

Über Beobachtung der Schwebungen zweier Stimmgabeln mit Hilfe des Mikrophones

von

Josef Tuma.

Aus dem physikalischen Cabinet der k. k. Universität in Wien.

(Mit 2 Tafeln.)

Ich will hier einen Apparat beschreiben, dessen Zweck ist, zwei Stimmgabeln mittelst elektrischer Tonübertragung vergleichen zu können. Es hat dies den Vortheil, dass die Stimmgabeln in einen vollkommen abgeschlossenen Raum gebracht werden können, wo man sie leichter, als dies bei den bisher üblichen Versuchsanordnungen möglich war, vor Temperaturänderungen zu schützen im Stande ist.

Es zeigte sich meine Methode besonders vortheilhaft bei der Untersuchung der Abhängigkeit der Tonhöhe einer Stimmgabel vom Luftdrucke, und ich werde die dabei gewonnenen Resultate am Schlusse der Arbeit mittheilen.

Mein Apparat besteht in einem für diesen Zweck construirten Mikrophon und einer elektrischen Anschlagvorrichtung.

I. Das Mikrophon.

Dasselbe ist ein Kohlenmikrophon nach dem Systeme Ader. Es besteht aus zwei festen Kohlenleisten *A*, Fig. 2, mit je fünf Lagern, in denen die Zapfen der fünf beweglichen Kohlenstäbe *B* ruhen. Die Leisten sind an dem Holzstücke *M* befestigt, welches ausserdem noch eine Klammer trägt, in die der Stiel der Gabel eingeklemmt wird.

Diese Klammer besteht zunächst aus einem Messingstücke, wie es in Fig. 3 gezeichnet ist. Es ist in der Mitte cylindrisch abgedreht und trägt an dem oberen Ende ein etwa 2 mm vorstehendes Schraubengewinde s . Der mittlere Theil a hat eine Höhe von 1.7 cm , einen Durchmesser von 2.4 cm und ist an zwei gegenüberliegenden Stellen seiner ganzen Höhe nach in einer Breite von 0.6 cm von rechteckigen Öffnungen R durchbrochen. Unterhalb des Theiles a befindet sich noch ein etwa 1 cm hoher sechseckiger Ansatz P für einen Schraubenschlüssel und ein weiterer etwa 1 cm langer mit einem Gewinde versehener Zapfen, mit welchem man das Ganze auf den Holzklötz M aufschrauben kann.

Schliesslich ist das Messingstück von oben bis in gleiche Höhe mit den unteren Enden der Öffnungen R und der oberen Fläche des Ansatzes P in einem Durchmesser von 1.5 cm ausgebohrt.

In die Öffnungen R sind eiserne Backen N (Fig. 1 u. 2) eingepasst. Diese haben an ihrem obern Ende eine Breite von 0.5 cm und am untern eine solche von 1.2 cm . Sie haben also von der Seite gesehen die Gestalt eines Trapezes mit drei senkrecht auf einander stehender Seiten. Die Fläche, welche die schiefe Seite bildet, ist entsprechend abgerundet, so dass der Ring r , welcher innen konisch gedreht ist, auf derselben gut aufliegt. Die innere nicht parallele Seite der Backen ist etwas ausgehöhlt, damit ein möglichst grosser Theil derselben auf den Stiel der Gabel, welcher zwischen diese Backen gebracht wird, drücke.

Der Ring r wurde in folgender Weise angefertigt. Zuerst wurde aus einer 4 mm starken Eisenplatte ein Ring von 3 mm Breite ausgedreht. Der innere Radius war gleich dem äusseren des mittleren Theiles a des oben beschriebenen und in Fig. 3 dargestellten Stückes. Die Innenfläche des Ringes wurde dann konisch gemacht, so dass sich dieselbe an die Rückenfläche der Backen N vollkommen anlegte. Hierauf wurde der Ring an zwei gegenüberliegenden Punkten durchschnitten, und nachdem die Backen N in die Öffnungen R gebracht waren, in der in Fig. 2 angedeuteten Weise herumgelegt. Dann wurde über ihn noch ein dünner Messingring n geschoben, und hierauf die einzelnen

Theile des Ringes r mit dem Messingring n durch kleine Schrauben verbunden.

Über das Gewinde s kann man eine 2,5 cm hohe Schraubemutter S bringen, die aussen sechseckig zugefeilt ist, so dass man sie mit einem Schraubenschlüssel anziehen kann.

Das ganze Mikrophon wird durch die Träger T und die elastischen Kautschukringe G (Fig. 1 und 2) getragen.

Will man also eine Stimmgabel in die Klammer einspannen, so schraubt man zunächst die Mutter S hinauf, schiebt den Ring r nach und drückt die Backen N auseinander. Dann bringt man den Stiel der Stimmgabel zwischen die Backen, aber so, dass das Ende des Stieles auf dem Boden der Bohrung aufsteht, und schraubt jetzt die Mutter S wieder herunter, bis der Stiel der Gabel von den Backen erfasst wird. Nun hält man den unteren Ansatz der Klammer P mit einem Schraubenschlüssel fest und zieht mit einem zweiten die Mutter S nach Möglichkeit an.

Bei meinen ersten Versuchen hatte ich Telephone von sehr geringem Widerstand, und ich schaltete sie mit dem Mikrophon in den Stromkreis einer Batterie von acht Daniell-Elementen.

Die Stimmgabel mit dem Mikrophone und dem unten zu beschreibenden Anschlageapparat waren in einer Kiste, die mit Baumwolle umhüllt war, möglichst wärmedicht eingeschlossen. Wurde das Mikrophon eine halbe Stunde lang von dem elektrischen Strome der acht Elemente durchflossen, so stieg die Temperatur in dem Kasten um $\frac{1}{10}^{\circ}$ C. Ich suchte daher die Intensität des Stromes, der das Mikrophon durchfließt, so gering als möglich zu machen, was dadurch gelang, dass ich den Strom, welcher durch das Mikrophon fließt, möglichst schwächte und ihn durch die primäre Spule eines Dubois Reymond'schen Schlittenapparates schickte.

Die secundäre Spule verband ich mit dem Telephon. Diese Anordnung hatte noch den besonderen Vortheil, dass ich die Tonstärke unmittelbar nach dem Anschlage durch Ausziehen des Schlittenapparates abschwächen konnte, so dass das Gehör nicht durch dieselbe betäubt wurde. Bei Verwendung empfindlicher Telephone ist ein Daniell-Element vollkommen ausreichend. Nehmen wir dann an, dass der Widerstand der primären Spule gleich jenem der Telephone, die ich zuerst verwandte, sei, was

auch ungefähr zutreffen mag, so ist die Intensität bei Anwendung eines Elementes $\frac{1}{8}$ jener bei acht Elementen, daher die in dem Mikrophon erzeugte Wärme $\frac{1}{64}$ der früheren, und in der That konnte ich bei Verwendung nur eines Elementes während eines einstündigen Stromschlusses keine Erwärmung im Kasten wahrnehmen.

II. Beschreibung des elektrischen Anschlageapparates.

Wie aus der vorangehenden Beschreibung des Mikrophones hervorgeht, ist bei meiner Anordnung die Befestigung der Stimmgabel keine starre. Würde man also dieselbe auf einer Seite mit einem Hammer anschlagen, so würde sie in eine pendelnde Bewegung gerathen, was leicht zur Entstehung von Nebengeräuschen im Mikrophon führen würde. Um dies zu verhüten, versuchte ich es, beide Zinken der Stimmgabel in entgegengesetzten Richtungen anzuschlagen, indem ich erwartete, dass sich dann die beiden nach entgegengesetzten Richtungen auf die Gabel wirkenden Kräfte insoweit aufheben werden, dass keine oder nur eine sehr geringe Ortsveränderung des Schwerpunktes der Stimmgabel zustande kommt, und lediglich eine momentane Deformation derselben übrig bleibt.

In der Praxis ist zwar ein absolut isochroner Anschlag durch zwei Hämmer nicht zu erreichen, es lehrten aber die Versuche, dass die Sache nicht so heiklich ist, nämlich insofern es sich darum handelt, die Bewegung des Schwerpunktes der Gabel zu verhindern. Es kommt aber hier noch ein zweiter Punkt in Betracht. Schlagen nicht beide Hämmer zu gleicher Zeit an, so kann es geschehen, dass die durch den Schlag des einen Hammers in Schwingungen versetzte Gabel durch den zweiten Schlag wieder zur Ruhe gebracht wird. Wie die Versuche lehrten, tritt dies sehr selten ein, und wenn es einmal vorkommt, so liegt ja kein Hinderniss vor, den Anschlag zu wiederholen.

Die Construction des Apparates ist zwar aus Fig. 4 vollkommen klar ersichtlich, um aber deutlicher zu sein, will ich hier doch noch eine kurze Beschreibung desselben folgen lassen.

Auf dem Brette A ist zunächst eine Säule S_1 befestigt, welche an ihrem Ende ein gabelförmiges Lager B trägt. In diesem Lager ist mittelst der Schrauben C der einarmige Hebel D

befestigt, welcher zunächst den Anker E , dann den Ansatz F und an seinem Ende zu beiden Seiten je eine Schraube G trägt. Der Ansatz F ist in Verbindung mit der Zugspirale H und bildet zugleich mit der Schraube I eine Hemmung. Die Feder H dient dazu, um den Anker E von dem Elektromagneten M abzureissen, sobald der elektrische Strom unterbrochen wird, während die Hemmung I die Grösse der Distanz des Ankers vom Magnete bestimmt.

Weiters trägt das Brett A die Säule S_2 , an deren Ende eine doppelt gabelförmig geschnittene Messingplatte K angebracht ist. Diese Platte bildet durch ihre gabelförmigen Ausschnitte Lager, in welchen die Wellen N von den Schrauben L gehalten werden.

Mit diesen Wellen sind die Ansätze P und R fest verbunden. Der Ansatz P greift unter den Schraubenkopf G , so dass er von diesem mitgenommen wird, sobald der Magnet M den Anker E anzieht. Der andere Ansatz dient zur Befestigung der Zugspirale V , durch welche die Welle N wieder in ihre Ruhelage zurückgezogen wird. Ausserdem ist an der Welle N das durchbohrte cylindrische Messingstück T befestigt, welches den 25 cm langen Hammerstiel W trägt. Mit Hilfe der Schrauben s kann man die Hammerstiele verstellen. Die Hämmer Z endlich sind an ihren Stielen verschiebbar. Sie sind aus Holz gemacht, mit Blei ausgegossen, und an ihrer vorderen Fläche mit Filz belegt. Das Brett A kann, wie es die Figur zeigt, in einer verticalen hölzernen Schiene höher oder tiefer gestellt werden, wodurch man die Hämmer, der Höhe der Stimmgabeln entsprechend, verstellen kann. Auf das horizontale Brett, welches die verticale Schiene trägt, wird das Gestell des Mikrophones festgeschraubt, und zwar so, dass die Achse der Klammer genau in der Symmetrieebene des Apparates liegt.

Will man den Apparat in Thätigkeit setzen, so spannt man zuerst die zu beobachtende Stimmgabel in die Klammer ein. Dann verschiebt man die Hämmer an ihren Stielen so lange, bis sie, wenn man sie ganz an die Gabel herandreht, voll auf die Zinken der Gabel treffen. Dann hebt man den ganzen Apparat in der verticalen Schiene so weit, dass der Anschlagpunkt etwa 2 cm unter die Enden der Zinken fällt. Nun schliesst man den Apparat mittelst der Klemmschrauben k in den elektrischen Strom

einer Batterie. Es wird jetzt der Anker *E* angezogen. Hierauf lüftet man die Schraube *s* des Stückes *T* und verstellt die Hammerstiele so, dass die Hämmer die Gabel eben nicht mehr berühren, worauf man die Schrauben *S* wieder anzieht und nun die Beobachtung beginnen kann.

Ich habe bei meinen Untersuchungen zur Bewegung zweier solcher Anschlageapparate, die hintereinander geschaltet waren, sechs Daniell-Elemente verwendet. Doch würden sich, da nur ein momentaner Stromschluss nöthig ist, für dauernden Betrieb Leclanché-Elemente besonders gut eignen.

III. Einige Beobachtungen über den Einfluss des Luftdruckes auf die Tonhöhe der Stimmgabeln.

Um diese Untersuchungen anstellen zu können, kürzte ich zunächst die Hammerstiele an dem einen meiner Anschlageapparate. Dafür befestigte ich an jedem Stiel noch mehrere Messingstücke, um das Trägheitsmoment zu vergrössern.

Hierauf brachte ich diesen Apparat sammt dem Mikrophon auf einen grossen Luftpumpenteller, auf welchen ich beide mit Klebwachs befestigte.

Hiezu fügte ich ein in Fünftel-Grade getheiltes Thermometer und bedeckte das ganze mit einer Glasglocke. Der Pumpenteller war mittelst Glasröhren mit einer zweistiefeligen Luftpumpe verbunden.

Der andere Apparat mit einer zweiten Stimmgabel war in einer hölzernen Kiste verschlossen. In dieselbe war auf einer Seite in der Nähe der Stimmgabel ein Loch gebohrt, in welchem mittelst eines Korkes ein ebenfalls in fünftel Grade getheiltes Thermometer befestigt war. Die Kiste sowohl, wie auch der Pumpenteller, waren mit einer dicken Lage Baumwolle umkleidet.

Die Temperatur in dem Locale, in welchem die Apparate aufgestellt waren, war nicht absolut constant zu erhalten, trotzdem die Fensterläden geschlossen wurden und nur ich hineinging, um die Thermometer abzulesen und eventuell die Glocke zu evacuiren. Wenn man in der Lage ist, die Apparate vollkommen luftdicht zu verschliessen, so kann man sie in einen

Keller stellen, in welchem die Temperatur constant bleibt. Mir war dies nicht möglich. Es wäre mit der Luft auch Feuchtigkeit in die Glasglocke gedrungen, welche den Apparaten geschadet hätte. Auch in der Kiste und der Glasglocke schwankte die Temperatur im Laufe des Tages um etwa 0.1 bis 0.2° C. Doch waren diese Schwankungen für meine Untersuchungen ohne Einfluss. Herr Professor V. v. Lang hat den Temperaturcoefficienten der von mir benützten Stimmgabeln bereits bestimmt, und zwar bewirkt eine Temperaturerhöhung um 1° C. eine Änderung um 0.088 Schwingungen in der Secunde, also bei 0.2° C. um 0.0176 Schwingungen. Wären also die Temperaturen beider Stimmgabeln um 0.2° C. verschieden gewesen, so hätten sie in 1^s um 0.0176 Schwebungen zu viel oder zu wenig gegeben. Dies hätte in 1^m gerade eine Schwebung betragen. Die folgenden Angaben werden aber zeigen, dass die Temperaturschwankungen in der Glocke und der Kiste vollkommen parallel verliefen, und dass die Diffenz zwischen den Angaben beider Thermometer constant war. Es wurden demnach beide Stimmgabeln in gleicher Weise durch die Temperaturschwankungen beeinflusst, so dass durch dieselben die Zahl der Schwebungen nicht geändert wurde.

Die Stimmgabeln, mit denen ich meine Versuche anstellte, sind von König bezogen und haben die Zinken derselben eine Länge von 10 cm , eine Breite von 1.4 cm und eine Dicke von 0.5 cm .

Die Schwebungen konnten nach einmaligem Anschlage bequem zwei bis drei Minuten gehört werden.

Schon bei den ersten Versuchen zeigte es sich, dass die Schwingungszahl der Stimmgabel im luftleeren Raume grösser ist als im luftgefüllten. Den Einfluss des Mittels, in welchem sich die tönende Gabel befindet, kann man ohne alle Vorbereitungen durch folgendes Experiment erkennen: Man schlägt eine Stimmgabel an, nimmt den Stiel derselben zwischen die Zähne und taucht, indem man die Gabel in dieser Weise hält, die Enden der Zinken in Wasser. Man hört dann den Ton plötzlich tiefer werden.

Ich lasse nun eine Reihe von Beobachtungen folgen. Die angeführten Zahlen sind Mittelwerte aus einer grösseren Zahl von Beobachtungen.

Fig. 3.

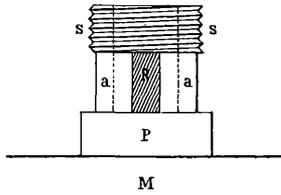


Fig. 1.

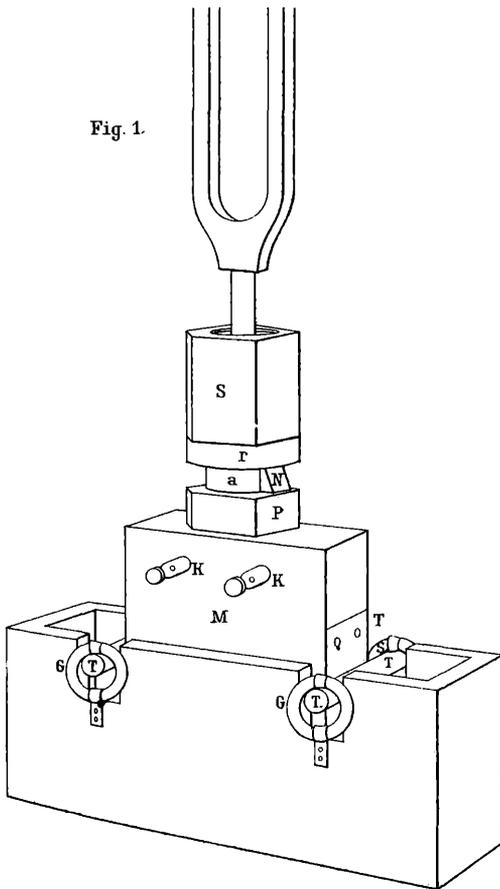
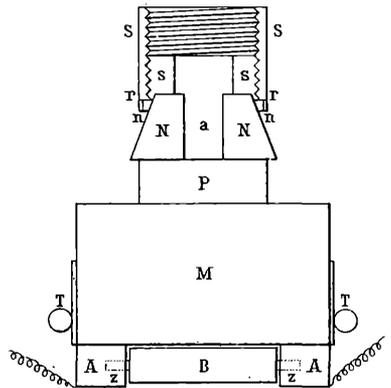


Fig. 2.



In beistehender Tabelle bezeichnen:

P den Luftdruck in der Glocke in Millimeter ausgedrückt,

T_1 die Temperatur in der Glocke,

T_2 die Temperatur in der Kiste,

φ die Zahl der Schwebungen in 1^s.

| P | T_1 | T_2 | φ beobachtet | berechnet | Differenz |
|-------|-------|-------|----------------------|-----------|-----------|
| 39 mm | 23·1 | 23·6 | 2·576 | 2·5809 | — 49 |
| 218 | 23·2 | 23·7 | 2·609 | 2·6050 | + 40 |
| 400 | 23·2 | 23·7 | 2·635 | 2·6296 | + 54 |
| 575 | 23·15 | 23·65 | 2·650 | 2·6532 | — 32 |
| 760 | 23·2 | 23·7 | 2·677 | 2·6782 | — 12 |

Die berechneten Werthe von φ folgen aus der Formel:

$$\varphi = 2·5756 + 0·000135 P,$$

deren Constanten aus den beobachteten Grössen von φ mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate gefunden wurden. Die letzte Colonne enthält die Differenz der beobachteten Werthe weniger der berechneten in Einheiten der vierten Decimalstelle.

Die Übereinstimmung der Beobachtung und Rechnung darf zu dem Schlusse berechtigen, dass die Änderung der Tonhöhe einer Stimmgabel innerhalb der Grenzen von 0 bis 760 mm in linearer Weise mit der Veränderung des Luftdruckes zusammenhängt.

In beistehender Tabelle bezeichnen:

P den Luftdruck in der Glocke in Millimeter ausgedrückt,

T_1 die Temperatur in der Glocke,

T_2 die Temperatur in der Kiste,

φ die Zahl der Schwebungen in 1^s.

| P | T_1 | T_2 | φ beobachtet | berechnet | Differenz |
|-------|-------|-------|----------------------|-----------|-----------|
| 39 mm | 23·1 | 23·6 | 2·576 | 2·5809 | — 49 |
| 218 | 23·2 | 23·7 | 2·609 | 2·6050 | + 40 |
| 400 | 23·2 | 23·7 | 2·635 | 2·6296 | + 54 |
| 575 | 23·15 | 23·65 | 2·650 | 2·6532 | — 32 |
| 760 | 23·2 | 23·7 | 2·677 | 2·6782 | — 12 |

Die berechneten Werthe von φ folgen aus der Formel:

$$\varphi = 2·5756 + 0·000135 P,$$

deren Constanten aus den beobachteten Grössen von φ mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate gefunden wurden. Die letzte Colonne enthält die Differenz der beobachteten Werthe weniger der berechneten in Einheiten der vierten Decimalstelle.

Die Übereinstimmung der Beobachtung und Rechnung darf zu dem Schlusse berechtigen, dass die Änderung der Tonhöhe einer Stimmgabel innerhalb der Grenzen von 0 bis 760 mm in linearer Weise mit der Veränderung des Luftdruckes zusammenhängt.

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: 1889

Band/Volume: [98_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Tuma Josef

Artikel/Article: [Über Beobachtung der Schwebungen zweier Stimmgabeln mit Hilfe des Mikrophones 1028-1035](#)