

Rachenwand kein grösseres Gewicht beigelegt wurde, als dem ebenfalls erwähnten Erbfaktor und den Entwicklungsstörungen. Ein Einfluss des röntgenologisch festgestellten Gaumendefektes auf die Klangfarbe wurde von mir als fast ausgeschlossen bezeichnet. Somit erübrigt sich die Warnung des Herrn Dr. MOSES.

21. Dr. H. J. L. STRUYCKEN, Breda: *Die Klangstärke bei der Vokalanalyse und Synthese.*

Die Bestimmung der Klangstärke der Teiltönen eines zusammengesetzten Klanges stösst auf besonderen Schwierigkeiten, welche meines Erachtens nur zum Teile überwunden sind.

Bei einem einfachen Ton von genügender Stärke kann die Intensität auf physikalischer Weise gemessen werden durch Bestimmung des Klangdruckes u. a. mit dem Spiegelchen nach RAYLEIGH oder durch Beobachtung der Luftamplitude mit Hilfe der Schlierenmethode oder der schwebenden Sonnenstäubchen.

Alle diesen Methoden schliessen die Schwierigkeiten in sich, dass sie nur bei ziemlich starken Tönen angewendet werden können und dass gerade bei jenen Tönen, für welche unser Ohr am empfindlichsten ist, selbst beim *forto*, nur Amplitudines gefunden werden, welche ein Zehntel von einem Millimeter nicht überschreiten. Auch darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass bei starken Tönen die Luft der abgeschlossenen Räumen, worin sie erklingen, sich in Knoten und Bäuchen zerteilt und man also stellenweise sehr auseinander gehende Werte für den Klangdruck finden wird.

Die Methode von TÖPLER und BOLTZMANN ist obendrein mühsam aufzustellen.

Auf indirektem Wege kann die Intensität des Klanges gemessen werden durch Einschreibung mit Hilfe von Membranen, Mikrofon u. s. w. in Wachs oder fotografisch. In der letzten Zeit sind besonders durch Verstärkung mit Ionentröhre viel versprechende Aufnahmen gemacht worden.

Aus der erhaltenen Wellenlinie heraus zu lesen, welche physiologische Intensität daran verbunden ist, geht aber nicht ohne Weiteres.

Bei den elektrischen Audiometern hat man versucht den Unterschied in Klangstärke anzugeben, dadurch, dass man die elektrische Stromstärke bestimmte, welche gefunden wurde zwischen zwei vom Strome erregten Klänge, deren Stärke noch eben von unserm Ohr unterschieden werden konnte. Die Annahme aber, dass z. B. ein $10 \times$ stärkerer elektrischer Strom auch eine zehnfach grössere physiologische Klangintensität hervorbringen wird, ist wenigstens nicht bewiesen und unwahrscheinlich.

Noch schwieriger steht die Sache bei zusammengesetzten Tönen. Frühere Untersucher, ich nenne nur HERMANN, BOEKE, POIROT, PIPPING, KATZENSTEIN, glaubten, dass wenn bei der Analyse einer Glyphe ein Teilton mit grösserem Ordinaten gefunden wurde, dass dieser Ton dann auch physiologisch der Stärkere aus den Komplex sein würde.

Nichts aber ist unrichtiger.

Es zeigt sich namentlich, dass wenn wir unserm Ohr einen Ton von 100 Schwingungen und einen von 1000 Schwingungen zuführen um den gleichen Eindruck, sei es ein *piano*, sei es ein *forto*, hervorzurufen, dass dann der Ton von 1000 Schwingungen eine fast 100fach kleinere Amplitude haben kann, als der von 100!

Es besteht ein bestimmtes Verhältniss zwischen Schwingungszahl und physiologische Klangstärke, welche zwischen 100 und 2000 Schwingungen annähernd daran beantwortet, dass wenn die Schwingungszahl sich verdoppelt, die Amplitude auf ein Zehntel heruntergehen kann. Nach unten und oben von diesen Schwingungszahlen ist das Verhältniss nicht so einfach, doch kann mittelst einem logarithmischen Abacus von etwas abweichendem Verlauf angegeben werden. Diesen Abacus herzustellen geschieht noch am einfachsten mittelst einer Anzahl von Stimmgabeln von genügender Breite mit ablesbarer Amplitude, welche genau vor dem Gehörgang gehalten werden. Auch kann damit umgekehrt leicht bestimmt werden, welche Amplitude eines bestimmten Tones als *piano*, *forto*, etc. aufgefasst werden soll.

Selbst also in dem Falle, dass wir über einen Aufnahmeapparat verfügen können, welcher die Amplituden aller Töne genau aufzeichnen würde, so brauchen wir um den physiologisch stärksten Teilton zu finden, doch noch eine eingreifende Korrektion mittelst oben angegebener Abacus.

Welchen grossen Wert die Zunahme der Klangstärke bei gleicher Amplitude doch höherer Schwingungszahl hat, zeigt sich u. a. bei der Bestimmung des Akzents. Nicht selten findet man in der Glyphe gar keine Zunahme der Amplitude, doch kommt bei der Analyse heraus, dass die Tonhöhe ein Quart höher liegt und dadurch also der Akzent hervorgerufen wird.

Unsere Aufnahmeapparate sind aber noch weit davon entfernt und viele, besonders die niedrigen und höchsten Töne, werden ungenügend eingeschrieben, sodass immer noch eine zweite Korrektion angebracht werden soll.

Akustisch ist man aber schon längst beschäftigt bei der Wiedergabe die Klangähnlichkeit so gut wie möglich zu erreichen; meistens geht dieses aber nicht über ein immer wiederholtes Versuchen hinaus und werden Lautsprecher, Ionenröhren, Schwingungskreise auf dieser Weise nachgeprüft.

Für eine genaue mathematische Analyse reicht dieses aber nicht aus und möchte ich doch noch immer die Aichung mittelst mikroptischen Gabeln bevorzugen. Auch können dann andere Klangquellen, so u. a. der Audiometer, damit einer genaueren kritischen Prüfung unterworfen werden.

Haben wir nun eine Vokalglyphe mathematisch nach FOURIER analysiert, dann können beide obengenannten Korrekturen angebracht und der physiologisch stärkste Teilton herausgefunden werden. Leider soll nun noch eine dritte Korrektion angebracht werden und namentlich diejenige, welche entsteht dadurch, dass Differenztöne (die Summationstöne haben weit weniger Wert) die Klangstärke von einzelnen Teiltönen ins besondere die des Grundtones verstärken können. Bei einer Reihe von Teiltönen von 100, 200, 300, 400, 500 Schwingungen wird z. B. der Grundton 100 noch eine mässige Verstärkung erhalten, besonders, wenn die Teiltöne 200 und 300 stark vertreten sind.

Weniger Einfluss haben die höheren, weil deren Amplitude meistens so klein ist, dass der Differenzton akustisch nur äusserst schwach auftreten kann.

SRUMPF, dem wir wohl die genauesten phonetischen Untersuchungen der letzten Zeit verdanken, äussert sich über die Intensität der Teiltönen der Vokalen nur ganz unbestimmt; er schätzte sie nach dem Gehör, wobei aber leicht Fehler von 10–25 % gemacht werden.

Bei der Synthese glaubte er durch mehr oder weniger Zukneifen der zuführenden Röhre die Tonstärke ändern zu können; ein Verfahren, dass auch früher schon bei der Gehörprüfung sehr unzuverlässige Ergebnisse

gegeben hat. Will man die Tonintensität von zwei Tönen vergleichen, dann sollen sie dem Ohre wie beim Wechselphonometer von MACKENZIE zugeführt werden, indem man einen knieförmig gebohrten Hahn im zuführenden Schlauch schnell herumlaufen lässt.

Meinerseits habe ich versucht bei der Synthese an belasteten Stimmgabeln durch Anschlagen eine bestimmte Amplitude zu geben, doch da die Gabeln schnell ausklingen, kann nur ein Bruchteil einer Sekunde die Klangmischung dieselbe bleiben.

Elektrisch angetriebenen Gabeln geben immer Nebentöne und lassen bei den höheren Tönen keine genügende Abstufung in Klangstärke zu. Vielleicht wird es aber gelingen durch elektrische Schwingungskreise und dadurch bewegte leichte Membrane von geringem Durchmesser jede Schwingungszahl in weitgehender Abstufung hervorzubringen und dessen Intensität sei es durch Vergleichung mit den mikroptischen Gabeln, sei es durch mikroskop. Beobachtung der Membran selber zu aichen. Man hat dann den grossen Vorteil Klangquellen benutzen zu können, welche nur von einer kleinen genau dimensionierten Fläche ausgehen und deren Intensität sich während der Probe abtufen lässt.

Ist nun die mühsame Arbeit der früheren Untersucher, welche die Glyphen des Phonographen oder Grammophons analysiert haben ohne Wert? Das nicht, aber die von Ihnen gefundenen Werte sollen noch nachträglich oben genannten Korrekturen unterworfen werden.

Discussion:

Professor G. O. RUSSELL: Have you an arrangement on your tuning forks which will make it possible to vary the loudness by a known amount?

You prefer such to an electrical audiometer?

Dr. H. J. L. STRUYCKEN: Bei den jetzigen Audiometern klingt ausser die Membran auch noch der ganze Apparat mit, so dass die Entfernungsgesetze und Intensitätsgesetze nicht stimmen.

22. L. P. H. EIJKMAN, 's Gravenhage: *The Internal Aspect of the Larynx in Speech.*

In collaboration with Miss J. G. DE JONG, speech teacher at the school for hard-of-hearing children, and Dr. F. HOGEWIND, speech doctor, both at the Hague, I have experimented with Prof. RUSSELL's "Phonolaryngoscope".

Of course, the insertion of a wide tube into the mouth makes the natural production of speech sounds impossible, but on the other hand it affects but slightly, if at all, the position and condition of the organs of the larynx. Another drawback of the instrument is that strong retraction of the tongue, as in the so-called back vowels, prevents observation of the larynx almost entirely.

Our subject of experiment was Miss DE JONG throughout. This was an advantage so far that she could insert the instrument with much ease, and, owing to her thorough schooling in phonetics in the sense of SWEET, she could do exactly what she was asked to do, e.g. produce the different kinds of whisper, detach the first element from a diphthong, unvoice a soft consonant, etc. As the construction of the instrument enabled her to observe the larynx during the experiment, she could also give us her valued opinion. We, Mr. HOGEWIND and myself, experimented independently, and whenever

on comparing notes we did not agree, the experiment was repeated. If, as I have pointed out, it is desirable for the subject to have a knowledge of phonetics as SWEET understood it, it is indispensable for success in experimental research, and if experimenters would put this, in my opinion, elementary truth into practice, they would not be liable to make such blunders as some of them do now.

Owing to the very limited time allotted to me I shall have to confine myself to only a few of the questions we have investigated.

In the first place we tried to get a satisfactory answer to the question in what way the tension of the vocal cords affects the pitch of the larynx-note. (By vocal cords (Fig. 12) I understand the whole mass which projects into the glottis, i.e. the vocal ligaments and the two pairs of thyro-arytenoid muscles). To that end we transilluminated the larynx and viewed it from above with our instrument minus the light, while the subject sang an octave with her natural mezzo-soprano voice. An ordinary electric torch pressed against her neck in the region of the crico-thyroid space proved sufficient for purpose. To our surprise we found that, contrary to results obtained by the other investigators, the vocal ligaments were slightly dark at the inner edges and for the rest translucent on the lowest note, and that they became darker and darker towards the thyroid wall as the singer ascended the scale. The same effect was produced if the torch was pressed against the trachea immediately below the cricoid cartilage. This difference we at first attributed to the possibility that other investigators had experimented on males, but our observations with a gentleman as subject led to the same result. We suggest as a possible explanation that the dark edges are owing to the density of the sloping ligamentous wall of the subglottal passage, and that, as the larynx-note rises, the progressive contraction and consequent thickening of the external thyro-arytenoid muscle bulges the internal one inwards. The consequence is that the sloping ligamentous sides of the subglottal passage become more and more perpendicular, and present with the gradually thickening thyro-arytenoid muscles a denser and denser mass which becomes less and less translucent to the light from the torch. The slight relaxation of the vocal ligaments consequent upon the contraction of the thyro-arytenoid muscles is counteracted by the tilting backwards of the cricoid cartilage which regulates the necessary tension and length of the ligaments in question. With regard to the latter circumstance I may remind you of what I stated on another occasion ¹⁾, viz., that the two plates of the thyroid

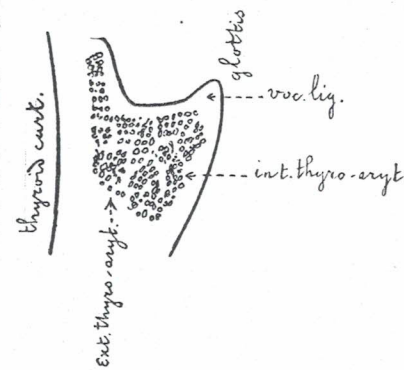


Fig. 12. Front section vocal cord.

¹⁾ L. P. H. EIJKMAN, Radiographie des Kehlkopfes, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, VII, Separatabdruck, Heft 4, p. 14 (1904).