**4. Ein Apparat zur Aufsuchung regelmäßiger
Wellen im Luftdruck;
von Wilhelm Schmidt (Wien).**

I.

Für Beobachtung und Registrierung von kurzdauernden Luftdruckschwankungen hat M. Toepler¹⁾ einen Apparat angegeben, welcher im wesentlichen aus einer Drucklibelle besteht, deren eine Öffnung in die freie Luft mündet, während die andere Seite mit einem abgeschlossenen Luftvolum in Verbindung steht. Um eine starke Vergrößerung zu erlauben, durften die Druckunterschiede zwischen dem letzteren und der Außenluft nicht allzu große werden; es war deshalb ein Kapillarrohr vorgesehen, das langsamen Ausgleich der Druckunterschiede innen und außen ermöglichte. Die längerdauernden Veränderungen im Luftdruck konnten so bis zu einer gewissen Grenze ausgeschaltet werden und es blieben nur die kurzen Schwankungen übrig.

Gerade diese Schwankungen von sehr kurzer Dauer sind aber in hohem Grade von der Aufstellung des Apparates abhängig, ferner wird auch jede nicht rhythmische Änderung der Windstärke, ebenso auch der Windrichtung ihren Einfluß geltend machen, so daß die beobachteten Wirkungen zum großen Teil den Charakter des rein Zufälligen tragen. Was aber interessiert, sind *regelmäßige* Schwankungen des Luftdruckes, mag deren Ursache nun in „Helmholtzschen Luftwogen“ oder in durch die Örtlichkeit bedingten stehenden Schwingungen liegen. Um diese klar zu erhalten, müssen nicht nur die langsamen Veränderungen des Luftdruckes ausgeschaltet werden, sondern ebenso auch die schnellsten, welche das reine Bild verwischen und unlesbar machen; mit anderen Worten: es ist ein Apparat zu benutzen, welcher Schwingungen von bestimmter Dauer voll wiedergibt, schnellere und

1) M. Toepler, Ann. d. Phys. 12. p. 787. 1903.

langsamere hingegen mehr oder weniger unterdrückt. Ein solcher läßt sich nach folgenden Überlegungen konstruieren.

Es werde angenommen, daß der Luftdruck im Freien nach einem einfachen Sinusgesetz mit der Zeit sich verändert, also regelmäßige Schwingungen ausführt, welche sich darstellen lassen durch die Formel:

$$p = a \cdot \sin b t.$$

(p Luftdruck, a Amplitude der Schwingung, b Schwingungszahl, t Zeit.)

Ferner sei ein abgeschlossenes Luftvolumen angenommen, das nur durch eine Kapillare mit der Außenluft in Verbindung steht. Ist zwischen innen und außen ein Druckunterschied vorhanden, so wird er sich nach einem Exponentialgesetz ausgleichen, d. h. die Geschwindigkeit der Abnahme des Druckunterschiedes wird diesem letzteren in jedem Augenblick proportional sein. Der Proportionalitätsfaktor sei $-\alpha_1$. Es wird dann die außen herrschende Sinusschwingung auch in dem Druckunterschied zwischen innen und außen eine gleiche von derselben Schwingungsdauer aber anderer Amplitude und anderer Phase erzeugen, deren Gleichung lautet

$$p_1 = \frac{a b}{\sqrt{b^2 + \alpha_1^2}} \cdot \sin(b t + \varphi_1);$$

die Phasenverschiebung φ_1 ist gegeben durch:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\alpha_1}{b}.$$

Für ein zweites gleiches abgeschlossenes Luftvolumen, dessen Verbindung mit der Außenluft aber durch eine andere Kapillare hergestellt wird (Abnahmegeschwindigkeit der Druckdifferenz gegeben durch $-\alpha_2$), wird eine ähnliche Gleichung gelten:

$$p_2 = \frac{a b}{\sqrt{b^2 + \alpha_2^2}} \cdot \sin(b t + \varphi_2),$$

wo wieder

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{\alpha_2}{b}.$$

Betrachtet man nun den Druckunterschied zwischen den Innenräumen beider Gefäße, so zeigt auch dieser eine Sinus-

schwingung mit veränderter Amplitude und Phase. Ihre Gleichung wird sein:

$$\pi = a b^2 \left\{ \frac{1}{b^2 + \alpha_1^2} - \frac{1}{b^2 + \alpha_2^2} \right\} \cdot \sin b t \\ + a b \left\{ \frac{\alpha_1}{b^2 + \alpha_1^2} - \frac{\alpha_2}{b^2 + \alpha_2^2} \right\} \cos b t.$$

Die Amplitude ist:

$$A = a \cdot b \cdot \sqrt{(\alpha_1 - \alpha_2) \frac{b^2 - \alpha_1^2}{(b^2 + \alpha_1^2)^2} \cdot \frac{b^2 - \alpha_2^2}{(b^2 + \alpha_2^2)^2}}.$$

Sie ist natürlich kleiner als die der ursprünglichen Schwingung a , daneben auch abhängig von der Schwingungszahl. Für kleine b (Schwingungen von langer Periode) wird sie selbst auch klein. Dasselbe tritt aber auch für sehr schnelle Schwingungen ein (b groß). Nur für mittlere Schwingungszahlen ist die Amplitudenverkleinerung nicht so bedeutend.

Man hat also in der Beobachtung des Druckunterschiedes im Innern zweier Gefäße, von denen jedes bloß durch eine Kapillare mit der Außenluft in Verbindung steht, ein Mittel, um aus dem komplizierten Luftdruckverlauf gerade die Schwingungen herauszusuchen, welche interessieren. Länger- und kürzerdauernde werden zwar auch noch wiedergegeben, aber mit desto geringerer Amplitude, je weiter ihre Schwingungszahl von der bevorzugten absteht. Wie diese letztere von den Konstanten des Apparates abhängt, ist noch zu zeigen.

Gibt man der Schwingungszahl b die Form $\lambda \cdot \sqrt{\alpha_1 \alpha_2}$ (λ eine Konstante), so erhält in dem Ausdruck für π der Koeffizient von $\sin b t$ die Gestalt:

$$a \cdot \frac{\alpha_1^2 - \alpha_2^2}{\left(\lambda \alpha_2 + \frac{\alpha_1}{\lambda} \right) \cdot \left(\lambda \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{\lambda} \right)} = C_1,$$

der von $\cos b t$:

$$a \sqrt{\alpha_1 \alpha_2} \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \left(\lambda - \frac{1}{\lambda} \right)}{\left(\lambda \alpha_2 + \frac{\alpha_1}{\lambda} \right) \cdot \left(\lambda \alpha_1 + \frac{\alpha_2}{\lambda} \right)} = C_2.$$

Ersetzt man λ durch $1/\lambda$, so bleibt C_1 ungeändert, C_2 hingegen ändert das Zeichen. Unter Berücksichtigung dessen, daß $\sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ die Gesamtamplitude darstellt, ergibt sich somit, daß Wellen von den Schwingungszahlen $\lambda \sqrt{\alpha_1 \alpha_2}$ und $1/\lambda \cdot \sqrt{\alpha_1 \alpha_2}$ mit derselben Verkleinerung wiedergegeben werden. Die Phasen-

verschiebung gegen die erregende Schwingung wird in beiden Fällen von gleichem Absolutwert aber entgegengesetztem Vorzeichen sein.

Eine besondere Stellung nimmt der Fall ein, für den $\lambda = 1/\lambda$ wird. Die Schwingungszahl ist dann $\beta = \sqrt{\alpha_1 \alpha_2}$ und die Amplitude erreicht hierfür einen Extremwert, in dem Falle das gesuchte Maximum. Da ferner der Ausdruck C_2 verschwindet, ist hier die Phasenverschiebung Null, d. h. Schwingungen von der Schwingungszahl β finden sich auch im Druckunterschied zwischen den abgeschlossenen Luftvolumina vollkommen synchron abgebildet.

Die Maximalamplitude selbst ergibt sich zu

$$A_{\max.} = a \cdot \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}.$$

Man hat es also vollkommen in der Hand, durch Wahl von α_1 und α_2 sowohl die bevorzugte Schwingungsdauer wie auch die Maximalamplitude zu fixieren.

Die Wirkungsweise des Apparates läßt sich übrigens auch ohne mathematische Ausführungen plausibel machen: Sind nämlich die äußeren Luftdruckschwankungen sehr langsame, so hat jedes der beiden Luftvolumina Zeit, seinen Druck mit dem der Außenluft auszugleichen; bei sehr raschen Schwingungen hingegen wird wegen der kurz aufeinander folgenden, entgegengesetzt gerichteten Impulse überhaupt keine Druckänderung im Innern der Gefäße hervorgerufen. In beiden Fällen kann sich also keine bedeutendere Druckdifferenz einstellen, wohl aber bei mittlerer Schwingungsdauer, wo das durch die weitere Kapillare mit der Außenluft in Verbindung stehende Gefäß weniger gegen die Druckschwankungen in dieser zurückbleibt als das andere.

Da für den praktischen Fall bei bestimmtem α_1 und α_2 die Kenntnis der Amplitudenverkleinerung und Phasenverschiebung für jede Schwingungszahl b notwendig ist, wird man sich diese Werte auf rein rechnerischem Wege oder durch graphische Konstruktion mit Benutzung von Vektoren verschaffen. Das Ergebnis einer solchen zeigt Fig. 1, wo $1/\alpha_1 = 55$ Sek., $1/\alpha_2 = 40,8$ Sek. angenommen ist. ($1/\alpha$ ist die Zeit, in welcher sich durch die Kapillare der Druckunter-

schied zwischen dem Innern des Gefäßes und der Außenluft auf den e^{ten} Teil verringert.) Als Abszissen sind die Schwingungsdauern aufgetragen (entsprechend $1/b$), als Ordinaten die zu den betreffenden Schwingungsdauern gehörigen Amplituden in Bruchteilen der ursprünglichen.

Fig. 1.

Bisher wurde als Form der äußeren Luftdruckänderung eine einfache Sinusschwingung angenommen. Da sich aber die Schwingungen auch im Apparat einfach superponieren, kann jeder komplizierte Gang nach der Fourierschen Methode in Partialschwingungen aufgelöst werden, von denen jede für sich behandelt werden darf.

Einzelne besondere Fälle seien indes hervorgehoben. Es zeige sich z. B. im Barometerstand eine plötzliche Druckstufe im Betrage Δp . Dann ändert sich der Druckunterschied der beiden Luftvolumina mit der Zeit nach der Formel:

$$\pi = \Delta p (e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t}),$$

steigt also von Null langsam zu einem Maximalwert an, welcher für $t = \frac{l(\alpha_1/\alpha_2)}{\alpha_1 - \alpha_2}$ erreicht wird, um nachher wieder sanft abzusinken. Der Maximalwert selbst wird um so höher sein, je stärker α_1 und α_2 sich unterscheiden.

Steigt hingegen der äußere Luftdruck linear an, so nähert sich die Druckdifferenz in den Gefäßen einem bestimmten Grenzwert asymptotisch; dieser ist gegeben durch

$$\pi = \gamma \left(\frac{1}{\alpha_1} - \frac{1}{\alpha_2} \right),$$

wo γ die Anstiegsgeschwindigkeit des äußeren Druckes darstellt. Diese Formel kann auch für Schwingungen langer Periode Verwendung finden, wenn die dabei auftretenden Amplituden bedeutende sind.

II.

Der auf Grund des vorhin dargelegten Prinzips gebaute Apparat besteht in seiner schließlich benutzten Form aus zwei Flaschen, von denen jede ca. 400 ccm faßt; durch den sie verschließenden Kautschukstöpsel führt neben einem Glasrohr mit Hahn, welcher den Druck innen und außen auszugleichen gestattet, ein zweites Rohr, an das die Kapillaren angeschlossen werden; mit ihm steht auch die Toeplersche Drucklibelle in Verbindung, welche zwischen den beiden Flaschen eingeschaltet ist. Da die entstehenden Druckunterschiede je nach der herrschenden Witterung, aber auch je nach der Wahl der Kapillaren stark variieren, muß man die Empfindlichkeit der Libelle den augenblicklichen Bedürfnissen anpassen, indem man die Neigung der beiden Hälften vergrößert oder verkleinert. Es ist zu diesem Zwecke in der Mitte ein Stück Kautschukschlauch eingeschaltet, durch welchen jedoch das zuerst als Sperrflüssigkeit verwendete Petroleum schnell hindurchdiffundierte und verdunstete. Es wurde an seine Stelle Wasser und Alkohol mit gutem Resultat gesetzt.

Die Ablesung des Kuppenstandes erfolgte durch ein Mikroskop mit Okularmikrometer, von dem 20—30 Teile auf 1 mm kamen. Selbstverständlich wurden alle zu genaueren Messungen erforderlichen Vorsichtsmaßregeln eingehalten. Es war das Libellenrohr nicht zu eng gewählt worden, auf gute Benetzung wurde gesehen, alle Teile ausreichend gegen rasche Temperaturschwankungen isoliert, daneben waren auch alle Schlauchverbindungen möglichst kurz gehalten. Es wären sonst leicht bei rasch veränderlichem äußeren Luftdruck Schwankungen der Luft vorgetäuscht worden, sowie dies auch bei den Kautschukstöpseln der Fall gewesen war, bevor sie durch Drahtbindung fest in den Flaschenhals hineingepreßt wurden.

Als Kapillaren fanden Thermometerröhren von verschiedener Weite und Länge Verwendung. Eine einmalige Bestimmung der Konstante α für jedes Rohr genügte, wie

spätere gelegentliche Nachprüfungen ergaben, vollkommen. Diese Bestimmung erfolgte derart, daß der Hahn der einen Flasche geöffnet blieb, während in der zweiten, an welche die zu prüfende Kapillare angeschlossen war, künstlich ein größerer Über- oder Unterdruck gegen die Außenluft erzeugt wurde. Die beobachtete Geschwindigkeit, mit welcher dessen Betrag mit der Zeit abnahm, ließ die gesuchte Größe leicht rechnen.

Hat man sich so eine Reihe von Kapillaren mit verschiedenem α vorbereitet, so läßt sich durch geeignete Auswahl, wie oben gezeigt, leicht die Schwingungsdauer der mit maximaler Amplitude wiedergegebenen Schwingung fixieren, ebenso auch die Amplitude selbst auf den gewünschten Betrag bringen. So wurden für die unten angeführten Versuche, welche speziell Schwingungen von der Größenordnung einer Minute erkennen lassen sollten, meistens zwei Röhren verwendet, deren Konstanten $1/5,5$ und $1/40,8 \text{ sec.}^{-1}$ waren. Eine weitere Änderung der Abklingungskonstanten ließe sich bei gleicher Kapillare durch Wahl verschieden großer Flaschen vornehmen, doch erwies sich die oben angegebene Einstellungsmöglichkeit als vollkommen ausreichend. Man wird allerdings nur in den äußersten Fällen zu besonders engen Kapillaren greifen, da diese der Verschmutzung am meisten ausgesetzt sind, und ihnen lieber bei weiterem Lumen eine größere Länge geben.

Es empfiehlt sich übrigens nicht, die Verkleinerung der Amplitude dadurch möglichst zu vermeiden, daß man zwei Kapillaren von sehr stark verschiedenem α nimmt. In diesem Falle werden nämlich die von der bevorzugten Schwingungsdauer nicht allzuweit abliegenden Schwingungen immer noch verhältnismäßig groß wiedergegeben und der Zweck des Apparates wird dann nur für sehr kurze und sehr lange Wellen erreicht.

Als ganz konstant kann man die Größen α zwar nicht annehmen, da sie sich mit der Temperatur ändern; doch kommen diese Änderungen hier kaum in Betracht.

Von einer kontinuierlichen Registrierung, welche sonst sehr wünschenswert wäre und deren Einrichtung nach Toepler keine besonderen Schwierigkeiten gemacht hätte, mußte für diese vorläufigen, mehr orientierenden Versuche abgesehen werden. Da es hier aber gerade auf die Aufdeckung von Wellen kürzerer Dauer ankommt, war es notwendig, die

einzelnen Ablesungen in Zwischenräumen von 5 oder 10 Sek., nur selten von 15 oder 30 Sek. vorzunehmen. Da durch den Apparat alle plötzlichen Änderungen ausgeglichen werden, geben die so gewonnenen Punkte ein befriedigendes Bild des Luftdruckverlaufes.

III.

In dem komplizierten Gange des Luftdruckes, wie er durch Barometer, Barograph usw. gegeben ist, finden sich bestimmt auch regelmäßige Änderungen, Schwingungen, nur sind diese durch die rein zufälligen und plötzlichen verwischt und verdeckt. Diese letzteren fernzuhalten wird der eben beschriebene Apparat gute Dienste leisten und so Spezialuntersuchungen über das sonst nur schwer zu übersehende Gebiet der kurzdauernden Schwankungen ermöglichen. Hier sollen einige Beobachtungen angeführt werden, welche die Wirkungsweise des Apparates und die Auswertung der erhaltenen Resultate illustrieren mögen.

Kürzerdauernde Wellen im Luftdruck können auf mehrfache Weise zustande kommen. Man kann zunächst an rein mechanische Schwingungen einer mehr oder weniger abgegrenzten Luftmasse denken, wie sie in einem größeren von Häusern eingefassten Hof gegeben ist. Hier sind die Perioden der z. B. durch darüberwehenden Wind ausgelösten Schwingungen meistens ziemlich kurz, werden aber unter Umständen ganz erhebliche Werte annehmen können.

Andere Wellenzüge dürften auf Helmholtzsche Wogen zurückzuführen sein, wie sie in der Grenzschicht zweier verschieden temperierter Luftmassen von verschiedener Geschwindigkeit entstehen. Solche Wogen mögen einmal insofern wirken, als bei ihrem Vorüberziehen über den Beobachtungsort die Mächtigkeit der Schichten verschiedener Temperatur variiert, also auch der Druck am Boden, dann aber wird man auch berücksichtigen müssen, daß in ihrem Gefolge zugleich der Wind periodische Änderungen zeigen muß, welche wieder auf dynamischem Wege Luftdruckschwankungen erzeugen.

Regelmäßige Schwankungen brauchen sich aber durchaus nicht auf windiges Wetter zu beschränken; sie können ebenso gut bei Windstille auftreten, wobei man ihre Entstehung meistens

auf stehende Schwingungen an der Grenze verschieden temperierter Luftschichten zurückführen wird. Welcher von den verschiedenen Fällen gerade vorliegt, läßt sich nur an Hand meteorologischer Daten angeben.

Fig. 2 gibt eine solche am 25. Mai 1907 bei sonnigem windstillen Wetter gemachte Beobachtungsreihe wieder. Die Intervalle zwischen den einzelnen Ablesungen betrugen anfangs 15, später 30 Sek. Die Schwingungsdauer der bevorzugten Wellen war ca. 6 Min.

Fig. 2.

Auffallend ist hier, wie der Druck bei jeder Welle zunächst schneller, dann langsamer ansteigt, um schließlich nach Erreichen des Maximums fast linear wieder abzusinken. Da die Schwingungsdauer fast mit der, auf welche der Apparat abgestimmt war, zusammenfiel, sind die Deformationen verhältnismäßig klein, so daß man hier auch in den Einzelheiten den Gang des äußeren Luftdruckes verfolgen kann, nur wird bei diesem der Anstieg steiler, der Abfall noch flacher sein. Zur Erklärung der seltsamen Gestalt der Wellen wird man als ihre Ursache Helmholtzsche Wogen annehmen, die jedoch einen scharfen Kamm haben müßten und knapp an der Grenze des Überschlagens wären. Ähnliche Formen scheinen übrigens nicht gar zu selten zu sein, da sie sich bisher in drei unter ähnlichen Bedingungen aufgenommenen Beobachtungsreihen fanden, wenn auch nur ein einziges Mal (am selben Tag) in der gleichen fast ganz reinen Form. Bei der fortwährenden Änderung der Bedingungen darf man sich nicht wundern, daß die Schwingungsdauer nicht konstant bleibt, sondern sich fast von Welle zu Welle ändert. Wo durch weniger lebhaftere Luftbewegung die gleichmäßige Mischung nicht soweit vorgeschritten ist wie an den windigeren Tagen, werden sich natürlich diese zufälligen Abweichungen eher finden müssen. Als Beispiel mag der Vergleich der oben angeführten Beobachtungen mit den in Fig. 3 wiedergegebenen dienen.

Diese stammen vom 22. Juni 1908, einem warmen Tag, zuweilen sonnig, dann wieder fast ganz bewölkt. Es wehte ein schwaches Lüftchen, nur zeitweilig kamen stärkere Stöße. Im Gegensatz zu der früheren Reihe, die in einem im Garten stehenden offenen Häuschen aufgenommen wurde, war der Apparat bei dieser in einem Zimmer im ersten Stockwerk auf-

Fig. 3.

gestellt. Bei den kürzeren Wellenlängen, auf die der Apparat diesmal eingestellt war, machte sich schon der verzögernde Einfluß geschlossener Fenster geltend. Es waren da die Amplituden oft bedeutend kleiner als bei offenen, machte sich auch jedenfalls Phasenverschiebung geltend. Es wurden deshalb während der Beobachtung die Fenster stets offen gehalten.

Die Konstanten der Kapillaren waren $\alpha_1 = 0,18$ und $\alpha_2 = 0,024$, Werte, die auch dem Amplitudendiagramm Fig. 1 zugrunde liegen. Die Empfindlichkeit der Libelle war derart, daß einem Druckunterschied von 0,01 mm Quecksilber 87 Skt. entsprachen. Tausendstel Millimeter konnten also noch ganz genau abgelesen werden, selbst wenn man den Umstand berücksichtigt, daß der absperrende Flüssigkeitstropfen stets eine nicht zu vernachlässigende Trägheit besitzt, welche alle Ausschläge stark vermindert.

Die geringste Amplitudenverkleinerung (Amplitude 0,763 der tatsächlichen) trat ein bei einer Schwingungsdauer von 15 Sek., Wellen von 8—26 Sek. wurden noch annähernd gleich stark wiedergegeben.

Die Aufzeichnung zeigt nach einer Periode verhältnismäßiger Ruhe (der erste Teil ist weggelassen) regelmäßige Schwingungen von ca. 37 Sek. Ihre Amplitude beträgt, umgerechnet auf die wirklichen Luftdruckschwankungen, etwa 0,001 mm Quecksilber. Auf diese Schwankungen folgen wieder Wellen von etwas abnehmender Amplitude und Schwingungs-

dauer. Dann setzten wieder ungleichmäßigere Wellen ein, zugleich mit stärkeren Windstößen. Da deren Eintreten auch notiert wurde, konnte man konstatieren, wie jedem Anstieg des Druckes ein Windstoß vorausging. Daß jene aber nicht die dynamische Wirkung der letzteren ist, ergab sich ohne weiteres, da eine solche bei der herrschenden Windrichtung nur eine Verminderung des Druckes sein konnte. Hier folgten auch die Windstöße regelmäßig aufeinander, werden also derselben Ursache zuzuschreiben sein, wie die Druckwellen.

Das Beispiel ist übrigens typisch für die Schwankungen an gewittrigen Tagen: anfangs sind die Änderungen nur ganz geringe, dann setzt plötzlich die Unruhe ein, die dann ohne Unterbrechung andauert, auch während der einem Gewitter öfter vorangehenden Windstille.

Der Tag, an welchem die zuletzt angeführten Beobachtungen gemacht wurden, war nicht besonders windig (mittlere Stärke nach der 10 teiligen Skale 2—3). Wenn die Windgeschwindigkeit aber größer wird, so stellt sich auch eine stärkere Unruhe ein, meistens wohl als dynamische Wirkung der einzelnen Windstöße. Einen Teil einer unter solchen Umständen gemachten Aufzeichnung (vom 24. Juni 1908) gibt Fig. 4 wieder;

Fig. 4.

man sieht, wie zur Festlegung der hier auftretenden Druckschwankungen das Zeitintervall von 5 Sek. schon zu groß ist, daß man also für genauere Abbildung der Einzelheiten zu kontinuierlicher Registrierung greifen müßte. Die Konstanten des Apparates waren in diesem Fall die gleichen wie beim vorhergehenden. Von der Auflösung in einzelne Wellenzüge wird man aber hier absehen müssen.

Die Beispiele wurden nur angeführt, um die Verwendbarkeit des Apparates zu illustrieren. Eine ausführlichere

Darlegung der mit ihm gewonnenen Resultate wird in einiger Zeit an anderer Stelle erfolgen. Wie man sieht, entspricht der Apparat vollkommen den an ihn gestellten Forderungen und eignet sich besonders zum Aufsuchen von Wellen bestimmter Periode im Luftdruck, indem die momentanen Schwankungen ebenso unterdrückt werden, wie die langsamen Veränderungen. Vielleicht wäre es mit seiner Hilfe möglich, diese regelmäßigen Schwankungen auch dort nachzuweisen, wo Drucklibelle und Variometer versagt haben¹⁾, denn daß solche sich überall finden, wo ungleich temperierte Luftschichten übereinander hinwegstreichen, ist mehr als wahrscheinlich. Man wird es da etwa mit verschiedenen bevorzugten Perioden versuchen, denn das ist ja ohne weiteres klar, daß sie je nach der Örtlichkeit sich ändern müssen. Wieweit hierin die Anpassungsfähigkeit des Apparates geht, läßt sich nicht sofort entscheiden. Auf kürzer dauernde Wellen ist es leicht einstellbar dadurch, daß man kürzere und weitere Kapillaren nimmt; für längere Perioden wird es sich empfehlen, neben der Wahl geeigneter Kapillaren auch den Gefäßen ein größeres Volumen zu geben, da so der hier sehr leicht ins Gewicht fallende Einfluß von Temperaturänderungen herabgedrückt wird.

Übrigens wird dadurch, daß man sich vorzüglich auf eine bestimmte Periode beschränkt, auch die Genauigkeit wesentlich erhöht. Es stellt sich nämlich für schnelle Luftdruckänderungen weder bei der Toeplerschen noch bei der Hefner-Alteneckschen Konstruktion auf der offenen Seite des Manometerrohres augenblicklich der wirkliche Luftdruck ein, so daß gerade diese schnellsten Schwankungen nicht genau wiedergegeben werden. Dazu kommt noch die hier ganz bedeutend merkliche Trägheit des Flüssigkeitstropfens und seine Reibung im Rohre, beides Umstände, die im selben Sinne wirken; sie werden aber nicht mehr zu berücksichtigen sein, wenn man von der Sperrflüssigkeit nur langsame Bewegungen verlangt.

Da in der angegebenen Kombination zweier durch Kapillaren

1) Vgl. das Referat J. H. L. Flögels auf der 73. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Hamburg 1901.

mit der Außenluft in Verbindung stehender Luftvolumina das letztere der Fall ist, geben die damit gemachten Beobachtungen, richtig gelesen, den Gang des Luftdruckes genauer, als es mit Hilfe der anderen Apparate möglich ist. Es können daneben noch Fälle vorkommen, in denen ausdrücklich nach bestimmten Luftdruckwellen gesucht wird, und hier vermag das dargelegte Prinzip wesentliche Dienste zu leisten. Eine mit geringen Abänderungen leicht durchzuführende Anwendung desselben auf andere Gebiete, wo in ähnlicher Weise der zeitliche Verlauf eines Elementes verfolgt wird, ist schon in Angriff genommen.

Wien, K. K. Zentralanstalt für Meteorol. u. Geodynamik.

(Eingegangen 3. August 1908.)