

Windregistrierungen auf dem 150 m hohen Funkturm in Deutsch-Altenburg

Von

Arthur Wagner, Wien

(Vorgelegt in der Sitzung am 17. Juni 1926)

Im Herbst 1924 wurde die meteorologische Zentralanstalt er-
sucht, auf dem 150 m hohen Funkturm in Deutsch-Altenburg aus
rein praktischen Gründen ein registrierendes Anemometer aufzu-
stellen. Die Zentralanstalt kam diesem Ansuchen um so lieber
nach, als dadurch eine willkommene Ergänzung unserer Kenntnisse
über die Windverhältnisse in dem weiteren Gebiete um Wien zu
erwarten war.

Zwei Punkte sind es vor allem, für die die Windaufzeichnungen
auf der Hohen Warte bisher keinen befriedigenden Aufschluß geben
konnten: Der eine betrifft die rein praktische Frage, inwieweit bei
Stürmen die Windmaxima auf der Hohen Warte auch für ein
weiteres Gebiet als maßgebend angesehen werden können. Bisher
ging ich bei derartigen Gutachten von der gefühlsmäßigen Vor-
aussetzung aus, daß zwar bei Gewitterböen die Windstärke lokal
sehr verschieden sein könne, daß aber bei allgemein stürmi-
schem Wetter, bei welchem die Luft über einem großen Gebiet in
gleichmäßiger Bewegung begriffen ist, die Windstärke an ent-
sprechend frei aufgestellten Anemometern auch in einiger Entfernung
nur mäßige Unterschiede aufweisen dürfte. Ein Nachweis für die
Richtigkeit dieser Vermutung war aber sehr dringend.

Der zweite Punkt betrifft den täglichen Gang der Windstärke:
An allen hoch gelegenen Anemometerstationen wurde bisher ein
mittlerer täglicher Gang der Windstärke gefunden mit einem Maxi-
mum in der Nacht, einem Minimum ungefähr zu Mittag, also im
Gegensatz zum täglichen Ablauf in den bodennahen Schichten, in
welchen das Maximum bald nach Mittag, das Minimum in der
Nacht auftritt. G. Hellmann¹ zeigte nun, daß sowohl in Nauen
als auch an anderen sehr hoch aufgestellten Anemometern² bei
stürmischen Winden bis in die größten mit festen Stationen erreich-
baren Höhen der Bodentypus des täglichen Ganges (Maximum bei
Tag, Minimum in der Nacht) anzutreffen sei. Zu ganz entgegen-
gesetzten Ergebnissen kam J. v. Hann³ nach den Aufzeichnungen

¹ G. Hellmann, Über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten
der Atmosphäre. 1. bis 3. Mitteilung, Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., Berlin, 1914,
1917, 1919.

² Potsdam, Lindenberg, Straßburg-Münster, Jersey, Eiffelturm.

³ J. v. Hann, Einige Ergebnisse der anemometrischen Aufzeichnungen
Wien, 1873—1892. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. 102/II, 1893.

auf der Hohen Warte in Wien: Während in Wien in allen Jahreszeiten im Mittel aller Tage das Windmaximum nach Mittag, das Minimum in der Nacht auftritt, zeigte der tägliche Gang an stürmischen Tagen und in windreichen Monaten eine ausgesprochene doppelte Periode: Zum Mittagsmaximum tritt noch ein zweites, schwächeres bald nach Mitternacht, das Nachmittagsminimum ist stärker ausgeprägt als das Morgenminimum. Es ist von Interesse, zu untersuchen, ob es sich hier nur um eine rein lokale Beeinflussung handelt oder ob diese Erscheinung auch auf dem 150 *m* hohen Funkturm in Deutsch-Altenburg zu finden ist.

Brauchbare Zahlenwerte für die Zunahme der Windstärke mit der Höhe können aus den hier bearbeiteten Aufzeichnungen nicht erwartet werden: wenn auch die Entfernung Hohe Warte—Deutsch-Altenburg nicht allzugroß ist (59 *km*), so muß doch angenommen werden, daß Wien weitaus mehr durch die Alpen beeinflusst ist als Deutsch-Altenburg. Auf dem Funkturm war außer dem Anemometer, sowohl auf der untersten Plattform, in 7 *m* Höhe, als auch auf der obersten, in 151 *m* Höhe je eine Thermometerhütte mit Thermograph und Hygrograph aufgestellt, deren Aufzeichnungen aber nur qualitative Angaben über die Änderung mit der Höhe ermöglichen, da leider auf der obersten Plattform die Ablesung von trockenem und feuchtem Thermometer unterblieb.

Als Anemometer war ein kleines Schalenkreuz (wirksamer Durchmesser = 104 *mm*) von Fueß mit elektrischer Registrierung in Verwendung, das vor und nach der Registrierperiode (November 1924 bis Dezember 1925) durch längere Zeit mit dem großen Schalenkreuz auf der Hohen Warte verglichen wurde. Während der Umdrehungsfaktor sich während des ganzen Jahres nicht geändert hat, wurde eine geringe Zunahme der Reibungskonstante um 0·64 *m*/sek (2·3 *km*/h) festgestellt. Die Windangaben von Deutsch-Altenburg wurden durchwegs nach der Formel korrigiert: $v_0 = 3\cdot0 + v \times 0\cdot80$ (*km*/h); die von Wien nach der Formel: $v_0 = 3\cdot0 + v$ (*km*/h).

Das Gelände der Hohen Warte liegt noch auf dem Ostabhang des Wienerwaldes, etwa 45 *m* über der Donauniederung des Marchfeldes, das Anemometer ist auf einem 8·5 *m* hohen, leichten Eisengerüst auf dem Anstaltsturm aufgestellt, steht 35 *m* über dem Erdboden in einer Seehöhe von 235 *m* oder 80 *m* über der Donauniederung und überragt um etwa 20 *m* die mittlere Höhe der Baumkronen. Deutsch-Altenburg dagegen liegt schon nahe dem Ostrand des Wiener Beckens in einer Ebene, Seehöhe 175 *m*; die Lage des Funkturmes ist gegeben durch $\varphi = 48^\circ 6' \text{ n. Br.}$, $\lambda = 16^\circ 51' \text{ E v. Gr.}$ Der Funkturm besteht aus leichter Eisenkonstruktion, das Anemometer überragt die oberste Plattform noch um 3·2 *m*, befand sich also in 153 *m* relativer und 328 *m* absoluter Höhe, rund 100 *m* höher als das Anemometer auf der Hohen Warte.

Westlich von der Funkstation, in der Richtung der vorherrschenden Winde befinden sich auch in größerer Entfernung

nur unbedeutende Erhebungen: der nächstgelegene Hügel, der Gaisberg, in 7 km Entfernung überragt mit seinen 199 m Seehöhe nur 20 m die Ebene; der Schüttelberg mit 242 m Seehöhe liegt bereits 12 km im W. Von SW zieht sich das Leithagebirge gegen Deutsch-Altenburg her, doch sind die größten Erhebungen (Sonntagsberg, 480 m) wohl schon zu weit entfernt (45 km), um einen nennenswerten Einfluß auf die Windverhältnisse in Deutsch-Altenburg ausüben zu können. Der nächstgelegene größere Hügel des Leithagebirges ist der Spitalsberg bei Bruck mit 266 m Seehöhe in einer Entfernung von 14 km. Gegen N und NW wie auch gegen S und SE liegt Deutsch-Altenburg vollkommen frei; dagegen treten im E und insbesondere in NE größere Erhebungen recht nahe an den Funkturm heran, und zwar der Spitze Berg (291 m) in 3·5 km Entfernung, gegen E und der Hundsheimer Berg (476 m) in 4·5 km Entfernung gegen NE. Weiterhin gegen NE beginnt in rund 10 km Entfernung jenseits der Donau der geschlossene Höhenzug der Kleinen Karpathen. Glücklicherweise sind Winde aus NE und E recht selten und meist auch recht schwach, so daß die häufigsten und stärksten Winde wie auch die mittlere Windstärke nicht merklich beeinflußt sein dürften.

Jährlicher Gang.

Im ganzen stehen 242 Tage mit Registrierungen zur Verfügung; im Mittel derselben ergibt sich für Deutsch-Altenburg (153 m) eine mittlere Windgeschwindigkeit von 27·5 km/h (7·6 m/sek), in Wien dagegen für dieselbe Zeit nur 15·7 km/h (4·4 m), an ersterer Station ist also die Windstärke um 75⁰/₁₀₀ größer. Nachdem in Wien auch das 30jährige Mittel 1891 bis 1920 ebenfalls gerade 15·7 km beträgt (unter Voraussetzung derselben Reibungskonstante), kann man wohl annehmen, daß auch der Wert von 7·6 m/sek für Deutsch-Altenburg dem langjährigen Mittel entspricht. Es ist bemerkenswert, daß G. Hellmann l. c. in Nauen für die relative Höhe von 153 m fast genau denselben Wert erhält nämlich 7·3 m/sek. Es scheint daher die mittlere Windstärke gegen das Innere Mitteleuropas kaum abzunehmen.

In Wien (35 m über dem Boden) ist jedoch die Windstärke wesentlich kleiner als in Norddeutschland in gleicher relativer Höhe, z. B. Nauen, 32 m: 5·4 m/sek, Potsdam, 40 m: 5·3 m/sek. Und selbst wenn wir die effektive Höhe des Anemometers in Wien nicht mit 35 m vom Boden aus messen, sondern von der mittleren Höhe der Baumkronen ausgehend, mit etwa 20 m annehmen,¹ so erhalten wir auch für diese Höhe in Nauen eine größere Windstärke als in Wien, nämlich 4·9 m/sek gegenüber 4·4 m/sek. Es muß schon daraus vermutet werden, daß in Wien die Windstärke lokal beeinflußt, herabgesetzt ist.

¹ Die effektive Höhe ist gewiß größer, da in der Höhe der Baumkronen die Windstärke nicht auf Null herabsinkt wie am Erdboden.

Tabelle 1. Jährlicher Gang der Windstärke, *km/h* für Deutsch-Altenburg (D.-A.) und Wien (W.).

	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
	a) Mittel:												
Tage, n.	14	11	22	27	26	26	15	23	28	17	15	18	242
D.-A. .	27·2	36·	32·8	27·6	22·5	29·	28·2	28·3	24·9	21·2	29·4	26·6	27·5
W.	17·4	14·3	18·5	15·2	12·8	17·1	16·4	16·9	14·1	12·1	17·9	17·0	15·7
D.-A./W.	1·56	2·54	1·77	1·82	1·76	1·65	1·72	1·67	1·77	1·75	1·64	1·56	1·75
W. 1891—1920	17·1	17·	16·8	16·4	15·5	15·6	16·	14·9	13·8	13·3	15·0	15·9	15·7
D.-A., reduziert.....	29·9	30·6	29·4	28·7	27·1	27·3	28·4	26·1	24·	23·	26·	27·8	
	b) Mittlere Tagesmaxima (Stundenwerte):												
D.-A.	44·	51·4	46·	40·5	37·1	44·9	41·0	41·6	39·4	37·3	42·5	41·0	42·4
W.	32·1	27·9	30·1	26·4	24·2	·3	28·1	25·3	23·	·3	27·5	27·	26·6
D.-A./W	1·38	1·84	1·53	1·53	1·53	1·64	1·46	1·64	1·70	1·59	1·55	1·50	1·59
	c) Absolute Maxima (Stundenwerte)												
D.-A.	54	67	56	53	53	63		61	61	61	60	61	59
W.	59	60		39	47	44	50	46	45	37	48	56	49
D.-A./W.	0·92	1·12	1·08	1·36	1·13	1·43	1·14	1·32	1·35	1·64	1·	1·09	1·20
	d) Tagesmaxima Tagesmittel:												
D.-A. ..	1·62	1·42	1·41	1·47	1·65	1·54	1·43	1·49	1·58	1·76	1·44	1·54	1·56
W.	1·84	1·95	1·62	1·73	1·89	1·58	1·68	1·52	1·65	1·93	1·53	1·60	1·69

Im Laufe des Jahres ändert sich das Verhältnis der Windstärke Deutsch-Altenburg zu Wien nur wenig (vgl. Tab. 1 und 2), nur der Februar mit einer Verhältniszahl von 2·54 fällt stark heraus; für diesen Monat stehen nur 11 Tage zur Verfügung, die zum größeren Teil eine später näher zu besprechende besondere

Tabelle 2.

Mittel und Extreme für die Jahreszeiten, *km/h.*

		Winter	Frühli	Sommer	Herbst	Jahr
Tage,		43		64	60	242
Mittel	{ D.-A.	29·2	·4	28·6	25·0	
	{ W	16·4	15·4	16·8	14·5	15·
	{ D.-A./W	1·78	1·78	1·70	1·72	1·75
T:	{ D.-A. . . .	49·4	41·0	42·6	39·5	42·4
	{ W.	29·0	26·7	26·8	24·3	26·6
	{ D.-A. W.	1·70	1·53	1·59	1·63	1·59
Monatsmax.	{ D.-A. .	61	54	60	61	59
	{ W. . . .	56	46	47	43	49
	{ D.-A. W	1·09	1·17	1·	1·42	1·20
Tagesmax.	{ D.-A. .	1·69	1·52	1·49	1·60	1·59
Tagesmittel	{ W	1·77	1	1·59	1·67	1·69

Wetterlage aufweisen. Wir können daher auch den vieljährigen mittleren jährlichen Gang der Windstärke in Deutsch-Altenburg mit befriedigender Annäherung dadurch ermitteln, daß wir die entsprechenden Monatsmittel von Wien mit dem Faktor 1·75 multiplizieren, wie dies in der letzten Zeile der Tabelle 1 (a) geschehen ist.

Für praktische Zwecke ist wichtig, daß für die Tagesmaxima (größte Stundenwerte) der Unterschied zwischen beiden Stationen merklich kleiner ist als bei den Tagesmitteln, im Durchschnitt der 242 Tage ergibt sich eine Verhältniszahl von nur 1·59 gegen 1·75. Noch wesentlich kleiner sind die Unterschiede bei extrem starken Winden: die Monatsmaxima sind in Deutsch-Altenburg im Mittel der 12 Monate nur um 20% größer als in Wien.

Wie sich die maximalen momentanen Stöße in Deutsch-Altenburg zu denen in Wien verhalten, läßt sich direkt nicht angeben, da wir die Größe der Böigkeit an ersterer Station nicht kennen; es ist aber überaus wahrscheinlich, daß sie in 150 m Höhe über einer Ebene kleiner ist als am Standort des Anemometers auf der Hohen Warte. Indirekt können wir dies auch aus den Zahlen der Tabelle 1 und 2 schließen: In Wien ist im Durchschnitt der 242 Tage der größte Stundenwert des Tages um 69% größer als das Tagesmittel, in Deutsch-Altenburg nur um 56%. Da die Amplitude des täglichen Ganges der Windstärke an beiden Stationen nicht wesentlich verschieden ist, berechtigen obige Zahlen zur Annahme, daß in Deutsch-Altenburg auch das Verhältnis des stärksten

momentanen Stoßes zum zugehörigen Stundenwert kleiner sein dürfte als in Wien. Die stärksten momentanen Stöße dürften daher in Deutsch-Altenburg (153 *m*) im Mittel kaum größer sein als in Wien, obwohl die größten Werte für eine volle Stunde in Deutsch-Altenburg um 20⁰/₀ größer sind als in Wien.

Tabelle 3.

Verhältnis *q* der Tagesmaxima Deutsch-Altenburg Wien; geordnet nach größten Stundenwerten in Wien.

<i>km/h</i>	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-50	51-60
<i>q</i>	3·88	2·51	2·08	1·69	1	1·45	1·28	1·12	0·94
Veränderlichkeit <i>v</i> , 0 ₁₀ ..	124	66	32	24	18	18	15	17	13
<i>km/h</i>	8·	7·2	5·4	5·3	4·9				7·0

Die Abhängigkeit der Verhältniszahlen von der mittleren Windstärke ist deutlich aus Tabelle 3 zu ersehen, in welcher die Tagesmaxima von Deutsch-Altenburg geordnet sind nach der Größe des zugehörigen Tagesmaximums in Wien. Die so für jede Gruppe berechneten mittleren Verhältniszahlen zeigen einen ausgesprochenen Gang: Bei sehr kleinen Tagesmaxima in Wien (6 bis 10 *km/h*) ist das Verhältnis sehr groß (3·88), das Tagesmaximum in Deutsch-Altenburg ist fast viermal größer als in Wien; dieses Verhältnis nimmt mit zunehmender Windstärke in Wien rasch ab, bei 26 bis 30 *km/h* ist das Verhältnis rund 1·5 und bei den größten Stundenwerten in Wien von mehr als 40 *km/h* ist auch in Deutsch-Altenburg das Tagesmaximum kaum größer als in Wien. Natürlich ist dieser Gang der Verhältniszahlen zum Teil durch die Streuung der Einzelwerte bedingt, die Windstärke von Deutsch-Altenburg ist nicht immer ein getreues Abbild der Aufzeichnungen in Wien. Einen Wert erhält die Zusammenstellung nur dadurch, daß die mittlere Abweichung *v* in recht brauchbaren Grenzen bleibt. Wie aus der letzten Zeile der Tabelle 3 zu ersehen ist, kann man mit Hilfe der mitgeteilten Verhältniszahlen die zugehörigen Tagesmaxima von Deutsch-Altenburg mit einer mittleren Abweichung von nur ± 6 *km/h* berechnen. Die eingangs erwähnte Vermutung bestätigt sich also: Bei sehr starken Winden in Wien ist es sehr wahrscheinlich, daß auch in weiterer Umgebung und in größerer relativer Höhe (153 *m*) die Windstärke nicht wesentlich größer ist als auf der Hohen Warte.

Nachstehend sind die während der Registrierperiode vorgekommenen Tagesmaxima von Wien > 50 *km/h* und die zugehörigen Werte von Deutsch-Altenburg einander gegenübergestellt:

Wien..	53	59	60		56·	52 <i>km/h</i>
Deutsch-Altenburg.	53	45	67	54	41	45

Schließlich gibt noch nachstehende Zusammenstellung Aufschluß über die Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Verhältniszahl zwischen den Windstärken beider Stationen ohne Rücksicht auf die Größe der Windstärke.

Anzahl der Tage mit bestimmten Verhältniszahlen q :

q	0·8–1·0	1·0–1	1·2–1·4	1·4–1·6	1·6–1·8	1·8–2·0
Tagesmaxima	10	19	33		39	24
Tagesmittel	6	13	30	38	47	28
q	·0–2·2	2·2–2·4	·4–3·0	3·0–4·0	4·0–5·0	> 5·0
Tagesmaxima	29		11	10		
Tagesmittel	21	13	20	12		

Hier ist die Streuung so groß, daß man lediglich mit Benützung der mittleren Verhältniszahlen (1·75 für Tagesmittel und 1·59 für Tagesmaxima) aus den Aufzeichnungen einer Station keine brauchbaren Werte für die andere Station ableiten kann.

Einen weiteren Einblick gewinnt man, wenn man die Verhältniszahlen zwischen Deutsch-Altenburg und Wien nach der Windrichtung ordnet. Allerdings stehen für erstere Station keine Aufzeichnungen der Windrichtung zur Verfügung, und es kann nicht vorausgesetzt werden, daß in Deutsch-Altenburg stets dieselbe Windrichtung herrscht wie in Wien; am ehesten wird dies noch bei starken Winden zutreffen. Es wurde daher, um einigermaßen vergleichbare Werte zu erhalten, nur das Tagesmaximum (größter Stundenwert) der Windstärke an beiden Stationen verglichen und als Windrichtung diejenige genommen, die in Wien zur Zeit des stärksten momentanen Windstoßes geherrscht hat. Die nachstehenden Zahlen bedeuten das mittlere Verhältnis des größten Stundenwertes in Deutsch-Altenburg zu dem entsprechenden Wert in Wien.

Richtung..	N, NNE	NE, ENE	E, ESE	SE, SSE	S, SSW
Verhältnis..	1·98	—	2·64	2·06	1·95
Richtung..	SW, WSW	W, WNW	NW, NNW		
Verhältnis	1·87	1·46*	1·90		

Man sieht, daß bei einer Windrichtung aus W und WNW bei welcher in Wien die größten Windstärken vorkommen, das Verhältnis am kleinsten ist nämlich 1·46, und ferner, daß die größten Verhältniszahlen bei E- und ESE-Winden auftreten.

Nun können SE-Winde in Wien bei zwei ganz verschiedenen Wetterlagen auftreten: Bei schönem, windschwachen Wetter ist der SE-Wind der normale Tagwind, der in der Nacht Windstille oder schwachem W-Wind Platz macht. Ferner tritt auch SE-Wind ein, wenn nach der Wetterlage (Vorderseite einer Zyklone) S- oder

SW-Wind zu erwarten wäre. SW-Winde sind aber in Wien sehr selten und auch bei sehr steilen Druckgradienten nur schwach ausgebildet. Gegen diese Winde ist jedenfalls Wien durch den Ostrand der Alpen geschützt, die Luft strömt um den Ostrand der Alpen herum, von S und SE her dem Zentrum der Zyklone zu. In Wien dreht beim nördlichen Vorübergang einer Zyklone der Wind nicht allmählich von SE über SW nach NW, sondern schlägt meist unvermittelt von SE in WNW um. Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei solchen Wetterlagen, die S- oder SW-Wind erwarten lassen, diese in dem frei gelegenen Deutsch-Altenburg mit entsprechender Stärke wehen, während Wien nur mäßigen SE-Wind verzeichnet. In solchen Fällen ist dann das Verhältnis der Windstärke besonders groß.

Um zu zeigen, daß in solchen Fällen die Abschwächung des Windes nicht rein örtlich auf die Anemometeraufstellung auf der Hohen Warte beschränkt ist, sondern mindestens das ganze Stadtgebiet von Wien betrifft, wurden die Pilotierungen des Jahres 1925 herangezogen und die hiebei in den untersten drei Hektometern festgestellten Windstärken mit den zur selben Stunde in Wien und Deutsch-Altenburg aufgezeichneten Windstärken verglichen. Allerdings haben diese Pilotergebnisse nur einen bedingten Wert, da sie nur aus einfachen Pilotierungen unter Annahme konstanter Steiggeschwindigkeit gewonnen wurden; es ist möglich, daß gerade in den untersten Luftschichten die wahre Steiggeschwindigkeit von der theoretischen merklich abweicht.¹ In Wien muß überdies angenommen werden, daß bei den hangaufwärts strömenden Winden mit östlicher Komponente die wahre Steiggeschwindigkeit und daher auch die wahre Windgeschwindigkeit größer ist als die errechnete, bei W-Winden dagegen umgekehrt.²

Von den 242 Registriertagen konnten 119 zum Vergleich mit Pilotaufstiegen verwendet werden. Die relativen Höhen der Pilotaufstiege sind von der oberen Plattform des Turmes auf der Hohen Warte (Höhe über dem Boden = 30 m, Seehöhe = 230 m) aus gerechnet. Nach der Richtung des Windes in der Schichte von 100 bis 300 m (relativ) wurden die Winde aus dem NW- und dem SE-Quadranten gesondert zusammengestellt. In der ersten Hälfte der Tabelle 4 ist nur für die erste Höhenstufe 0 bis 100 m eine Korrektur angebracht, darin begründet, daß der Pilotballon nicht am Standort des Theodolithen, sondern vom Boden aus hochgelassen wurde, so daß er in der Höhe des Theodolithen schon eine gewisse Horizontalentfernung hatte. Im zweiten Teil der Tabelle 4

¹ Vgl. z. B. P. Moltschanoff, über vertikale Geschwindigkeiten der Pilotballone nach Beobachtungen des aerologischen Observatoriums in Pavlovsk. Ann. d. Hydrogr. u. marit. Meteor., Mai 1925.

Überlegungen ergeben, daß nur bei sehr stürmischen W-Winden eine wesentliche Verzerrung der Pilotkurve zu befürchten ist, daß aber bei SE-Winden mit Rücksicht auf die vorkommenden Neigungswinkel des Geländes dieser Einfluß kaum merklich sein dürfte.

sind versuchsweise die von Moltschanoff für Pavlovsk ermittelten Korrekturen angebracht worden.

Bei NW-Winden stimmt — insbesondere nach Tabelle 4 (b) die Windstärke in Deutsch-Altenburg (153 *m*) recht befriedigend mit der überein, die sich aus den Pilotaufstiegen für die Schichte

Tabelle 4.

Mittlere Windgeschwindigkeit, *km/h* in Wien, Deutsch-Altenburg und in der freien Atmosphäre nach Pilotaufstiegen.

Anzahl	Richtung	Wien	Pilotaufstiege			D.-Altenburg:
		100—300 <i>m</i>	35 <i>m</i>	0—100 <i>m</i>	100—200 <i>m</i>	200—300 <i>m</i>
a) Unkorrigiert.						
54	NW	20·0	21·2	21·4	23·8	26·3
42	SE	12·4	12·2	15·3	18·2	29·9
114	—	15·7	16·2	17·7	19·8	26·6
b) Korrigiert.						
54	NW	20·0	26·1			26·3
42	SE	12·4	15·0	18·2	21·1	29·9
114	—	15·7	19·9	20·9	22·8	26·6

100—200 *m* ergibt. Bei SE-Winden dagegen ist die Windstärke in Deutsch-Altenburg ganz wesentlich größer als sie in gleicher relativer Höhe über der Hohen Warte. Zwischen Deutsch-Altenburg und dem Anemometer auf der Hohen Warte beträgt das Verhältnis der Windstärke bei Winden aus dem NW-Quadranten 1·31, bei SE-Winden dagegen 2·41.¹

Wenn wir die Differenzen der Windstärke zwischen Deutsch-Altenburg und der Pilotauswertung für die Höhenstufe 100 bis 200 *m* nach der Windrichtung in dieser Schichte ordnen, so ergeben sich folgende Mittelwerte:

Richtung	NNW N	NNE NE	ENE E	ESE SE	SSE S	SSW SW	WSW W	WNW NW	Summe
Anzahl, n. . .	17	6	3	20			12	34	119
Δ, <i>km/h</i>	8	9	(1)	11	16		— 2		8·6

Im Mittel aller Fälle ist die Windstärke in Deutsch-Altenburg (153 *m*) um 8·6 *km/h* größer als sich aus der Pilotierung (ohne Anbringung einer Korrektur) für die Höhenschichte 100 bis 200 *m* (rund 180 *m* über dem Boden) ergibt. Während aber bei Winden

¹ Wenn wir auch berücksichtigen, daß wegen der Geländeneigung die Pilotaufstiege bei SE-Wind etwas zu kleine, bei NW-Winden etwas zu große Werte ergeben, so dürften dadurch die Zahlenwerte der Tabelle 4 kaum wesentlich beeinflußt sein.

aus W (in der obigen Zusammenstellung kommt nur ein Fall mit WSW-Wind vor) die beiden Windstärken einander praktisch gleich sind, beträgt der Unterschied bei Richtungen aus SSE und S 16 km/h.

Am krassesten tritt der schützende Einfluß der Alpen gegen SW-Winde zutage, wenn wir nachsehen, bei welchen Windrichtungen in der Schichte 100 bis 300 *m* die größten Unterschiede der Windstärke zwischen Deutsch-Altenburg und dem Wind in gleicher Höhe über Wien vorgekommen sind: An 13 Tagen war die gleichzeitige Windstärke in Deutsch-Altenburg um mindestens 5 *m*/sek größer als sich aus den Pilotierungen für die Höhenstufe 100 bis 300 *m* ergab, von diesen entfallen nahezu alle, nämlich 12 Fälle auf die Richtungen S bis SE und nur ein einziger Fall auf eine andere Richtung, nämlich NE.

Zur Kontrolle der aus den Pilotaufstiegen sich ergebenden Windzunahme mit der Höhe bei verschiedenen Windrichtungen wurden noch die Aufstiege des Jahres 1924 (164 Fälle) dahin untersucht. In Tabelle 5 sind die mittleren Verhältniszahlen der Windstärke in den untersten fünf Hektometern zur gleichzeitigen

Tabelle 5.

Zunahme der Windstärke mit der Höhe, Verhältniszahlen gegen Hohe Warte, 1924.

Anzahl	Richtung	Höhe, Hektometer				
		0 1	1—2	2—3	3—4	4—5
80	W—NNW	1·04	1 13	1·29	1·51	1·60
21	N—ENE	1·04	1·13	1·18	1	1·29
51	E—S	0·97	1·21	1·48	1	·00
12	SSW—WSW	1·18	1 59	1·90	1·84	1·88

Windstärke auf dem Turm der Hohen Warte berechnet worden. Als Richtung wurde die mittlere Richtung in der Schichte 200 bis 500 *m* verwendet. Wenn auch bei SE- bis SW-Winden in der Höhe die relative Zunahme der Windstärke nach oben wesentlich rascher ist als bei anderen Richtungen, so wächst doch die Windstärke selbst bis 500 *m* Höhe auch nur auf knapp den doppelten Betrag, während in Deutsch-Altenburg bei SE-Winden die Windstärke etwa 2·4 mal so groß ist als in Wien.

Winde aus dem SW-Quadranten sind auch noch in 300 bis 500 *m* recht selten, aus der Gesamtzahl aller 164 Aufstiege des Jahres 1924 ergeben sich nur 12 solche Fälle. Meist reicht der SE-Wind beträchtlich über 500 *m* hinauf, darüber folgt dann rasche Rechtsdrehung bis auf W oder WNW; der zu erwartende Gradientwind aus SW wird hiebei nur in einer ganz dünnen Übergangsschicht angetroffen.

Bei SE- und SW-Wind ergibt somit nicht nur die Registrierung auf der Hohen Warte wesentlich zu schwache Windstärken, sondern auch in größerer Höhe (bis mindestens 500 *m* relativ) ist die Windstärke merklich kleiner als in größerem Abstand vom Ostfuß der Alpen (Deutsch-Altensburg).

B. Täglicher Gang.

In Tabelle 6 ist der tägliche Gang der Windstärke in Deutsch-Altensburg, und zwar einerseits in *km/h* in Abweichungen vom Tagesmittel, andererseits durch Verhältniszahlen gegenüber den gleichzeitigen Stundenwerten in Wien dargestellt; für diesen zweiten Teil wurde der tägliche Gang aus denselben 242 Tagen auch für Wien berechnet. In allen vier Jahreszeiten tritt, wie zu erwarten war, das Maximum in der Nacht, das Minimum ungefähr zu Mittag ein, im Jahresmittel fällt das Maximum auf die Stunde 3 bis 4 Uhr, das Minimum auf die Stunde 11 bis 12 Uhr; die Amplitude beträgt hierbei 3·3 *km/h* (0·92 *m/sek*). Im Sommer ist noch ein ganz schwaches sekundäres Maximum in den Nachmittagsstunden als Andeutung des Bodenwindtypus zu erkennen. Im Herbst scheint die Darstellung des täglichen Ganges noch etwas unregelmäßig zu sein.

Offenbar ist in Deutsch-Altensburg auch noch in 153 *m* Höhe der tägliche Gang der Windstärke noch nicht so regelmäßig, daß stets der Höhentypus mit einem Maximum in der Nacht aufgezeichnet wird. Dies ergibt sich deutlich aus Tabelle 7, in welcher der tägliche Gang für die einzelnen Monate wiedergegeben ist. Natürlich sind hier die Werte infolge der geringen Anzahl der zur Mittelbildung verwendeten Tage noch ziemlich unsicher. Es ist aber sehr bemerkenswert, daß 2 Monate, nämlich Juni und September einen stark abweichenden Gang aufweisen. Im Juni tritt ein kräftiges Nachmittagsmaximum um 17 Uhr und ein Morgenminimum um 7 Uhr ein, also ganz wie in den bodennahen Schichten, nur mit einer Verzögerung der Eintrittszeiten. Dieser Monat hat auch offenbar das kleine sekundäre Nachmittagsmaximum im Sommer (Tabelle 6) verursacht. Auch im September tritt das Minimum in den Vormittagsstunden, das Maximum in den Abendstunden auf.

Wir sehen schon hier, daß die mittlere Windstärke allein sicherlich nicht für den Typus des täglichen Ganges maßgebend ist: Februar und März mit den größten mittleren Windstärken zeigen trotzdem den Höhentypus, dagegen weist der September mit einer Windstärke unter dem Mittel einen abnormalen Gang auf.

Was am meisten interessiert, ist die Beantwortung der Frage, unter welchen Umständen der Höhentypus (Maximum in der Nacht, Minimum ungefähr zu Mittag) auftritt, und wann der Bodenwindtypus mit einem Maximum zu Mittag.

Tabelle 6. Täglicher Gang der Windstärke in Deutsch-Altenburg.

Stunde	In Abweichungen vom Tagesmittel, km/h					Verhältniszahlen gegenüber Wien				
	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Jahr
0—1	1·4	1·1	1·3	—0·3	0·8	2·00	2·05	1·89	1·82	1·95
1—2	0·9	1·4	1·9	—0·5	0·9	2·03	2·13	1·95	1·69	1·95
2—3	0·4	1·9	2·2	—0·3	1·1	2·05	2·22	2·03	1·65	1·99
3—4	0·4	2·4	2·2	—0·1	1·4	2·07	2·33	2·05	1·67	2·03
4—5	0·5	2·4	1·5	0·0	1·2	1·97	2·36	2·03	1·72	2·03
5—6	0·4	1·4	0·0	0·2	0·5	1·83	2·27	1·89	1·75	1·94
6—7	0·3	0·1	—1·6	0·4	—0·2	1·76	2·11	1·70	1·78	1·84
7—8	0·6	—1·0	—2·7	0·0	—0·9	1·76	1·90	1·55	1·74	1·74
8—9	1·5	—1·7	—2·9*	—0·7	—1·0	1·86	1·68	1·49	1·64	1·67
9—10	1·6	—2·0	—2·6*	—1·3	—1·0	1·87	1·53	1·47	1·55	1·60
10—11	0·3	—2·0	—2·3	—1·6*	—1·5	1·71	1·44	1·47	1·51*	1·52
11—12	—1·1	—2·3	—2·1	—1·3*	—1·9*	1·51	1·38	1·46*	1·52*	1·45
12—13	—1·8*	—2·6	—1·5	0·9	—1·8	1·37	1·33	1·46*	1·55	1·42*
13—14	—1·8*	—2·7*	—0·6	—0·6	—1·5	1·35*	1·32*	1·51	1·59	1·44
14—15	—1·6*	—2·3	0·3	0·0	—1·0	1·43	1·36*	1·55	1·63	1·49
15—16	—1·4	—1·6	0·7	0·3	—0·6	1·58	1·43	1·54	1·70	1·55
16—17	—1·1	—1·0	0·4	0·3	—0·4	1·75	1·52	1·55	1·77	1·62
17—18	—0·7	—0·1	0·2	0·5	0·0	1·86	1·66	1·62	1·85	1·73
18—19	—0·6	0·8	0·7	1·0	0·5	1·88	1·84	1·72	1·93	1·83
19—20	—0·7	1·4	0·9	1·5	0·9	1·88	1·96	1·81	1·96	1·91
20—21	—0·3	1·8	1·0	1·6	1·1	1·88	2·00	1·87	1·93	1·92
21—22	0·1	1·6	1·3	1·1	1·1	1·86	1·99	1·92	1·85	1·91
22—23	1·3	1·0	1·5	0·4	1·0	1·88	1·97	1·92	1·83	1·90
23—24	1·5	0·9	1·2	—0·1	0·8	2·01	2·01	1·90	1·84	1·94
Mittel	29·2	27·4	28·6	25·0	27	1·78	1·78	1·70	1·	1·
Tage	43	75	64	60	242					

Tabelle 7. Täglicher Gang der Windstärke km/h in Abweichungen vom Tagesmittel.

Stunden	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
0—2	0·3	2·1	0·5	1·8	2·0	0·5	1·9	2·5	—1·3	1·1	0·4	1·4
2—4	1·2	1·0	0·7	1·9	3·6	—0·2	2·7	2·8	—1·2	1·1	—0·6	0·6
4—6	1·7	—0·7	—0·2	1·2	4·1	—1·7	1·7	1·8	—0·7	1·2	0·6	0·1
6—8	1·5	—0·9	—2·2	0·2	2·1	—2·7*	—0·9	—0·8	—1·0	0·5	0·5	0·9
8—10	0·9	—0·1	—2·8*	—1·1	—0·7	—2·0	—2·6	—3·2	—2·0*	—0·9	1·1	1·5
10—12	—0·9	—0·2	—1·1	—2·3	—3·0	—0·8	—2·8*	3·6*	1·5	—1·8*	—0·3	0·3
12—14	—1·3	—0·9	0·0	—2·7*	—4·4*	0·6	—1·7	—2·3	0·6	1·7	—2·2*	—1·9
14—16	0·0	—1·7*	—0·7	—1·8	—3·8*	1·9	—0·6	—1·2	2·1	—1·4	—1·8*	—2·4*
16—18	—0·1	—1·1	0·4	—0·1	—2·2	2·1	—0·1	—0·7	2·3	—1·2	—0·1	—1·8
18—20	—1·4	0·3	1·7	1·0	—0·3	1·3	0·5	0·5	2·3	0·1	1·2	—1·0
20—22	—1·6*	0·6	2·2	0·9	1·1	0·9	0·6	2·1	1·3	1·0	1·7	0·8
22—24	—0·6*	1·2	1·1	1·1	1·3	0·7	1·0	2·7	—0·5	1·8	1·3	2·1
Mittel Tage	27·2 14	36· 11	32·8 22	27·6 27	22·7 26	29· 26	28· 15	28·3 23	24·9 28	21·2 17	29·3 15	26·6 18

Tabelle 8. Deutsch-Altenburg, täglicher Gang der Windstärke, km/h ; Koeffizienten der Sinusreihen.

	p_1	q_1	p_2	q_2	a_1	A_1	A_2
Winter	0·96	0·88	—0·004	—0·64	1·30	47·	0·64
Frühling	2·29	0·06	—0·68	0·34	2·29	88·5	0·76
Sommer	1·69	—1·18	0·25	0·99	2·06	124·9	1·02
Herbst	0·53	—1·04	—0·70	—0·13	1·17	153·0	0·71
Jahr	1·42	—0·29	—0·34	0·18	1·45	101·4°	0·39
							180·2°
							296·5
							14·2
							259·9
							299·3°

Wie aus Tabelle 9 hervorgeht, ist die absolute Windgeschwindigkeit so wie in Nauen nach den Untersuchungen G. Hellmanns (l. c.) wenigstens scheinbar von deutlichem Einfluß auf den Typus des täglichen Ganges. In Tabelle 9 sind für Deutsch-Altenburg die

Tabelle 9.

Deutsch-Altenburg, täglicher Gang der Windstärke, *km/h* in Abweichungen vom Tagesmittel für Windstärken ≥ 36 und ≤ 15 *km/h*.

Stunde	Starke Winde	Schwache Winde	Stunde	Starke Winde	Schwache Winde
0—1	— 2·6*	2·3	12—13	0·8	— 3·2*
1—2	— 1·5	1·6	13—14	1·0	— 3·1
2—3	— 0·6	1·3	14—15	1·0	— 2·8
3—4	0·1	2·0	15—16	1·0	— 2·1
4—5	0·5	2·3	16—17	1·3	— 1·7
5—6	0·1	·0	17—18	2·1	— 1
6—7	— 0·8	1·3	18—19	2·3	— 0·2
7—8	— 1·6	0·4	19—20	1	1·4
8—9	— 1·1	— 0·8	20—21	0·4	2·3
9—10	— 0·2	— 1·8	21—22	— 0·6	1·9
10—11	0·1	— 2·6	22—23	— 1	1·6
11—12	0·3	— 3·1	23—24	— 2·5	2·2
Mittel	42·3	13·4			

Tage mit den größten, beziehungsweise kleinsten Tagesmitteln der Windgeschwindigkeiten ($\geq 10\cdot0$, beziehungsweise $\leq 4\cdot2$ *m/sek*), zu je einer Gruppe vereinigt und für diese der tägliche Gang bestimmt worden. Ganz in Übereinstimmung mit G. Hellmann zeigt sich auch hier bei schwachen Winden derselbe tägliche Gang wie im Mittel aller Tage mit einem Maximum in der Nacht und bei starken Winden der umgekehrte Verlauf: die Windstärke ist tagsüber (9 bis 21 Uhr) über dem Mittel, in der Nacht unter dem Mittel. Bei starken Winden herrscht also auch noch in 153 *m* Höhe der Bodentypus, nur ist der Gang gegenüber den bodennahen Schichten etwas verzögert, das Maximum tritt erst in der Stunde 18 bis 19 Uhr ein.

Mit Rücksicht auf den täglichen Gang der Windstärke in den Monaten Juni und September (Tabelle 6) fragt es sich aber sehr, ob die größere mittlere Windgeschwindigkeit als direkte und einzige Ursache dafür in Betracht kommt, daß der Bodentypus bis in die Höhe von 150 *m* hinaufreicht.

Um im einzelnen zu untersuchen, von welchen Umständen das Eintreffen der beiden Typen des täglichen Ganges abhängt, wurde für jeden Tag der Unterschied des Windweges zwischen Nacht und Tag, genauer die Differenz ($21^h - 9^h$) — ($9^h - 21^h$) gebildet und nach wachsenden Mittelwerten der Windgeschwindigkeit

geordnet. In jeder Gruppe wurde die mittlere Differenz getrennt für solche Tage berechnet, die in der Nacht eine größere Windstärke aufweisen (Δ_+) und andererseits für Tage, in welchen die Windstärke in der Nacht kleiner ist als bei Tage (Δ_-); unter Δ ist dann die mittlere Differenz für alle Tage ohne Rücksicht auf die Zugehörigkeit zu eine der beiden Typen ermittelt worden und unter $|\Delta|$ die entsprechende Differenz ohne Rücksicht auf das Vorzeichen der Einzelwerte. Die Zahlen n_+ und n_- geben die Anzahl der Fälle mit positiver, beziehungsweise negativer Differenz, unter n ist die Gesamtzahl der Fälle angegeben. (Siehe Tabelle 11 auf p. 437).

Für schwächere Winde bis 26 km/h im Tagesmittel sind die Δ positiv, die n_+ größer als die n_- , es ergibt sich also im Mittel ein täglicher Gang mit größerer Windstärke bei Nacht. Der Betrag dieser mittleren Differenz Δ wird mit wachsender Windstärke recht gleichmäßig größer, erreicht ein Maximum bei einer Windstärke von etwa 20 km/h, wird aber dann sehr rasch kleiner und ist bei Windstärken > 26 km negativ, ihr Betrag bleibt aber mit wachsender Windstärke mit Ausnahme der Gruppe 36·2 bis 39·5 km/h unbedeutend.

Durch Vergleich mit den Werten Δ_+ und Δ_- sieht man auch, wie die Differenzen Δ , die ein ungefähres Maß für die Tagesamplitude darstellen,¹ zustande gekommen sind. Da in jeder Gruppe Tage vorkommen mit einer größeren Windstärke während der Nacht und solche, bei welchen das Maximum auf die Tagesstunden fällt, ist die Amplitude im Mittel aller Tage ganz wesentlich kleiner, als wenn wir Tage mit positiver, beziehungsweise negativer Differenz für sich betrachten. Dies gilt namentlich für große Windstärken, wo sowohl Δ_+ als auch Δ_- recht groß bleibt, die Differenz Δ im Mittel aller Tage jedoch sehr klein wird. Mit Rücksicht auf diese große Streuung könnte man auch sagen, daß in Deutsch-Altenburg bei großen Windstärken die Tagesamplitude praktisch gleich Null ist. Hätte man für Tabelle 9 nur die Tage mit einer Windstärke von mindestens 40 km/h genommen (anstatt von 36 km/h an) oder andererseits alle Tage, die nach Tabelle 10 eine negative Differenz Δ aufweisen, also bis herab zu Windstärken ≥ 26 km/h, so hätte man eine ganz wesentlich geringere Tagesamplitude erhalten.

Aus dem Verlauf der Werte n_+ und n_- ergibt sich ein ganz analoges Bild: Bei schwachen und mittleren Winden tritt mit großer Regelmäßigkeit der Höhentypus des täglichen Ganges auf; die verhältnismäßig geringe Anzahl abweichender Fälle (n_-) wird zum:

¹ Unter der Voraussetzung, daß der Übergang vom Bodenwindtypus zum Höhentypus nicht durch Phasenverschiebung zustande kommt, sondern dadurch, daß die Tagesamplitude mit wachsender Höhe immer kleiner wird und beim Durchgang durch den Nullwert der Phasenwinkel um 180° springt. Nach Untersuchungen von A. Peppler (Windmessungen auf dem Eilveser Funkturm; Beitr. z. Phys. d. fr. Atm., Bd. IX, p. 114) scheint dies mit ziemlicher Annäherung zuzutreffen, nur kommt mit zunehmender Höhe das Nachtmaximum bereits zum Vorschein, bevor noch das Mittagmaximum verschwunden ist.

Teil durch zufällige aperiodische Schwankungen zu erklären sein. Bei stürmischen Winden dagegen sind die Fälle mit größerer Windstärke bei Nacht fast ebenso häufig wie die, bei welchen die Windstärke tagsüber größer ist. Von den 122 Tagen mit einem Tagesmittel $> 26.2 \text{ km/h}$ ist die Differenz Nacht—Tag 56mal positiv und 66mal negativ. Es scheint daher, daß der direkte Einfluß der mittleren Windstärke auf die Form des täglichen Ganges nur ein unwesentlicher ist und daß andere Ursachen in Betracht kommen, die für das Hinaufreichen des Bodenwindtypus bis in die Höhe von 150 *m* maßgebend sind.

Es wurden daher die Tage mit den stärksten Winden (Tagesmittel $\geq 32.9 \text{ km/h}$) daraufhin untersucht, unter welchen Begleiterscheinungen der Windweg bei Nacht größer ist als bei Tag und umgekehrt. Als primäre Ursache für die Form des täglichen Ganges ist wohl, wie bereits W. Köppen ausführt,¹ neben dem Maß der Windänderung mit der Höhe der Luftaustausch in der betrachteten Schichte sowohl nach unten wie nach oben hin anzunehmen. Nach der allgemein anerkannten Espy-Köppen'schen Theorie wird sich in der großen Mehrzahl der Fälle während der Nacht in den untersten Luftschichten unter dem Einfluß der Ausstrahlung eine stagnierende kalte Lufthaut bilden; in dieser untersten Schichte wird daher der Wind in der Nacht abflauen, in den oberen Schichten dagegen, die nun weniger Bewegungsenergie nach unten abgeben, zunehmen. Ein abweichendes Verhalten der Windstärke im täglichen Gang wäre dann zu erwarten, wenn sich entweder überhaupt keine Inversion während der 24 Stunden ausbildet oder aber, wenn das Anemometer während des ganzen Tages noch in der Inversionsschichte selbst liegt.

Wenn auch in Deutsch-Altenburg oben und unten je ein Thermograph in Tätigkeit war, so ließ sich doch nur in etwa der Hälfte der Fälle das Vorhandensein oder das Fehlen einer Inversion mit einiger Wahrscheinlichkeit feststellen, da an der oberen Station keine Kontrollablesungen am Thermometer gemacht wurden. Von den 58 Tagen mit einem Tagesmittel $\geq 32.9 \text{ km/h}$ weisen 24 den normalen Höhentypus mit einem Windmaximum in der Nacht, die übrigen 34 den Bodenwindtypus mit dem Maximum bei Tag auf. Bei der ersten Gruppe war sechsmal nur in der Nacht Inversion vorhanden, achtmal, also etwa gleich oft, fehlte sie ganz; bei der zweiten Gruppe dagegen herrschte sechsmal eine Inversion nur in der Nacht und 17mal, also etwa dreimal so oft, fehlte sie ganz. Diese vorläufigen Zahlen sprechen zugunsten der oben wiedergegebenen Ansicht W. Köppens, bedürfen aber noch der Nachprüfung durch verlässlichere Temperaturwerte.²

¹ W. Köppen, Die vertikale Gliederung der täglichen Windperiode Zyklonen und Antizyklonen, Ann. d. Hydrogr. u. marit. Meteor., 1916, p. 537.

² Für eine solche Nachprüfung dürfte die Aufstellung je eines Thermographen oben und unten nicht genügen; denn erstens ist es kaum durchführbar, auf der

Tabelle 10. Mittlere Differenz des Windweges, *km*, zwischen Nacht (21^h bis 9^h) und Tag (9^h bis 21^h), geordnet nach dem Tagesmittel der Windgeschwindigkeit, *km/h*.

Windgeschwindigkeit <i>km/h</i>	9·6-12·9	13·0-16·2	16·3-19·6	19·7-22·9	23·0-26·2	26·3-29·5	29·6-32·8	32·9-36·1	36·2-39·5	> 39·5
Δ_+ , <i>km</i>	50	90	138	135	83	63	79	45	70	70
Δ_- , <i>km</i>	23	100	93	78	78	80	88	52	108	46
Δ , <i>km</i>	22	48	48	57	22	— 7	8	— 2	— 57	— 4
$ \Delta $, <i>km</i>	42	92	120	114	80	71	84	49	97	55
n_+	5	14	11	17	23	21	11	13	4	7
n_-	3	4	7	10	14	20	12	12	10	12
n	8	18	18	27	37	41	23	25	14	19

Tabelle 11. Häufigkeit von Stunden mit bestimmter Windstärke, Anzahl in 242 Tagen.

Windgeschwindigkeit <i>km/h</i>	0-2h	2-4h	4-6h	6-8h	8-10h	10-12h	12-14h	14-16h	16-18h	18-20h	20-22h	22-24h	Summe
\sum 59 <i>km</i>	2	4	3	2	3	3	3	2	4	4	3	2	35
51-58	15	13	14	15	14	12	13	13	11	12	15	15	162
43-50	46	44	36	26	22	25	29	34	40	42	43	46	433
35-42	97	95	89	79	74	72	80	86	92	101	103	100	1068
26-34	118	127	133	136	118	107	106	108	111	107	104	111	1391
19-25	94	92	96	112	124	115	100	104	108	110	111	102	1259
11-18	63	65	66	73	85	96	95	78	64	63	62	62	873
0-10	49	44	42	41	44	54	58	59	54	45	43	46	578

Ein etwas sichereres Kriterium ergab die Durchsicht der Hygrographenaufzeichnungen auf der obersten Plattform des Turmes. An ungestörten Tagen tritt das Maximum der relativen Feuchtigkeit vormittags auf, das Minimum in den späten Nachmittagsstunden. An den Tagen mit großer mittlerer Windstärke ($\geq 32 \cdot 9 \text{ km/h}$), die den normalen Höhenwindtypus aufweisen, zeigte 12mal auch die Hygrographenkurve einen normalen Verlauf, 10mal einen deutlich gestörten. An den windreichen Tagen dagegen, an welchen die größere Windstärke tagsüber herrschte, war nur 6mal die Hygrographenkurve ungestört, 20mal deutlich gestört.

Das Auftreten des Bodenwindtypus in der Höhe von 150 *m* ist also in der großen Mehrzahl der Fälle mit einem vollständigen Fehlen der Temperaturinversion und gleichzeitig mit einem gestörten Gang der relativen Feuchtigkeit verbunden.

Schließlich wurden diese windreichen Tage noch nach ihrer Zugehörigkeit zu einer bestimmten Wetterlage untersucht: An den Tagen mit größerer Windstärke in der Nacht lag Deutsch-Altenburg 11mal im Bereich eines Hochdruckgebietes, 11mal im Bereich einer Zyklone, 2mal in einem Übergangsbereich. Bei den Tagen mit Bodenwindtypus (größere Windstärke tagsüber) wurden nur fünf Fälle gefunden, in welchen Deutsch-Altenburg einem Hochdruckgebiet angehörte, dagegen 21 Fälle mit zyklonaler Wetterlage; 8mal lag Deutsch-Altenburg in einem Übergangsbereich. Es scheint somit, daß für das Auftreten des Bodenwindtypus in der Höhe von 150 *m* in erster Linie die Wetterlage maßgebend ist (wenigstens in Deutsch-Altenburg), die den Luftaustausch zwischen oben und unten stark beeinflusst und ferner, daß starke Winde nur insofern einen Zusammenhang mit der Form des täglichen Ganges der Windstärke erkennen lassen, als in Zyklonen zumeist auch eine größere Windstärke herrscht als in Antizyklonen.

Man kann allerdings, wie es W. Köppen l. c. getan hat, Bedenken dagegen erheben, Tage mit einem bestimmten Merkmal zu einer Gruppe zusammenzufassen, weil dadurch die Form des täglichen Ganges rein rechnerisch beeinflusst werden kann; z. B. wird der tägliche Verlauf der Windstärke an stürmischen Tagen im allgemeinen eine nach oben konvexe Kurve ergeben; man muß daher von vornherein erwarten, daß sich bei der Zusammenfassung einer Reihe solcher Tage in der Mitte des Tages größere Windwerte

oberen Station regelmäßige Terminbeobachtungen anzustellen, ferner ist für die Bestimmung der an und für sich kleinen Temperaturdifferenz oben—unten die Genauigkeit der üblichen Aufzeichnungen zu gering und drittens ist nicht allein diese Differenz oben—unten maßgebend, sondern der ganze Verlauf der Temperatur zwischen Boden und dem oberen Niveau. Es wäre aber unter Benutzung eines Funkturms nicht schwer, diese Daten dadurch zu erhalten, daß täglich zu den drei Terminen ein leichter Thermograph mit großem Ausschlag auf einen Seilzug mit Gegengewicht in die Höhe der obersten Plattform und wieder heruntergezogen wird. Bei der Korrektur erfahre ich, daß soeben ein derartiger Apparat nach den Angaben Prof. Dr. W. Schmidt's gebaut wird.

ergeben, als zu Anfang und am Ende. Auf diese Weise ist die Darstellung des täglichen Ganges ganz abhängig von der Stunde, zu welcher man den Tag beginnen läßt. Dieselben Bedenken bestehen aber auch bei der Zusammenfassung der Tage mit zyklonaler Wetterlage. Denn auch beim Vorübergang einer Zyklone wird im allgemeinen der zeitliche Verlauf der Druckgradienten und damit auch der Windstärke eine nach oben konvexe Kurve darstellen.¹

Die einwandfreieste Berechnungsart dürfte darin bestehen, unter Benützung des ganzen Zahlenmaterials den täglichen Gang der Häufigkeit besonders starker, beziehungsweise besonders schwacher Windstunden zu ermitteln. Wenn sich auch aus dieser einfachen Auszählung meist keine physikalische Erklärung ableiten läßt, so ist dieselbe doch zumindest als Kontrolle für anderweitig erhaltene Ergebnisse wertvoll.

In Tabelle 11 (p. 437) ist dieser tägliche Gang der Häufigkeit von Stunden mit bestimmter Windstärke aus den 242 Registriertagen für Deutsch-Altenburg ermittelt worden. Die Verteilung dieser Häufigkeitswerte ist recht auffallend. Die schwächsten Winde haben — wie zu erwarten — ihre größte Häufigkeit bald nach Mittag (14^h bis 16^h); die allergrößten Windstärken (≥ 59 km/h) weisen ein allerdings ganz schwaches Maximum in den Nachmittagsstunden auf. Für die Zwischenwerte der Windstärke zeigt sich nun eine recht regelmäßige Phasenverschiebung um nahezu 24 Stunden; mit zunehmender Windstärke tritt das Häufigkeitsmaximum immer früher ein und verschiebt sich über Mitternacht hinaus bis in die Nachmittagsstunden für die größten Windstärken. Wenn auch derzeit keine Erklärung für diese merkwürdige Phasenverschiebung gegeben werden kann, so sprechen wenigstens die Zahlen nicht dafür, daß bei Zunahme der Windstärke der Höhenwindtypus unvermittelt und ohne Phasenverschiebung in den Bodenwindtypus umschlägt.

Zum Vergleich sei eine ähnliche Häufigkeitsauszählung für die Windstärke in Wien wiedergegeben. In Tabelle 12 ist für die 10 Jahre 1913 bis 1922 der tägliche Gang der Häufigkeit von Windstärken ≥ 43 km/h berechnet worden. Während sich die eingangs zitierten Ergebnisse J. v. Hann's auf die alte Aufstellung des Anemometers auf der Turmplattform der Zentralanstalt beziehen, geben die Jahre seit 1913 die Windverhältnisse auf dem 8·5 m hohen Eisengerüst auf dem Turm wieder, entsprechen also einer günstigeren, freieren Aufstellung. In allen vier Jahreszeiten wie auch im Jahresmittel tritt hier neben dem Häufigkeitsmaximum nach Mittag ein zweites vor Mitternacht auf. Das ist aber genau derselbe Gang, den J. v. Hann durch direkte Berechnung des täglichen Ganges der Windstärke an stürmischen Tagen erhalten hatte, der also durch die Häufigkeitsverteilung bestätigt wird.

¹ Vgl. J. Bartels, Zur Berechnung der täglichen Luftdruckschwankung. d. Hydrogr. u. marit. Meteor., 1923, p. 153.

Tabellè 12. Wien, täglicher Gang der Häufigkeit starker Winde $\geq 43 \text{ km/h}$ (Anzahl der Stunden in 10 Jahren 1913 bis 1922).

Stunde	0—2	2—4	4—6	6—8	8—10	10—12	12—14	14—16	16—18	18—20	20—22	22—24
Winter	52	37*	50	51	47	67	57	36	33*	37	44	56
Frühling..	14	17	17	11*	12	16	24	17	14	12*	14	14
Sommer	10	9	9*	9	16	10	12	13	18	17	17	20
Herbst	20	15	11	10*	14	19	24	15	14*	15	16	16
Jahr	96	78*	87	81	89	112	117	81	79*	81	91	106
Jahr, Abweichungen....	4	-14*	-4	-12	-2	20	25	10	-12*	-10	0	15

Die Ursache dieser von anderen Stationen abweichenden Erscheinung im täglichen Gang der Windstärke glaube ich in folgendem zu sehen: Nach den Untersuchungen A. Peplers l. c. entspricht der in Tabelle 12 wiedergegebene tägliche Gang einer Übergangsschicht zwischen den bodennahen Schichten und den größeren Höhen, in welchen nur ein Maximum in der Nacht auftritt. Nun kommen in Wien große Windstärken fast ausschließlich bei W- und NW-Winden vor, also bei Winden, die über den Wienerwald aus größeren Höhen herkommen und wahrscheinlich auch die Charakteristik ihres täglichen Ganges beim Eintreffen auf der Hohen Warte noch zum Teil beibehalten haben. Bei schwachen Westwinden genügt wahrscheinlich das Streichen über die nur wenig höheren Hänge westlich der Hohen Warte dazu, daß die Winde wieder den Bodenwindcharakter annehmen.

Zusammenfassung.

Die Aufzeichnungen der Windstärke in 153 m Höhe auf dem Funkturm in Deutsch-Altenburg (59 km süd-östlich der Hohen Warte) wurden in zweifacher Hinsicht bearbeitet: Nach den Registrierungen an 242 Tagen ist die Windstärke in Deutsch-Altenburg in allen vier Jahreszeiten recht gleichmäßig um 75° größer als auf

der Hohen Warte (35 *m* über dem Boden). Je größer die Windstärke in Wien, desto kleiner ist das Verhältnis zwischen Deutsch-Altenburg und Wien: Die Tagesmaxima in ersterer Station sind nur um 59%, die extremen Monatsmaxima nur mehr um 20% größer als in Wien. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die größten momentanen Windstöße in Deutsch-Altenburg kaum größer sind als in Wien.

Der Unterschied der Windstärke zwischen beiden Stationen ist stark von der Windrichtung abhängig; während bei Winden aus dem NW-Quadranten die Windstärke in Deutsch-Altenburg nur wenig größer ist als in Wien, ist sie bei SE-Winden etwa $2\frac{1}{2}$ mal so groß. Die Erklärung liegt darin, daß Wien durch den Ostrand der Alpen gegen SW-Winde geschützt ist und diese Winde in Wien nur als schwache SE-Winde auftreten, während in dem frei gelegenen Deutsch-Altenburg die SW-Winde zur vollen Entfaltung kommen können. Durch Vergleich mit gleichzeitigen Pilotierungen in Wien wurde festgestellt, daß die Abschwächung der SW-Winde nicht nur die Anemometeraufstellung auf der Hohen Warte betrifft, sondern mindestens bis 500 *m* hinaufreicht.

Der tägliche Gang der Windstärke in Deutsch-Altenburg zeigt den normalen Höhentypus mit einem Maximum in der Nacht. Im besonderen wurden die Umstände näher untersucht, unter welchen der Bodenwindtypus bis in die Höhe von 150 *m* hinaufreicht. Es ergab sich, daß dafür viel weniger die absolute Windstärke maßgebend ist als vielmehr eine zyklonale Wetterlage und die damit verbundene Störung im Luftaustausch zwischen oben und unten. Wenn bei starken Winden der Bodenwindtypus bis in die Höhe von 150 *m* hinaufreichte, wurde zumeist eine zyklonale Wetterlage, das Fehlen einer Temperaturinversion und ein gestörter Gang der relativen Feuchtigkeit auf dem Turm festgestellt. War dagegen an windreichen Tagen die Windstärke in der Nacht größer als tagsüber, so konnte hierbei weder eine charakteristische Wetterlage, noch ein besonderes Verhalten der Temperatur und Feuchtigkeit gefunden werden.

Der in Wien von J. v. Hann festgestellte tägliche Gang der Windstärke an stürmischen Tagen mit je einem Maximum zu Mittag und um Mitternacht konnte auch für die jetzige freie Anemometeraufstellung bestätigt werden. Die Ursache für diese Eigentümlichkeit liegt wahrscheinlich darin, daß bei stürmischem Wind die Luft aus W aus größeren Höhen herabkommt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: [135_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Wagner Arthur

Artikel/Article: [Windregistrierungen auf dem 150 m hohen Funkturm in Deutsch-Altenburg. 421-441](#)