

Der Grundton (resp. seine Variation) lässt sich bequem ausmessen und nach dem Fouriertheorem wird das Frequenzspektrum für jede quasi-Periode an und für sich berechnet.

Dann und wann tauchen Bedenken gegen die Anwendbarkeit des Fouriertheorems auf, und zwar deswegen dass die Perioden der Kurven nicht identisch seien. Diese Meinung beruht auf einem Irrtum: jede Funktion, entweder periodisch oder nicht — sogar die gerade Linie — kann, vorausgesetzt in einem Intervall von $0-2\pi$ laut Fourier entwickelt werden.

Aus dem Frequenzspektrum lässt sich eine s. g. Intensitätskurve ableiten; welche charakteristisch für den betreffenden Vokal ist.

Es ist äusserst wichtig zur Erlangung gleichartiger, also vergleichbarer Ergebnisse, den Registratur-Apparaten von Lautschwingungen die grösste Aufmerksamkeit zu schenken.

Diesem Punkte trete ich etwas näher und weise auf die Oszillogramme hin, die ich von 24 von 16 Versuchspersonen ausgesprochenen Wörtern gemacht habe.

Es gibt Züge der Uebereinstimmung — mehr nicht.

Vgl. KARL WILLY WAGNER, *Ein neues elektrisches Sprechgerät zur Nachbildung der menschlichen Vokale*, Berlin 1936, Seite 24:

„Man erkennt, dass zwar allgemeine Züge in allen Spektren „wiederkehren, im einzeln aber mehr oder weniger erhebliche „Abweichungen auftreten.

„Wenn man nur eine einzelne Aufnahme von einer solchen „Versuchsperson macht, so läuft man Gefahr ein Zufallsoszillogramm zu erhalten, das für die betreffende Person gar nicht „charakteristisch ist.“

Vgl. FERDINAND TRENDELENBURG, *Klänge und Geräusche*, Seite 82.

JOHN W. BLACK macht 14 Schallplatten, wovon 7 Stück von einer Versuchsperson und 7 von je einer andern.

Bevor man zur Aufnahme schreitet, wird jede V. P. geübt, möglichst mit derselben Geschwindigkeit, Tonhöhe, Intensität und Stimmqualität zu sprechen.

Im Laboratorium in Amsterdam ist von dieser Forderung zielbewusst Abstand genommen, weil dadurch die letzte Spur einer normalen Unterhaltungssprache verschwindet, und damit jede physiologische resp. psychische Beurteilung der Versuchsperson sowieso verloren geht.

Wenn man — wie bei uns — die Forschung normaler Konversationsprache beabsichtigt, dann kann m. E. der Einwand WAGNERS nicht all zu streng in Betracht gezogen werden; man bedenke dass das Abhören der Schallplatte ebenfalls zur Prüfung gehört.

Es ist eine bekannte Tatsache, dass das Oszillogramm eines bestimmten Vokals verschiedener V. P. — oder sogar von einer und derselben Person mehrmals ausgesprochen, oberflächlich betrachtet keinesfalls als ein stabiles Phänomen in Erscheinung tritt; jedoch ist der eigentliche „Unterbau“ sehr charakteristisch; niemand soll zum Beispiel das *a* mit dem *i*-Bild tauschen. Durch genügende Aussiebung — es sei denn zu verschiedenen Frequenzintervallen — bekommt man einen „Unterbau“, der für sämtliche V. P. ziemlich wohl identisch ist. Die Obertöne, welche sich zu diesem Unterbau addieren, sind wahrscheinlich als charakteristisch für die betreffende Person anzumerken.

Ich weiss, die Arbeitsmethode ist sehr zeitraubend, und kostspielig, um so mehr, als man ins Auge fassen muss, dass nur eine ausreichende statistische Bearbeitung unsere Einsicht schliesslich vertiefen kann. Unter einer ausreichenden statistischen Bearbeitung verstehe ich die Ansammlung einer ausreichenden Menge Unterlagen so, dass dieselben für eine Korrelationsrechnung verwendet werden können.

Betreffs des Vergleichs der Messungen soll man sich Rechenschaft geben, bezüglich der Qualität und der Einstellung des Messgerätes.

Die Qualität des Registrierapparates wird hauptsächlich angegeben durch den „Klirrfaktor“, welcher für die Verzerrung massgebend ist und den Absorptionskoeffizient des Raumes, worin der Kondensatormikrofon aufgestellt ist.

Der Linearität der Verstärkung soll möglichst angenähert werden; das Auftreten von „Kombinationstönen“ ist nach Möglichkeit zu vermeiden.

Zu der Normierung der Messungen gehören u. m.:

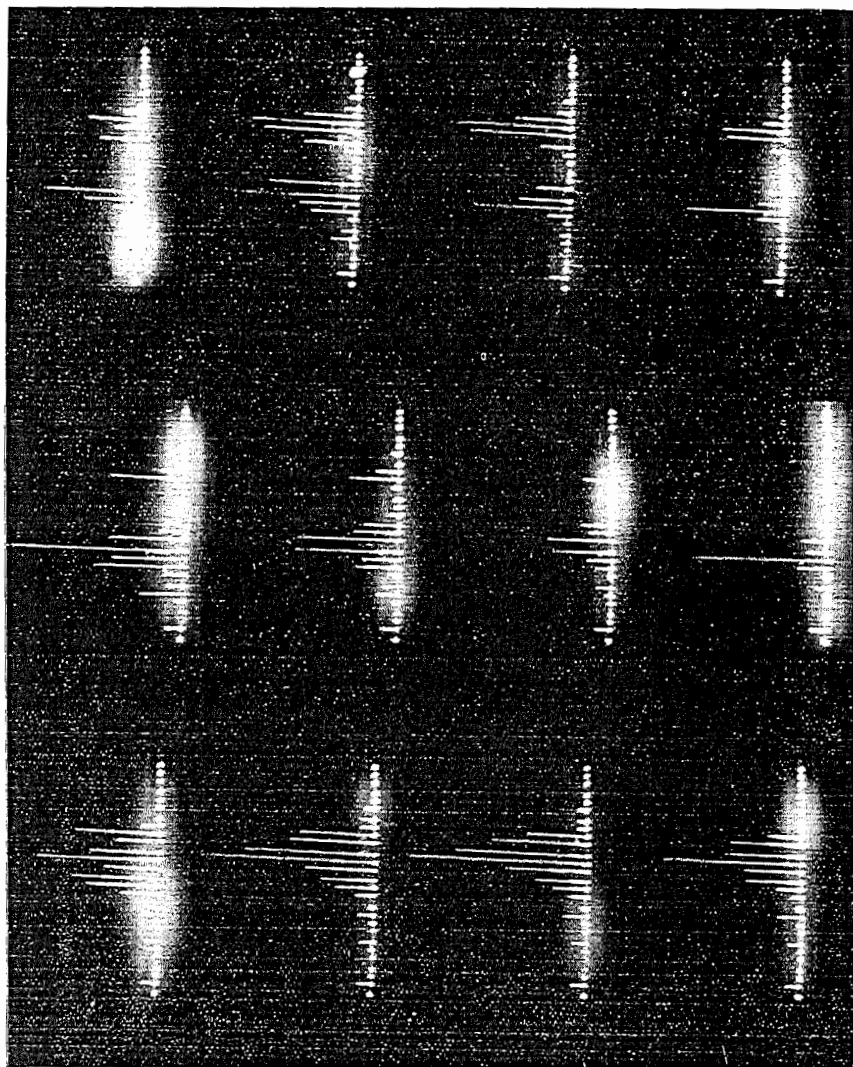
Film: Mass für max. Amplitude.

Mass für max. Geschwindigkeit des Films.

Mass für die Zeitmarkierung und Angabe des Klirrfaktors der Gesamtanlage (eventuell Frequenzspektrum zu bestimmen mittels Tongenerators) und des Absorptionsfaktors des Mikrofonraumes.

Bei der Beurteilung unserer Oszillogramme sei zu bemerken, dass uns ein Braunsch'sches Rohr der Firma Leybold und Ardenne, älterer Ausführung, zur Verfügung steht. Im Inneren des Rohres ist der Schirm montiert, welcher einen Winkel von 60° mit dem Ruhestand des Kathodenstrahles einschliesst, und infolgedessen eine Verzerrung von zirka 15 % auftritt.

Die arithmetische Analyse von Vokalkurven — Fourieranalyse — ist eine derart umständliche Arbeit, dass — abgesehen von der Ungenauigkeit der Messung der diesbzgl. Ordinate — Erfolg ziemlich wohl aufgeschlossen ist, zumal wenn man bedenkt, dass für eine einigermaßen ausreichende Ver-



gleichung eine grosse Anzahl Kurven von minimal hundert Versuchspersonen in Betracht kommt.

Obwohl überflüssig weise ich darauf hin, dass infolge Schwanken des Grundtones jede Periode gesondert zu analysieren sei. Die Analyse bedingt für zwanzig Harmonischen (nach der Ausmessung der diesbzgl. Ordinaten) unter Benützung der von mir entworfenen Tabellen, für jede Periode za. vier Stunden.

Es ist klar, dass man versucht hat allen arithmetischen Arbeiten aus dem Wege zu gehen und das Problem mit mechanischen, bzw. elektrischen Analysatoren zu lösen.

Als ersten Versuch gebrauchte man eine Stimmgabel als *Frequenz-normal*, danach den *Frequenzmesser*.

Beide erwähnte Geräte für die Messung von Frequenzen ermöglichen es jedoch nur *eine* bestimmte Frequenz festzustellen, ohne dass über den Gehalt an Oberwellen Näheres ausgesagt werden kann.

Allmählich hat die Technik es ermöglicht von der *Frequenzmessung* zur *Frequenzanalyse* weiter zu schreiten. Hierzu wird an die Messgeräte die weitere Forderung gestellt die Oberwellen messtechnisch zu trennen.

Einen weiteren Schritt vorwärts bringt das *Suchtonverfahren*. Jedoch hat dieses Verfahren einen grundsätzlichen Nachteil, der darin besteht, dass die Frequenzzusammensetzung der Lautspannung sich während eines verhältnismässig langen Zeitraums (zwischen 30- und 10.000 Hertz sind etwa 2 bis 8 Minuten erforderlich) nicht ändern darf.

Mit Vorteil hat man in den letzten Jahren das Filterverfahren benutzt, jedoch nimmt die Messung immer noch eine erhebliche Zeit in Anspruch.

Das *Tonfrequenz-Spektrometer* von der Firma Siemens und Halske, Berlin, hat die Analysierzeit wesentlich herabgedrückt.

Unser Laboratorium hat obenstehenden Apparat als Geschenk bekommen und ich hatte das Vergnügen bereits einige Analysen durchführen zu können und bin in der Lage einige fotografische Aufnahmen vorzuführen.

Bevor ich zu der Besprechung der Ergebnisse übergehe gestatte ich mir Ihnen eine kurze Beschreibung des Apparats zu unterbreiten.

Die Zeit für eine Analyse im gesamten Tonfrequenzgebiet wird, wie gesagt, erheblich vermindert, durch das Vorhandensein einer grösseren Anzahl gleichzeitig arbeitender Kanäle.

Hierdurch wird die untere Grenze der Analysierzeit, die Einschwingzeit des schmalsten Kanals.

Das Frequenzspektrum ist in 27 Einzelbereiche eingeteilt; jedem Bereich entspricht ein Filter, je drei Filter sind auf eine Oktave verteilt.

Die Ausgangsspannungen der einzelnen Filter werden dadurch *gleichzeitig* zur Anzeige gebracht, dass sie mit Hilfe eines sehr rasch umlaufenden Schalters abgetastet werden.

Die Zeit für eine Analyse kann durch diese Anordnung auf die Einschwingzeit des schmalsten Filters, das heisst auf etwa 1/10 Sekunde herabgesetzt werden.

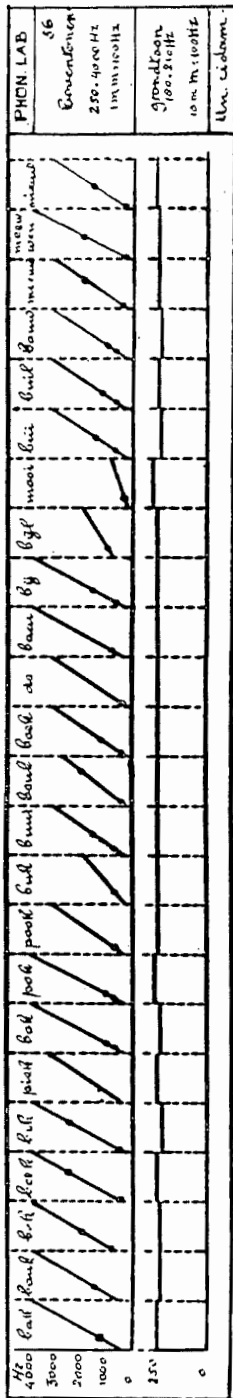


Fig. 2

Der grundsätzliche Teil der Aufbau des Tonfrequenz-Spektrometers besteht aus folgenden Teilen :

- einem Eingangsverstärker ;
- 27 Filtern mit Gleichrichtern und Speicherkondensatoren ;
- einem Braunschen Rohre.

Inzwischen hat Herr Prof. LÜBCKE aus Berlin den Apparat bereits in vorzüglichster Weise vorgeführt, und möchte ich demgemäß auf weitere Beschreibung verzichten. Es sei noch zu erwähnen : das Tonfrequenzmesser hat zweierlei Funktion, nämlich *erstens* : die unmittelbare Analyse der ungesiebten Kurven ; *zweitens* : die Aussiebung der Vokalkurven mittels der 27 Filter in bestimmten Frequenzbereichen (je 1/3 Oktave umfassend).

Unsere bisherige Arbeit mit dem Tonfrequenzmesser beschränkt sich auf die Analyse von 24 Wörtern von je einer der 16 Versuchspersonen ausgesprochen. Die gewonnenen Fotografien haben wir derart aufgeklebt, dass jedes Blatt die 16 Spektren eines Wortes umfasst.

Zu Ihrer gefl. Orientierung zeige ich Ihnen einige Lichtbilder. Wie Sie sehen ist hauptsächlich ein Frequenzbereich von 250-4000 Hertz analysiert, womit wir mit Rücksicht auf die knappe Zeit, die uns zur Verfügung gestanden hat, vorläufig zufrieden sind (Fig. 1).

Das nächste Lichtbild zeigt ein Diagramm in welchem die Ergebnisse unserer V. P. 56 eingetragen worden sind (Fig. 2).

Unterhalb des Diagrammes ersehen Sie den Grundtonverlauf, welchen wir den entsprechenden Oszillogrammen entnommen haben, und welcher schwankt zwischen 180-220 Hertz ; darüber ist der bei jedem Wort umfasste Frequenzbereich durch schräge Linien vorgestellt, und geben schliesslich die eingetragenen Punkte die Lage der auftretenden Maximalamplituden bzw. der Formantlagen an, so dass das Vorhandensein eines Punktes besagt, dass das Teiltenspektrum „eingipflig“, bei zwei Punkten „zweigipflig“ sei.

Aus den gewonnenen Bildern haben wir die Formantlagen der Vokale in der Hauptsache feststellen können, und zwar derart, dass wir die Frequenz der Teiltöne mit der grössten Amplitude in einer Tabelle eingetragen haben — obwohl, wie aus den einzelnen Blättern hervorgeht, die Verteilung dieser Frequenzen als ziemlich willkürlich zu betrachten sei, gibt die Tabelle eine interessante Eingliederung der aufgefundenen Werte.

Es erörtert sich jedoch, dass von jedem Wort, wie es von den 16 V. P. ausgesprochen worden ist, mit ziemlicher Genauigkeit die Lage der Formanten (bzw. der Ober- und Unterformant) festzustellen ist.

Wenn wir bei 9 Wörtern die extremen Frequenzwerte, die nur ein, höchstens zweimal vorkommen, als Ausnahmefall ausser Betracht lassen, so fällt es auf, dass wir die übrigen Frequenzwerte mit einer Maximalamplitude in eine — resp. in zwei Gruppen einteilen können, und zwar gibt es bei 6 Wörtern eine einzige Gruppe, die die Frequenzen im Bereich bis 1600 Hertz umfasst, während die übrigen 10 Wörter zwei Frequenzgruppen enthalten.

Von sämtlichen Gruppen haben wir den Mittelwert berechnet, welchen wir als Formant des betreffenden Vokals betrachten. Demgemäss erhielten wir folgende Formantlage.

	Oberformant.		Unterformant.	
	bei	Hertz	bei	Hertz
<i>bak</i>	bei	1200	bei	540
<i>bek</i>	„	1550	„	540
<i>beek</i>	„	2350	„	384
<i>bik</i>	„	2250	„	407
<i>piek</i>	„	2250	„	346
<i>buk</i>	„	1400	„	391
<i>buut</i>	„	1525	„	314
<i>beuk</i>	„	1600	„	351
<i>boek</i>	„	1300	„	400
<i>de</i>	„	1600	„	373
<i>baai</i>	„	1183	„	623
<i>bij</i>	„	1160	„	547
<i>bijl</i>	„	1800	„	562
<i>bui</i>	„	1460	„	570
<i>buil</i>	„	1166	„	578
<i>bouw</i>	„	900	„	542
<i>nieuw</i>	„	1616	„	330

Eine einzelne ausgeprägte Formantlage haben die Vokale :

<i>a (baak)</i>	bei	1076	Hertz
<i>o (bok)</i>	„	1060	„
<i>ɔ (pok)</i>	„	644	„
<i>o (pook)</i>	„	513	„

Obige Ergebnisse sind mit den diesbz. Angaben EYKMANS ziemlich wohl im Einklang.

Es erübrigt sich noch zu erwähnen dass die am häufigsten auftretenden Frequenzen folgende sind :

Frequenz 320 in	<i>buut</i>	10 mal
	<i>beuk</i>	} 8 mal
	<i>boek</i>	
	<i>meeuw</i>	
	<i>meeuwen</i>	
	<i>nieuw</i>	7 mal
	<i>piek</i>	6 mal

400 in	<i>bik</i>	7 mal
	<i>buk</i>	} 8 mal
	<i>mooi</i>	
500 in	<i>bij</i>	6 mal
	<i>bijl</i>	5 mal
640 in	<i>baai</i>	4 mal
	<i>buil</i>	8 mal

Ich bin hiermit am Ende meines Vortrags und danke höflich für Ihre gefl. Aufmerksamkeit.

72. Mr. L. F. LEDEBOER VAN WESTERHOVEN (Amsterdam) :
Melodie und Tonbewegung im Niederländischen.

Hochgeehrte Frau Präsidentin, meine Damen und Herren!

Es ist keine leichte Aufgabe, vor einer auserlesenen Gesellschaft in nur 15 Minuten dem vor mir liegenden Stoff gerecht zu werden. Von Frau Doktor KAISER haben Sie bereits vernommen von welchem Versuchsmaterial ich Gebrauch machen konnte und so werde ich gleich zu dem Ergebnis meiner Messungen übergehen.

Im Laufe meines Vortrags werde ich Unterschied machen zwischen „Intonation“ und „Tonbewegung“; Intonation werde ich gebrauchen zur Andeutung der Melodie oder Modulation des Satzes, Tonbewegung indessen beim einzelnen Wort oder Silbe. Intonation ist auditiv wahrnehmbar, Tonbewegung nur in sehr vereinzelt Fällen; höchstens hört man den Unterschied zwischen Anfang und Ende der Silbe, und nur in sehr ausgefallenen Fällen ist das Ohr imstande die zwischenliegenden Schwingungsunterschiede festzuhalten, wodurch eine bestimmte Modulation erkennbar würde.

Bevor ich jedoch zur Intonation komme, möchte ich das Stimmenmaterial vorzeigen.

Wie SCHILLING in Freiburg für die deutschen —, kam ich für die niederländischen Studenten zu drei Stimmgattungen: Bas 55, Bariton, Tenor. Die Bernstein-Schläpersche Einteilung erwies sich auch in Amsterdam nicht durchführbar.

Der jeweilige Umfang der Stimme zeigte sich jedoch im allgemeinen kleiner als bei SCHILLING; entgegen seinem Maximum von 47 Halbtönen (HT) kann ich nur einen Fall mit max. 37 HT und zwar von A-a₂, also 3 Oktaven, vorzeigen. Weiter einen Fall mit 34 HT, C-d₂ und einen dritten mit 30 HT, C-c₂.

Von meinen 113 VP. hatten 57 die tiefsten Töne in der Gruppe E bis Gis. (Abb. 1). Von diesen 57 hatten 27 einen Umfang von 2 Oktaven oder mehr, 28 1 bis 2 Okt., und 2 hatten weniger als eine Oktave.