

ÜBER DIE WINDVERHÄLTNISSE IN DEN HÖHEREN LUFTSCHICHTEN NACH DEN PILOTBALLONBEOB- ACHTUNGEN IN TRIEST

VON

EDUARD MAZELLE

Mit 4 Textfiguren.

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 29. APRIL 1915.

Mit Pilotballonaufstiegen wurde am k. k. maritimen Observatorium in Triest mit dem 22. März 1912 begonnen. Dieselben wurden bisher nach Möglichkeit vorgenommen, doch steht die Einführung täglicher Aufstiege in Aussicht. Bis zum 30. September 1914 liegen 269 Pilotballonanvisierungen bearbeitet vor, weshalb es angezeigt ist, dieses Material zur Ableitung einiger Ergebnisse heranzuziehen.

Zur Vornahme der Beobachtungen wurde der Theodolit (Fabrikat der Firma Heyde in Dresden) auf der Plattform des Anemographenturmes (Seehöhe 76 *m*, Höhe über dem Erdboden 22 *m*) aufgestellt, die Gummiballons wurden von einer Terrasse im Observatoriumsgarten — 60 *m* Seehöhe — hochgelassen, auf welcher auch an Tagen mit starker Bora der Theodolit Aufstellung fand. Zuerst wurden Ballons der Firma Treugolnik in St. Petersburg verwendet, später solche der Firma Saul in Aachen. Das Wasserstoffgas wurde in äußerst entgegenkommender Weise von der k. u. k. Luftschifferabteilung in Wien-Fischamend kostenlos abgegeben, wofür hiemit auch an dieser Stelle der verbindlichste Dank gesagt wird.

Da sich Fälle ereigneten, daß die Verfolgung der Pilotballons infolge Verdeckung durch die Anemographen vorzeitig abgebrochen werden mußte, wurde mit dem 26. März 1914 der Theodolit auf dem Dache des 90 *m* vom Anemographenturm entfernt liegenden astronomischen Pavillons aufgestellt, in einer Seehöhe von 72 *m*.

Die hier zur Diskussion gelangenden Aufstiege wurden zum größten Teile um 9^h vormittags begonnen, seltener gegen 10^h a. und nur, wenn um diese Zeit infolge ungünstiger Witterung ein Hochlassen der Ballons zwecklos gewesen wäre oder eine Wiederholung angezeigt war, wurde die Beobachtung zu einer späteren Stunde vorgenommen.

Der in den nachfolgenden Tabellen mitgeteilte Bodenwind wurde aus den Aufzeichnungen eines Anemographen Beckley-Fuess entnommen, und zwar die Windrichtung für die Zeit des Beginnes der Beobachtung und die Windgeschwindigkeit aus dem Windweg der ersten Beobachtungsstunde. Das Schalenkreuz des Anemographen liegt in einer Seehöhe von 81 *m*, 5 *m* über der Plattform des Turmes und 27 *m* über dem Erdboden.

Die Pilotballonbeobachtungen wurden nach den von Hergesell angegebenen Methoden und Tabellen angestellt und von den Beamten des Observatoriums, Adjunkt Michelitsch, Assistenten Dr. Kielhauser,

Zweck und Dr. Roschkott durchgeführt. Aushilfsweise betätigte sich auch der technische Beamte Bilisco an den Theodolitenablesungen. Die Zeichnung der Pilotballonbahnen und Bestimmung der Windrichtungen und Geschwindigkeiten besorgten vorerst Dr. Kielhauser, dann Adjunkt Michelitsch und schließlich Dr. Roschkott.

Die Windrichtung und Geschwindigkeit wurden bis Ende September 1913 von 100 zu 100 *m* bestimmt. Diese 100 *m* Höhenstufen wurden in der Folge nur mehr bis zur Seehöhe von 1000 *m* beibehalten und von 1000 *m* aufwärts die Höhenstufen von 1200, 1400, 1500, 1600, 1800, 2000 *m* usw.

Die Steiggeschwindigkeit der Ballons betrug zuerst 200 *m*, von Anfang Mai 1912 bis Ende September 1913 150 *m* pro Minute und von da an wieder 200 *m*/min.

Die erzielten Höhen gehen bis zu 14.000 *m*, doch sind naturgemäß die großen Höhenstufen nur spärlich vertreten. In der nachfolgenden Tabelle 1 ist eine Zusammenstellung der erreichten Höhen angegeben, und zwar in Höhenstufen von 500 zu 500 *m* nebst der Anzahl der auf diese Höhenstufen fallenden Beobachtungen.

Tabelle 1.

Erreichte Höhen nebst Anzahl der Beobachtungen.

Höhenstufen	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Winter-	Sommer-	Jahr
					halbjahr		
Unter 500 <i>m</i>	1	1	.	2	4	.	4
bis zu 500	3	5	3	2	7	6	13
1000	5	4	6	5	11	9	20
1500	7	6	7	7	15	12	27
2000	5	10	16	5	10	26	36
2500	3	8	8	3	8	14	22
3000	8	9	10	8	13	22	35
3500	2	7	8	3	3	17	20
4000	3	7	11	6	5	22	27
4500	1	5	8	1	3	12	15
5000	3	4	1	2	4	6	10
5500	.	3	1	2	1	5	6
6000	1	1	3	2	1	6	7
6500	.	.	1	.	.	1	1
7000	2	2	1	1	3	3	6
7500	.	2	.	1	1	2	3
8000	.	.	1	1	.	2	2
8500	.	.	1	1	1	1	2
9000	.	1	1	1	1	2	3
9500	.	2	.	.	1	1	2
10000	1	1	1	.	1	2	3
10500	.	.	.	.	.	.	.
11000	1	1	.	1	2	1	3
11500	.	.	.	.	.	.	.
12000	.	1	.	.	.	1	1
12500	.	.	.	.	.	.	.
13000	.	.	.	.	.	.	.
13500	.	.	.	.	.	.	.
14000	.	1	.	.	.	1	1
Summe	46	81	88	54	95	174	269

Die größte Anzahl der Beobachtungen geht bis zu Höhen von 3000 und 4000 *m*, Höhen von und über 10.000 *m* wurden achtmal erreicht. Unter 500 *m* mußten nur viermal die Beobachtungen abgebrochen werden. Die großen Höhen von 12.000 und 14.000 *m* wurden im April 1914 gewonnen, und zwar am 9. April 14.000 *m* und am 28. April 12.150 *m*.

Eine Trennung der nachfolgenden Untersuchungen nach Jahreszeiten ist bei der noch zu geringen Anzahl der Beobachtungen nicht möglich, es fallen auf die Wintermonate nur 46 Aufstiege. Es wurde der Versuch gemacht, eine Trennung nach dem Winterhalbjahr (Oktober bis März) und nach dem Sommerhalbjahr (April bis September) vorzunehmen. Von diesen 269 Beobachtungen (im Mittel 9 pro Monat) fallen auf das Winterhalbjahr 95 Aufstiege (durchschnittlich 8 pro Monat), auf das Sommerhalbjahr 174 Anvisierungen (durchschnittlich 10 pro Monat).

Windgeschwindigkeit. Zur Ableitung der Windgeschwindigkeiten in den verschiedenen Höhenlagen und ihrer Änderungen wurden vorerst die in den Originaltabellen für 100, beziehungsweise 200 *m* Höhe fortschreitenden Werte zu mittleren Geschwindigkeiten nach Höhenstufen von 500 zu 500 *m* vereinigt. Die daraus bestimmten mittleren Windgeschwindigkeiten finden sich in Tabelle 2.

Gleichzeitig wurden aber für jeden Aufstieg die Differenzen der Geschwindigkeiten von 500 zu 500 *m* bestimmt, die erhaltenen mittleren Differenzen sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

Aus der Tabelle 2, siehe auch *Mm* in Fig. 1, ist zu entnehmen, daß die Windgeschwindigkeit im allgemeinen bis zu einer Höhe von 5000 *m* zunimmt. Aus sämtlichen Beobachtungen dieses Zeitraumes resultiert in der Höhe des Schalenkreuzes des Anemographen (81 *m*) eine mittlere Geschwindigkeit von 4·3 *m/sec*, während in 5000 *m* die mittlere Geschwindigkeit auf 7·7 *m/sec* ansteigt. Von hier aus ist aus diesen Werten eine Abnahme der Geschwindigkeit bis zur Höhe von 7000 *m* zu bemerken, wo die mittlere Geschwindigkeit mit nur 6·5 *m/sec* resultiert. Auf diese Abnahme wird noch nach Erörterung der mittleren Geschwindigkeit an Bora- und Scirocotagen zurückgekommen werden. In den nächsthöheren Schichten ist eine neuerliche Zunahme bis zu den größten erreichten Höhen zu entnehmen; die mittlere Geschwindigkeit in 14.000 *m* beträgt 9·6 *m/sec*.

Ein analoges Verhalten ist bei der getrennten Betrachtung der Aufstiege im Winter- und Sommerhalbjahr zu bemerken. Im Winter steigt die Geschwindigkeit in den Mittelwerten von 4·1 bis zu 8·7 *m/sec* in der Höhenlage von 5000 *m*, das sekundäre Minimum mit 6·5 *m/sec* liegt auch bei 7000 *m*, worauf die mittlere Geschwindigkeit neuerdings ansteigt. Im Sommerhalbjahr nimmt die Windstärke bis zu 4000 *m* zu, von 4·4 auf 7·6 *m/sec*, es folgt hierauf auch hier eine Abnahme bis zu 6000 *m*, in welcher Höhe die Geschwindigkeit auf 6·4 *m/sec* sinkt, in 7000 *m* 6·5 *m/sec*, um neuerdings in den nächsthöheren Lagen zuzunehmen.

Die Tabelle 3, in welcher die resultierenden mittleren Differenzen der Windgeschwindigkeiten für die einzelnen Höhenstufen mitgeteilt werden, zeigt, daß nach diesen Werten die Windgeschwindigkeit stets zunimmt. In den ersten Höhengstufen ist die Zunahme eine geringe, von 1000 auf 1500 *m* ist sie schon groß, 0·9 *m/sec*, und erreicht in der Schichte von 3500 auf 4000 *m* 1·0 *m/sec*. Die Zunahme der Geschwindigkeit wird in den nächsten Höhengstufen kleiner, von 5000 auf 6000 *m* und von 6000 auf 7000 *m* beträgt dieselbe nur 0·4 *m/sec*. Hierauf folgt ein neuerliches Anwachsen der Differenzen.

Diese mittleren Differenzen ergeben für das Winter- und Sommerhalbjahr ein ähnliches Verhalten. Im Winter liegt die größte Zunahme der Geschwindigkeit auch in der Höhenstufe von 3500 auf 4000 *m*, erreicht jedoch einen größeren Betrag, 1·5 *m/sec*. In der Höhe von 6000 *m* beträgt die Zunahme nur 0·1 *m/sec*, um in der nächsten Höhenstufe sogar eine Abnahme von 0·4 *m/sec* zu zeigen. In den nachfolgenden Höhenlagen nimmt die Geschwindigkeit wieder sehr rasch zu. Die Schwankungen sind demnach im Winter stärker ausgeprägt.

Im Sommer ist auch eine Zunahme der Differenzen bis zur Höhe von 4000 *m* zu bemerken, doch wächst die Geschwindigkeit von 500 zu 500 *m* im Maximum nur bis 0·9 *m/sec*. In den nächsthöheren Schichten bis zu 6000 *m* ist eine Verminderung der Zunahme auf 0·4 und 0·5 *m/sec* zu bemerken.

Tabelle 2.

Mittlere Windgeschwindigkeit in den einzelnen Höhenstufen.

Höhenstufen	Winterhalbjahr		Sommerhalbjahr		Jahr	
	Anzahl der Fälle	Windgeschwindigkeit <i>m/sec</i>	Anzahl der Fälle	Windgeschwindigkeit <i>m/sec</i>	Anzahl der Fälle	Windgeschwindigkeit <i>m/sec</i>
Anemograph 81 <i>m</i>	92	4·10	174	4·43	266	4·32
bis 500	89	4·68	171	4·27	260	4·41
1000	84	5·36	168	4·46	252	4·76
1500	73	6·58	159	5·24	232	5·66
2000	58	6·37	147	6·01	205	6·12
2500	48	6·43	121	6·76	169	6·67
3000	40	7·63	107	7·17	147	7·29
3500	27	6·79	85	7·42	112	7·27
4000	24	7·63	68	7·63	92	7·63
5000	35	8·67	80	7·34	115	7·74
6000	23	7·07	51	6·36*	74	6·58
7000	20	6·49*	33	6·49	53	6·49*
8000	13	6·95	24	6·93	37	6·94
10000	18	8·53	28	6·35	46	7·20
14000	4 ¹	(13·15)	14	8·58	18	9·59

¹ bis 11000.

Tabelle 3.

Mittlere Differenzen der Windgeschwindigkeiten von 500 zu 500 *m* Höhenstufen.

Höhenstufen	Winter-	Sommer-	Jahr
	halbjahr		
	<i>m/sec</i>		
Von 81 bis 500 <i>m</i>	0·51	— 0·19	0·05
bis 1000	0·80	0·23	0·42
1500	1·24	0·79	0·93
2000	0·87	0·81	0·83
2500	0·78	0·93	0·89
3000	1·37	0·54	0·76
3500	0·29	0·76	0·64
4000	1·54	0·86	1·03
5000	1·10	0·37	0·59
6000	0·14	0·47	0·37*
7000	— 0·39	0·87	0·39*
8000	0·75	0·77	0·76
10000	1·06	0·05	0·44
14000	—	0·71	0·72

Von 1000 bis 4000 *m* Höhe nimmt im Jahresdurchschnitt die Windgeschwindigkeit um 0·85 *m/sec* für je 500 *m* zu, von 4000 auf 7000 *m* nur um 0·45 *m/sec* und von 7000 bis 14.000 *m* um 0·64 *m/sec*, also von 1000 auf 4000 *m* um je 0·17 *m/sec* pro 100 *m*, von 4000 auf 7000 *m* nur um 0·09 *m/sec* und von 7000 auf 14.000 *m* um 0·13 *m/sec* pro 100 *m*. Das Mittel sämtlicher Beobachtungen würde eine Zunahme der Geschwindigkeit um 0·63 *m/sec* pro 500 *m* oder 0·13 *m/sec* pro 100 *m* ergeben.

In der Tabelle 4 werden für die einzelnen 500 *m*-Höhenstufen auch die Windgeschwindigkeiten mitgeteilt, wie sie aus den mittleren Differenzen der Geschwindigkeiten abgeleitet werden können, ausgehend von dem aus den Anemographenangaben abgeleiteten Anfangswerte.

Tabelle 4.

Mittlere Windgeschwindigkeit, abgeleitet aus den mittleren Differenzen.

Höhenstufen		Winter-	Sommer-	Jahr	Winter-	Sommer-	Jahr
		halbjahr			halbjahr		
Anemograph	81 <i>m</i>	4·10	4·43	4·32	1·00	1·00	1·00
bis	500	4·61	4·24	4·37	1·12	0·96	1·01
	1000	5·41	4·47	4·79	1·32	1·01	1·11
	1500	6·65	5·26	5·72	1·62	1·19	1·32
	2000	7·52	6·07	6·55	1·83	1·37	1·52
	2500	8·30	7·00	7·44	2·02	1·58	1·72
	3000	9·67	7·54	8·20	2·36	1·70	1·90
	3500	9·96	8·30	8·84	2·43	1·87	2·05
	4000	11·50	9·16	9·87	2·81	2·07	2·28
	5000	13·70	9·90	11·05	3·34	2·23	2·56
	6000	13·98	10·84	11·79	3·41	2·45	2·73
	7000	13·20	12·58	12·57	3·22	2·84	2·91
	8000	14·70	14·12	14·09	3·59	3·19	3·26
	10000	18·94	14·32	15·85	4·62	3·23	3·67

Die Reihen gehen zwar bis zur Höhe von 10.000 *m*, doch muß für die Werte über 4000 *m* auf das noch zu geringe Beobachtungsmaterial besonders hingewiesen werden.

Der Gang der Jahresmittel wird in der Fig. 1 durch M_{Δ} dargestellt. Bis zur Höhe von 1500 *m* stimmen die Werte Mm und M_{Δ} überein, da nur wenige Aufstiege unter 1500 *m* Höhe enden. Die bei Mm ersichtliche Abnahme der Geschwindigkeit auf 6000 und 7000 *m* Höhe wird bei M_{Δ} nur durch eine langsamere Zunahme der Geschwindigkeit bemerkbar.

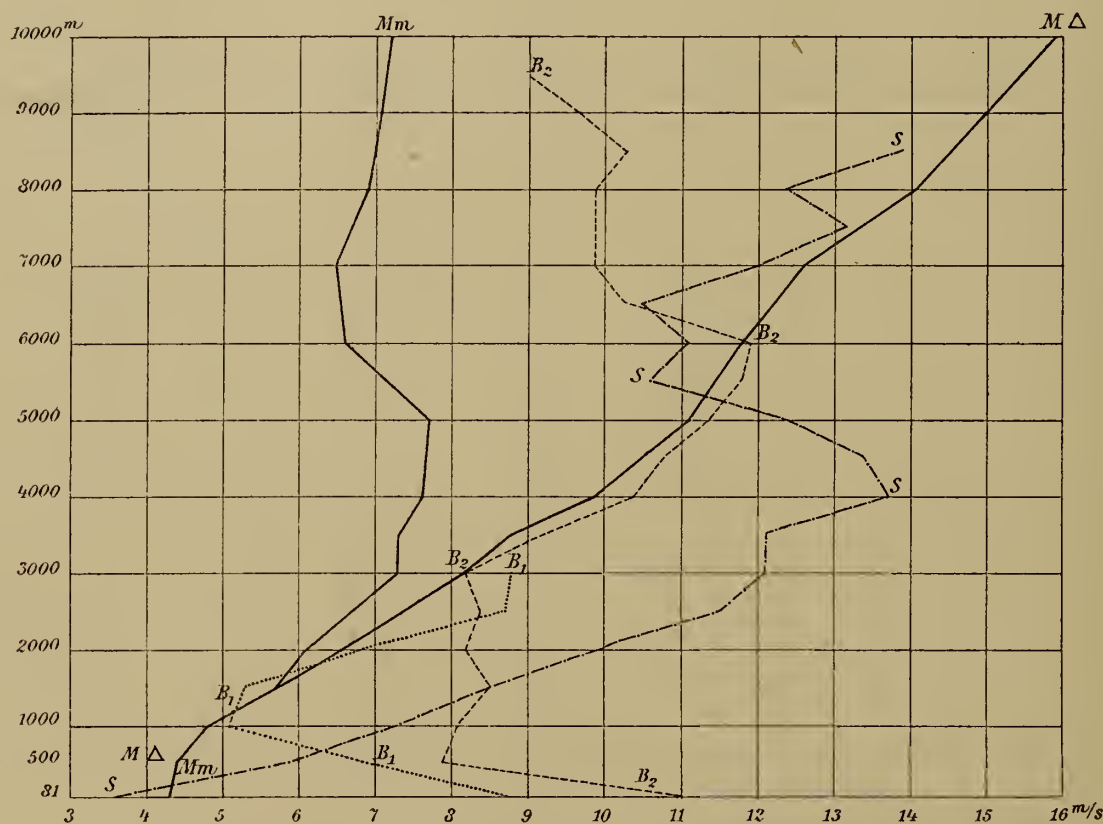
Wie aus den drei letzten Reihen hervorgeht, ist die Geschwindigkeit bei 4000 *m* im Mittel 2·3mal so groß als in der Höhe des Anemographen, im Winter 2·8mal, im Sommer 2·1mal größer. Eine doppelt so große Geschwindigkeit als die vom Anemographen angegebene ist im Winter bei 2500 *m* zu finden, im Sommer erst nach 3500 *m* Höhe.

Die hier vorliegenden Beobachtungen geben für die Zeit der Aufstiege in der Höhe des Anemographen für beide Jahreszeiten nahezu die gleiche Geschwindigkeit, im Sommer resultiert dieselbe zufällig sogar mit einem etwas höheren Betrag. Vergleichen wir die erhaltenen mittleren Geschwindigkeiten in den einzelnen Höhenstufen, so ist bei den Werten der Tabelle 4 in allen Höhen die mittlere Geschwindigkeit im Winterhalbjahr stets größer als im Sommerhalbjahr, während aus den allgemeinen Mittelwerten der Tabelle 2 dieses Überwiegen der Geschwindigkeit der Wintermonate nicht so regelmäßig zur Geltung kommt. Die nach den Differenzen abgeleiteten mittleren Windgeschwindigkeiten des Winters sind durchschnittlich genommen 1·2mal größer als die des Sommers.

Bemerkenswert ist noch die kleine Zunahme der Windgeschwindigkeit in der ersten Schichte bis zu 500 *m*, wobei für die Sommermonate sogar eine Abnahme der Geschwindigkeit zu entnehmen ist. Diese Abnahme ist auch bei der ersten Art der Darstellung, bei den direkt berechneten mittleren Geschwindigkeiten, Tabelle 2, ersichtlich. In den Sommermonaten ist auch die Zunahme der Geschwindigkeit von 500 auf 1000 *m* sehr klein.

Um dieses Verhalten näher zu untersuchen wurden für die ersten zwei Höhenstufen bis zu 1000 *m* die Windgeschwindigkeiten von 100 zu 100 *m* bestimmt. Es wurden hierbei nur jene Aufstiege heran-

Fig. 1.



Mittlere Geschwindigkeit für Höhenstufen von 500 *m*.

Mm = allgemeine Mittelwerte.

B₁ = Bora mit Drehung auf NW.

MΔ = nach mittleren Differenzen.

B₂ = Bora anhaltend.

S = Sirocco.

gezogen, welche in dieser Schichte bis 1000 *m* Seehöhe für alle 100 *m*-Höhenstufen die Windstärken lückenlos angeben.

Aus den vorliegenden 269 Beobachtungen entsprechen 150 Fälle dieser Bedingung. Die daraus abgeleiteten mittleren Geschwindigkeiten sind nachfolgende:

Mittlere Windgeschwindigkeiten in 100 *m*-Höhenstufen:

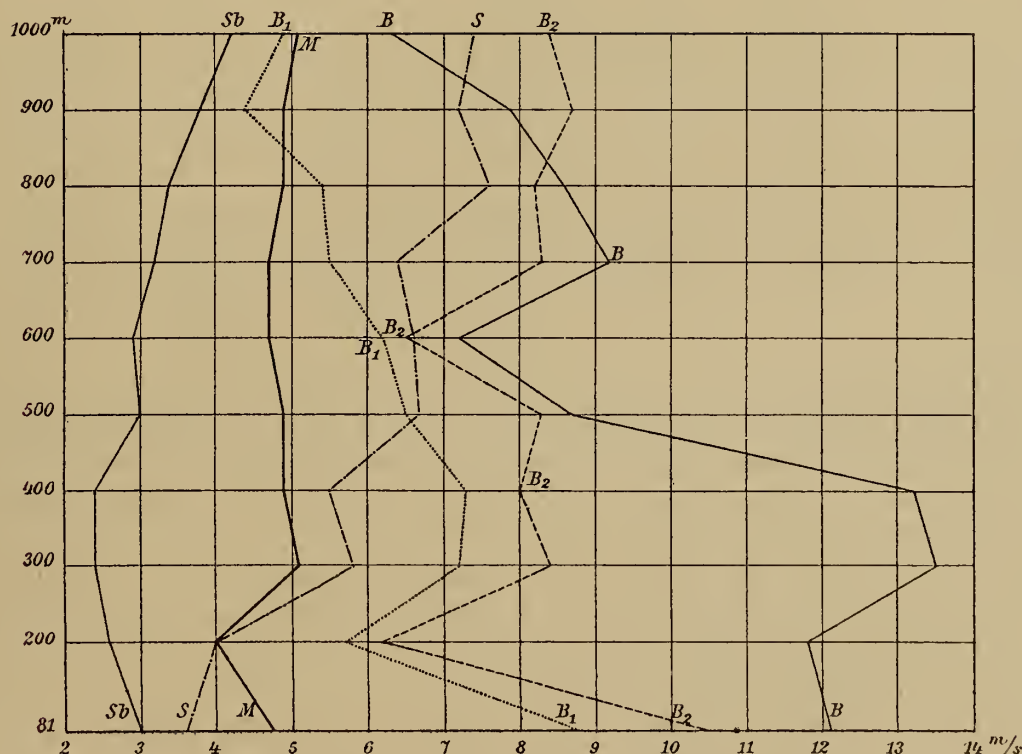
	bei 81	bis 200	300	400	500	600	700	800	900	1000 <i>m</i>
Jahr	4.78	3.99*	5.05	4.85	4.88	4.71*	4.66*	4.90	4.86	5.14 <i>m/sec</i>
Winter	4.99	3.99*	6.10	5.82	5.40	5.07*	5.19	5.36	5.54	6.16 <i>m/sec</i>

Bis 200 *m* Höhe ist im Jahresmittel, siehe auch Fig. 2, Linienzug *M*, eine kleinere Geschwindigkeit zu entnehmen als die aus den Anemographen-Stundenwerten resultierende Windstärke in 81 *m* Seehöhe, 4.0 gegen 4.8 *m/sec*. Die Geschwindigkeit nimmt in der nächstfolgenden Schichte von 200 auf 300 *m* sehr

rasch zu, von 4.0 auf 5.1 m/sec. Hierauf folgt für die nächsten Höhenstufen eine langsame Verminderung der Windgeschwindigkeit, bis in den Schichten von 500 bis 600 und von 600 bis 700 m die Windgeschwindigkeit auf 4.7 m/sec sinkt. Die Windstärke wächst sodann wieder, um erst bei 1000 m Höhe die Geschwindigkeit zu erreichen, die sie bereits bei 300 m hatte. Diese kleine Geschwindigkeit bei 200 m und die sekundäre Abnahme bei 600 m wird später bei den Mittelwerten an Boratagen neuerdings hervorgehen.

Auf die Monate des Winterhalbjahres fallen von diesen 150 Aufstiegen nur 37, doch ergeben auch diese wenigen Beobachtungen einen gleichen Gang, wie aus den oben mitgeteilten mittleren Geschwindigkeiten ersichtlich ist. Von 200 auf 300 m steigt die Windstärke rasch an, von 4.0 auf 6.1 m/sec, um in den nächsthöheren Schichten regelmäßig abzunehmen, bis 5.1 m/sec bei 600 m Höhe. Die darauf-

Fig. 2.



Mittlere Geschwindigkeit bis 1000 m in 100 m Höhenstufen.

M = Allgemeine Mittelwerte.

Sb = Seebriese.

S = Scirocco.

B = Bora mit Drehung auf SE.

B₁ = Bora mit Drehung auf NW.

B₂ = Bora anhaltend.

folgende Zunahme ist wieder eine regelmäßige, bis bei 1000 m die Geschwindigkeit von 6.2 m/sec erreicht wird, annähernd die gleiche, die schon bei 300 m zu finden ist. Die Schwankung ist auch hier im Winter stärker ausgeprägt.

Die Windgeschwindigkeiten in den einzelnen Höhenstufen sämtlicher 269 Aufstiege wurden noch einer Trennung nach ihrer Größe unterzogen. Als Schwellenwerte wurden analog dem Vorgehen Aßmann's¹ die Geschwindigkeiten von 0 bis 2, 2 bis 5, 5 bis 10, 10 bis 15 und über 15 m gewählt. Die resultierenden Werte, in Prozenten aller Beobachtungen der betreffenden Höhenstufen ausgedrückt, finden sich in Tabelle 5.

¹ R. Aßmann, Die Winde in Deutschland, Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1910.

Tabelle 5.

Schwellenwerte der Windgeschwindigkeit in Prozenten.

Höhenstufen	Meter pro Sekunde						
	0—2	2—5	5—10	10—15	> 15	bis 5	über 5
Bei 81 m	36·1	33·8	21·8	5·3	3·0	69·9	30·1*
bis 500	25·4	41·2	26·1	6·1	1·2	66·6	33·4
1000	15·5	48·8	30·5	4·0	1·2	64·3	35·7
1500	9·9	44·8	35·8	7·3	2·2	54·7	45·3
2000	8·8	37·6	40·0	11·7	1·9	46·4	53·6
2500	6·5	32·0	43·8	14·8	2·9	38·5	61·5
3000	5·4	27·2	45·6	17·0	4·8	32·6	67·4
3500	6·2	26·8	46·4	16·1	4·5	33·0	67·0
4000	4·3	27·2	43·5	20·7	4·3	31·5*	68·5
5000	5·2	28·7	36·5	22·6	7·0	33·9	66·1
6000	5·4	43·2	31·1	18·9	1·4	48·6	51·4*
7000	7·5	35·9	41·5	13·2	1·9	43·4	56·6
8000	2·7	35·1	37·9	16·2	8·1	37·8	62·2
10000	2·2	37·0	41·3	13·0	6·5	39·2	60·8
14000	0·0	0·0	66·7	27·8	5·5	0·0*	100·0

Aus derselben ist vorerst zu ersehen, daß in der Höhe des Anemographen die größte Häufigkeit den schwachen Winden, 0 bis 2 m/sec, zukommt, in der Höhenstufe bis 500 m fällt die größte Häufigkeit auf die mäßigen Winde, 2 bis 5 m/sec, welche Verteilung auch in den nächsten Höhen bis zu 1500 m anhält. Hierbei zeigt sich eine Vermehrung der prozentuellen Häufigkeit für den nächsten Schwellenwert, die frischen Winde, mit den Geschwindigkeiten von 5 bis 10 m/sec. Bei 2000 m sind diese frischen Winde die häufigsten. Ihre Frequenz nimmt zu bis zur Höhe von 3500 m und ist auch bis zu 4000 und 5000 m im Vergleiche zu den anderen Schwellenwerten der Windstärke die größte. Doch ist hierbei eine Zunahme zugunsten der nächsthöheren Stärkestufe, der starken Winde, 10 bis 15 m/sec, zu bemerken. Gleichzeitig nimmt aber auch die Häufigkeit der mäßigen Winde zu, und zwar so, daß in der nächsten Höhenstufe, von 5000 auf 6000 m, die mäßigen Winde wieder eine größere prozentuelle Häufigkeit zeigen als die frischen Winde. Die frischen Winde nehmen in den größeren Höhen wieder an Frequenz zu, und zwar derart, daß in den größten zur Beobachtung gelangten Höhen von 10.000 bis zu 14.000 m die frischen und starken Winde die größte Häufigkeit erreichen und die mäßigen und schwachen Winde überhaupt nicht vorkommen.

Es wiederholt sich daher in diesen Häufigkeitsgrößen der Gang der früher erörterten mittleren Geschwindigkeit, mit dem Maximum in der Höhe von 4000 bis 5000 m und der hierauf folgenden Abnahme bei 6000 m, mit der schließlichen Zunahme bis zu den höchst erreichten Höhen.

Besonders deutlich wird diese Verteilung, wenn die prozentuellen Häufigkeiten der ersten Geschwindigkeitsstufen, von 0 bis 5 m/sec, vereinigt werden und die der drei letzten, mit mehr als 5 m/sec, siehe die zwei letzten Vertikalreihen der Tabelle 5. Bei 81 m Seehöhe kommen bei diesen Aufstiegen die mäßigen Winde mit 70% vor, die starken mit 30%, mit zunehmender Höhe nehmen die starken Winde an Frequenz zu, namentlich in der Schichte von 1000 auf 1500 m, bis in den Höhenstufen zu 4000 m das Verhältniß das entgegengesetzte wird, die mäßigen Winde nur mit 31·5%, die starken mit 68·5%. In den nächsten Höhen bis zu 6000 m nimmt die Häufigkeit der mäßigen Winde zu, die der starken ab, namentlich in der Stufe von 5000 auf 6000 m, so daß bei 6000 m Höhe die mäßigen 49%, die starken Winde 51% aufweisen. Mit weiter zunehmender Höhe steigt die Häufigkeit der starken Winde.

Für die untersten Schichten bis zu 1000 *m* Seehöhe wurden in den Höhenstufen von 100 zu 100 *m* die Häufigkeiten der einzelnen Schwellenwerte der Windgeschwindigkeit aus den oben bereits angeführten lückenlosen 150 Aufstiegen bestimmt. Da die erhaltenen Werte infolge der doch noch zu geringen Beobachtungsanzahl einen unregelmäßigen Verlauf zeigen, wurden diese Schwellenwerte in zwei Gruppen vereinigt und zwar bis zur Geschwindigkeit von 5 *m/sec* und über 5 *m/sec*. Es resultiert nachfolgende prozentuelle Häufigkeit.

Häufigkeit der schwachen und stärkeren Winde

bis zu 1000 *m* Seehöhe in Prozenten.

	bei 81	bis 200	300	400	500	600	700	800	900	1000 <i>m</i>
Windgeschwindigkeit bis 5 <i>m/sec</i> . . .	63	75	61	62	62	62	63	64	64	58%
> über 5 <i>m/sec</i> . . .	37	25	39	38	38	38	37	36	36	42%

Bis zur Höhe von 200 *m* sind die schwachen Winde häufiger als in der Höhe des Anemographen 75% gegen 63%. In der nächstfolgenden Höhenstufe von 200 auf 300 *m* ist eine rapide Zunahme der Häufigkeit stärkerer Winde zu bemerken, von 25 auf 39%. Hierauf folgt eine langsame, anhaltende Abnahme, bis neuerdings von 900 auf 1000 *m* eine Zunahme bis zu 42% in der Frequenz der Winde mit mehr als 5 *m/sec* zu entnehmen ist. Es ergeben daher auch diese Häufigkeitszahlen analog der früher bestimmten mittleren Geschwindigkeit in den 100 *m*-Höhenstufen die rasche Zunahme der Windstärke in der Schichte von 200 auf 300 *m* und nach einer schwachen Abnahme das neuerliche Ansteigen in der Höhenstufe von 900 auf 1000 *m*.

Windrichtung. Zur Bestimmung der Windrichtungen in den einzelnen Höhenstufen wurden die in den Originalaufzeichnungen nach Graden angegebenen Richtungen nach den 16 Hauptwindrichtungen vereinigt. Gleichzeitig wurden die Beobachtungen nach dem Winter- und Sommerhalbjahr getrennt und in Berücksichtigung der noch kurzen Beobachtungsreihe die 500 *m*-Höhenstufen nur bis 3000 *m* beibehalten. Die größeren Höhen wurden in drei Gruppen vereinigt, von 3000 auf 4000 *m*, von 4000 auf 6000 *m* und über 6000 *m* Höhe. In den Tabellen 6, 7 und 8 sind die erhaltenen Werte zusammengestellt.

In der bodennahen Schichte sind nach den Anemographenangaben bei diesen Beobachtungen die Winde aus ENE und WNW die häufigsten. In 500 *m* Höhe haben die Winde aus ENE eine starke Verminderung erfahren, die aus WNW kommen beinahe gar nicht mehr vor, dafür hat die Häufigkeit der Südwinde sehr stark zugenommen.

Tabelle 6.

Häufigkeit der Windrichtungen — Winterhalbjahr.

Höhenstufen	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Kalm	Summe
81 <i>m</i>	0	0	1	25	11	10	13	4	3	3	1	0	1	9	0	0	12	93
500	1	2	8	7	8	16	8	8	10	13	2	2	1	1	3	3	0	93
1000	3	7	5	9	7	6	3	1	13	10	5	9	3	1	1	1	0	84
1500	4	7	7	3	6	5	0	3	4	5	6	8	5	0	3	4	1	71
2000	6	3	4	0	6	2	2	2	2	2	5	4	5	4	5	4	0	56
2500	7	3	3	3	2	0	3	1	1	3	1	4	4	4	3	6	0	48
3000	5	6	1	3	2	0	0	2	2	1	4	2	3	2	4	3	0	40
4000	7	6	4	2	2	0	1	3	1	0	1	3	3	7	6	5	0	51
6000	3	9	7	1	3	2	3	3	5	0	0	5	4	2	3	8	0	58
> 6000	6	3	9	6	2	0	2	2	4	1	0	1	3	3	7	6	0	56

Tabelle 7.

Häufigkeit der Windrichtungen — Sommerhalbjahr.

Höhenstufen	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Kalm	Summe
81 m	0	1	1	51	13	6	7	9	2	5	9	8	8	44	2	2	6	174
500	2	9	12	30	20	16	7	10	25	12	11	6	4	5	4	1	0	174
1000	7	8	15	15	18	11	14	11	14	16	19	9	1	5	2	3	0	168
1500	9	13	8	12	14	9	12	7	6	12	19	9	15	4	5	5	0	159
2000	10	10	11	5	9	9	7	1	5	8	16	19	11	4	9	13	0	147
2500	7	7	12	7	6	7	4	2	5	3	8	10	9	10	12	12	0	121
3000	9	7	17	3	2	5	4	2	1	4	2	9	9	11	13	8	0	106
4000	22	5	10	9	8	3	8	2	1	2	6	10	13	17	20	14	1	151
6000	8	9	7	8	11	8	5	5	1	1	13	9	5	17	17	8	0	132
> 6000	5	7	11	11	2	3	0	0	4	3	8	12	11	9	11	3	0	100

Tabelle 8.

Häufigkeit der Windrichtungen — Jahr.

Höhenstufen	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	Kalm	Summe
81 m	0	1	2	76	24	16	20	13	5	8	10	8	9	53	2	2	18	267
500	3	11	20	37	28	32	15	18	35	25	13	8	5	6	7	4	0	267
1000	10	15	20	24	25	17	17	12	27	26	24	18	4	6	3	4	0	252
1500	13	20	15	15	20	14	12	10	10	17	25	17	20	4	8	9	1	230
2000	16	13	15	5	15	11	9	3	7	10	21	23	16	8	14	17	0	203
2500	14	10	15	10	8	7	7	3	6	6	9	14	13	14	15	18	0	169
3000	14	13	18	6	4	5	4	4	3	5	6	11	12	13	17	11	0	146
4000	29	11	14	11	10	3	9	5	2	2	7	13	16	24	26	19	1	202
6000	11	18	14	9	14	10	8	8	6	1	13	14	9	19	20	16	0	190
> 6000	11	10	20	17	4	3	2	2	8	4	8	13	14	12	18	9	0	155

Wie aus den zwei Tabellen der Jahreszeiten, 6 und 7, hervorgeht, kommen die Winde aus ENE in beiden Jahreshälften mit annähernd relativ gleicher Frequenz vor, die Winde aus WNW sind hingegen im Sommerhalbjahr überwiegender. Unter 174 Beobachtungen fallen in der bodennahen Schichte im Sommer 44 auf den WNW, in der Höhenschichte bis 500 m kommt jedoch unter 174 Fällen diese WNW-Richtung nur mehr 5mal vor.

In der Jahressumme, Tabelle 8, hält sich die südliche Windrichtung noch bis zur Höhe von 1000 m mit relativ großer Frequenz. Das Häufigkeitsmaximum dreht sich in den nächsthöheren Schichten nach rechts auf südwestlichere Richtungen und in den größeren Höhen auf westliche und nordwestliche Richtungen. So kommt in 3000 m Höhe der Südwind in 146 Fällen nur 3mal vor, während der NW-Wind 17mal zu beobachten war. In den größten Höhen sind die Winde nordwestlicher und nordöstlicher Richtung die häufigsten.

Zur besseren Übersicht wurden diese nach 16 Windrichtungen getrennten Frequenzgrößen auf die acht Hauptrichtungen reduziert und ihre Häufigkeiten in Prozentsätzen der auf die einzelnen Luftschichten fallenden Beobachtungen angegeben, Tabelle 9, 10 und 11.

Aus der Tabelle 11 ist zu entnehmen, daß in 81 m Seehöhe die Winde aus E die häufigsten sind, 26%, den westlichen Windrichtungen kommt ein sekundäres Maximum zu, 15%. Bis zu 500 m Höhe

Windverhältnisse in höheren Luftschichten.

625

Tabelle 9.

Häufigkeit der Windrichtungen in Prozenten — Winterhalbjahr.

Höhen- stufen	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Kalm
81 m	0.0	14.5	30.7	21.5	7.0	2.7	5.9	4.8	12.9
500	3.8	13.4	21.0	21.5	22.0	10.2	2.7	5.4	0.0
1000	8.3	15.5	17.3	7.7	22.0	17.3	9.5	2.4	0.0
1500	13.4	16.9	14.1	5.6	11.3	17.6	12.7	7.0	1.4
2000	17.0	9.8	12.5	7.1	7.1	14.3	16.1	16.1	0.0
2500	24.0	12.5	7.3	7.3	6.2	9.4	16.6	16.7	0.0
3000	23.7	13.7	8.8	2.5	8.7	13.8	12.5	16.3	0.0
4000	24.5	15.7	5.9	4.9	4.9	4.9	15.7	23.5	0.0
6000	19.8	20.7	7.8	9.5	11.2	4.3	12.9	13.8	0.0
> 6000	19.1	24.5	9.1	5.5	10.0	1.8	9.1	20.9	0.0
Mittel	15.4	15.7	13.5	9.3	11.0	9.6	11.4	12.7	1.4

Tabelle 10.

Häufigkeit der Windrichtungen in Prozenten — Sommerhalbjahr.

Höhen- stufen	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Kalm
81 m	0.9	15.5	23.8	8.3	5.2	8.9	19.5	14.4	3.5
500	4.0	18.1	24.7	11.5	20.7	11.5	5.5	4.0	0.0
1000	7.4	15.8	18.5	14.9	16.4	18.7	4.8	3.6	0.0
1500	11.3	12.9	15.4	12.6	9.8	18.5	13.5	6.0	0.0
2000	14.6	12.6	10.9	8.2	6.5	20.1	15.3	11.9	0.0
2500	13.7	15.7	10.7	7.0	6.2	12.0	15.7	19.0	0.0
3000	15.6	20.8	5.7	7.1	3.8	8.0	17.9	21.2	0.0
4000	20.9	11.3	9.3	6.9	2.0	7.9	17.5	23.5	0.7
6000	12.5	11.8	14.4	8.7	3.0	13.6	13.6	22.4	0.0
> 6000	10.0	20.0	9.0	1.5	5.5	15.5	21.5	17.0	0.0
Mittel	11.1	15.4	14.2	8.7	7.9	13.5	14.5	14.3	0.4

Tabelle 11.

Häufigkeit der Windrichtungen in Prozenten — Jahr.

Höhen- stufen	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Kalm
81 m	0.6	15.2	26.2	12.9	5.8	6.7	14.8	11.1	6.7
500	3.9	16.5	23.4	15.0	21.2	11.0	4.5	4.5	0.0
1000	7.7	15.7	18.1	12.5	18.3	18.3	6.3	3.2	0.0
1500	12.0	14.1	15.0	10.4	10.2	18.3	13.3	6.3	0.4
2000	15.3	11.8	11.3	7.9	6.6	18.5	15.5	13.1	0.0
2500	16.6	14.8	9.8	7.1	6.2	11.2	16.0	18.3	0.0
3000	17.8	18.8	6.5	5.8	5.1	9.6	16.5	19.9	0.0
4000	21.8	12.4	8.4	6.4	2.7	7.2	17.1	23.5	0.5
6000	14.7	14.5	12.4	9.0	5.5	10.8	13.4	19.7	0.0
> 6000	13.2	21.6	9.0	2.9	7.1	10.7	17.1	18.4	0.0
Mittel	12.4	15.5	14.0	9.0	8.9	12.2	13.4	13.8	0.8

herrscht der Ostwind vor, mit 23%, die westlichen Winde sind zu einer ganz geringen Frequenz herabgesunken. Bis zu 1000 *m* Höhe verschieben sich die größten Häufigkeiten auf die Winde südlicher und südwestlicher Richtung, mit 18%. Bei 1500 *m* behalten die SW-Winde die gleiche prozentuelle Häufigkeit bei gleichzeitiger Zunahme der westlichen Richtungen. In der Höhenstufe auf 2000 *m* halten die südwestlichen Winde mit 19% das Maximum, doch nehmen die westlichen und nordwestlichen an Häufigkeit zu, um in den darauffolgenden Höhenlagen das Maximum in der NW-Richtung mit 18 bis 24% zu erreichen. In den höchsten hier in Betracht kommenden Höhenstufen bleibt die NW-Richtung in annähernd gleich großem Prozentsatz, doch ist gleichzeitig eine Zunahme der Frequenz der NE-Winde zu entnehmen.

Es resultiert demnach mit Zunahme der Höhe eine Drehung der vorherrschenden Windrichtung im Sinne der Uhrzeigerbewegung.

Diese Rechtsdrehung ist auch in den Übersichten für das Winter- und Sommerhalbjahr, Tabelle 9 und 10, zu bemerken. Das prozentuelle Maximum verlagert sich mit der Höhe von E über SE, S, SW nach NW und NE.

In der Fig. 3 sind die prozentuellen Häufigkeitsgrößen graphisch dargestellt, die Windrosen für das Winterhalbjahr in ausgezogenen Linien, für das Sommerhalbjahr in gestrichelten. Die Diagramme der aus sämtlichen Beobachtungen abgeleiteten Jahresergebnisse finden sich im gleichen Maßstab gezeichnet in Fig. 4.

Vergleichen wir die Frequenzgrößen der einzelnen Windrichtungen im Winter mit denen des Sommers entweder durch Differenzbildungen zwischen den Einzelwerten der Tabelle 9 und 10 oder durch Betrachtung der Fig. 3, so ergibt sich, daß im Winterhalbjahr in der Anemographenhöhe zur Stunde dieser Aufstiege die südöstliche Richtung eine relativ überwiegende war, 22 gegen 8%. Dieses Vorherrschen ist auch noch in der Höhe bis zu 500 *m* anzutreffen, 22 gegen 12%, während von 500 zu 1000 *m* die südliche Richtung im Winter häufiger wird als im Sommer, 22 gegen 16%. In dieser Höhenstufe erreichen auch die westlichen Winde ein relatives Übergewicht, 10 gegen 5%.

In den nachfolgenden Höhen zeigen hingegen die Richtungen aus NE, N und NW eine größere Frequenz im Winter als im Sommer. So kommt bis zu 1500 *m* der NE im Winter bei 17% sämtlicher Beobachtungen vor, im Sommer nur bei 13%, bis zu 2000 *m* der NW mit 16 gegen 12%, bis zu 2500 und 3000 *m* der N-Wind mit 24 gegen 14, beziehungsweise 24 gegen 16%. Bis zu 4000 und 6000 *m* ist der NE im Winter dem Sommer gegenüber vorherrschender, 16 gegen 11, beziehungsweise 21 gegen 12%, und in den höchsten Höhenstufen über 6000 *m* der N-Wind, mit 19 gegen 10%. In den höheren Luftschichten sind jedoch auch die Winde südwestlicher und südlicher Richtungen im Winter häufiger als im Sommer, in der Höhenstufe auf 3000 *m* die südlichen und südwestlichen, auf 4000 und 6000 *m* die südlichen und über 6000 *m* die südlichen und südöstlichen Windrichtungen.

Werden die Änderungen der prozentuellen Häufigkeiten im allgemeinen Jahresergebnisse bei den einzelnen Windrichtungen von Höhenstufe zu Höhenstufe betrachtet, Tabelle 11 und Fig. 4, so zeigt sich, daß von 81 *m* auf 500 *m* ganz besonders die südliche Windrichtung an Frequenz zunimmt, von 6 auf 21%, von 500 auf 1000 *m* die südwestliche, von 11 auf 18%. Eine ähnliche starke Zunahme zeigen in den nächsten Höhenstufen die Windrichtungen aus W und NW, und zwar bis zu 1500 *m* die W-Winde und bis zu 2000 *m* die NW-Winde, beide von 6 auf 13%. Von 2000 auf 2500 *m* nehmen namentlich die Winde aus NW an Häufigkeit zu, und zwar von 13 auf 18% und in der Höhenstufe zu 3000 *m* ist eine ausgeprägte Zunahme in der Frequenz der NE-Winde zu entnehmen, von 15 auf 19%.

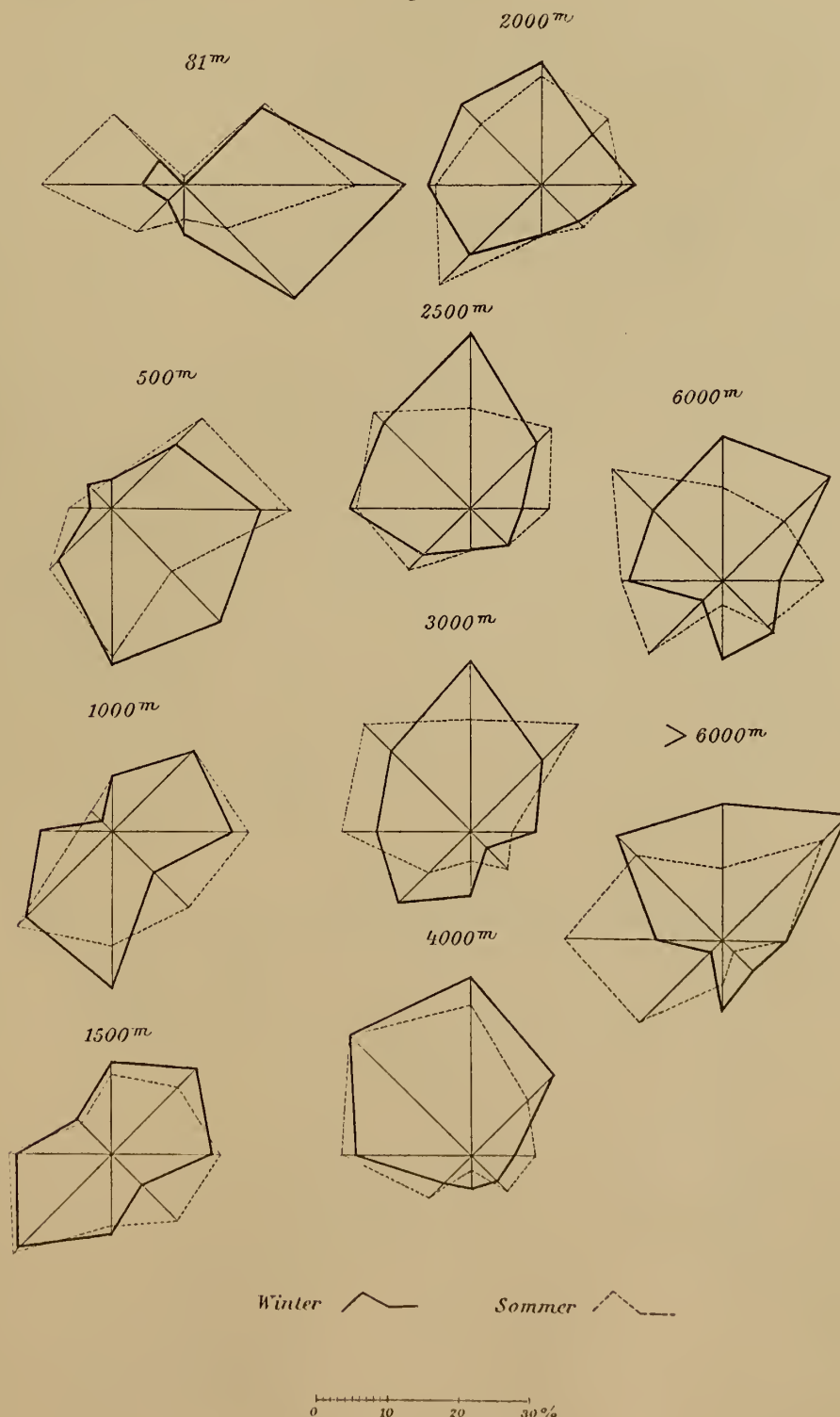
Bis zur Höhe von 3000 *m* verlagert sich die größte Zunahme der Frequenzgrößen regelmäßig von S (15%) auf SW, W (beide mit 7% Zunahme), dann NW (mit 7 und 5%) und NE (mit 4%), mithin mit einer deutlichen Rechtsdrehung.

In größeren Höhen ist eine Zunahme bei den NW-, E- und NE-Winden zu bemerken. Bis zu 4000 *m* nehmen die Winde aus NW und N an Häufigkeit zu, von 4000 auf 6000 *m* die östlichen Winde, alle um

4 $\frac{0}{0}$, von 20 auf 24 und 18 auf 22, beziehungsweise 8 auf 12 $\frac{0}{0}$. Über 6000 *m* beträgt die Zunahme der nordöstlichen Windrichtung 7 $\frac{0}{0}$, von 15 auf 22 $\frac{0}{0}$.

Besonders bemerkenswert ist die rapide Abnahme in der Frequenz der westlichen Winde in den untersten Höhenstufen. Diese kommen in 81 *m* Höhe, Tabelle 11, mit 15 $\frac{0}{0}$ sämtlicher Beobachtungen dieser Höhenlage vor, bei 500 *m* nur mehr mit 5 $\frac{0}{0}$. Auch die nordwestlichen Winde zeigen eine rapide Abnahme von 11 auf 5 $\frac{0}{0}$. Diese Abnahme ist im Sommerhalbjahr besonders ausgeprägt, Tabelle 10; bei

Fig. 3.

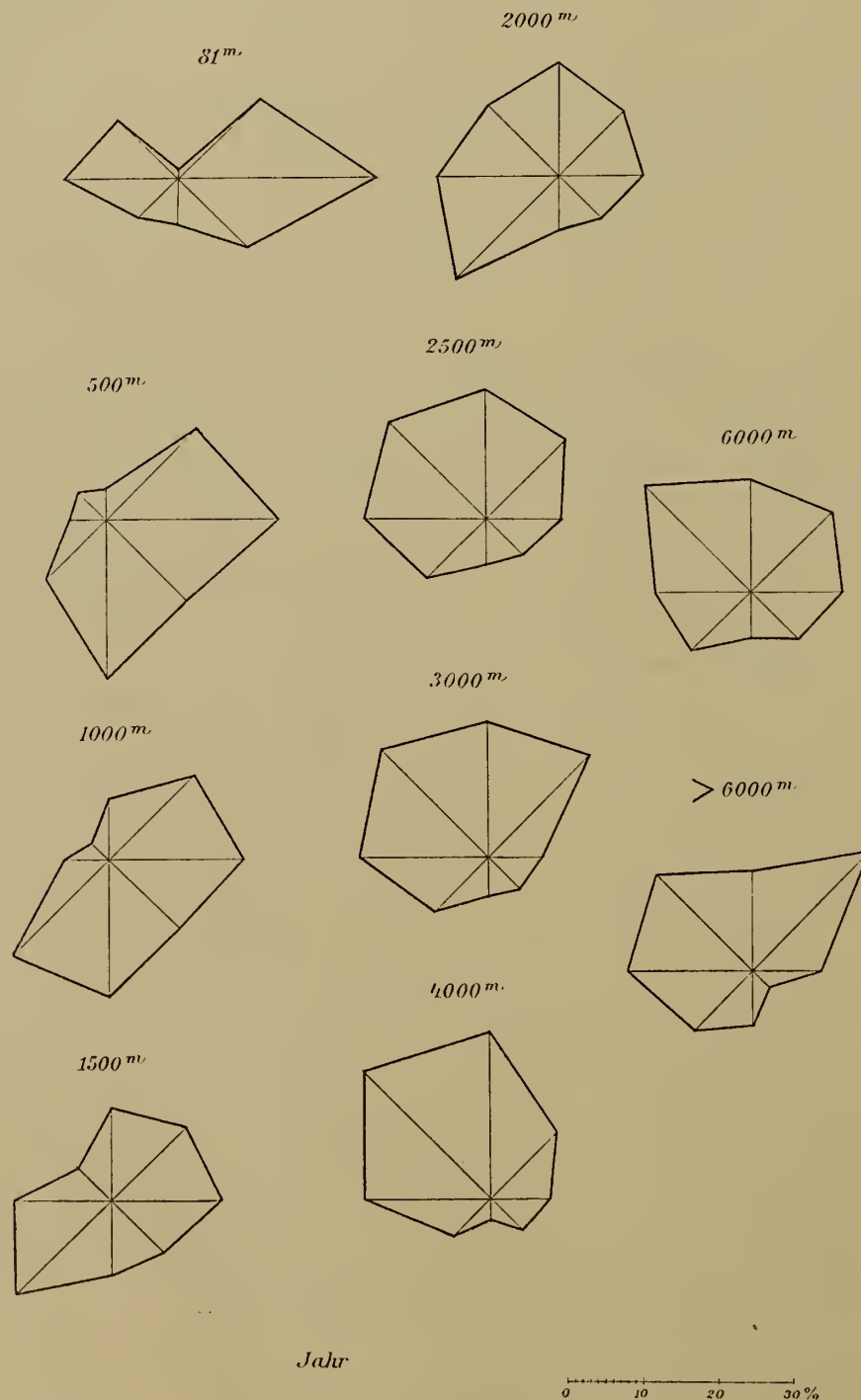


Häufigkeit der Windrichtungen in verschiedenen Höhen.

81 *m* beträgt die Häufigkeit der westlichen Winde 20⁰/₀, der nordwestlichen 14⁰/₀ sämtlicher Fälle, um bis zu 500 *m* Höhe um 14, beziehungsweise 10⁰/₀, das ist auf eine Frequenz von 6 und 4⁰/₀ sämtlicher Beobachtungen dieser Höhenstufe zu sinken. Auch in der Schichte auf 1000 *m* kommen die W-Winde mit nur 5⁰/₀ und die NW-Winde mit 4⁰/₀ vor.

Diese Windrichtungen, welche der Seebrise von Triest entsprechen, zeigen demnach nur eine geringe Höhenentwicklung. Die in den höheren Schichten wieder auftretende größere Häufigkeit kommt der bereits besprochenen Rechtsdrehung der Winde zu.

Fig. 4.



Häufigkeit der Windrichtungen in verschiedenen Höhen.

Eine nähere Untersuchung der Mächtigkeit dieser Seewinde wird für einige Fälle bei Berücksichtigung der Windrichtungen in Höhenstufen von je 100 *m* im nächsten Absatz folgen.

Betrachten wir die Häufigkeitsgrößen der einzelnen Windrichtungen mit zunehmender Höhe, Tabelle 11, so ist zu entnehmen, daß der N-Wind bis zur Höhe von 4000 *m* an Frequenz zunimmt. In den zwei höchsten Stufen, auf und über 6000 *m*, deren Resultaten eine geringere Genauigkeit zuzusprechen ist, wäre eine Abnahme zu entnehmen. Bis zur Höhe von 4000 *m* beträgt die Zunahme 21%.

Der Nordost nimmt von 500 auf 2000 *m* um 5% ab, von 2000 auf 3000 *m* um 7% zu. Einer neuerlichen Abnahme in der Höhengschichte bis zu 4000 *m* folgt eine abermalige Zunahme. Der E-Wind nimmt hingegen kontinuierlich bis 3000 *m* ab, und zwar um 20%. Auch der Südost nimmt nach einer Zunahme von 2% in der untersten Schichte regelmäßig bis zur Höhe von 3000 *m* ab und zwar um 9%. Der Südwind zeigt nach einer sehr starken Zunahme von 15% bis zu 500 *m* auch eine anhaltende Abnahme bis zur Höhe von 4000 *m*; diese beträgt 19%.

Der Südwest nimmt in den untersten Schichten sehr rasch zu, bis zur Höhe von 500 *m* um 4%, auf 1000 *m* um 7%, hält sich annähernd in der gleichen prozentuellen Häufigkeit bis zu 2000 *m* Höhe, um von 2000 auf 2500 *m* sehr rasch abzunehmen, 7%. In den nachfolgenden Höhen bis zu 4000 *m* ist eine weitere Abnahme zu bemerken.

Der Westwind nimmt bis zur Höhe von 500 *m* um volle 10% ab, zeigt hierauf eine anhaltende Zunahme bis 4000 *m*, welche in der Höhenstufe von 1000 auf 1500 *m* 7% erreicht. Von 500 auf 4000 *m* beträgt die Vermehrung 13%. Auch der Nordwest nimmt vorerst um 7% ab, welche Verminderung im geringeren Ausmaß bis 1000 *m* anhält. Von 1000 auf 4000 *m* nimmt er an Häufigkeit stetig zu, und zwar im ganzen um 20%.

In der ganzen Luftmasse sind die Nordost- und Nordwestwinde die vorherrschenden, mit 15·5, beziehungsweise 13·8%, der seltenste ist der Südwind mit 8·9%.

Werden diese acht Windrichtungen auf die vier Hauptrichtungen reduziert, siehe Tabelle 12, 13 und 14, so ist im allgemeinen bis zur Höhe von 4000 *m* bei den nördlichen Winden eine anhaltende Zunahme, bei den östlichen Winden hingegen eine kontinuierliche Abnahme zu bemerken.

Die südlichen Winde nehmen bis zur Höhe von 500 *m* sehr rasch zu, um hierauf bis 4000 *m* stetig abzunehmen. Die westlichen Winde zeigen hingegen in der ersten Höhenstufe eine starke Abnahme, hierauf eine rasche Zunahme bis 2000 *m* und eine langsame bis zu 4000 *m*.

Tabelle 12.

Häufigkeit der Windrichtungen in Prozents — Winterhalbjahr.

Höhen- stufen	N	E	S	W
81 <i>m</i>	9·6	48·7	19·1	9·7
500	13·2	38·5	37·8	10·5
1000	17·3	28·9	34·5	19·3
1500	25·3	25·4	22·9	25·0
2000	29·9	21·0	17·8	31·3
2500	38·6	17·2	14·5	29·7
3000	38·7	16·9	16·8	27·6
4000	44·1	16·2	9·8	29·9
6000	37·1	22·9	18·1	21·9
6000	41·8	24·1	13·6	20·5
Mittel	29·6	26·0	20·5	22·5

Tabelle 13.

Häufigkeit der Windrichtungen in Prozenten — Sommerhalbjahr.

Höhen- stufen	N	E	S	W
81 m	15·8	35·7	13·8	31·2
500	15·1	39·5	32·2	13·2
1000	17·1	33·8	33·2	15·9
1500	20·8	28·1	25·3	25·8
2000	26·8	21·3	20·6	31·3
2500	31·1	22·0	15·7	31·2
3000	36·6	19·6	11·3	32·5
4000	38·3	18·4	9·4	33·2
6000	29·6	24·7	14·1	31·6
> 6000	28·5	19·7	14·0	37·8
Mittel	26·0	26·3	19·0	28·4

Tabelle 14.

Häufigkeit der Windrichtungen in Prozenten — Jahr.

Höhen- stufen	N	E	S	W
81 m	13·7	40·3	15·6	23·7
500	14·4	39·2	34·2	12·2
1000	17·1	32·2	33·7	17·0
1500	22·2	27·3	24·5	25·6
2000	27·7	21·2	19·8	31·3
2500	33·2	20·7	15·4	30·7
3000	37·1	18·8	12·8	31·3
4000	39·8	17·8	9·5	32·4
6000	31·8	24·2	15·4	28·6
> 6000	33·2	21·2	13·9	31·7
Mittel	27·0	26·3	19·5	26·4

Im ganzen Luftkörper kommen im Winter die nördlichen Winde am häufigsten vor, mit 29·6% im Sommer die westlichen mit 28·4%. In beiden Jahreshälften zeigen die südlichen Winde die geringste Frequenz, im Winter 20·5, im Sommer 19·0%.

Seewinde und ihre Höhe. Wenn auch mit den vorliegenden Pilotballonaufstiegen, wie bereits erwähnt, zum größten Teile um 9^h vormittags begonnen wurde und daher mit dieser Beobachtungsreihe eine eingehende Untersuchung über die Mächtigkeit der in der nördlichen Adria auftretenden Seebrise nicht angestellt werden kann, so wurde doch der Versuch gemacht, mit Hilfe dieser Beobachtungen die Höhe, bis zu welcher die Seewinde bei Triest reichen, annähernd festzustellen.

Zu diesem Zwecke wurden jene Sommertage herangezogen, an welchen in der untersten Schichte westliche Winde, die für Triest Seewinde sind, vorkommen und welche mit zunehmender Höhe in östliche Richtungen, also in Landbrisen übergehen. Gleichzeitig konnten nur jene Fälle berücksichtigt werden, an welchen tagsüber keine durch eine besondere Luftdruckverteilung verursachten starken

Winde zyklonalen oder antizyklonalen Charakters auftreten und überdies in der bodennahen Schichte im Laufe des Tages der charakteristische Verlauf der Seebrise zur Geltung kommt, das ist in den Nacht- und Frühstunden schwache östliche Winde, in den letzten Vormittags- und ersten Nachmittagsstunden vorerst zunehmende und dann abflauende westliche Winde und in den letzten Stunden des Tages wieder vorherrschend östliche Winde.

Nur 10 Aufstiege entsprachen diesen Bedingungen. Die beobachteten Windrichtungen und Stärken in Höhenschichten von je 100 *m*, bis zur Höhe von 1000 *m*, sind in der Tabelle 15 zusammengestellt.

Tabelle 15.

Höhe der Seebrise.

Höhenstufen	1912				1913					
	7./VI., Beginn 9 ^h 25 ^m a.		6./VII., 2 ^h 18 ^m p.		6./V., 9 ^h 35 ^m a.		7./V., 9 ^h 6 ^m a.		23./V., 10 ^h 51 ^m a.	
81 <i>m</i>	WNW	2.2	WNW	5.0	WNW	3.6	WNW	3.1	WNW	4.2
200	NNW	2.0	NW	1.4	—	—	—	—	NW	5.0
300	NNW	1.0	N	2.2	NW	3.0	NW	2.2	NNW	3.0
400	NNE	2.0	NE	2.4	NNW	3.4	NNE	4.1	E	3.2
500	NE	4.0	NE	1.6	NNW	2.3	NNE	5.2	ENE	4.0
600	NNE	4.2	E	1.6	NW	0.6	NE	3.5	NNE	8.5
700	NE	4.1	ENE	2.8	E	0.3	NE	4.9	NE	5.7
800	NE	5.0	ENE	2.5	NNE	0.5	NE	4.6	NE	7.0
900	NE	4.0	ENE	2.6	E	1.0	NE	7.5	NNE	7.3
1000	NE	4.1	ENE	2.4	NE	1.4	NE	9.1	NE	7.4

Höhenstufen	1913				1914					
	23./VI., 10 ^h 17 ^m a.		28./VI., 11 ^h 6 ^m a.		24./IV., 9 ^h 12 ^m a.		8./V., 9 ^h 10 ^m a.		18./V., 9 ^h 30 ^m a.	
81 <i>m</i>	WNW	5.0	WNW	2.8	WNW	1.1	WNW	1.4	WNW	1.9
200	WNW	4.8	—	—	WNW	1.8	WSW	1.3	W	1.7
300	NW	5.9	W	3.9	NNW	0.9	WSW	1.8	—	—
400	N	4.0	W	3.4	NE	1.0	NNE	0.2	W	2.0
500	NNE	6.5	ENE	3.9	NE	1.8	E	0.2	NW	2.8
600	NNE	4.8	—	—	NNE	2.4	NE	0.9	NNW	1.0
700	NNE	6.0	—	—	NNE	3.2	WNW	0.9	NNW	1.7
800	NNE	6.4	—	—	NNE	3.2	WSW	1.0	NNE	2.0
900	NNE	6.0	NNE	5.2	NE	4.0	W	0.5	ENE	2.6
1000	NNE	6.0	NE	6.0	ENE	2.0	W	1.8	ENE	4.0

Die einzelnen Fälle sind nachfolgende:

7. Juni 1912. Aus den Wetterkarten ist höherer Luftdruck über 765 *mm* im Nordosten Europas und mäßig geringer Barometerstand unter 760 *mm* im Süden und Nordwesten von Europa zu entnehmen. Im Umkreise von Triest kommen nur Kalmen und schwache südliche Winde vor. (Diese Angaben beziehen sich auf die Zeit, zu welcher die täglichen Wetterkarten Gültigkeit haben, demnach auf 7 bis 8^h morgens.) In Triest selbst wurden von 1^h a. bis 7^h a. schwacher E und NE beobachtet, nach 7^h a. bis 3^h p. westliche Winde von 1.1 bis 3.3 *m*/sec und nachher mäßige Winde mit vorherrschend östlicher Richtung. Zu

Beginn des Aufstieges zeigte der Anemograph in 81 *m* Sechöhe WNW, die Pilotballonbeobachtung bis zu 300 *m* NNW-liche Winde mit 1 und 2 *m/sec*. Über 300 *m* Höhe dreht der Wind nach NNE und NE, die Geschwindigkeit nimmt zu. Diese nordöstliche Richtung hält bis zur Höhe von 1200 *m* an, dreht dann nach rechts über E nach SE und SW bis zu 1700 *m*, in welcher Höhe der Ballon durch das Anemographengerüst verdeckt wurde.

6. Juli 1912. An diesem Tage liegt höherer Luftdruck über 765 *mm* von der Nordsee über Deutschland und Ungarn. Kalmen und mäßige Winde vorherrschend NE-licher Richtung sind in der nördlichen Adria zu bemerken. In Triest kommen bis 11^h a. vorherrschend östliche Winde bis zu 5·0 *m/sec* vor, von 11^h vormittags bis 3^h nachmittags westliche Winde zwischen 2·8 und 4·4 *m/sec*, sodann Winde in den Richtungen NE, W und SSW mit geringer Stärke. Die zu Beginn des Aufstieges beobachtete Windrichtung von WNW hält sich in nordwestlicher Richtung bei abnehmender Stärke bis zur Höhe von 200 *m*, dreht dann weiter über N und NE. Die ENE-liche Richtung hält bis zur Höhe von 1400 *m* an, mit mäßig zunehmender Stärke. Über 1400 *m* dreht der Wind nach links, auf vorherrschend nordwestliche Richtung. In 2100 *m* Höhe wird der Ballon durch Dunst unsichtbar.

6. Mai 1913. Hoher Luftdruck über 765 *mm* ist über Skandinavien zu bemerken, tiefer Luftdruck unter 750 *mm* über der Adria und Italien, bei schwachen östlichen Winden und Kalmen in der nördlichen Adria. In Triest sind bis 8^h früh vorherrschend ENE-Winde, von 8^h bis 4^h nachmittags WNW zwischen 1·7 und 4·4 *m/sec*, bis 6^h p. W-Winde, dann Kalmen und in den zwei letzten Stunden schwacher NE. Die Seebrise — WNW — der untersten Schichte hält sich bis zur Höhe von 600 *m* zwischen NNW WNW, der Wind dreht dann über N nach NE. Windrichtungen aus dem ersten Quadranten sind bis 1900 *m* zu verfolgen, der Wind dreht sodann weiter nach rechts über S nach SW. Die erreichte Höhe beträgt 2900 *m* bei S-Wind, eine weitere Beobachtung wird durch Sonnenstrahlung verhindert.

7. Mai 1913. Der hohe Luftdruck über 765 *mm* hat sich auf den Nordosten Europas und das Minimum, bedeutend vertieft, unter 740 *mm*, in südöstlicher Richtung nach Albanien und Nordgriechenland verlegt. Die Winde von Triest bis Pola sind NW- und NE-licher Richtung und schwach, stärkere Bora herrscht im Quarnero bei Zengg und Carlopago wie auch bei Zara und Sebenico, in der südlichen Adria herrschen NW-liche Winde. In Triest ist jedoch an diesem Tage ausgesprochene Seebrise zu bemerken, von 7^h früh bis 7^h abends sind Winde aus WNW vorherrschend, sie nehmen von 1·7 *m/sec* bis zu 5·3 *m/sec* um 1^h p. zu, um dann wieder auf 0·6 *m/sec* abzunehmen. Vor 7^h früh und in den Abendstunden sind ENE-liche Winde zu beobachten. Der Seewind hält bis zur Höhe von 300 *m* an, mit 2 *m/sec*, der Wind dreht hierauf über NNE nach NE, welche Richtung bis 2500 *m* zu verfolgen ist. Hierauf findet eine Drehung über N nach NW statt, in 3300 *m* verschwindet der Ballon in den Wolken.

23. Mai 1913. Ein barometrisches Maximum über 770 *mm* liegt über dem Biskayischen Meerbusen, ein Minimum unter 760 *mm* im Südosten Europas; schwache nördliche Winde sind in der nördlichen Adria zu bemerken. In Triest kommen bis 6^h früh schwache östliche Winde vor. Nach 6^h früh setzt der Seewind aus WNW ein, vorerst sehr schwach, 0·8 *m/sec*, nimmt langsam an Stärke zu, bis um Mittag 4·2 *m/sec* erreicht werden. Bis 3^h nachmittags hält sich diese Windrichtung in der Geschwindigkeit von 3·3 *m/sec*. Um 4^h nachmittags setzen ENE-liche Winde ein, zuerst mit 2·2 *m/sec*, deren Stärke im Laufe des Abends zunimmt. Bis zur Höhe von 300 *m* kommt der Wind aus dem 4. Quadranten, über 300 *m* aus dem 1. Quadranten, bei zunehmender Stärke. Diese Richtungen halten bis zur Höhe von 2900 *m* an, hierauf sind vorwiegend nördliche Richtungen bis 5500 *m* zu beobachten. Nach einigen Schwankungen kommt die Luftbewegung von 6400 bis 8900 *m* vorwiegend aus südwestlicher Richtung, um schließlich über 9000 *m* Höhe größtenteils zwischen N und NW zu kommen. In 11150 *m* Höhe platzt der Pilotballon.

23. Juni 1913. Ein Luftdruck über 765 *mm* reicht von Spanien über Frankreich, Deutschland bis zum Finnischen Meerbusen, ein Barometerstand unter 760 *mm* ist über der Balkanhalbinsel zu entnehmen. Schwache östnordöstliche Winde kommen in Triest und im Quarnero, nördliche Winde im Süden Istriens

vor. In Triest ist bis 8^h früh Bora zu beobachten, die namentlich in den ersten Morgenstunden ziemlich lebhaft ist, von 8^h früh bis 8^h abends herrschen hingegen Winde aus dem 4. Quadranten, vorwiegend WNW-licher Richtung vor, mit einer von 2·2 bis 5·3 *m/sec* ansteigenden Geschwindigkeit, hierauf wieder abflauernder Stärke bis 0·6 *m/sec*. Abends sind Kalmen und von 10^h bis Mitternacht ESE-liche Winde zu bemerken. Auch bei diesem Aufstieg zeigt sich der Seewind bis zur Höhe von 300 *m*, der Wind dreht sodann über N nach NNE. Windrichtungen aus dem 1. Quadranten sind bis zur erreichten Höhe von 4500 *m* anhaltend.

28. Juni 1913. Ein Maximum mit 775 *mm* liegt im Westen Englands, ein Minimum mit 750 *mm* über Siebenbürgen und Rumänien. In der nördlichen Adria kommen sehr schwache Winde, vorwiegend NE-licher Richtung vor. In Triest weht der Seewind von 8^h vormittags bis 3^h nachmittags, mit einer Stärke zwischen 2·5 und 5·0 *m/sec*; vor und nach dieser Zeit kommt der Wind aus östlicher Richtung. Die westlichen Winde reichen an diesem Tage bis 400 *m* Höhe, hierauf dreht der Wind nach ENE und bleibt bis 2300 *m* in nordöstlicher Richtung, bis der Pilotballon durch St-Cu-Wolken verdeckt wird.

24. April 1914. Ein Maximum des Luftdruckes mit 775 *mm* im Westen Frankreichs und ein unter 760 *mm* liegender Luftdruck über dem Schwarzen Meere charakterisiert die Wettersituation dieses Tages. In der nördlichen Adria sind nur schwache nördliche Winde zu bemerken. In Triest kommen bis 8^h früh schwache Winde aus verschiedenen Richtungen vor, nach 8^h beginnt der Seewind und hält mit Geschwindigkeiten von 1·1 bis 2·5 *m/sec* bis 4^h nachmittags an. Nach 4^h treten schwache SE- und E-Winde auf, in den letzten Stunden des Tages ENE-Winde. Der Seewind reicht bis zur Höhe von 300 *m*, hierauf dreht der Wind nach NE und hält sich in dieser Richtung bis zur Höhe von 2600 *m*, um dann aus N zu kommen, bis der Ballon in 3400 *m* in A-St-Wolken verschwindet.

8. Mai 1914. Im Nordwesten Europas liegt eine starke Depression mit 747 *mm*, über dem westlichen Mittelmeer, Italien, dem südlichen Alpengebiet und Südungarn ein Luftdruck von etwas über 760 *mm*. In der nördlichen Adria kommen schwache östliche Winde vor. In Triest herrscht an diesem Tage ausgesprochener Seewindcharakter. Bis 7^h früh und nach 8^h abends sind östliche Winde zu entnehmen. WNW-liche Winde beginnen nach 7^h früh mit 0·6 *m/sec*, nehmen an Stärke bis 4·2 *m/sec* in der Stunde von 1 bis 2^h p. zu und flauen dann ab, bis 1·7 *m/sec* um 7^h abends. Die westliche Windrichtung herrscht bis zur Höhe von 300 *m*, der Wind dreht sodann bis 600 *m* Höhe auf Richtungen aus dem 1. Quadranten, um in größerer Höhe wieder aus westlichen Richtungen zu kommen. Von 1400 bis 3000 *m* ist der Wind vorherrschend südwestlich, um bis zur erreichten Höhe von 4950 *m* wieder westlicher zu werden.

18. Mai 1914. Der Nordwesten Europas steht unter hohem Luftdruck, über 770 *mm*, während tiefer Luftdruck, 756 *mm*, im westlichen Teile des Schwarzen Meeres liegt. In der Adria, namentlich im nördlichen Teile, sind Kalmen. Auch an diesem Tage sind in Triest von Mitternacht bis 6^h früh schwache östliche Winde und Kalmen vorherrschend. In der Stunde von 6 bis 7^h beginnen WNW-Winde, vorerst sehr schwach, nehmen bis 2·5 *m/sec* zu, um um 7^h abends nur mehr 1·4 *m/sec* zu erreichen. Unter weiterer Abnahme der Windstärke kommen in den letzten Stunden dieses Tages östliche Winde vor. Ausgesprochene westliche Windrichtung ist bis 400 *m* Höhe zu beobachten, hierauf NW-liche und NNW-liche Richtung bis 700 *m*. Über 700 *m* dreht der Wind über NNE nach ENE, um von 1500 bis 2000 *m* aus östlicher Richtung zu kommen. Der Wind dreht sodann auf SE, NNW, NE und E, um über 3200 *m* bis zum Platzen des Ballons in 3800 *m* aus SE zu kommen.

Für die Zeit der Pilotballonaufstiege, die sich zum größten Teil auf die ersten Stunden der Seebrise erstrecken, ergibt sich aus diesen Beobachtungen, daß im Durchschnitt die Höhe, bis zu welcher die Seewinde bei Triest reichen, mit 300 bis 400 *m* anzunehmen ist.

In der untersten Schichte weht in allen diesen Fällen der Seewind aus WNW, mit zunehmender Höhe kommt er mehr aus NNW-licher Richtung; der Seewind wird demnach mit der Höhe immer mehr nach rechts abgelenkt.

In diesen 10 Fällen kommt die weitere Drehung des Windes aus den Richtungen des 4. Quadranten auf die des 1. Quadranten sechsmal nach 300 *m* Höhe vor und je einmal nach 200 *m*, 400 *m*, 600 *m* und 700 *m*.

Die mittlere Geschwindigkeit bei diesen Aufstiegen ergibt sich für die Seewinde in 81 *m* Seehöhe mit 3.0 *m/sec*, in der Höhe mit 2.6 *m/sec*, also mit einem geringfügig kleineren Wert. Die über den Seewinden auftretenden Landwinde haben der größeren Höhe entsprechend auch im allgemeinen eine größere Geschwindigkeit.

Eigene Aufstiege, womöglich mit zwei Theodoliten beobachtet, werden an heißen Sommertagen mit ausgesprochener Seebrise, zu verschiedenen Stunden hoffentlich im nächsten Sommer vorgenommen werden können.

Die für die einzelnen 100 *m* Höhenstufen bestimmten mittleren Geschwindigkeiten, und zwar sowohl durch einfache Mittelbildung, wie durch Ableitung mittels der Differenzen von 100 zu 100 *m* sind nachfolgende:

	81	200	300	400	500	600	700	800	900	1000 <i>m</i>
Direktes Mittel	3.0	2.6	2.7	2.6	3.2	3.1	3.3	3.3	4.1	4.4 <i>m/sec</i>
Aus Differenzen abgeleitetes Mittel	3.0	2.6	2.4	2.4	3.0	2.9	3.2	3.4	3.8	4.2 <i>m/sec</i>

Man ersieht daraus, wie auch aus Fig. 2, *Sh*, die Abnahme der Stärke der Seebrise bis zu 400 *m* Höhe von 3.0 auf 2.4 *m/sec*, die Zunahme der Geschwindigkeit von 400 auf 500 *m* und die nahezu gleiche Geschwindigkeit von 3 *m/sec* in den Schichten von 500 und 600 *m*. Über 600 *m* findet bei vorherrschend nordöstlicher Richtung eine regelmäßige Zunahme der Windstärke, durchschnittlich um 0.3 *m/sec* pro 100 *m*, statt.

Pilotballonaufstiege an Boratagen. Einer der Hauptwünsche bei Einführung der Pilotballonbeobachtungen war die Untersuchung der Windverhältnisse in den verschiedenen Höhenschichten an Tagen der für die Adria charakteristischen Winde, Bora und Scirocco.

Pilotballonanvisierungen an Boratagen vornehmen zu können, ist bei dem stoßartigen Auftreten der Bora mit der größten Schwierigkeit verbunden, da nicht nur die Visierung am Theodoliten erschwert, sondern auch der freigelassene Ballon in der bodennahen Schichte heftig hin- und hergestoßen, herumgewirbelt wird.

Da überdies die Pilotballonbeobachtungen von der Bewölkung abhängen, so werden die Aufstiege größtenteils auf antizyklonale Wetterlagen fallen. Bekanntlich wird die Bora entweder durch ein Hockdruckgebiet über Mitteleuropa oder durch ein Tiefdruckgebiet in der Adria oder durch das gleichzeitige Vorhandensein beider Gebilde hervorgerufen. Das Hochdruckgebiet kann entweder als eine über dem Kontinente lagernde selbständige Antizyklone vorkommen oder als ein ostwärts über die Alpen sich erstreckender Keil der ozeanischen Antizyklone auftreten oder als ein nach Westen gegen Zentraleuropa vorrückender Ausläufer der kontinentalen Antizyklone. Das Tiefdruckgebiet gehört gewöhnlich einer Zyklone an, die, vom Westen kommend, Italien und die Adria durchquert oder längs der Axe der Adria nach Südosten zieht. Das gleichzeitige Auftreten eines Hoch- und Tiefdruckgebietes bringt infolge der dadurch auftretenden stärkeren Gradienten eine Zunahme der Borastärke mit sich.

Zyklonale Situationen mit der damit verbundenen größeren Bewölkung und den reicheren Niederschlägen werden daher seltener eine Pilotanvisierung ermöglichen. Erst in einer langen Beobachtungsreihe werden sich genügende Fälle zu einer nicht einseitigen Untersuchung finden lassen.

In den hier zur Verfügung stehenden Beobachtungen kommen 44 Tage mit ausgesprochener Bora vor. Bei mehreren dieser Fälle ist die Borarichtung bis zur letzterreichten Höhenschichte vorherrschend, in anderen dreht der Wind in den oberen Schichten nach rechts, also nach SE, oder nach links, das ist NW. Einige wenige Fälle zeigen kompliziertere Änderungen in der Windrichtung.

Die Linksdrehung von ENE über N nach NW und W konnte bei 12 Aufstiegen beobachtet werden, die in der Tabelle 16 zusammengestellt erscheinen. Hier werden die Windrichtungen und Geschwindig-

Windverhältnisse in höheren Luftschichten.

635

Tabelle 16.

Pilotanvisierungen an Boratagen mit Linksdrehung in den oberen Schichten.

Höhenstufen	1912								1913			
	30. III.,		13. IV.,		5. VII.,		11. X.,		13. VI.,		26. VIII.,	
	10h 18m a.		9h 50m a.		10h 11m a.		9h 23m a.		9h 30m a.		9h 10m a.	
81 m	ENE	7.2	ENE	8.1	ENE	6.4	ENE	11.7	ENE	17.0	ENE	9.5
500	E	4.5	ENE	7.2	ENE	5.8	ESE	8.6	E	10.3	ESE	5.2
1000	E	4.8	NW	3.5	E	3.5	E	3.1	ENE	3.3	E	3.2
1500	ENE	2.4	WNW	5.0	NW	2.6	N	4.7	E	3.7	NNE	1.8
2000	NNE	3.1	N	7.2	NW	3.7	NNE	2.4	NNE	4.5	NW	2.6
2500	NNW	3.2	NNW	10.5	NW	6.7	SE	1.5	WNW	8.4	NW	7.4
3000	NNW	2.7	NNW	21.4	NW	6.8	NE	2.6	WNW	8.8	NW	8.6
3500	WNW	6.5			WNW	8.3	NNW	2.4			NW	10.0
4000	WNW	9.7			WNW	9.2	NNW	3.3			NW	13.7
4500	W	13.2					N	1.4				
5000	W	18.9					NNE	2.7				
5500							NE	4.5				
6000							NNE	5.3				
6500							N	3.6				
7000							NW	3.4				
7500							NNW	2.4				
8000							NW	3.9				
8500							NNW	3.1				
9000							NW	2.6				
9500							N	3.8				
10000							W	3.8				
10500							WNW	9.0				
11000							W	10.0				
Höhenstufen	1913								1914			
	11. IX.,		13. X.		14. V.		25. VI.,		2. IX.		24. IX.,	
	8h 33m a.		9h 0m a.		9h 18m a.		9h 5m a.		9h 0m a.		9h 5m a.	
81 m	ENE	6.1	ENE	5.0	ENE	5.3	ENE	7.0	ENE	9.7	ENE	12.5
500	NE	5.5	NE	7.8	E	7.3	NE	4.6	ENE	8.3	ENE	8.6
1000	N	4.5	NNE	6.6	ENE	9.1	N	6.9	WSW	3.6	NE	9.6
1500	N	6.9	NNE	5.9	E	5.8	NNW	9.2	NNE	2.7	NE	13.2
2000	N	8.0	N	4.8	ENE	7.5	NNW	12.3	N	4.4	NE	22.5
2500	NNW	8.4	N	8.3	NE	10.7	NNW	12.4	NNW	4.7	NE	22.5
3000	WNW	6.9	N	11.4	NE	8.6	NNW	10.5	NNW	6.5	NNW	10.4
3500	NW	13.9	N	11.0	N	7.3	NW	11.2				
4000	NW	19.1	NNW	9.1	N	6.7						
4500			NNW	9.0								

keiten aus Raumersparnis nur für die Höhenstufen von 500 *m* mitgeteilt, in den Originaltabellen und Zeichnungen gehen dieselben von 100 zu 100 *m*, beziehungsweise von 200 zu 200 *m*.

Die einzelnen Fälle sollen vorerst zu einer knappen Besprechung gelangen, unter gleichzeitiger Angabe des Verhaltens der Bora in der Bodenschichte im Laufe des Beobachtungstages, der Ausbreitung der Bora längs unserer Küste und der barometrischen Verteilung nach den Wetterkarten des k. k. maritimen Observatoriums in Triest, unter Zuhilfenahme der Wetterkarten der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie in Wien und der Deutschen Seewarte in Hamburg.

30. März 1912. Die Bora (hiez zu werden die Richtungen des 1. Quadranten gezählt) reicht bis zu 2300 *m* Höhe, um hierauf über N nach NNW, NW, WNW und W zu drehen, bis zur erreichten Höhe von 5200 *m*. Die Anemographenaufzeichnungen geben für diesen Tag starke Bora in den Morgenstunden, mit einem Maximum von 70 *km* (19·4 *m*/sec) in den Stunden von 1 bis 2^h a. und von 2 bis 3^h a. Die Bora nimmt nach 9^h vormittags rasch an Stärke ab, hält aber noch bis 1^h p. an. Der Wind dreht sodann in Anemographenhöhe auf westliche Richtungen, bei abnehmender Stärke. Die Bora herrschte um 7^h früh an der ganzen Küste von Triest bis Punta d'Ostro. Die barometrische Situation ist gekennzeichnet durch ein Hochdruckgebiet über dem Biskayischen Meerbusen (770 *mm*) mit einem Ausläufer (765 *mm*) über den Alpen bis Ungarn. Ein starkes Tiefdruckgebiet (735 *mm*) liegt über Nordosteuropa und ein mäßiges (761 *mm*) im Süden der Adria. Der Anemograph zeigt zu Beginn des Aufstieges eine Geschwindigkeit von 7·2 *m*/sec. In den nächsten Höhenschichten ist die Borastärke geringer, 4·3 bis 4·9 *m*/sec, und sinkt in der Höhe von 1300 und 1500 *m* bis auf 1·6 *m*/sec, um sodann bis zu 1900 und 2300 *m* Höhe wieder auf 3·7 und 3·6 *m* anzusteigen. Bei der Drehung auf NNW nimmt die Geschwindigkeit wieder bis zu 2·2 *m* in 2900 *m* Höhe ab, um in den nachfolgenden Höhen rasch an Stärke zuzunehmen. Die größten Geschwindigkeiten werden in den Höhen von 4700 und 4900 *m* bei W-Wind mit 18·9 *m* erreicht.

13. April 1912. Die Bora reicht hier nur bis zu einer Höhe von 700 *m*. Die Geschwindigkeit nimmt vorerst etwas ab, um in der Schichte von 300 bis 400 *m* einen größeren Wert, 9·2 *m*, zu erreichen. Von 400 auf 700 *m* nimmt die Geschwindigkeit in der Borarichtung bis 4·6 *m* ab. Bei der hierauf folgenden Drehung auf NW sinkt die Geschwindigkeit auf 1·4 *m*, um sodann nach einigen Schwankungen stetig zuzunehmen. In der bodennahen Schichte ist nach den Anemographenangaben den ganzen Tag die Bora vorherrschend. Sie weht am Vormittag ununterbrochen, mit der größten Geschwindigkeit von 48 *km* (13·3 *m*/sec) in den Stunden von 5 bis 7^h a. Am Nachmittag dreht die Windfahne durch einige Stunden nach ESE, bei abnehmender Stärke. Die Bora ist längs unserer ganzen Küste zu bemerken, in Dalmatien ist sie schwächer. Die Isobaren zeigen ein Hochdruckgebiet — 775 *mm* — in West- und Mitteleuropa, mit einem Tiefdruckgebiete — 750 *mm* — über Nordosteuropa und einem schwächeren — 760 *mm* im südwestlichen Mittelmeer.

5. Juli 1912. Die Bora reicht bis zu 1400 *m*; in den höheren Schichten bis zur erreichten Höhe von 4000 *m* sind NW- und WNW-Winde zu ersehen. In den ersten Schichten sind auch hier die Geschwindigkeiten kleiner, von 400 auf 600 *m* hingegen etwas größer als in der Anemographenhöhe, 7·0 und 6·8 *m* gegen 6·4 *m*. Bei der Drehung auf die NW-Richtung ist eine Abnahme zu bemerken und hierauf im allgemeinen eine Zunahme. In der untersten Schichte hält die Bora bis zum Abend an, erst nach 8^h p. dreht der Wind auf ESE. Die größte Geschwindigkeit wird mit 46 *km* (12·8 *m*/sec) in den Stunden von 1 bis 3^h a. erreicht. Die Bora beherrscht nur die nördliche Küste, in Dalmatien sind vorwiegend NW-liche Winde zu bemerken. Die Wetterkarten zeigen einen hohen Druck in Nordwesteuropa — 770 *mm* — mit einer Ausbuchtung der 765-Isobare gegen Mitteleuropa. Tiefer Druck — 755 *mm* — lagert über Nordrußland und über dem Schwarzen Meere.

11. Oktober 1912. Die Pilotballonanvisierung geht an diesem Tage bis zur Höhe von 11100 *m*. Bis 3400 *m* ist vorherrschend die Borarichtung zu bemerken, dann bis 4400 *m* vorwiegend NW-Winde. Der Ballon folgt sodann wieder einer nordöstlicheren Strömung bis zur Höhe von 6000 *m*. In den hierauf

folgenden Höhenschichten gelangt der Pilotballon in eine vorwiegend NNW-liche Windrichtung, um in der Höhe von 9800 *m* plötzlich in westliche Winde zu geraten, die bis 11100 *m* Höhe anhalten. Der Anemograph zeigt zu Beginn des Aufstieges eine Windgeschwindigkeit von 11·7 *m/sec*. Bis zu 200 *m* Höhe nimmt die Borastärke auf 8 *m* ab, um von 200 auf 300 und auf 400 *m* auf 10 *m/sec* anzusteigen. Die Geschwindigkeit nimmt sodann rasch ab und schwankt in den 100 *m* Höhenstufen bis zur Höhe von 3400 *m* zwischen 5·9 und 0·8 *m*. In den hierauf folgenden Schichten bleibt die Geschwindigkeit annähernd gleich, sie schwankt zwischen 3·7 und 0·6, nimmt hierauf in der Borarichtung wieder bis auf 8 *m* zu. Bei der neuerlichen Drehung auf nordwestliche Richtungen nimmt die Stärke wieder ab und zwar schwankt dieselbe in den Höhen von 6000 bis 10000 *m* zwischen 7 und 1 *m/sec*. Erst über dieser Höhe steigt die Geschwindigkeit bis zu einem Maximum von 13·3 *m/sec* in der Höhe von 10600 auf 10700 *m*. In der Oberflächenschichte hält die Bora den ganzen Tag an, erst in der letzten Stunde dreht der Wind auf ESE. Die Bora ist in den ersten Frühstunden am stärksten, mit dem Maximum von 62 *km* (17·2 *m/sec*) von Mitternacht auf 1^h früh. Die Bora herrscht morgens an unserer ganzen Küste, stärker ist sie im nördlichen Teile derselben. Hervorgerufen wird sie durch ein Hochdruckgebiet mit einem Kerne — 772 *mm* — über Mitteleuropa.

13. Juni 1913. Die Borarichtung ist bis zu einer Höhe von 2100 *m* anhaltend, mit einer kurzen Unterbrechung in den Höhenschichten von 1500 bis 1900 *m*, in welchen nordwestliche Winde bereits auftreten. Diese mit mehr westnordwestlicher Richtung sind von 2100 *m* aufwärts ohne Unterbrechung bis zur erreichten Höhe von 3300 *m* zu beobachten. Die Bora hat in der Oberflächenschichte eine ziemlich große Stärke von 17·0 *m/sec*, nimmt jedoch mit der Höhe ab. Bis zu 300 *m* ist noch eine Geschwindigkeit von 13·8 *m* zu bemerken, bis zu 500 *m* nur mehr 7 *m* und bei 1500 *m* Höhe rund 2 *m/sec*. Die Geschwindigkeit wächst bei den nordwestlichen Winden mit zunehmender Höhe bis zu 10·5 *m* in der letzten Höhenschichte von 3100 auf 3300 *m*. In der untersten Luftschichte hält die Bora den ganzen Tag an, mit Geschwindigkeiten zwischen 70 und 30 *km*. Das Maximum von 70 *km* (19·4 *m/sec*) fällt auf die Stunde von 8 bis 9^h früh. Die Bora ist längs unserer ganzen Küste zu bemerken, am stärksten herrscht sie im nördlichen Teile derselben. Die barometrische Verteilung zeigt wieder ein Hochdruckgebiet — 770 *mm* — über der Biskayasee mit einem über Österreich-Ungarn reichenden Ausläufer von 765 *mm*. Über Italien liegt niederer Luftdruck — 760 *mm* —, ein starkes Tiefdruckgebiet — 740 *mm* — lagert über Nordost-europa.

26. August 1913. Die Bora reicht zwar bis 1600 *m* Höhe, doch ist eine südöstliche Strömung von 300 auf 900 *m* zu entnehmen. Über 1600 *m* ist die Richtung anhaltend eine nordwestliche. Die Geschwindigkeit in Anemographenhöhe beträgt 9·5 *m*, sie erreicht in der Höhe bis zu 200 *m* nur 5 *m/sec*, steigt bis zu 300 auf 8 *m/sec*, um hierauf stetig abzunehmen. Bei 1400 bis 1600 *m* erreicht sie nur die kleine Geschwindigkeit von 1 *m/sec*. In der nordwestlichen Richtung nimmt die Stärke mit der Höhe anhaltend zu. Der größte Wert mit 16 *m/sec* wird in der Höhenschichte von 3700 auf 3800 *m* erreicht. Der Anemograph zeigt den ganzen Tag die Borarichtung, mit einem Maximum von 40 *km* (11·1 *m/sec*) von 1 bis 2^h a. Die Bora ist längs unserer Küste bis Ragusa zu entnehmen, doch wird ihre Stärke im Süden äußerst klein. Das Hochdruckgebiet — 770 *mm* — liegt über Westdeutschland und Nordwestösterreich, ein Tiefdruckgebiet — 760 *mm* — über dem Schwarzen Meere.

11. September 1913. An diesem Tage reicht die Bora nur bis 900 *m* Höhe. Hierauf wird die Richtung eine rein nördliche bis zu 2500 *m* und dann eine nordwestliche bis zur erreichten Höhe von 4300 *m*. Die Geschwindigkeit von 6 *m/sec* die in der bodennahen Schichte aufgezeichnet wird, wird in der Höhe von 200 auf 300 bis 500 *m* wieder erreicht und überschritten, bis zu 7 *m/sec*, um in der nächsten Höhenschichte wieder auf 4 *m* abzunehmen. In der nördlichen Richtung steigt die Geschwindigkeit bis zu 9 *m*, in der nordwestlichen bei weiter zunehmender Höhe bis zu 22 *m/sec*. Die Bora hält in Triest den ganzen Tag an, mit kurzen Unterbrechungen durch östsüdöstlichere Richtungen in den Nachmittagsstunden bei

abnehmender Stärke. Die größte Geschwindigkeit mit 45 km (12.5 m/sec) ist von 12 bis 1^h a. zu entnehmen. Die Bora beherrscht nur den nördlichen Teil unserer Küste und wird durch hohen Luftdruck — 770 mm — im Westen von Europa mit einem keilartigen Vorstoß — 765 mm — gegen Mitteleuropa und durch einen niederen Luftdruck — 755 mm — im westlichen Mittelmeer hervorgerufen. Gleichzeitig liegt ein tiefer Luftdruck — 750 mm — im Nordosten Europas.

13. Oktober 1913. Die Bora wäre hier bis zu einer Höhe von 3600 m anzunehmen, doch sind die Windrichtungen ab 1400 m stark aus Norden. Über 3600 m dreht die Luftbewegung auf NNW. In der Bodenschichte ist zum Aufstiegsbeginn nur eine Geschwindigkeit von 5 m/sec . zu bemerken, dieselbe wächst bis 9.3 m/sec in der Höhe auf 300 und 400 m an, nimmt sodann etwas ab, hierauf wieder bis 15 m/sec zu. In der nordwestlichen Richtung erreicht dieselbe kaum 10 m . Die Bora nimmt in Triest auch in den Vormittagsstunden zu, das Maximum von 69 km (19.2 m/sec) fällt auf die letzten Tagesstunden von 11^h p. bis 12. An unserer Küste ist dieselbe schwach auftretend. Das Hochdruckgebiet — 775 mm — liegt über Südschweden, Dänemark und Norddeutschland und das Tiefdruckgebiet — 760 mm — über Griechenland.

14. Mai 1914. Die Bora hält an diesem Tage bis zur Höhe von 3600 m an, hierauf dreht die Richtung auf NNW, NW und WNW bis zur erreichten Höhe von 4300 m . Die an der Oberfläche beobachtete Windstärke von 5.3 m/sec nimmt mit der Höhe zu, bis auf 10.4 und 10.6 m/sec auf 700 und 800 m Höhe, hierauf sinkt sie auf 5 m/sec , um neuerlich auf 11 bis 12 m in der Höhe von 2200 und 2400 m anzusteigen. Die Windstärke wird sodann wieder kleiner. Die Bora hält in Triest den ganzen Tag jedoch mit mäßiger Stärke an, das Maximum von 41 km (11.4 m/sec) wird in der Stunde von 4 bis 5^h a. erreicht. Alle Stationen unserer Küste melden mäßige Bora. Das Hochdruckgebiet liegt wieder im Westen von Europa — 770 mm — mit einem Ausläufer — 765 mm — bis Ungarn. Ein Tiefdruckgebiet — 755 mm — ist über Rußland, südlich von Petersburg zu entnehmen.

25. Juni 1914. Die Bora herrscht in diesem Falle bis zur Höhe von 900 m , hierauf dreht der Wind nach N und dann über NNW nach NW. Die vom Anemographen angegebene Geschwindigkeit von 7.0 m/sec ist in der nächsten Höschicht nicht zu bemerken, sie wird kleiner und steigt wieder auf 7 bis 8 m/sec in der Höhe von 700 auf 800 m an. In den höheren Schichten bei nordwestlicher Richtung nimmt die Geschwindigkeit bis 13.5 m/sec zu. Die Bora ist mit einer kurzen Unterbrechung von 4 bis 6^h p. durch WNW-Wind den ganzen Tag anhaltend und erreicht das Maximum von 47 km (13.1 m/sec) in der Stunde von 1 bis 2^h a. Die Bora ist nur an unserer nördlichen Küste zu beobachten. Die Luftdruckverteilung zeigt einen hohen Luftdruck von 775 mm im Westen von Europa mit einem Keil von 770 mm bis Zentraleuropa und einem unter 760 mm liegenden Luftdruck im Südosten von Europa.

2. September 1914. An diesem Tage reicht die Bora bis zu 1800 m , hierauf dreht der Wind über N nach NNW. Die Geschwindigkeit von 9.7 m/sec der unteren Luftschichte wird erst in der Höhe von 400 und 500 m wieder erreicht und überschritten. Hierauf nimmt dieselbe neuerdings ab, um erst in der höchsterreichten Schichte von 3200 m wieder auf 9 m/sec anzusteigen. Die Bora hält in der bodennahen Schichte mit geringer Unterbrechung den ganzen Tag an und erreicht die größte Stärke von 36 km (10.0 m/sec) in der Stunde von 9 bis 10^h a. An unserer Küste ist vorherrschend schwache Bora zu entnehmen. Das Hochdruckgebiet von 770 mm liegt über Südnorwegen und Nordwestdeutschland.

24. September 1914. Die Bora geht hier bis zur Höhe von 2800 m , hierauf treten nordnordwestliche Richtungen auf. Die vom Anemographen angegebene Geschwindigkeit von 12.5 m/sec wird in den nächsthöheren Schichten nicht erreicht, erst in der Höhe von und über 1400 m steigt die Geschwindigkeit auf höhere Werte, die bis 24 m/sec in der Höhe von 2400 auf 2500 m anschwellen. Hiernach findet ein rapider Rückgang der Windstärke statt. In der untersten Schichte hält die Bora den ganzen Tag an und nimmt an Stärke zu. Die größte Geschwindigkeit wird von 11 bis 12^h p. mit 66 km (18.3 m/sec) erreicht. An unserer Küste ist die Bora am Morgen dieses Tages mäßig und reicht bis Lesina. Ein Hochdruckgebiet von 774 mm liegt über Nordwestdeutschland.

In den hier besprochenen Fällen, mit der in der Höhe eintretenden Winddrehung über N nach NW und W geht demnach die Bora nur in drei Fällen bloß bis zu einer bescheidenen Höhe von 700 und 900 *m*, in vier anderen hält die Borarichtung bis zu Höhen von 1400 und 1800 *m* an. Zwei Aufstiege zeigen Richtungen aus dem 1. Quadranten bis zu den Höhen von 2300 und 2800 *m* und andere zwei Aufstiege bis zur Höhe von 3600 *m*. In einem Falle hält diese Windrichtung allerdings mit vorheriger Unterbrechung bis zur großen Höhe von 6000 *m* an.

Aus den angeführten Isobarenverteilungen zeigt sich bei diesen Aufstiegen im allgemeinen ein Hochdruckgebiet im Westen und Nordwesten von Europa, mit keilartigem Vorrücken über Mitteleuropa. In keinem dieser Fälle zeigt sich ein Hochdruckgebiet im Osten von Europa.

Für die Bora in den untersten Schichten sind Depressionen über Süditalien und der südlichen Adria, eventuell über Griechenland oder dem westlichen Mittelmeer mitwirkend. Da ihre Tiefe nicht groß ist, erstreckt sich ihr Einfluß nur auf geringere Höhen.

Für die in den höheren Schichten auftretenden nordwestlichen Winde werden die im Nordosten von Europa und die mitunter auch über dem Schwarzen Meere lagernden Depressionen mitsprechen. Namentlich die ersteren zeigen im Meeresniveau einen tiefen Barometerstand, ihre Erstreckung auf größere Höhen ist daher wahrscheinlicher.

Im allgemeinen ist die Geschwindigkeit der Bora in der bodennahen Schichte stärker, mit zunehmender Höhe wird dieselbe kleiner, bei der Drehung auf die nordwestliche Richtung ist sie vorerst auch klein und erst mit der wachsenden Höhe tritt die Zunahme der Geschwindigkeit ein.

Wird die mittlere Geschwindigkeit bis zu der Höhenstufe von 3000 *m*, bis zu welcher Höhe alle 12 Aufstiege mindestens gehen, bestimmt, so ergeben sich nachfolgende Mittelwerte der Geschwindigkeit in Sekundenmetern, siehe auch B_1 in Fig. 1:

bei 81 <i>m</i>	bis 500	500/1000	1000/1500	1500/2000	2000/2500	2500/3000 <i>m</i>
8·8	7·0	5·1	5·3	6·9	8·7	8·8 <i>m/sec.</i>

Wenn die vom Anemographen angegebene mittlere Geschwindigkeit 8·8 *m/sec* beträgt, ergibt sich in der Höhe bis zu 500 *m* ein Mittelwert von 7·0 *m/sec*. Von 500 auf 1000 *m* sinkt die Geschwindigkeit auf 5·1 *m/sec*. Die gleiche Geschwindigkeit wie in der Oberflächenschichte wird hier erst in 3000 *m* Höhe bei den nordwestlichen Richtungen erreicht.

Werden für die ersten 1000 *m* die mittleren Geschwindigkeiten für die Höhenstufen von 100 zu 100 *m* abgeleitet, so erhalten wir nachfolgende Geschwindigkeiten:

bei 81 <i>m</i>	bis 200	200/300	300/400	400/500	500/600	600/700	700/800	800/900	900/1000 <i>m</i>
8·8	5·7	7·2	7·3	6·5	6·2	5·5	5·4	4·4	4·9 <i>m/sec.</i>

Die Bora, siehe auch B_1 in Fig. 2, zeigt in der ersten Schichte bis zu 200 *m* eine kleinere Geschwindigkeit, sie nimmt auf 300 und 400 *m* an Stärke zu, von 5·7 auf 7·2 und 7·3 *m/sec*, erreicht aber nicht die vom Anemographen angegebene Geschwindigkeit. Hierauf ist eine anhaltende Abnahme zu ersehen. Von 800 auf 900 *m* resultiert die Geschwindigkeit mit 4·4 *m/sec*, erreicht also nur die Hälfte der Geschwindigkeit die der Anemograph angibt und ist 0·6 der Geschwindigkeit die bei 400 *m* gefunden wird.

Die Rechtsdrehung von ENE über E nach SE wurde an ausgesprochenen Boratagen bei 7 Aufstiegen beobachtet, deren Ergebnisse in der Tabelle 17 auszugsweise mitgeteilt werden.

24. April 1912. Die Bora reicht bis 700 *m* Höhe. In größeren Höhen kommt der Wind aus ESE. Der Anemograph zeigt zu Beginn des Aufstieges eine Geschwindigkeit von 10·0 *m/sec*. In den Höhen bis zu 300 und 500 *m* ist eine Geschwindigkeit von 6 *m/sec* zu entnehmen. Bei der hierauf folgenden Drehung auf östliche Winde steigt die Geschwindigkeit vorerst auf 12 *m/sec* und wird hierauf etwas kleiner, sie schwankt zwischen 8 und 11 *m/sec*. Die Bora hält in den untersten Schichten den ganzen Tag an, das Maximum von 53 *km/St.* (14·7 *m/sec*) fällt auf die Stunde von 12 bis 1^h a. Die Bora erstreckt sich nur

Tabelle 17.

Pilotanvisierungen an Boratagen mit Rechtsdrehung in den oberen Schichten.

Höhenstufen	1912		1913		1914		
	24./IV., 10 ^h 16 ^m a.	13./VI., 9 ^h 33 ^m a.	3./IV., 10 ^h 7 ^m a.	26./XI., 9 ^h 22 ^m a.	29./I., 9 ^h 22 ^m a.	20./IV., 9 ^h 20 ^m a.	25./IX., 9 ^h 5 ^m a.
81 m	ENE 10·0	ENE 8·9	ENE 10·6	ENE 13·9	ENE 13·9	ENE 10·6	ENE 16·7
500	ENE 6·1	E 10·2	NE 10·8	ESE 10·9	ESE 10·3	ESE 8·6	ENE 24·1
1000	ESE 10·5	SE 7·1	E 2·9	ESE 4·5	SE 3·3	SE 3·7	ESE 21·3
1500	ESE 8·7	SSE 5·4	NE 3·6	ESE 3·2		SE 3·6	SSE 5·7
2000	ESE 8·9		E 4·1	ESE 4·5		SE 6·1	
2500			SE 4·6	SE 5·7		ESE 7·2	
3000			SE 9·5	SSE 6·3		SE 9·1	
3500			SE 12·8	SSE 6·9		SE 10·1	
4000				SSE 8·7		SE 12·3	
4500				SSE 11·6		SE 14·8	
5000				SE 13·1		SE 14·5	
5500				SSE 13·9		SE 15·1	
6000						SE 11·2	

auf den nördlichen Teil unserer Küste, im Süden kommt schwacher Scirocco zur Geltung. Die Luftdruckverteilung im Meeresniveau zeigt für den Morgen dieses Tages ein Hochdruckgebiet über dem Nordmeer — 775 mm — mit einem zweiten Kern — 772 mm — westlich des Schwarzen Meeres und mäßige Tiefdruckgebiete — 760 mm — über Nordosteuropa und der Algerischen Küste.

13. Juni 1912. Die Bora reicht hier nur bis 400 m Höhe, der Ballon folgt dann reinen Scirocco-richtungen. Die Geschwindigkeit in der bodennahen Schichte, 8·9 m/sec, wird durch die der nächsthöheren Schichten übertroffen, bei 200 m 13·5, bei 300 m 12·7. Hierauf tritt eine Abnahme ein, die Geschwindigkeit schwankt zwischen 8 und 5 m/sec. Der Anemograph zeigt mit Ausnahme der ersten Frühstunden und der letzten Tagesstunden anhaltende Bora, das Maximum von 40 km (11·1 m/sec) fällt auf die Stunde von 8 bis 9^h a. Mäßige Bora ist an den nördlichen Küsten zu ersehen, an unserer südlichen herrscht Scirocco. Tiefer Luftdruck — 750 mm — liegt über dem mittleren Mittelmeer, dem Tyrrhenischen Meer und der Adria, verbunden durch eine Rinne niederen Luftdruckes mit einem Teiltief in der südlichen Ostsee.

3. April 1913. An diesem Tage zeigt der Pilotballon vorerst bis zur Höhe von 300 m die Borarichtung an, die Ballonbahn zeigt hierauf eine Schleife aus den Richtungen SE, NE, SW und wieder SE bis in der Höhe von 900 m wieder Bora einsetzt und dieselbe bis 2200 m verfolgt werden kann. Von dieser Höhe an tritt eine südöstliche Richtung bis zur erreichten Höhe von 3600 m auf. In der untersten Schichte ist eine Geschwindigkeit von 10·6 m/sec zu beobachten, diese steigt auf 14·2 m/sec in der Schichte bis zu 200 m und hält sich bei 10·8 m in der Höhe von 200 auf 300 m. Hierauf folgt eine Abnahme der Geschwindigkeit bis zu 1 m/sec in der Höhe von 1000 auf 1400 m. Von 2100 m aufwärts nimmt die Geschwindigkeit regelmäßig bis 15 m/sec zu. Die Bora hält in Triest den ganzen Tag an und flaut erst in den Abendstunden ab. Das Maximum wird mit 50 km/St (13·9 m/sec) in der Stunde von 2—3^h a. erreicht. Die Bora bei Triest nimmt nach Süden an Stärke rasch ab. Hochdruckgebiete — 770 mm — liegen über Dänemark und Südrußland und Tiefdruckgebiete — 755 mm — über der Biskayasee und Nordspanien.

26. November 1913. Die Bora reicht hier auch nur bis 300 m. Der Wind dreht dann über E nach ESE, welche Richtung bis 1000 m Höhe anhält. Von 1000 auf 1400 m ist neuerlich ENE zu

beobachten; von dieser Höhe aufwärts tritt reine Sciroccorichtung auf, vorerst aus ESE, dann SE und schließlich SSE bis zur erreichten Höhe von 5600 *m*. Die in der Oberflächennähe beobachtete Geschwindigkeit von 13·9 *m/sec* wird in der Höhenschichte von 200 auf 300 *m* überschritten, mit 16·2 *m/sec*. Die Geschwindigkeit nimmt hierauf ab, bis auf 1 *m/sec* in der Höhe von 1400 *m*, überschreitet erst über 4000 *m* wieder den Wert von 10 *m/sec* und erreicht ein zweites Maximum bei 5200 *m* mit 15·0 *m/sec*. Die Bora hält in Triest den ganzen Tag an, mit einem Maximum von 57 *km* (15·8 *m/sec*) von 1 bis 2^h a. Die Bora ist im nördlichsten Teil unserer Küste stärker, im Süden sehr schwach. Die barometrische Situation wird charakterisiert durch ein Hochdruckgebiet — 775 *mm* — über Rußland und ein Tiefdruckgebiet — 740 *mm* — an der norwegischen Küste.

29. Jänner 1914. Hier geht die Bora nur bis zur Höhe von 200 *m*, dann dreht der Wind über ESE nach SE. Die an der Erdoberfläche gemessene Windgeschwindigkeit von 13·9 *m/sec* wird in den nächsten Höhen nicht gefunden. In 200 und 300 *m* Höhe kommen 9 und 10 *m/sec* vor, die Geschwindigkeit steigt auf 11 und 12 *m/sec* in den zwei nächsten Höhenschichten, um von 500 *m* aufwärts rasch abzunehmen. Die Bora hält in Triest den ganzen Tag an und erreicht ein Maximum von 67 *km* (18·6 *m/sec*) in der Stunde von 12 bis 1^h a. Die Bora ist im nördlichsten Teil unserer Küste besonders stark, schwächer im Süden. Das Hochdruckgebiet — 775 *mm* — liegt über Siebenbürgen, ein Tiefdruckgebiet — 735 *mm* — über dem nördlichen Teil Norwegens.

20. April 1914. Die Borarichtung reicht nur bis zur Höhe von 300 *m*, sodann dreht der Wind über ESE nach SE, welche Richtung bis zur Höhe von 5800 *m* verfolgt werden kann. Die vom Anemographen angegebene Geschwindigkeit von 10·6 *m/sec* wird in der ersten Schichte bis 200 *m* nicht erreicht, 9·3 *m/sec*, hingegen in der nächsten Schichte von 200 auf 300 *m* mit 10·8 *m/sec* überschritten. Die Stärke nimmt sodann ab, bis zu 1 *m/sec* in der Höhe von 1200 *m* und hierauf nach erheblichen Schwankungen bis zu Einzelwerten von 17 und 20 *m/sec* zu. Die in der Nacht in Triest starke Bora, Maximum 59 *km* (16·4 *m/sec*) nimmt im Lauf des Vormittags ab, um nach 1^h p. auf westliche und später auf östsüdöstliche Winde überzugehen. Auch an diesem Tage ist die Bora nur an unserer nördlichen Küste stärker, im Süden schwach. Verursacht wird dieselbe durch einen hohen Luftdruck über dem Kontinent, mit Kernen von 772 *mm* über Norddeutschland und Böhmen-Mähren. Ein Tiefdruckgebiet von 745 *mm* liegt bei Island.

25. September 1914. An diesem Aufstiegstage reicht die Borarichtung bis zu 900 *m*. Hierauf dreht die Windrichtung über ESE nach S. Der Anemograph gibt eine Geschwindigkeit von 16·7 *m/sec* an, in der Schichte bis 200 *m* ergibt sich eine Geschwindigkeit von 14·4, die dann in den zwei nächsten 100 *m*-Stufen auf 28 und 36 *m/sec* ansteigt. Nach einer Abnahme auf 18 *m/sec* steigt die Geschwindigkeit wieder auf 28 *m/sec* in den Höhenstufen auf 700 und 800 *m* an, um sodann rasch bis zu 5 *m/sec* abzunehmen. Die Bora hält in Triest den ganzen Tag an, die Stärke schwankt nur zwischen 42 und 66 *km*. An unserer ganzen Küste herrscht Bora. Das Hochdruckgebiet von 770 *mm* liegt über dem östlichen Teil von Zentraleuropa, ein Tiefdruckgebiet von 750 *mm* ist im Westen Norwegens und relativ niederer Luftdruck — 762 *mm* — im südlichen Teile der Adria zu bemerken.

In diesen Fällen, mit der in der Höhe auftretenden Rechtsdrehung nach SE, reicht die Bora im allgemeinen nicht so hoch hinauf wie bei den früher erörterten Aufstiegen, mit der in der Höhe eintretenden Linksdrehung nach NW. Nur in zwei Fällen ist die Borarichtung in größerer Höhe zu entnehmen, wobei aber schon früher eine Unterbrechung durch südöstliche Windrichtungen stattfindet. Bei diesen zwei Aufstiegen ist die Unterbrechung durch südöstliche Winde zwischen 300 und 900, beziehungsweise 1000 *m* zu entnehmen. Die neuerlich auftretende Borarichtung geht dann noch bis 2200 *m*, beziehungsweise 1400 *m*. In den übrigen fünf Fällen reicht die Bora nur auf kleine Höhen, die zwischen 200 und 900 *m* liegen.

Hervorzuheben wäre, daß in diesen Fällen der hohe Luftdruck niemals im Westen von Europa auftritt, sondern stets im östlicheren Teile des Kontinentes. Für die Bora in den unteren Schichten wirken auch hier nebst der antizyklonalen Luftdruckverteilung die mitunter auftretenden Depressionen über der Adria, Süditalien oder dem westlichen Mittelmeer mit.

Die Rechtsdrehung nach Südosten in den oberen Luftschichten, welche im allgemeinen als die normale Drehung der Windrichtung zu betrachten ist, wird hier in einigen Fällen unterstützt werden, durch die im Nordwesten von Norwegen gleichzeitig auftretenden stärkeren Depressionen.

Was nun die Stärke der Bora anbelangt, siehe auch *B* in Fig. 2, so ist hier noch ein Unterschied im Vergleiche zu den früher erörterten Fällen zu bemerken. Die Bora ist in der Schichte von 200 auf 300 *m* und in der Höhe von 300 auf 400 *m* größer als in der oberflächennahen Schichte. Hierauf findet eine Abnahme statt und erst in den hohen Luftschichten ist wieder die normale Zunahme der Luftbewegung zu bemerken.

Diese Fälle ergaben nachfolgende Mittelwerte der Geschwindigkeit in den Höhenstufen von 100 zu 100 *m*:

bei 81 <i>m</i>	bis 200	300	400	500	600	700	800	900	1000 <i>m</i>
12·1	11·8	13·5	13·2	8·7	7·2	9·2	8·6	7·9	6·3 <i>m/sec.</i>

Wenn in der Höhe des Anemographen für diese Aufstiege eine mittlere Windstärke von 12·1 *m/sec* resultiert, so ist dieselbe in der Schichte bis zu 200 *m* nur unbedeutend kleiner, 11·8 *m/sec*, jedoch in der Höhenschichte von 200 auf 300 *m* größer, 13·5 *m/sec*, und auch noch in der Höhe auf 400 *m* größer, 13·2 *m/sec*, als in der bodennahen Schichte. Erst von hier aus findet bei vorherrschenden südöstlichen Richtungen eine Abnahme der Geschwindigkeit statt.

Eine anhaltende oder zumindest vorherrschende Windrichtung aus dem 1. Quadranten wurde bei 21 Aufstiegen beobachtet. Diese sind nebst einer kurzen Charakterisierung des Windes in der untersten Luftschichte in Triest und längs unserer Küste, wie auch der barometrischen Situation in Europa in der Tabelle 18 ersichtlich.

An diesen 21 Aufstiegstagen ist bei 13 Fällen die Borarichtung ohne Unterbrechung bis zur letzt-erreichten Höhenstufe zu beobachten. Diese Höhen sind bei einigen Aufstiegen allerdings klein, eine später eintretende Rechts- oder Linksdrehung ist natürlich nicht ausgeschlossen. Zwei Fälle reichen bis zur Höhe von 700 *m*, 6 Fälle bis zu Höhen zwischen 1300 und 1900 *m*, 2 Aufstiege gehen bis zu 2200 *m*, wieder 2 bis zu Höhen von 3000 und 3400 *m* und ein Aufstieg zeigt bis zur Höhe von 4300 *m* stets Windrichtungen aus dem 1. Quadranten. Für die Mehrzahl dieser Fälle ist hervorzuheben, daß die Bora in Triest den ganzen Tag über anhält und daß dieselbe auch längs unserer ganzen Küste zu beobachten ist.

Zwei Pilotanvisierungen zeigen eine Unterbrechung durch nordnordwestliche Windrichtungen, die eine in den Höhenstufen von 2600 bis 3400 *m*, die andere von 4000 auf 4800 *m*. Im erstgenannten Falle konnten die wieder auftretenden nordöstlichen Richtungen bis zur großen Höhe von 7200 *m*, im zweiten Falle sogar bis 9600 *m* verfolgt werden. Bemerkenswert für das Auftreten der nordwestlichen Richtungen ist, daß in beiden Fällen das Hochdruckgebiet in Westeuropa liegt.

Sechs Fälle zeigen eine zeitweilige Unterbrechung durch südöstliche Richtungen, welche Unterbrechungen aber in mäßigen Höhen stattfinden. Zweimal beginnt dieselbe bei 400 *m*, zweimal bei 600 *m*, je einmal bei 1000 *m* und 1200 *m*. Die hierauf wieder eingetretene vorherrschend nordöstliche Richtung konnte viermal bis zu Höhen zwischen 2500 und 2800 *m* betrachtet werden, einmal bis zu 4200 *m* und einmal bis zur Höhe von 5700 *m*. Das Hochdruckgebiet liegt an diesen Beobachtungstagen in Osteuropa oder im östlichen Mitteleuropa.

Es kann demnach hervorgehoben werden, daß die Borarichtung bis zu Höhen von 6000, 7000 und fast 10.000 *m* beobachtet wurde, bei einer mitunter in einer Zwischenschichte auftretenden Unterbrechung durch südöstliche oder nordwestliche Winde, wobei die Unterbrechung durch südöstliche Winde in kleineren Höhen stattfindet, als die Unterbrechung durch nordwestliche Richtungen.

Diese Aufstiege werden auch herangezogen, um die mittlere Geschwindigkeit in den einzelnen Höhenlagen bei anhaltender Borarichtung zu bestimmen.

Tabelle 18.

Pilotballonaufstiege an Boratagen mit Windrichtungen aus dem 1. Quadranten bis zur höchst erreichten Höhe.

Datum und Beginn des Aufstieges	Pilotballon		Bora				Barometrische Situation Hoch- und Tiefdruckgebiet <i>mm</i>
	erreichte Höhe <i>m</i>	Unter- brechung durch andere Wind- richtungen	Triest		an unserer Küste		
				Extreme <i>km</i> <i>h</i>			
1912 17. April 1 ^h 52 ^m p.	5700	ESE von 600—1100	ganzen Tag	47 23	11—12 p. 6—7 p.	fast ganze Küste, stärker im N	775 im Osten Europas. 755 an der algerischen Küste.
1. Mai 9 ^h 54 ^m a.	700	keine	»	74 51	3—4 a. 8—9 p.	»	770 Biskayasee. 756 Mittelitalien und südliche Adria.
2. Mai 10 ^h 44 ^m a.	2600	ESE von 1000—1500	»	64 23	5—6 a. 9—10 p.	bis Lissa, stärker im N	765 Mitteleuropa. 760 mittleres Mittelmeer.
3. Mai 11 ^h 43 ^m a.	9600	NNW von 4000—4800	bis 2 ^h p., dann NW und SE	31 5	4—5 a. 9—10 p.	ganze Küste	765 Westeuropa. 755 Ionisches Meer.
9. Mai 9 ^h 29 ^m a.	1900	keine	bis 4 ^h p., dann NW, NE, SE, SW	49 4	2—3 a. 7—8 p.	»	770 West- und Mitteleuropa. 761 Griechenland.
7. November 9 ^h 31 ^m a.	1300	»	ganzen Tag	46 7	8—9 a. 11—12 p.	» stark im S	775 Mittel- und Osteuropa. 755 Ionisches Meer.
23. November 10 ^h 1 ^m a.	700	»	»	83 53	9—10 a. 4—5 a.	ganze Küste, stark im N	775 Mitteleuropa. 755 Sizilien.
3. Dezember 9 ^h 38 ^m a.	1500	»	»	49 10	4—5 a. 8—9 a.	ganze Küste	775 Spanien. 760 südliche Adria und Süditalien.
5. Dezember 10 ^h 37 ^m a.	2800	ESE von 600—1000	bis 10 ^h p., dann ESE	75 18	3—4 a. 11—12 p.	»	775 östliches Mitteleuropa. 760 Ionisches Meer.
6. Dezember 9 ^h 16 ^m a.	3000	keine	von 1—9 ^h a. und 4—6 ^h p. SE	60 11	7—8 p. 4—5 a.	»	770 Osteuropa 760 Ägäisches Meer.
1913 8. August 8 ^h 56 ^m a.	1400	»	bis 6 ^h p., dann SE	70 4	12—1 a. 6—7 p.	nur im N	760 Mitteleuropa. 756 südliche Adria
23. August 9 ^h 38 ^m a.	4300	»	bis 8 ^h p., dann SE	26 4	10—11 a. 8—9 p.	ganze Küste	765 Östliches Mitteleuropa. 760 südliche Balkanhalbinsel.

Datum und Beginn des Aufstieges	Pilotballon		Bora				Barometrische Situation Hoch- und Tiefdruckgebiet <i>mm</i>
	erreichte Höhe <i>m</i>	Unter- brechung durch andere Wind- richtungen	Triest			an unserer Küste	
				Extreme			
				<i>km</i>	<i>h</i>		
1913 16. Oktober 9 ^h 4 ^m a.	7200	NNW von 2600—3400	bis 8 ^h a. SE	69 2	8—9 p. 7—8 a.	teilweise	770 Westeuropa. 755 bei Malta.
8. Dezember 9 ^h 39 a.	1600	keine	ganzen Tag	64 18	12—1 a. 4—5 p.	bis Cattaro	770 Westeuropa. 751 Ionisches Meer.
1914 20. Jänner 9 ^h 9 ^m a.	2800	SE von 400—1500 <i>m</i>	»	74 31	7—8 a. 9—10 p.	stark im N	770 Osten von Europa. 752 Ionisches Meer.
24. Jänner 8 ^h 50 ^m a.	4200	ESE von 400—600	ESE um 3 ^h p., 6 ^h p., 10—12 p.	39 8	12—1 a. 2—3 p.	»	774 östliches Mitteleuropa.
4. März 8 ^h 58 ^m a.	1600	keine	bis 9 ^h p., dann SE	68 4	5—6 a. 11—12 p.	ganze Küste	775 Südwesten von Europa. 750 südliche Adria.
16. April 9 ^h 5 ^m a.	2200	»	ganzen Tag	83 14	1—2 a. 10—11 p.	stark im N	775 Nordwesten von Europa. 755 Tunis.
17. April 9 ^h 14 ^m a.	3400	»	»	60 12	10—11 a. 12—1 a.	ganze Küste	775 nördliches Mitteleuropa. 755 Südwesten.
22. August 9 ^h 0 ^m a.	2200	»	»	57 25	6—7 a. 5—6 p.	stärker im N	765 Osten und Westen von Europa. 757 Süditalien und südliche Adria.
29. August 9 ^h 0 ^m a.	2500	ESE von 1200—2000	»	50 19	11—12 p. 1—2 a.	nur im N	770 Nordwesten und Nordosten Europas. 760 Sardinien.

Nach den für 500 *m* Höhenstufen abgeleiteten mittleren Differenzen ergeben sich nachfolgende mittlere Geschwindigkeiten bei vorherrschender Borarichtung:

bei 81 <i>m</i>	bis 500	1000	1500	2000	2500	3000	3500 <i>m</i>
10·9	7·9*	8·1	8·5	8·2	8·4	8·2	9·2 <i>m/sec</i>
	bis 4000	4500	5000	5500	6000	6500 <i>m</i>	
	10·4	10·8	11·4	11·8	11·9	10·3 <i>m/sec</i>	
	bis 7000	7500	8000	8500	9000	9500 <i>m</i>	
	9·9	9·9	9·9	10·3	9·7	9·0 <i>m/sec</i>	

Die Windgeschwindigkeit, siehe auch B_2 in Fig. 1, ist in den ersten Schichten kleiner als in der Anemographenhöhe. Das Mittel der bei Beginn der Aufstiege vom Anemographen angegebenen Geschwin-

digkeit beträgt 10.9 m/sec . In der ersten Schichte bis 500 m resultiert eine mittlere Geschwindigkeit von 7.9 m/sec und ändert sich dieselbe bis zur Höhe von 3000 m nur um geringe Beträge. Von dieser Höhe an nimmt die Windstärke bis auf 11.8 und 11.9 m/sec in den Schichten von 5000 auf 6000 m zu, um dann neuerdings kleiner zu werden. Diese Zunahme entspricht dem Maximum, welches bei der Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit aus sämtlichen Aufstiegen in der Höhenschichte bei 5000 m gefunden wurde.

Die mittlere Geschwindigkeit in den Schichten bis zu 3500 m resultiert mit rund 8 m/sec , in den hierauf folgenden Schichten bis zu 6500 m mit 11 m/sec und in den nächsthöheren Schichten bis 9500 m mit 10 m/sec .

Die vom Anemographen angegebene Geschwindigkeit wird erst in den Höhen von 4500 auf 6000 m erreicht und überschritten.

Um das Verhalten der Windstärke in den untersten Schichten bis zu 1000 m Höhe zu untersuchen, wurden aus 18 lückenlosen Beobachtungen die mittleren Geschwindigkeiten in 100 m Höhenstufen abgeleitet.

Die erhaltenen Geschwindigkeiten sind nachfolgende:

bei 81 m	bis 200	300	400	500	600	700	800	900	1000 m
10.4	6.2_{g}	8.4	8.0	8.3	6.5_{g}	8.3	8.2	8.7	8.4 m/sec

Es ergibt sich daraus, B_2 in Fig. 2, daß die Geschwindigkeit in der ersten Schichte bis zu 200 m klein ist, 6.2 m/sec , sie nimmt sodann auf rund 8 m/sec bis zur Höhe von 500 m zu, um in der Höhenstufe von 500 auf 600 m wieder auf 6.5 m/sec abzunehmen. Hierauf folgt eine neuerliche Zunahme auf etwas über 8 m/sec .

Die kleine Geschwindigkeit in der Höhe von 200 m und das sekundäre Minimum bei 600 m , die aus diesen wenigen Beobachtungen resultieren, zeigen eine gewisse Übereinstimmung mit den zwei Minima, die bei Ableitung der mittleren Geschwindigkeit aus 150 Pilotballonanvisierungen erhalten wurden.

Bei gleichzeitiger Betrachtung des in Fig. 2 dargestellten Ganges der Geschwindigkeiten ist die in den Mittelwerten M ersichtliche Verminderung der Geschwindigkeit zur Höhe von 200 m bei allen drei Boragruppen ersichtlich, namentlich mit der bei B_1 und B_2 auftretenden starken Abnahme zusammenhängend. Alle drei Boragruppen zeigen hierauf eine Zunahme der Windstärke. B und B_2 lassen bei 600 m neuerlich eine kleine Geschwindigkeit erkennen, welche im allgemeinen Mittel noch durch die kleine Verminderung der Geschwindigkeit zum Ausdruck kommt.

Zwei Fälle, die nicht in eine der bisher erörterten Gruppen ohneweiters eingereiht werden können, sollen hier gesondert betrachtet werden und zwar die Aufstiege des 29. September 1913 und des 9. April 1914. Beide beginnen mit Bora und enden mit westlichen Winden. Im ersten Fall reicht die Bora jedoch nur auf eine sehr kleine Höhe, hierauf folgen südöstliche Richtungen, die zum Schluß über SW in WNW übergehen. Im zweiten Fall geht die Bora bis zu beträchtlichen Höhen, geht dann über Nord nach Südwest und Süd, um schließlich wieder über Südwest nach West zu drehen.

29. September 1913. Die Bora als solche herrscht hier nur in den untersten Schichten, da schon in der Höhe von 200 m östliche Richtung zu entnehmen ist, welche bis 400 m anhält. Hierauf dreht der Wind nach SE und kommt aus dieser Richtung bis 1200 m Höhe. Von 1200 bis 1600 m tritt wieder ENE auf, um dann über SE nach SW zu drehen und diese Richtung von 1800 bis 2300 m beizubehalten. Hier zeigt die Ballonbahn eine Schleife im Sinne der Uhrzeigerbewegung, von SW über NW nach ESE. Die Windrichtungen aus dem 2. Quadranten halten dann bis zur Höhe von 4300 m an. Hier ist eine zweite Schleifenbildung zu entnehmen, die Richtung geht über SW, W nach SE (4700 m) und ENE (4800 m), um wieder auf SW zurückzugehen. Von 5000 m aufwärts ist eine anhaltende WNW-Richtung bis zur erreichten Höhe von 8200 m zu ersehen.

Die Geschwindigkeit von 7.2 m/sec bei Beginn des Aufstieges steigt auf 8 m/sec in der Höhe von 400 m , um sodann rasch abzunehmen. Von 500 bis 6000 m schwankt die Geschwindigkeit in den einzelnen 100 m -Höhenstufen zwischen 6.0 und 0.3 m/sec . Erst von 6000 m aufwärts nimmt die Geschwindigkeit regelmäßig bis auf den größten Wert von 22.5 m/sec zu.

Die Mittelwerte in 500 m Höhenstufen sind nachfolgende:

bei 81 m	bis 500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000 m
7.2	6.6	3.8	2.4	2.3	2.5	3.2	4.2	4.8 m/sec
ENE	E	ESE	E	SSW	SSW	SE	ESE	SE
4500	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8200 m
3.5	1.1	3.2	4.1	6.3	8.0	11.8	16.3	22.5 m/sec
S	SW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW	WNW

In der untersten Luftschichte hält die Bora in Triest den ganzen Tag an, die Stärke ist vormittags größer, das Maximum erreicht 58 km (16.1 m/sec) in der Stunde von 2 bis 3^{h} a. Am Morgen dieses Tages ist die Bora längs unserer ganzen Küste mit mäßiger Stärke zu entnehmen. Die barometrische Situation ist durch ein Hochdruckgebiet von 775 mm im Osten von Europa charakterisiert, während ein Tiefdruckgebiet von 755 mm im Südwesten von Europa lagert.

9. April 1914. Die Borarichtung reicht hier bis zur Höhe von 3000 m . Von 3000 auf 4800 m ist die Windrichtung vorherrschend aus N. Von hier aus dreht dieselbe über WSW, SW nach S, welche Richtung bis zu 7600 m anhält. In den nachfolgenden Höhen dreht die Windrichtung wieder über SW in eine vorherrschend westliche Richtung, welche bis zur erreichten großen Höhe von 13800 m anhält.

Bei Beginn des Aufstieges zeigt der Anemograph eine Geschwindigkeit von 8.6 m/sec . Die Geschwindigkeit nimmt bis zur Höhe von 400 m auf 10.7 m/sec zu, zeigt sodann eine Abnahme bis zu 6.0 m/sec bei 900 m und hierauf immer noch bei anhaltender Borarichtung eine Zunahme bis zu 17.2 m/sec . In der vorherrschend nördlichen Richtung hält sich die Geschwindigkeit zwischen 12 und 6 m/sec . In der südwestlichen und südlichen Richtung, von 4800 auf 7600 m schwankt die Geschwindigkeit zwischen 3.2 und 15.6 m/sec , während in der hierauf vorherrschenden westlichen Richtung sich die Geschwindigkeit innerhalb der Grenzen von 1.2 und 14.8 m/sec bewegt.

Für 500 m Höhenstufen resultieren nachfolgende Mittelwerte:

bei 81 m	bis 500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000 m
8.6	10.0	7.0	10.4	13.0	15.8	13.5	11.6	10.6	7.6	6.0 m/sec
ENE	NE	NNE	NNE	NNE	NNE	NNE	N	N	N	W
bis 5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500	9000	9500	10000 m	
11.1	9.0	11.4	13.6	14.3	11.3	6.0	5.0	3.9	4.9 m/sec	
SW	SSW	S	S	S	SW	W	W	SW	WSW	
bis 10500	11000	11500	12000	12500	13000	13500	13800 m			
5.8	8.7	13.7	11.9	9.5	11.8	8.5	10.6 m/sec			
WSW	WSW	W	W	WSW	W	WSW	W			

Diese Mittelwerte zeigen die größte Windstärke in der Höhe zu 2500 m bei NNE-licher Richtung.

An diesem Tage ist zu Triest in der ersten Tageshälfte anhaltende Bora zu beobachten, die Geschwindigkeit nimmt von 64 km (17.8 m/sec) um Mitternacht bis zu 19 km (5.3 m/sec) um 1^{h} p. ab. Hierauf treten mäßige westliche und zum Schlusse schwache östsüdöstliche Winde auf. Längs unserer Küste ist die Bora nur im nördlichen Teile zu bemerken, in Süddalmatien herrscht Scirocco. Hervorgerufen ist die Bora durch eine sekundäre Depression in der südlichen Adria mit 752 mm und durch einen aus Westen gegen Mitteleuropa vordringenden Keil eines über 760 mm hohen Luftdruckes.

Eine Übereinstimmung mit den früher erörterten Fällen ist insofern zu bemerken, daß im ersten Aufstieg bei Eintreten einer oberen südöstlichen Strömung die Bora sich nur auf eine geringe Höhe erstreckt und das Hochdruckgebiet im Osten Europas liegt und beim zweiten Aufstieg, wo eine Drehung über Norden stattfindet, die Bora auf beträchtlichere Höhe hinaufreicht und das keilartige Vorrücken höheren Luftdruckes aus Westen gegen Mitteleuropa zu bemerken ist.

Zwei Aufstiege bei Bora bleiben noch zu erörtern. Bei beiden ist schon in kleineren Höhen eine Drehung der Windrichtung nach SE zu bemerken, welche jedoch mit zunehmender Höhe auf östliche und nordöstliche Richtungen zurückdreht, um schließlich wieder auf SE überzugehen. Diese Richtung erleidet aber eine neuerliche Störung, in dem einen Falle durch südwestliche, in dem andern Falle durch abermaliges Auftreten von östnordöstlichen Winden, um schließlich doch mit einer südöstlichen Richtung zu enden.

31. Dezember 1913. Hier zeigt der Anemograph zu Beginn des Aufstieges 13.6 m/sec . Die Geschwindigkeit nimmt bis zu 20.8 m/sec in der Höhe von 300 auf 400 m bei reinem ENE zu. Der Wind dreht in den nächsten 300 m auf östlichere Richtung bei abnehmender Stärke, 6 m/sec , um in der Höhe von 700 bis 1200 m eine südöstliche Richtung einzuschlagen, mit Geschwindigkeiten von nur 3 bis 4 m/sec . Hierauf tritt neuerlich eine nordöstliche Richtung auf, mit Geschwindigkeiten zwischen 3 und 5 m/sec , die bis zur Höhe von 2000 m verfolgt werden konnte, um nachher wieder auf südöstliche Richtung bis 2600 m mit noch kleinerer Geschwindigkeit überzugehen. Diese aus Südosten kommenden Winde erleiden aber in der Höhe von 2400 auf 2500 m eine kurze Unterbrechung durch eine plötzlich auftretende südwestliche Richtung. In Triest ist in der Bodenschichte den ganzen Tag anhaltende Bora zu bemerken, deren Geschwindigkeit in den ersten Morgenstunden 60 km (16.7 m/sec) erreicht, am Nachmittag auf 39 km (10.8 m/sec) abnimmt, bei einer neuerlichen Zunahme gegen Mitternacht auf 59 km (16.4 m/sec). Die Bora erstreckt sich morgens nur auf den nördlichen Teil unserer Küste, in Süddalmatien kommen starke südwestliche Winde vor. Diese Windverteilung wird durch ein Tiefdruckgebiet von 755 mm über Sardinien, Mitteleitalien und der mittleren Adria verursacht.

21. August 1914. Hier reicht die Bora nur bis 400 m Höhe. In der bodennahen Schichte gibt der Anemograph 8.9 m/sec an, die Geschwindigkeit steigt in der Schichte bis zu 200 und 300 m auf 13 und 12 m/sec . Von 400 auf 1200 m Höhe tritt SE-Wind auf, mit abnehmender Geschwindigkeit bis zu 1 m/sec . Nach einer Drehung auf östliche Richtung, mit Geschwindigkeiten von 1 bis 6 m/sec , folgt neuerdings in den Höhen von 2400 bis 4600 m eine ausgesprochene südöstliche Richtung, 2 bis 8 m/sec , welche nach einer kurzen Unterbrechung von 4600 auf 5400 m durch östliche und nordöstliche Windrichtungen, mit 2 bis 4 m/sec , wieder auf eine südöstliche Richtung übergeht, mit kleinen Geschwindigkeiten von 1 bis 2 m/sec , die bis 6000 m Höhe verfolgt werden konnte. Die Bora hält in Triest den ganzen Tag an, mit kleinen Schwankungen in ihrer Stärke, zwischen 46 und 23 km (12.8 und 6.4 m/sec). Auch hier erstreckt sich die Bora nur auf unsere nördliche Küste, im Süden sind südöstliche Winde vorherrschend. Ein Hochdruckgebiet über 765 mm über Osteuropa und ein relativ niedriger Luftdruck, 761 mm , über Italien kennzeichnet die Wettersituation.

Diese zwei Fälle zeigen eine Analogie mit den früher besprochenen 7 Aufstiegen mit der in der Höhe eingetretenen Rechtsdrehung von Bora auf Scirocco. Die Bora reicht nur auf kleinere Höhen, die Stärke der Bora nimmt in der Höhe von 300 bis 400 m zu. Hoher Luftdruck liegt im Osten des Kontinentes, beziehungsweise tiefer Luftdruck im Süden.

Auch in den oben erörterten sieben Aufstiegen ist bei einigen, bei welchen sich die Beobachtung nur auf geringere Höhen erstrecken konnte, nicht auszuschließen, daß in größeren Höhen eine neuerliche Schwankung zwischen südöstlichen und nordöstlichen Richtungen hätte auftreten können.

Vereinigen wir die Geschwindigkeiten dieser zwei Aufstiege mit den der früheren sieben Fälle, so resultieren nachfolgende mittlere Geschwindigkeiten in je 100 m Höhenstufen bis zur Höhe von 1000 m :

bei 81 m	bis 200	300	400	500	600	700	800	900	1000 m
11.9	12.2	13.8	13.6	8.2	7.1	8.4	7.7	6.5	5.2 m/sec .

Die Stärke der Bora ist in den Höhen von 300 und 100 m mit 13.8 und 13.6 m/sec die größte.

Tabelle 19.

Pilotballonaufstiege an Scirocotagen.

Datum und Beginn des Aufstieges	Pilotballon			Scirocco				Barometrische Situation Tiefdruckgebiet <i>mm</i>
	Windrichtung aus			Triest		an unserer Küste		
	2. Quadrant	Süd	3. Quadrant		Maximum			
					<i>km</i>		<i>h</i>	
<i>m</i>								
1912 22. März 12 ^h 45 ^m p.	nur in der untersten Schlechte	bis 1400	bis 1600	10 a. — 1 p. SW	22	8—9 p.	im nördl. Teile	735 Nordsee.
2. Okt. 8 ^h 34 ^m a.	»	500	1200	10 a. — 3 p. SSW	27	5—6 p.	fast ganze Küste	730 Ostsee (östl. Teil).
3. Okt. 8 ^h 47 ^m a.	bis 300	500	1900	ganzen Tag.	30	6—7 p.	ganze Küste	730 Nordosten Europas. Sekundäres Minimum 751 Südwesten von Europa.
23. Okt. 8 ^h 57 ^m a.	700	1000	3100	»	13	3—4 a.	teilweise auch Winde aus SW	745 England. 747 Oberitalien.
31. Okt. 8 ^h 57 ^m a.	400	500	800	»	35	7—8 a.	bis Lissa	745 Südsandinavien und Nordsee. Sekundäres Minimum 755 Norditalien.
1913 10. Juli 10 ^h 40 ^m a.	400	1000	—	1 p. — 7 p. SW und S	21	1—2 p.	fast ganze Küste	755 Südschweden. V-Depression unter 760 über Westeuropa.
15. Sept. 9 ^h 11 ^m a.	200	400	1800	10 a. — 2 p. SSW	20	9 a., 12 m., 6. p.	ganze Küste	740 Irland. Rinne unter 755 <i>mm</i> gegen das westliche Mittelmeer.
30. Sept. 9 ^h 21 ^m a.	900	1200	3600 bis 3800 W	12—2 p. SW und W 6—8 p. ENE	18	9—10 a.	bis Lissa	755 Südwesten Europas.
8. Okt. 9 ^h 5 ^m a.	800	2000	—	5—7 a. ENE 2—4 p. W.	17	11 a. — 12	ganze Küste	754 England. Tiefdruckausläufer unter 755 <i>mm</i> über dem westlichen Mittelmeer.
21. Okt. 9 ^h 8 ^m a.	800	2400 mit Schwankun- gen nach SSE und SSW	3500, bis 5000 Süd. bis 8400 Süd mit Schwankun- gen nach SSW und SSE	11 a. — 5 p. W 8 p. — 12 NE	9	2—3 p.	nur im nörd- lichsten Teile (im südlichen Teil NW und N infolge der sekundären Depression)	740 westlich von Schott- land. Ausläufer unter 755 über der Biskayasec. (Sekundäre Depression im Jonischen Meer).

Datum und Beginn des Aufstieges	Pilotballon			Sirocco					Barometrische Situation Tiefdruckgebiet <i>mm</i>
	Windrichtung aus			Triest			an unserer Küste		
	2. Quadrant	Süd	3. Quadrant		Maximum				
					<i>km</i>	<i>h</i>			
<i>m</i>									
1913 29. Okt 9 ^h 51 ^m a.	800	1000	2400	ganzen Tag	23	3—4 p.	bis Lissa	735 Irland.	
5. Nov. 10 ^h 32 ^m a.	800	900	—	7—9 a. NE	8	8—9 p.	bis Lesina	745 nordwestlich von England. Sekundäre Depression unter 760 Norditalien und Korsika.	
1914 23. Febr. 9 ^h 12 ^m a.	800	1600	—	5—7 p. SW und W	37	10—11 a.	ganze Küste	725 Schottland. Sekundäres Minimum 742 Oberitalien.	
29. Mai 9 ^h 10 ^m a.	900	1600	3800	mehrfache Unter- brechungen NE und W. 13 Stunden mit Sirocco	13	1—2 p.	bei Triest, Lesina und Lissa	755 Nordwesten von Schottland. Sekundäre Depression unter 760 Nordrand des west- lichen Mittelmeeres.	
3. Juli 9 ^h 0 ^m a.	700	900	2000	mehrfache Unter- brechungen ENE und W. 14 Stunden mit Sirocco	17	12—1 p.	bis Lissa	755 Nordsee. Sekundäres Minimum 758 Tyrrhenisches Meer.	
17. Aug. 9 ^h 10 ^m a.	500	1000	2700	11 a.—7 p. SW—NNW	19	1—2 a.	ganze Küste	755 Oberitalien.	
11. Sept. 9 ^h 0 ^m a.	500	600	6200	10 a.—9 p. SW—WNW	10	11 a.—12	vielfache Kalmen	750 Nordwesten von Europa. Sekundäre Depression 760 westliches Mittelmeer.	

Pilotballonanvisierungen an Siroccotagen. Pilotballonaufstiege bei ausgesprochenem Sirocco können infolge der hierbei auftretenden stärkeren Bewölkung und Regenneigung seltener stattfinden. Immerhin konnten aus dieser Beobachtungsreihe 17 Fälle hervorgehoben werden, an welchen in Triest nicht nur zur Zeit des Aufstieges, sondern auch tagsüber südöstliche Winde herrschten und überdies längs unserer Küste zur Zeit der Morgenbeobachtung Sirocco zu entnehmen war.

In der vorhergehenden Tabelle 19 sind diese Fälle angeführt und gleichzeitig mit Schlagworten die Lage und Tiefe der barometrischen Depression über Europa, die Windverhältnisse in Triest (wobei Unterbrechungen der Siroccorichtung durch eine einzige Stunde unberücksichtigt blieben) und die längs unserer Küste angegeben.

Der Scirocco kommt in Triest zum größten Teile mit verhältnismäßig geringerer Stärke vor, doch konnten an diesen 17 Aufstiegtagen bei 10 Fällen Maximalgeschwindigkeiten mit und mehr als 5 m/sec (18 $km/St.$) entnommen werden, in drei Fällen von und über 30 Stundenkilometer.

Die an diesen Tagen herrschende barometrische Situation wird hauptsächlich gekennzeichnet durch Tiefdruckgebiete im Norden und namentlich Nordwesten von Europa, mit sekundären Depressionen im Südwesten des Kontinentes, beziehungsweise im westlichen Mittelmeer und über Oberitalien.

Infolge der bei diesem Scirocco auftretenden größeren Bewölkung konnten sich die Beobachtungen nur auf kleine Höhen erstrecken. Zweimal endete der Aufstieg unter 1000 m , achtmal wurden Höhen zwischen 1000 und 2000 m erreicht, fünfmal verschwand der Ballon in den Wolken zwischen 2000 und 4000 m , einmal konnte derselbe jedoch bis 6200 m und einmal sogar bis 8400 m Höhe verfolgt werden.

In sämtlichen Fällen fand stets regelmäßig die Drehung der Winde aus dem 2. Quadranten über Süd zu Richtungen aus dem 3. Quadranten statt. Die Höhen, bis zu welchen die einzelnen Richtungen reichten, sind in den drei ersten Reihen der Tabelle 19 ersichtlich. Die bei den Aufstiegen erreichten größten Höhen sind gleichzeitig aus der 3. und 2. Reihe zu entnehmen.

Die Sciroccorichtung (Winde aus dem 2. Quadranten) reicht nur auf geringe Höhen; bei diesen 17 Aufstiegen im Maximum bis zur Höhe von 900 m . Zweimal fand die Rechtsdrehung nach Süden gleich statt, so daß die südöstliche Richtung nur vom Anemographen (81 m Höhe) angegeben wurde. Bei je einem Aufstieg reicht der Scirocco nur bis 200 und 300 m , je zweimal bis 400, 500 und 700 m , fünfmal bis 800 m und wieder zweimal bis 900 m .

Eine gewisse Höhe hindurch hält sich die reine Südrichtung. Die weitere Rechtsdrehung auf südwestliche Richtungen findet mitunter schon in kleinen Höhen statt, 400 und 500 m . Bei 1000 und unter 1000 m Höhe wurde die Drehung auf südwestliche Richtungen in diesen 17 Aufstiegen bei zehn Fällen beobachtet.

Die bei diesen Aufstiegen beobachteten Geschwindigkeiten sind in Tabelle 20 für je 500 m Höhenstufen zusammengestellt.

Die nach den mittleren Differenzen abgeleiteten Geschwindigkeiten, siehe auch S in Fig. 1, für diese Höhenstufen sind nachfolgende:

bei 81 m	bis 500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000 m
3·6	5·8	7·3	8·5	9·9	11·5	12·1	12·1	13·7 $m/sec.$
bis 4500 m	5000	5500	6000	6500	7000	7500	8000	8500 m
13·4	12·4	10·6	11·1	10·5*	12·0	13·2	12·4	13·9 $m/sec.$

Bis 4000 m ist eine regelmäßige Zunahme der Geschwindigkeit von 3·6 auf 13·7 m/sec zu entnehmen, hierauf findet eine Abnahme auf 10·5 m/sec bis 6500 m Höhe statt, um in größeren Höhen neuerdings anzusteigen. Die geringe Anzahl der Beobachtungen genügt nicht, um diese Abnahme als erwiesen anzunehmen. Jedenfalls kann aber auf die Zunahme der Geschwindigkeit bis zu 4000 m hingewiesen werden. Auch die einfache Mittelbildung der in Tabelle 20 mitgeteilten Geschwindigkeiten lassen bis 4000 und 4500 m Höhe ein Anwachsen der Geschwindigkeit erkennen, allerdings mit geringeren Werten (rund 9 m/sec) als die oben angeführten.

Diese ergeben bis zu 500 m ein rasches Anwachsen von 2 m/sec , hiernach durchschnittlich 1 m/sec für je 500 m Höhenunterschiede.

Die Abnahme der Geschwindigkeit bei Scirocco, S in Fig. 1, von 4000 auf 6500 m und die an Boratagen, B_2 , von 6000 m aufwärts, beeinflussen den Gang der allgemeinen Mittelwerte der Windgeschwindigkeit, M_m , welche Geschwindigkeit, wie auch eingangs erwähnt wurde, von 5000 bis 7000 m von 7·7 auf 6·5 m/sec sinkt, wie auch die mittleren Differenzen und den daraus ermittelten Gang, $M\Delta$, welcher in den Höhenschichten von 5000 bis 7000 m nur eine Zunahme von 0·4 m/sec für je 500 m aufweist.

Windverhältnisse in höheren Luftschichten.

651

Tabelle 20.

Pilotballonaufstiege an Scirocotagen.

Höhenstufen	1912					1913							1914				
	22. III.	2. X.	3. X.	23. X.	31. X.	10. VII.	15. IX.	30. IX.	8. X.	21. X.	29. X.	5. XI.	23. III.	29. V.	3. VII.	17. VIII.	11. IX.
81 m	3.8	2.5	5.3	3.1	9.7	4.4	5.6	2.2	0.0	0.6	1.4	1.1	9.7	3.3	2.5	4.7	0.8
500	6.4	3.7	8.6	5.1	12.4	5.3	6.3	2.3	7.0	2.2	3.0	2.2	14.6	4.5	3.2	9.5	1.1
1000	9.6	9.6	10.2	3.3	14.5	4.8	10.5	1.7	9.3	2.7	7.9	6.3	15.7	3.3	5.5	6.0	2.1
1500	12.7		13.9	6.8			16.4	2.7	8.4	1.7	8.6		12.1	3.8	4.8	7.9	3.6
2000			10.1	8.4			18.3	4.4	8.8	2.5	11.0			5.6	3.7	14.6	6.6
2500				9.5				7.1		3.7	13.1			7.8		16.5	6.8
3000				7.9				9.9		5.1				7.8		17.5	6.9
3500								7.7		6.2				7.3			8.6
4000								11.0		9.0				6.2			10.1
4500										8.3							10.2
5000										6.0							10.5
5500										3.7							9.2
6000										4.0							9.9
6500										3.4							
7000										4.9							
7500										6.1							
8000										5.3							
8500										6.8							

Aus den in den ersten Höhenschichten bis 1000 *m* von 100 zu 100 *m* angestellten Beobachtungen lassen sich nachfolgende mittlere Geschwindigkeiten bei Scirocco ableiten, siehe auch *S* in Fig. 2.

Bei 81 <i>m</i>	bis 200	300	400	500	600	700	800	900	1000 <i>m</i>
3.6	4.0	5.8	5.5	6.7	6.6	6.4	7.6	7.2	7.4 <i>m sec.</i>

Abgesehen von den bei der geringen Zahl von Aufstiegen unvermeidlichen unregelmäßigen Schwankungen ist eine Zunahme der Geschwindigkeit von der Bodenschicht nach aufwärts zu ershen. Am stärksten wächst die Geschwindigkeit an diesen Scirocotagen in der Höhenschicht von 200 auf 300 *m*, und zwar von 4 auf 6 *m/sec.*

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: 1916

Band/Volume: [92](#)

Autor(en)/Author(s): Mazelle Eduard

Artikel/Article: [Über die Windverhältnisse in den Luftschichten nach den Pilotballonbeobachtungen in Triest \(mit 4 Textfiguren\). 615-651](#)