12. *Ueber Beobachtungen von Windwogen; von M. Toepler.*

(Hierzu Taf. III Fig. 1–8.)

In den letzten Jahren ist die Aufmerksamkeit der Physiker und Meteorologen durch H. v. Helmholtz auf eine bisher wenig beachtete Klasse von Bewegungserscheinungen im Luftkreise hingelenkt worden, welche er mit dem Namen Luft- oder Windwogen bezeichnet.¹⁾

Wenn übereinander liegende verschiedene schwere Luftschichten in horizontaler Richtung aneinander entlang gleiten, so entstehen an deren Grenzfläche Wellensysteme, welche im allgemeinen den durch Wind erregten Wellen an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft durchaus ähnlich sind; jedoch können Luftwogen viel grössere räumliche Dimensionen annehmen.

Aus Helmholtz's theoretischen Betrachtungen geht hervor, dass ein und derselbe Wind interferirende Luftwogen verschiedener Wellenlänge und Fortpflanzungsgeschwindigkeit erzeugen kann; überwiegend kommen Wogen grosser Wellenlänge zur Ausbildung; kleinere und kleinste Wellenlängen sind zwar möglich, werden aber selten sein; ihre Ausbildung setzt ziemlich scharfe Trennung der gleitenden Luftschichten voraus, wie sie z. B. vorkommt, wenn bei wärmerer westlicher Luftströmung kälterer östlicher Wind in den unteren Schichten der Atmosphäre einsetzt.

Helmholtz zweifelt nicht, dass derartige Windwogen, wenngleich sie sich meistens der Wahrnehmung entziehen, dennoch ausserordentlich häufig vorkommen und in der Energetik der Erdatmosphäre eine wichtige Rolle spielen. Starke Windwogen grösserer Wellenlänge, welche in der Höhe weniger Kilometer über der Erde hinziehen, sind zwar am sogenannten böigen Wetter erkennbar, aber nur dann, wenn die untere Schicht soweit mit Wasserdampf gesättigt ist, dass die Wellenberge,

1) H. v. Helmholtz, Berl. Akad.-Ber. 31. Mai 1888. p. 647 und 25. Juli 1889. p. 761, ausserdem 17. Juli 1890. p. 853 oder Wied. Ann. 41. p. 641. 1890.

in denen der Druck geringer ist, Nebel zu bilden anfangen, erkennt das Auge den Bewegungsprocess an dem Auftreten streifiger, paralleler Wolkenzüge, deren Breite bekanntlich sehr verschieden sein kann, von der zartesten Cirrusbildung bis zu dem häufig auftretenden Cumulostratus.

Die erste interessante Bestätigung des Vorkommens unsichtbarer Luftwogen im Sinne der Helmholtz'schen Theorie haben bekanntlich neuerdings die wissenschaftlichen Ballonfahrten ergeben, welche vom Münchener Vereine für Luftschiffahrt veranstaltet wurden.¹⁾ Dieselben haben nicht nur festgestellt, dass an der Grenze von wellenförmigen Wolkenschichten schroffe Uebergänge zwischen übereinander gelagerten, verschieden gerichteten Luftströmen ungleicher Temperatur vorkommen, sondern es sind auch starke Luftwogen kurzer Schwingungsperiode in der Nähe des Erdbodens direct beobachtet worden. Ein Ballon, welcher mit constanter Belastung in geringer Höhe mit ziemlich starkem oberen Winde dahinschwebte, hob und senkte sich periodisch 10mal während 15 Minuten von 20 auf 60 m Höhe und umgekehrt, vollführte also verticale Schwingungen mit 40 m Amplitude.

Aus den bei der letztgenannten Ballonfahrt beobachteten Temperaturdifferenzen der übereinander gleitenden Luftschichten lässt sich nun leicht berechnen, dass die den vorüberziehenden Wogen entsprechenden periodischen Druckänderungen an der Erdoberfläche nach Zehntausenteln des Atmosphärendruckes zu veranschlagen, also durch hinreichend feine Druckmesser deutlich sichtbar zu machen sind. Freilich eignet sich hierzu nicht die träge Säule des Quecksilberbarometers mit ihren bekannten Fehlerquellen, welche hauptsächlich von der veränderlichen Meniskengestalt beim Auf- und Abwärtssteigen herrühren.²⁾ Wohl aber war zu erwarten, dass der äusserst bewegliche Xylolfaden der von meinem Vater angegebenen Drucklibelle³⁾ ein geeignetes Hilfsmittel sein werde. Ein Apparat, welcher ohne Zweifel geeignet ist, Luftwogen in

1) Finsterwalder u. Sohnke, Meteorol. Ztschr. October 1894. p. 375. und 376.

2) J. Pernet, Ztschr. f. Instrumentenkunde. Nov. 1886.

3) A. Toepler, Wied. Ann. 56. p. 609. 1895 u. 57. p. 324. 1896. Vgl. auch M. Toepler, Wied. Ann. 57. p. 311. 1896.

vollkommener Weise zu beobachten, ist übrigens schon vor mehr als 20 Jahren von Hrn. F. Kohlrausch construirt und beschrieben worden¹⁾; die Meteorologie scheint sich bisher dieses einfachen Hilfsmittels noch nicht bedient zu haben.

Benutzt man die Verschiebung des Flüssigkeitsfadens der Drucklibelle zum Ausgleich des Schwerdruckes zweier ungleichartiger Gassäulen (z. B. Luft und Kohlensäure) in der Weise, wie es in meiner eben citirten Abhandlungen (über Gasdichtebestimmungen) beschrieben ist, so zeigt Gleichung (1) daselbst, dass eine Aenderung δb des Barometerstandes unter sonst gleichbleibenden Umständen eine Ausschlagsänderung δl an der feststehenden Libelle erzeugt, welcher mit

$$\delta l = \frac{H(s - s_0)}{2 \sin \alpha \cdot \sigma_1 (1 + a t) b_0} \delta b$$

auszudrücken ist. Die Buchstaben haben die am genannten Orte angegebene Bedeutung. Man sieht, dass der benutzte Gasdichteapparat zugleich als Luftdruckvariometer dienen könnte, jedoch müsste man, um für gegebene δb möglichst grosse Ausschläge δl zu erhalten, entweder sehr flache Libellenrohre (sehr kleines α) oder sehr hohe Gasdrucksäulen H anwenden.

Bei den früher mitgetheilten Beobachtungen zur Temperatur- und Gasdichtenmessung sind stets so grosse Libellenknickungen und so kleine Gasdruckhöhen benutzt, dass — vollkommen symmetrische Anordnung der Rohrsysteme vorausgesetzt — erhebliche Störungen des Libellenstandes durch rasche Barometervariationen ausgeschlossen sind. Als ich jedoch mit einem sehr unsymmetrischen Apparate der ange deuteten Art beobachtete, zeigten sich so grosse Ausschläge, dass die Gründe hierzu in einer anderen Wirkungsweise rascher Luftdruckänderungen, als der oben angegebenen aerostatischen beruhen mussten. Diese Wahrnehmung führte zur Construction der folgenden einfachen Vorrichtung, bei welcher ich den Zweck im Auge hatte, die bei windigem Wetter auftretenden raschen Druckvariationen, wenn auch nicht genau zu messen, so doch nach ihrem periodischen oder nicht periodischen Charakter zu unterscheiden.

1) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. 150. p. 423. 1873.

**Vorrichtung zur Beobachtung kurzdauernder Luftdruck-
schwankungen.¹⁾**

In dem 3—4 mm weiten geknickten Libellenrohre AB (Knickungswinkel 3—5°) der schematischen Aufrissfigur (vgl. Figur) befindet sich der 2—5 cm lange Xylolfaden, dessen eine Kuppe durch ein Mikroskop M mit Ocularscala beobachtet wird. Um wesentliche und rasche Temperaturschwankungen während der Beobachtungen zu verhindern, liegt die Libelle wieder in einem Wasserbade (W). Die Xylolverdunstung kann auch hier, wenn nöthig, durch kleine rechts und links zunächst an AB angesetzte Kugeln mit ein paar Tropfen Xylol verhindert werden. Ueber Einzelheiten der Construction der Drucklibelle muss ich auf die oben erwähnten Abhandlungen über Temperatur- und Gasdichtenbestimmungen zurückweisen.

An B ist ein *weites* Rohr C horizontal angesetzt, an dieses eine sehr enge, lange horizontale Kapillare C' , welche bei f_2

frei endigt. Zur Vermeidung localer Störungen ist es nöthig, durch Biegung von C oder C' in der Horizontalebene das Ende f_2 dicht neben das andere freie Ende f_1 zu legen. (C' hatte bei den angestellten Versuchen 43 cm Länge und nur 0,00379 qcm lichten Querschnitt.) Die Rohrstücke f_1 , A , C und C' müssen genau in derselben Horizontalebene liegen; C muss, um rasche Temperaturänderungen zu verhindern, sorgfältig in Baumwolle gepackt werden.

Denken wir uns, das Rohr C führe *nicht* durch C' bei f_2 ins Freie, sondern sei *abgeschlossen*. Herrscht in C und im Aussenraume der mittlere Luftdruck b , so möge der Xylolfaden in seiner symmetrischen Ruhelage einspielen. Luftdruckänderungen δb aussen werden nur durch Verschiebung des Xylolfadens (wobei der hydrostatische Druck $\delta h \cdot \sigma_1$ entsteht)

1) Einige Aehnlichkeit mit dem hier beschriebenen Apparate besitzt das zu Höhenmessungen vorgeschlagene „einfache und billige Barometer“ von P. Grützner. Vgl. Beibl. 19. p. 744. 1895.

auf das Luftvolumen v in C wirken können, und den Druck daselbst um δp erhöhen. Es gilt dann

$$\delta b = \delta h \cdot \sigma_1 + \delta p.$$

Bedeutet δl die Kuppenverschiebung längs der Libellenröhre und 2α den nur kleinen ($3-5^\circ$) Knickungswinkel der Libelle, so kann man setzen $\delta h = 2\alpha \cdot \delta l$.

Raschen Aenderungen von b entsprechen rasche Zustandsänderungen in C , die man in erster Annäherung als adiabatisch ansehen kann, wenn C wie oben angegeben in Baumwolle sorgfältig gepackt ist. Dann ist $p \cdot v^k = \text{const.}$, wobei bekanntlich $k = 1,41$ zu setzen ist.

Berücksichtigt man schliesslich, dass $\delta v = -q \cdot \delta l$ ist, wo q den Querschnitt des Libellenrohres bedeutet, so folgt endlich

$$\delta b = \delta l \left[2\alpha \sigma_1 + k \cdot q \cdot \frac{b}{v} \right].$$

Alle Klammergrössen, ausser dem auch als bekannt angenommenen mittleren Barometerstande b sind der Versuchsanordnung individuelle feste Grössen; das beobachtete δl lässt also δb berechnen. Hierbei wird man bei kleinem α das erste Glied neben dem zweiten meist vernachlässigen können.

Bei den angestellten Versuchen war beispielsweise:

b etwa 1020 g (75 cm Quecksilberdruck im Mittel),

$q = 0,080$ qcm,

$v = 11,56$ ccm,

$2\alpha \sigma_1 = 0,0624$ g,

$k = 1,41$.

Daraus berechnet sich

$$\delta b = \delta l [0,0624 + 10,2].$$

Unter den unten angegebenen Beschränkungen entsprach also einer Druckzunahme von 1 g auf den Quadratcentimeter ein Ausschlag von $\frac{1}{10}$ cm, oder einer Luftdruckänderung von 1 mm Quecksilberdruck ein Ausschlag von etwa 1,4 mm. Da weiter im Mikroskope auf ein Millimeter 60 Theilstriche kamen, so würde eine Kuppenstandsänderung von einem Theilstriche eine Luftdruckänderung von etwa $\frac{1}{80}$ mm Quecksilberdruck anzeigen.

Zu bemerken ist noch, dass für kurze Xylolfäden (bis 5 cm) der Einfluss einer geringen Inconstanz der Fadentemperatur (soweit sie durch das Wasserbad nicht zu vermeiden ist) auf den Kuppenstand verschwindend klein ist.

Der oben der Rechnung zu Grunde gelegte ideale Grenzfall ist nun bei dem beschriebenen Apparate nur mit einer gewissen Annäherung verwirklicht. Ich verzichtete auf genaue Absolutmessungen, welche bei subjectiver Beobachtung rascher Processe doch nicht möglich gewesen wären, hauptsächlich um den Störungen durch Temperaturvariationen zu entgehen. Offenbar würden nämlich bei abgeschlossenem C kleine Temperaturänderungen dortselbst viel grössere Ausschläge veranlassen können als die zu beobachtenden. Daher wurde an C die offen endigende Capillare C' angesetzt. Die Spannungsänderungen des in C befindlichen Luftkörpers nicht nur in Folge der Temperatur- sondern auch in Folge *langsamer* Barometeränderungen werden hierdurch ausgeglichen¹⁾, sodass nur rasch verlaufende Luftdruckvariationen von Einfluss bleiben; für diese gilt dann, freilich nicht ganz genau, die oben angegebene Bedeutung der Ausschläge. Ohne die Capillare würde bei langen Beobachtungsreihen die Fadenkuppe nicht im Sehfelde zu halten gewesen sein.

Bei Beurtheilung des Apparates ist natürlich noch zu beachten, dass durch sehr rasche Luftdruckänderungen (stark gedämpfte) Eigenschwingungen des aus dem als abgesperrt anzusehenden elastischen Luftquantum in C und dem abschliessenden Xylolfaden gebildeten Systems entstehen können. Sowohl durch Rechnung aus den oben angegebenen Dimensionen des Apparates, als auch experimentell findet man, dass

1) Die angesetzte Capillare muss den Absolutwerth der beobachteten Ausschläge offenbar um so mehr beeinflussen, je weiter und je kürzer dieselbe ist; es wird über die je nach Umständen günstigsten Dimensionen im einzelnen Falle zu verfügen sein. Bei den Beobachtungen der Diagramme 5, 6 und 7 waren die Verhältnisse so gewählt, dass eine absichtlich (bei ganz windstillem Wetter) herbeigeführte Spannungsdifferenz zwischen C und dem Aussenraume sich in folgender Weise langsam ausglich:

Zeit in Sec.:	0	4	8	12	16	20	30	40,
Theilstriche: —	34	28	23,5	19,5	16	10	4.	

Hiernach könnten, wenn nöthig, die Ordinaten corrigirt werden.

die Dauer solcher Schwingungen nur kleine *Bruchtheile einer Secunde* betragen; störend wurde sie erst, als versuchsweise das Volumen v sehr gross (ca. 180 ccm) gewählt wurde. Mit der durch erhebliche Vergrösserung von v gesteigerten Empfindlichkeit wuchs natürlich auch der Einfluss localer Störungen. War schon bei dem kleineren Apparate ($v = 11$ ccm) jedes rasche Oeffnen und Schliessen selbst bis zu 30 m entfernter Thüren auch durch andere verschlossene Thüren hindurch störend, so galt dies umsomehr für $v = 180$ ccm; hier gab schon jedes Gehen durch *offene* Thüren der Nachbarschaft einen Ausschlag; ja sogar die Luftdruckänderungen, veranlasst durch Gehen in einem Zimmer über dem Beobachtungsraume, gaben Ausschläge in dem auf einem erschütterungsfreien Isolirpfeiler aufgestellten Apparate. Es dürfte daher zweckmässig sein, v nie wesentlich grösser als 100 ccm zu wählen.

Die Beobachtungen in freier vom Winde bewegter Luft anzustellen, würde fehlerhaft gewesen sein, da alsdann die offenen Rohrenden den *von der Richtung abhängigen* Stosswirkungen der vorüberziehenden Luftströme ausgesetzt worden wären. Der Apparat wurde daher in einem Laboratoriumszimmer (von 10 m im Geviert Grundfläche und etwa 5 m Höhe) aufgestellt, welches mit der freien Umgebung (von zwei geschlossenen Thüren abgesehen) mittels der Undichtigkeiten von acht grossen Fenstern und durch weite, bei den Versuchen offene Ventilationskanäle in Communication stand; letztere mündeten theils im Dachraume des Gebäudes, theils im Hofraume. Die Fensterfronten führten nach Norden und Süden, einerseits auf einen Hofraum, andererseits auf einen freien grossen Platz, sodass für Druckausgleich gesorgt war. Freilich kann nicht behauptet werden, dass die Beobachtungswerthe irgendwie scharf den Verlauf des Aussendruckes wiedergeben. Sicher aber sind die beobachteten Periodicitäten nicht durch Luftoscillationen in den beteiligten Gebäuderäumen nach Art stehender akustischer Schwingungen entstanden. Selbst der benachbarte grosse Hofraum (etwa wie eine kubische Pfeife erregt gedacht) würde einer viel zu kurzen Zeitperiode entsprechen, um die beobachteten Erscheinungen zu erklären. Ich kann daher den periodischen Charakter der letzteren nur den barometrischen Variationen zuschreiben, wie sie den Helm-

holtz'schen Wogen entsprechen würden. Ein directer und wohl unanfechtbarer Beweis für die Richtigkeit dieser Annahme ist durch die Verschiedenheit der beobachteten Zeitperioden, als auch des Charakters der Einzelheiten in den Erscheinungen gegeben. Diese Verschiedenheiten sind, wie ein Blick auf die Diagramme zeigt, je nach den meteorologischen Verhältnissen sehr gross, obwohl stets unter sonst thunlichst gleichen Umständen beobachtet wurde. Ein zweiter Beweis für die Richtigkeit meiner Annahme liegt in der Thatsache, dass Periodicitäten unter den zahlreich beobachteten Druckvariationen nicht die *Regel* sondern die *Ausnahme* bildeten. Obgleich nämlich nur an solchen Tagen beobachtet wurde, an denen ich Luftwogen erwarten konnte, sind doch die mitgetheilten Diagramme die einzigen, welche unzweifelhaft periodische Schwankungen zeigen. Berücksichtigt man, dass an 14 verschiedenen Tagen unter günstigen Bedingungen insgesamt während etwa 420 Min. Diagramme registrirt wurden, die mitgetheilten regelmässigen Diagramme aber nur etwa 50 Min. umfassen, so gewinnt man hieraus einen Anhalt zur Beurtheilung der Häufigkeit bez. Seltenheit des Auftretens Helmholtz'scher Luftwogen in den *unteren* Luftschichten. Undenkbar wäre es übrigens nicht, dass die geschlossenen Häuserreihen grosser Städte durch ihren hemmenden Einfluss die Gleitbewegung darüber hinfließender Luftschichten und somit die Ausbildung der Wogen begünstigen.

Die Diagramme.

Die Ablesungen folgten sich nach je $2\frac{2}{3}$ Sec. (genauer 23 Einzelablesungen in der Minute). Die *Zeiten* sind in den Diagrammen als *Abscissen* eingetragen; nach Ablauf je einer Minute ist in den Diagrammen ein Verticalstrich gezogen.

Auch hier zeigte sich, wie schon Hr. F. Kohlrausch l. c. bemerkt hat, dass bei Ablesungen in so grossen Intervallen nicht alle Details der wahren Luftdruckcurven mit registrirt werden. Da aber wesentlich rascher aufeinander folgende Beobachtungen als in den von mir eingehaltenen Zeitintervallen kaum möglich sein dürften, so wird es, abgesehen von anderen Vortheilen, für genauere Beobachtungen angebracht sein, eine selbstregistrirende Vorrichtung, etwa einen Spalt mit

vorbeibewegter photographischer Rolle in der Bildebene des Mikroskops, anzubringen.

Als *Ordinaten* sind die den Beobachtungszeiten zugehörigen *Kuppenstände* (in Theilstrichen gemessen, ein Theilstrich etwa gleich $\frac{1}{80}$ mm Quecksilberdruck) aufgetragen, und dann die einzelnen Ablesungswerthe geradlinig verbunden. — Hieraus erklärt sich das etwas eckige oder spitze Aussehen einzelner Diagramme; continuirliche Registrirungen würden meist viel glattere Curvenzüge ergeben haben. Zu dem Aussehen der Diagramme trägt auch der Umstand bei, dass zwar bei nicht allzubewegter Luft (wie in den Diagrammen I und II) Kuppenstandsänderungen von $\frac{1}{10}$ Theilstrich, d. h. von $\frac{1}{800}$ mm noch sicher abgelesen werden konnten, welchen eine Druckänderung von nur $\frac{1}{800}$ mm Quecksilberdruck entspricht; bei windigem Wetter aber sind die Luftdruckänderungen so rasche, dass ich mich meist mit Ablesungen ganzer oder höchstens halber Theilstriche begnügen musste. Abgesehen von kleineren Details geben die Diagramme trotzdem den allgemeinen Charakter der Druckschwankungen völlig hinreichend wieder. Machten locale Einflüsse eine oder mehrere Einzelablesungen unmöglich, so wurde nur die fortlaufende Zeit markirt.

Bei allen mitgetheilten Diagrammen entsprechen (infolge der Bildumdrehung im Mikroskope) *zunehmenden* Ordinaten *abnehmende* Luftdrucke. Der Maassstab aller Diagramme ist derselbe¹⁾, um Vergleiche zu erleichtern.

Ich lasse zunächst zur allgemeinen Orientirung eine Tabelle der Angaben der Dresdner meteorologischen Station über die Windverhältnisse²⁾ an den Tagen, an denen mitgetheilte Diagramme beobachtet wurden, folgen mit Bezeichnung der zugehörigen Diagramme.

1) Ohne Berücksichtigung der streng genommen erforderlichen nur unwesentlichen Correction auf gleichen mittleren Barometerstand.

2) Der Vorstand der Station, Prof. Neubert, hatte die Güte mir folgende den Windstärkeziffern zu Grunde liegenden Angaben zu machen: Grade nach Beaufort 0 = 0,25 m/sec; 1 = 1,0 m/sec; 2 = 2,5 m/sec; 3 = 5,0 m/sec; 4 = 7,0 m/sec; 5 = 9,5 m/sec.

Tag	Mittl. Barometerstand auf 0° red.	Richtung und Stärke des Windes						Figurennummer der zugehörigen Diagramme nebst Zeit des Beginnes der Ablesungen
		Morgens		Mittags		Abends		
17. Sept.	753,10	W	2	W	3	WNW	1	I 5 ^h 46 ^{min}
18. „	752,63	W	2	W	1	SSE	1	{ II 10 ^h 23 ^{min} u.
4. Oct.	740,13	WSW	1	WSW	4	W	2	III 3 ^h 28 ^{min}
5. „	749,27	WNW	2	NW	4	W	1	IV 10 ^h 24 ^{min}
6. „	748,07	SE	2	SW	3	WSW	1	V 8 ^h 51 ^{min}
12. „	750,60	W	3	W	5	W	4	VI 12 ^h 37 ^{min}
16. „	746,13	ESE	1	W	3	NW	5	VII 11 ^h 5 ^{min} VIII 2 ^h 47 ^{min}

Alle abgelesenen Zahlenwerthe hier mitzuthellen erscheint überflüssig; nur für das besonders charakteristische Diagramm IV will ich dieselben angeben.

Die Ablesungen begannen am 4. October 10^h 24' min.

Es war: Luftfeuchtigkeit 67 Proc.

Barometerstand (auf 0° red.) 739,1 mm.

Charakteristische Minima sind fett gedruckt!

10 Uhr	24	25	26	27	28	29	30	31
	10	13,5	7	8	11	4	9	9
	12	14	14	12	12	10	10	11
	10	13	13	11	9	11	8	12
	12	10	9	11	7	8	8	12
	13,5	10	13	11	5	9	5	11
	14	10	14	9	4	7	6	8
	12,5	10	11	10	6	8	10	8
	9,3	9	11	11	13	10	12	8
	12	5	9	11,5	11	13	11	7,5
	15	10	9	8	12	12	10	7,4
	9	2	9	9	14	11	8	7
	8,2	12	10	9	8	11	8	6,5
	11	16	11,5	10	10	12	8	6,8
	12	19	—	11	9	10	7,5	7
	11,5	12	10	10	10	5	7	7,7
	12	10	10	9	10	8	7,8	7
	8	11	9	9	12	11	8	7,8
	7,5	11	6	10,8	8	11	9	10
	18	12	10	11,9	9	11,5	8	10
	14	11	9	10	10	11	6	8
	15	11	9	8	14	8	9	8
	12	12	11	11	8	9	11	7
	13	10	11	12	2	8	10	—
10 Uhr	25	26	27	28	29	30	31	32

Zu den Diagrammen ist im einzelnen nur noch wenig zu sagen; es genügt auf die folgenden Thatsachen hinzuweisen.

Diagramm II ist *unregelmässig* bei geringer Windstärke; es zeigt (ebenso wie auch schon die von Hrn. F. Kohlrausch l. c. mitgetheilten Diagramme) den *vorherrschenden Typus* der Luftdruckschwankungen.

Nur ab und zu traten *regelmässige periodische* Luftdruckschwankungen auf, wie z. B. die oben mitgetheilten Zahlen des Diagrammes IV erkennen lassen. Die Dauer und der Charakter der periodischen Erscheinungen selbst ist sehr verschieden. So beträgt die Periodendauer

in Diagramm I etwa 24 Sec.

IV	„	41	„
V	„	293	„
VII	„	107	„
VIII	„	60	„

(Ausserdem zeigte sich, wenn auch weniger deutlich am 10. October 12 Uhr eine Periode von 100 Sec. und an demselben Tage später eine solche von 80 Sec.; beide bei sehr kleinen Amplituden, d. h. bei wenig bewegter Luft.)

In den Diagrammen sind die charakteristischen entsprechenden Punkte der Periode, wo es nöthig erschien, durch darunter (bez. darüber gesetzte) Kreise markirt (zum Theil zeigen die Druckminima, zum Theil die Druckmaxima die Perioden besonders deutlich).

Freilich sind die auftretenden Regelmässigkeiten nie bis ins einzelne genau; dies ist aber auch weder bei Wasserwogen, noch auch bei den Cirrhen der Fall; eine grössere Regelmässigkeit der Windwogen als die thatsächlich beobachtete war also gar nicht zu erwarten.

Das Diagramm V erinnert, besonders in seinem ersten Theile, an die akustischen Schwebungen (und Combinationstöne); dass den Schwebungen analoge Erscheinungen auch bei Windwogen zu erwarten sind, hat schon v. Helmholtz¹⁾ hervorgehoben. Hieraus erklärt sich auch die auffallend lange Dauer der Periode in Diagramm V. Auch Diagramm VI zeigt

1) H. v. Helmholtz, Berl. Akad.-Ber. 25. Juli 1889. p. 780.

den Charakter einer Schwebung sehr gut, was um so bemerkenswerther ist, als sowohl während 10 vorangehenden als auch 20 folgenden Minuten, welche die Gesamtregistrirung umfaßt, *keine* Regelmässigkeit zu erkennen war, im Gegentheile diese nicht mitgetheilten Abschnitte als Muster von Unregelmässigkeit gelten könnten.

Manchmal hat es auch ganz den Anschein, als ob Wellenzüge von sehr *verschiedener* Periodendauer sich superponirten; so vielleicht in dem das Ende einer längeren unregelmässigen Ablesungsreihe bildenden, besonders regelmässigen Diagramme III. In Diagramm VII ist ausser einer durch Kreise markirten Periode (von 107 sec) anscheinend noch eine zweite etwas längere (von 130 sec) enthalten, diese ist mit Kreuzchen markirt; man sieht sehr auffällig, wie in der That an der Stelle, wo diese zweite Woge die erste einholt, besonders grosse Amplituden entstehen (das Diagramm repräsentirt also gewissermaassen ein Stück einer sehr lang dauernden Art von Schwebung zwischen zwei Wellen mit scharf hervortretenden Kämmen), von hier ab war freilich der noch durch 13 weitere Minuten beobachtete Verlauf der Luftdruckschwankungen recht unregelmässig, und ist derselbe daher nicht mitgetheilt worden. Vielleicht treten derartige Erscheinungen auch auf, wenn sich, wie man oft bei Cirris zu beobachten Gelegenheit hat, zwei Wellenzüge kreuzen.

Das Diagramm VIII ist neben seiner grossen Regelmässigkeit durch seine Dimensionen bemerkenswerth; es zeigt, dass auch beim Abklingen sehr heftiger Windstösse¹⁾ regelmässige Erscheinungen auftreten können; der weitere nicht mitgetheilte Verlauf des Diagramms, beobachtet während der folgenden 12 Minuten, ist vollständig unregelmässig.

Nach Allem scheint es also unzweifelhaft, dass es sich bei den angestellten Versuchen um nichts anderes, als um die Wahrnehmung Helmholtz'scher Luftwogen handelt. Erst

1) „Der mit Regen verbundene Sturm, welcher sich seit dem Vormittage (des 16.) immer heftiger entwickelte, steigerte sich Nachmittags 3 Uhr ganz plötzlich zum Orkan“, welcher in Dresden mancherlei Verwüstung anrichtete, z. B. Aeste und Telegraphenstangen brach. Vgl. Dresdner Anz. vom 17. Oct. 1895. p. 4.

durch correspondirende Beobachtungen auf benachbarten Stationen in geeignetem Terrain wird über Fortpflanzungsgeschwindigkeit u. a. m. Aufschluss erhalten werden. Nach Beobachtungen der letzteren Art wird sich auch endgültig darüber entscheiden lassen, was in den Erscheinungen allenfalls den örtlichen Einflüssen zuzuschreiben ist.

Dresden, 13. Jan. 1896.