© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ein neuer akustischer Interferenz-Versuch.

Die Analogien zwischen den optischen und akustischen Erscheinungen sind schon lange ein wesentliches Hülfsmittel zur Erleichterung des Verständnisses verwickelterer Fälle in diesen Gebieten gewesen und gewiss hat schon mancher Lehrer der Physik gleich mir den Wunsch gehegt, in der Akustik ein Analogon für den Newton'schen Interferenz-Versuch zu besitzen. Nach mehreren fehlgeschlagenen Versuchen ist es mir geglückt, dieses Ziel in höchst einfacher Weise ziemlich vollständig zu erreichen. Mir ist nicht bekannt, dass der Versuch in gleicher Weise von irgend Jemanden angestellt sei; auch meine hiesigen Fachgenossen und andere, denen ich davon Mittheilung machte, kannten ihn noch nicht, wesshalb ich mich berechtigt glaube, denselben als neu zu beanspruchen.

Als Tonquelle benutze ich eine gedeckte Orgelpfeife von weiter Mensur, die ich vermittelst eines langen Gummischlauches mit einem Lange'schen Gebläse in Verbindung setze. Die Pfeife muss weit mensurirt sein, damit sie die Obertöne garnicht oder doch möglichst schwach erklingen lässt. Die Pfeife schiebe ich in ein weites, langes, an einem Ende verschlossenes Rohr, von starker Pappe. Wird die Pfeife nun angeblasen und in dem weiten Rohr hin und her geschoben, so lassen sich mit Leichtigkeit bald Punkte finden, an denen der Ton der Pfeife bis fast zum Unhörbaren abgeschwächt wird. Diese Abschwächung ist so bedeutend, dass das durch das Ausströmen der Luft aus dem Pfeifenspalte entstehende Geräusch den Ton der Pfeife völlig überdeckt. Bringt man die tönende Pfeife an das Ende des weiten Rohrs und zieht sie langsam zurück, so gelangt sie sehr bald an einen Punkt in welchem ihr Ton ein Maximum der Abschwächung erfährt. Misst man jetzt von dem Labium der Pfeife bis zum geschlossenen Ende des weiten Rohres, so beträgt diese Entfernung ein Viertel der Wellenlänge des Tones; der Gangunterschied der directen und von der Rückwand reflectirten Wellen beträgt dann eine halbe Wellenlänge. Nebenbei bemerkt ist die Entfernung des Labiums von der Rückwand etwas grösser, als die Länge der geschlossenen Pfeife, da der Ton eine etwas grössere Wellenlänge, als das Vierfache der Pfeifenlänge hat. Der Grund dafür liegt in dem Austreten des am Labium liegenden Schwingungsbauches über die Grenze der Pfeife hinaus. — Der Punkt, an welchem die grösste Abschwächung des Tones eintritt, lässt sich leicht mit sehr grosser Genauigkeit und Sicherheit finden, da nur eine höchst geringe Verrückung der Pfeife aus ihrer Lage nothwendig ist, um den Ton sogleich merklich stärker werden zu lassen. In dem Dreifachen jener Entfernung wiederholt sich dieselbe Erscheinung, ebenso in dem Fünffachen, überhaupt jedem ungraden Vielfachen derselben, da hier jedesmal der erforderliche Gangunterschied von einer halben Wellenlänge zwischen directen und reflectirten Wellen eintritt. In der Mitte zwischen je zweien benachbarten solcher Punkte sollte der Ton ein Maximum der Verstärkung erlangen. Wenn auch von Punkten,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in denen die Abschwächung am stärksten ist ausgehend, der Ton sich verstärkt und diese Verstärkung mit Leichtigkeit zu beobachten ist, so lässt sich doch nicht mit Sicherheit der Punkt finden, in welchem diese Verstärkung ihr Maximum erreicht; für die Messung der Wellenlänge ist dieses übrigens auch gleichgültig, da die Lage der Punkte, in welchen die grösste Abschwächung stattfindet, hinreichende Mittel für die Bestimmung der Wellenlänge bietet. Die Lage dieser Punkte lässt sich aber mit Leichtigkeit und grosser Genauigkeit vermittelst eines in das Rohr geschobenen Maasstabes messen und die folgenden, auf diese Weise erhaltenen Zahlen liefern den Beweis von der Schärfe, welche diese Methode der Messung der Wellenlänge von Tönen bietet. Einige dieser Messungen habe ich in der ordentlichen Sitzung unserer Gesellschaft am 15. Juni dieses Jahres ausgeführt.

Die Länge des weiten cylindrischen Rohrs beträgt 1,363 Meter, der Durchmesser desselben 0,153 Meter, die Länge der gedeckten Pfeife vom Spalt bis zum Deckel 0,190 Meter.

Die Entfernungen der einzelnen Punkte, in denen die Abschwächung des Tones ein Maximum war, von der Rückwand des weiten Rohres betrugen:

I — 0,242 Meter
II — 0,717 „
III — 1,188 „

somit die Entfernung zwischen I und II 0,475 M. und zwischen II und III 0,471. Wiederholte, von einander unabhängige Versuche gaben Resultate von gleicher Uebereinstimmung. — Das Vierfache der Entfernung I würde die Wellenlänge sein, also 0,968. Nimmt man dagegen das Doppelte der Entfernung zwischen I und II und zwischen II und III, was ebenfalls die Wellenlänge geben muss, so erhält man 0,945, welche allerdings eine nicht unbedeutende Differenz gegen das erste Resultat zeigt. Ein ganz ähnliches Resultat habe ich auch bei andern Pfeifen erhalten und scheint es somit, als ob die Reflexion der Schallwellen von der Rückwand eine kleine Veränderung in der Lage gleicher Schwingungszustände bedinge.

Ich verschaffte mir zwei Pfeifen, deren Töne sehr genau (nach dem Gehör abgestimmt, da mir andere Hülfsmittel fehlen) um ein Quintenintervall von einander abstanden, und zwar gab die eine das f der eingestrichenen und die andere das c der zweigestrichenen Octave. Erstere hatte eine Länge von 0,2 Meter, letztere 0,135 Meter. Mit der ersten Pfeife wurden folgende Resultate erhalten:

I — 0,266 Meter
II — 0,763 „
III — 1,273 „

Differenzen: zwischen I und II 0,495 Meter
„ II und III 0,510 „

Das Mittel aus beiden 0,5 würde als Wellenlänge 1,00 Meter geben. Das Vierfache der ersten Entfernung würde dagegen als Wellenlänge 1,064 Meter liefern. Die zweite Pfeife gab folgende Zahlenwerthe:

I — 0,183 Meter
II — 0,503 „
III — 0,818 „
IV — 1,138 „

Differenzen: I und II — 0,320 Meter
II und III — 0,315 „
III und IV — 0,320 „

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Also ist die Wellenlänge des Tones der zweiten Pfeife 0,64 Meter; als Vierfaches des ersten Abstandes wurde dafür 0,732 Meter erhalten.

In den beiden letzten Fällen würde das Verhältniss der Wellenlängen, welche aus den Abständen je zweier benachbarter Punkte, in denen die grösste Abschwächung stattfindet, erhalten sind, ein dem Quintenintervall völlig entsprechendes sein, denn 1 und 0,64 verhalten sich sehr nahe wie 3 zu 2, während die aus dem Vierfachen der ersten Entfernung ermittelten Wellenlängen diesem Verhältnisse nicht entsprechen. Ich nehme also keinen Anstand, die ersten Wellenlängen als die richtigen anzusehen. Die vorhin ausgesprochene Vermuthung, dass die Reflexion der Schallwellen von der Rückwand eine kleine Veränderung in der Lage gleicher Schwingungszustände bewirke, findet in den beiden letzten Fällen ihre Bestätigung. Der Grund dafür liegt wohl in unvollkommener Elastizität und vielleicht auch in der Rauhigkeit der Rückwand, welche beide eine Anhäufung der Luft sowohl, wie eine Verdünnung derselben gestatten. Vielleicht gelingt es durch spätere Versuche den Ursachen dieser allerdings merkwürdigen Erscheinungen näher zu kommen; zufällig und etwa in einem Beobachtungsfehler begründet, können sie nicht sein, da ich sie in allen Fällen beobachtet und die ersten Entfernungen mit gleicher Sorgfalt wie die andern gemessen habe.

Die Wellenlänge der Töne von gedeckten Pfeifen ist in der Wirklichkeit stets etwas grösser, als das Vierfache der Pfeifenlänge, welches sie theoretisch sein sollte; auch von offenen ist sie mehr als das Doppelte der Länge der Pfeifen. Der Grund dafür liegt eben in der Ausdehnung der Schwingungsbäuche in der Luft über die Grenze der Pfeife hinaus, so dass also factisch eine Luftsäule schwingt, die länger ist, als die Pfeife. Werden diese Schwingungsbäuche an jener Ausdehnung behindert, so muss sich die Wellenlänge verkürzen und dadurch der Ton höher werden. Die Orgelbauer kennen diese Thatsache sehr gut; Pfeifen, die ausserhalb der Windlade bei gleicher Windstärke für sich abgestimmt sind, stimmen nicht mehr, wenn sie auf die Windlade mit andern Pfeifen zusammengestellt werden. Es tritt diese Verstimmung allerdings nur bei Labialstimmen ein; bei Zungenwerken kann sie aus leicht begreiflichen Gründen nicht entstehen. Der technische Ausdruck für diese Erscheinung ist der, dass die Orgelbauer sagen, die Pfeifen können nicht abblasen.

Um die Veränderung in der Tonhöhe näher zu untersuchen, stellte ich einen Versuch mit der Pfeife von 0,19 Meter in einem andern Rohr an, dessen Durchmesser nur 0,066 Meter und dessen Länge 0,612 Meter betrug. Eine bedeutende Erhöhung des Tones entstand wirklich und die Punkte, in denen das Maximum der Abschwächung eintrat, lagen in Entfernungen von

I — 0,21 Meter
II — 0,55 „

von dem geschlossenen Ende des Rohrs. Diesen Entfernungen entspricht eine Wellenlänge von 0,68 Meter. Ist die Mensur der Pfeife im Verhältniss zum weiteren Rohr zu gross, so schlägt der Ton leicht in den Oberton der Pfeife über; übrigens habe ich in einem solchen Falle auch Vertiefungen des Tones beobachtet, es setzen sich dann gemeinschaftliche Schwingungen der Luftsäule der Pfeife und des weiten Rohres zusammen, die sich mit der Lage der Pfeife im weiteren Rohre ändern.

Aus allen, im Vorhergehenden angeführten Thatsachen geht nun hervor, dass die Luftsäule in dem weiten Rohre, wenn dessen Weite wenigstens so gross ist, dass sie auf die Höhe des Tones keinen Einfluss ausübt, durch den Ton der Pfeife in

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

stehende Schwingungen versetzt werde, dass aber diese gänzlich unabhängig von der Länge des weiten Rohres sind. Dagegen werden sie ausschliesslich durch die Wellenlänge des Tones, der sie erzeugt, bedingt.

Ich möchte sehr gern weitere Versuche in dieser Richtung anstellen, namentlich andere Tonquellen, etwa eine durch einen Electromagneten in Schwingungen versetzte elastische Feder anwenden, wodurch dann die Möglichkeit der directen Messung von Tonwellen in verschiedenen Gasen, mit denen das weite Rohr ja nur gefüllt zu werden brauchte, gegeben wäre; allein der mir zur Dispositien stehende physikalische Apparat enthält kaum das Allernothwendigste für den physikalischen Elementarunterricht. So muss ich denn die Verfolgung dieses Zieles glücklicher situirten Fachgenossen überlassen. Da aber die von mir beschriebenen Versuche in der angegebenen Weise sich sehr leicht ausführen lassen und dieselben eine mir oft genug fühlbar gewesene Lücke in dem Vortrage der Akustik ausfüllen, so habe ich mich zu deren Veröffentlichung auf den Wunsch meiner hiesigen Collegen jetzt schon entschlossen. Eine Thatsache jedoch, die ich beobachtet habe, will ich noch hinzufügen. Wenn man statt einer Pfeife von weiter Mensur eine enger mensurirte, die also ausser ihrem Grundton noch ihren ersten Oberton erklingen lässt, eine Pfeife aus dem Register „Quintaten“ der Orgel, zu den erwähnten Versuchen benutzt, so findet man, dass an einer Stelle des weiten Rohrs der Grundton verschwindet und der Oberton bestimmt und klar hervortritt, während an einer andern Stelle der Oberton verschwindet und der Grundton allein erklingt. Die Messung der Lage dieser Punkte ist allerdings mit grösseren Schwierigkeiten verknüpft, allein das Spiel der beiden Töne mit einander ist so interessant, dass auch dieser Versuch zu einem sehr instructiven Vorlesungsversuche sich eignet. In seinen Consequenzen wäre er der Repräsentant des Newton'schen Versuches mit weissem Lichte in der Akustik, während die ersten Versuche die Vertreter desselben mit einfarbigem Lichte darstellen.

Danzig, im September 1864.

Dr. Ferdinand Deneke,
Lehrer an der Königlichen Provinzial-Gewerbeschule.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig

Jahr/Year: 1864

Band/Volume: NF_1_2

Autor(en)/Author(s): Deneke Ferdinand

Artikel/Article: Ein neuer akustischer Interferenz -Versuch 1-4