

DIE
WINDVERHÄLTNISSE AUF DEM SONNBLICK
 UND
EINIGEN ANDEREN GIPFELSTATIONEN

VON

DR. J. M. PERNER.

(VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 18. DECEMBER 1890).

Seit September 1887 functionirt auf dem Sonnblick ein Anemometer. Die Resultate der Aufzeichnungen desselben während der zwei Jahre: September 1887 bis August 1889 inclusive, bilden den Gegenstand dieser Abhandlung. Da aber aus den Ergebnissen einer einzigen Station leicht Anlass genommen werden könnte zu irrthümlichen Verallgemeinerungen und in denselben die Luftbewegung in den höheren Schichten der Atmosphäre einseitig zur Darstellung kommen könnte, schien es von Bedeutung, die Ergebnisse anderer Gipfelstationen ebenfalls in den Bereich der Untersuchung zu ziehen. Es wurde daher von Obir die gleichzeitige Periode und von Säntis ebenfalls zwei Jahre — leider war es nicht möglich, auch hier die gleichzeitige Periode zu nehmen, und musste ich die bürgerlichen Jahre 1886 und 1887 wählen — in die Untersuchung einbezogen. An diesen Stationen wird Windrichtung und Windgeschwindigkeit vom Anemometer registriert. Von Pikes Peak liegen für die Windgeschwindigkeit 14 Jahre Registrirung vor, leider nicht auch für die Windrichtung. Da aber eine Periode von drei vollen Jahren, August 1883 bis Juli 1886 inclusive, von ununterbrochenen täglich fünfmaligen Beobachtungen vorlag, so wählte ich diese, um einigermaßen Pikes Peak auch für die Windrichtung in die Untersuchung einbeziehen zu können. Auch von Pic du Midi, wo täglich fünfmal, und von Pay-de-Dôme, wo täglich sechsmal beobachtet wurde, bezog ich die zwei bürgerlichen Jahre 1883 und 1884 in die Untersuchung ein. Leider lag in all diesen Stationen das Material für die mit Sonnblick gleichzeitige Periode noch nicht vor. Für die Windgeschwindigkeit konnten zum Vergleiche auch die Ergebnisse der Aufzeichnungen von 183 Tagen eines Anemometers auf dem Eiffelthurme herbeigezogen werden.

Was die Beschaffung und die Bearbeitung des verwendeten Materiales betrifft, verweise ich auf den Anhang.

Über geographische Lage und Höhe der einzelnen Gipfelstationen mag folgende Tabelle orientiren.

Station	Breite	Länge v. Gr.	Seehöhe
Pikes Peak	38° 50'	105° 2' W	4308 Meter
Sonnblick	47 3	12 57 E	3095
Pie du Midi	42 57	2 12 W	2859
Säntis	47 15	9 20 E	2500
Obir	46 30	14 27 E	2140
Pny-de-Dôme	45 47	0 37 E	1467
Eiffelthurm (Paris)	48 48	ea. 0 9 E	336

A. Täglicher Gang der Windelemente.

I. Windgeschwindigkeit.

Das unmittelbarste Resultat der Anemometeraufzeichnungen ist der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit. In den für die verschiedenen Stationen bearbeiteten Perioden ergibt er sich wie folgt:

Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit.

Täglicher Gang der Windgeschwindigkeit.

1 ^h a.	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	6 ^h	7 ^h	8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	Mttg.	1 ^h p.	2 ^h	3 ^h	4 ^h	5 ^h	6 ^h	7 ^h	8 ^h	9 ^h	10 ^h	11 ^h	Mttn.
Sonnblick																							
30.6	30.5	29.8	28.9	29.2	29.4	28.6	28.1	27.9*	27.6*	28.3	28.7	29.7	30.0	30.0	30.1	30.0	30.6	30.3	31.1	30.9	30.5	30.2	30.6
Säntis																							
28.8	28.4	28.3	27.8	27.6	27.6	26.8	26.5	25.3	24.9*	24.7*	26.2	26.3	25.7	26.1	27.0	27.5	27.7	28.8	28.4	29.0	28.6	28.8	28.8
Obir																							
19.5	19.5	19.3	19.2	19.2	18.8	18.8	18.5	17.6	17.2	17.0	16.8	16.5*	16.5*	17.0	17.3	17.5	18.6	19.3	19.9	20.4	20.5	20.2	19.7
Pikes Peak																							
37.3	37.2	37.7	37.5	36.7	35.6	34.1	31.9	29.6	27.8	27.9*	26.2*	27.2	27.8	29.0	29.3	30.6	31.4	32.2	33.0	34.8	35.3	36.1	
Pikes Peak 14 Jahre																							
37.1	37.1	37.5	37.5	37.3	36.4	35.6	33.9	32.2	30.8	29.3	28.3*	29.0	29.6	30.4	31.3	31.6	32.2	33.3	33.6	34.5	35.1	35.5	36.0
Eiffelthurm																							
30.6	30.4	29.8	29.3	29.0	28.8	28.2	27.3	24.9	24.9*	22.8*	23.4	23.6	24.3	24.6	23.6	25.2	25.7	26.9	27.7	29.8	30.0	30.7	30.9
7 ^h a. 10 ^h a. 12.9 4 ^h p. 7 ^h p.												6 ^h a. 9 ^h a. Mttg. 3 ^h p. 6 ^h p. 9 ^h p.											
Pie du Midi 1.54 1.35 1.23* 1.57 1.50												Puy de Dôme 4.81 4.63 4.55* 4.54* 4.74 4.91											

Die Zahlen für die Stationen Sonnblick, Säntis, Obir, Pikes Peak und Eiffelthurm bedeuten Kilometer per Stunde; Pie du Midi und Puy de Dôme geben Mittelwerthe der Schätzung der Windstärke, und zwar Pie du Midi nach Schätzungen der Scala: 0—5, Puy de Dôme: 0—10.

Obige Zusammenstellung scheint auf den ersten Blick nichts neues zu enthalten. Die bekannte Umkehrung der täglichen Periode der Windgeschwindigkeit gegenüber den Stationen der Niederung tritt deutlich hervor. Die Windgeschwindigkeit ist auf Berggipfeln am kleinsten um die Mittagsstunde, am grössten in der Nacht. Bei näherer Betrachtung fallen aber drei Punkte auf: erstens, dass die europäischen Stationen das Maximum vor Mitternacht aufweisen, während Pikes Peak dasselbe nach Mitternacht zeigt. Dies ist bei Pikes Peak nicht nur im 14jährigen Mittel und im 3jährigen Mittel der Fall, sondern jedes einzelne der 14 Jahre gibt das gleiche Resultat. Ja noch mehr, selbst die einzelnen Monate zeigen in weitaus den meisten Fällen das Maximum nach Mitternacht. Immerhin finden sich aber Monate welche dasselbe vor Mitternacht haben; eine völlige Constanz liegt also nicht vor. Noch viel weniger constant in den einzelnen Monaten erweist sich die Eintrittszeit des Maximums in den europäischen Stationen. Es kommt auch der Fall wiederholt vor, dass dasselbe um die Mittagsstunde eintritt und sich so der Gang der Windgeschwindigkeit demjenigen in der Niederung sehr nähert, indem dann auch das Minimum in die Nachtstunden fällt. Auf dem Pikes Peak tritt letzterer Fall unter 168 Monaten 11mal, also in etwa 7 Percent der ganzen Anzahl ein, auf dem Sonnblick in 24 Monaten 8mal, also in etwa 33 Percent der ganzen Anzahl, auf dem Obir in 56 Monaten (von Jänner

1885 bis April 1889 inclusive) 10mal, also in etwa 18 Percent der Gesamtzahl, auf dem Säntis in 24 Monaten 6mal, also in etwa 25 Percent der Gesamtzahl, auf dem Pic du Midi in 24 Monaten 1mal, also in etwa 4 Percent der ganzen untersuchten Reihe. Man sieht der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit steht an Constanz weit hinter dem des Luftdruckes zurück. Es liegt die Ursache der vollständigen Umkehrung desselben zweifellos in der Unregelmässigkeit der auftretenden Stürme, der Zufälligkeit des Vorüberziehens von Cyclonen. Kleinere Unregelmässigkeiten und Verschiebungen des Maximums und Minimums haben wohl auch eine andere Ursache.

Aus der gleichen Tabelle ersieht man auch, dass auf dem Pikes Peak die Amplitude weitaus grösser ist als auf den übrigen Berggipfeln. Die Ursache davon liegt aber offenbar nicht in der Höhe des Pikes Peak. Denn erstens ergibt der Eiffelthurm eine fast ebenso grosse Amplitude und zweitens ist an den übrigen Stationen eine Zunahme der Amplitude mit der Höhe nicht vorhanden, im Gegentheile, der Sonnblick weist nicht nur eine kleinere Amplitude auf als der 600 Meter niedrigere Säntis, sondern auch als der 1000 Meter niedrigere Obir auf.

Wenn wir daher die Ursache der täglichen Periode der Windgeschwindigkeit auf Berggipfeln erforschen, müssen wir vor Augen halten, dass diese Ursache im Stande sein muss auch für die Veränderlichkeit in der Lage der Maxima und die Verschiedenheit der Amplitude Rechenschaft zu geben.

Um nun zunächst zu erkennen ob der tägliche Gang der Windgeschwindigkeit der Hauptsache nach durch eine einfache ganztägige Periode dargestellt wird oder ob noch andere Perioden, z. B. eine halbtägige, bedeutenden Einfluss hat, habe ich die Zahlen der obigen Tabelle der harmonischen Analyse nach der Bessel'schen Formel unterzogen, wobei ich mich auf die einfache und doppelte tägliche Welle beschränkte. Die Resultate dieser Rechnung sind die folgenden:

Winkel (A) und Amplituden (a) der mittleren Windgeschwindigkeit.

	A_1	Zeit des Maximums der einfachen Welle	A_2	a_1	a_2
Sonnblick	150°8	7 ^h 22 ^m p. m.	31°6	1·3	0·3
Säntis	118·2	10 37 p. m.	191·3	1·8	0·3
Obir	87°0	0 42 a. m.	225·9	1·6	0·6
Pikes Peak	75·5	1 24 a. m.	291·5	4·1	0·4
Eiffelthurm	87·4	0 39 a. m.	243·9	3·8	0·2

Es scheint hieraus mit Bestimmtheit hervorzugehen, dass die tägliche Periode der Windgeschwindigkeit der Hauptsache nach eine einfache Welle ist. Ein Blick auf die Werthe von a_2 zeigt den geringen Einfluss der doppelten Welle, und ein Vergleich der Werthe von a_1 und a_2 mit den resultirenden Amplituden in Tabelle 1 ergibt, dass falls noch weitere Wellen untersucht würden, dieselben sich offenbar von ganz minimalem Einflusse herausstellen würden. Wir werden daher bei unseren weiteren Untersuchungen über diesen Gegenstand die Erscheinung der Hauptsache nach erklärt haben, wenn wir die Ursache der einmaligen täglichen Periode angeben können.

Wir sehen nun zunächst aus dem Winkel für die einfache Welle (welche sich auf 0^h30^m a. m. bezieht, wie ja auch alle Werthe in Tabelle 1 sich auf die Mitte zwischen zwei Stunden beziehen), dass derselbe nicht für alle Stationen derselbe ist. Noch deutlicher sehen wir aus der eingeschalteten Zeit des Maximums dieser Welle, dass derselbe nicht überall auf die gleiche Stunde fällt. Um zu einer Erklärung hiefür zu gelangen, könnte man annehmen, dass nicht alle Winde dieselbe Periode haben, dass daher die Maxima und Minima der Windgeschwindigkeit sich mit der Richtung aus welcher der Wind kommt verschieben. Es wäre dann erklärlich, dass an den verschiedenen Stationen die Zeiten der Maxima verschieden sind, je nach dem Verhältniss wie sich die Winde auf die verschiedenen Richtungen vertheilen, da ja dann der tägliche Gang der mittleren Windgeschwindigkeit ein Compromiss darstellen würde, entstanden aus der Übereinanderlagerung der Perioden des jeder Windrichtung eigenen Ganges. Um diese Annahme auf ihre objective Berech-

	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2
N						E				
Sonnblick	114°8	10 ^h 53 ^m p.	299°4	1·7	1·4	35°6	3 ^h 50 ^m a.	198°8	1·2	0·8
Säntis	113°9	10 55	201°3	1·0	0·7	109°6	11 12 p.	295°9	2·0	1·6
Obir	117°9	10 21	236°6	2·2	1·1	114°3	10 52	191°5	1·3	0·8
S						W				
Sonnblick	213°2	4 ^h 18 ^m p.	90°0	3·5	1·9	139°1	9 ^h 0 p.	58°7	2·6	1·0
Säntis	72°9	1 38 a.	291°1	1·3	1·9	157°6	8 0	73°8	1·6	1·1
Obir	64°2	2 7	125°0	0·1	0·5	47°8	3 8	248°0	3·0	1·0

Fassen wir zunächst den Sonnblick ins Auge, so finden wir da für die einfache Welle eine Verschiebung, welche in Bezug auf das Maximum desselben sich folgendermassen darstellen lässt: Der Nordwind hat sein Maximum gegen Mitternacht, der E-Wind in den frühen Morgenstunden nahe der Zeit des Temperaturminimums, der Südwind in den Nachmittagstunden nahe der Zeit des Temperaturmaximums, der Westwind in den späten Abendstunden.

Würde man diese Station allein und unabhängig von den andern der Untersuchung unterzogen haben, so würde man wohl zu einer allgemeinen Erklärung verführt worden sein, die etwa in nachfolgender Weise gegeben werden könnte: Die Sonne geht scheinbar von Ost über Süd nach West um; dort wo die Sonne im Meridian steht wird die Luftsäule am stärksten erwärmt sein und es müssen daher die Niveauflächen des Luftdruckes auch dort am stärksten gehoben werden, und so in den höheren Schichten der Atmosphäre ein Druckgefälle von dieser Stelle höchster Erwärmung gegen die Orte kleinerer und kleinster Erwärmung entstehen. In den Morgenstunden steht die Sonne im Osten, die Stelle stärkster Erwärmung liegt somit im Osten und in den höheren Atmosphärenschichten muss ein Gradient entstehen, der von Osten her abfällt. Abends ist die Sonne im Westen und wir werden einen von Westen her abfallenden Gradienten in den Höhen vorfinden müssen. Mittags steht aber die Sonne im Meridian, jedoch für alle Gipfelstationen, die wir in diese Untersuchung einbezogen haben, südlich. Die Erwärmung im Meridian wird daher im Süden kräftiger sein als im Norden und das Druckgefälle in der Höhe wird gegen Norden geneigt sein. Wenn nun beispielsweise an einem Tage in Folge der allgemeinen Druckvertheilung E-Wind herrscht, so wird der Gradient dieses Windes Morgens verstärkt, Abends am meisten geschwächt werden und folgerichtig muss der Ostwind sein Maximum des Morgens, sein Minimum des Abends haben. Eine ähnliche Überlegung zeigt, dass ein in Folge der allgemeinen Druckvertheilung eben herrschender West-, beziehungsweise Südwind das Maximum Abends beziehungsweise Mittags (zur Zeit der stärksten Erwärmung im Meridian) aufweisen muss, und dass um diese letztere Zeit ein Nordwind seine grösste Schwächung erleiden muss.

Diese Erklärungsweise wird nun wohl von den Resultaten der Beobachtung auf dem Sonnblick gestützt, Säntis entspricht derselben aber gerade in Bezug auf den Südwind schlecht. Pikes Peak zeigt allerdings soweit es aus 5 Terminbeobachtungen zu sehen werden kann, eine wesentliche Verschiedenheit zwischen Nord- und Südwinden, so auch Pic du Midi; für Puy de Dôme entspricht der Südost obiger Erklärungsweise, Obir entspricht der Tabelle nach für die Südwinde, die Eintrittszeit des Maximums der einfachen Welle entspricht aber nicht.

Hieraus lässt sich nun der Schluss ziehen, dass eine bestimmte Entscheidung für oder wider obige Erklärung des täglichen Ganges der Windgeschwindigkeit auf den Berggipfeln aus den Beobachtungen, wie sie uns obige Tabelle wiedergibt, nicht zu treffen ist.

Dennoch scheint es mir, dass der Grundgedanke der obigen Erklärung nicht abzuweisen ist. Es lassen sich nämlich einige Ursachen angeben, warum durch das vorliegende Beobachtungsmateriale eine entscheidende Bestätigung sich nicht wohl erwarten lässt. Erstens sind manche Windrichtungen so selten, dass zweijährige Beobachtungen noch immer eine zu geringe Anzahl ergeben, als dass man hoffen könnte, dass bei der Veränderlichkeit eines solchen Elementes, wie es die Windgeschwindigkeit ist, und den vielfachen störenden Einflüssen, denen dieselbe unterliegt, die regelmässig wirkende Ursache rein in Augenschein treten könne.

Diese Erwägungen lassen es mir rathlich erscheinen, die obige Erklärungsweise, welche durch die Beobachtungen auf dem Sonnblick eine nicht gering zu schätzende Stütze erhält, nicht ohne weiters fallen zu lassen. Auch bewegt mich hierzu der Umstand, dass dieselbe noch durch die gleichfolgende Untersuchung über den täglichen Gang des Windweges und der Häufigkeit der einzelnen Richtungen an Wahrscheinlichkeit gewinnt.

2. Windweg und Häufigkeit der einzelnen Richtungen.

Die Windgeschwindigkeit ist der Quotient aus Windweg durch Häufigkeit, sie gibt daher den Windweg auf die Zeiteinheit, in unserem Falle die Stunde, bezogen. Der Windweg ist die Summe aller Wege, welche jeder Wind innerhalb des ganzen betrachteten Zeitraumes zu jeder Tageszeit zurückgelegt hat, er repräsentirt uns also die Grösse des Lufttransportes aus jeder Weltgegend innerhalb dieses Zeitraumes, und wenn wir diesen ganzen Zeitraum als die Zeiteinheit auffassen, so ist es der Windweg jeder einzelnen Richtung der uns die aus den verschiedenen Richtungen wirkende Windkraft darstellt. Es knüpft sich also an den Windweg ein doppeltes Interesse und gibt uns der täglichen Gang des Windweges für jede Richtung die Veränderlichkeit der Grösse des Lufttransportes und der Windkraft.

Der tägliche Gang der Häufigkeit der einzelnen Richtungen belehrt uns dann noch über die Tagesstunde, zu welcher jeder Wind am häufigsten weht und lässt auch darans erkennen, ob und welches Gesetz für die Drehung der Windfahne tagüber gilt; er belehrt uns über das tägliche Winddrehungsgesetz.

Ich lasse nun die Tabellen für Windweg und Häufigkeit folgen, und zwar zunächst reducirt auf acht Richtungen;

Täglicher Gang des Windweges für 8 Richtungen.

Table with columns for time intervals (0-1h to 11-12h) and directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) for three locations: Sonnblick (ausgeglichen), Säntis (ausgeglichen), and Obir (ausgeglichen). Below these are smaller tables for Pikes Peak, Pic du Midi, and Puy de Dôme.

Dankschriften der mathem. naturw. Cl. LVIII. Bd.

Die Zahlen bedeuten für Sonnblick, Säntis, Obir Kilometer, für Pikes Peak aber miles; da es sich um den täglichen Gang handelt, habe ich letztere nicht in Kilometer verwandelt; Pikes Peak umfasst drei Jahre; für Pic du Midi und Puy de Dôme wurden die geschätzten Windstärken addiert (Pic du Midi schätzt 0-5, Puy de Dôme 0-10).

Täglicher Gang der Häufigkeit, 8 Richtungen.

Table with 15 columns for time periods (Mtn. I-11h) and 8 rows for directions (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW). It contains data for Sonnblick (ausgeglichen), Säntis (ausgeglichen), Obir (ausgeglichen), Pikes Peak, Pic du Midi, and Puy de Dôme. Values are often followed by asterisks (*).

NB. Die Zahlen für Sonnblick, Säntis und Obir sind durch 3 zu dividiren.

Aus diesen Tabellen ersicht man, dass sowohl Windweg als Häufigkeit für jede Windrichtung eine andere tägliche Periode aufweisen und dass der Gang der einzelnen Richtungen ein Gesetz befolgt, welches sich folgendermassen ausdrücken lässt: Das Maximum wandert tagüber mit der Sonne, so, dass die Nord- und Ostwinde des Morgens, die Südwinde Mittags, die Westwinde Abends das Maximum sowohl des Windweges als der Häufigkeit erreichen. Dieses Gesetz ist es, welches wir oben versucht haben für die Windgeschwindigkeit aufzustellen, ohne dass wir zu einem eigentlich befriedigenden Resultat gekommen sind, das wir aber hier für Windweg und Häufigkeit deutlich ausgesprochen finden. Die Erklärung dieses Gesetzes haben wir oben gegeben und wir wollen hier nur feststellen, dass sie für Windweg und Häufigkeit in der That sich bewahrheitet.

Wir finden aber in den letzten zwei Tabellen für manche Windrichtung eine bedeutende doppelte Periode, für andere Richtungen aber fehlt die doppelte scheinbar ganz. Um das Verhältniss der einfachen und doppelten Periode deutlich ersichtlich zu machen, habe ich wieder für die vier Hauptrichtungen die harmonische Analyse angewandt und lasse hier die Constanten der Bessel'schen Formel für dieselben folgen:

Täglicher Gang, Windweg,

	Mttn.-1 ^h	1-2 ^h	2-3 ^h	3-4 ^h	4-5 ^h	5-6 ^h	6-7 ^h	7-8 ^h	8-9 ^h	9-10 ^h	10-11 ^h	11 ^h -Mttg.				
Sonnblick (aus-																
N	8805	8864	8866	8914	9045	9051	8894	8496	8020	7562	7157	6985				
E	358	395	429	431	486	501	514	528	574	566	482	389				
S	5376	5171	4961	4770	4745	4711*	4703*	4640	5154	5706	6289	6754				
W	6601	6554	6358	6149	5926	5801	5697	5584	5479*	5445*	5544	5852				
Säntis (aus-																
N	805	789*	789*	833	899	952	949	908	858	772	693	622				
E	1651	1645	1604	1620	1660	1753	1821	1862	1807	1725	1630	1516				
S	2685	2633	2487	2385	2310*	2304*	2427	2591	2793	2969	3112	3303				
W	10380	10394	10339	10304	10026	9736	9337	8874	8424	8062*	8184	8483				
Obir (aus-																
N	2506	2337	2238	2217*	2217*	2222	2245	2248	2135	1965	1794	1699				
E	1552	1527	1437	1398*	1415	1444	1462	1472	1485	1527	1509	1438				
S	3320	3304	3254	3200	3154	3176	3160*	3164	3226	3323	3407	3548				
W	5572	5718	5859	5917	5821	5682	5492	5229	4912	4603	4454	4378*				
Pikes Peak				Pic du Midi				Puy de Dôme								
	5 ^h a.	9 ^h a.	1 ^h p.	5 ^h p.	9 ^h p.	7 ^h a.	10 ^h a.	12 ^h g.	4 ^h p.	7 ^h p.	6 ^h a.	9 ^h a.	Mttg.	3 ^h p.	6 ^h p.	9 ^h p.
N	5678	4812	3595*	3888	4474	72	65	58*	59*	67	562*	581	531*	578	663	667
E	595*	802	882	820	885	221	197	164*	177	206	542	567	571	498*	534	608
S	1123	1192	1590	1760	1809	45	44	51	49	42*	557	565	581	476	514	556
W	16958	12777	11691*	13599	15207	788	682	620*	717	783	1864	1670	1645*	1766	1762	1756

Aus diesen Tabellen ist die Drehung der Maxima des Windweges und der Häufigkeit mit der Sonne in der That noch deutlicher zu erkennen. Um aber zu erkennen, ob diese Drehung speciell dem Maximum der einfachen Welle eigen ist, wollen wir wieder die harmonische Analyse anwenden.

	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2
1. Häufigkeit.										
	N					E				
Sonnblick	97°6	0 ^h 0 ^m Mttn.	242°8	17°8	13°8	346°5	7 ^h 24 ^m a.	218°8	4°4	1°2
Säntis	81°4	1 4 a.	256°0	3°9	5°8	353°1	6 58	210°5	3°6	5°3
Obir	103°9	11 38 p.	195°1	11°4	5°6	0°9	6 26	142°3	13°0	8°7
	S					W				
Sonnblick	253°8	1 ^h 35 ^m p.	85°4	23°3	11°1	94°2	0 ^h 13 ^m a.	20°6	44°4	78°7
Säntis	263°4	12 56	110°8	21°8	14°4	108°7	11 15 p.	247°4	17°4	14°4
Obir	279°0	11 54 a.	30°2	15°2	4°9	147°2	8 41	324°3	13°3	17°7
2. Windweg.										
	N					E				
Sonnblick	97°4	0 ^h 1 ^m a.	271°0	994	657	351°6	7 ^h 4 ^m a.	229°8	124	55
Säntis	90°2	0 29	260°7	90	134	55°7	2 35	227°5	130	177
Obir	101°1	11 46 p.	164°4	428	195	52°5	3 0	168°7	155	156
	S					W				
Sonnblick	235°9	2 ^h 46 ^m p.	88°8	914	695	137°7	7 ^h 19 ^m p.	52°7	350	354
Säntis	248°3	1 58	109°0	345	293	112°3	11 1	350°8	1048	327
Obir	208°3	4 37	114°3	197	84	95°6	0 8 a.	304°5	653	273

Hat dieselbe schon aus der Tabelle für 8 Richtungen ein bejahendes Resultat ergeben, so können wir erwarten, dass sie für die 4 Richtungen durchgeführt dasselbe bekräftigen wird. Man erhält in der That die obigen Constanten für das erste und zweite Glied der Bessel'schen Formel.

Man wird durch diese Ergebnisse der harmonischen Analyse fast überrascht sein; das Gesetz der Drehung mit der Sonne kann deutlicher kaum mehr hervortreten. Ich betone, dass dies für die einfache Welle gilt, welche, wie aus der Grösse der Constanten a_1 gegenüber a_2 ersichtlich wird, fast durchwegs sich als diejenige

vier Richtungen.

Mttg.—1 ^h	1—2 ^h	2—3 ^h	3—4 ^h	4—5 ^h	5—6 ^h	6—7 ^h	7—8 ^h	8—9 ^h	9—10 ^h	10—11 ^h	11 ^h —Mttg.
geglichen)											
6535*	7019	7265	7691	8270	8757	9189	9364	9341	9067	8808	8738*
339	312	323	305	314	289*	321	322	325	296	285*	296
7005	7024	6774	6421	6057	5871	5727	5596	5528	5474	5494	5428
6168	6321	6366	6328	6256	6073	6002*	5988*	6101*	6450	6417	6560
geglichen)											
602*	619	665	743	827	895	941	940	918	885	858	836
1401	1319*	1316*	1412	1502	1620	1661	1736	1763	1761	1699	1670
3322	3285	3098	2952	2817	2779	2733	2757	2673	2658	2626*	2695
8823	8980	9115	9380	9601	9850	9974	10160	10157	10305	10347	10460
geglichen)											
1661*	1664*	1747	1853	1946	2080	2271	2526	2647	2727	2713	2643
1288	1187	1134	1109*	1115	1170	1227	1401	1507	1550	1559	1559
3605	3613	3565	3486	3455*	3478	3511	3532	3528	3526	3442	3354
4406	4562	4760	4976	5254	5487	5690	5696	5704	5670	5593	5544*

NB. Für Sonnblick, Säntis und Obir bedeuten die Zahlen Kilometer, für Pikes Peak englische Meilen; für Pic du Midi und Pny-du-Dôme wurde die Summe der geschätzten Windstärke genommen (Pic du Midi schätzt 0—5, Puy-du-Dôme 0—10.)

von grösserem Einflusse auf die Gestaltung des täglichen Ganges erweist. Es möchte einigermaßen auffallen, dass die Phasenzeit für den Westwind sich am schlechtesten dem Gesetze fügt; nicht nur differirt dieselbe für die drei Stationen beträchtlich, sondern sie erscheint auch in der Mehrzahl der Fälle gegen die theoretische bedeutend verspätet. Wenn man aber bedenkt, dass gerade der Westwind (SW) die meisten und die heftigsten Stürme bringt und daher die grösste Veränderlichkeit der Amplitude hat, so ergibt die Wahrscheinlichkeitsrechnung, dass man für den Westwind auch die längsten Beobachtungsreihen benötigt, um die reine ungestörte Periode zu ermitteln. Genügen daher für die übrigen Winde schon zwei Jahre angenähert hierfür, so kann man das gleiche nicht für den Westwind erwarten. Übrigens ist nach dieser nur zweijährigen Beobachtungsreihe doch schon zu erkennen, dass auch für den Westwind die einfache Periode dem Gesetze der Drehung der Winde mit der Sonne entspricht.

Ich habe die Untersuchung überall auf die einfache tägliche Welle beschränkt; sie ist es welche wir zu erklären nicht ohne Aussicht miternennen können. Die Drehung mit der Sonne ist für Berggipfel a priori zu postulieren, wie wir bei der Untersuchung der täglichen Periode der Windgeschwindigkeit dargethan haben. Denn die Hebung des Flächen gleichen Druckes in Folge der Erwärmung, welche tagüber von Ost über Süd nach West erfolgen muss, kann nicht anders als dort wo kein Druckgefäll bestanden hat ein solches auf dem Gipfel in dem Sinne zu erzeugen, dass die Windrichtung mit der Sonne umgehe und daher der Windweg im allgemeinen auch; wo aber ein Gefälle schon besteht, da muss durch diese Hebung eine Verstärkung desselben eintreten, wenn das Bestandene schon gleichgerichtet war, wie das durch die Hebung der Druckflächen erzeugte. A priori müsste man also nicht nur für die einfache tägliche Welle der Richtung und des Windweges, sondern auch für diejenige der Windgeschwindigkeit die Drehung der Maxima mit der Sonne verlangen. Wir haben gesehen, dass für Richtung und Windweg das verlangte Gesetz vollständig nachgewiesen erscheint, für Windgeschwindigkeit aber mussten wir dasselbe als unsicher hinstellen. Es will nun aber scheinen, dass die früher für das letztere Element beigebrachten Beweise dadurch bedeutend an Kraft gewinnen, dass für Richtung und Windweg, für welche dieselben Gründe die Drehung mit der Sonne verlangen, welche für die Windgeschwindigkeit gelten, durch die Beobachtungen dieses Gesetz festgestellt ist und man daher alle aus den Beobachtungen der Windgeschwindigkeit sich ergebenden Wahrscheinlichkeitsgründe für beweisende ansehen kann.

Es darf daher wohl als das Resultat der vorstehenden Untersuchung angesehen werden, dass das Maximum der einfachen täglichen Welle für die verschiedenen Windrichtungen, welche im täglichen Gange der Windelemente auf Berggipfeln die Hauptrolle spielt, mit der Sonne „umgeht“, und zwar ist das für Häufigkeit und Windweg mit Sicherheit festgestellt, für die Windgeschwindigkeit aber wahrscheinlich gemacht.

Was nun die doppelte tägliche Welle betrifft, bin ich nicht in der Lage die Erklärung derselben zu versuchen. Die harmonische Analyse scheint allerdings zu ergeben, dass dieselbe wenigstens für Windrichtung (Häufigkeit) und Windweg nicht nur ein Rechnungsergebniss sei, sondern eine reelle Existenz besitze, allein wir finden nicht nur keine Anhaltspunkte, die uns gestatteten dieselbe auf bekannte, feststehende Ursachen zurückzuführen, wie die einfache Welle, sondern sie zeigt auch nicht die Übereinstimmung und Regelmässigkeit, welche wir bei der einfachen Welle nachweisen konnten. Es trifft hier gerade das entgegengesetzte von dem ein, was Hann¹ für den täglichen Gang des Luftdruckes nachweisen konnte. Zwar ist uns auch beim Luftdrucke die Ursache der doppelten Welle noch immer nicht mit Sicherheit bekannt,² und kennen wir auch da die Ursache der einfachen Welle besser, aber beim Luftdrucke bildet die einfache Welle das veränderliche Element, die doppelte das constante und überall übereinstimmende. Beim Winde in den höheren Luftschichten finden wir für die einfache Welle, deren Ursache wir angeben können, Harmonie und Regelmässigkeit, für die doppelte Welle aber fehlt letztere und können wir noch weniger als beim Luftdrucke dieselbe auf eine bekannte Ursache zurückführen. Es scheint nicht zweifelhaft zu sein, dass nur langjährige Beobachtungsreihen, von einer viel grösseren Anzahl von Stationen es ermöglichen werden, diese Frage eingehend zu behandeln; nach meinen Erfahrungen wird dies aber eine von dem Einzelnen fast unleistbare Arbeitssumme erfordern.

Es wird hier am Platze sein, auf die von Köppen³ für die tägliche Periode der Windgeschwindigkeit und von Sprung⁴ für die tägliche Periode der Winddrehung gegebenen Erklärung zu reflectiren. Sowohl Köppen als Sprung glauben in dem Luftaustausche zwischen den höheren und untersten Schichten, welcher tagsüber sich vollzieht, die Ursachen dieser Periode finden zu können. Ich glaube, dass die Resultate dieser Untersuchung geeignet sind für die tägliche Periode der Windelemente auf Berggipfeln die genannte Ursache in den Hintergrund zu drängen. Man beachte, dass die von Köppen und Sprung eingeführte Erklärungsursache eine solche ist, welche eine einfache Welle erzeugen muss; von dieser einfachen Welle aber haben wir nachgewiesen, dass das Maximum für Häufigkeit und Windweg der einzelnen Richtung tagsüber von E über S nach W und schliesslich nach Nord umgeht, also „mit der Sonne“. Dies bedeutet aber eine Drehung der Windfahne „mit der Sonne“. Nach Sprung's Theorie müsste aber auf Berggipfeln (auf der nördlichen Halbkugel) der Wind die Tendenz haben, Vormittags „gegen den Uhrzeiger“, d. h. „gegen die Sonne“, Nachmittags aber mit der Sonne umzugehen. Wir haben gesehen, dass die unmittelbaren Beobachtungen auf Berggipfeln widersprechen, und die Berechnung der einfachen Welle das aus der unmittelbaren Anschauung der Tabellen gewonnene Resultat auf das deutlichste bestätigen. Für die Windgeschwindigkeit hinwiederum lässt sich Köppen's Auffassung mit den Beobachtungen auch nicht gut vereinigen. Denn nach denselben müssten alle Windrichtungen ihr Geschwindigkeitsminimum zur selben Tageszeit haben. Wir finden dies nicht bestätigt, ja die höchste Station mit 24stündigen Daten (Sonnblick) zeigt deutlich eine Drehung des Maximums (Minimums) mit der Sonne. Die Berechnung der einfachen Welle bestätigt dies für Sonnblick, während für die anderen zwei Stationen (Säntis und Obir) eine bedeutend kleinere Schwankung der Eintrittszeit der Maxima (Minima) sich ergibt, die aber für Säntis immer noch nahe 6 Stunden, für Obir nahe 5 Stunden beträgt.

Es sei mir hier auch die Bemerkung erlaubt, dass bei der ausgesprochenen doppelten Periode der Häufigkeit und des Windweges es schwer fällt den täglichen Gang richtig zu erkennen, wo tagsüber nur einigemale

¹ Hann, Untersuchungen über die tägliche Oscillation des Barometers. Denkschriften der kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, Bd. LV 1889), S. 49.

² Hann a. a. O. S. 52.

³ Meteorol. Zeitschrift, Bd. XIV (1879), S. 333.

⁴ Meteorol. Zeitschrift, Bd. XVI (1881). S. 419.

beobachtet wird. Man sieht dies deutlich an den Stationen Pikes Peak, Pic du Midi und Puy-de-Dôme. Dies dürfte wohl auch der Grund sein, warum Sprung aus den Windbeobachtungen von Stationen, welche nur einigemal des Tages beobachteten, glaubte eine Bestätigung seiner Theorie gefunden zu haben. Nimmt man nur Stationen mit 24stündigen Aufzeichnungen, so erhält man die Resultate die wir oben gefunden haben.

Es sei hervorgehoben, dass ich erkenne, dass der Einfluss des Luftaustausches zwischen der unteren und oberen Schichten nicht Null sein kann; allein auf einigermaßen hohen Gipfeln ist er offenbar schon von untergeordneter Bedeutung. Wir sehen dies übrigens auch aus dem Eingangs mitgetheilten täglichen Gang der Windgeschwindigkeit auf dem Eiffelthurne, woraus erhellt, dass schon in 300 Meter über dem Boden fast ganz dieselbe tägliche Periode der Windgeschwindigkeit herrscht, wie in Höhen von drei und vier-tausend Meter.

Für die Berggipfel ist demnach die oben hervorgehobene Ursache, die Hebung der Flächen gleichen Druckes, die Hauptursache der einfachen täglichen Periode der Windelemente.

3. Täglicher Gang der Componenten, der Resultirenden und der Richtung der letzteren.

Um die Kenntniss des täglichen Ganges der Windbewegung auf Berggipfeln abzuschliessen, ertübrigt uns noch die tägliche Periode der Componenten und der Resultirenden darzustellen. Betrachtet man den ganzen Zeitraum, über welchen sich die Beobachtungen erstrecken, als Zeiteinheit, so ist die Windkraft durch die für jede Windrichtung gemessenen Windwege dargestellt. Diese werden zunächst auf die vier Hauptrichtungen N, E, S, W projectirt, und man erhält dann diesen entsprechend vier Componenten, deren täglicher Gang durch die Tabelle auf umstehender Seite für die in Untersuchung gezogenen Gipfel gegeben ist.

Aus dieser Tabelle erhellt, dass die Windkraft ebenfalls „mit der Sonne umgeht“. Um dies speciell für das Maximum der einfachen täglichen Welle nachzuweisen, mögen wieder die Constanten des ersten und zweiten Gliedes der Bessel'schen Formel berechnet werden. Man findet folgende:

	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2
	N					E				
Sonnblick	98°8	11 ^h 55 ^m p.	271·7	2877	1792	319°7	9 ^h 11 ^m a.	232°9	463	184
Säntis	86°6	0 44 a.	202·5	183	246	61·7	2 23	220°9	144	191
Obir	92°6	0 20	218·4	611	268	55·4	2 49	169°5	164	169
	W									
Sonnblick	230°3	3 ^h 9 ^m p.	80°0	2670	1764	117°0	10 ^h 42 ^m p.	50°0	1509	1052
Säntis	233°6	2 56	86°9	591	487	111·7	11 3	351°2	1047	619
Obir	193°9	5 34	85·7	282	70	94·4	0 13 a.	299°8	741	286

Die harmonische Analyse bestätigt daher für die einfache Welle das wiederholt ausgesprochene Gesetz, das schon im Allgemeinen aus dem Anblick der Tabelle erkenntlich war.

Haben in der oben angeführten Richtung die vier Componenten ihr besonderes Interesse, so ist es doch richtig, dass diese 4 Componenten streng genommen nur zwei sind; sie reduciren sich auf eine meridionale Componente und eine westöstliche auf der ersten senkrechten Componente. Man erhält diese zwei Componenten indem man die Differenzen N—S und W—E bildet; selbstredend ist eine negative N—S-kraft eine Süd-Kraft; eine negative W—E-Kraft kommt in den hier untersuchten Stationen nie vor (die negativen Zeichen sind in der zweiten Tabelle über die Zahlen gesetzt). Durch Bildung dieser Differenzen erhält man die ersten zwei Horizontalreihen der zweiten Tabelle. Aus den zwei eigentlichen Componenten berechnet sich dann die resultirende Windkraft und die Richtung (α) dieser Resultirenden auf bekannte Weise; der Winkel der Richtung ist in Graden angegeben, gezählt von N über W nach S.

Die Nordcomponente ist auf Säntis und Obir durchaus negativ, d. h. hier herrscht die Südrichtung im Meridian tagstüber ohne Unterbrechung; auf Pikes Peak und Pic du Midi hingegen ist die meridionale Componente ohne Unterbrechung eine nördliche; dagegen tritt auf dem Sonnblick und Puy de Dôme eine Umkehr

vier Componenten.

Mttg.-1 ^h	1-2 ^h	2-3 ^h	3-4 ^h	4-5 ^h	5-6 ^h	6-7 ^h	7-8 ^h	8-9 ^h	9-10 ^h	10-11 ^h	11-Mttg.
Sonnblick											
6608	6599	6804	7326	7858	8493	8848	9149	9050	8659	8311	8261*
1484	1452	1438	1591	1425	1549	1264	1478	1364	1546	1361	1359
8727	8821	8602	7918	7580	7457	7226	7062	7049	7095	7055	7249
8251	8267	8286	8275	8099	8071	7777*	8034	8123	8130	8512	8718
Säntis											
942*	979	1060	998	1302	1518	1548	1559	1507	1460	1387	1341
1614	1496*	1561*	1615	1804	1868	2000	1965	2112	2106	1956	1914
6202	5992	5773	5483	5184	4881	4979	4774*	4888	4720*	4856	4833
8640	8574	8743	9067	9404	9440	9808	9781	999*	9796	10221	10133
Obir											
2021*	2122	2232	2358	2578	2664	2942	3223	3600	3572	3549	3575
1473	1298	1314	1266*	1216*	1332	1476	1608	1697	1838	1732	1729
4032	4656	4700	4562	4420*	4678	4653	4595	4652	4626	4576	4307
5314	5439	5838	5989	6123	6773	6763	6822	6751	6775	6731	6433

NB. Die Zahlen für Sonnblick, Säntis und Obir bedeuten Kilometer, für Fikes Peak englische Meilen; bei Pic du Midi und Puy-de-Dôme sind die geschätzten Windstärken summiert. (Pic du Midi 0-5, Puy-de-Dôme 0-10.)

tirenden und der Richtung der letzteren.

Mttg.-1 ^h	1-2 ^h	2-3 ^h	3-4 ^h	4-5 ^h	5-6 ^h	6-7 ^h	7-8 ^h	8-9 ^h	9-10 ^h	10-11 ^h	11-Mttg.
Sonnblick											
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2119	2222	1858	592	278	1086	1622	2087	2001	1564	1256	1012*
6767	6835	6831	6684	6674	6522	6513	6556	6759	6584	7151	7359
7092	7185	7079	6805	6781	6603	6713	6864	7050	6767	7261	7427
107·4	108·1	105·2	95·0	87·7	81·0	70·0	72·3*	73·5	76·6	80·0	82·2
90·0	92·4	90·2	83·2	78·9	73·5	70·2	66·7*	68·3	68·5	69·0	71·5
Säntis											
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5260*	5013*	4713	4485	3882	3303	3431	3215	3381	3260	3469	3492
7026	7078	7182	7452	7000	7572	7808	7816	7879	7690	8265	8219
8782	8676	8584	8710	8521	8302*	8502	8437	8572	8343	8982	8937
126·8	125·3	123·3	121·0	117·1	113·9	113·7	112·4*	113·2	113·0	112·8	113·0
129·9	129·1	126·8	122·1	115·5	112·9	113·2	110·7*	111·3	110·9	111·2	112·5
Obir											
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2611*	2523*	2468	2204	1842	2014	1711	1372	1052	1054	1027	732
3841	4132	4524	4723	4907	5441	5287	5204	5054	4937	4999	4704*
4539	4848	5152	5311	5240	5805	5556	5394	5158	5051	5101	4746
124·2	121·5	118·6	114·5	110·6	110·3	107·9	104·7	101·8	102·0	101·6	98·9*
139·0	133·1	127·4	123·7	119·4	120·6	118·6	115·4*	116·0	119·9	119·8	117·7

NB. Mit Ausnahme der Winkel haben die Zahlen die gleiche Bedeutung wie in der vorigen Tabelle.

Annäherung an die Südkomponente besteht. Diese Verhältnisse verdienen gewiss eine eingehende Untersuchung, aber die Resultate dieser wenigen Gipfelstationen gestattet uns wenig Einblick in die allgemeinen Verhältnisse. Wie weit sie verwertbar sind, werden wir sie später, nachdem wir den jährlichen Gang untersucht haben werden, ausnützen.

Die Resultirende zeigt durchwegs den Gang der Westcomponente. Die letztere bleibt auf den untersuchten Gipfelstationen stets positiv, d. h. immer westlich.

Die harmonische Analyse nach der Bessel'schen Formel liefert für die Resultirende und ihre Richtung (Winkel) folgende Constante:

	Resultirende.					Winkel. ¹				
	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2	A_1	Max.	A_2	a_1	a_2
Sonnblick	117°5	10 ^h 40 ^m p.	40°7	1888	1271	252°2	10 ^h 41 ^m p.	84°4	14°5	12°3
Säntis	140°7	9 7	45°4	703	619	263°5	5 56	106°0	7°1	4°6
Obir	133°5	9 36	330°7	428	479	261°4	1 4	82°0	10°0	4°4

Für die drei Stationen Sonnblick, Säntis und Obir lasse ich hier noch den täglichen Gang der Calmen folgen, ohne daran eine Bemerkung zu knüpfen.

Täglicher Gang der Calmen (ausgeglichen).

	12-1 ^h a.	1-2 ^h	2-3 ^h	3-4 ^h	4-5 ^h	5-6 ^h	6-7 ^h	7-8 ^h	8-9 ^m	9-10 ^h	10-11 ^h	11 ^h - Mittg.	12-1 ^h p.	1-2 ^h	2-3 ^h	3-4 ^h	4-5 ^h	5-6 ^h	6-7 ^h	7-8 ^h	8-9 ^h	9-10 ^h	10-11 ^h	11 ^m - Mittn.
Sonnblick..	26	27	20	28	22	29	33	35	25	28	29	32	29	26	26	22	23	23	21	19	22	26	27	
Säntis.....	8	13	9	19	17	15	10	12	13	9	13	8	5	6	2	9	6	7	6	8	11	7	11	
Obir.....	20	22	18	16	18	17	19	22	23	21	22	19	24	18	23	22	19	19	21	21	23	21	19	

B. Jährlicher Gang der Windelemente.

1. Windgeschwindigkeit.

Über den jährlichen Gang der Windgeschwindigkeit, wie auch der anderen Windelemente, lässt sich gewiss aus nur zweijährigen Reihen nur geringer Aufschluss erhalten, jedenfalls ist eine Regelmässigkeit des Verlaufes der Curve nicht zu erwarten. Das wenige, was sich daraus ergibt, liegt meist schon in den Tabellen

¹ In Tabelle S. 16 [216] ist der tägliche Gang der Richtung der Resultirenden auf zweierlei Weise berechnet wiedergegeben. Mit α wurde der aus den Windwegen, mit α_1 der aus den Häufigkeiten berechnete Winkel bezeichnet. An sich besitzt nur α Berechtigung (die obigen Constanten gelten für α), da ja die Häufigkeiten keine Kräfte darstellen. Ich habe aber dennoch auch α_1 berechnet, weil bekanntlich Coffin (Winds of the Globe. Washington 1875) nachgewiesen hat, dass unter der Annahme, die Häufigkeiten seien proportional den Windwegen, die dann aus den Häufigkeiten berechneten Winkel von den aus den Windwegen berechneten so wenig abweichen, dass es erlaubt ist, sich der Häufigkeiten für diese Rechnung zu bedienen. Es schien mir von einigem Werthe, zu ermitteln, ob dies auch für die 24stündigen Beobachtungen Giltigkeit hat. Wir werden später sehen, dass in Bezug auf den absoluten Werth des 24stündigen Mittels Coffin's Resultat durch meine Rechnung eine recht gute Bestätigung findet. Hier war es mir hauptsächlich darum zu thun, zu untersuchen, ob der tägliche Gang aus beiden Berechnungsweisen sich gleich ergibt. Da zeigt sich nun, dass in Bezug auf die Phasenzeiten eine fast vollständige Übereinstimmung herrscht; bezüglich der Amplitude ist diese Übereinstimmung freilich weniger befriedigend, immerhin aber genügend. Am meisten differiren die absoluten Werthe zu den einzelnen Tagesstunden. Bedenkt man aber, dass $11\frac{1}{4}^\circ$ erst $\frac{1}{32}$ des Kreisumfanges sind, und daher eine Differenz der absoluten Werthe um diesen Betrag erst einen Unterschied in der Windrichtung von einem Striche bedeutet, so kann man auch mit der Übereinstimmung der absoluten Werthe zufrieden sein. Wenn man überdies berücksichtigt, dass theils die Aufstellung der Anemometer, theils die Kälte und Schneeverhältnisse, die mit bestimmten Windrichtungen im Winter verbunden sind, es bedingen, dass die Windwege gerade oder gewisser Richtungen vom Anemometer nicht ganz richtig wiedergegeben werden, so weiss man dann bei dieser nahen Übereinstimmung von α und α_1 nicht mehr recht, welcher Berechnungsweise man praktisch den Vorzug geben will, wenn auch theoretisch α_1 an sich ganz zu verwerfen ist. Wir kommen daher bei dieser vergleichenden Untersuchung zu dem Schlusse, dass Coffin's Satz auch für Berggipfel, und zwar auch für die einzelnen Stundenwerthe und den täglichen Gang des Winkels der Resultirenden bei 24 stündigen Aufzeichnungen Giltigkeit hat. Die grossen Differenzen für Obir finden ihre Erklärung in dem Umstande, dass das Anemometer die Südwestwinde und wohl auch die benachbarten viel zu schwach angibt, und wir eine ziemlich ungenaue Aufbesserung dieser Werthe vornehmen mussten, um Obir überhaupt mit in die Untersuchung einbeziehen zu können.

selbst, die daher den Hauptinhalt dieses Abschnittes ausmachen werden. In der folgenden Tabelle ist die Geschwindigkeit in Kilometern per Stunde angegeben

Jährlicher Gang der mittleren Windgeschwindigkeit.

	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick.....	34·8	30·3	37·4	27·1	22·0*	27·6	26·6	31·2	26·8*	27·0*	28·0	27·7
Säntis.....	28·0	25·3	27·0	24·6	26·8	22·5*	27·1	28·3	25·4*	24·9	32·0	37·3
Obir.....	23·9	18·5	20·1	17·2	15·9	14·0*	14·5	16·3	15·3	19·3	21·7	21·4
Pikes Peak.....	39·0	39·9	39·1	34·8	29·6	28·2	22·5*	21·6*	28·5	31·6	34·1	34·6
Pikes Peak 14 Jahre..	42·5	40·6	39·9	34·3	33·2	30·3	20·1*	19·8*	26·6	34·3	38·0	37·8
Obir 5 Jahre.....	19·6	16·9	15·6	13·1	13·5	13·1	11·4*	11·0*	12·0	14·1	15·4	15·0
Wien (wie Sonnblick)..	22·8	22·2	24·8	21·1	15·0*	15·5	21·7	18·5	15·3*	18·9	18·8	16·2
Wien 10 Jahre.....	17·6	15·9	20·8	17·7	19·6	19·9	19·6	17·5	15·6*	17·8	18·2	18·9
Bern 86/87.....	8·3*	13·6	18·7	18·5	19·4	17·8	13·7	12·1	10·1*	14·4	12·3	22·7
Bern 10 Jahre.....	9·4*	13·5	19·3	14·9	17·4	13·5	12·5	10·0	9·5*	13·6	12·3	14·7

Aus dieser Tabelle ergibt sich, dass nur auf Pikes Peak die mittlere Windgeschwindigkeit das Jahr hindurch in einfacher Weise mit der Temperatur zusammenhängt. Die Periode ist ein einfache, das Maximum fällt auf die kältesten, das Minimum auf die wärmsten Monate. Um zu erkennen, wie weit die drei Jahre ein verlässliches Resultat geben, habe ich den jährlichen Gang auch für die vollen 14 Jahre, die vorliegen, berechnet. Es erhellt daraus, dass die 3jährigen Beobachtungen zu dem gleichen Resultate führen, wie die 14jährigen. Für Pikes Peak dürfte daher das einfache Gesetz, dass der jährliche Gang der mittleren Windgeschwindigkeit dem jährlichen Gang der mittleren Temperatur entgegengesetzt ist, Geltung haben.

Sehr angenähert repräsentirt auch der Obir dieses Gesetz, und beim Vergleiche des 2jährigen mit dem 5jährigen Resultate wird man kaum anders als den Schluss ziehen können, dass dasselbe auch für den Obir sehr wahrscheinlich ist.

Für den Sonnblick und Säntis ist der jährliche Gang, wie ihn das Mittel aus zwei Jahren darstellt, beträchtlich unregelmässiger. Zwar finden wir auch hier eine Andeutung des eben gefundenen Gesetzes, indem durchschnittlich die kalten Monate eine grössere mittlere Windgeschwindigkeit haben als die warmen; es ist aber auffallend, dass der August, der neben dem Juli der wärmste Monat ist, ein secundäres Maximum aufweist.

Da mir für diese zwei wichtigsten Gipfelstationen keine längere Beobachtungsreihe vorliegt, so konnte nicht durch unmittelbare Vergleichung, wie bei Pikes Peak und Obir, ermittelt werden, inwieweit diese Eigentümlichkeit nur eine Anomalie dieser zwei Jahre ist oder aber die wahren mittleren Verhältnisse darstellt. Die Sache schien mir wichtig genug, um auf einem Umwege zu versuchen, hierüber ein Urtheil bilden zu können. Ich griff, da mir Gipfelstationen von längerer Beobachtungsdauer fehlten, zu Stationen der Niederung. Aber auch hier finden sich keine solchen, welche man als Fussstationen der beiden Gipfel ansehen könnte und ich musste mich begnügen, für Sonnblick, Wien und für Säntis, Bern als Fussstation anzusehen. Die Argumentation, die hier freilich mit nur einiger Wahrscheinlichkeit gilt, war dabei folgende: Wenn der Gang der Fussstationen für die gleiche Periode, welche von den Gipfelstationen vorliegt, ein solcher ist, dass er mit dem Gange einer 10jährigen Periode an denselben Fussstationen übereinstimmt, so ist anzunehmen, dass auch der aus der 2jährigen Periode abgeleitete Gang der Gipfelstationen gleichwerthig ist mit demjenigen, den man aus einer 10jährigen Periode erhalten hätte. Es ist nun aus der Betrachtung der Stationen Wien und Bern in obiger Tabelle in der That zu ersehen, dass die 2jährige und die 10jährige Periode für Bern sehr gut, für Wien erträglich übereinstimmt. Man kann daher mit einiger Wahrscheinlichkeit annehmen, dass der für Sonnblick und Säntis in unserer Tabelle gegebene jährliche Gang von einem 10jährigen Mittelwerthe wenig abweicht. Das secundäre Maximum des August wäre demnach nicht etwas Zufälliges, sondern etwas Regelmässiges. Eine Erklärung ergibt sich vielleicht von selbst aus den nachfolgenden Untersuchungen.

Indem ich nach dem Obigen mit Wahrscheinlichkeit annehmen kann, dass die in Betracht gezogene Beobachtungsperiode ziemlich die mittleren Verhältnisse darstelle, will ich nun auch den jährlichen Gang der Windgeschwindigkeit für die verschiedenen Windrichtungen ableiten. Ich begnüge mich aber hier im Texte, die auf die 4 Hauptrichtungen reducirten Werthe zu geben und verweise bezüglich der 8 Richtungen auf den Anhang.

Jährlicher Gang der Windgeschwindigkeit, auf 4 Richtungen reducirt.

	Jänn.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick												
N	39.1	28.1	41.2	29.4	25.6	25.7	19.5*	29.9	22.7*	27.4	24.6	29.9
E	22.6	19.6	39.9	26.9	18.3*	37.7	28.6	29.7	12.8	11.5*	12.1	26.6
S	27.7*	33.8	37.5	27.2*	35.3	33.8	37.4	37.5	35.0	28.9	31.5	27.6*
W	29.8	33.4	36.0	29.3	28.9*	28.5*	29.0	34.4	30.0	26.0*	29.5	27.9
Säntis												
N	18.4	20.1	16.4	16.7	17.0	19.3	13.6*	16.6	14.8	14.9	22.2	20.5
E	23.0	29.5	25.4	25.8	19.2	18.4	14.8*	18.7	16.8	19.0	25.6	26.6
S	28.7	23.6	21.2*	23.8	30.1	14.8*	32.8	20.7	17.6	25.8	37.1	32.5
W	31.6	23.3*	29.2	25.7	30.0	24.7	30.0	32.4	29.7	27.4*	31.8	40.9
Obir												
N	30.3	26.1	21.8	13.1	16.0	17.7*	14.0*	17.1	20.2	24.9	20.7	29.1
E	13.6*	16.2	13.0	11.2	15.9	19.4	8.5*	11.8	13.0	12.5	17.7	14.7
S	20.7	14.1	17.5	16.1	16.9	13.7*	13.7*	14.1	14.9	14.8	23.2	17.2*
W	27.0	22.6	25.2	22.3	14.5*	14.4*	17.2	20.8	18.4	33.0	23.7*	24.1*
Pikes Peak												
N	36.5	39.7	33.3	30.6	19.7*	16.1	15.6*	16.1	19.8	28.6	23.6*	31.0
E	22.5	—	29.0	20.7	14.0*	14.6*	14.9*	15.2	15.4	14.5	11.7*	23.2
S	25.7	22.5	27.8	27.4	23.5	39.1	18.8*	19.1*	22.8	19.5	17.4*	23.2
W	42.6	44.4	41.5	40.7	35.2	34.3	27.7*	25.7*	32.7	35.4	39.4	40.1

Die Tabelle bietet manche Details von Interesse, von denen hier nur eines hervorgehoben sei. Die Geschwindigkeit zeigt nicht für alle Winde den gleichen jährlichen Gang; der einzige Obir hat für alle Richtungen angenähert denselben. Um leichter zu erkennen, wie für die verschiedenen Richtungen die Geschwindigkeiten in den kalten und warmen Monaten sich verhalten, möge folgende Tabelle dienen, welche die mittlere Geschwindigkeit der 4 Richtungen für das Sommer- und Winterhalbjahr wiedergibt (Sommerhalbjahr = April—September; Winterhalbjahr = October—März).

	Sonnblick				Säntis				Obir				Pikes Peak			
	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W
Sommerhalbjahr.	25.6	24.8	34.4	30.0	16.7	19.7	23.5	25.0	17.0	13.3	14.9	18.5	19.8	15.7	24.3	33.0
Winterhalbjahr..	32.3	24.8	31.9	30.3	19.0	26.2	28.8	31.5	26.3	14.6	18.3	25.5	32.6	20.2	22.2	39.6

Zunächst ersieht man daraus, dass im Durchschnitt die Windgeschwindigkeit kleiner ist in den warmen Monaten, grösser in den kalten. Doch ist besonders hervorzuheben, dass die beiden höchsten Gipfel das umgekehrte Verhalten für die Südwinde aufweisen: Auf Pikes Peak und Sonnblick sind die Südwinde im Sommer stärker als im Winter.

2. Häufigkeit und Windweg.

Der jährliche Gang der Häufigkeit der verschiedenen Windrichtungen lässt uns die Veränderlichkeit der Vertheilung der Winde ihrer Anzahl nach auf die einzelnen Richtungen erkennen. In engstem Zusammenhange damit steht der jährliche Gang der Windwege für die einzelnen Richtungen, wesshalb wir beide nebeneinander zur Darstellung bringen. Ich beschränke mich auch hier auf 4 Richtungen und verweise wieder bezüglich der 8 Richtungen auf die Tabelle des Anhanges (S. 52 [252], 53 [253]).

Jährlicher Gang von Häufigkeit und Windweg. 4 Richtungen. (Normalmonat.)
Häufigkeit.

	Jänn.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick												
N	480	338	287	238*	249	289	240	301	224*	353	266	263
E	24	8	17	21	46	21	12	3*	9	13	7	29
S	50*	231	144	165	267	190	112	166	289	133	204	132
W	143	133*	251	255	149	184	343	207	131*	220	232	257
Säntis												
N	89	16*	38	51	147	77	41	94	32*	65	101	85
E	79	229	127	118	47	117	56	50*	60	76	58	44
S	169	163	89	171	272	43*	84	62	215	210	241	47*
W	383	312	466	380	254*	483	539	514	413	369	320	544
Obir												
N	170	71*	125	93	176	161	66	52*	75	153	24*	120
E	110	156	73	50*	180	70	66	107	226	116	86	86
S	76	159	222	269	267	245	207	227	226	199	326	179
W	330	317	276	296	84	222	354	301	170	179	256	319
Pikes Peak												
N	56	56	40	34	44	25*	27	33	30	26	44	37
E	5	0*	4	11	6	14	25	20	9	3	7	11
S	5*	10	8	13	14	32	30	16	26	17	6	7
W	80*	79*	96	88	84	70*	73	78	80	98	88	89
Pic du Midi												
N	11	8	6	10	1	19	0*	1	1	25	5	23
E	45	30	37	28	22	18	7*	10	18	23	32	48
S	0*	5	9	9	25	4	6	1*	11	5	7	7
W	82	92	82	81	64*	64	119	107	102	73	85	53*
Puy-de-Dôme¹												
N	36	26	47	83	42	73	30*	42	27	63	25	46
E	35	25	35	36	59	35	23*	49	33	32	23	25
S	29	57	55	50	44	10*	30	26	48	23	42	14
W	83	64	54	51	53	86	136	101	105	104	106	93

Windweg.

	Jänn.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick												
N	18762	9506	11822	6996	6362	7415	4690*	8998	5074*	9739	6531	7861
E	543	157*	678	565	840	792	343	89*	115	150	85	772
S	1387	7803	5393	4481	9430	6429	4184*	6263	10128	3843	6428	3638*
W	4258	4440	9049	7482	4302*	5238	9963	7122	3936*	5723	6850	7166
Säntis												
N	1618	321*	625	849	2498	1485	558*	1557	775	966	2247	1746
E	1817	6776	329	3042	901*	2152	812*	934	1007	1449	1485	1170
S	4848	3843	1887	4074	8190	636*	1917	1281	3793	5414	8938	1525
W	11916	7250	13588	9745	7622	11892	16187	16629	12275	10125	10180	22272
Obir												
N	5159	1851	2731	1687*	2803	2794	922*	974*	1514	3816	498*	3487
E	1501	221	950	560*	2856	728	559*	1265	2937	1451	1521	1265
S	1570*	2240	3890	4342	4518	3347	2831*	3203	3361	2940	7566	3076
W	8910	7160	6962	6589	1219	3205	6092	6262	3131*	5916	6080	7690
Pikes Peak												
N	1248	1358	827	644	522	249*	262*	328	378	462	648	713
E	800	0*	72	142	53	127	233	190	86	27	51	158
S	800	140	138	221	204	599	234	191	383	206	65*	101
W	2118	2183	2472	2228	1837	1494	1259*	1246*	1628	2158	2160	2215

¹ Puy-de-Dôme gibt keine vergleichbaren Zahlen für die einzelnen Monate unter einander. Es wurde da in einigen Monaten auch noch um Mitternacht und 3^h a., aber auch dies nicht regelmässig beobachtet. Ich habe die obigen Zahlen aus den Zusammenstellungen der Übersichten in den Annales du Bar. cent. météor. abgeleitet und bemerkte erst nachträglich, dass darin alle Beobachtungen einbezogen wurden. Es schien mir aber zu viel Mühe, die Auszüge für 6 Stunden nochmals zu machen.

Die Nordwinde herrschen in den kältesten Monaten vor, die Südwinde aber nicht in den heissesten, sondern im Frühsommer (Mai, Juni) und im September. Daraus dürfte sich das secundäre Maximum im August erklären. Die Ost- und Westwinde zeigen nicht auf allen Gipfeln dasselbe Verhalten. Einen allgemeinen Einblick gewähren die Zahlen für einen normalen Sommer- und Wintermonat. (Ich erinnere mich, dass vom Pikes Peak und Pic du Midi nur fünfmal tägliche Beobachtungen hier zur Verwendung kommen konnten.

	Sonnblick				Säntis				Obir				Pikes Peak				Pic-du-Midi			
	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W	N	E	S	W
H ä u f i g k e i t																				
Sommer	257	19	198	211	74	75	141	430	105	112	249	238	34	14	20	79	5	14	9	93
Winter	331	16	149	206	66	102	153	490	111	105	194	279	43	5	9	88	13	36	5	78
W i n d w e g																				
Sommer	6589	457	6819	6340	1237	1475	3316	10725	1782	1484	3597	4401	397	138	305	1615				
Winter	10703	397	4749	6248	1254	2671	4409	12555	2923	1535	3547	7120	876	63	143	2218				

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, dass die Nordströmung auf allen Gipfeln im Winter stärker ist und auch die Stundenzahl überall mit Ansnahme des Säntis für den Winter grösser ist als für den Sommer. Das Umgekehrte ist der Fall für die Südströmung, mit einziger Ausnahme des Säntis. Die Ostwinde herrschen auf dem Sonnblick, Obir und Pikes-Peak im Sommer, auf dem Säntis und Pic du Midi im Winter vor; die Westströmung ist durchwegs im Winter stärker, nur auf dem Sonnblick ist sie ganz wenig grösser im Sommer, die Häufigkeit der Westwinde aber ist auf dem Sonnblick, Säntis und Pic du Midi im Sommer grösser.

Als allgemein gültiges Gesetz ist daraus wohl nur zu entnehmen, dass die Nordwinde dem Winter, die Südwinde dem Sommer das Gepräge geben, dass also die ersteren der kalten Temperatur des Winters noch einen schärferen Ausdruck verleihen, und die letzteren die wärmeren Temperaturen des Sommers noch erhöhen werden. Inwieweit die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre selbst diesen Wechsel der Nord- und Südwinde bedingen, entzieht sich vorläufig einer eingehenden Untersuchung im Detail; es ist dies aber offenbar eine correlative Erscheinung zu dem im vorhergehenden Capitel gefundenen Verhalten der Nord- und Südwinde in der täglichen Periode und dürfte auch die dort gegebene Erklärung für den jährlichen Gang ihre entsprechende Anwendung finden.

3. Componenten, Resultirende und Richtung der Resultirenden.

Um auch die Änderungen der Windkraft und Richtung das Jahr hindurch zu verfolgen, habe ich zunächst die Componenten für die Monate berechnet. Wie bei dem täglichen Gange habe ich auch hier die Componenten nicht nur des Windweges, sondern nach dem Vorgange Coffin's, unter dem ausdrücklichen Vorbehalte, dass es nur eine Proberechnung sein soll, auch der Häufigkeit berechnet. In der folgenden Tabelle gebe ich zunächst die Componenten nach den vier Hauptrichtungen, N, E, S, W, sowohl für Häufigkeit als für Windweg. Daraus schliesse ich bei jeder Station die zwei eigentlichen Componenten, aus welchen die Resultirende und die Richtung derselben zu berechnen sein wird, und zwar nehme ich durchwegs die Differenz N—S und W—E. Für Pic du Midi und Pny de Dôme habe ich die Rechnung nur für die Häufigkeit geführt; überdies sind diese zwei Stationen auch nicht auf Normalmonate reducirt, während dies bei den andern vier Stationen der Fall ist.

Die folgende Tabelle lehrt uns, dass die Componenten der Windkraft das gleiche Verhalten im jährlichen Gange zeigen, welches wir für Häufigkeit und Windweg der vier Hauptrichtungen ermittelt haben; dies gilt besonders für die N- und S-Componente. Am besten tritt der Gang in den Differenzen N—S und W—E hervor.

Pny-de-Dôme betreffend machen wir die Bemerkung, dass die Winde auf diesem Gipfel ein so äusserst unregelmässiges Verhalten aufweisen, dass sich dasselbe einer Discussion entzieht. Es fiel uns dies ja schon beim täglichen Gange auf, der so gar nicht mit den anderen Stationen zu vergleichen ist; wir finden die gleiche Eigenthümlichkeit auch beim jährlichen Gange; Pny-de-Dôme ist eine Station, die ein ganz eigenartiges Verhalten aufweist. Ob dies, wie wohl denkbar, durch seine Lage, theilweise auch durch seine geringe Höhe, oder noch durch andere Umstände seine Erklärung findet, bin ich nicht im Stande zu untersuchen, und muss mich daher begnügen, das Auffallende desselben zu betonen.

Eine bessere Übersicht über die Verhältnisse, insoweit sie mit der Temperatur zusammenhängen, gibt die folgende Tabelle, welche die Componenten für das Sommer- und das Winterhalbjahr enthält:

Componenten für einen Normalmonat des Winter- und des Sommerhalbjahres.

	H ä u f i g k e i t						W i n d w e g						
	N	E	S	W	N-S	W-E	N	E	S	W	N-S	W-E	
Sonnblick							Sonnblick						
Sommerhalbjahr .	249	58	239	284	10	226	Sommerhalbjahr .	6419	1421	8269	8434	-1850	7013
Winterhalbjahr .	315	58	216	263	99	205	Winterhalbjahr .	10284	1602	6664	8069	3620	6467
Säntis							Säntis						
Sommerhalbjahr .	116	96	225	421	-109	325	Sommerhalbjahr .	1877	1816	5331	12343	-3454	10527
Winterhalbjahr .	93	120	257	390	-163	271	Winterhalbjahr .	1746	3101	7753	12306	-6007	9205
Obir							Obir						
Sommerhalbjahr .	154	125	271	277	-117	148	Sommerhalbjahr .	2535	1670	4243	4967	-1708	3797
Winterhalbjahr .	130	117	245	322	115	205	Winterhalbjahr .	3953	1709	4923	8014	-970	6305
Pikes Peak							Pikes Peak						
Sommerhalbjahr .	41	22	38	76	3	54	Sommerhalbjahr .	545	226	683	1565	-128	1339
Winterhalbjahr .	55	16	23	84	32	68	Winterhalbjahr .	1181	236	410	2141	771	1905
Pic du Midi (nur Häufigkeit, nicht Normalmonat)							Puy-de-Dôme (nur Häufigkeit, nicht Normalmonat)						
Sommerhalbjahr .	321	201	413	976	-92	775	Sommerhalbjahr .	814	625	610	1116	204	491
Winterhalbjahr .	559	415	260	821	299	406	Winterhalbjahr .	656	492	596	1035	60	543

Aus dieser Tabelle ist deutlich ersichtlich, dass im Winter die Nord-, im Sommer die Südcomponente vorherrscht, mit Ausnahme des Säntis und des Puy-de-Dôme, dessen auffallend eigenthümliche Unregelmässigkeiten eben hervorgehoben wurden. Was den Säntis betrifft, dürfte hier die bei der täglichen Periode gegebene Erklärung der analogen Annahme sogar mit mehr Recht für den jährlichen Gang Geltung haben.

Wir müssen vor Augen halten, dass wir hier Componenten vor uns haben, also Windkräfte; diese Componenten sind streng nur zwei, die Nord-Süd-Componente und die West-Ost-Componente. Für das Gesetz, das wir gerade ausgesprochen haben sind daher nur die Columnen N-S und W-E massgebend. Allerdings findet man das gleiche Gesetz auch in den Columnen N, E, S, W ausgesprochen; allein hier würde man leicht irren können, wenn man diese vier „Componenten“ für sich betrachten würde, wie der Fall N für Obir zeigt. Es würde sich da ergeben, dass die Nord-„Componente“ im Sommer grösser ist als im Winter, während die eigentliche N-S-Componente deutlich und ausgesprochen das Gegentheil besagt.

Zur Vollendung des Bildes des jährlichen Ganges der Windkraft müssen wir nun auch die Schwankungen der totalen Windkraft, welche eben die Resultirende der obigen Componenten ist, zur Darstellung bringen; und weil diese totale Windkraft erst defnirt ist, wenn man auch ihre Richtung kennt, so ist auch der jährliche Gang dieser Richtung zu berechnen. Der jährliche Gang der Resultirenden ist in der folgenden kleinen Tabelle wiedergegeben.

Resultirende Windkraft.

	Jänn.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick.....	14102	6330	9908	7551	6949	6298*	8553	7865	8539	6811	9510	6232*
Säntis.....	11190	4616*	10192	8415	10012	9003	14796	14568	12102	10782	12740	20840
Obir.....	8752	4390	6980	7313	1390*	3439	6312	5296	2254	5603	9599	7091
Pikes Peak....	2231	2375	2150	2012	1615	1478	933*	912*	1401	1907	1948	1941
Wien.....	10010	10678	12458	6077	3402*	5373	12339	8908	5784*	9385	5995	7008

Obwohl zur vollen Definirung der Windkraft nothwendig noch die Richtung derselben gehört, und sie erst nach Bildung der Differenzen N—S und W—E berechnet werden konnte, ist doch im jährlichen Gange dieser resultirenden Windkraft eine sehr nahe Übereinstimmung mit dem jährlichen Gange der mittleren Windgeschwindigkeit vorhanden, eine Übereinstimmung, die durchans nicht selbstverständlich ist, da bei Berechnung der mittleren Geschwindigkeit keine Differenzen, sondern nur Summen gebildet werden. Der Grund für die nahe Übereinstimmung liegt im unverhältnismässigen Übergewichte der Westwinde, welche durch dasselbe ihre Periode sowohl der Geschwindigkeit als der resultirenden Windkraft anzuprägen im Stande sind.

Ein für die Erforschung der Windverhältnisse noch grösseres Interesse als an die Grösse der resultirenden Windkraft knüpft sich an die Schwankung der Richtung derselben während des Jahres. Ich habe diese Richtung, wie beim täglichen Gange, sowohl aus der Häufigkeit als auch aus dem Windwege berechnet, um die Statthaftigkeit der ersteren Berechnungsweise bei Gipfelstationen auch für die einzelnen Monate, wie Coffin für die Stationen der Niederung gethan, zu untersuchen.

Winkel der Resultirenden. (Gezählt von Nord über West nach Süd.)

	Jänn.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Aus der Häufigkeit												
Sonnblick.....	119°9*	63°1	74°3	84°2	104°4	78°8	81°7	72°1*	117°8	57°2	89°0	80°1
Säntis.....	114°9	156°0	115°6	126°3	126°6	80°1*	102°5	98°0	124°0	125°7	126°0	105°9*
Obir.....	66°9*	132°3	118°8	111°9	192°2	115°1	121°3	121°5	184°1	110°4	141°6	125°6
Pikes Peak...	52°6*	52°6*	67°7	76°4	77°3	109°8	84°3	79°9	99°8	89°5	62°4	63°8
Pie du Midi...	34°9	91°1	73°9	85°3	118°9	88°1	110°2	92°4	86°3	47°9	65°3	6°1*
Puy-de-Dôme.	77°4	128°3	107°9	5°3	118°1	30°5*	90°0	59°1	110°6	51°4	103°9	64°0
Wien.....	78°8	87°6	80°8	82°4*	111°5	42°4*	97°5	74°9	52°6*	83°4	126°2	118°1
Aus dem Windwege												
Sonnblick....	8°6*	82°1	68°2	3°3	123°0	96°6	106°5	86°1*	130°9	58°7	101°8	77°6
Säntis.....	119°4	173°3	112°1	124°7	135°0	81°8*	102°7	98°8	112°6	126°5	135°6	108°5
Obir.....	61°3*	99°4	104°8	110°4	180°9	101°7	114°5	102°6	147°4	84°5	137°4	98°1
Pikes Peak...	56°5	54°5*	72°4	81°6	93°8	117°7	92°5	87°6	100°9	86°6	74°3	68°1
Pie du Midi...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Puy-de-Dôme.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Wien.....	75°5	79°6	81°1	75°1	93°1	58°7*	91°6	80°4	62°1*	80°2	95°6	92°2

Aus dieser Table ist vor Allem ersichtlich, dass die mittlere monatliche Windrichtung selbst auf Berggipfeln von 3000 m und darüber, ja selbst über 4000 m, noch immer nicht das Jahr über constant ist; ja nicht angenähert constant; sie unterliegt vielmehr in den verschiedenen Monaten sehr bedeutender Schwankung und ist zumeist selbst grösser als in Wien, wie aus folgenden Zahlen ersichtlich ist:

	Sonnblick	Säntis	Obir	Pikes Peak	Pie du Midi	Puy-de-Dôme	Wien	
Schwankung aus Häufigkeit . . .	105°9	75°9	125°3	57°2	112°8	112°8	83°8	Grade
" " Windweg . . .	122°3	91°5	119°6	63°0	—	—	36°9 ¹	
oder in Sechszentel-Theilen des Kreisumfanges								
Schwankung aus Häufigkeit . . .	4·7	3·4	5·6	2·5	5·0	5·0	3·7	
" " Windweg . . .	5·4	4·1	5·3	2·8	—	—	1·6 ¹	

¹ Ist offenbar zu klein aus dem im Folgenden angegebenen Grunde.

Es übersteigt die Schwankung in der Mehrzahl der Fälle einen ganzen Quadranten. Von allen Gipfeln hat der höchste hier untersuchte, Pikes Peak, allerdings die geringste Schwankung, aber selbst dieser reicht offenbar noch nicht in die Region constanter Winde hinauf, selbst wenn man nur die mittlere Monatsrichtung als Prüfstein hierfür verwendet.

Was dann den jährlichen Gang der Richtung der Resultirenden betrifft, so finden wir denselben auf den meisten der in Untersuchung gezogenen Gipfel recht übereinstimmend. Die nördlichste Richtung ergeben die Wintermonate December, Jänner, Februar, die südlichste der Mai (auf Pikes Peak der Juni) und der September.

Puy-de-Dôme stimmt in Bezug auf die südliche Richtung insoweit mit den übrigen überein, als Mai und September secundäre südliche Maxima aufweisen, während das Hauptmaximum merkwürdigerweise auf den Februar fällt. In letzterer Beziehung stimmt Puy-de-Dôme mit Säntis überein, welcher ebenfalls im Februar die südlichste Richtung aufweist, der aber überdies auch in Bezug der nördlichen Richtung eine Ausnahme macht, indem dieselbe auf den Juni fällt. Hierin stimmt Säntis wieder insoweit mit Puy-de-Dôme, als letzterer im Juni ein secundäres Maximum der nördlichen Richtung besitzt. Ganz vereinzelt steht das Hauptmaximum der nördlichen Richtung auf Puy-de-Dôme im April.

Der jährliche Gang von Wien hat einen Anklang an das südliche Maximum und ebenso an das nördliche Juni-Maximum des Säntis und Puy de Dôme; im übrigen ist der jährliche Gang in Wien offenbar wesentlich verschieden von dem auf den Berggipfeln.

Es muss auffallen, dass das Maximum der südlichen Richtung getrennt ist in zwei Theile, zwischen welchen, nämlich im Juli, man dasselbe erwartet haben würde. Es liegt mir in dieser ganzen Arbeit ferne, mit Hilfe von Hypothesen plausible Erklärungen zu ersinnen, und ich möchte daher nur darauf hinweisen, dass dieselbe Erscheinung der jährliche Gang der N-S-Componente zeigt. Es ergibt sich hieraus, dass in den Monaten Juni, Juli, August ein Rückgang in der Süd-Componente eintritt, ganz gegen das, was man nach den oben dargelegten Anschauungen erwarten sollte. Vielleicht ist dieser Rückgang daraus verständlich, dass auf der nördlichen Halbkugel in diesen Monaten der grössten Erwärmung derselben in Folge der eigenartigen Vertheilung von Land und Meer neuerdings die nordwestlichen Winde häufiger werden, vielleicht haben darauf auch warme Sommergewitter, deren Zugrichtung meistens von West nach Ost gerichtet ist, einen merklichen Einfluss.

Ich stelle noch die Halbjahre gegentber und lasse Richtung und Grösse der resultirenden Windkraft für das Sommer- und Winterhalbjahr folgen:

	Sonnblick			Säntis			Obir			Pikes Peak			Pic du Midi	Puy-de-Dôme
	R	Winkel		R	Winkel		R	Winkel		R	Winkel		Winkel	Winkel
		aus H.	aus W.		aus H.	aus W.		aus H.	aus W.		aus H.	aus H.	aus H.	
Sommerhalbjahr	7243	87°3	104°8	11061	108°6	108°2	3681	128°3	117°4	1345	86°8	95°5	96°8	67°4
Winterhalbjahr	7420	62°1	60°8	11002	120°7	123°1	6382	119°3	98°7	2058	64°8	68°0	53°6	83°7

Die Grösse der Resultirenden hat also den höheren Werth im Winter, und die Richtung ist, mit Ausnahme von Säntis und Puy-de-Dôme- im Winter nördlicher, im Sommer südlicher. Bezüglich Säntis und Puy-de-Dôme gelten die schon angestellten Erwägungen.

Wir haben noch zuzusetzen, welches das Ergebniss der Vergleichung der aus der Häufigkeit und der aus dem Windwege berechneten Richtungen ist. Ich stelle zu diesem Zwecke die Differenzen für die einzelnen Stationen zusammen. Es ergibt sich:

	Jän.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick	3°3	19°0	6°1	0°9	18°6	17°8	24°8	14°0	13°1	1°5	21°8	2°5
Säntis	4°5	17°3	3°5	1°6	8°4	1°7	0°2	0°8	11°4	0°5	9°6	2°6
Obir	5°6	32°9	14°0	1°5	11°3	13°4	6°8	18°9	36°7	25°9	4°2	27°5
Pikes Peak	3°9	1°8	4°7	5°2	16°5	17°9	8°2	7°7	1°1	3°9	11°9	4°3
Wien	3°3	8°0	0°3	7°1	18°4	16°3	5°9	5°5	9°5	3°2	30°6	25°9

Das Resultat der Vergleichung ist für Säntis und Pikes Peak ein sehr günstiges zu nennen, für Sonnblick und Obir ein nicht sonderlich günstiges. Auch in Wien kommen Differenzen vor, welche die erlaubte Grenze überschreiten. Bezüglich Obir ist der Hauptgrund dieser Differenzen schon beim täglichen Gange der Richtung der Resultirenden angegeben worden. Was den Sonnblick betrifft, so sind dort die Windwege häufig nicht commensurabel, da das Anemometer bei Schneefall und Frost zu kleine Windwege ergibt. Wenn man daher theoretisch den Winkel der Resultirenden nur aus den Windwegen zu ermitteln berechtigt ist, so darf man nicht unberücksichtigt lassen, dass dies nur der Fall ist, wenn die Windwege vom Anemometer für alle Richtungen und bei allen Witterungsverhältnissen gleichwerthig angegeben werden. Die meisten Anemometer geben aber schon in Folge ihrer Aufstellung für verschiedene Richtungen verschiedene Windwege an, selbst wenn in der That die Winde gleich stark sind. Ein eclatantes Beispiel liefert hierfür — abgesehen vom Obir — Wien. Dort stehen zwei Anemometer auf dem Thurme der k. k. Central-Anstalt, das eine in der Nordwest-, das andere in der Südost-Ecke der Plattform des Thurmes. Ich habe mich nun durch oftmalige Vergleichungen überzeugt, dass die westlichen Winde vom ersten stärker angegeben werden als vom zweiten, während umgekehrt die Südostwinde vom zweiten stärker als vom ersten registriert werden.

Aber auch dann, wenn in Folge der Aufstellung alle Winde gleichwerthig verzeichnet werden, gibt es Witterungsverhältnisse, bei welchen derselbe Wind schwächer angegeben wird als bei andern. Ich war in der Lage, dies auf dem Sonnblick selbst zu beobachten. Süd- und Südwestwinde mit Schneegestöber werden da besonders bei Nacht vielfach zu schwach registriert. Der Schnee legt sich ans Schalenkrenz derart an, dass schliesslich das Ganze ein Schneeklumpen ist. Unter solchen Umständen ist die Angabe der wahren Windwege ganz unmöglich und obwohl der dortige äusserst fleissige und geschickte Beobachter Peter Lechner selbst bei Sturm das Anemometer immer wieder absetzt, ist es nicht möglich dasselbe stets im normalen Zustande zu erhalten.

Aus all diesen Erwägungen kommen wir zum Schlusse, dass praktisch die Berechnung des Winkels der Resultirenden vielleicht ebensogut aus den Häufigkeiten erfolgen kann.

C. Allgemeine Windverhältnisse.

Die allgemeinen mittleren Windverhältnisse auf Berggipfeln, welche in hohe Schichten der Atmosphäre hinaufreichen, sind von ganz besonderer Wichtigkeit für das Studium der allgemeinen Circulation der Atmosphäre. Da die Reibungsverhältnisse, welche an der Erdoberfläche so sehr die Geschwindigkeit des Windes beeinflussen, sowie die ablenkende Wirkung von Bergzügen oben in den Höhen fast verschwinden sollten, so können wir einigermaßen hoffen, auf den Berggipfeln Richtung und Geschwindigkeit des Windes rein zu erhalten. Leider werden wir constatiren müssen, dass die Reibung auch an unseren Gipfelstationen noch beträchtlich genug ist. Wir werden aber noch weiter sehen, dass auch unsere höchsten Gipfelstationen allen Störungen der normalen Richtung des Windes, wie sie nach dem Buys-Ballot'schen Gesetze zu erwarten wären, unterworfen sind, mit anderen Worten, dass der Einfluss der wandernden Luftwirbel noch in diese Höhen und darüber hinaufreicht. Da aber diese wandernden Luftwirbel, die Cyclone, in unseren Breiten nicht mehr die Ausnahmen, sondern die Regel bilden, so werden wir durch die Erforschung der mittleren Windverhältnisse auf den Berggipfeln doch ein Bild der allgemeinen Circulation der Atmosphäre für die höheren Schichten in unseren Breiten erhalten.

Die Vertheilung der Winde der Richtung nach gibt die erste Orientirung über die mittleren Windverhältnisse. Die Windwege, welche auf jede Richtung entfallen, ergänzen das Bild, und die mittlere Geschwindigkeit jeder Richtung gewährt uns einen weiteren Einblick in die Bewegung der Luft in diesen hohen Schichten. Ich gebe zunächst diese Daten, und zwar um sie unmittelbar vergleichbar zu machen, für einen mittleren Normalmonat mit täglich 24stündigen Beobachtungen.

Mittlerer Normalmonat im Jahre.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Calm.
Häufigkeit der 8 Richtungen									
Sonnblick	193	55	12	11	75	208	75	73	19
Säntis	35	57	47	29	73	208	231	39	—
Obir	64	28	77	49	102	186	112	83	18
Pikes Peak	77	82	19	19	34	144	192	134	19
Pic du Midi	11	94	44	16	16	149	153	135	102
Puy-de-Dôme	86	106	62	66	76	107	197	113	7
Wien	78	32	35	89	42	44	232	120	18
Windweg der 8 Richtungen									
Sonnblick	5954	1469	279	274	2215	7154	1934	2220	
Säntis	527	1283	1145	661	1778	6159	7580	552	
Obir	1349	477	1052	429	1263	4285	2125	2186	
Pikes Peak	1971	1808	332	254	704	4598	7565	4877	
Wien	1221	248	226	1028	966	493	6610	2811	
Geschwindigkeit der 8 Richtungen (Kilometer p. st.)									
Sonnblick	31.1	29.1	24.1	25.6	33.2	34.4	26.5	25.9	
Säntis	15.6	22.5	25.2	22.9	23.8	29.4	33.1	15.2	
Obir	20.9	17.2	13.3	11.1	11.0	25.0	18.8	25.0	
Pikes Peak	25.6	22.2	17.2	13.2	20.9	31.9	39.4	36.2	
Wien	15.7	7.7	10.4	11.6	13.5	11.2	28.4	24.1	

Aus der Vertheilung der Häufigkeiten ist deutlich ersichtlich, dass die westlichen Winde durchwegs vorherrschen. Auf dem Sonnblick und Obir ist der Südwest der häufigste Wind, auf allen anderen Gipfeln der West; letzteres gilt auch für Wien. Daraus erhellt, dass weder die Seehöhe noch die geographische Breite dafür massgebend ist, ob der Südwest oder der West der vorherrschendste Wind ist. Aus den Windwegen ergibt sich das gleiche Resultat.

Während aber auf allen Gipfeln die dem vorherrschendsten Winde nächstgelegenen Richtungen auch in der Häufigkeit ihnen zunächst kommen, finden wir diesbezüglich auf dem Sonnblick eine Ausnahme; hier kommt der Nord an Häufigkeit dem Südwest am nächsten; das Gleiche gilt vom Windweg. Auch die Geschwindigkeit des Nord ist auf dem Sonnblick eine ganz ausserordentlich grosse und wir finden auf keinem anderen Gipfel eine so bedeutende, weder absolut noch relativ zum Maximum der Südwest- und Westwinde. Nur auf dem Obir fällt die relativ grosse Geschwindigkeit des Nord noch auf, eine Eigenthümlichkeit, welche einigermaßen auch Wien zeigt. Obir hat übrigens verhältnissmässig von allen Gipfeln nach dem Sonnblick die stärksten Nordwinde, so dass wegen der Nähe des Sonnblick zum Obir hier ein Zusammenhang nicht zu verkennen ist.

Die Ursache dieser grossen Häufigkeit der Nordwinde, besonders wenn man auch die auffallende Stärke derselben in Betracht zieht, ist nicht sofort auf den ersten Blick zu erkennen. Sie treten mit Vorliebe in den kalten Monaten und fast immer bei hohem, oft bei sehr hohem Barometerstande auf, wo der Sonnblick, wenn man die Wetterkarten zu Rathe zieht, im Barometermaximum liegt. Eine genauere Betrachtung der Wetterkarten lehrt aber, dass stets, wenn der Sonnblick schwache oder starke Nordwinde hat, im Süden der Alpen, entweder im Golf von Genua oder im Adriatischen Meere ein Barometerminimum zu finden ist, oder doch wenigstens im Süden niedrigerer Druck als über den Alpen herrscht. Es ist uns aus Hann's Untersuchungen über den Luftdruck in Mitteleuropa bekannt, dass am Südfusse der Alpen, besonders in den kälteren Monaten, ein sehr steiles barometrisches Gefälle herrscht. Man hatte früher oft gezweifelt, ob der hohe Luftdruck im Alpengebiete nicht einfach ein Rechnungsresultat ohne objective Wirklichkeit sei. Hann hat diesen Zweifel

durch Darstellung der Isobaren für 500 Meter Seehöhe behoben. Der schlagendste Beweis für die Wirklichkeit dieses oft recht sonderbar geschlungenen Maximums über den Alpen würde aber dadurch geliefert werden, wenn die Winde in den Alpen ungehindert wehen könnten und man so aus den Windrichtungen auf die Lage der Isobaren zurückschliessen könnte. Was in der Niederung, in den Thälern, nicht möglich ist, lässt sich aber auf den Gipfeln beobachten. Es strömt auf dem Sonnblick und Obir in der That die Luft in solchen Richtungen, dass sie gegen den niedrigen Druck im Süden der Alpen abfließt, u. zw. entspricht der Wind durchwegs sehr nahe den für das Meeresniveau gezeichneten Isobaren. Hier haben wir denn also den Grund für die Häufigkeit der Nordwinde auf dem Sonnblick gefunden.

Die grosse Intensität dieser Nordwinde findet ebenfalls leicht ihre Erklärung in dem steilen Luftdruckgefälle knapp am Südfusse der Alpen. Es mag wohl auffallend erscheinen, dass dieses Gefälle, das für das Meeresniveau (von Hann auch für 500m Seehöhe) nachgewiesen ist, auch noch in der Höhe von 3100m bestehe, und es ist vornehmlich wahrscheinlich, dass es wirklich in dieser Höhe nicht mehr so steil sein werde, wie in der Niederung. Dass es aber in vielen Fällen immer noch beträchtlich sein muss, das beweisen eben die heftigen Nordstürme, bei hohem Barometerstande, auf dem Sonnblick. Man findet aber auch leicht die theoretischen Gründe hierfür. Da der Sonnblick zur Zeit dieser Stürme, wenn auch nicht im Centrum, so doch immerhin noch im Barometer-Maximum liegt, so ist die Temperaturabnahme mit der Höhe daselbst eine sehr geringe, während sie im Süden der Alpen, im niedrigen Druckgebiete, wenigstens die normale, wonicht sogar grösser als die normale ist. Dadurch ist aber dann auch die Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe daselbst eine raschere als in der Gegend des Maximums, und so kann dann in der Höhe des Sonnblick immerhin noch ein beträchtliches Gefälle gegen Süden bestehen.

Es liegt nahe, sich zu fragen, ob diese Verhältnisse, unter denen der Sonnblick bald schwache bald heftige Nordwinde hat, nicht mit dem Auftreten der Bora am Gestade des adriatischen Meeres in Zusammenhang stehen. Es liegt mir das Jahrbuch 1887 der Seewarte in Triest vor (die späteren Jahre sind noch nicht erschienen) und ich konnte constatiren, dass in den letzten 4 Monaten von 1887 in der That in Triest die Bora stets mit den Nordwinden auf dem Sonnblick zusammenfällt.

Daraus folgt aber auch, dass der Sonnblick auch in diesen Fällen, wo er doch wenigstens im Grenzgebiete eines Maximums liegt, in das System der unteren Luftströmungen einbezogen ist, dass also die Minima des adriatischen Meeres Wirbel darstellen, welche wenigstens die Höhe des Sonnblickes haben.

Es hat vor kurzem Hann in einer eingehenden gründlichen Untersuchung an der Hand der Temperaturbeobachtungen bewiesen, dass die Anticyclone vom 19—23. November 1889 eine Höhe von 4—5 Kilometer besass und dass die Cyclone vom 1. October 1889 einen Wirbel von angenähert der gleichen Höhe darstellte. Es ist dies aus den Temperaturbeobachtungen schwer anders möglich zu erweisen, als wenn das Centrum der Cyclone oder Anticyclone über einem Gebiete liegt, in welchem Stationen bis zu sehr bedeutenden Höhen existiren. Dies war allerdings bei den von Hann untersuchten der Fall.

Aus den Windrichtungen und Geschwindigkeiten lässt sich aber mit Hilfe der Isobarenkarten leicht zeigen, dass die Luft in diesen Höhen noch von der Cyclone ihre Richtung und Geschwindigkeit erhält, welche, nach den Wetterkarten, auch die Luft der Niederung in ihre Kreise zwingt.

Unsere obige Erklärung der Nordwinde auf dem Sonnblick erbringt den Beweis, dass auch die, meist wenig tiefen, Cyclonen der Adria Wirbel darstellen, welche wenigstens die Höhe des Sonnblick besitzen.

Dem füge ich bei, dass auch die Südwest- und West-Stürme stets nördlich vom Sonnblick, oft ziemlich fern, vorbeiziehenden, allerdings tieferen Depressionen zu verdanken sind, wodurch der Beweis erbracht ist, dass auch diese nördlichen Depressionen ebenfalls Wirbel darstellen, welche wenigstens die Höhe des Sonnblick besitzen.

Alle diese Darlegungen mögen als vorläufiges Resultat einer erst zu Ende zu führenden detaillirten Untersuchung angesehen werden.

Die mittleren Windgeschwindigkeiten ohne Rücksicht auf die Richtung sind in Folgendem zusammengestellt:

Pikes Peak	Sonnblick	Säntis	Obir	Eiffelthurm	Wien
32°0	29°7	27°3	18°5	27°1	20°4

Ein strenger Vergleich der Windgeschwindigkeiten ist leider nicht möglich, da die Anemometer weder miteinander verglichen sind, noch über die Gleichartigkeit der Anstellung und der Witterungseinflüsse eine Kenntniss zu erlangen ist. Vor Allem sieht man deutlich, dass der Obir, — aus dem im Anhang beigebrachten Gründen — trotz der Correction (s. S. 55 [255]) einen viel zu kleinen Werth ergibt. Dennoch ist im Allgemeinen nicht zu verkennen, dass die Geschwindigkeit mit der Höhe zunimmt. Im höchsten Grade auffallend ist, dass der Eiffelthurm die gleiche mittlere Windgeschwindigkeit gibt wie der Säntis, obwohl letzterer 2200 Meter höher ist. Dies fordert zu einigen Erwägungen auf.

Hätten wir in unseren Breiten den Fall zweier übereinander und entgegengesetzt fließenden Luftströme, wie dies im Passatgebiete thatsächlich zutrifft, so würde nach den Gesetzen der Hydrodynamik, wenn die Erdoberfläche keine Reibung ausübte, die grösste Windstärke einerseits in der untersten Luftschicht an der Erdoberfläche selbst, andererseits in der obersten Schicht der Gegenströmung auftreten; von der Erdoberfläche bis zu der beide entgegengesetzten Strömungen trennenden Grenzschicht würde die Geschwindigkeit stetig abnehmen, von da hinauf aber stetig wachsen. Da aber die Erdoberfläche einen nicht unbedeutenden Reibungswiderstand ausübt, so muss nach denselben Gesetzen die Geschwindigkeit von der Erdoberfläche aufwärts zuerst zunehmen, in einer gewissen, von der Grösse der Reibung abhängigen Höhe ein Maximum erreichen und erst von da ab bis zur trennenden Grenzschicht beider entgegengesetzten Strömungen stetig abnehmen.

Diese trennende Grenzschicht wird in diesem Falle höher liegen als im ersteren.

Nehmen wir einen Augenblick an, wir hätten es mit ähnlichen Verhältnissen in unserem Falle zu thun, so wäre etwa folgende Erklärung der grossen Geschwindigkeit auf dem Eifelthurne und der Geschwindigkeitsverhältnisse auf den betrachteten Berggipfeln denkbar. In den unteren Schichten der Atmosphäre nimmt die Geschwindigkeit mit der Höhe sehr rasch zu, erreicht aber bald ein Maximum. In dieser Schicht der Zunahme liegt der Gipfel des Eifelthurnes. In welcher Höhe die Geschwindigkeit ihr Maximum erreicht lässt sich zunächst nicht feststellen; jedenfalls liegen die Gipfel Säntis, Sonnblick, Pikes Peak schon in Höhen, wo die Geschwindigkeit wieder abnimmt, weil sonst nicht zu erklären wäre, dass die Gipfel, wo die Reibung doch keine so bedeutende mehr ist, so unbedeutend grössere Geschwindigkeiten als der Eiffelthurm besitzen. Dagegen scheint nun aber die Thatsache entschieden zu widersprechen, dass nach den oben gegebenen Werthen die Geschwindigkeit auf den höheren Gipfeln immer grösser wird. Doch würde dies kein Beweis dafür sein, dass in gleicher Höhe in der freien Atmosphäre draussen eine Abnahme der Geschwindigkeit mit der Höhe nicht statthabe. Es ist ja zu Eifellos, dass die niedrigeren Gipfel noch mehr von der ringsum von anderen Bergen ausgeübten Reibung beeinflusst sind als die höheren, und dieser Reibungseinfluss kann ganz wohl derartig mit der Höhe abnehmen, dass die höheren Gipfel eine grössere Geschwindigkeit aufweisen, obwohl in der freien Atmosphäre dieselbe gegenüber gleichen Höhen wie die niedrigeren Gipfel geringer ist.

Gegen diesen Erklärungsversuch wird man gar Mancherlei einwenden können — ich würde sehr viel Raum beanspruchen, wenn ich alle mir selbst aufstossenden Einwände hier ausführen wollte. Ich beschränke mich auf die wichtigsten. Vorerst wird man mit Recht geltend machen, dass der Fall zweier übereinander fließender entgegengesetzter Luftströme für unsere Gegenden nicht nachgewiesen ist. Dies ist gewiss das gewichtigste Bedenken. Allein so ganz entschieden ist es nicht. Alle betrachteten Gipfel liegen an Orten, welche der Herrschaft der Cyclonen gehorchen. In den Cyclonen strömt aber unten die Luft gegen das Centrum und oben aus dem Centrum heraus und so hätten wir hier doch zwei übereinander und entgegengesetzt fließende Luftströme; zudem haben wir oben gesehen, dass die betrachteten Berggipfel noch in der unteren Strömung liegen. Vielleicht könnte man auch auf die Theorie der allgemeinen Circulation der Atmosphäre für unsere Gegenden hinweisen. Darnach befindet sich die ganze Atmosphäre der gemässigten und kalten Zone von etwa 40° Breite ab in einer südwestlichen bis westlichen Bewegung, jedoch so, dass in einer mittleren

Höhe ein nordwestlicher Rückstrom stattfindet. Die Höhe dieses Rückstromes ist freilich unbestimmt und müsste er, falls obige Darlegungen statthaft sein sollen, bedeutend höher als Pikes Peak liegen.

Man wird ferner mit einigem Rechte fragen, warum zu einer so verwickelten Erklärung, wie der obigen, gegriffen wird, da es doch viel einfacher ist, eine stetige Zunahme von der Erdoberfläche bis in die höchste Höhe der Atmosphäre anzunehmen?

Ich gestehe offen, dass mir dies gar nicht einfach erscheint, so lange man zugibt, dass die Resultate auf dem Eiffelthurme richtig sind — und ich wüsste nun einmal keinen Grund dafür anzugeben, um Zweifel an der Richtigkeit zu rechtfertigen. Selbst wenn man ganz barbarische Reibungscoefficienten z. B. 0·3, für die Berggipfel, sagen wir Säntis, annimmt, erhält man eine Zunahme der Geschwindigkeit von 300 Meter bis zu 2500 in der freien Atmosphäre von nur 11·6 Kilometer per Stunde, während in den ersten 300 Metern die Geschwindigkeit um 16 Kilometer per Stunde zugenommen hatte (Paris — Eiffelthurm), und selbst wenn man Wien (Hohe Warte) herbeizieht, das 202·5 Meter Seehöhe hat und wo das Anemometer 23 Meter über dem Boden, also in 225 Meter Seehöhe sich befindet, erhält man für den Eiffelthurm gegen dasselbe 7·1 Kilometer per Stunde Geschwindigkeitszuwachs.

Bei einer so rapiden Abnahme des Zuwachses könnte man doch nie der Annahme ausweichen, dass in einer nicht zu grossen Höhe dieser Zuwachs gleich Null und endlich negativ wird, d. h. in eine Abnahme übergeht. Mir scheint daher nur die Alternative möglich: entweder man erklärt die grosse Geschwindigkeit auf dem Eiffelthurm als fictiv, als ein fehlerhaftes Beobachtungsergebnis — was schwer zu acceptiren sein dürfte, — oder man befreundet sich mit der oben gemachten Annahme, dass, der Theorie zweier übereinanderfliessender entgegengerichteter Luftströme entsprechend, die Zunahme der Geschwindigkeit in einer relativ geringen Höhe in eine Abnahme übergeht, wo dann die Erklärung der Erscheinung, dass auf den höheren Gipfeln eine etwas grössere Geschwindigkeit beobachtet wird als auf den niedrigeren etwa in der Weise wie oben gegeben werden könnte. Ich gestehe gerne, dass eine eigentliche Befriedigung auch diese Lösung nicht gewährt und möge der Versuch nur als eine Anregung angesehen werden. Es lässt sich leider wegen der Ungleichheit der Anemometer, der Verschiedenheit der Aufstellung u. s. w. und der völligen Unkenntniss der Reibungs-Coëfficienten (die von Guldberg und Mohn gegebenen sind praktisch ausserordentlich viel zu klein) die ganze Frage nicht rechnerisch verfolgen.

Zur Vollendung des Bildes der allgemeinen Windverhältnisse auf Berggipfeln müssen wir nun noch die Componenten der Windkraft sowie die Grösse der Resultirenden und die Richtung derselben im Jahresmittel untersuchen. In der folgenden Tabelle findet man die betreffenden Werthe, wobei ich bemerke, dass hier wieder der Winkel, d. h. die Richtung der Resultirenden sowohl aus dem Windwege (α) als aus der Häufigkeit (α_1) berechnet wurde.

Componenten im Jahresmittel. (Normalmonat.)

	N	E	S	W	N-S	W-E	R	α	α_1
Somblick	8339	1574	7522	8453	817	6879	6929	83°2	75°2
Säntis	1743	2514	6578	12247	-4844	9733	10854	116°5	116°4
Obir	3152	1721	4786	6836	-1634	5115	5375	107°7	125°7
Pikes Peak	4142	1109	2597	8894	1545	7785	7939	78°8	73°6
Pic du Midi	—	—	—	—	—	—	—	—	80°1
Puy-de-Dôme	—	—	—	—	—	—	—	—	75°7
Wien	3384	1129	2042	9004	1342	7875	7993	80°3	84°8

In obiger Tabelle ist Pikes Peak, von dem mir nur täglich fünfmalige Aufzeichnungen vorliegen, auf 24stündige Mittelwerthe durch Multiplication mit 4·8 reducirt.

Man ersieht aus dieser Tabelle vor Allem, dass auf allen in Untersuchung gezogenen Gipfeln die Richtung der resultirenden Windkraft im Jahresmittel eine westliche ist, auf Säntis und Obir etwas gegen Südwest, auf den übrigen Gipfeln etwas gegen Nordwest ausschlagend. Man würde nun zunächst mit Unrecht daraus

schliessen, dass dies eine Bestätigung der Theorie der allgemeinen Circulation der Atmosphäre sei, nach welcher in den Breiten, in welchen diese Gipfel liegen, im Allgemeinen Westwind herrschen muss. Wir haben oben gezeigt, dass diese Gipfel noch in den Wirkungskreis unserer Cyclonen einbezogen sind und da sie alle auf der Südseite der Zugstrassen derselben liegen, so tritt eben auf diesen Gipfeln dasselbe ein, was wir auch an den Stationen der Niederung in diesen Gegenden finden: das Vorherrschen des Westwinds. Somblick und Obir werden allerdings auch zum Theile von den südlich vorbeiziehenden Cyclonen beeinflusst, allein da dieselben selten die Stärke der nördlichen erreichen, so erkennt man diesen Einfluss nur an einer verhältnissmässig grossen Nordecomponete. Stünden uns Gipfelstationen zur Verfügung, welche nördlich von den Zugstrassen der Cyclonen liegen, so würden wir zweifellos eine mehr östliche Richtung der Resultirenden vorfinden. Um die Theorie der allgemeinen Circulation der Atmosphäre in unseren Gegenden der Herrschaft der Cyclonen zu bestätigen, wäre es nothwendig, die Richtung und Grösse der Resultirenden südlich und nördlich der Zugstrassen der Depressionen zu ermitteln und aus allen Stationen dann den Überschuss des Lufttransportes von West nach Ost zu berechnen. Da, wie gezeigt, unsere höchsten Gipfel noch in die untere Luftströmung der atmosphärischen Wirbel einbezogen sind, so lässt sich diesbezüglich auf Gipfeln nichts wesentlich Anderes erwarten, als die Stationen der Niederung bieten; man könnte daher auch durch Untersuchungen über die Windverhältnisse einer genügenden Anzahl Stationen der Niederung den Beweis erbringen, dass die atmosphärischen Wirbel in unseren Gegenden nichts Anderes sind als im grossen Weststrom treibende Wirbel und dass daher der constante Weststrom ohne Unterlass Luft von West nach Ost führt.

Da die beiden niedrigeren Gipfel Säntis und Obir eine mehr südwestliche, die beiden höheren Pikes Peak und Somblick mehr eine nordwestliche Richtung der Resultirenden aufweisen, könnte man zur Vermuthung verleitet werden, die letzteren lägen in dem theoretisch geforderten Rückstrom aus Nordwest. Doeh wäre dies ganz irrig. Schon dass Pny-de-Dôme, der niedrigste der von uns untersuchten Gipfel, ebenfalls eine nordwestliche Richtung im Jahresmittel zeigt, lässt dies erkennen, noch mehr aber beweist Wien, wie vor-eilig diese Vermuthung wäre, da auch in Wien fast dieselbe mittlere Richtung der Windkraft gefunden wird, wie auf dem Somblick.

Auch die Grösse der Resultirenden, welche auf dem Säntis grösser ist als auf dem Somblick und Pikes Peak, ja selbst in Wien so gross wie auf Pikes Peak sich herausstellt, beweist, dass hier Alles von der Lage zu den Zugstrassen der Minima abhängt.

Es ist zweifellos, und wohl gerade durch diese Untersuchung am deutlichsten bewiesen, dass die Gipfelstationen zur Erforschung der Windverhältnisse, der Bewegungen unserer Atmosphäre, von grossem Nutzen sind, allein es ist auch gerade durch diese Untersuchung klar geworden, dass sie nicht hinreichen, um die allgemeine Circulation der Atmosphäre für die höheren und höchsten Luftschichten zu erforschen. Weder die Existenz des nordwestlichen Rückstromes, noch den constanten West der höchsten Schichten können wir durch dieselben feststellen. Es zeigt sich hier wieder, welche grosse Bedeutung der Beobachtung des Wolkenzuges zukommt, der uns allein zu Gebote steht, um die berührten wichtigen Punkte zu erforschen. Könnte ich doch hoffen, dass ich durch eine recht emphatische Betonung der Wichtigkeit der Beobachtung des Wolkenzuges (mit Angabe der beobachteten Wolkenform, aus der angenähert die Höhe ermittelt werden kann) zur allgemeinen Inangriffnahme dieser Beobachtungen von Seite aller regelmässig beobachtenden Stationen anregen werde! Es scheint mir wahrlich der Sache bisher zuwenig praktische Werthschätzung entgegengebracht zu werden, man begnügt sich theoretisch die Wichtigkeit anzuerkennen. Die Rubrik „Form und Zug der Wolken“ fehlt wohl in den meisten Publicationen meteorologischer Beobachtungen. Dennoch werden wir nie das Material zur Darlegung der Windverhältnisse der höheren und höchsten Regionen der Atmosphäre erlangen, als durch die regelmässige Beobachtung von „Form und Zug“ der Wolken an möglichst vielen Stationen.

Aus der letzten Tabelle erhellt, aus der Vergleichung von α und α_1 , dass auch auf Berggipfeln die Berechnung der mittleren Windrichtung aus der Häufigkeit gestattet ist, wie dies für die Niederung von Coffin nachgewiesen wurde; der Unterschied zwischen α und α_1 ist durchwegs ein sehr geringer, nur Obir macht eine Ausnahme, die ihre Erklärung in der schlechten Aufstellung des Anemometers findet, durch welche

die häufigsten Winde, die südwestlichen, so schwach erscheinen, dass die Benützung dieser Station überhaupt nur durch eine hypothetische und ganz unsichere Correctur der Stärke derselben einigermaßen ermöglicht wurde.

Es wäre nun noch interessant, zu untersuchen, wie weit die mittlere Windrichtung des Jahres constant bleibt. Ich habe mich darauf beschränkt, für sechs Jahre von Wien, 1884—1889, aus der Häufigkeit diese Richtung zu berechnen, und erhielt folgendes Resultat:

	1884	1885	1886	1887	1888	1889
α_1	72°2	67°1	70°4	73°8	81°5	80°4

Man sieht hieraus, dass die mittlere Windrichtung des Jahres auch nicht vollkommen constant, aber doch in engeren Grenzen veränderlich ist. Die grösste Differenz der Richtung (1888—1885) beträgt 14·4 Grad, also wenig mehr als $\frac{1}{32}$ Kreisumfang, d. h. beiläufig einen Strich. Auf Berggipfeln dürfte diese Veränderlichkeit nicht kleiner sein. Ich finde z. B. für Pikes Peak aus den Häufigkeiten folgende Winkel für die in Untersuchung gezogenen 3 Jahre:

1883/84	1884/85	1885/86
80°3	82°0	61°5; also die Veränderlichkeit fast zwei Striche.

Dies rührt daher, dass im letzten Jahre der Nord eine bedeutende Vermehrung, der Südwest dafür eine namhafte Verminderung der Häufigkeit aufweist (siehe die Tabelle S. 57 [257]). Von einer Constanz der Richtung kann somit nicht einmal im Jahresmittel die Rede sein.

Zusammenfassung.

Aus den eben geführten Untersuchungen ergeben sich folgende Resultate:

A. Täglicher Gang: Der tägliche Gang der mittleren Windgeschwindigkeit (ohne Rücksicht auf die Richtung) erweist sich als resultirend aus der Übereinanderlagerung des täglichen Ganges der Geschwindigkeit der einzelnen Windrichtungen. Letztere zeigen keinen allen Richtungen gemeinsamen Gang, es fällt vielmehr das Maximum und das Minimum für verschiedene Richtungen auf verschiedene Stunden und Tageszeiten. Für den Sonnblick ist deutlich ausgesprochen das Gesetz des Umgehens des Maximums der einzelnen Richtungen mit der Sonne angedrückt, für die übrigen Gipfel ist dies nicht nachweisbar.

Im täglichen Gange der Häufigkeit und des Windweges ist aber genanntes Gesetz deutlich ausgesprochen und zwar für alle Berggipfel. Besonders tritt dies hervor, wenn man durch die harmonische Analyse die einfache tägliche Welle von den übrigen trennt, und das Maximum der einfachen täglichen Welle für die einzelnen Richtungen verfolgt. Die Ursache dieses Umgehens des Maximums mit der Sonne ist in der Hebung der Flächen gleichen Druckes durch die Erwärmung durch die Sonne zu suchen, welche für die untersuchten Stationen morgens östlich, mittags südlich, abends westlich stattfindet.

Die harmonische Analyse zeigt, dass für Häufigkeit und Windweg wie auch Geschwindigkeit der einzelnen Richtungen auch die doppelte tägliche Welle deutlich hervortritt; nur für die mittlere Geschwindigkeit (ohne Rücksicht auf die Richtung) ist sie durchwegs sehr klein. Es dürfte daher als entschieden zu betrachten sein, dass der tägliche Gang der Windelemente auf Berggipfeln zwei Maxima und zwei Minima stets aufweisen muss. Über die Ursache der doppelten täglichen Welle lassen sich auch nicht einmal Mutmassungen aufstellen.

Die Zerlegung der Windkraft in ihre Componenten zeigt, dass die in den Meridian fallende Nord-Süd-Componente auf einigen Gipfeln stets nördlich, auf anderen stets südlich ist; nur Sonnblick und Puy-de-Dôme weisen einen Übergang derselben aus der nördlichen in die südliche Richtung um die Zeit der grössten Tageswärme auf. Allein aus dem täglichen Gange der Richtung der Resultirenden erkennt man, dass auf allen Gipfeln um die Mittagsstunde die Richtung südlicher wird. Es hängt dies offenbar ebenfalls mit dem Gesetze des Umgehens der Winde mit der Sonne zusammen.

B. Jährlicher Gang. Der jährliche Gang der mittleren Windgeschwindigkeit (ohne Rücksicht auf Richtung) zeigt im allgemeinen einen dem jährlichen Gange der Temperatur entgegengesetzten Verlauf. Pikes Peak gehorcht genau, Obir sehr nahe diesem Gesetze. Sonnblick und Säntis befolgen aber dieses Gesetz nur insoweit, als das Hauptmaximum in die kältesten, das Hauptminimum in die wärmsten Monate fällt; sie weichen aber von diesem Gesetze ab durch ein secundäres Maximum im August und ein secundäres Minimum Ende September und Anfangs October.

Der jährliche Gang der einzelnen Richtungen ist nicht für alle derselbe. Auf dem Sonnblick, Säntis und Pikes Peak erkennt man einen Anklang an ein analoges Verhalten der Maxima wie es beim täglichen Gang das Umgehen mit der Sonne bedingt.

Im Durchschnitte sind alle Winde im Winterhalbjahr stärker als im Sommerhalbjahr; nur auf den beiden höchsten Gipfeln, finden wir, der oben genannten Analogie entsprechend, die Südwinde im Sommerhalbjahre stärker als im Winterhalbjahre.

Der jährliche Gang der Häufigkeit und des Windweges zeigt, dass die Nordwinde in den kältesten Monaten ihr Maximum haben, die Südwinde aber nicht in den heissesten, sondern im Frühsummer und im September. Mit Ausnahme des Säntis sind überall die Nordwinde im Winterhalbjahre, die Südwinde im Sommerhalbjahre häufiger.

Der jährliche Gang der Windcomponenten zeigt das gleiche Verhalten wie wir es für Häufigkeit und Windweg gefunden haben. Es herrscht somit von der Nord-Südcomponente im Winter die nördliche, im Sommer die südliche Richtung vor.

Die resultirende Windkraft ist am grössten im Winter und ihre Richtung ist im Winter am nördlichsten, in den wärmeren Monaten am südlichsten (nur Säntis macht eine Ausnahme).

Die Jahresschwankung der Richtung der Resultirenden ist durchwegs sehr bedeutend, auf allen grösser als ein Quadrant, und auf dem höchsten der untersuchten Gipfel, auf Pikes Peak 60 Grad. Von einer constanten mittleren Windrichtung auf unseren höchsten Gipfeln kann also keine Rede sein.

C. Allgemeine Windverhältnisse. Die Windrichtung auf unseren höchsten Gipfeln wird von den wandernden Cyclonen bestimmt und entspricht nach dem Buys-Ballot'schen Gesetze im Wesentlichen den Isobaren im Meeresniveau. Unsere atmosphärischen Wirbel reichen daher über unsere höchsten Gipfel hinauf. Das Vorherrschen der Westwinde auf den Gipfeln ist somit nicht eine Folge ihrer Höhe.

Die mittlere Windgeschwindigkeit (ohne Rücksicht auf Richtung) nimmt auf den Bergen auch von 2500 Meter aufwärts noch, wahrscheinlich mit der Höhe etwas zu. Die grosse Geschwindigkeit auf dem Eiffelturm, welche den auf dem Säntis gleichkommt, lässt es aber wahrscheinlich erscheinen, dass in der freien Atmosphäre das Maximum der Windgeschwindigkeit in einer Höhe erreicht wird, die jedenfalls niedriger ist als 2500, und von da aufwärts eine Abnahme der Geschwindigkeit eintrete. Die kleine Zunahme der Geschwindigkeit, welche Pikes Peak gegenüber Sonnblick und beide gegenüber Säntis aufweisen, wäre dann durch die grössere Reibung zu erklären, welche auf den niedrigeren Gipfeln gegenüber den höhern herrscht.

Die Richtung der Resultirenden im Jahresmittel ist in den verschiedenen Jahren veränderlich, jedenfalls bis zu $\frac{1}{16}$ des Kreisumfanges. Nicht einmal im Jahresmittel können wir daher von einer constanten mittleren Windrichtung sprechen.

Die Vergleichung der Richtung der Resultirenden, wie sie aus den Windwegen einerseits und andererseits aus den Häufigkeiten sich berechnet, zeigt, dass es erlaubt ist, wie es für die Niederung Coffin nachgewiesen hat, auch für Berggipfel sich der Häufigkeiten zur Berechnung derselben zu bedienen. Nur für die einzelnen Monate des Jahres ergeben sich dabei etwas grössere Differenzen.

A n h a n g.

Nachweis des Beobachtungsmateriales und der Bearbeitung desselben.

Das Beobachtungsmateriale für den Sonnblick liefern die Anemometer-Aufzeichnungen vom September 1887 bis August 1889 inclusive, welche ich reducirt habe und die hier zum erstenmale, und zwar in extenso zur Veröffentlichung gelangen. Für Obir reducirt ich die Aufzeichnungen des dortigen Anemometers seit 1883, benützte aber nur die gleiche Periode wie für Sonnblick in dieser Arbeit. Die Originaltabellen in extenso gelangen hier nicht zur Veröffentlichung, weil das Anemometer in Folge seiner Aufstellung für die Südwestwinde falsche Angaben liefert, und daher der Werth dieser Tabellen ein zweifelhafter ist. Die Originaltabellen erliegen im Archive des k. k. Centralanstalt für Meteorologie in Wien.

Für Säntis findet sich das ausführliche Materiale im Jahrbuche der schweizerischen meteorologischen Centralanstalt Jahrgang 1886 und 1887. Von Pikes Peak sind die vorhandenen Aufzeichnungen der dortigen Beobachtungen in extenso in einem eigenen Bande des Haward College's: „Meteorological Observations made on the summit of Pikes Peak“ (Annals Vol. XXII; 1889) vor kurzem veröffentlicht worden. Für den täglichen Gang ist leider nur die Windgeschwindigkeit in 24stündigen Daten registriert worden und konnte ich daher auch nur für diese den täglichen Gang gleichwerthig behandeln. Im Übrigen wählte ich für die weiteren Untersuchungen eine dreijährige Periode gleichartiger Beobachtungen ohne Unterbrechungen aus, welche ich für August 1883 bis Juli 1886 inclusive vorfand. Es sind dies leider nur täglich fünfmalige Beobachtungen. Das Materiale für Pic du Midi und Puy-de-Dôme habe ich den Annales du Bureau Central meteorologique de France entnommen; freilich sind auch von diesen Stationen keine 24stündigen Daten publicirt. Pic du Midi hat täglich 5mal, Puy-de-Dôme täglich 6mal beobachtet. An allen Stationen, mit Ausnahme von Pikes Peak, wurden 16 Windrichtungen verzeichnet, auf Pikes Peak nur acht.

Die geographische Lage der Stationen ist in der Einleitung angegeben worden, die örtliche Lage und die Verhältnisse der Umgebung kann ich als bekannt voraussetzen, da wohl die Beschreibung der europäischen Gipfelstationen von A. L. Rotch, welche in „American meteorological Journal“ zur Veröffentlichung gelangte, und die der Verfasser als Sonderabdruck überall hin versendete, in Aller Händen sein dürfte. Man findet darin auch die Abbildung aller Stationen; nur der Sonnblick fehlt darin, welche Lücke der Verfasser später (Amer. Met. Journ. Vol. V. S. 13) ausfüllte. Den Sonnblick betreffend, findet man übrigens die vollste Aufklärung in der meteorologischen Zeitschrift (Bd. 2, S. 33 und 42) in der Beschreibung von A. v. Obermayer und Hann. Diese Artikel sind auch als Sonderabdruck erschienen und mit Abbildungen und einer Karte ausgestattet. Die Aufstellung der Anemometer dürfte auf allen Stationen eine correcte sein, mit Ausnahme von Obir. Auf diesem Gipfel steht das Anemometer nicht ganz auf dem höchsten Punkte und reicht daher das Schalenkreuz nur wenig über den Gipfel hinaus. Die südwestlichen Winde prallen an einem steilen Absturz an und werden dadurch so nach oben abgelenkt, dass sie über das Schalenkreuz weggehen. Dieser Übelstand ist umso grösser, als die Südwestwinde die häufigsten und stärksten sind. Es war in Folge dessen fraglich, ob diese Gipfelstation in die Untersuchung einbezogen werden sollte. Da aber der eigentliche Gegenstand dieser Untersuchung die Windverhältnisse auf dem Sonnblick sind, und die übrigen Stationen nur herbeigezogen werden, um einseitige Verallgemeinerungen zu vermeiden, da ferner die anderen Stationen, wie Säntis und Pic du Midi, neben Obir zu stehen kamen, und man so die gänzliche Unbrauchbarkeit des letzteren leicht hätte erkennen müssen, so wagte ich umso mehr eine Correction der südwestlichen Winde, als ich bei der Reduction der Anemometer-Aufzeichnungen, seit mir die Sachlage bekannt geworden, schon immer die Richtung SW eintrug, so oft der Beobachter starke SW-Winde im Beobachtungsbogen notirte, womit nur mehr eine Correction der Stärke des

Südwest anzubringen war. Diese Correction geschah so, dass ich dem Südwest die gleiche Geschwindigkeit beilegte, wie dem stärksten Winde, nämlich dem NW. Es lässt sich viel gegen diesen Vorgang einwenden, doch schwerlich ein besserer angeben. Es bleibt Obir freilich eine Station, die für sich allein nicht beweisend wirkt und daher nur in der Übereinstimmung mit den anderen Stationen von Werth ist.

Es ist bekannt, dass auf dem Sonnblick das Anemometer auf einem schlanken Thurme von 7 Meter Höhe steht. Diese Höhe war nothwendig, weil der Nordabhang steil abstürzt und die Nordwinde ähnlich wie auf dem Obir die Südwestwinde verloren gehen würden, wenn der Thurm zu niedrig wäre. Obwohl ich mich nun selbst wiederholt überzeuge, dass bei Nordsturm der Wind schon in 5 Meter Höhe stark ist, und daher das in 7 Meter Höhe stehende Schalenkreuz im vollen Strome liegt, so lässt sich nicht leugnen, dass ein Zweifel darüber, ob der Nord auf dem Sonnblick mit seiner vollen Stärke registriert wird, immerhin nicht vollständig ausgeschlossen scheint. Allein, wenn wir das Endresultat in Betracht ziehen, worin dem Nord eine gegenüber allen anderen Gipfeln so beträchtlich grössere Geschwindigkeit zufällt, so will mir scheinen, dass man mit einiger Sicherheit annehmen darf, dass die registrierte Geschwindigkeit richtig sei.

Während auf allen anderen Gipfeln die Dauer der bearbeiteten Perioden hindurch kein Wechsel des Anemometers eintrat, wurde auf dem Sonnblick im October 1888 das Schneider'sche Anemometer, das reparaturbedürftig geworden war, durch ein neues ersetzt, welches Herr Schöffler in Wien verfertigt hatte und der Station zum Geschenke machte. Die Registrirungen geschahen somit von September 1887 bis inclusive September 1888, also durch 13 Monate mit Hilfe des Schneider'schen Anemometers. Dieses verzeichnete die Windrichtung continuirlich, die Windgeschwindigkeit aber durch Punkte, indem nach je zwei Kilometer Windweg stets ein Punkt markirt wurde. Bei der Reduction dieser Aufzeichnungen zählte ich die Punkte für jede Stunde und trug dieselben als Geschwindigkeit in die Bögen ein, ohne die Multiplication mit 2 auszuführen. Diese 13 Monate gelangen auch so nach den Originalien zum Drucke und müssen alle Zahlen mit 2 multiplicirt werden, um Kilometer zu erhalten. Damit bei Benützung dieser Tafeln keine Irrung möglich sei, habe ich dies am Fusse einer jeden wiederholt. Vom October 1888 functionirte das Schöffler'sche Anemometer, aber auch in dieser Zeit trat eine Störung ein. Im März 1889 hatte der Beobachter, um sich im Thurmzimmer selbst über den Wind orientiren zu können, eine entsprechende Vorrichtung am Registrirapparate angebracht. Die Folge davon war, dass ich nun bemerkte, dass die registrierten Windgeschwindigkeiten zu klein ausfielen. Durch eine doppelte Vergleichung der Registrirungen mit der freien Schätzung des Beobachters, das erstemal während der Periode bis Februar 1889, das zweitemal von März 1889 bis August 1889. Das Ergebniss dieser Vergleichung war, dass in der letzten Periode die Angaben des Anemometers im Mittel mit 1·39 zu multipliciren sind, um Kilometer zu erhalten. Die erste Periode ergab nämlich das Verhältniss: Anemometer durch Schätzung = 8·20, die zweite Periode dasselbe Verhältniss = 5·88. Auch dies ist am Fusse jeder Monatstabelle stets wiederholt.

Die richtiggestellten Monatsummen habe ich dann in einer eigenen Tabelle (S. 40[240], 41[241]) zusammengestellt. Selbstverständlich sind auch bei den Monatauszügen für die einzelnen Windrichtungen nur die richtiggestellten Windwegsummen eingesetzt worden und gilt somit für alle folgenden Angaben über Sonnblick, dass stets nur die richtiggestellten Windwege in Rechnung gezogen wurden. Die Bearbeitung der ganzen Windverhältnisse auf dem Sonnblick wurde dadurch complicirt und langwierig, wodurch auch der Abschluss derselben bedeutend verzögert wurde.

Die Tabelle des täglichen Ganges der Windgeschwindigkeit der einzelnen Monate für Sonnblick (S. 40[240], 41[241]) entstand durch Division der Windwegsummen der vorhergehenden Tabelle durch die Anzahl der Beobachtungsstunde während der ganzen in Betracht gezogenen Periode, nämlich durch 691.

Für die weiteren Bearbeitungen dienten als Grundlage die Monatauszüge nach 16 Richtungen und 24 Tagesstunden, wie ich sie seit Jahren auch für Wien und Obir zu machen gewohnt war. Statt einer langen Auseinandersetzung über die Art der Einrichtung derselben lasse ich eine solche Tabelle als Beispiel folgen.

Es ist leicht zu sehen, dass der tägliche Gang der Häufigkeit und des Windweges für die 16 Richtungen aus diesen Monatsauszügen sich sofort ergibt, indem man einfach für alle Monate der in Untersuchung gezogenen Periode die Summe für jede Richtung bildet. Ich halte dafür, dass diese Auszüge für alle Observatorien, wo Windregistrirungen vorgenommen werden, sehr zu empfehlen sind. Ich meinerseits bekenne offen, dass ich, falls mir diese Auszüge nicht schon vorgelegen hätten, mich schwerlich zu dieser Arbeit entschlossen hätte — sie fehlten mir ja ohnedies für Säntis. — Auch für die Stationen, von welchen mir die 24stündigen Daten nicht zur Verfügung standen, musste ich ganz ähnliche Auszüge anfertigen. Die Mühe dieser Arbeit ist eine ganz enorme, obwohl ich nur so kurze Perioden zu bearbeiten hatte. Es scheint mir daher fast unmöglich, dass sich jemals ein Forscher der ganz erdrückenden Arbeitslast unterwerfen und für alle vorhandenen Stationen der Niederung — sagen wir nur von Europa — die Windverhältnisse aus 10- und 20jährigen Registrirungen in gleicher Weise untersuchen werde, falls ihm die Vorarbeit in der oben angegebenen Weise nicht an jeder Station gemacht wird. Und doch ist diese Untersuchung für die Kenntniss der allgemeinen Windverhältnisse und der allgemeinen Circulation der Atmosphäre von der höchsten Wichtigkeit. Ich halte es daher für durchaus nothwendig, dass man an allen Stationen, wenigstens jenen, die mit selbstregistrirenden Anemometern versehen sind, diese Auszüge regelmässig mache und wenigstens die Jahreszusammenstellung in obiger Form immer veröffentliche.

Bei der Reduction der 16 Richtungen auf 8 hat man bisher nur die zwischenliegenden Richtungen zu gleichen Theilen auf die beiden anliegenden Richtungen aufgetheilt nach der Formel $N_{16} + \frac{1}{2} NNE + \frac{1}{2} NNW = N_8$ u. s. w. Ich habe Bedenken getragen, so zu verfahren. Es ist nicht ausgeschlossen, dass man auf die Weise eine der 8 Richtungen ganz übermässig betheilige, was nicht nur zu einer falschen Vertheilung führt, sondern auch bei der Darstellung der übrigen Verhältnisse misslich werden kann. Von vornherein ist ja die Frage nicht entschieden, ob nicht jede Richtung ihren eigenenartigen täglichen Gang habe. Setzen wir nun folgenden Fall der Häufigkeiten: NNW 100, N 200, NNE 300, NE 10, ENE 30, E 40, ESE 30 u. s. w. Nach der gebräuchlichen Methode der Reduction würde der NE zu einer Häufigkeit von 175 erwachsen, während der E nur eine solche von 70 erhalte und der N eine solche von 400. Die ursprünglichen Verhältnisse erscheinen dadurch ganz zerstört, ja zum Theile umgekehrt; denn ursprünglich hat der NE nur 0.05, des N und nach dieser Reduction erscheint er als 0.44 des Nord; der E ist ursprünglich dreimal so gross als der NE, nach dieser Reduction ist aber der NE fast dreimal häufiger als der E.

Es schien mir nun das sachgemässeste, die Vertheilung nach dem Verhältnisse der ursprünglichen Häufigkeiten der 8 Richtungen vorzunehmen nach folgendem System: der von NNE zu N zu schlagende Theil wird erhalten aus der Formel: $NNE = \frac{N}{N + NE} \cdot NNE$, und so für die übrigen Zwischenrichtungen, so dass also die Formel für die Reduction auf 8 Richtungen (statt, wie gebräuchlich, $N_8 = N_{16} + \frac{1}{2} NNE + \frac{1}{2} NNW$ zu lauten) nach dem Schema erfolgt: $N_8 = N_{16} + \frac{N}{N + NE} \cdot NNE + \frac{N}{N + NNW} \cdot NNW$, woraus ersichtlich, wie man für die übrigen Richtungen vorzugehen hat.

Als Begründung für diesen Vorgang diene folgende Erwägung. Geht man an die Reduction der 16 Richtungen auf 8, so liegt in dem ganzen Vorgange die Auffassung verborgen, dass eigentlich nur aus 8 Richtungen Winde wehen und die auf die Zwischenrichtungen entfallenden nur als Ablenkungszufälligkeiten von den 8 Hauptrichtungen anzusehen seien. Daraus folgt aber sofort, dass man auch annehmen muss, jene von zwei benachbarten Hauptrichtungen, welche häufiger aufgetreten, habe auch die häufigere Ablenkung erfahren, da ja diese Ablenkung etwa so wie das Schwanken der Windfahne aus der Mittellage betrachtet wird. Kehren wir die Betrachtung um, so heisst dies, dass die Vertheilung der Häufigkeit der Zwischenrichtung auf die benachbarten Hauptrichtungen nach dem Verhältnisse der Häufigkeit dieser Hauptrichtungen vorzunehmen sei. Dies haben wir eben gethan.

Das gleiche Raisonement wiederholt sich bei einer etwaigen Reduction der 8 Richtungen auf vier.

Es entsteht nun aber die Frage, ob auch die Reduction der Windwege auf 8 oder 4 Richtungen nach diesen aus der Häufigkeit ermittelten Verhältnisszahlen zu geschehen habe? Es ist dies offenbar nicht streng

richtig, wenn wir von dem eben auseinandergesetzten Principe ausgehen. Denn die Windwege kann man als Producte von Häufigkeit in Geschwindigkeit auffassen und wir hätten, wenn wir die Häufigkeiten dreier anreihender Richtungen (z. B. N, NNE, NE) mit a, b, c , ihre Geschwindigkeiten v_a, v, v_c bezeichnen, die Windwege der drei Richtungen auszudrücken durch av_a, bv und cv_c . Sollen die Windwege nach dem Verhältnisse der Häufigkeiten aufgetheilt werden, so müsste nun streng genommen für die Geschwindigkeiten das gleiche Verhältniss stets vorhanden sein. Dies ist aber offenbar nicht der Fall. Sieht man aber näher zu und versucht, eine bessere Formel für die Auftheilung der Windwege zu finden, so überzeugt man sich bald, dass es ohne Zuhilfenahme ganz willkürlicher Annahmen nicht gelingt. Es ist daher immer noch der Auftheilungsmodus der Windwege nach dem oben gegebenen Häufigkeitsverhältnisse das Beste und der Wahrheit offenbar näher Kommende, als die bisher gebräuchliche Art der Halbierung.

Was die Ausführung dieser Reductionen auf 8 und 4 Richtungen anbelangt, so habe ich beim täglichen Gange die Verhältnisszahlen $\left(\frac{a}{a+c}\right)$ nicht für jede einzelne Stunde gebildet, sondern nur für die Tagessummen; mit den aus letzteren gefundenen Verhältnisszahlen habe ich dann die Reduction für die einzelnen Tagesstunden ausgeführt. Es liegt darin allerdings eine kleine Ungenauigkeit, die aber erlaubt schien, weil die Veränderlichkeit dieses Verhältnisses tagüber auch eine Unwahrscheinlichkeit an sich hat und weil die Mühe der Reduction im anderen Falle eine ganz unverhältnissmässig grössere gewesen wäre als der etwa begangene Fehler zu rechtfertigen vermöchte. Beim jährlichen Gange habe ich aber die betreffenden Verhältnisszahlen in der That für jeden Monat gebildet.

Die so erhaltenen Werthe für 8 und 4 Richtungen, für den täglichen Gang, Häufigkeit und Geschwindigkeit, sind in den Tabellen S. 46[246] bis 49[249] gegeben. Im Texte habe ich die „ausgeglichenen“ Werthe mitgetheilt. Die Ausgleichung wurde auf einfache Weise bewerkstelligt, dass ich stets drei aufeinanderfolgende Stunden addirte und die Summe durch 3 dividirte, also für die Stunde b den Werth von $\frac{a+b+c}{3}$ für die Stunde c den Werth von $\frac{b+c+d}{3}$ u. s. w. erhielt. Damit bei der Häufigkeit keine Bruchtheile der Einheit vorkommen, habe ich die Division durch 3 nicht ausgeführt. Beim Windwege habe ich die Bruchtheile vernachlässigt.

Wo die Geschwindigkeitstabellen mit „ausgeglichen“ überschrieben sind, bedeutet dies, dass sie aus der Division der „ausgeglichenen“ Windwege, durch die „ausgeglichenen“ Häufigkeiten entstanden sind.

Die Zahlen bei den Tabellen des täglichen Ganges beziehen sich stets auf die ganze in Untersuchung gezogene Periode.

Beim jährlichen Gange begnügte ich mich nicht, die Reduction auf 8 und 4 Richtungen, wie oben angegeben wurde (natürlich ohne „Ausgleichung“), auszuführen, ich wollte hier eine bessere Vergleichbarkeit der Zahlen für die verschiedenen Stationen erreichen und reducirte daher noch weiter auf „Normalmonat“. Unter „Normalmonat“ verstehe ich einen Monat von 30 Tagen. Da für die verschiedenen Stationen bei jedem Monat eine verschiedene Anzahl von Beobachtungstagen vorlag, schien es mir angezeigt, alle auf Monate von 30 Tagen dadurch zu reduciren, dass ich die wie oben gefundenen Zahlen mit dem Verhältnisse $30:n$ multiplicirte. Um Pikes Peak und Pic du Midi mit Sonnblick, Säntis und Obir genau vergleichbar zu machen, hätte ich die in den Tabellen enthaltenen Zahlen durch Multiplication mit 4·8 den 24stündigen gleichwerthig machen müssen (für Puy-de-Dôme mit 4). Beim jährlichen Gange, wo es sich doch noch immer hauptsächlich um den Gang handelt, habe ich dies unterlassen; bei der Zusammenstellung der allgemeinen Windverhältnisse (S. 28[228]) jedoch habe ich diese Multiplication in der That ausgeführt.

Wenn auch alle diese Operationen höchst mühselig und zeitraubend sind, so dürften sie doch auch in Zukunft für ähnliche Arbeiten zu empfehlen sein, weil dadurch zu grosse Zahlen vermieden werden und eine viel grössere Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit erreicht wird.

Obir.

Täglicher Gang der Häufigkeit für 16 Windrichtungen aus 664 Tagen (September 1887 bis August 1889 incl.).

Stunde	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calm.
Mittn.—1 ^{ha} .	44	18	17	19	51	29	24	13	65	17	145	16	81	30	52	24	20
1—2 ^h	37	14	17	18	54	20	29	16	70	17	149	18	77	30	54	22	22
2—3 ^h	37	12	17	17	53	16	34	14	70	22	147	18	79	28	61	21	18
3—4 ^h	40	12	17	17	54	18	22	19	68	17	159	15	80	27	60	23	16
4—5 ^h	39	13	16	12	52	19	26	13	71	27	152	21	82	26	61	20	18
5—6 ^h	35	14	17	13	58	16	35	13	73	23	138	22	76	25	66	23	17
6—7 ^h	35	15	16	15	58	14	33	16	67	19	154	16	76	26	63	22	19
7—8 ^h	40	19	15	9	59	24	30	19	64	25	149	16	81	24	51	23	22
8—9 ^h	45	18	18	10	65	16	31	20	86	20	133	7	79	17	53	22	23
9—10 ^h	42	14	22	10	68	21	28	27	93	24	132	7	71	18	45	21	21
10—11 ^h	36	15	17	11	69	25	33	21	97	23	130	11	75	18	42	21	20
11—Mittag	42	10	20	12	55	18	43	13	100	22	146	9	79	14	37	26	19
12—1 ^{hp} .	43	4	17	13	50	22	36	18	91	21	136	12	70	18	47	22	24
1—2 ^h	40	8	12	9	51	13	29	18	96	30	156	6	91	19	44	24	18
2—3 ^h	40	6	17	11	45	11	32	19	74	30	159	15	91	17	44	30	23
3—4 ^h	45	8	12	10	51	12	25	16	71	32	152	15	93	23	46	25	22
4—5 ^h	41	7	18	10	47	13	20	17	71	32	152	11	103	25	52	26	19
5—6 ^h	40	11	24	12	36	19	20	18	69	21	161	20	103	20	52	19	19
6—7 ^h	40	15	21	11	41	15	23	12	71	32	148	23	87	24	60	20	21
7—8 ^h	45	15	25	13	44	14	19	16	66	25	152	17	89	27	56	19	25
8—9 ^h	51	14	22	17	40	16	19	13	33	28	148	14	82	28	52	26	21
9—10 ^h	48	12	25	16	43	19	25	19	65	23	152	13	78	22	52	29	23
10—11 ^h	53	15	21	19	41	20	22	15	75	23	150	13	78	21	56	21	21
11—Mittn.	51	19	21	16	44	23	25	14	72	18	148	12	79	30	52	22	19
Summe	1009	308	444	320	1229	433	663	398	1815	577	3567	342	1976	556	1258	551	490

Pic du Midi.

Täglicher Gang der Häufigkeit für 16 Windrichtungen aus den vollen Jahren 1883 und 1884.

	7 ^{ha} .	10 ^h	12 ^{hp}	4 ^{hp}	7	Summe
N	11	9	10	9	11	50
NNE	2	1	1	1	2	7
NE	98	90	70	64	85	413
ENE	22	25	26	25	17	115
E	36	31	21	31	39	158
ESE	3	1	—	1	1	6
SE	13	10	16	14	15	76
SSE	—	—	1	—	—	1
S	17	16	20	15	10	78
SSW	3	6	1	4	2	16
SW	104	117	159	168	142	690
WSW	17	28	20	25	13	103
W	151	135	125	133	173	717
WNW	3	7	3	5	5	23
NW	176	129	117	117	125	664
NNW	2	1	2	—	—	5

Puy-de-Dôme.

Täglicher Gang der Häufigkeit für 16 Windrichtungen aus den vollen Jahren 1883 und 1884.

	6 ^{ha} .	9	Mittag	3 ^{hp} .	6	9	Summe
N	29	36	33	35	39	32	204
NNE	29	31	31	36	34	42	203
NE	56	49	39	55	72	71	342
ENE	40	43	50	36	42	37	248
E	34	36	35	29	22	39	195
ESE	12	18	19	13	13	15	89
SE	29	33	50	36	30	28	206
SSE	24	44	38	30	39	25	200
S	44	39	43	29	35	44	244
SSW	25	20	18	9	15	19	106
SW	45	41	45	39	38	43	251
WSW	93	85	79	96	79	82	513
W	113	118	116	117	103	102	669
WNW	62	56	54	69	69	69	379
NW	61	42	52	48	61	49	313
NNW	30	38	28	30	33	27	186

Sonnblick.

Täglicher Gang auf 8 Richtungen reducirt.

1. Häufigkeit.

2. Windweg.

3. Geschwindigkeit.

J. M. Pernter,

Table with 9 columns (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) and 25 rows (Mittn.-1ha, 1-2h, 2-3h, 3-4h, 4-5h, 5-6h, 6-7h, 7-8h, 8-9h, 9-10h, 10-11h, 11-Mittag, 12-1hp, 1-2h, 2-3h, 3-4h, 4-5h, 5-6h, 6-7h, 7-8h, 8-9h, 9-10h, 10-11h, 11-Mittn., Summe).

Table with 9 columns (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) and 25 rows (6113, 6251, 5990, 5943, 5903, 5897, 5580, 5484, 5104, 4892, 4438, 4335, 4551, 4683, 4851, 5314, 5767, 6243, 6748, 6697, 6657, 6244, 5928, 5851, 13457, 36153, 6422, 6065, 51976, 165566, 46164, 43948).

Table with 9 columns (N, NE, E, SE, S, SW, W, NW) and 25 rows (32.0, 32.7, 31.9, 32.7, 31.2, 32.0, 32.3, 31.5, 29.2, 28.1, 27.4, 28.0, 28.3, 29.1, 29.8, 30.9, 31.9, 32.7, 33.0, 33.3, 33.3, 31.9, 30.2, 30.7, 31.1, 28.3, 24.1, 25.6, 33.2, 34.4, 26.5, 25.9).

University, Ernst Mayr Library of the Museum of Comparative Zoology (Cambridge, MA)

www.biodiversitylibrary.org; www.biologiezentrum.at

Täglicher Gang auf 4 Richtungen reducirt.

1. Sonnblick.

2. Säntis.

3. Obir.

	Häufigkeit.				Windweg.					Häufigkeit				Windweg					Häufigkeit				Windweg			
	N	E	S	W	N	E	S	W		N	E	S	W	N	E	S	W		N	E	S	W	N	E	S	W
Mitn.-1 ^{ha} .	291	15	157	201	8876	342	5323	6617	44	68	104	321	800	1728	2796	1044	109	115	183	237	2523	1607	3258	5545		
1-2 ^h	286	17	157	204	8902	440	5265	6603	44	63	94	330	782	1599	2587	10281	98	111	195	238	2275	1522	3379	5723		
2-3 ^h	289	16	156	210	8814	403	4924	6443	43	65	94	334	784	1608	2516	10460	98	108	197	243	2213	1421	3276	5886		
3-4 ^h	282	17	158	802	8881	443	4694	6027	45	64	84	333	800	1605	2359	10277	102	106	194	246	2226	1317	3117	5968		
4-5 ^h	291	16	154	208	9046	446	4691	5977	47	65	83	333	916	1148	2281	10174	99	101	199	247	2213	1407	3206	5898		
5-6 ^h	292	20	155	195	9207	568	4749	5773	51	66	84	329	980	1728	2291	9626	99	110	197	241	2212	1470	3139	5596		
6-7 ^h	290	19	155	194	8901	488	4693	5654	52	72	91	320	961	1883	2341	9409	98	110	195	242	2242	1455	3184	5553		
7-8 ^h	285	19	155	197	8573	487	4666	5664	51	73	101	297	907	1838	2650	8975	101	113	194	234	2281	1461	3156	5329		
8-9 ^h	286	23	164	194	8013	638	5161	5435	50	83	111	288	855	1550	2782	8238	106	115	205	215	2220	1499	3151	4804		
9-10 ^h	277	23	175	188	7473	596	5634	5339	45	86	127	278	812	1718	2946	8060	98	123	219	203	1905	1496	3370	4603		
10-11 ^h	268	21	189	184	7201	463	6324	5561	38	78	140	276	800	1606	3179	7887	89	128	221	206	1769	1585	3449	4401		
11-Mittag	255	16	197	187	6797	386	6908	5732	36	70	140	291	616	1565	3211	8604	94	112	228	211	1707	1445	3582	4358		
12-1 ^{hp} .	253	13	194	194	6957	317	7031	6262	33	61	147	299	601	1377	3518	8959	91	106	226	217	1621	1284	3613	4376		
1-2 ^h	250	11	198	203	6951	313	7075	6360	36	58	136	309	589	1261	3237	8907	88	92	228	238	1654	1136	3621	4484		
2-3 ^h	254	14	194	203	7149	306	6966	6341	38	59	130	316	667	1318	3101	9075	93	90	213	245	1718	1141	3606	4827		
3-4 ^h	263	16	176	210	7695	349	6281	6398	42	61	115	319	739	1369	2957	9362	96	89	206	251	1869	1126	3467	4969		
4-5 ^h	277	11	174	206	8228	261	6017	6244	45	11	104	320	824	1549	2798	9702	97	87	198	262	1972	1061	3386	5131		
5-6 ^h	291	13	170	194	8287	332	5873	6125	48	63	103	324	919	1588	2696	9739	97	87	198	263	1997	1158	3513	5662		
6-7 ^h	299	10	169	190	9156	300	5723	5850	50	68	105	315	942	1722	2842	10109	102	88	198	255	2270	1292	3534	5669		
7-8 ^h	305	11	165	184	9524	332	5584	6032	50	70	98	321	962	1674	2662	10075	107	93	186	253	2546	1412	3487	5739		
8-9 ^h	302	14	162	194	9413	334	5480	6083	48	74	96	319	917	1813	2768	10295	116	91	195	242	2762	1500	3576	5681		
9-10 ^h	299	14	161	195	9086	308	5520	6188	46	74	93	321	864	1803	2588	10100	113	101	193	234	2733	1608	3520	5691		
10-11 ^h	297	9	156	203	8701	254	5421	6480	49	66	98	325	875	1667	2618	10521	115	99	197	232	2687	1541	3482	5638		
11-Mitn.	291	13	158	202	8636	292	5541	6584	47	67	100	320	834	1626	2671	10419	117	104	190	234	2720	1528	3323	5449		
Summe	6773	372	4049	4756	196611	9398	135644	145772	1078	1635	2588	7547	19593	39159	66395	229694	2423	2479	4744	5799	52348	32725	82375	127381		

Jährlicher Gang der Häufigkeit für 16 Windrichtungen.

Sonnblick table with columns for wind directions (N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, WNW, NW, NNW) and Tage. Rows list months from Jänner to December.

Säntis table with columns for wind directions and Tage. Rows list months from Jänner to December.

Obir table with columns for wind directions and Tage. Rows list months from Jänner to December.

Pikes Peak table with columns for wind directions and Tage. Rows list months from Jänner to December.

W i e n .

Jährlicher Gang der Häufigkeit und des Windweges für 16 Richtungen (September 1887 bis August 1889 inclusive).

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Calm
H ä u f i g k e i t																	
September	264	36	47	24	39	32	82	68	69	20	41	48	269	114	184	84	19
October.....	90	13	27	33	27	20	61	115	72	11	28	48	414	269	163	69	28
November.....	72	42	74	24	48	21	132	223	117	14	36	59	239	170	106	43	20
December.....	45	23	34	20	59	35	120	198	80	33	36	310	215	99	30	124	
Jänner.....	215	15	20	13	26	11	79	181	58	7	28	56	389	144	87	90	69
Februar.....	66	15	17	19	39	65	160	41	53	14	26	23	390	120	152	96	72
März.....	64	29	61	51	37	35	110	68	55	27	11	60	478	91	203	87	21
April.....	70	41	41	46	79	63	148	64	64	33	18	47	316	152	162	88	8
Mai.....	155	42	48	32	32	36	165	195	104	28	43	44	253	108	142	43	20
Juni.....	128	56	79	51	94	57	125	61	37	8	22	53	173	255	132	104	5
Juli.....	43	5	6	12	27	15	68	47	80	35	74	111	548	242	120	42	13
August.....	95	19	34	27	46	56	65	34	43	22	47	63	358	283	178	93	25
Summe.....	1307	336	488	352	553	446	1315	1285	830	246	407	648	4137	2163	1728	869	424
W i n d w e g																	
September	3459	357	334	155	228	228	862	1045	920	143	316	288	6492	2334	3641	1307	—
October.....	1382	138	175	174	110	103	802	1692	673	220	234	647	10853	6589	3183	1583	—
November.....	1008	359	609	194	256	164	1148	4081	1793	127	204	828	5853	7098	2515	787	—
December.....	477	220	188	86	273	170	902	2473	791	152	180	876	7848	6714	2097	609	—
Jänner.....	4110	119	179	86	117	33	746	2409	683	101	148	853	14952	4529	2086	2334	—
Februar.....	1091	149	143	160	280	77	1837	385	354	139	169	251	14996	3751	3474	2351	—
März.....	1406	291	380	214	248	77	1262	1103	826	426	85	632	20137	2358	5747	1548	—
April.....	1476	367	319	319	555	848	1564	1210	760	273	185	1626	10075	4497	4152	2223	—
Mai.....	2117	427	484	157	189	339	1878	3489	1257	173	332	343	5420	2235	2838	730	—
Juni.....	1809	678	734	334	56	479	1391	773	502	101	199	371	3321	6997	2385	1830	—
Juli.....	496	59	47	47	16	162	883	663	1228	521	621	1776	15303	7214	2227	909	—
August.....	1164	109	180	167	177	555	867	482	599	158	250	634	8985	7128	3933	2181	—
Summe.....	19995	3273	3832	2099	3247	4113	13842	19805	10386	2923	2534	9125	124235	61444	38278	18392	—

J. M. Pernter,

Jährlicher Gang der Geschwindigkeit auf 8 Richtungen reducirt.

	Jänn.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick												
N	46.0	26.9	43.5	31.6	29.4	26.0	17.5	31.2	26.1	28.6	24.9	31.0
NE	32.6	25.1	43.9	25.5	19.1	28.0	29.2	29.1	17.5	15.4	24.2	29.3
E	21.0	14.7	40.1	29.1	16.3	40.4	26.7	31.5	10.8	12.4	9.2	24.9
SE	21.4	10.7	25.1	23.3	27.2	34.7	41.4	29.4	8.7	27.7	20.8	26.4
S	24.8	33.1	38.7	20.7	36.2	35.0	40.8	40.4	38.7	27.7	24.6	21.8
SW	31.4	37.1	37.7	33.4	36.2	33.4	33.8	37.4	34.9	29.6	36.4	31.2
W	27.2	30.4	34.8	25.5	20.1	21.0	25.9	24.8	23.6	19.4	23.5	22.7
NW	23.3	34.2	33.5	28.1	17.8	22.9	21.4	24.6	16.6	19.1	24.1	24.8
Säntis												
N	18.0	19.2	15.2	14.0	14.5	17.7	10.5	15.0	13.4	13.7	14.3	13.2
NE	20.0	24.9	21.2	26.8	19.1	20.0	19.7	20.9	17.5	16.5	31.4	26.7
E	23.3	31.5	29.7	27.0	18.5	16.8	12.1	18.6	17.0	19.9	25.2	24.6
SE	27.2	30.0	19.0	20.0	22.4	18.9	12.1	16.8	10.7	25.6	20.4	22.7
S	26.0	23.5	18.8	21.2	29.4	14.0	22.5	18.1	14.5	25.0	37.0	26.2
SW	32.2	19.7	26.2	27.7	32.6	19.3	24.7	25.9	23.1	27.0	39.8	42.2
W	33.9	26.1	31.3	27.7	33.0	26.7	35.4	37.0	36.9	28.8	28.0	41.1
NW	16.6	19.6	16.2	11.0	9.3	18.1	9.8	14.9	14.2	13.6	12.2	17.5
Obir												
N	28.3	24.5	23.8	16.9	16.2	19.0	13.5	12.4	18.0	21.6	16.7	31.0
NE	23.4	22.9	18.8	7.3	15.8	11.4	13.8	9.2	15.4	19.0	25.0	15.6
E	12.0	17.4	12.7	12.5	16.6	11.0	8.5	11.8	13.1	11.8	15.4	15.4
SE	8.0	13.6	11.7	9.2	11.5	6.5	8.0	7.4	10.3	8.6	9.7	10.1
S	21.4	10.1	7.5	10.8	14.0	11.6	11.2	10.2	11.2	9.0	20.5	10.3
SW	22.4	20.7	11.1	26.7	20.4	18.1	19.1	24.7	21.4	25.1	27.1	22.0
W	25.8	21.2	19.8	19.9	7.7	10.9	15.9	16.4	14.6	22.0	19.4	24.7
NW	30.0	29.1	26.9	22.7	14.6	16.2	17.6	23.5	22.3	30.4	27.7	34.7
Pikes Peak.												
N	19.7	22.9	20.0	15.8	11.1	9.2	9.0	9.0	14.0	17.1	14.6	19.8
NE	20.2	21.9	17.9	14.4	10.9	9.5	9.2	9.5	11.2	13.4	10.4	14.9
E	12.7	0.0	16.0	12.2	5.0	7.6	9.5	9.9	7.0	16.0	5.0	12.8
SE	17.0	9.0	3.0	10.8	10.7	12.6	8.5	8.0	8.0	1.2	9.5	12.0
S	13.7	12.3	15.4	17.2	11.3	16.1	10.6	12.4	11.9	10.6	8.3	13.0
SW	19.1	19.0	24.8	25.0	23.2	24.2	15.8	13.4	18.5	18.9	19.2	18.7
W	29.3	29.8	27.0	25.1	22.7	20.9	19.3	18.9	23.4	22.7	28.9	26.9
NW	27.4	28.9	24.9	26.8	16.1	13.4	13.2	13.7	16.8	22.8	21.7	27.4

Häufigkeit.

	Jänn.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Sonnblick												
N	290	180	177	128	161	181	162	232	135	324	170	180
NE	113	86	42	66	55	46	28	40	82	18	28	53
E	9	6	13	13	30	16	9	2	5	11	6	20
SE	22	8	7	3	31	6	9	13	11	3	5	15
S	9	128	56	76	95	63	50	63	99	55	75	45
SW	131	139	209	198	231	229	209	201	262	217	249	227
W	32	62	88	99	53	56	144	78	45	76	77	89
NW	89	101	107	96	54	87	96	68	14	14	98	53
Säntis												
N	53	10	28	30	49	33	24	64	16	35	43	37
NE	42	60	33	41	115	88	33	37	37	57	76	69
E	49	122	80	68	15	52	33	32	32	38	25	18
SE	26	84	37	46	36	20	7	9	18	32	27	9
S	83	76	49	72	115	29	50	39	116	113	106	23
SW	224	179	187	246	245	82	173	179	245	212	264	262
W	182	172	293	163	109	329	339	326	219	214	138	287
NW	61	17	13	54	109	86	55	34	37	19	41	15
Obir												
N	57	48	73	52	122	98	45	27	52	100	15	75
NE	36	14	25	16	60	31	18	32	36	27	27	23
E	87	88	40	33	129	50	40	74	159	93	60	64
SE	9	105	45	60	38	32	36	45	66	24	20	23
S	44	69	80	126	117	127	106	123	110	113	152	62
SW	121	143	247	186	172	172	201	139	152	144	274	280
W	132	155	94	121	36	101	175	126	78	114	110	103
NW	165	82	87	111	33	88	66	127	49	83	34	73
Pikes Peak												
N	25	21	16	17	22	13	12	13	10	13	18	14
NE	17	19	18	12	16	13	20	22	21	8	20	21
E	3	2	6	6	3	7	12	8	3	1	3	5
SE	1	1	5	5	4	7	6	7	3	4	2	2
S	3	7	5	6	6	14	11	7	11	8	3	4
SW	18	15	24	28	36	42	27	33	48	38	24	23
W	38	38	48	43	39	32	38	35	32	44	43	44
NW	41	44	34	29	22	13	19	22	17	28	32	31

Wien.

Jahressummen der Häufigkeit für 16 Windrichtungen.

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
1884	607	411	292	206	255	310	637	814	271	91	171	190	1743	1014	725	486
1885	692	324	489	129	234	236	580	775	580	80	249	192	1283	878	832	458
1886	703	235	311	109	214	201	834	811	532	170	232	240	1736	678	820	435
1887	752	294	346	125	244	190	676	718	399	91	247	179	2131	764	1072	405
1888	689	185	232	173	310	269	755	612	461	144	199	299	2034	1009	815	405
1889	634	197	260	196	254	234	618	543	444	134	163	308	1955	1095	925	528

8 Richtungen (Normalmonat).

W i n d w e g.

Jahr.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
13352	4841	7702	4039	4735	4712	2829	6621	3526	9270	4233	5587
3682	2158	1845	1684	1051	1290	819	1160	1431	278	677	1550
189	88	521	378	490	646	240	63	54	126	55	498
471	86	176	70	844	208	373	382	96	83	105	396
411	4236	2166	1551	3437	2201	2041	2543	3829	1524	1848	980
809	5155	7884	6583	8355	7650	7038	7460	9047	6413	9057	7091
2053	1884	3061	2524	1065	1176	3730	2558	1038	1475	1811	2022
	3471	3587	2094	960	1991	2057	1674	232	208	2358	1313

Sonnblick

Säntis

956	192	426	421	712	602	252	901	215	481	614	490
838	1493	699	1067	2106	1838	649	774	647	938	2381	1843
1139	3843	2374	1832	287	874	401	599	541	756	630	463
766	2522	702	920	278	278	85	151	192	819	550	204
2155	1785	922	1525	405	405	1261	707	1685	2828	3904	602
7223	3532	4927	6808	3378	1579	4278	4643	5070	5719	10459	11097
6168	4491	9169	4515	7978	1579	12010	12600	8081	6169	3809	11789
1013	333	210	590	346	1554	538	506	526	245	500	262

Obir

2465	1175	1737	878	1975	1861	607	339	938	2157	250	2355
842	320	471	80	948	352	165	441	556	514	674	359
1033	1512	583	413	2138	548	389	870	240	1108	927	984
72	1430	502	553	438	209	287	332	678	206	195	232
942	700	603	1357	1637	1472	1182	1252	1227	1823	3120	636
2712	2961	6440	4973	3503	3107	3834	3428	3247	3646	7424	6169
3402	3293	1857	2404	278	1098	2781	2003	1136	2509	2134	2541
5731	2384	2340	2519	482	1428	1160	2981	1092	2981	2841	2193

Pikes Peak (miles)

492	480	332	269	244	120	108	117	140	223	264	277
344	417	324	173	175	123	185	209	236	107	208	312
38	0	32	73	15	53	114	79	21	16	18	64
17	9	3	54	43	88	51	56	24	52	19	24
41	86	77	103	68	226	117	87	130	85	25	52
344	285	595	700	836	1017	428	443	889	718	460	429
1116	1124	1297	1085	885	668	734	663	748	999	1240	1180
1128	1262	849	678	354	174	251	301	287	640	693	849

Pikes Peak.

Jahressummen der Häufigkeit, 8 Windrichtungen.

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1883/84	173	228	47	41	98	438	436	324
1884/85	165	170	55	57	95	369	525	316
1885/86	251	237	61	32	70	287	480	357

Sonn-

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows: März 1888 (1-31), April 1888 (1-30).

April 1888

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows: April 1888 (1-30).

Die Zahlen dieser Tabellen sind mit zwei

blick

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Rows: März 1888 (1-31), April 1888 (1-30).

April 1888

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Rows: April 1888 (1-30).

zu multiplizieren, um Kilometer zu erhalten.

Denkschriften der mathem.-naturw. Cl. LVIII. Bd.

Sonn-

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Content includes wind direction and frequency for May and June 1888.

Die Zahlen dieser Tabellen sind mit zwei

blick

Table with columns: 1h, 2h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Content includes wind direction and frequency for May and June 1888.

zu multipliciren, um Kilometer zu erhalten.

Table with columns for Tag (1-31), 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. July 1888.

August 1888

Table with columns for Tag (1-31), 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. August 1888.

Die Zahlen dieser Tabellen sind mit zwei

Table with columns for 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. July 1888.

August 1888

Table with columns for 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. August 1888.

zu multipliciren, um Kilometer zu erhalten.

Sonn-

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows for November 1888 (1-30) and December 1888 (1-31).

December 1888

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows for December 1888 (1-31).

Die Zahlen dieser

blick

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag, Mittel. Rows for November 1888 (1-30) and December 1888 (1-31).

December 1888

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag, Mittel. Rows for December 1888 (1-31).

Tabelle sind Kilometer.

Sonn-

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows: Jänner 1889 (31 days), Februar 1889 (28 days).

Februar 1889

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows: 1-28 days of February 1889.

Die Zahlen dieser

blick

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Rows: Jänner 1889 (31 days), Februar 1889 (28 days).

Februar 1889

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Rows: 1-28 days of February 1889.

Tabelle sind Kilometer.

Table with 13 columns (Tag, 1h to 11h, Mittag) and 31 rows (March 1889). Contains wind direction and speed data for each day.

Table with 13 columns (Tag, 1h to 11h, Mittag) and 31 rows (April 1889). Contains wind direction and speed data for each day.

Die Zahlen dieser Tabellen sind mit 1.39 zu

Table with 13 columns (1h to 11h, Mittern., Mittel) and 31 rows (March 1889). Contains wind direction and speed data for each day.

Table with 13 columns (1h to 11h, Mittern., Mittel) and 31 rows (April 1889). Contains wind direction and speed data for each day.

multiplizieren, um Kilometer zu erhalten.

University, Ernst Moritz...

Original Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/

Sonn-

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Content: Mai 1889, 1-31 days of wind direction and speed data.

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Content: Juni 1889, 1-30 days of wind direction and speed data.

Die Zahlen dieser Tabellen sind mit 1.39 zu

blick

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Content: Mai 1889, 1-31 days of wind direction and speed data.

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Content: Juni 1889, 1-30 days of wind direction and speed data.

multiplizieren, um Kilometer zu erhalten.

Sonn-

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows for July 1889 and August 1889.

Table with columns: Tag, 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittag. Rows for August 1889.

Die Zahlen dieser Tabellen sind mit 1.39 zu

blick

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Rows for July 1889.

Table with columns: 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, Mittern., Mittel. Rows for August 1889.

multipliciren, um Kilometer zu erhalten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1891

Band/Volume: [58](#)

Autor(en)/Author(s): Pernter Josef Maria

Artikel/Article: [Die Windverhältnisse auf dem Sonnblick und einigen anderen Gipfelstationen. 203-281](#)