

Der Tonvariator

Von

L. WILLIAM STERN.

(Mit 2 Fig.)

Der „Tonvariator“ ist ein Apparat, der, aus ganz speciellen psychologischen Versuchsabsichten hervorgegangen, in seiner nunmehrigen vervollkommeneten Form geeignet ist, als akustischer Demonstrations- und Experimentalapparat sehr verschiedenen Zwecken zu dienen.

Der Apparat stellt vermittels angeblasener Flaschen eine „continuirliche Tonreihe“ dar, die (im Gegensatz zu den Stimmgabelreihen) in wirklicher Continuität durchlaufen werden kann; d. h. man kann den Ton während des Tönens in beliebigem Tempo mit gleichmäßiger Geschwindigkeit erhöhen oder vertiefen und kann in jedem Augenblick ablesen, bei welcher Schwingungszahl man sich befindet; hierbei sind kleinste Tondifferenzen, Einzelschwingungen und ev. auch Bruchtheile von Schwingungen ohne Schwierigkeit einzustellen und zu controliren. Ferner hat der Ton (ebenfalls im Gegensatz zu den Stimmgabeln), solange er überhaupt tönt, constante Intensität. Endlich ermöglicht der Apparat, zwei (oder mehrere) Töne gleichzeitig zu erzeugen und den einen allmählich gegen den anderen zu verschieben.

Der erste Anfang des Apparats liegt schon ziemlich weit zurück; diese früheste Form ist im Jahre 1895 beschrieben worden.¹

Seitdem habe ich mit wenigen Unterbrechungen an seiner Vervollkommnung gearbeitet, zuerst mit Herrn Mechaniker

¹ Die Wahrnehmung von Tonveränderungen. I. Mittheilung. *Zeitschr. f. Psychol.* 11, S. 4.

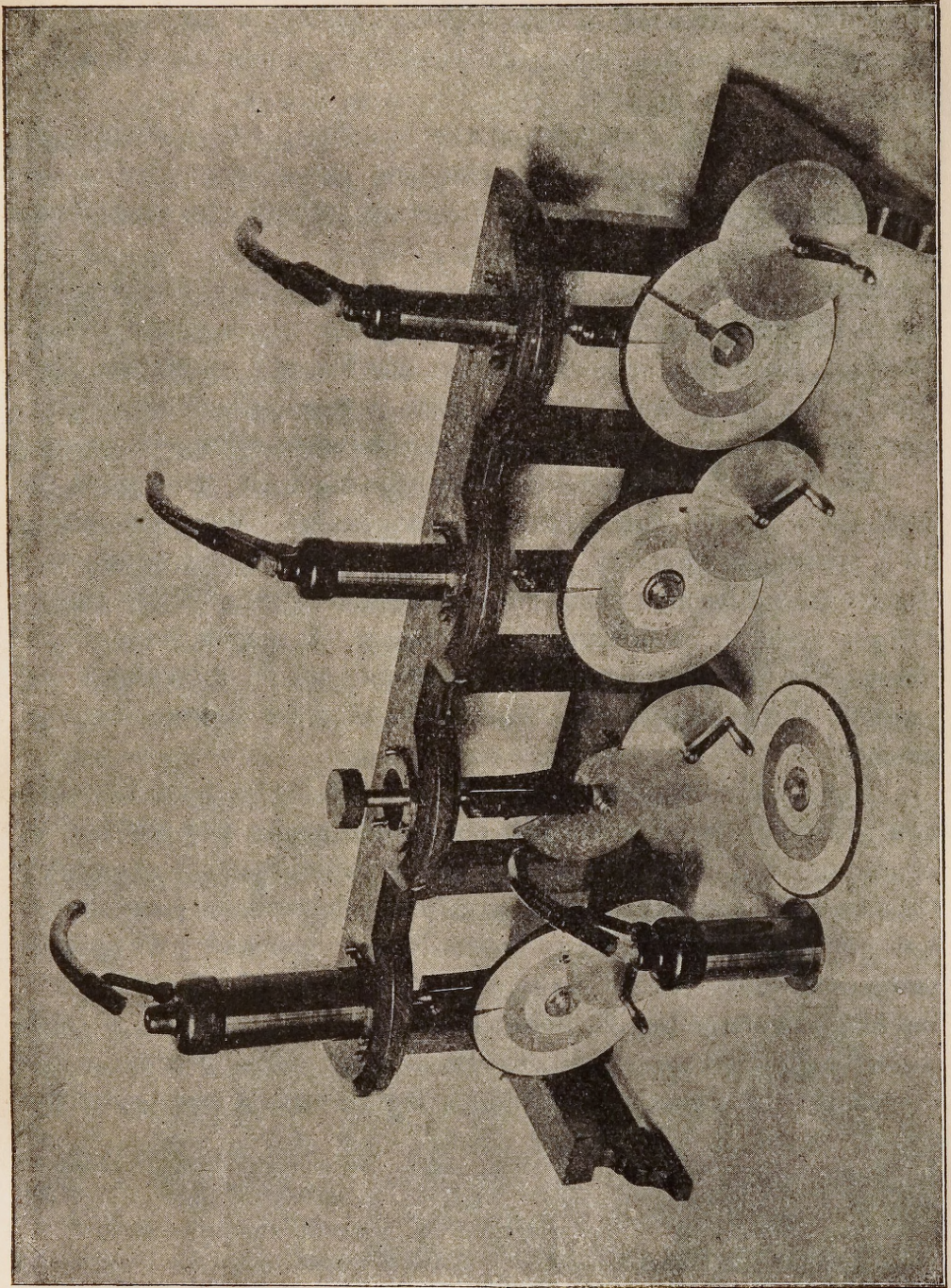


Fig. 1.

Tonvariator mit 4 Flaschen, deren jede 1 Octave Umfang hat.

(Bei der zweiten ist der eigentliche Flaschenkörper und das Ziffernblatt abgenommen, um die Construction sichtbar zu machen.)

OEHMKE in Berlin, in den letzten vier Jahren mit Herrn Mechaniker TIESSEN in Breslau. Zwei Zwischenstadien sind ebenfalls bereits beschrieben worden¹; sie müssen nunmehr als veraltet gelten. —

Das Princip des Apparats besteht in Kürze darin, daß eine Flasche von oben her gleichmäÙig angeblasen wird, indes der bewegliche Boden durch Kurbelung allmählich nach oben und unten bewegt werden kann.

Sendet man gegen die obere Oeffnung einer Flasche von einem Gebläse her durch einen schmalen Spalt einen gleichmäÙigen Luftstrom, so wird die in der Flasche enthaltene Luft bekanntlich in stehende Schwingungen versetzt, die einen sanften, aber nicht unkräftigen, beinahe obertonfreien Klang bewirken.²

Wird die Luftsäule in der Flasche verkleinert, so werden die Wellen kürzer, der Ton höher, und umgekehrt. Man hatte bisher diese Thatsache benutzt, indem man durch Hineinträufeln von Wachs feste Flaschen abstimmte; aber hierdurch erhält man nur einen anderen, wiederum stabilen Ton. Dagegen werden beliebige Tonveränderungen sofort möglich, sobald man durch besondere Vorrichtungen die Luftsäule in ihrer Länge variabel macht.

Um dies zu können, benutzte ich von Anfang an Flaschen von cylindrischer Form mit ebenem Boden. Bei den alten Apparaten war dieser Boden mit einer Flüssigkeit (Wasser oder Quecksilber) bedeckt, welche von unten her durch Communication mit anderen GefäÙen in ihrem Niveau gehoben und gesenkt werden konnte. An der Benutzung der Flüssigkeit hielt ich aus bald zu erwähnenden Gründen lange fest; dies führte zu endlosen Schwierigkeiten, da sie nicht nur die Bedienung des Apparats sehr unbequem machte, sondern auch durch Undichtig-

¹ Das erste von ihnen, das sich schon bei verschiedenen Versuchen bewährt hat: *Verhandlg. d. physik. Gesellsch. zu Berlin*, 16. Jahrg. (4), S. 42. *Zeitschr. f. Psychol.* 21, S. 361. *Psychol. der Veränderungsauffassung*, S. 82. — Das andere: *Verhandl. d. deutschen otolog. Gesellsch. z. Breslau* 1901, S. 135.

² Die Benutzung angeblasener Flaschen zu akustischen Versuchen finden wir zum ersten Mal bei HELMHOLTZ erwähnt (*Lehre von den Tonempfind.*, 4. Aufl., S. 103). In neuerer Zeit hat namentlich das Berliner Institut von STUMPF angeblasene Flaschen in weitem Umfang verwerthet. Herrn Prof. STUMPF hatte ich auch seinerzeit die erste Anregung zu verdanken, mich für die Zwecke der allmählichen Tonveränderung der Flaschen zu bedienen.

keit und durch Verdunsten eine dauernde Correctheit der Einstellungen und Ablesungen vereitelte. Der entscheidende Fortschritt bestand daher in dem Uebergang zu einem beweglichen Boden aus festem Material, der dem Apparat ein gänzlich anderes Gepräge gab.

Wie die Abbildungen zeigen, besteht nunmehr jede Flasche aus einem Messingcylinder *C*, dem eine aus Zinkguß gedrehte, mit einem offenen Halse versehene Kappe *K* aufgelötet ist; die Kappe hat den Zweck, dem schwachwandigen Cylinder einen festen Halt zu geben, so daß die Wände nicht mitschwingen können. Der Boden wird durch einen metallenen Kolben *Kb* gebildet, der sich vermittelst einer geölten Filz- umhüllung *F* durchaus luftdicht dem Innern des Cylinders anschmiegt und leicht in ihm gleiten kann. Denken wir uns diesen Kolben an einem Gestänge befestigt, welches durch Kurbelung bewegt wird, so ist es klar, daß man Hebung und Senkung des Kolbens in beliebiger Langsamkeit und damit Tonhöheänderungen von beliebiger Allmählichkeit und Feinheit zu erzeugen vermag.

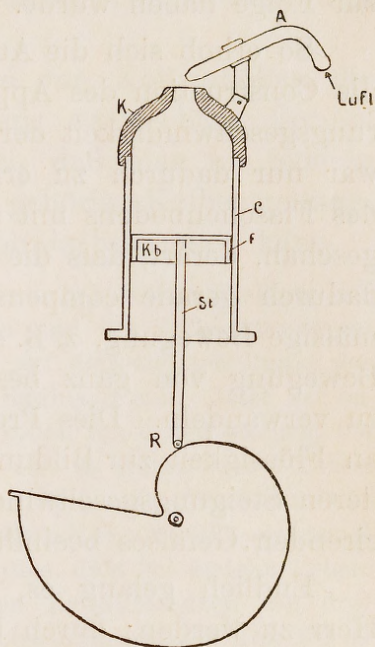


Fig. 2.

Schema der Construction
des Tonvariators.

So könnte denn der ganze Apparat recht einfach sein, wenn nicht die Flaschen eine sehr peinliche physikalische Eigenschaft hätten: die Geschwindigkeit nämlich, mit der sich der Ton in ihnen ändert, ist eine ungleichförmige. Steht der Boden der Flasche tief, so daß die tönende Luftsäule lang ist, so ändert sich der Ton langsam; steht der verschiebbare Boden sehr hoch und ist die Luftsäule kurz, so ändert sich der Ton außerordentlich schnell.¹ Bedeutet eine Hebung des Bodens um einen Millimeter

¹ Zahlreiche Messungen zeigten, daß die Beziehung zwischen Schwingungszahl n und Höhe der tönenden Luftsäule h auf die Formel gebracht werden kann $n = \sqrt{\frac{c}{h}}$, wo c eine Constante ist, die für jede Flasche empirisch bestimmt werden muß; d. h. die Tonhöhe ist umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Lufthöhe. Auf mathe-

in den unteren Regionen einer Flasche etwa 1 Schwingung Tonerhöhung, so kann die gleiche Hebung in einer oberen Region derselben Flasche 20 Schwingungen bedeuten. Würden wir also den Boden mittelst Gestänges bewegen, so würde bei gleichmäßiger Kurbelung die Tonerhöhung mit immer zunehmender Geschwindigkeit vor sich gehen, was eine ungeheure Störung, ja für viele Probleme geradezu eine Zerstörung der Versuche zur Folge haben würde.

So erhob sich die Aufgabe — es war die schwierigste, welche die Construction des Apparats überhaupt stellte — die Veränderungsgeschwindigkeit der Tonhöhe gleichmäßig zu machen; dies war nur dadurch zu ermöglichen, daß die Aufwärtsbewegung des Flaschenbodens mit stetig abnehmender Geschwindigkeit geschah, derart, daß die Beschleunigung der Tonhöhenzunahme dadurch gerade compensirt wurde. Es galt also, eine gleichmäßige Bewegung, z. B. eine Kurbelung, in eine ungleichförmige Bewegung von ganz bestimmter mathematischer Beschaffenheit zu verwandeln. Dies Problem war der Grund, daß ich solange an Flüssigkeit zur Bildung der unteren Abgrenzung festhielt, da deren Steigungsgeschwindigkeit durch die Form des communicirenden Gefäßes beeinflusst werden konnte.

Endlich gelang es, dieser Aufgabe auch ohne Flüssigkeit Herr zu werden; durch Benutzung einer „Steigcurve“ wurde es möglich, einem Boden aus festem Material die geforderte ungleichförmige Bewegung zu verleihen.

Die Vorrichtung ist jetzt die folgende; an der Stange *St*, welche den verschiebbaren Kolben trägt, ist unten ein kleines Röllchen *R* angebracht, das mit einer Rinne auf dem Rand einer senkrecht stehenden massiven Metallscheibe läuft. Diese Scheibe hat die Gestalt einer Spirale, d. h. die Entfernung des Randes vom Drehpunkt nimmt stetig zu; in Folge dessen muß das auf ihm laufende Röllchen, welches den Kolben trägt, je nach der Drehungsrichtung der Scheibe steigen oder sinken; es muß schnell sinken, wenn der Curvenrand steil ansteigt, langsam, wenn er mäßig ansteigt — kurz, durch eine zweckmäßig gewählte Form der Spirale läßt sich jede gewünschte Geschwindig-

mathischem Wege hatte HELMHOLTZ eine gleiche Gesetzmäßigkeit für die Luftschwingungen in „Röhren mit offenen Enden“ festgestellt. (*Crelle's Journal* 57.)

keitsänderung in der Hebung und Senkung des Kolbens bewerkstelligen.¹

Für unseren Zweck ist es klar, daß die Spirale in ihrem Anfang (dort, wo sie die kürzesten Radien hat) steil sein muß, am Ende dagegen sehr flach. Denn der Anfang entspricht den tiefsten Stellungen des Kolbens, also der Gegend langsamster Tonänderung; diese muß durch schnellere Bewegung compensirt werden; oben dagegen muß der schnelleren Tonhöheänderung die langsamere Bewegung entsprechen.

Bestimmt man nun für eine Reihe von Kolbenhöhen die Tonhöhe empirisch und berechnet hieraus nach obiger Formel die Constante der Flasche, so ergibt sich, daß man für jede in der Flasche enthaltene Tonhöhe die dazu gehörige Kolbenstellung, d. h. den dazu gehörigen Radius der Spirale berechnen kann.

Nehmen wir einmal an, eine Flasche beginne bei tiefster Stellung des Kolbens mit dem Tone von 600 Schwingungen und die Kolbenstange sei so lang gemacht, daß sie in diesem Moment auf dem tiefsten Punkt der Spirale steht; dieser tiefste Punkt habe den Radius 5 mm. Jetzt sei bestimmt worden: bis zum Tone 610 muß der Kolben um 4 mm steigen, bis zum Tone 620 um weitere $3\frac{1}{2}$ mm; es gehören also zu diesen beiden Tönen die Radien $5 + 4 = 9$ mm und $5 + 4 + 3\frac{1}{2} = 12\frac{1}{2}$ mm. Wird nun die Spirale so angefertigt, daß zwischen den Radien 5, 9 und $12\frac{1}{2}$ jedesmal gleiche Winkel liegen (z. B. je 5°), so bedeutet dies, daß bei gleichmäßiger Drehung der Spirale der Kolben in gleichen Zeitdifferenzen die drei Stellungen durchläuft, d. h. mit derselben Geschwindigkeit von Ton 600 zu 610 wie von 610 zu 620 führt. Mit anderen Worten: die geschilderte Construction der Spirale bewirkt gleichmäßige Geschwindigkeit der Tonhöhenänderung.

Nun entspricht allerdings die mathematische Berechnung der Tonhöhenänderung in der Flasche nicht genau der wirklichen; die Flaschen sind ja eben (in Folge der Kappenwölbung und des Halsansatzes) keine reinen Cylinder. Die hierdurch gesetzten kleinen Abweichungen lassen sich aber auf empirischem Wege leicht constatiren und auf technischem (z. B. durch Feilen am Rande der Spirale) auf ein sehr geringes Maafs herabdrücken, sodafs im Grofsen und Ganzen das angestrebte Ziel — gleich-

¹ Hiermit scheint ein technisches Princip gegeben zu sein, das eine über unseren speciellen Zweck gehende Anwendungsmöglichkeit besitzt; es ist, ganz allgemein gefast, eine Vorrichtung, durch welche eine beliebige geforderte ungleichförmige Geschwindigkeit vermittels einer gleichförmigen Drehungsgeschwindigkeit herbeigeführt werden kann.

mäßige Geschwindigkeit der Tonveränderung bei gleichmäßiger Drehung der Scheibe — erreicht wird. —

Der Tonumfang der einzelnen Flasche beträgt gewöhnlich eine Octave; nur bei ganz großen Flaschen ist es bisher noch nicht gelungen, diese Tonbreite zu gewinnen. Die Schwierigkeit bei der Herstellung eines großen Umfanges liegt hauptsächlich darin, daß die Stellung des Anblaserrohres *A* in gewissem Maasse abhängig ist von der Länge der tönenden Luftsäule; ist diese sehr kurz, so muß das Röhrchen, damit der Ton gut und laut und ohne Blasegeräusch anspreche, zum Hals der Flasche eine viel nähere Stellung haben als wenn die Luftsäule sehr lang ist. Da nun das Röhrchen der einzelnen Flasche nicht beweglich sein darf, weil sonst alle Einstellungen illusorisch wären, so mußte durch Probiren für jede Flasche die optimale Stellung gefunden werden, d. h. diejenige, bei welcher die Flasche den größten Umfang klaren und lauten Tönens hat; diesem Zweck dienen die Charniere, in denen die Anblaseröhrchen sitzen, die aber nach erfolgter Einstellung durch Lötung fixirt werden.

In ähnlicher Weise mußte durch Ausprobiren für jede Flasche die optimale Weite des Halses, Wölbung der Kappe und Form des Blasespalts ausfindig gemacht werden.

Die obere und untere Grenze, an die man überhaupt mit tönenden Flaschen heranreichen kann, ist bisher noch nicht festgestellt; die Versuche dauern noch fort. Für psychologische Zwecke sind ja diese Grenzen weniger wichtig als eine breite mittlere Sphäre; so kann man z. B. die Reihe von 100 Schwingungen (etwa *G* der großen Octave) bis 1600 Schwingungen (etwa *g*³) mit Hülfe von vier Flaschen beherrschen. Sehr wünschenswerth ist es allerdings, die Flaschen sich theilweise überdecken zu lassen, damit zwei gleiche oder sehr nahe Töne gleichzeitig erzeugt werden können; so enthält der in der Abbildung 1 dargestellte Apparat die vier Flaschen 300—600, 400—800, 500—1000, 600—1200; er wird demnächst nach unten zu bis zu einer Tiefe von 100 Schwingungen, nach oben bis zu einer Höhe von 1600 ergänzt werden.

Selbstverständlich lassen sich je nach Wunsch innerhalb des überhaupt von Flaschen beherrschbaren Gebietes durch Auswahl der Flaschenweiten die Octaven beliebig abgrenzen. —

Die Ablesung und Einstellung der Tonhöhe. Auf derselben Axe, welche die spiralige Scheibe trägt, ist vor dieser

eine kreisrunde Papierscheibe angebracht, der ein metallener Theilkreis aufgesetzt ist, und die bei der Drehung an einem festen von oben her überragenden Zeiger vorbeistreift. Auf dieser Scheibe sind nun wie auf einem Zifferblatt die Schwingungszahlen und musikalischen Tonzeichen angebracht, und das Ganze ist so zur Spirale justirt, daß in der Flasche immer der Ton erklingt, auf den der Zeiger zeigt.

Nehmen wir als Beispiel wieder die Flasche an, welche die Octave 600—1200, also 600 Schwingungen umfaßt. Die Spiralscheibe sei so construirt, daß sie, um den Kolben die nothwendige Strecke emporzuheben, eine Rotation von 300° , also fast eine volle Umdrehung durchlaufen muß. Es ändert somit jeder Grad Winkeldrehung den Ton um zwei Schwingungen. Nun werden auf das Ziffernblatt von 5° zu 5° die Schwingungszahlen eingetragen: 600, 610, 620 u. s. w.; die dazwischen liegenden Schwingungszahlen lassen sich dann mit Hülfe der aufgetragenen Gradtheilung interpoliren. Man hat also bei dieser Flasche die Fähigkeit, jede einzelne Schwingungszahl innerhalb der Octave am Ziffernblatt sofort einzustellen und abzulesen.

Indes für viele psychologische Zwecke ist eine noch weit größere Genauigkeit erwünscht; diese wird erreicht durch eine Uebertragung. Die Kurbel, vermittelst derer die Steigscheibe gedreht wird, befindet sich nämlich nicht direct an der Axe dieser Scheibe, sondern, wie Fig. 1 zeigt, seitlich. Sie ist an einer besonderen Axe befestigt, welche eine kleine (auf der Figur nicht sichtbare) gezahnte Walze trägt; diese greift in eine große, auf der Hauptaxe befindliche gezahnte Scheibe ein. Die Walze besteht, um Geräusch zu vermeiden, aus Hartgummi. Die Uebertragung hat das Verhältniß 1 : 8; es muß also die Kurbel acht Drehungen machen, um eine Voldrehung der Hauptaxe zu bewirken. Nun trägt die Nebenaxe ebenfalls eine Gradtheilung, die sich an einem festen Zeiger vorbeibewegt; jede Gradverschiebung dieses Zifferblattes entspricht also einem achten Grade des Hauptzifferblattes, die Feinheit der ablesbaren Abstufungen wird damit verachtfacht.

Ein Beispiel: Bei der Flasche 600—1200 bewirkte, wie wir oben sahen, eine Drehung der Hauptaxe um einen Grad eine Veränderung des Tones um zwei Schwingungen. Nehmen wir nun an, wir haben das Hauptzifferblatt auf den Ton 610 eingestellt. Drehen wir jetzt an der Kurbel, so daß die daran befestigte seitliche Gradtheilung um 1° vorrückt, so ist die Haupt-

axe um $\frac{1}{3}^\circ$ weiter gerückt, der Ton um $\frac{1}{4}$ Schwingungen erhöht bezw. vertieft worden. Durch Verschiebung der Kurbel um je einen Grad würden also theoretisch innerhalb der Octave 600—1200 (etwa $d^2 - d^3$) 2400 verschiedene Tonstufen, innerhalb des Halbtonintervalls $e^2 - f^2$ 174 verschiedene Tonstufen erzeugbar und ablesbar sein.

Diese Berechnung gilt allerdings nur für eine ideale technische Präcision, nämlich nur dann, wenn der Spiralenrand ohne jegliche höckerige Unebenheit gleichmäfsig ansteigt, und wenn jede noch so kleine Bewegung der Kurbel schon vom Kolben mitgemacht wird, also kein toter Gang existirt. Der letztere Fehler ist durch bestimmte Belastung des Kolbens und besondere Führung der Kolbenstange auf eine sehr geringe Gröfse zu reduciren. Wie grofs die wirkliche technische Präcision und damit die thatsächlich erreichte Abstufbarkeit des Tones an den gegenwärtig fertiggestellten Apparaten ist, vermochte ich nicht zu constatiren, da die eben vollendeten Apparate sofort nach aufserhalb geliefert wurden.

Diese aufserordentlich grofse Empfindlichkeit des Apparates hat nun allerdings auch die Folge, dafs seine absolute Stimmung auf die verschiedensten Einflüsse reagirt. Hat man eine Flasche abgestimmt und die Schwingungszahlen ins Ziffernblatt eingetragen, so gelten diese nur für eine gewisse mittlere Temperatur, und vor allen Dingen für ganz bestimmte Verhältnisse der zugeführten Luftmasse und des angewandten Luftdrucks. Selbst die ganz unberechenbare Individualität des Blasebalgs spricht mit, derart, dafs bei gleichem Manometerdruck und derselben Einstellung des Kolbens zwei verschiedene Bälge oft abweichende Töne liefern. Es wird daher die absolute Abstimmung des Apparats, sofern es sich um Präcisionsmessungen handelt, am Besten an Ort und Stelle, wo er gebraucht wird, vorgenommen; auch muß sie öfters controlirt werden. Um kleine Veränderungen zu corrigiren, ist der Kolben durch eine an der Stange angebrachte Schraubenvorrichtung nach oben und unten zu verstellen, ohne dafs Axe und Zeigerscheibe gedreht werden müßten.

Uebrigens ist die absolute Abstimmung ziemlich leicht, sobald man einige Stimmgabeln zur Verfügung hat. Wählen wir wieder Flasche 600—1200 als Beispiel, und nehmen wir an, dafs wir die Stimmgabel 600 besitzen. Diesen Ton legen wir zunächst fest, indem wir die Flasche gleichzeitig mit der Gabel ertönen lassen und die Kurbel solange drehen, bis die Schwebungen verschwinden. Eine solche Einstellung dauert $\frac{1}{2}$ Minute;

der Ton wird ins Zifferblatt direct unterhalb des Zeigers eingetragen.¹ Nun ist aber 600 auch in einer benachbarten Flasche enthalten (z. B. in Flasche 400—800); wir stellen auch diese auf 600 ein und kurbeln an der ersten Flasche ein wenig, so daß deutliche Schwebungen entstehen. Diese sind mittels einer Fünftelsekunden-Uhr leicht zu zählen; nach wenigen Einstellungen hat man denjenigen Ort gefunden, an welchem sich fünf Schwebungen in der Secunde zählen lassen: wir haben also den Ton 605. Dieser wird ins Zifferblatt eingetragen, die zweite Flasche auf 605 gebracht, die erste wiederum um fünf Schwebungen verschoben, d. i. 610 u. s. w.

Bei der Regulirung des Luftstromes am Blasebalg und der Regulirwindlade achte man darauf, daß der Ton durchaus gleichmäßig ist und nicht, dem Rhythmus des Tretens entsprechend, kleine Höhe- und Stärkeschwankungen zeigt. Ferner muß der Ueberdruck stark genug sein, um die Einschaltung weiterer Flaschen zu erlauben, ohne daß dabei der Luftdruck der ersten Flasche verringert und damit deren Tonhöhe und Stärke variiert wird. Der Luftdruck ist an einem mitzuliefernden Manometer abzulesen.

Uebrigens hoffe ich in naher Zeit über eine neue Blasevorrichtung berichten zu können, welche dem Blasebalg vorzuziehen sein wird. —

Die Anwendungsmöglichkeiten des Apparats.

A. Zu Demonstrationszwecken. Der Tonvariator ist geeignet, zahlreiche Phänomene der physikalischen und psychologischen Akustik, deren Demonstration in Vorlesung, Unterricht und Uebungen erwünscht erscheint, in bequemer und anschaulicher Weise vorzuführen. Die einzelne Flasche ermöglicht Demonstration der Unterschiedsempfindlichkeit, da man beliebig kleine oder große Tonstufen in unmittelbarer Succession erzeugen kann. Benutzt man zwei Flaschen, so kann man alle Erscheinungen des Zusammenklingens dadurch besonders aufdringlich herstellen, daß man den einen Ton festhält, den anderen langsam verschiebt. Selbst Ungeübten werden auf diese Weise Schwebungen, Differenztöne, Verschmelzungsgrade, Consonanz und Dissonanz sofort klar.

¹ Zum Zweck dieser Eintragung ist dem Apparat ein kleines Lineal beigegeben, das vermittels einer Schraube an der Axe befestigt werden kann. (S. Abb. 1, Zifferblatt der kleinsten Flasche.)

B. Zu Abstimmungszwecken. Will man die unbekannte Tonhöhe irgend eines Instruments (z. B. einer Pflöfe), bestimmen, so läßt man es mit der entsprechenden Flasche des Tonvariators zusammen erklingen und dreht die Kurbel, bis die Schwebungen verschwinden; dann zeigt das Zifferblatt die gesuchte Tonhöhe an.¹

C. Zu psychologischen Forschungszwecken. Die beiden Haupteigenschaften des Apparats — beliebige Herstellbarkeit und beliebig feine Variabilität von Tönen und Tonverbindungen — ermöglichen seine Anwendung bei dem größten Theil derjenigen Untersuchungen, die sich auf Unterschieds- und Veränderungsempfindlichkeit, Tongedächtniß, Differenztöne, Verschmelzungsgrade, Klangverwandtschaft, Intervallschätzung u. s. w. beziehen.² —

Der Apparat wird in zwei Formen angefertigt, einer Präzisionsform für wissenschaftlich-theoretische Zwecke und einer einfacheren. Der Hauptunterschied wird darin liegen, daß der einfacheren Form die Zahnradübertragung und damit die Einstellbarkeit der kleinsten und feinsten Differenzen fehlen wird. Es greift also die Kurbel direct an der Hauptachse an. Diese Form soll bestimmt sein für Demonstrationszwecke, nicht nur in der Psychologie, sondern auch in der Physik und Physiologie, ferner für practische Untersuchungen des Ohrenarztes (Feststellung von Toninseln und Lücken, Untersuchungen der Gehörreste bei Taubstummen u. s. w.).³

¹ Ob auf diese Weise der Tonvariator vielleicht für den Instrumentenbau nutzbar zu machen ist, muß der Zukunft überlassen bleiben.

² Außerdem sei noch darauf hingewiesen, daß der Tonvariator in gewisser Beziehung vielleicht auch als „Zeitsinn“-Apparat dienen kann. Da er nämlich Schwebungen zu erzeugen und zu variiren vermag, so haben wir in ihm das Mittel, Successionsgeschwindigkeiten von Reizen in beliebiger Weise abzustufen.

³ Nähere Auskunft über den Apparat erteilt der Verfertiger, Herr Mechaniker F. TIESSEN, KOHLsche Werkstätten für Präzisionsmechanik und Elektrotechnik. Chemnitz i. S., Beckerstr. 17.