 eine positive Temperaturabweichung von 5°6. Dies stimmt ganz gut mit der beobachteten Temperaturabweichung von +6°0 auf dem Sonnblickgipfel, wenn man die gewöhnliche verticale Temperaturvertheilung während der Barometermaxima dabei berücksichtigt.

Während des grossen Barometermaximums vom November 1889 über Mitteleuropa[1] betrug während fünf Tagen, vom 19. bis 23. November die Luftdruckabweichung zu Ischl +15·3, auf dem Sonnblick +14·7. Die Abweichung bei constanter Temperatur wäre $15 \cdot 3 \times 0 \cdot 72 = 11 \cdot 0$ *mm*, die positive Anomalie der Abweichung auf dem Sonnblickgipfel war demnach 3·7 *mm*, woraus sich mit Rücksicht auf die damals herrschende Temperatur eine Abweichung der mittleren Temperatur der Luftsäule von gleichfalls +5°6 berechnet.

VI. Verticale Temperaturvertheilung und mittlere Temperatur in einer Luftsäule von 3 *km* Höhe in den Ostalpen im Winter, bei verschiedener Vertheilung des Luftdruckes über Mitteleuropa.

Zur weiteren und vollständigen Begründung jener Darlegungen über die Temperatur in den Cyclonen und Anticyclonen, die ich in meiner Abhandlung über das Barometermaximum vom November 1889 veröffentlicht habe, wird im Nachfolgenden noch ein allgemeiner Nachweis über die verticale Temperaturvertheilung in einer Luftsäule von 3 *km* Seehöhe bei den Hauptstadien der Luftdruckvertheilung über Centraleuropa im Mittel

[1] Das Luftdruckmaximum vom November 1889 in Mitteleuropa. Von J. Hann. Denkschriften der Wiener Akademie, Bd. LVII, 1890.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

von drei Wintern,[1] 1887, 1888 und 1889, geliefert. Das Ergebniss ist, wie man sehen wird, eine vollständige Bestätigung der früher auf Grund einiger Specialfälle aufgestellten Sätze.

Ich entnahm aus den täglichen Wetterkarten für jeden Tag um 7^h Morgens die allgemeine Druckvertheilung über Mitteleuropa und excerpirte aus den Beobachtungsjournalen einer Reihe von Stationen die entsprechenden Tagesmittel der Temperatur.

Die Temperaturstationen wurden so gewählt, dass möglichst für jede ähnliche Höhenstufe die eine Station südlich, die andere nördlich vom Sonnblick gelegen war, und dass das Mittel aus beiden der Position des Sonnblick annähernd entsprach. Die derart benützten Stationen sind: Zell am See 766 *m*, Oberdrauburg 610 *m*, Rauris 940 *m*, Lienz 680 *m*, Haller Salzberg 1490 *m*, Stellzing 1410 *m*, Kolm 1600 *m* (dazu in manchen Fällen Schafberggipfel 1780 *m*), Schmittenhöhe 1974 *m*, Obir 2046 *m*, endlich Säntis 2500 *m* und Sonnblick 3100 *m*. Der Säntis passt allerdings wegen seiner zu westlichen Lage nicht gut in diese Stationsgruppe; da aber in den Ostalpen eine Station in dieser vortheilhaften Seehöhe (zwischen 2000 und 3100 *m*) fehlt, so zog ich es doch vor, die Säntisbeobachtungen mitzubenützen. Es ist ja auch zu berücksichtigen, dass in einer Seehöhe von 2500 *m* die Temperaturvertheilung schon eine viel gleichmässigere ist als in den tieferen Niveaux. Ich habe zudem, wie man später sehen wird, die Säntisbeobachtungen meist nur zu einer ersten Annäherungsrechnung benützt und dann das Ergebniss derselben für die Seehöhe von 2500 *m* in die definitive Rechnung eingestellt, sobald die Abweichung zwischen Beobachtung und erster Rechnung erheblich war.

Dieses Materiale von Temperaturbeobachtungen wurde dann nach den Hauptkategorien der Luftdruckvertheilung in sechs Gruppen getheilt. Die sechs Kategorien der Luftdruckvertheilung über Mitteleuropa, welche untersucht worden sind, waren: 1. Hoher Druck in West, tiefer in Ost; 2. hoher Druck im Norden,

---

[1] Es sind somit neun Monate in Rechnung gezogen worden. Aus Gründen, auf die hier einzugehen unnöthig, weil sie für das Ergebniss gleichgiltig sind, wurde statt des December 1886 der December 1889 genommen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

niedriger im Süden; 3. hoher Druck im Osten, tiefer im Westen, endlich 4. hoher Druck im Süden, niedriger Druck im Norden. Dazu kommt dann noch 5. hoher Druck über Mitteleuropa selbst 6. der niedrige Druck liegt über Mitteleuropa. Jene Fälle, in welchen die Druckvertheilung keiner dieser Kategorien gut entsprach, z. B. mehrere Minima oder Maxima vorhanden waren etc., wurden weggelassen. Dafür wurden, wenn ein charakteristischer Typus der Druckvertheilung schon in den letzteren Tagen des November begann oder sich in den März hinein fortsetzte, die entsprechenden Tage in die Rechnung einbezogen. Im Ganzen konnten die Beobachtungen von 260 Tagen verwendet werden.

Es wurde dann für jeden einzelnen Winter die mittlere verticale Temperaturvertheilung bei jeder der oben bezeichneten sechs Kategorien der Luftdruckvertheilung berechnet, damit man daraus leichter entnehmen könne, wie weit das allgemeine Mittel aus den drei Wintern schon als typisch für die betreffende Druckvertheilung angesehen werden darf. Die folgende Tabelle liefert in dieser Art den Nachweis dafür, dass in der That je drei zusammengehörige Reihen von Temperaturen in einer Verticalen eine ganz auffallende Übereinstimmung zeigen, so dass die Mittelwerthe eine allgemeine Giltigkeit beanspruchen dürfen.

Verticale Temperaturvertheilung in den Ostalpen bei verschiedener Vertheilung des Luftdruckes über Europa.

Winter und Zahl der Fälle	Sonnblick 3100	Säntis 2500	Obir 2046	Schmittenhöhe 1974	Kolm-Saigurn 1600	Haller Salzberg 1490	Stellzing 1410	Rauris 940	Zell a. S. 766	Lienz 680	Oberdrauburg 610
Hoher Druck im Westen.											
1887 (9)	—19°8	—12°8	—11°5	—12°9	—9°3	—8°0	—7°4	—5°9	—4°4	—6°5	—7°6
1888 (19)	—20·7	—13·1	—12·3	—13·0	—9·9	—8·3	—7·3	—5·9	—5·1	—2·9	—3·0
1889 (10)	—15·9	—10·9	— 8·0	— 8·9	—5·2	—4·2	—3·9	—1·4	—1·2	—0·7	—1·3
Mittel (38)	—18·9	—12·2	—11·0	—11·9	—8·5	—7·1	—6·5	—4·7	—3·9	—3·1	—3·6

Winter und Zahl der Fälle	Sonnblick 3100	Säntis 2500	Obir 2046	Schmittenhöhe 1974	Kolm-Saigurn 1600	Haller Salzberg 1490	Stellzing 1410	Rauris 940	Zell a. S. 766	Lienz 680	Oberdrauburg 610
Hoher Druck im Norden.											
1887 (27)	—17°2	—10°5	—12°0	—11°3	— 9°5	—8°6	—8°0	—8°4	—7°1	—6°2	—6°0
1888 (18)	—18·0	—12·2	—12·5	—12·2	— 9·8	—8·7	—8·1	—7·4	—6·8	—6·0	—5·5
1889 (22)	—18·8	—12·4	—13·1	—12·5	—10·9	—9·6	—8·1	—6·6	—7·3	—5·8	—5·6
Mittel (67)	—18·0	—11·7	—12·5	—12·0	—10·0	—9·0	—8·1	—7·5	—7·1	—6·0	—5·7
Hoher Druck im Osten.											
1887 (11)	—13·5	— 8·7	— 7·9	— 6·9	—3·9	—4·2	—5·7	—6·4	—6·7	—7·3	—6·8
1888 (4)	— 9·1	— 5·5	— 3·2	— 3·1	1·4	0·7	—0·3	—1·8	—2·1	0·8	0·5
1889 (15)	— 9·7	— 5·2	— 3·3	— 1·8	1·1	0·9	—0·5	—0·8	—2·8	—1·3	—1·4
Mittel (30)	—11·0	— 6·5	— 5·0	— 3·9	—0·7[1]	—1·0	—2·4	—3·0	—4·1	—3·3	—3·1
Hoher Druck im Süden.											
1887 (4)	—10·7	— 6·3	— 5·8	— 2·4	—1·8	—1·3	—1·8	—3·0	—5·7	—6·8	—6·3
1888 (11)	—13·3	— 8·2	— 7·0	— 6·8	—4·6	—3·3	—3·9	—3·7	—3·7	—3·3	—2·7
1889 (4)	— 8·9	— 5·6	— 3·0	— 2·5	—0·7	1·2	0·1	—1·0	—2·2	0·0	—1·8
Mittel (19)	—11·8	— 7·3	— 5·9	—5·0	—3·2	—1·9	—2·6	—3·0	—3·8	—3·4	—3·3
Barometermaximum über Mitteleuropa und den Alpen.											
1887 (32)	— 9·1	— 3·5	— 4·0	— 3·1	—1·8	—1·2	—0·6	—5·7	—7·7	—6·4	—7·4
1888 (21)	—11·8	— 5·9	— 6·8	— 5·8	—5·0	—3·0	—3·8	—6·7	—7·6	—6·5	—5·8
1889 (25)	— 9·1	— 3·7	— 3·8	— 2·5	—3·0	—0·6	—1·4	—4·9	—5·4	—4·8	—5·6
Mittel (78)	— 9·8	— 4·3	— 4·8	— 3·6	—3·1	—1·5	—1·7	—5·7	—6·9	—5·9	—6·5
Barometerminimum über Mitteleuropa und den Alpen.											
1887 (5)	—15·7	—11·2	— 8·1	— 8·6	—5·0	—5·3	—4·6	—5·8	—5·3	—6·5	—8·4
1888 (9)	—17·0	—14·3	— 9·8	—10·5	—7·4	—7·3	—5·6	—3·9	—3·6	—3·1	—3·1
1889 (14)	—18·6	—13·6	—11·2	—11·3	—8·8	—7·4	—7·3	—4·4	—5·6	—3·0	—3·2
Mittel (28)	—17·5	—13·4	—10·2	—10·6	—7·7	—7·1	—6·3	—4·5	—4·9	—3·6	—4·0

[1] Kolm-Saigurn hat bei dieser Druckvertheilung oft Föhn, also locale Erwärmung. Daher habe ich auch die Beobachtungen auf dem Schafberg benützt. Diese geben —2°0 in 1780 *m*. Reducirt auf 1600 *m* gibt dies (nach Differenz Schmittenhöhe—Schafberg) —1°1. Ich nehme daher —0°9 für 1600 *m*.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Eine übersichtlichere Darlegung der verticalen Temperaturschichtung während der verschiedenen Hauptstadien der Druckvertheilung gibt die nachfolgende kleine Tabelle.

Verticale Temperaturvertheilung in den Ostalpen bei verschiedener Vertheilung des Luftdruckes.

Ort	Höhe	Hoher Druck im				Barometer-	
		Westen	Norden	Osten	Süden	Maximum	Minimum
Sonnblick	3100	—18·9	—18·0	—11·0	—11·8	—9·8	—17·5
Säntis	2500	—12·2	—11·7	— 6·5	— 7·3	—4·3	—13·4
Obir	2046	—11·0	—12·5	— 5·0	— 5·9	—4·8	—10·2
Schmittenhöhe ...	1974	—11·9	—12·0	— 3·9	— 5·0	—3·6	—10·6
Kolm	1600	— 8·5	—10·0	— 0·9	— 3·2	—3·1	— 7·7
Haller Salzberg...	1490	— 7·1	— 9·0	— 1·0	— 1·9	—1·5	— 7·1
Stellzing	1410	— 6·5	— 8·1	— 2·4	— 2·6	—1·7	— 6·3
Rauris	940	— 4·7	— 7·5	— 3·0	— 3·0	—5·7	— 4·5
Zell am See.....	766	— 3·9	— 7·1	— 4·1	— 3·8	—6·9	— 4·9
Lienz	680	— 3·1	— 6·0	— 3·3	— 3·4	—5·9	— 3·6
Oberdrauburg	610	— 3·6	— 5·7	— 3·1	— 3·3	—6·5	— 4·0

Die niedrigste Temperatur tritt in den grössten Höhen ein, wenn das Barometermaximum im Westen liegt; wir haben das gleiche Resultat schon früher auf einem anderen Wege gefunden, als wir die allgemeinen meteorologischen Verhältnisse aufsuchten, unter welchen auf dem Sonnblickgipfel die Monatsminima der Temperatur eintreten. Liegt der hohe Druck im Norden, dann wird es in den Niederungen viel kälter, oben eher etwas wärmer. Die Temperaturabnahme mit der Höhe ist deshalb am raschesten auf der Vorderseite (Ostseite) eines Barometer-Maximums oder auf der Rückseite (Westseite) einer Area niedrigen Druckes. Dies stimmt auch sehr gut mit schon anderseits bekannten meteorologischen Thatsachen.

Liegt der hohe Druck im Osten, dann wird es namentlich in den grossen und mittleren Höhen warm, und es stellt sich in den Ostalpen eine Wärmezunahme mit der Höhe ein, von den Thälern aus bis zu Höhen von 2000 *m*. Ganz ähnlich ist die verticale Temperaturvertheilung bei hohem Druck im Süden. Die Wärmezunahme mit der Höhe bei diesen beiden Stadien der Druckvertheilung ist wohl der Hauptsache nach auf zwei

Ursachen zurückzuführen. Erstlich sind dann die Winde im Gebiete der Ostalpen schwach, in den Thälern bis zur Windstille, zweitens liegt wohl öfter ein secundäres Druckmaximum über diesem Theile der Alpen selbst, das aber zu untergeordneter Natur ist, um auf den Wetterkarten zur Darstellung zu kommen. Es ist also ein Übergang zu dem Zustande, der in der fünften Temperaturcolonne zum vollen Ausdruck kommt. Die Stationen im Norden der Alpen (Kolm, Haller Salzberg) haben übrigens bei dieser Druckvertheilung häufig auch Föhn.

Am lehrreichsten sind die beiden letzten Zahlencolumnen rechts, welche uns über die verticale Temperaturvertheilung im Gebiete der Barometermaxima und der Barometerminima unterrichten.

Keine andere Druckvertheilung bringt für die grösseren Seehöhen eine so hohe Temperatur, wie der Eintritt eines Barometermaximums. Die Zahlenwerthe unserer Tabelle beziehen sich nicht auf ausgewählte Barometermaxima, sie beruhen auf allen Fällen, 78 an der Zahl (in drei Wintern), wo der hohe Druck nach der Wetterkarte über Mitteleuropa sich lagerte. Es sind darunter zweifellos manche Fälle, welche nicht wahren Barometermaximis entsprochen haben, wodurch die Temperaturen noch eine Depression erfahren haben gegenüber jenen im wirklichen Centrum eines Barometermaximums. Ich habe deshalb noch speciell jene Barometermaxima aufgesucht, wo die Sonnblickisobare höher war als die höchste Isobare der täglichen Wetterkarte, und wo angenommen werden konnte, dass die hohen Tauern (Sonnblick) wirklich in die mittlere Area des Barometermaximums zu liegen gekommen sind. Diese Fälle (noch immer 40 an der Zahl) geben in der That eine noch beträchtlich höhere Temperatur der Luftsäule als die obigen 78 Fälle. Es ist ja zu berücksichtigen, dass an den Rändern der Barometermaxima keine hohe Temperatur mehr herrscht, namentlich am östlichen Rande derselben kann die Temperatur sogar sehr niedrig sein. Geringe Unrichtigkeiten in der Auffassung der Luftdruckvertheilung von Seite des Zeichners der täglichen Wetterkarten können daher leicht solche Fälle mit unter die wahren Barometermaxima Aufnahme finden lassen, wodurch die Temperaturen nur erniedrigt werden können.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Den Resultaten der vorstehenden Tabelle gegenüber muss man wohl jeden Zweifel darüber aufgeben, dass die mittlere Temperatur einer Luftsäule von 3 *km* Mächtigkeit im inneren Bereiche der Barometermaxima höher ist als in jenem der Barometerminima. Das Gesetz, nach welchem in beiden Fällen die Temperaturabnahme mit der Höhe erfolgt, zeigt, dass dieser Unterschied sich jedenfalls noch bis zu viel grösseren Höhen fortsetzt.

Um noch reinere Resultate bezüglich der verticalen Temperaturvertheilung in den Barometermaximis und den Barometerminimis zu erhalten, habe ich erstlich, wie schon bemerkt, zuerst jene Barometermaxima der drei Winter 1887, 1888, 1889 aufgesucht, deren Centrum mehr oder minder genau über den Ostalpen selbst lag; es ergaben sich 41 dieser Fälle, von denen ich einen der Bequemlichkeit halber weggelassen habe.

Diese Fälle sind (ich führe sie speciell an, damit man sie auf den täglichen Wetterkarten aufsuchen kann): das Barometermaximum vom 22.—31. Jänner 1887 (dasselbe kann dem von mir specieller untersuchten Barometermaximum vom November 1889 zur Seite gestellt werden); 4., 5., 6.; 23., 24. Februar und 2., 3. December desselben Jahres. 1888: Jänner 11, 20, 21, 25 December 4, 5, 6, 7, 8, 9; 14, 15, 16, 17, 18, 19. 1889: Jänner 18, 19, 28 (weggelassen), 29; December 17, 18, 19, 20. In der nachfolgenden Tabelle gebe ich die Temperaturmittel für je 10 solcher Tage mit Barometermaximis, damit man sehen könne, dass in allen Fällen auf eine seichte, kalte untere Luftschichte die mächtigen, relativ warmen Luftschichten bis zu den grössten Höhen hinauf folgen. Die erste Columne (1—10) enthält die verticale Temperaturschichtung während des Barometermaximums vom 22.—31. Jänner 1887. Der entsprechende mittlere Luftdruck im Meeresniveau ist jeder Columne unten beigegeben (den täglichen Wetterkarten entnommen).

In gleicher Weise habe ich jene Barometerminima aufgesucht, bei denen der Sonnblick innerhalb oder unmittelbar am Rande der niedrigsten Isobare der Wetterkarte zu liegen gekommen ist. Ich nenne dieselben kurz „centrale Minima“. Diese Minima wurden in zwei Gruppen getheilt, jene, welche im Winterhalbjahr eingetreten sind, und jene, welche dem Sommerhalbjahr angehören. Da aber thatsächlich nur im April und Mai solche constatirt

werden konnten, so habe ich die betreffende Columne mit Frühling überschrieben. Die benützten Fälle (als central angesehener Barometerminima) sind folgende:

1886 December 20; 1887 December 26; 1888 Februar 16, 17, 18, 21, 22; 1888 März 17 und November 3; 1890 März 19. Ferner 1887 Mai 27; 1889 April 6, 9, Mai 27 und 28; 1890 Mai 2 und 8.

Für die Gruppe I (Winterhalbjahr) war die mittlere Sonnblickisobare 750·3, die niedrigste Isobare der Wetterkarte 749·9. Mittlere Bewölkung (Tagesmittel) 8·2, Wind nur einmal NW, sonst S bis WSW, stets schwach oder mässig. In fünf Fällen Schneefall. Für die Gruppe II (Frühling) war die mittlere Sonnblickisobare 751·1, die niedrigste Isobare der täglichen Wetterkarte 753·0, mittlere Bewölkung 9·0, Wind nur S—W, schwach, dreimal fiel Schnee.

Die folgende Tabelle enthält die mittleren Temperaturen, die diesen Barometermaximis und Barometerminimis entsprechen.

Verticale Temperaturvertheilung in den Ostalpen.

Ort	Höhe in Metern	*A.* Im Inneren der Barometermaxima 40 Fälle während 3 Wintern					*B.* Im Inneren der Barometerminima. October 1886 bis September 1890	
		1 bis 10	11 bis 20	21 bis 30	31 bis 40	Mittel 40	Winterhalbjahr 10 Fälle	Frühling 7 Fälle
Sonnblick ..	3100	—6°9	—9°5	—7°5	—7°3	—7°8	—13°4	—5°1
Säntis	2500	—1·0	—3·8	—2·7	—1·7	—2·3	—10·4	—0·4
Obir	2046	—2·8	—4·1	—2·7	—2·8	—3·1	— 6·8	0·5
Schmittenh.	1974	—2·1	—3·8	—1·6	—0·6	—2·0	— 6·6	4·5
Schafberg..	1780	0·6	—2·7	—0·4	0·9	—0·4	— 5·2	4·9
Kolm	1600	0·6	—2·6	—3·1	—1·0	—1·5	— 3·3	6·5
Haller Salzb.	1490	0·0	—1·6	0·1	0·7	—0·2	— 3·5	7·8
Stellzing ...	1410	1·0	—1·1	—1·0	0·0	—0·3	— 2·4	6·0
Rauris	940	—5·7	—5·2	—5·8	—5·8	—5·6	— 0·2	10·4
Zell a. S....	766	—9·6	—6·0	—5·2	—7·4	—7·1	0·3	11·6
Lienz	680	—5·9	—3·9	—4·4	—6·9	—5·3	0·2	11·6
O.-Drauburg	610	—7·6	—4·4	—5·2	—8·0	—6·3	— 0·3	10·3
		Mittlere Sonnblickisobare					Sonnblickisobare	
Meeresniveau		777·5	777·4	774·4	775·2	776 1	750·3	751·1

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Mit Hilfe der in dieser und der vorhergehenden Tabelle enthaltenen Mitteltemperaturen konnten für die Wärmeabnahme mit der Höhe Gleichungen aufgestellt werden, deren Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt worden sind. Die hiebei benützten Normalgleichungen beruhen auf den in folgender kleiner Tabelle in condensirter Form enthaltenen Werthen der relativen Seehöhen und zugehörigen Temperaturen.

	Sonnblick	Säntis	Obir und Schmittenhöhe	Kolm	Hall und Stellzing	Rauris und Lienz	Zell und Oberdrauburg	Zahl der Fälle
	26·0	20·0	15·0	11·0	9·5	3·1	1·9	
	Temperatur Celsius							
Hoher Druck in:								
West	—18·9	—13·9[1]	—11·4	— 8·5	—6·8	— 3·9	— 3·7	38
Nord	—18·0	—13·9[1]	—12·2	—10·0	—8·6	— 6·8	— 6·4	67
Ost.....	—11·0	— 6·5	— 4·4	— 0·9	—1·7	— 3·1	— 3·6	30
Süd	—11·8	— 7·3	— 5·4	— 3·2	—2·2	— 3·2	— 3·6	19
Maximum ..	— 9·8	— 4·3	— 4·2	— 3·1	—1·6	— 5·8	— 6·7	78
Minimum ...	—17·5	—13·4	—10·4	— 7·7	—6·7	— 4·0	— 4·4	28
Centrale Maxima ..	— 7·8	— 2·3	— 2·5	— 0·7	—0·2	— 5·5	— 6·7	40
Minima:								
Winter.....	—13·4	—10·4	— 6·7	— 3·6	—3·0	0·0	0·0	10
Frühling ...	— 5·1	— 0·4	2·5	6·2	6·9	11·0	11·0	7

In den folgenden Gleichungen bedeutet h' die um 500 m verminderte und in Hektometern ausgedrückte absolute Seehöhe. Es ist demnach $h' = h—5$. Die Mitteltemperaturen der Luftsäule von 500—3500 m wurden auch nach diesen Formeln berechnet. Es ist wohl zu bemerken, dass die Formeln, in welchen auch h^2 vorkommt, nicht viel über 3100 m

[1] Hier sind die für den Säntis in erster Annäherung berechneten Werthe eingesetzt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

angewendet werden dürfen, weil das Glied mit h^2 dann schon einen zu grossen Einfluss erhält und die berechneten Temperaturen viel zu niedrig ausfallen müssen. Schon die für 3500 *m* berechneten Temperaturen sind etwas zu niedrig.

Hoch in W . $t = -1°78 - 0·632\,h'$
Hoch in N . $t = -5·00 - 0·473\,h'$
Hoch in E . $t = -4·26 + 0·527\,h' - 0·0308\,h'^2$
Hoch iu S . $t = -3·89 + 0·315\,h' - 0·0241\,h'^2$

Maximum ..... $t = -8°11 + 0·896\,h' - 0·0368\,h'^2$
Minimum . $t = -2·23 - 0·561\,h'$

Centrale:

Maxima . $t = -8°55 + 1·172\,h' - 0·0440\,h'^2$
Minima { Winter .. $t = 1·91 - 0·584\,h'$
Minima { Frühling . $t = 13·01 - 0·681\,h'$

Berechnete Temperaturen.

h	Hoher Druck in:				Barometer-		Centrale Maxima	Centrale Minima	
	W	N	E	S	Maximum	Minimum		Winter	Frühling
500	— 1·8	— 5·0	— 4·3	— 3·9	— 8·1	— 2·2	— 8·6	1·9	13·0
1000	— 4·9	— 7·4	— 2·4	— 2·9	— 4·5	— 5·0	— 3·8	— 1·0	9·6
1500	— 8·1	— 9·7	— 2·1	— 3·1	— 3·5	— 7·8	— 1·2	— 3·9	6·2
2000	—11·3	—12·1	— 3·3	— 4·6	— 2·9	—10·6	— 0·9	— 6·8	2·8
2500	—14·4	—14·5	— 6·0	— 7·2	— 4·9	—13·5	— 2·7	— 9·8	— 0·6
3000	—17·6	—16·8	—10·3	—11·1	— 8·7	—16·2	— 6·7	—12·7	— 4·0
3500	—20·7	—19·2	—16·2	—16·1	—14·3	—19·1	—13·0	—15·6	— 7·4
Mitteltemp.	—11·3	—12·1	— 5·6	— 6·4	— 5·7	—10·6	— 4·2	—6·85	2·8

Die niedrigste Temperatur herrscht in der ganzen Luftsäule von 3 *km* Höhe, wenn der hohe Druck im Norden liegt; es ist dann zwar in den grössten Höhen etwas wärmer, aber dafür in den mittleren und untersten Schichten erheblich kälter, als wenn der hohe Druck sich im Westen befindet. Am wärmsten ist die

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Luftsäule, wenn der hohe Druck sich im Osten befindet und besonders, wenn dieselbe in den Kern eines Barometermaximums zu liegen kommt.

Es ist zu bemerken, dass auch eine Gleichung mit drei Constanten nicht im Stande ist, die Temperaturänderung mit der Höhe in den Barometermaximis entsprechend zum Ausdrucke zu bringen; der schroffe Übergang von den kalten, wenig mächtigen unteren Luftschichten zu den warmen oberen Schichten, die etwa bei 1000 *m* absoluter Höhe beginnen, erscheint in den berechneten Werthen als ein allmäliger, wodurch der untere Theil der warmen Schichten zu kalt herauskommt und das Maximum der höheren Temperatur etwas höher hinauf verlegt wird, als wo es wirklich zu finden ist. Die Mitteltemperaturen aber dürften soweit richtig sein, als es die fehlenden Beobachtungen in den Schichten zwischen 900 und 1400 *m*, wo die Temperatur meist am höchsten ist, gestatten. Sie sind desshalb eher etwas zu niedrig.

Nimmt man speciell das Barometermaximum vom 22. bis 31. Jänner 1887, so erhält man folgende zusammengehörige Werthe der relativen Seehöhen und Temperaturen. Ich setze dabei $h' = h - 10$ in Hektometern, weil die warme Schichte ungefähr bei 1000 *m* Höhe beginnt.

$h' =$	4·5	7·0	10·0	15·0	21·0
$t =$	0·5	0·6	— 2·4	— 1·0	— 6·9.

Daraus erhält man die Relation

$$t = 2 \cdot 89 - 0 \cdot 412\, h'.$$

Rechnet man nach dieser Formel die mittlere Temperatur von 1000—3500 *m* und nimmt nach den Beobachtungen in dem untersten Niveau die mittlere Temperatur von 500—1000 *m* zu —4°9 an (—1°2 oben, —8°6 unten), so erhält man als mittlere Temperatur der Luftsäule von 3000 *m* Höhe zu Ende Jänner 1887 den Werth —2°7, gewiss eine ganz abnorm hohe Temperatur für diese Jahreszeit und Örtlichkeit. Im 30jährigen Mittel ist dieselbe etwa —9°2 (unten —4°6, wohl noch zu hoch genommen, oben —13°7), die Abweichung war demnach etwa +6°5.

Dies stimmt zufällig sehr gut mit der aus den Luftdruckabweichungen unten und oben berechneten Temperaturabwei-

chung. Im Meeresniveau war der mittlere Druck dieser 10 Tage 777·5, d. i. nach meinen Isobarenkarten um 11·5 *mm* zu hoch; auf dem Sonnblick war der mittlere Luftdruck 528·22, Abweichung +12·22 *mm*. Die Abweichung bei mittlerer Temperatur wäre nur (528 : 777) × 11·5 = 7·80 *mm* gewesen, der Überschuss in Folge der höheren Temperatur war demnach +4·4 *mm*. Dies gibt durch 0·68 dividirt +6°5 als Temperaturabweichung. Diese Abweichung bezieht sich allerdings nur auf eine Luftsäule von 2630 *m* Mächtigkeit, für welche der Divisor 0·68 früher gefunden worden ist. Man kann sie aber unbedenklich auch für 3000 *m* gelten lassen, wie die folgenden aus den Beobachtungen abgeleiteten Temperaturabweichungen zeigen, welche nach oben eher eine Zunahme, als eine Abnahme der positiven Temperaturabweichungen zeigen.

Temperaturabweichungen vom 22.—31. Jänner 1887.

Sonnblick	Säntis	Schmittenhöhe, Obir	Schafberg	Kolm	Stellzing, Hall
+6°2	+7°8	+4°3	+5°7	+5°6	+3°5

Allerdings erhält man aus diesen Abweichungen kaum ein höheres Mittel als +5°8 für das Höhenintervall von 1400 bis 3500 *m*, und für die gaze Luftsäule bis zu 500 *m* noch weniger, da die untersten Schichten eine negative Temperaturabweichung hatten. Es scheint mir aber keinem Zweifel zu unterliegen, dass die Temperaturen zu Stellzing und Hall (1450 *m*) zu niedrig waren gegenüber jener der freien Atmosphäre.

Was die Temperaturen im Inneren der Barometerminima anbelangt, so erhält man stets, man mag von was immer für einem Gesichtspunkte ausgehen, durchschnittlich eine erheblich niedrigere Temperatur für dieselben als für das Innere der Barometermaxima. Ich muss daher die in meiner Abhandlung über das Barometermaximum vom November 1889 in dieser Hinsicht ausgesprochenen Ansichten in vollem Umfange aufrecht erhalten, zumal dieselben auch mit den Forderungen der Theorie über die Temperaturänderungen in aufsteigenden und niedersinkenden Luftströmen im vollkommensten Einklange stehen. Wenn bei physikalischen Untersuchungen die Beobachtungsergebnisse mit den aus allgemeinen physikalischen Gesetzen abgeleiteten

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Werthen übereinstimmen, so betrachtet man dies stets als eine Bürgschaft dafür, dass die betreffende Erscheinung im vollen Umfange durch die Theorie erklärt ist. Dieses Zusammentreffen der Ergebnisse der Beobachtungen und der Theorie findet aber im vorliegenden Falle statt.

Ich will hier noch die folgende kleine Tabelle einschalten, welche mehr zufällig nebenher gewonnen worden ist und daher auch keine besondere Bedeutung beansprucht. Sie ist aus den Beobachtungen um 7^h Morgens des Jahres 1888 abgeleitet. Vollständigere Windrosen für den Sonnblickgipfel habe ich in der Meteorologischen Zeitschrift, Juliheft 1889, S. 260—261 veröffentlicht.

Temperatur um 7^h Morgens bei verschiedenen Windrichtungen auf dem Sonnblickgipfel.

Wind (Häufigkeit)	Stärke	Bewölkung	Temperatur			Temperaturabnahme mit der Höhe pro 100 *m*	
			Sonnblick	Kolm	Schafberg	Sonnbl.-Kolm	Sonnbl.-Schafberg
			A. Winterhalbjahr.				
N (38)	4·0	4·9	—13°4	—6°6	—6°6	0°45	0·52
NE (14)	4·4	5·0	—14·8	—7·5	—7·3	0·49	0·58
E (3)	3·0	4·3	—12·5	—5·8	—5·8	0·45	0·51
SE (5)	3·6	10·5	—13·1	—4·5	—6·4	0·57	0·51
S (24)	3·7	7·5	—10·6	—1·7	—3·5	0·60	0·54
SW (36)....	4·1	7·1	— 9·3	—0·2	—2·1	0·61	0·54
W (21).....	3·6	5·0	— 9·1	—1·5	—2·5	0·51	0·63
NW (32)	3·5	5·6	—10·4	—5·3	—5·1	0·43	0·40
Calmen (8)	0·0	5·6	— 9·6	—3·3	—2·4	0·42	0 54
			B. Sommerhalbjahr.				
N (46) ...	3·4	6·9	— 5·6	5·3	3·0	0·73	0·65
NE (15)...	2·9	7·5	— 3·3	6·2	5·4	0·63	0·66
E (0)...	—	—	—	—	—	—	—
SE (0).....	—	—	—	—	—	—	—
S (21).	3·6	8·4	— 2·5	7·0	5·5	0·63	0·61
SW (49)....	3·6	6·5	— 1·2	9·7	7·1	0·73	0·63
W (13).....	2·8	5·8	— 2 3	8·4	5·2	0·71	0·57
NW (16)	2·9	4·3	— 4·4	5·6	2·7	0·66	0·53
Calmen (21)	0·0	3·3	— 1·1	8·2	6·8	0·62	0·60

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Winter wie Sommer sind die Nord- und Südwinde die stärksten Winde und bringt der SE-Wind die grösste Trübung. N und NE im Winterhalbjahr und NW und N im Sommerhalbjahr bringen die niedrigste, der SW die höchste Temperatur, die Zahlen für die Wärmeabnahme mit der Höhe in dem Höhenintervall von circa 1700 und 3100 *m* zeigen keine charakteristische Abhängigkeit von der Windrichtung, welche sie von erheblichem Interesse machen würde. Dass im Winter bei S und SW die Temperaturabnahme zwischen Kolm und Sonnblickgipfel ein Maximum erreicht, erklärt sich dadurch, dass diese Winde, wenn sie stärker wehen, in Kolm als Föhn auftreten.

VII. Einige vorläufige Andeutungen über Beziehungen der Windrichtungen auf dem Sonnblickgipfel zu den Barometermaximis und Minimis.

Schon in meiner Abhandlung über das Barometermaximum vom November 1889 habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass die Windrichtungen auf dem Sonnblickgipfel in sehr vielen Fällen die von Cl. Ley, J. A. Broun und neuestens von Hon. Ralph Abercromby aus den Wolkenbeobachtungen abgeleitete Regel bestätigen, dass die von unten nach oben sich folgenden Windrichtungen sich wie eine Schraubenwindung drehen, und zwar von links nach rechts, wenn man dem Wind das Gesicht zukehrt. Nimmt man Unterwind, Säntis und Sonnblick, so findet man auf den täglichen Wetterkarten manche derartige Fälle. In den allermeisten Fällen aber, wo unten für die Gegend der Tauern eine entschiedene herrschende Windrichtung aus der Wetterkarte entnommen werden kann, weicht die Windrichtung auf dem Sonnblick um 45—90° von derselben im Sinne einer Rechtsdrehung (oder Linksdrehung, wenn man dem Wind den Rücken kehrt) ab.

In letzterer Zeit ist mir öfter aufgefallen, dass die Windrichtung auf dem Sonnblickgipfel zuweilen derart ist, dass sie sich wie ein Ausströmen der Luft aus einem entfernten Minimumgebiet gegen den unteren Gradienten ausnimmt, ja wie es scheint, auch gegen den Gradienten in 3100 *m*.

Bei den warmen Anticyclonen über Mitteleuropa, von denen ich einige näher untersucht habe, herrschten auf den höheren Berg-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gipfeln meist NE-liche Winde, während gleichzeitig das Minimumgebiet am Nordrande unserer Wetterkarten lag. Bei der Durchsicht der täglichen Wetterkarten der letzten Monate (Winter 1890/91) habe ich manche Fälle gefunden, in welchen der Wind auf dem Sonnblickgipfel, zuweilen auch schon auf dem Säntisgipfel (2500 *m*), gegen das Barometermaximum gerichtet war. In anderen Fällen verhält sich der Wind auf dem Sonnblickgipfel derart, als würde über dem Maximum der Wetterkarte in der Höhe von 3100 *m* schon ein Minimum sich befinden. Dieser Fall könnte in der That hie und da eintreten, ist aber höchst unwahrscheinlich, schon aus dem Grunde, weil, sobald das früher östlich gelegene Maximum nach Westen sich verlagert oder ausbreitet, die Temperatur auf den Berggipfeln steigt und beträchtlich über die normale hinausgeht. Ein warmes Barometermaximum kann aber nicht in 3100 *m* in ein Barometerminimum übergehen. In der That steigt auch das Barometer auf dem Sonnblickgipfel in diesen Fällen, statt zu sinken, wie es sonst der Fall sein müsste. Kurz, die Sache sieht so aus, als würde die Luft in dieser Höhe aus einem Barometerminimum gegen den Gradienten ausströmen, wie dies nach theoretischen Untersuchungen auch unter gewissen Verhältnissen der Fall sein kann. (Man sehe z. B. die jüngste Abhandlung des Herrn v. Bezold über Cyclonen.) Mein Zweck ist hier nur, auf derartige Beobachtungen aufmerksam zu machen, welche eine gründlichere Untersuchung verdienen. Ich führe hier einige specielle Fälle bloss aus der jüngsten Zeit an:

1890 December 28. Hoher Druck in NNE (Centrum finischer Meerbusen) 785; Minimum 750, Tyrrhenisches Meer. Windrichtung unten[1] E und NE. Temperatur: Wien —14°, Passau —11°, München —9°.

Sonnblick SSW 4 (Vorabend SW 7), —15·2. Windrichtung senkrecht auf die unteren Isobaren gegen das Maximum gerichtet. Säntis stürmischer E.

December 29. Druckvertheilung fast unverändert. Unten E, SE, an der Adria NE und N. Temperatur gesunken. Wien —18°, München —15°.

Sonnblick SW 5 (Vorabend W 5), Temperatur —14°. Wind also gleichfalls gegen das Maximum gerichtet. Säntis gleichfalls SSW 3.

---

[1] Mit „unten" ist hier kurz die Gegend auf der Nordseite des Sonnblick bezeichnet.

December 30. Maximum in NE und N ausgedehnter, 780. Minimum in SW über Spanien, 760. Winde unten, entschieden NE über ganz Mitteleuropa. Temperatur niedrig, Wien —14°, München —13°.

Sonnblick SW 3, Temperatur —13°0. Säntis W 6, Temperatur —10°4.

December 31. Druckvertheilung fast dieselbe. 780 in NE über Ostpreussen, 755 Golf von Biscaya. Winde unten E und SE. Temperatur: Wien —10°, München —13°.

Sonnblick NNW 2 (Vorabend WSW 2), —14°4. Säntis WNW 2. Temperatur —6°5 (Zürich —7°).

1891 Jänner 1. Maximum 775 über Mitteleuropa, Sonnblick aber noch am westlichen Rande desselben, niedriger Druck unter 760 in SW. Winde schwach, E. Wien —17°, München —13°.

Sonnblick NNW 2 (Vorabend N 1), —13°8, Säntis —4° NNE 1.

Jänner 2. Maximum über Ungarn 770. Sonnblick am westlichen Rande. Wien —15°, Salzburg —14°, München —13°4. Sonnblick SW 8, —11°4, Säntis WSW 2, —8°2.

Jänner 3. Maximum 770 auch nach W über Frankreich ausgebreitet, ganz Mitteleuropa umfassend. Temperatur: Wien —10°4, Ischl —13°2, München —6°5, Klagenfurth —21°0. Sonnblick NNW 1, ganz heiter, —8°6.

Die folgende kleine Tabelle gibt eine Übersicht der Änderungen des Luftdruckes und der Temperatur auf dem Sonnblickgipfel an diesen Tagen.

	December			Jänner		
1890—1891	29.	30.	31.	1.	2.	3.
Luftdruckmaximum in...	NNE	NE	NE u. N	E	E (nahe)	Central[1]
Sonnblickisobare	767	767	773	773	773	773
Sonnblick, Luftdruck	519	515	519	520	521	523
Temperatur ..	—14	—13	—14	—14	—11	—9°
Wind.....	SW 5	SW 3	NNW 2	NNW 2	SW 8	NNW 1

Bis zum 1. Januar liegt das Maximum in NE und E vom Sonnblick, am 2. liegt der Sonnblick schon innerhalb des westlichen Randes, am 3. im mittleren Theile desselben. Temperatur und Luftdruck steigen, zum Beweise, dass die Anticyclone, wie dies ja fast ausnahmslos der Fall ist, ein warmes Centrum hatte (Säntis 2500 *m* hat am 3. sogar —4°, dagegen Zürich —11°, Klagenfurt —21°) und sich desshalb sicherlich zu weit grösseren Höhen als 3100 *m* erstreckte.

Im Nachfolgenden stelle ich noch einige ähnliche Fälle zusammen, welche die Rechtsdrehung des Windes in 3100 *m*

[1] D. h. Sonnblick im inneren Theile des Maximums.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gegenüber dem Unterwind zeigen. Zugleich ersieht man die ausserordentlich rasche Erkaltung, die in der Höhe eintritt, sobald ein Maximum im Westen zugleich mit niedrigem Druck im Süden sich einstellt, wie ich dies ja als normales Verhalten oben nachgewiesen habe.

Jänner 10. Hoher Druck in W über Nordfrankreich, Nordwestdeutschland, England 770, tiefer in S, 760 *mm*. Winde unten NW.

Sonnblick ESE 2 (Vorabend E 2), —13°4. Säntis ENE 8, —10°6.

Jänner 11. Hoher Druck nach E vorgerückt, Isobare 775 reicht bis zu den Alpen. Tiefer Druck in S. Winde unten NW bis N. Sonnblick NNE 5, Schnee, —14°8.

Jänner 12. Situation ähnlich, unten W und NW, Sonnblick N 5.

Jänner 15. Hohes Maximum 780 *mm* erscheint bei Island, Minimum 750 über den russischen Ostseeprovinzen und im Südosten (750). Isobaren in Westeuropa verlaufen N—S. Winde unten W, NW bis N. Sonnblick NNE 2 (Vorabend NW 8), —25°2.

Jänner 16. Höchster Druck in Irland 770, tiefster in Süditalien 750. Winde NW und W. Wien —6°, Salzburg —9°, München —12°. Sonnblick NNE 5 (Vorabend N 5), —31°6.

Jänner 27 bis 30. Niedriger Druck, 745 *mm*, im Nordwesten. Hoher Druck über Mitteleuropa, höchster in Russland, 775—780. Sonnblick hat constant schwachen NW und W bei relativ hoher Temperatur —10°. Ähnlich am 31. Jänner und 1. Februar.

Februar 3. Hohes Maximum über Westfrankreich 780 *mm*. Zone hohen Druckes über Mitteleuropa bis zum schwarzen Meere. Niedriger Druck (770) im Süden und im äussersten Norden (745). Unten schwache SW-Winde. Temperatur gelinde, —2°. Sonnblick NNE 5, —17°6.

Februar 9. Maximum über Polen und Ungarn 775. Ganz Mitteleuropa 770. Winde unten NE, E, SE. Sonnblick WSW 3, heiter —15°0. Säntis SSW 8, heiter, —11°.

Februar 10 und 11. Druckvertheilung ähnlich. Hoher Druck in E tiefer in N. Sonnblick NW und ENE.

Am 12. Februar erscheint ein Maximum an der Westküste von Frankreich 775. Tiefes Minimum über der Ostsee 745, im Süden 765. Winde unten, SW vorherrschend, Sonnblick NNW 2, heiter, —13°4, Säntis WSW 8.

Februar 14. Hoher Druck über Nordfrankreich und Nordwestdeutschland bis gegen den Fuss der Alpen 780 *mm*. Minimum Südspitze Italiens 755. Sonnblick ENE 5, Schnee, —28°2. Säntis NNE 2, —20°8 (unten —5° bis —10°).

März 5. Tiefes Minimum bei Stockholm 730 *mm*. Hoher Druck im Golf von Biscaya 775. Über Nord- und Mitteldeutschland stürmische W- und SW-Winde mit Schnee, Temperatur 3—5°. Sonnblick N 5, Schnee, —13°2. Säntis WSW 6, —8°5.

März 6. Maximum nach E über Mittel- und Südfrankreich und Italien vorgerückt 770 *mm*. Tiefer Druck im Norden, 735 *mm*. Winde unten SW

stark, Temperatur gestiegen. Sonnblick N 3 (Vorabend NW 5), Schnee. —10°6, Säntis WSW 6, —5°4.

März 13. Hoher Druck in NE, 765 *mm*, tiefer in SW, 750. Winde unten schwach, unbestimmt. Sonnblick SW 3, Säntis SSW 6.

März 14. Hoher Druck in N, 770, nach W vorgerückt und näher, Minimum 750 über Oberitalien. Winde unten E und SE. Sonnblick S 3 (Vorabend SW 5), —12°8, Säntis NE 4, —8°3.

VIII. Widerlegung einiger Einwürfe gegen die Beweiskraft der Temperaturbeobachtungen auf Berggipfeln, nebst einigen allgemeinen Bemerkungen über die Cyclonen und Anticyclonen.

Die in meiner Abhandlung über das Barometermaximum vom November 1889 niedergelegten Ansichten haben in Amerika zu einer ziemlich erregten Discussion für und gegen dieselben Veranlassung gegeben, während sie in Frankreich und England, soweit ich sehen konnte, nur zustimmend aufgenommen worden sind. Namentlich haben hervorragende Forscher auf dem Gebiete der Theorie der Cyclonen, wie Blanford,[1] Mohn und Hildebrandson[2] in meinen Darlegungen der Beobachtungsergebnisse und den darauf gegründeten Schlüssen einen bedeutsamen Fortschritt in unserer Kenntniss über die wahre Natur der Barometermaxima und Barometerminima zugestanden.

Ein von mir hochverehrter amerikanischer Fachgenosse hat dagegen meine Bedenken und Einwürfe gegen die sogenannte „Convectionstheorie der Cyclonen“ in ihrer unbeschränkten Anwendung auf unsere Stürme, wie es scheint, fast als einen persönlichen Angriff aufgefasst und mit einiger Heftigkeit sich gegen dieselben ausgesprochen. Es ist mir peinlich, mich mit einem Manne in Widerspruch zu wissen, der für die neueren Fortschritte der Physik der Atmosphäre mehr geleistet hat als irgend einer der jetzt lebenden Meteorologen und Physiker, und auf den die Amerikaner mit Recht stolz sind. Dass es mir vergönnt war wenigstens eine der grundlegenden Arbeiten dieses ausgezeichneten Mannes zuerst auf unserem Continent eine

---

[1] Siehe Nature, Nov. 6, 1890, Vol. 43, pag. 15.
Briefliche Mittheilungen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

weitere Verbreitung und Würdigung zu verschaffen,[1] werde ich stets als ein besonderes Glück betrachten.

Aber alle Hochachtung vor einem der hervorragendsten Begründer der neueren Meteorologie darf mich natürlich nicht abhalten, mich in Widerspruch mit einigen seiner Ansichten zu setzen, wenn neue Beobachtungsthatsachen gegen dieselbe aussagen, oder auch nur mir gegen dieselbe zu sprechen scheinen. Ich sehe mich besonders genöthigt gegenüber einigen scheinbar schwerwiegenden Einwendungen, die in einer Serie von Artikeln in der amerikanischen Wochenschrift „Science" (December 19, 1890; Jänner 2, 16, 30, 1891) gegen die Tragweite der von mir mitgetheilten Beobachtungsergebnisse vorgebracht worden sind, Stellung zu nehmen und nachzuweisen, dass diese Einwendungen gänzlich unbegründet sind. Es ist dies umso mehr nöthig, als die grosse Autorität desjenigen, der diese Einwürfe aufgestellt hat, in der That auch schon einige seiner Landsleute verleitet hat, dieselben ohne eigene Prüfung als richtig hinzunehmen.

Der wichtigste Einwurf gegen meine Darlegungen in der öfter citirten Abhandlung über das Barometermaximum vom November 1889 ist der, dass den Temperaturbeobachtungen auf Berggipfeln gar keine Beweiskraft darüber zukommt, welche Temperatur die freie Atmosphäre in gleicher Höhe hat. Namentlich soll, wenn Niederschläge gefallen sind, die Luft in der Nähe des Bodens so erheblich abgekühlt werden, dass die niedrige Temperatur, die ich in dem Barometerminimum vom 1. October 1889 gefunden habe, bloss eine auf den Beobachtungsort beschränkte Erscheinung sei, welche keine weitergehenden Schlüsse gestattet. Dasselbe wird sogar von den Temperaturen behauptet, die bei der trockenen heiteren Witterung innerhalb der Barometermaxima auf Berggipfeln beobachtet werden. Der Autor dieser Einwürfe vermeint, mit der blossen Bezeichnung „surface observations" alle unsere Temperaturbeobachtungen von vorneherein als für die Theorie gleichgiltig und bedeutungslos abfertigen zu dürfen.

Wenn das richtig wäre, so würde nicht allein auch jenen Untersuchungen, die ich in der vorliegenden Abhandlung angestellt

---

Zeitschrift für Meteorologie, Bd. X, 1875, S. 81 etc.

habe, keinerlei Bedeutung zukommen, sondern es wäre überhaupt überflüssig, meteorologische Stationen auf Berggipfeln zu errichten, um dort Temperaturbeobachtungen anzustellen. Der Einwurf verdient desshalb eine gründliche Widerlegung.

Der Versuch, die für eine Theorie unbequemen Beobachtungsergebnisse dadurch unschädlich zu machen, dass man sie in Zweifel zieht, ist schon einmal bei Gelegenheit der Discussion über den Schweizer Föhn ohne Erfolg gemacht worden. Im vorliegenden Falle hätte man sich auch leicht überzeugen können, dass die der angenommenen Theorie widersprechenden Beobachtungen nicht einfach verworfen werden dürfen, sondern eine Beachtung sehr wohl verdient haben würden.

Dass die Lufttemperatur auf Berggipfeln, wenn Schnee oder Regen gefallen ist, merklich unter die Temperatur der freien Atmosphäre in gleicher Höhe sinkt, ist an sich im höchsten Grade unwahrscheinlich. Herrscht ein mehr oder weniger lebhafter Wind, wie dies auf Berggipfeln fast stets der Fall ist, so kann die einige hundert Quadratmeter umfassende Oberfläche des Berggipfels, der frei in die Atmosphäre aufragt, die Temperatur in der Höhe von einigen Metern über dem Boden kaum merklich beeinflussen. Die grossen Luftmengen der freien Atmosphäre, die stets erneuert mit dem Thermometer in Berührung kommen, werden demselben sicher jene Temperatur geben, die in dieser Höhe herrscht. Von den Temperaturen, die auf dem Sonnblickgipfel beobachtet werden, kann man eine Beeinflussung von Seite des Berggipfels überhaupt gar nicht annehmen. Es ist wichtig, dies zu constatiren. Der Thurm, an dessen Nordseite das Thermometer in einer Beschirmung aufgestellt ist, steht am Nordrande des Gipfels, dessen Fläche nicht grösser ist als das Haus selbst. Das Thermometer hat unter sich keinen Boden, sondern einen Abgrund von 1600 *m* Tiefe. Die Temperaturbeobachtungen auf dem Sonnblickgipfel mit der Bezeichnung „surface observations“ abzufertigen, ist desshalb gänzlich unstatthaft.

Bei Windstille fliesst bekanntlich die etwa auf der Oberfläche der Berggipfel unter die Temperatur der freien Atmosphäre abgekühlte Luft frei und rasch ab und wird durch Luft aus der freien Atmosphäre ersetzt. Also auch unter diesen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Verhältnissen kann man nicht von „surface observations“ sprechen.

Ganz unbegreiflich ist es aber, wie man die hohen Temperaturen, die auf den Berggipfeln während der Barometermaxima beobachtet werden, auch nicht gelten lassen will, weil sie auf „surface observations“ beruhen.

Etwas ruhigere Überlegung würde ja gelehrt haben, dass diese Behauptung widersinnig ist. Die Temperaturen um 7^h Morgens um die Mitte November müssen, wenn sie wirklich „Oberflächentemperaturen“ sind, niedriger ausfallen als die der freien Atmosphäre, namentlich bei der Klarheit und Trockenheit derselben, wie sie in den Barometermaximis in grossen Höhen herrscht und damals auch, wie nachgewiesen wurde, in ungewöhnlich hohem Grade geherrscht hat. Die mittlere Temperatur der freien Atmosphäre müsste also noch höher gewesen sein, als sie aus den Stationsbeobachtungen sich ergibt, was für meine Folgerungen noch günstiger ist.

Wenn sich der Autor der Artikelserie in „Science“ nicht durch Voreingenommenheit gegen alle Beobachtungsergebnisse, die der reinen Convectionstheorie unserer Stürme nicht gerade günstig sind, hätte leiten lassen, so würde er auch bemerkt haben, dass ich nicht bloss aus den Temperaturaufzeichnungen selbst, sondern auch aus den Luftdruckbeobachtungen und bekannten Höhenunterschieden einerseits die Temperatur der Luftsäule während des Barometermaximums aus dem Luftgewichte berechnet und mit den Temperaturbeobachtungen übereinstimmend gefunden, anderseits gezeigt habe, dass man aus den Abweichungen der Barometerstände vom Mittel oben und unten während des Barometerminimums vom 1. October 1889 auf das Vorhandensein negativer Temperaturabweichungen schliessen muss. Diese Schlussweise ist ganz unabhängig von einer etwaigen localen Beeinflussung der Temperaturangaben der Stationsthermometer.

Eine Berechnung der Lufttemperatur aus den Barometerständen für das Luftdruckminimum vom 1. October 1889 habe ich damals unterlassen. Ich will diese Berechnung hier nachholen. Man kann sich mit grossem Vortheile hiezu der Luftdruckabweichungen bedienen und aus denselben die Temperatur-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

abweichung der Luftsäule zu berechnen. Es genügt dann nur eine genäherte Kenntniss des Höhenunterschiedes und die Barometercorrectionen braucht man gar nicht zu kennen. Ich will desshalb hier auf diesem Wege die Abweichung der Lufttemperatur in einer Luftsäule von 2630 *m* Höhe (Sonnblick—Ischl) für das Barometerminimum vom 1. October 1889 berechnen. Ich setze zu diesem Zwecke in der Gleichung:

$$db = dB\frac{b}{B} + \frac{bh}{RT^2}dt$$

die entsprechenden Werthe des 1. October für Sonnblick (3100 *m*) und Ischl (467 *m*) ein. Die Werthe db und dB nehme ich von den Mittelwerthen, welche vierjährige (1887—1890) correspondirende Beobachtungen an beiden Stationen für September und October geliefert haben; das dt entspricht dann der Temperaturabweichung von dem Mittel derselben vierjährigen Periode. Es war um 7^h Morgens am 1. October:

Sonnblick . . .	$b = 511\cdot9$,	$t = -4\cdot6$,	$db = -10\cdot07$ *mm*
Ischl .	$b = 711\cdot5$,	$t = 7\cdot2$,	$db = -10\cdot62$

Durch Einsetzung dieser Werthe in die obige Gleichung ($T_0 = 250$ genommen, wie früher) erhält man:

$$-10\cdot07 = -7\cdot64 + 0\cdot663\,dt,$$

somit $dt = -3°7$.

Die Temperatur der Luftsäule zwischen Ischl und Sonnblick war also 3°7 unter dem Mittel von vier Jahren, welches zu +2°0 (nach Sonnblick und Ischl allein) angenommen werden kann, die mittlere Temperatur der Luftsäule selbst war also —1°7. Die beobachteten Abweichungen sind: Sonnblick —1°4, Schafberg —3°4, Ischl —2°4 etc. Die directen Temperaturaufzeichnungen geben also noch etwas kleinere negative Abweichungen,[1] als sie aus dem Luftgewichte folgen. Für die 20 Luftdruckminima von drei Winterhalbjahren berechnet sich in ähnlicher Weise aus den Daten auf S. 33 eine mittlere Temperaturabweichung der Luft-

[1] Die in meiner früheren Abhandlung angegebenen Abweichungen sind von 30jährigen Mitteln genommen und beziehen sich auf das Tagesmittel des 1. October.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

säule Ischl—Sonnblick (2630 *m*) von —1°4 C. ($dB = -12 \cdot 8$, daraus db berechnet —9·22 auf dem Sonnblick, beobachtet 10·20. Die Differenz 0·98 : 0·699 gibt 1·4).

Diese Ausführungen und Nachweise dürften genügen, um die Behauptung zu widerlegen, dass die Temperaturbeobachtungen auf Berggipfeln zur Beurtheilung der Lufttemperaturen in gleicher Höhe ganz ungeeignet sind.[1] Sie eignen sich in der That sehr wohl zu einer Prüfung der verticalen Temperaturvertheilung in den Cyclonen und Anticyclonen des Winterhalbjahres.

Die Barometermaxima oder Anticyclonen. Aus den Artikeln in „Science" ist zu ersehen, dass den amerikanischen Meteorologen die zahlreichen Untersuchungen, durch welche die hohe Lufttemperatur im inneren Theile der Anticyclonen über allen Zweifel festgestellt worden ist, unbekannt geblieben oder von ihnen nicht beachtet worden sind.[2] Sonst hätte die Einwendung nicht gemacht werden können, dass die Temperaturerscheinungen in dem Barometermaximum vom November 1889 abnorm waren und als exceptionelle betrachtet werden müssten. In der vorliegenden Abhandlung habe ich neuerdings nachgewiesen, dass alle Luftdruckmaxima von hoher Temperatur in den höheren Schichten der Atmosphäre begleitet sind, und dass diese Erscheinung eine ganz normale und sehr häufig wiederkehrende ist. Ich habe übrigens früher schon auch für den Pic du Midi in Südfrankreich nachgewiesen, dass die höchsten Temperaturen auch dort in den Barometermaximis auftreten.[3] Ballonfahrten, die in den letzten Wintern theils von Berlin, theils von München aus während einer anticyclonalen Luftdruckvertheilung unternommen

---

[1] Dass im Sommerhalbjahr die Temperaturangaben auf dem Schafberggipfel, Schmittenhöhe, Obir etc. höher sein können als die der freien Atmosphäre, wird damit nicht bestritten, es handelt sich ja hier nur um Temperaturen, auf welche die Insolation keinen Einfluss haben konnte. Auf dem Sonnblickgipfel ist aber selbst im Sommer kein Einfluss der Insolation anzunehmen.

[2] Eine Ausnahme machen Herr Wm. Davis und Herr R. Dewey (Cambridge Mass.); auf den Artikel des letzteren in American Met. Journal, Vol. III, p. 25, wurde ich erst wieder durch Herrn Helm-Clayton aufmerksam gemacht.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

worden sind, haben dessgleichen den Nachweis geliefert, dass bei dieser Druckvertheilung die Temperatur an der Erdoberfläche niedriger ist als in grösseren Höhen, und dass die höheren Schichten der Atmosphäre dann eine relativ hohe Temperatur haben, in völliger Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Beobachtungen auf den Berggipfeln. Anderseits stehen auch die Ergebnisse der bekannten Ballonfahrt von Barral und Bixio am 27. Juli 1850 in Übereinstimmung mit der aus den Beobachtungen auf Berggipfeln folgenden niedrigen Temperatur im Inneren der Barometerminima. Bei dieser Fahrt, die bei niedrigem Barometerstande kurz nach einem längeren heftigen Platzregen angetreten wurde, fand man (um $4^h\ 50^m$ *p. m.*) in einer Höhe von 7000 *m* (unterhalb der oberen Wolkengrenze) eine Temperatur —39°7 C., die niedrigste, die je in den höheren Schichten der freien Atmosphäre bisher angetroffen worden ist.[1]

---

[1] Folgende erst kürzlich publicirte Ergebnisse von Ballonfahrten mögen hier Platz finden.

I. Fahrt des Ballon „München" am 11. December 1890. Bayern lag damals am südwestlichen Rande eines im Norden gelegenen Barometermaximums von 770 *mm*. Das Centrum dieses Maximums lag über dem südlichen Theile der Ostsee. Isobare der oberbayerischen Ebene zwischen 768 und 770 *mm*. Unten schwache Ostwinde. Temperatur: Wien —5°, München —9°, Zürich —7° um 7^h Morgens. Die Temperaturzunahme mit der Höhe, welche im Ballon constatirt werden konnte, oberhalb einer über 700 *m* mächtigen Nebelschichte, war sehr auffallend. Die Fahrt des Ballons dauerte von $11^h\ 20^m$ *a.m.* (Aufstieg) bis $2^h\ 45^m$ *p. m.* Die Temperaturen (mit Assmann's Aspirationsthermometer gemessen) und relativen Höhen über München (520 *m*; die Seehöhen sind demnach um soviel grösser) waren:

Temperatur in der relativen Höhe von:

400	720	800	860	960	1170	1250	1320	1450	1475 *m*
—6°0	—6°5	+1°6	+3°2	+3°0	—1°5	+0°4	+1°0	+0°4	+0°2 C.

Beim Sinken wurde in 1340 *m* 0°0, in 1140 *m* —0°5 beobachtet, dann bewegte sich der Ballon auf den Wolken zwischen 800 und 700 *m*. Die mittlere Temperatur in einer mittleren Seehöhe von 750 *m* war —7°5. Das Wolkenmeer dehnte sich nach allen Richtungen aus, oben war die Luft klar, der Himmel tiefblau; der Ballon flog in westlicher Richtung. (Zeitschrift für Luftschifffahrt, X. Jahrg., 1891, S. 34.)

Auf die bei einer Ballonfahrt von Berlin aus am 19. December 1888 innerhalb eines Barometermaximums beobachtete rasche Temperaturzunahme mit der Höhe hat schon v. Bezold aufmerksam gemacht. Die

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Diesen unbestreitbaren Beobachtungsergebnissen gegenüber ist nicht wohl einzusehen, wie noch der Standpunkt festgehalten werden kann, dass die niedrige Temperatur der oberen Luftschichten die Ursache des Herabsinkens derselben in den Barometermaximis ist, wie dies in „Science" (Vol. XVII, p. 38) geschieht. Mir scheint diese Erklärung überhaupt physikalisch unstatthaft, weil herabsinkende Luft sich zu rasch erwärmt. Wenn die Temperaturabweichung in 3100 *m* noch +8° ist, so muss sich die Erwärmung sicherlich bis zu 5000 oder 6000 *m* erstrecken, da an einen schroffen Übergang zu relativ kalten Luftschichten nach oben nicht gedacht werden kann, namentlich nicht, wenn dieselben in herabsinkender Bewegung begriffen sind. Wie soll eine vielleicht 5000 *m* und darüber mächtige, ausgedehnte, abnorm warme Luftschichte durch ihr specifisches Gewicht herabsinken? Oder wer

---

Temperaturzunahme betrug 8° pro 1000 *m*. Die näheren Details sind noch nicht veröffentlicht.

II. In dem mir eben zugekommenen Februarheft 1891 des American Meteorological Journal sind die Ergebnisse von vier Ballonfahrten aus dem Jahre 1885, im Dienste des „Signal Service" von Philadelphia aus unternommen, publicirt. Die erste Fahrt am 19. Jänner während eines Barometermaximums ergab in den unteren Schichten bis 3300 Feet innerhalb der NW-Strömung eine Temperaturabnahme von 0°40 F. pro 100 Feet, dann eine Temperaturzunahme von 0°36 bis 4600 Feet. Bei der zweiten Fahrt am 13. März hatte sich ein Maximum aus NW nach S hin verlagert, begleitet von einer Temperaturdepression. Die Temperatur nahm zuerst ab bis zur Höhe von 2400 Feet um 0°41 F. pro 100 Feet, dann bis 4350 Feet zu, und zwar um 0°44 F. pro 100 Feet. Bei der dritten Fahrt am 27. März lag ein Minimum über dem Thal des Lorenzstromes, Wind SW leicht, Regen fiel zu Philadelphia Nachmittags, heftiger Abends. Temperaturabnahme bis 6200 Feet im Verhältniss von 0°30 F. pro 100 Feet. Bei der vierten Fahrt am 16. April lag am Vortage ein Minimum über Kansas und Missouri; die Witterung zu Philadelphia war trüb und in der Nacht fiel Regen, doch hatte sich das Wetter ausgeheitert bei der Auffahrt. Temperaturabnahme 0°47 F. pro 100 Feet.

Also auch diese Ballonfahrten in Amerika ergaben im Mittel eine nach oben stationäre Temperatur bei hohem Luftdruck (wie schon der Wind unten zeigt, erfolgten diese Fahrten nicht im Kern des Maximums selbst, sondern an dessen Rande), dagegen fast gleichförmig und rasch abnehmende Temperatur im Gebiete eines niedrigen Luftdruckes. Die Temperaturabnahme war hier 0°70 C. pro 100 *m*. Dies stimmt vollständig mit den Beobachtungsergebnissen an unseren Gebirgsstationen.

will etwa die absurde Behauptung aufstellen, dass in der Umgebung dieser, nach den Beobachtungen vom Pic du Midi bis zur Schneekoppe reichenden, also in horizontaler Richtung sich über 1500 *km* erstreckenden warmen Luftschichte es noch wärmer gewesen sei! Zudem verbieten dies die Beobachtungen direct, welche nachweisen, dass es vor und nach dem Vorübergange eines Barometermaximums kälter ist als innerhalb desselben.

Wenn der Autor des Artikels in „Science" fragt, wie man denn anders (als durch das specifische Gewicht der Luftmassen) den höheren Druck und das Herabsteigen der Luft erklären könne, so müssen wir zunächst antworten, dass in den Naturwissenschaften in erster Linie die Thatsachen stehen, und dass die Theorie denselben angepasst werden muss, nicht umgekehrt. Namentlich dürfen nicht wohl constatirte Thatsachen desshalb bezweifelt und, wie es an der citirten Stelle geschieht, einfach verworfen werden, weil sie einer deductiv abgeleiteten Theorie widersprechen. Wenn ein solcher Vorgang Platz greifen würde, so würde bald aller Fortschritt in der Erkenntniss der Naturerscheinungen zum Stillstande kommen und eine starre Dogmatik an die Stelle der in fortschreitender Entwicklung begriffenen Wissenschaft treten.

Es ist wohl keine sachliche und wissenschaftliche Kritik mehr, sondern eine zu Tage liegende Entstellung des Sachverhaltes, wenn der Autor meinen Nachweis von der hohen Temperatur der Luft in dem Barometermaximum vom November 1889 als „auf einigen wenigen Beobachtungen an der Erdoberfläche über einem sehr beschränkten Raum" (a few surface observations merely in a very limited region) beruhend und demgemäss als ohne Bedeutung hinstellt. Hätte der Autor meine Abhandlung eingesehen, was doch zu einem Urtheil über dieselbe nothwendig erscheinen dürfte, so würde er gefunden haben, dass die Area, für welche ich sehr zahlreiche Beobachtungen aus allen Niveaus zwischen 400—3100 *m* mittheile, sich vom Pic du Midi bis zur Schneekoppe und von dieser bis zum Obir erstreckt. Diese Area hat circa 1500 und 500 *km* (900 und 300 Miles) zu Durchmessern.

Dass trotz der hohen Temperatur diese warme Luftmasse, die, wie bemerkt, mindestens bis zu 5000 oder 6000 *m* Höhe gereicht haben muss, in einer herabsinkenden Bewegung be-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

griffen gewesen ist, dafür sprechen nicht bloss die Wärme und Trockenheit derselben, sondern auch die Winde an der Erdoberfläche, die aus der Area des Barometermaximums nach allen Richtungen hin ausfliessende Luftbewegungen nachweisen.

Auf welche Ursachen man diesen Vorgang mit einiger Wahrscheinlichkeit zurückführen kann, darüber habe ich mich schon mehrmals in Übereinstimmung mit anderen Fachgenossen im Allgemeinen ausgesprochen. Ob diese Ansichten zum Theil zutreffen oder gar nicht, ist Nebensache. Die richtige Theorie wird sich schon finden, wenn sie auf Grundlage der Beobachtungen aufgebaut wird. Es wird dies letztere auch für eine strenge mathematisch-physikalische Durchbildung derselben durchaus kein Hinderniss sein.[1]

Die Barometerminima und die Cyclonen. In „Science" (19. December 1890, Nr. 411) wird behauptet, die sogenannte Convectionstheorie der Cyclonen lasse sich durch Temperaturbeobachtungen weder stützen noch widerlegen. Wenn das wirklich der Fall wäre, so würde dies für jeden Naturforscher eine Nöthigung sein, sich um eine andere Theorie umzusehen, welche

---

[1] Es scheint mir, dass die Bezeichnung einer „dynamischen Ursache" der Drucksteigerung in den Anticyclonen, die ich namentlich für die grosse Anticyclone im November 1889 und für alle warmen Anticyclonen angewendet habe, ein Missverständniss hervorgerufen hat. Ich denke dabei durchaus nicht an eine dynamische Drucksteigerung durch die verticale Luftbewegung in den Anticyclonen selbst, welche ich von einem kaum nachweisbar geringen Betrage halten möchte. Ich habe bei der Bezeichnung „dynamisch" nur den Gegensatz zu „thermisch" (durch das specifische Gewicht der Luft bedingt) im Auge gehabt und meine damit, dass die Drucksteigerung in den warmen Anticyclonen ein localer Effect der allgemeinen Bewegungen der Atmosphäre über einem weit grösseren Gebiete, als das der Anticyclone, sei. Wenn z. B. aus irgend einer Ursache Luft in grossen Höhen von einem Gebiete abfliesst, so wird daselbst der Druck unten sinken, anderswo aber steigen, wo die Luft sich angehäuft hat; denselben Effect müssen einerseits eine Acceleration der grossen oberen Circulationsströmung (Druckabnahme), anderseits Retardationen derselben (Drucksteigerung unten) zur Folge haben. Die Druckverhältnisse in den warmen Anticyclonen sind, wenigstens bis zu 3100 *m* hinauf, wie ich ja gezeigt habe, gerade so, als wenn oberhalb eine Luftanhäufung platzgegriffen haben würde.

nach den Beobachtungen auf ihre Richtigkeit geprüft werden kann. Die „Convectionstheorie“ der Cyclonen ist deductiv abgeleitet, allerdings auf strenger mathematisch-physikalischer Grundlage, aber nur unter vielen Voraussetzungen, ohne welche die Rechnung nicht durchzuführen wäre. Nehmen wir die Convectionstheorie, wie sie namentlich von dem Autor des Artikels in classischer Weise ausgebaut worden ist, an sich, ohne Beziehung auf die wirklichen Erscheinungen, so muss man zugestehen, dass sie dem Geiste volle Befriedigung gewährt, dass sie wirklich eine schöne Theorie ist. Zu einer wahren Theorie wird sie aber erst dann, wenn sie mit allen beobachteten Erscheinungen in Übereinstimmung steht, und das kann man von der Convectionstheorie durchaus nicht sagen, sobald sie auf die Stürme der gemässigten Zone angewendet wird. Der Autor meint freilich, dass man an einer Theorie nicht rütteln dürfe, bis man nicht eine bessere an ihre Stelle setzen kann, aber das ist gegen alle Regeln der Naturforschung. Wer Staatseinrichtungen angreift, von dem kann man verlangen, dass er etwas Besseres an ihre Stelle zu setzen wisse, wissenschaftliche Theorien aber können das nicht für sich beanspruchen. Wer Thatsachen aufgefunden hat, welche mit denselben in Widerspruch stehen, der hat geradezu die Verpflichtung, ihre Mängel aufzudecken, wenn er auch selbst gar keine Verbesserungsvorschläge zu machen im Stande ist.

Die Convectionstheorie der Cyclonen hat zu ihrer Grundlage gewisse Bedingungen der Temperaturvertheilung innerhalb und ausserhalb der Cyclonen. Unser Streben muss desshalb dahin gehen, zu untersuchen, ob diese Temperaturbedingungen bei unseren Cyclonen wirklich vorhanden sind. Ich muss gestehen, dass ich selbst früher kaum daran gezweifelt habe, weil der physikalische Gedankengang, welcher zu dieser Annahme führt, so einleuchtend scheint. Die Beobachtungen auf hohen Bergen haben aber in Übereinstimmung mit den Ergebnissen einiger Ballonfahrten gezeigt, dass gegen die Forderung der Convectionstheorie die Luft in den Barometermaximis wärmer ist als in den Barometerminimis. Ich bin dann darauf aufmerksam geworden, dass dies schon im Vorhinein deductiv aus den nach bekannten physikalischen Gesetzen erfolgenden Temperaturänderungen in aufsteigenden und herabsinkenden Luftmassen hätte geschlossen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

werden können.[1] Wenn man demnach, wie dies die reine Convectionstheorie der Cyclonen thut, die Kräfte, welche letztere in Action erhalten, ganz innerhalb dieselben verlegt, so begegnet man auch schon theoretisch oder rein deductiv der Schwierigkeit, dass die durch sie eingeleitete verticale Luftcirculation alsbald Temperaturbedingungen schafft, welche die Voraussetzungen ihrer Existenz aufheben.

Man kann nicht sagen, wie dies in „Science" geschieht, dass ja eine warme Anticyclone über den Alpen kein Hinderniss sei für eine Cyclone in Nordamerika. Das ist allerdings richtig, aber in Wirklichkeit steht die Sache in unseren Breiten, namentlich im Winter, der Zeit der höchsten Cyclonenthätigkeit durchaus nicht so. In den Tropen, wo die grossen Cyclonen ganz vereinzelt vorkommen, ist es allerdings anders; aber in unseren Breiten folgen sich Cyclonen und Anticyclonen unmittelbar und es besteht keine Scheidewand zwischen ihnen; ja, der Autor des Artikels in „Science" (19. December 1890) war es, der geradezu die Anticyclonen mit den Cyclonen causal verknüpft hat, indem er beide als die Glieder derselben verticalen Luftcirculation betrachtet hat. Die aus der Wärmelehre folgende theoretische Schwierigkeit für die Convectionstheorie im vorliegenden Falle hat er übersehen. Die aufsteigende feuchte Luft kühlt langsamer ab, als sich die nebenan herabsinkende Luft erwärmt, so dass der herabsteigende Arm der verticalen Luftcirculation theoretisch wärmer sein muss als der aufsteigende. Namentlich müsste dies der Fall sein, wenn eine Anticyclone dieses Ursprunges zwischen zwei Cyclonen sich befindet, wie dies oft vorkommt und von dem Autor gerade als typisches Beispiel für seine Theorie betrachtet wird. Wie kann man dies aber mit der Convectionstheorie in Übereinstimmung bringen, welche verlangt, dass der Luftkörper der Cyclone wärmer ist als die Umgebung.

Nun finden sich in bemerkenswerther Weise die Temperaturbeobachtungen auf den Gipfelstationen in voller Übereinstimmung mit den Forderungen der mechanischen Wärmetheorie, wenn man von der mit allen Beobachtungsthatsachen in bester Übereinstimmung befindlichen Annahme ausgeht, dass die Luft

[1] Meteorologische Zeitschrift, Bd. XXV, 1890, S. 331—334.

in den Barometerminimis aufsteigt und sich in den Barometermaximis herabsenkt.

Dagegen stehen die Temperaturverhältnisse, wie sie die Theorie und die Beobachtungen auf Berggipfeln und in Luftballons für die Barometerminima und die Barometermaxima ergeben, in vollen Widerspruch mit der reinen Convectionstheorie der Cyclonen. Hier sind also neue Untersuchungen nothwendig, um diese Schwierigkeit aufzuklären, wenn nicht die Theorie für unsere Stürme ganz oder theilweise fallen gelassen werden muss. Dass auch andere Gründe für letzteres sprechen, soll später noch erwähnt werden. Die widersprechenden Beobachtungen einfach zu bezweifeln und zu ignoriren ist aber sicherlich der schlechteste Ausweg.

Die von mir in der Abhandlung über das Barometermaximum vom November 1889 mitgetheilten Beobachtungen über die Temperaturen in dem vorausgegangenen Barometerminimum vom 1. October desselben Jahres würden natürlich für sich allein kein Grund sein, die Convectionstheorie aufzugeben, ich selbst habe ihnen diese Bedeutung nie zugeschrieben. Aber im Zusammenhalt mit dem Umstande, dass die höchsten Temperaturen in den uns noch zugänglichen oberen Schichten der Atmosphäre im Centrum der Barometermaxima eintreten, zugleich mit der daran geknüpften Überlegung, dass auch theoretisch eine aufsteigende Luftmasse kühler sein muss, als eine daneben herabsinkende (bei oben gleicher Temperatur), welche mit diesen Beobachtungen vollkommen übereinstimmt, erhält auch dieser Eine Fall eine viel grössere Bedeutung, als er, für sich betrachtet, haben würde.

In der hier vorliegenden Untersuchung habe ich nun nachgewiesen, dass der Fall vom 1. October 1889 durchaus nicht allein steht, sondern dass im Mittel aller Fälle von drei Wintern die mittlere Temperatur einer Luftsäule bis zu mindestens 3500 *m* hinauf in den Barometerminimis viel niedriger ist als in den Barometermaximis. Gegen dieses Resultat kann nicht mehr der Einwand erhoben werden, dass die benützten Beobachtungsstationen am 1. October 1889 zufällig in einem kalten Theile des Minimums gelegen gewesen seien.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Forderung, welche in „Science“ aufgestellt wird, dass es zum Nachweise, dass die mittlere Lufttemperatur im Inneren eines Barometerminimums niedriger sei als ausserhalb in der Umgebung, nothwendig wäre, dass man die gleichzeitig herrschenden Temperaturen nicht bloss in allen verschiedenen Niveaus, sondern auch in horizontaler Erstreckung auf viele Hunderte von Meilen kennen müsste, wird natürlich niemals erfüllt werden können. Gäbe es in der That keinen anderen Weg, die Temperaturverhältnisse in den Barometerminimis durch Beobachtungen zu prüfen, so würde die Convectionstheorie auch nur ein „Glaubenssatz“ bleiben, dem man einen anderen gegensätzlichen mit gleichem Rechte entgegenstellen könnte, weil die Wärmetheorie verlangt, dass aufsteigende feuchte Luftsäulen kühler sein müssen als herabsinkende, wenn sie oben die gleiche Temperatur haben, was zugestanden werden muss, wenn sie demselben verticalen Kreislauf angehören.

Es bleibt aber glücklicher Weise ein zwar weniger directer, aber doch vollkommen beweiskräftiger Weg übrig, die mittleren Temperaturverhältnisse in den Cyclonen zu prüfen. Was wir nicht gleichzeitig neben einander beobachten können, können wir doch nach einander beobachten, weil die Cyclonen wie die Anticyclonen in einer beständigen Ortsveränderung begriffen sind. Wenn wir daher an einigen festen Punkten im Luftmeere in verschiedenen Höhen die Temperaturen in den vorüberziehenden Luftdruckmaximis und Luftdruckminimis aufzeichnen, so erfahren wir mit grösster Bestimmtheit, ob der Luftkörper eines Barometerminimums oder der eines Barometermaximums wärmer ist.

Die Beobachtungen von mehreren Jahren haben, wie diese Abhandlung nachweist, das Ergebniss geliefert, dass der Luftkörper eines Barometermaximums wärmer ist als der eines Barometerminimums. Dieses Resultat widerspricht nun entschieden der sogenannten Convectionstheorie unserer Stürme. Es scheint mir umso beweiskräftiger, als es noch viele andere Thatsachen gibt, welche sich mit dieser Theorie schwerlich in Einklang bringen lassen, wenn sie ausser den Cyclonen der Tropen, viele Sommerstürme und Gewittercyclonen etc. auch den grössten Theil unserer Winterstürme und die ausgedehnten Sommerstürme gleichen Charakters erklären soll.

Man hat den Versuch gemacht, die der Theorie widersprechenden Temperaturbeobachtungen auf den Bergen dadurch mit derselben doch in Einklang zu bringen, dass man in diesen Fällen den Sitz der Cyclone in die höheren Schichten der Atmosphäre verlegt hat. Die Cyclone hebt dann die kälteren tieferen Schichten und versetzt sie gleichfalls in rotirende Bewegung durch die von ihr in den höheren Niveaus geschaffenen Druckverhältnisse und durch die Reibung.[1] Weyher's schöne Experimente haben einen solchen Vorgang experimentell nachgewiesen, und wir haben nichts dagegen zu bemerken, sondern glauben im Gegentheile, dass ein solcher Vorgang bei vielen unserer Stürme, auch bei den Tornados und Tromben in der That stattfindet. Auch den Ansichten von Faye steht diese Annahme nahe. Mit einer derartigen Voraussetzung aber gibt sich eigentlich die Convectionstheorie selbst auf. Erstlich braucht man sie nicht mehr, wenn man die Wirbel aus den höheren, rasch bewegten Luftschichten auf die Erde herabsteigen lässt, zweitens ist in diesen hohen Schichten die Ausbildung einer Cyclone in der Art, wie sie der Convectionstheorie entspricht, höchst unwahrscheinlich, wenigstens im Winter.

In etwas mehr als Sonnblickhöhe (two miles, wie angenommen wird) ist der Wasserdampfgehalt der Luft schon so gering, dass jene Kräfte zur Entwicklung einer Cyclone fehlen, welche nach der genannten Theorie zu derselben erforderlich sind. Bei einer Temperatur von —10° bis —20°, wie sie namentlich in den Barometerminimis im Winter in dieser Höhe herrscht, enthält selbst die mit Wasserdampf gesättigte Luft nur mehr 2 bis 1 *g* Wasserdampf im Kubikmeter, und die Wärmeabnahme in derselben, wenn sie aufsteigt, unterscheidet sich kaum mehr von jener der trockenen Luft (sie beträgt schon im unteren Niveau 0°8 bis 0°9 pro 100 *m*). Wäre sie etwa 2000 *m* im Wirbel aufgestiegen, so hätte sie sich schon mindestens auf —36° bis —40° abgekühlt und ihren Wasserdampfgehalt so gut wie gänzlich eingebüsst. Ein selbst unter den günstigsten Verhältnissen in dieser Höhe entstandener, der Convectionstheorie entsprechender

---

[1] Science, December 19, 1890, Vol. XVI, 345; ebenso January 16, 1891, Vol. XVII, 38.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wirbel hätte demnach keine Kraft, die unteren kalten 3000 *m* mächtigen Luftschichten hinaufzupumpen und durch Friction in Rotation zu versetzen. Selbst im Sommer ist nach den Beobachtungen Glaishers (im Seeklima!) der Wasserdampfgehalt der Luft in Höhen von 6000—7000 *m* schon verschwindend klein. In grosse Höhen über 2000 oder 3000 *m* darf daher die Convectionstheorie den Ursprung ihrer Cyclonen nicht verlegen. Es mag im Anschlusse hieran bemerkt werden, dass es aus dem gleichen Grunde schwer verständlich ist, wie die Cyclonen der Convectionstheorie Gebirgsketten von 2000—3000 *m* Höhe überschreiten können, wie sie es wirklich regelmässig, z. B. im Felsengebirge, thun.

Die echten tropischen Cyclonen, die doch als die typischen Repräsentanten der Cyclonen der Convectionstheorie angesehen werden müssen, können dies auch nicht; sie lösen sich auf, selbst wenn sie viel niedrigere Gebirgszüge auf ihrer Bahn treffen. Schon dies weist darauf hin, dass bei den Cyclonen der höheren Breiten in erster Linie andere Kräfte im Spiele sind als jene, welche die reine Convectionstheorie allein gelten lässt.

Es ist mir von anderer Seite die Bemerkung zugekommen, dass es sich ja nicht so sehr um die Temperatur im Inneren einer Cyclone handle, gegenüber den grossen Temperaturverschiedenheiten ausserhalb derselben. Hierauf möchte ich nur Folgendes hier erwidern:

Wenn eine Cyclone in unseren Breiten sich einmal gebildet hat, so setzt sie sich allerdings gewisse Temperaturverhältnisse in ihrer Umgebung, so namentlich den Gegensatz zwischen ihrer Rückseite, wo kalte nördliche Winde und ihrer Vorderseite, wo warme südliche Winde herrschen. Damit rechnet aber die Convectionstheorie nicht, nach welcher die wirkenden Kräfte im Inneren des Luftkörpers der Cyclone liegen. Bei den typischen Repräsentanten der Convectionstheorie, den tropischen Cyclonen gibt es auch so gut wie keine Temperaturunterschiede im äusseren Umkreise derselben.

Wenn die Luft im Inneren einer Cyclone wirklich kälter wäre als in ihrer Umgebung, wie könnte sie dann aufsteigen? fragt der Autor in „Science“ und meint desshalb, dass man den Beobachtungen, die so etwas ergeben, nicht trauen dürfe, sondern sie

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

besser bei Seite lassen soll. Das ist aber wieder ganz gegen die Methode der inductiven Wissenschaften. Wenn die widersprechenden Beobachtungen oder Thatsachen nicht ersichtlich unrichtig sind, so muss sich unser Zweifel in erster Linie auf die volle Richtigkeit der Theorie und nicht auf die Beobachtungen werfen; und dies umso mehr, wenn, wie im vorliegenden Falle, die Beobachtungen auch eine innere physikalische Wahrscheinlichkeit für sich haben. Man muss dann eben prüfen, ob das Aufsteigen der Luft im Inneren unserer Cyclonen nicht einen anderen Grund haben könne, als jenen, den die Convectionstheorie annimmt. Eigenthümlicher Weise hat sogar der Autor selbst auf einen solchen hingewiesen, indem er meint, dass die unteren kühleren Schichten bis zu 3000 *m* Mächtigkeit durch kräftige Wirbel in den höheren Schichten in Rotation versetzt und zum Aufsteigen gebracht werden können. Über die Entstehung derartiger Wirbel ohne Zuhilfenahme der Convectionstheorie sind in der That schon mit guten Gründen unterstützte Ansichten aufgestellt worden.

In den Artikeln in „Science“ wird das „unstable equilibrium“ der Atmosphäre, das der Bildung der Cyclonen vorausgeht und ihrer Fortexistenz zu Grunde liegt, des Öfteren mit besonderem Nachdrucke hervorgehoben. Die Cyclone soll auf ihrer ganzen Bahn dieses unstabile Gleichgewicht vorfinden.

Wie diese Annahme mit unseren Kenntnissen über die thatsächlich bestehende verticale Temperaturvertheilnng in der Atmosphäre in Übereinstimmung zu bringen ist, ist mir ganz unverständlich. Als Postulat der Theorie wird eben diese Annahme, welche in dem geforderten Umfange sowohl den Ergebnissen der Beobachtungen auf Berggipfeln, sowie jenen bei Ballonfahrten gänzlich widerspricht, ohne weitere Prüfung als thatsächlich vorhanden hingestellt.

Das „unstable equilibrium“ wird jetzt gar zu häufig als Erklärungsgrund meteorologischer Erscheinungen angenommen, es ist in der That überall dort vorhanden, wo man es braucht. Nach den Beobachtungen scheint jedoch in Wirklichkeit ein thermisch (und das ist ja hier überall gemeint) instabiler Gleichgewichtszustand der Atmosphäre nicht häufig und stets nur local auf geringe Erstreckungen hin, vorzukommen; im Winter der

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mittleren und höheren Breiten aber schon gar nicht. Ich meine dabei nicht bloss den Zustand des indifferenten Temperaturgleichgewichtes in trockener Luft, sondern auch in Beziehung auf aufsteigende feuchte Luft.

Loomis hat aus 20 monatlichen Beobachtungen auf Pikes Peak und zu Denver City unter 343 Fällen nur 39 Fälle eines nicht stabilen Temperaturgleichgewichtes gefunden, und davon kommen nur 7 Fälle auf den Winter. Auch dieses Ergebniss wird in „Science" als auf blossen „surface observations" beruhend und desshalb nichts beweisend kurz abgewiesen. Und doch ist im vorliegenden Falle die grössere Wahrscheinlichkeit dafür, dass Loomis noch zu viele Fälle des nichtstabilen Temperaturgleichgewichtes hat finden müssen. Denver City liegt auf einer trockenen Hochebene in einem sehr heiteren sonnigen Klima, wodurch die Temperatur unten öfter abnorm gesteigert werden muss, während auf dem luftigen Gipfel des Pik, 2700 *m* höher, die Erwärmung durch Insolation gering und locale Abkühlungen durch Wolkenbildung häufig sein müssen. Ohne auf das Ergebniss dieser Untersuchungen von Loomis ein besonderes Gewicht zu legen, wird man zugeben müssen, dass es in derselben Richtung aussagt, wie die meisten andern Beobachtungen, die in gleicher Richtung untersucht worden sind.

Einige weitere Thatsachen, welche gegen die Convectionstheorie in ihrer Anwendung auf unsere Stürme sprechen.

Ich habe früher hervorgehoben, dass die von mir nachgewiesenen Beobachtungsergebnisse über die relativ niedrige Temperatur in unseren Cyclonen dadurch noch eine grössere Bedeutung für die Theorie derselben erlangen, dass es überdies eine ganze Reihe anderer Thatsachen gibt, welche gleichfalls gegen die Convectionstheorie sprechen. Ich will hier einige dieser Thatsachen anführen, wobei auf eine Vollständigkeit noch gar kein Anspruch erhoben werden kann.

Vorausschicken möchte ich ein Bedenken, welches mir schon in den räumlichen Verhältnissen unserer Stürme begründet zu sein scheint und vom Standpunkte der Convectionstheorie kaum beseitigt werden dürfte. Wie kann man so ausserordentlich flache

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Luftscheiben, wie die grossen Cyclonen der aussertropischen Breiten es sind, bloss durch Auftrieb entstehen und fortwandern lassen! Unsere Wirbel haben häufig einen mehrere hundermal grösseren horizontalen als verticalen Durchmesser.[1] Ein Schornstein zieht bekanntlich nur, wenn seine Höhe vielmal grösser ist als sein innerer Durchmesser. Bei unseren Wirbeln ist aber das Verhältniss in extremster Weise ins Gegentheil verkehrt. Wie solche ausserordentlich flache Luftscheiben nur durch die inneren Kräfte, d. i. durch die bei localen Wasserdampfcondensationen innerhalb derselben frei werdende Wärme sich in der Atmosphäre fortbewegen können, scheint mir schwer verständlich. Es ist ja die ganze Höhe der Atmosphäre, soweit selbe für die Condensationstheorie in Betracht kommen kann (oberhalb 8—10 *km* Seehöhe ist ja fast kein Wasserdampf mehr vorhanden), äusserst gering gegenüber dem horizontalen Durchmesser unserer Wirbel. Ich weiss nicht, dass die Convectionstheorie diese Schwierigkeit schon ernstlich ins Auge gefasst hat. Für jene Theorien, welche die Wirbel in Zusammenhang bringen mit Störungen in den allgemeinen Circulationsströmungen der Atmosphäre, besteht diese Schwierigkeit nicht.

Eine Thatsache, welche in auffallendem Widerspruch mit der reinen Convectionstheorie unserer Stürme steht, liegt in der jährlichen Periode der Häufigkeit und Intensität derselben.

Wenn die Convectionstheorie auf die Mehrzahl unserer Stürme wirklich anwendbar wäre, wie könnte es geschehen, dass diese Stürme gerade im Winterhalbjahr ihre grösste Intensität und Häufigkeit erreichen, also zu jener Jahreszeit, wo die Bedingungen sowohl zu ihrer Entstehung, wie zu ihrer Fortexistenz am allerungünstigsten sind. Im Winter ist der Wasserdampfgehalt der Luft gering und das thermische Gleichgewicht der Atmosphäre äusserst stabil. Über den Continenten sind die untersten Schichten oft längere Zeit hindurch die kältesten, die Temperatur nimmt nach oben zu. Die Wärmeabnahme mit der Höhe ist im Winter sehr gering, geringer als in aufsteigenden Luftströmungen bei dem dann herrschenden absoluten Wasserdampfgehalt der

---

[1] Doberck nimmt selbst bei den ostasiatischen Typhonen einen Durchmesser von mindestens 1000 Seemeilen bei kaum 4 Seemeilen Höhe an.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mittleren und höheren Breiten aber schon gar nicht. Ich meine dabei nicht bloss den Zustand des indifferenten Temperaturgleichgewichtes in trockener Luft, sondern auch in Beziehung auf aufsteigende feuchte Luft.

Loomis hat aus 20 monatlichen Beobachtungen auf Pikes Peak und zu Denver City unter 343 Fällen nur 39 Fälle eines nicht stabilen Temperaturgleichgewichtes gefunden, und davon kommen nur 7 Fälle auf den Winter. Auch dieses Ergebniss wird in „Science" als auf blossen „surface observations" beruhend und desshalb nichts beweisend kurz abgewiesen. Und doch ist im vorliegenden Falle die grössere Wahrscheinlichkeit dafür, dass Loomis noch zu viele Fälle des nichtstabilen Temperaturgleichgewichtes hat finden müssen. Denver City liegt auf einer trockenen Hochebene in einem sehr heiteren sonnigen Klima, wodurch die Temperatur unten öfter abnorm gesteigert werden muss, während auf dem luftigen Gipfel des Pik, 2700 *m* höher, die Erwärmung durch Insolation gering und locale Abkühlungen durch Wolkenbildung häufig sein müssen. Ohne auf das Ergebniss dieser Untersuchungen von Loomis ein besonderes Gewicht zu legen, wird man zugeben müssen, dass es in derselben Richtung aussagt, wie die meisten andern Beobachtungen, die in gleicher Richtung untersucht worden sind.

Einige weitere Thatsachen, welche gegen die Convectionstheorie in ihrer Anwendung auf unsere Stürme sprechen.

Ich habe früher hervorgehoben, dass die von mir nachgewiesenen Beobachtungsergebnisse über die relativ niedrige Temperatur in unseren Cyclonen dadurch noch eine grössere Bedeutung für die Theorie derselben erlangen, dass es überdies eine ganze Reihe anderer Thatsachen gibt, welche gleichfalls gegen die Convectionstheorie sprechen. Ich will hier einige dieser Thatsachen anführen, wobei auf eine Vollständigkeit noch gar kein Anspruch erhoben werden kann.

Vorausschicken möchte ich ein Bedenken, welches mir schon in den räumlichen Verhältnissen unserer Stürme begründet zu sein scheint und vom Standpunkte der Convectionstheorie kaum beseitigt werden dürfte. Wie kann man so ausserordentlich flache

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Luftscheiben, wie die grossen Cyclonen der aussertropischen Breiten es sind, bloss durch Auftrieb entstehen und fortwandern lassen! Unsere Wirbel haben häufig einen mehrere hundermal grösseren horizontalen als verticalen Durchmesser.[1] Ein Schornstein zieht bekanntlich nur, wenn seine Höhe vielmal grösser ist als sein innerer Durchmesser. Bei unseren Wirbeln ist aber das Verhältniss in extremster Weise ins Gegentheil verkehrt. Wie solche ausserordentlich flache Luftscheiben nur durch die inneren Kräfte, d. i. durch die bei localen Wasserdampfcondensationen innerhalb derselben frei werdende Wärme sich in der Atmosphäre fortbewegen können, scheint mir schwer verständlich. Es ist ja die ganze Höhe der Atmosphäre, soweit selbe für die Condensationstheorie in Betracht kommen kann (oberhalb 8—10 *km* Seehöhe ist ja fast kein Wasserdampf mehr vorhanden), äusserst gering gegenüber dem horizontalen Durchmesser unserer Wirbel. Ich weiss nicht, dass die Convectionstheorie diese Schwierigkeit schon ernstlich ins Auge gefasst hat. Für jene Theorien, welche die Wirbel in Zusammenhang bringen mit Störungen in den allgemeinen Circulationsströmungen der Atmosphäre, besteht diese Schwierigkeit nicht.

Eine Thatsache, welche in auffallendem Widerspruch mit der reinen Convectionstheorie unserer Stürme steht, liegt in der jährlichen Periode der Häufigkeit und Intensität derselben.

Wenn die Convectionstheorie auf die Mehrzahl unserer Stürme wirklich anwendbar wäre, wie könnte es geschehen, dass diese Stürme gerade im Winterhalbjahr ihre grösste Intensität und Häufigkeit erreichen, also zu jener Jahreszeit, wo die Bedingungen sowohl zu ihrer Entstehung, wie zu ihrer Fortexistenz am allerungünstigsten sind. Im Winter ist der Wasserdampfgehalt der Luft gering und das thermische Gleichgewicht der Atmosphäre äusserst stabil. Über den Continenten sind die untersten Schichten oft längere Zeit hindurch die kältesten, die Temperatur nimmt nach oben zu. Die Wärmeabnahme mit der Höhe ist im Winter sehr gering, geringer als in aufsteigenden Luftströmungen bei dem dann herrschenden absoluten Wasserdampfgehalt der

---

[1] Doberck nimmt selbst bei den ostasiatischen Typhonen einen Durchmesser von mindestens 1000 Seemeilen bei kaum 4 Seemeilen Höhe an.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Atmosphäre. Wie kann man annehmen, dass unter solchen Verhältnissen die atmosphärischen Wirbel der Convectionstheorie bis ins Innere von Sibirien vordringen, wo die Lufttemperaturen, die sie dort antreffen, —30 bis —40° sind und der Wasserdampfgehalt der Luft fast auf Null herabgesunken ist.

Es ist eine unvermeidliche Consequenz der Convectionstheorie, wie sie namentlich schroff in den citirten Artikeln in „Science" vertreten wird, dass die Cyclonen im Sommerhalbjahr ihre grösste Intensität und Häufigkeit erreichen müssten, wo der Wasserdampfgehalt der Luft am grössten, die Erwärmung der untersten Luftschichten am lebhaftesten ist und die Wärmeabnahme mit der Höhe am raschesten erfolgt.

In der That sind jene Erscheinungen, auf welche wohl mit Recht die Convectionstheorie Anwendung finden kann, die „Wärmegewitter" und die Cyclonen der Tropen, auf die warme Jahreszeit beschränkt. Die tropischen Cyclonen erreichen das Maximum ihrer Häufigkeit zur Zeit, wo die Temperatur des Meeres am höchsten ist (so die westindischen und die Mauritiuscyclonen, dessgleichen die ostasiatischen Typhone), oder eine allgemeine gleichmässige Druckvertheilung und das Fehlen vorherrschenden Luftströmungen die Entwicklung wie das Fortschreiten solcher Wirbel, welche ihre treibenden Kräfte zum grösseren Theile vielleicht wirklich in sich selbst haben, am meisten begünstigt (Cyclonen der Bai von Bengalen). Auch die „Wärmegewitter" oder Gewitterwirbel unseres Sommers treten bei gleichmässiger Druckvertheilung, schwachen Winden, kräftiger Erwärmung der unteren Luftschichten und hohem Wasserdampfgehalt der Luft am häufigsten und intensivsten auf.

Die Stürme der gemässigten Breiten haben überdies noch eine andere Eigenthümlichkeit, ausser ihrer maximalen Entwicklung in der kältesten Jahreszeit, der Periode des stabilsten thermischen Gleichgewichtes der Atmosphäre, welche mit der Convectionstheorie in Widerspruch steht, d. i. die Tendenz, kurz hinter einander die gleichen Bahnen einzuschlagen. Auf diese Eigenthümlichkeit hat schon Köppen (Met. Zeitschrift, 1874, Bd. IX, S. 380) aufmerksam gemacht, und man braucht nur die täglichen Wetterkarten einigermassen aufmerksam zu betrachten, so findet man auffallende Beispiele in Fülle dafür. Auch Doberck

sagt: „Es ist eine wohlbekannte Thatsache, dass Luftdruckdepressionen von solchen Gegenden angezogen werden, über welche soeben eine Depression hinweggezogen ist.“ („The law of storms in the Eastern Seas.“)

Das ist nun ganz entgegengesetzt dem Verhalten, welches die wahren Cyclonen der Convectionstheorie zeigen und zeigen müssen. Eine Cyclone gleicht über jenen Theilen der Erdoberfläche, über welche sie hingezogen ist, die Temperatur zwischen oben und unten aus. Der Condensationsprocess erwärmt die höheren Schichten, kühlt die tieferen ab, macht das Gleichgewicht der Atmosphäre stabiler. Zugleich ist der Wasserdampfgehalt der unteren Luftschichten aufgebraucht, an derselben Stelle kann nicht sofort wieder durch blosse Convectionsströmungen neuerdings ein Niederschlag eingeleitet werden. Die Cyclonen der Convectionstheorie müssen also jene Stellen der Erdoberfläche vermeiden oder auf denselben erlöschen, wo kurz vorher schon eine Cyclone in Thätigkeit war, und die in den unteren Schichten der Atmosphäre als hohe Temperatur und grösseren Wasserdampfgehalt der Luft aufgespeicherte latente Energie schon ausgelöst worden ist.

Diese Eigenthümlichkeit zeigen nun auch in der That in auffallender Weise die „Wärmegewitter“ unseres Sommers und erweisen sich hiedurch als Erscheinungen, auf welche die reine Convectionstheorie volle Anwendung findet.

Hingegen weist der Umstand, dass die Cyclonen unserer Breiten gerne öfter hinter einander auf derselben Bahn sich folgen, darauf hin, dass die Convectionstheorie auf sie keine oder nur untergeordnete Anwendung hat, und dass die Kräfte, von denen ihre Entstehung und Fortpflanzung in erster Linie abhängen, nicht in ihnen, sondern ausserhalb ihnen zu suchen sind. Es sind Verhältnisse der allgemeinen Vertheilung des Luftdruckes und Störungen der allgemeinen atmosphärischen Circulation, auf welche ihre Entstehung und ihr Fortschreiten zurückgeführt werden muss.

Wenn man die Entstehung und die Fortbewegung der Cyclonen der gemässigten und hohen Breiten mit der allgemeinen Circulation der Atmosphäre in Beziehung bringt, dann erklärt sich ganz von selbst ihre grössere Häufigkeit und Intensität im

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Winterhalbjahr, sowie alle jene Eigenthümlichkeiten, welche einer Anwendung der reinen Convectionstheorie auf dieselben widersprechen. Dass auch bei Wirbeln dieses Ursprunges die Condensation des Wasserdampfes eine grössere oder geringere secundäre Rolle spielt, daran wird wohl kein Physiker zweifeln.

Der Einwurf, der in „Science" (Vol. XVII, p. 10, January 2, 1891) gegen meine Ansicht gemacht wird, dass der gesteigerte obere Gradient in jener Hemisphäre, in welcher Winter herrscht, die Cyclonenthätigkeit daselbst erhöhen muss, kann nur auf einem Missverständniss beruhen. So lange wir den ideellen Zustand der Luftcirculation zwischen Pol und Äquator, wie er in der Theorie behandelt wird, im Auge haben, gibt es allerdings keine Cyclonen, ausser der grossen Cyclone um den Pol, und der gesteigerte obere Gradient steht mit der gesteigerten Geschwindigkeit der westöstlichen Luftbewegung im Gleichgewicht und kann weiter nichts leisten. Das ist auch unsere Ansicht. Aber der Autor in „Science" denkt dabei nur an den einfachen Fall, den die Theorie behandelt, aber nicht an die Wirklichkeit. Der stationäre Zustand der Luftcirculation besteht in der Weise, wie ihn die Theorie annehmen muss, in Wirklichkeit nie. Das Temperaturgefälle und der obere Gradient sind nicht allein unter verschiedenen Meridianen verschieden, sie verändern sich auch in der Zeit. Dessgleichen bilden die grossen Temperaturunterschiede und deren zeitliche Verschiebungen in der Nähe der Erdoberfläche in den höheren Breiten der Winterhemisphäre, die örtlichen Retardationen und Beschleunigungen der oberen Strömungen, die durch sie hervorgerufen werden, die verschiedenen Reibungswiderstände etc. eine fortwährende veränderliche Quelle von Störungen, durch welche in den oberen heftig kreisenden Strömungen sich Wirbel bilden müssen, die dann auch die unteren Luftschichten in Bewegung setzen, und zwar auf dem vom Autor selbst angegebenen Wege. Wie kann man annehmen, dass die atmosphärische Circulation ganz ohne örtliche Störungen abläuft, bei den vielfältigen Veranlassungen, welche durch die zeitlich und örtlich wechselnden Temperaturgradienten und die verschiedenen Reibungswiderstände gesetzt werden. Wenn nun, wie der Autor selbst anderswo gezeigt hat, der Temperaturgradient zwischen Pol und Äquator auf der nörd-

lichen Hemisphäre im Jänner doppelt so gross ist wie im Juli, und demgemäss auch im Jänner die westöstliche Componente der oberen Luftcirculation eine zwischen zwei- und viermal grössere Geschwindigkeit hat als im Juli, so müssen auch, wenn Störungen des dynamischen Gleichgewichtes eintreten, die dabei ausgelösten und in Wirksamkeit tretenden Kräfte im Winter in gleichem Maasse grösser sein. Der im Winter viel steilere, polwärts gerichtete obere Gradient steht allerdings im normalen stationären Zustande der Luftcirculation zwischen Äquator und Pol mit den dabei auftretenden Fliehkräften im Gleichgewicht. Die in diesem Zustande potentielle Energie desselben geht aber sogleich zum Theil in actuelle Energie über, wenn örtliche Störungen in der Luftcirculation eintreten. Die im Winter theoretisch auf eine zwei- bis viermal grössere Geschwindigkeit gesteigerten westöstlichen oberen Strömungen müssen viel leichter dynamische Gleichgewichtsstörungen hervorrufen als die schwächeren des Sommers. Herr Möller hat erst kürzlich darauf hingewiesen, dass die heftig bewegten oberen Luftschichten öfter einen labilen dynamischen Gleichgewichtszustand hervorrufen müssen, und geradezu den grösseren Theil der Cyclonen und Anticyclonen unserer Breiten auf diese Entstehungsursache zurückgeführt.[1] Das ist in der That die Richtung, in welcher auch nach meiner Ansicht sich am leichtesten ein Verständniss der grossen atmosphärischen Störungen in den mittleren und höheren Breiten wird erzielen lassen. Es ist fast unnöthig, hier auch auf die neueren Arbeiten des Herrn von Helmholtz auf diesem Gebiete hinzuweisen, weil man wohl annehmen kann, dass jedermann, der sich vornehmlich mit der Theorie der atmosphärischen Bewegungen beschäftigt, dieselben beachtet haben muss. In Frankreich hat in letzter Zeit H. Lasne den dynamischen (im Gegensatz zum thermischen) Ursprung der Cyclonen mit Geschick vertreten.[2]

---

[1] Meteorologische Zeitschrift, Bd. XXVI, 1891, S. 72. Eine mehr populäre, sehr lesenswerthe klare Darstellung der atmosphärischen Circulation mit ihren Störungen hat Herr Dr. W. Köppen gegeben in der Zeitschrift „Humboldt", Decemberheft 1888.

Man sehe: Congrès Météorologique International, tenu à Paris 1889. II. Mémoires. H. Lasne: Sur les mouvements gyratoires de l'atmosphère,

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Man kann also keineswegs, wie es in „Science“ geschieht, behaupten, dass es ausser der Convectionstheorie keine Theorie der Cyclonen gibt, welche auf einer mathematisch-physikalischen Basis beruht, und dass alle von derselben abweichenden Ansichten über die Natur unserer Stürme nur vage empirische Einfälle seien, die keine Beachtung verdienen, und selbst wo sie durch Beobachtungen gestützt werden, dennoch abzuweisen wären.[1]

Ich habe im Vorhergehenden nur einige wenige, im Zusammenhange mit dem Gegenstande der vorliegenden Arbeit befindliche Instanzen angeführt, welche mit Entschiedenheit gegen die reine Convectionstheorie in ihrer Anwendung auf unsere Stürme sprechen. Man kann schon daraus ersehen, dass in der That der von mir geführte Nachweis über die relativ niedrigen Temperaturen im Inneren unserer Barometerminima nur Ein Glied in einer längeren Kette von Instanzen ist, welche gegen die Convectionstheorie unserer Stürme vorgeführt werden können. Ich habe dabei gar keinen Bezug genommen auf jene zahlreichen derselben widersprechenden Thatsachen, welche das Studium der täglichen Wetterkarten liefert, von welchen Herr Helm-Clayton, ein praktischer Meteorologe, in „Science“ einige angeführt hat. Ich könnte auch auf das Werk[2] eines sehr erfahrenen praktischen Meteorologen, Hon. Ralph Abercromby, hinweisen, das, soweit es theoretische Ansichten über die Ursachen der Cyclonen und Anticyclonen durchblicken lässt, ganz auf unserem Standpunkt steht und manchen Beweis für denselben enthält.

Wir wollen mit dem Geständniss schliessen, dass wir trotz der Einwendungen, die wir gegen die Erklärung unserer Stürme durch die reine Convectionstheorie zu machen uns genöthigt

---

p. 144. Im Schosse der französischen meteorologischen Gesellschaft wurde in der Sitzung vom 4. November 1890 bemerkt, dass die Ansicht, die Cyclonen unserer Breiten seien nur Folgeerscheinungen der allgemeinen Circulation der Atmosphäre, in Frankreich die herrschende sei, und dieselbe wurde geradezu als französischen Ursprungs bezeichnet. Annuaire de la Soc. mét. de France. 38e Année, 1890, p. 279.

[1] So etwas wird in der That in „Science“ (XVII, p. 38, Jan. 16, 1891) gefordert.

[2] Weather, London 1887.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

gesehen haben, doch gerne anerkennen, dass diese Theorie für eine sehr nahe verwandte Gruppe von Erscheinungen (die echten Cyclonen der Tropen, die Wärmegewitter unseres Sommers, zum Theile auch die Tromben und Tornados) in der That eine „very beautiful and satisfactory theory" ist, der in unserer Wissenschaft stets ein hervorragender Platz wird eingeräumt bleiben müssen. Dessgleichen sind wir weit davon entfernt, leugnen zu wollen, dass auch bei allen anderen cyclonalen Luftbewegungen die Convectionstheorie etwas mitzureden hat, namentlich bei den atmosphärischen Störungen im Sommer, sie mögen in erster Linie was immer für einen Ursprung haben.

Anhang.

Ableitung von Luftdruck- und Temperaturmitteln für den Sonnblickgipfel für die Normalperiode 1851—1880 (30 Jahre).

Da nun schon $4^1/_2$ Jahrgänge meteorologischer Beobachtungen vom Sonnblickgipfel vorliegen und man öfter Mittelwerthe für diesen Punkt benöthigt, die mit denen der übrigen Stationen unserer Alpenländer vergleichbar sind, so habe ich es hier unternommen, neuerdings solche abzuleiten, welche schon viel sicherer sind als die von mir bei anderen Gelegenheiten aus kaum mehr als einem und zwei Beobachtungsjahren berechneten Werthe.

Luftdruckmittel. Als Vergleichsstationen dienten Schafberg und Obir. Aber auch für diese mussten erst neue 30jährige Mittel abgeleitet werden. Es geschah dies durch Differenzen gegen den St. Bernhard. Vom Schafberg liegen 20jährige Luftdruckmittel 1871—1890 vor, vom Obir nur eilfjährige, 1880 bis 1890. Schafberg wurde nun nach St. Bernhard auf die Periode 1851—1880 reducirt, was ja durch 20jährige correspondirende Beobachtungen schon sehr sicher geschehen konnte; Obir hierauf nach Schafberg und St. Bernhard, wobei den Reductionen nach Schafberg, als der näheren Station, das doppelte Gewicht gegeben wurde bei Ableitung der definitiven Werthe. Die Barometercorrectionen wurden schliesslich an die Mittelwerthe angebracht, aber nicht die Schwerecorrection. Dies gilt auch für den Sonnblick.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Luftdruckmittel des Sonnblick wurden hierauf durch Differenzen gegen Schafberg und Obir auf die Periode 1851 bis 1880 reducirt. Die Differenzen der Jahresmittel zeigen folgenden bemerkenswerthen Gang:

	1887	1888	1889	1890
Obir—Sonnblick	74·42	74·86	74·43	74·37
Schafberg—Sonnblick	94·52	94·85	94·62	94·53.

Das Jahr 1888 auf dem Sonnblick zeigt einen nach Obir um 0·45 *mm*, nach Schafberg um 0·29 *mm* zu niedrigen Luftdruck. In der That meldete der Beobachter im Sommer 1888, dass ihm durch Touristen das Barometer beschädigt worden sei, worauf im August 1888 dasselbe umgetauscht wurde. Die Änderung dürfte allmählig erfolgt sein. Ich corrigirte daher das Jahr 1888 mit +0·37 *mm* und die Monate proportional dem Abstande vom August. Hier sieht man wieder, wie vortheilhaft das Ableiten der individuellen Differenzen der Monat- und Jahresmittel des Luftdruckes ist, und wie sicher aus wenigen Jahren auf die normale Differenz geschlossen werden kann.

Schafberg gibt als 30jähriges Luftdruckmittel für Sonnblick 519·86, Obir 519·92. Auch die Monatsmittel stimmen sehr befriedigend.

Temperatur. Die Reduction der Temperaturmittel des Sonnblick auf die Periode 1851—1880 erfolgte durch Differenzen gegen Schafberg, Obir und Säntis. Auch hier mussten vorher neue 30jährige Mittel für Schafberg, Obir und Säntis abgeleitet werden. Für Schafberg wurden Differenzen gegen St. Bernhard, dann in zweiter Linie gegen Ischl und Alt-Aussee verwendet; für Obir Differenzen gegen Schafberg, Laibach und Hüttenberg; letzterem wurde nur halbes Gewicht beigelegt.

Säntis wurde nach St. Bernhard reducirt; ich konnte die Beobachtungen vom September 1882 bis December 1890 benützen, also $8^1/_3$ Jahre. Die Differenzen sind verhältnissmässig ziemlich variabel. Schliesslich wurde dann Sonnblick nach diesen drei Stationen reducirt, wobei den Reductionen nach den entfernteren und weniger sicheren Stationen Säntis und Obir nur das halbe Gewicht beigelegt wurde. Die Mittelwerthe sind dann auf wahre Mittel nach den stündlichen Beobachtungen corrigirt worden.

Es mag auffallen, dass die für den Sonnblick gefundenen Normalmittel, in allen Monaten fast, wärmer sind als die Mittel der Periode October 1887 bis März 1891. Ich selbst war davon betroffen und versicherte mich durch folgende Vergleiche, dass nicht die Reductionsmethode daran Schuld trage. Die Temperaturabweichungen der Periode October 1887 bis December 1890 (Jänner, Februar 1891 von St. Bernhard lagen mir noch nicht vor) vom 30jährigen Mittel 1851—1880 sind:

Mittlere Temperaturabweichungen St. Bernhard (October 1887 bis December 1890).

Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni
+0°8	—2°3	—0°9	—1°6	—0°7	+0°3
Juli	**August**	**Sept.**	**Oct.**	**Nov.**	**Dec.**
—1°4	—0°9	—0°8	—1°6	+0°6	—1·0.

Durch Anbringen dieser Abweichungen mit entgegengesetzten Zeichen an die correspondirenden Temperaturmittel des Sonnblick erhält man fast dieselben Normalmittel, wie ich sie auf anderem Wege gefunden habe. Die geringen Unterschiede erklären sich durch die grosse Entfernung der Station St. Bernhard, die nahe dem äussersten Südwesten der Alpenkette liegt.

Die Jahresmittel zeigen folgende Abweichungen, die ich gleich zur Reduction jener des Sonnblick benützen will:

	1887	1888	1889	1890
St. Bernhard, Temperaturabweich...	—1°0	—0°7	—1°0	—0°9
Sonnblick, beob. Jahrestemperatur..	—7·5	—6·8	—7·1	—7·0
Sonnblick reducirt auf 1851—1880	—6·5	—6·1	—6·1	—6·1

Die mittlere Jahrestemperatur des Sonnblick für die Periode 1851—1880 folgt hieraus zu —6°2, meine Reduction nach den näheren Stationen Schafberg, Obir, Säntis gibt —6°3, welchen Werth man demnach als sehr verlässlich betrachten darf.

Ich habe schliesslich die mittleren Temperaturdifferenzen Schafberg—Sonnblick in die Tabelle aufgenommen, sowie die Wärmeabnahme pro 100 *m*, die daraus sich ergibt. Die Werthe der letzteren sind mit den noch nicht auf Zehntelgrade abgerundeten Temperaturdifferenzen berechnet worden. In dem jähr-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

lichen Gange dieser Zahlen fällt die geringe Jahresschwankung auf. Die Erklärung für dieselbe liegt darin, dass hier zwei Gipfelstationen mit einander verglichen sind, bei denen die directen Wirkungen der Insolation und Wärmeausstrahlung nur von geringem Einflusse auf die beobachtete Luftwärme sind. Übrigens dürfte der Schafberggipfel im Sommer doch noch etwas wärmer sein als die freie Atmosphäre, so dass in Wirklichkeit die Temperaturabnahme mit der Höhe im Sommerhalbjahr noch kleiner und die Jahresschwankung derselben noch geringer sein mag. Der Einfluss kann aber nur gering sein, sonst müsste das Maximum der Wärmeabnahme etwa auf den Juli fallen und nicht auf den Mai, wo der Schafberggipfel noch zumeist in Schnee gehüllt ist, und es könnte nicht der Juli eine geringere Temperaturänderung gegen den Sonnblickgipfel ergeben als der April.

Luftdruckmittel.[1] Periode 1851—1890.

Sonnblick-Temperaturmittel. 1/4 (7, 2, 9, 9).

	Sonnblick	Obir	Schafberg	1886	1887	1888	1889	1890	1891	Mittel
Jänn.	516·4	592·3	612·5	—	—12·6	—14·6	—13·5	—10·6	—16·3	—13·5
Febr.	15·6	91·7	11·9	—	—15·7	—15·4	—17·5	—13·6	—13·5	—15·1
März	14·7	90·2	10·3	—	—10·7	—13·0	—14·2	—11·4	—12·0	—12·3
April	18·1	93·0	12·7	—	— 9·6	— 9·4	—10·1	— 9·1	—	— 9·5
Mai	20·6	94·8	14·4	—	— 6·7	— 4·2	— 1·3	— 3·2	—	— 3·8
Juni	23·7	97·3	16·9	—	— 2·0	— 0·5	0·9	— 3·1	—	— 1·2
Juli	25·4	98·9	18·1	—	2·8	— 0·9	0·2	0·3	—	0·6
Aug.	25·2	98·8	18·0	—	0·4	0·0	0·3	2·0	—	0·7
Sept.	24·4	98·5	17·6	—	— 1·6	— 0·2	— 4·2	— 3·3	—	— 2·3
Oct.	21·2	95·9	15·3	— 3·4	— 9·1	— 6·5	— 4·7	— 7·1	—	— 6·2
Nov.	17·2	92·3	12·0	— 9·3	— 9·2	— 7·5	— 8·0	—10·8	—	— 9·0
Dec.	16·6	92·2	12·2	—13·2	—15·5	— 9·0	—12·8	—14·1	—	—12·9
Jahr	519·9	594·6	614·3	—	— 7·5	— 6·8	— 7·1	— 7·0	—	— 7·0

[1] Corrigirt, aber ohne Schwerecorrection.

Wahre Temperaturmittel für die Periode 1851—1890.

	Schafberg 1776 *m*	Obir 2044 *m*	Säntis 2470 *m*	St. Bernhard 2476 *m*	Sonnblick 3105 *m*	Sonnblick reducirt nach (ohne Correction)		Schafberg-Sonnblick 1330 *m*	Temperaturabnahme pro 100 *m*
						Säntis u. Obir	Schafberg		
Jänn.	—5°1	—7°0	—8°1	—8°3	—12°9	—13°0	—12°9	7°8	0°59
Febr.	—5·0	—6·8	—8·0	—8·2	—13·0	—12·9	—12·9	8·0	·60
März	—3·7	—5·5	—6·9	—7·1	—11·8	—11·7	—11·8	8·1	·61
April	0·4	—1·5	—2·8	—3·0	— 8·0	— 7·8	— 8·2	8·6	·64
Mai	4·2	2·4	0·5	0·5	— 4·6	— 4·3	— 4·7	8·9	·67
Juni	7·8	6·7	3·4	4·0	— 1·0	— 1·0	— 0·9	8·7	·66
Juli	9·8	9·2	5·7	6·8	1·4	1·4	1·4	8·3	·63
Aug.	9·6	9·1	5·5	6·6	1·5	1·5	1·5	8·1	·61
Sept.	7·2	6·2	3·2	4·0	— 1·0	— 1·1	— 0·8	7·9	·60
Oct.	3·3	2·0	— 0·5	— 0·2	— 4·6	— 4·7	— 4·5	7·7	·58
Nov.	—2·0	—3·4	— 5·5	— 5·6	— 9·7	— 9·7	— 9·6	7·6	·57*
Dec.	—4·8	—6·5	—7·7	— 7·9	—12·4	—12·4	—12·5	7·6	·57*
Jahr	1·8	0·4	—1·8	—1·5	— 6·3	— 6·3	— 6·3	8·1	·61

Mit Hilfe der correspondirenden corrigirten Luftdruckmittel der vier Jahrgänge 1887—1890 habe ich auch die Seehöhe des Sonnblickgipfels neuerdings berechnet. Die Resultate einer früheren Berechnung mit Hilfe der Jahresmittel von 1889 der Stationen Ischl und Lienz, deren Seehöhen durch ein Nivellement genau bekannt ist, füge ich bei (das Jahr 1888 ist wegen Beschädigung des Barometers auf dem Sonnblick nicht gut zu verwenden, das Jahr 1890 nicht wegen Unterbrechung der Beobachtungen zu Lienz).

Vergleichsstation	Seehöhe	Höhendifferenz	Sonnblickgipfel
Schafberggipfel....	1776·1	1327·0	3103·1 *m*
Obir	2044	1064·7	3108·7
Säntis	2464 [1]	645·5	3109·9
Ischl—Lienz	573·2	2531·2	3104·4

[1] Über der Adria bei Triest wie die anderen Stationen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Ich möchte dem ersten Resultate (nach Schafberggipfel) das doppelte Gewicht beilegen und erhalte dann den Mittelwerth 3105·8 *m*; gibt man den beiden letzteren Resultaten (Säntis sehr entfernt, Ischl—Lienz nur ein Jahr) bloss halbes Gewicht, so wird das Mittel 3105·5 *m*, da das Resultat dieser barometrischen Höhenbestimmung des Sonnblickgipfels jedenfalls um etliche Meter unsicher bleiben muss, so möchte ich als Seehöhe desselben 3105 *m* annehmen, um schon durch die Abrundung auf 5 die Unsicherheit der Einheiten des Meter anzudeuten.[1]

---

[1] In der vorhergehenden Abhandlung selbst ist die Seehöhe noch zu rund 3100 *m* angenommen.

ZOBODAT - 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: 1891

Band/Volume: 100_2a

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

Artikel/Article: Studien über die Luftdruck- und Temperaturverhältnisse auf dem Sonnblickgipfel, nebst Bemerkungen über deren Bedeutung für die Theorie der Cyclonen und Anticyclonen. 357-452