

liche Symbolik und heute genügen uns fast nicht mehr die vielen Hilfszeichen und Notationsmöglichkeiten, um irgendein Phonem, einen bestimmten musikalischen Klang, eine besondere Melodieführung usw. im Sinne einer exakten wissenschaftlichen Darstellung eindeutig beschreiben zu können. Schliesslich müssen wir sogar an der Schallplattenaufzeichnung, der gegenwärtig klang- und wortgetreuesten Notation im weitesten Sinne, auch gewisse Fehlerquellen in Betracht ziehen. Indessen führen uns aber gerade die Betrachtungen dieser kleinsten Fehlerquellen und auch die mit den Bemühungen um eine genaue Notation verbundenen Forschungsergebnisse oftmals zum gemeinsamen Ausgangspunkt der Musik und Sprachforschung zurück. Es ist ganz natürlich, dass alle Versuche, eine exakte Schrift für Tonhöhenbewegung oder Melodiebeobachtung zu finden, in eine Methode der Musikpraxis übergehen müssen; umgekehrt wiederum kann man eine genaue Darstellung irgendeiner musikalischen Gegebenheit auch nur mit Hilfe sprachlicher Notationszeichen eingehend beschreiben.

Diese verschiedenen für einen gemeinsamen Austausch brauchbaren Hilfsmittel und Untersuchungsmethoden sind aber letzten Endes an die elementaren Grundlagen der Sprache und Musik gebunden. Durch sie können wir auf formal verschiedene oder gleiche Weise Tonhöhe, Rhythmik, Klang usw. annähernd beschreiben. Schliesslich müssen wir aber auch die Gebärde, die Bewegung mit einbeziehen, denn in der Verbindung des aus einem Tonraum begründeten Klanges und der Bewegung (Rhythmus) äussert der Mensch sprachlich und musikalisch seinen Gestaltungs- und Ausdruckswillen (1).

Ausser diesem Austausch rein formaler Hilfsmittel und deren Auswertungsmöglichkeiten können wir aber auch zum Beispiel den für die musikalische Harmonik grundlegenden Zusammenklang mehrerer konsonanter oder dissonanter Töne (Akkord) auf einen ähnlichen sprachlichen Zusammenklang übertragen

verlauf bekannter Melodien wiedergab. Aus dieser Schrift haben sich bis in die moderne musikalische Notationspraxis eine Reihe von Hilfszeichen erhalten, die in ihrer Bestimmung oftmals modernen phonetischen Hilfszeichen gleichen. (Etwa die von Dr. WARD eingeführten Zeichen oder die Praxis von Miss WARD, Tonhöhenunterschiede durch Handbewegungen anzudeuten. Gerade diese zuletzt angeführte Methode entspricht der Funktion des Dirigenten in frühmittelalterlicher Zeit, der ebenfalls durch Bewegungen und Zeichen der Hand Tonhöhen angab.) Die von JONES verwendeten Intonationslinien entsprechen demselben Prinzip. Die Beobachtung und Egenauere Fixierung der Einzeltöne einer Melodie ergab sich in der Musikgeschichte erst später.

(1) W. WÜNSCH, „Klang und Rhythmus“, Gedanken über ein gemeinsames Arbeitsfeld von Musik- und Sprachforschung. *Archiv für vergleichende Phonetik*, Bd. 1, I. Abteilung, Heft 4, Oktober 1937.

und die Ergebnisse dieses Versuches überprüfen. Der musikalische Akkord als ein gleichzeitiger Zusammenklang mehrerer Töne von verschiedener Tonhöhe entspräche dann etwa dem gleichzeitigen Erklängen mehrerer verschiedener Vokale. (Vokalmischung). Der „gebrochene Akkord“ als das Nacheinanderklängen der einzelnen Töne ergäbe entsprechend durch eine zeitfolgende Auslösung der Vokale Untersuchungsmöglichkeiten für die Erforschung der Diphtonge, Triphthonge usw. So lassen sich auch aus für die Musik und Sprache grundlegenden Prinzipien neue Methoden finden, die zunächst, unter Ausschaltung klangpsychologischer und ähnlicher Untersuchungen, für rein praktische Ziele verwendbar sind.

Von den prinzipiellen und gemeinsamen Grundlagen der Musik und Sprache ausgehend ergeben sich natürliche und enge Verbindungen zwischen der Musik- und Sprachforschung. Durch den gegenseitigen Austausch der Methoden und Hilfsmittel aus der Praxis beider Wissenschaften können wir neue Erkenntnismöglichkeiten gewinnen, die beiden Forschungszweigen zugute kommen. Es ist aber gerade gegenwärtig bei der vielfachen Verknüpfung beider Wissenschaften notwendig, dass der Musikwissenschaftler für seine besonderen Untersuchungen mit den phonetischen Forschungsmethoden und -absichten vertraut ist; umgekehrt muss sich aber der Sprachwissenschaftler bei Verwendung von Hilfsmitteln aus der Musikpraxis auch der eigentlichen Zugehörigkeit dieser übertragenen Methoden und Hilfsmittel bewusst sein.

13. Dr. E. ZWIRNER (Berlin) : *Schwankungen der Mundlage beim Singen einzelner Laute.*

Wenn man ein phonetisches Lehrbuch aufschlägt, so findet man das Problem der Vokale in den meisten Fällen an der Hand irgend eines mathematischen Schemas, eines Vokaldreiecks oder dergleichen dargestellt. In diesem mehr oder weniger komplizierten mathematischen Grundschema werden gelegentlich durch Hilfskonstruktionen noch diejenigen Vokale untergebracht, die sich in irgend einer besonderen Sprache diesem einfachen Schema nicht fügen. Es ist verwunderlich, wie lange sich die Linguistik, die sich einer genetisch definierten Vielheit von Sprachen gegenüber sieht, mit diesem prinzipiell ahistorischen Schema hat abspesen lassen, das mit den Sprachlauten verfährt, als ob es nicht eine Vielheit geschichtlich differenzierter Sprachen und Sprachsysteme, sondern eine Universalsprache mit einem Allerschemata gäbe.

Es ist nicht uninteressant festzustellen, woher diese Vokalschemata geschichtlich stammen. Der erste, der den Gedanken

des Vokaldreiecks ausgesprochen hat, war — soweit ich feststellen konnte — der Göttinger Physiker Lichtenberg, der in den sechziger oder siebenziger Jahren des 18. Jahrhunderts die Vokale darstellen wollte „wie Mayers Farben-Triangel“ (1). Erst einige Jahre später hat HELLWAG (2) sein erstes Vokalpolygon veröffentlicht.

Schon im 17. Jahrhundert war verschiedentlich versucht worden, die gesamte Farbenwelt übersichtlich aufzubauen. Die Schwierigkeiten, welche durch Versuche von BRENNER und WALLER (1689) umgangen, aber keineswegs überwunden waren, sind erst von dem Mathematiker TOBIAS MAYER 1745 in erster Stufe erledigt worden. Er ging von der Dreifarbenlehre aus, stellte aus den drei Grundfarben gelb, rot, blau nach Abstufungen von je 1/12 zunächst alle zweifaltigen, sodann alle dreifaltigen Mischungen her, sodass alle möglichen Kombinationen innerhalb der zwölf Stufen entstanden. Diese ordnete er zu einem Dreieck, in dessen Ecken die drei reinen Farben stehen, dessen Seiten von den zweifaltigen und dessen Inneres von den dreifaltigen Mischungen gebildet werden. Ausser diesem Dreieck bildete er noch eine Anzahl anderer, welche in gleicher Weise aus Grundfarben gemischt waren, die einen bemessenen Zusatz von Weiss oder von Schwarz erhalten hatten. So glaubte er, alle denkbaren Farben untergebracht zu haben.

Dies war nicht zutreffend; denn für seine Grundfarben hatte er keine idealreinefarbigen Farbstoffe zur Verfügung. Ausserdem entstanden in der Mitte des ersten Dreiecks trübe Mischungen, die sich in den anderen Dreiecken wiederholten. MAYER hatte diese Arbeit nicht veröffentlicht, vielleicht weil er selbst die Unzulänglichkeiten seines Systems bemerkt hatte; sie ist erst nach seinem Tode von LICHTENBERG herausgegeben worden (3).

Dem Physiker LICHTENBERG schwebte nun einige Jahre später vor, alle denkbaren Vokale in einem Dreieck zu ordnen — so wie er glaubte, im Farben-Triangel alle denkbaren Farben untergebracht zu haben.

Abgesehen von der höchst unsprachlichen Zweiteilung in Vokale und Nichtvokale hat LICHTENBERG dabei — der Sprachauffassung des 18. Jahrhunderts entsprechend — ganz übersehen, dass es eben keine „Sprache überhaupt“ gibt, in dem Sinn, in dem eine „Farbwelt überhaupt“ ein sinnvolles wissenschaftliches Problem darstellt. In seinem *Lehrbuch der Phonetik* hat OTTO JESPERSEN sehr richtig geschrieben, dass alle der-

(1) LICHTENBERG G. CHR., *Vermischte Schriften*, Bd. 8, Wien, 1844, S. 171.

(2) HELLWAG, *Dissertatio de Formatione Loquela*, 1781.

(3) OSTWALD, WILHELM, *Farbkunde*, Leipzig, 1923, S. 11.

artigen Vokaltafeln auf einer „allgemeinen Aenlichkeit der Laute“ beruhen. Nun ist aber „Aenlichkeit“ kein wissenschaftliches Ordnungsprinzip; denn durch wen und mit welchen Mitteln sollte angegeben werden, welche Vokale verschiedener Sprachen sich „ähnlich“ sind und welche nicht. Der Holländer Kohlbrugge hat einmal einen ähnlichen Sachverhalt etwas etwas drastisch, aber durchaus richtig formuliert: „Erhebt man Aenlichkeit im weitesten Sinn zum Gesetz, dann kann man allerdings auch den Mond mit einem Teller vergleichen, weil beide rund sind“ (1).

So wenig es ein Forschungsprinzip der Aehnlichkeit gibt, so wenig gibt es infolgedessen auch ein mathematisches Prinzip der Ordnung von Lauten oder auch nur von Vokalen. Sofern Laute Sprachlaute sind, bleibt das Ordnungsprinzip der Laute das gleiche wie das Ordnungsprinzip der Sprachen; und für jede Sprache ist erneut sowohl der physikalische wie der physiologische Aufbau der in dieser Sprache mit linguistischen Mitteln unterscheidbaren Laute vorzunehmen; auch hier ist die linguistische Methode die der „Kommutation“ (2).

So dürftig die Versuche einer Ordnung der „Sprachlaute überhaupt“ sind, so unzulänglich sind auch die bisherigen Versuche ihrer physiologischen Differenzierung. Liest man in den noch an den Universitäten gebräuchlichen phonetischen Lehrbüchern nach, so findet man immer noch eine Anzahl von Röntgenaufnahmen oder Diagrammen von Medianprofilen, welche von Röntgenbildern gewonnen sind und unter diesen Röntgenbildern oder Diagrammen pflegt dann der Laut — durch einen Buchstaben symbolisiert — zu stehen, der durch die graphisch dargestellte *Stellung* der Sprachorgane hervorgebracht wird.

Dass ein nicht ganz unerheblicher Unterschied zwischen wirklichen Sprachlauten, d. h. im Zusammenhang eines Wortes oder eines Satzes gesprochenen Lauten und isoliert gehaltenen oder gesungenen Lauten besteht, scheint bei diesen Illustrationen der Verschiedenheiten von irgend welchen Weltvokalen nicht weiter ins Gewicht zu fallen. Aber es gibt keine Sprache, in der ein *a* oder ein *e* oder ein *u* für sich allein stehend längere Zeit gehalten wird. In den europäischen Sprachen kommt jedenfalls derartiges nicht vor. Wenn ich das deutsche Wort *das* ausspreche, so *bewegt* sich die Zunge aus der *d*-Stellung rasch in die *s*-Stellung und *während* die Zunge (um von den übrigen

(1) ZWIRNER, E., *Grundfragen der Phonetik*, Berlin, Metten u. Co Verlangsanstalt, 1936, S. 130.

(2) HJELMSLEV, L. (Kopenhagen), „Neue Wege der Experimentalphonetik“. *Nordisk Tidsskrift for Tale og Stemme*, 2. Jahrg. (Juni 1938), H. 10, S. 55.

Sprachorganen im Augenblick abzusehen) ihren Weg von der einen in die andere Stellung zurücklegt, wird das gesprochene *a* hörbar. Und ähnlich ist es, wenn ich die Wörter *des* oder *dis* ausspreche, wobei im Augenblick davon abgesehen sei, wie weit auch die umgehenden Konsonanten in ihrer Stellung durch den Vokal mitbeeinflusst werden. Das Entscheidende ist, dass nicht eine *Lautstellung*, sondern eine *Lautbewegung* die Vokale der einzelnen Sprachen charakterisiert und dass es also gilt, den Weg und die Geschwindigkeit bzw. die Beschleunigung der Sprachorgane bei der Hervorbringung gesprochener Laute kennen zu lernen.

Zu den im Augenblick aussichtsreichsten Methoden, auf diesem Feld vorwärts zu dringen, gehören zweifellos der Röntgenfilm und der Zeitlupen-Röntgenfilm.

Die Aufnahme und das Studium solcher Filme ist natürlich nur eine Teilaufgabe in dem weiteren Problem, das Verhalten des gesamten Muskelsystems während des Sprechens zu studieren. Auf dem Kongress in Amsterdam habe ich mit Hilfe eines Tonfilms (1) gewonnene Gestikulationskurven (2) gezeigt, welche die Bewegung des Kopfes, des Rumpfes und der rechten Hand beim Sprechen darstellten und den Melodie-, Quantitäts- und Lautstärkekurven, sowie dem durch Abhören des Filmes gewonnenen Text zugeordnet worden sind.

Im Jahre 1932 habe ich zusammen mit dem Berliner Röntgenologen GOTTHEINER Röntgentonfilme aufgenommen und zwar derart, dass wir gleichzeitig mit dem Röntgenfilm den Sprecher durch das Mikrophon eine Schallplatte besprechen liessen (3).

Das Ziel der gleichzeitigen Registrierung auf Röntgenfilm und Schallplatte war die Gewinnung von Kurven, die die Bewegungen der Sprachorgane veranschaulichen und ihre Zuordnung zu den verschiedenen Kurven, die die Komponenten der Schalldruckkurve repräsentieren. Dieses Verfahren, das denen der Gestikulationskurven entspricht, erlaubt zunächst eine optische Vergleichung, dann aber auch eine korrelationsstatistische Prüfung der Beziehungen der einzelnen Phasen der Organbewegungen zu den Phasen der Schalldruckkurve. Auf diese Weise ist damals bereits das Höertreten des Zwerchfells während der Sprech-Ausatmung dem gesprochenen Text und einer Amplitudenkurve zugeordnet worden.

Die Vorbedingung für eine quantitative Erfassung der Be-

(1) ZWIRNER, E., *Klinische Wochenschrift*, Bd. 10, S. 287 (1931).

(2) ZWIRNER, E., „Gestikulationskurven“. *Proceedings of the International Congress of Phonetic Sciences*, Amsterdam, 1933, S. 287.

(3) GOTTHEINER-ZWIRNER, „Die Verwendung des Röntgenfilms für die Sprachforschung“. *Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen*, Bd. 45, S. 455 (1933).

wegungen der Sprachorgane mit Hilfe von Röntgentonfilmen, bzw. von Zeitlupen-Röntgenfilmen, wie sie JANKER-BONN inzwischen mehrfach aufgenommen hat, ist nun aber die Möglichkeit, die röntgenologisch auf den einzelnen Bildern des Films festgehaltenen *Stellungen* der Sprachorgane quantitativ zu erfassen und durch Interpolation der so gewonnenen Masswerte Bewegungskurven für die einzelnen Messpunkte zu gewinnen — so wie es für die Bewegungen des Zwerchfells bereits geschehen ist. Diese Methoden sollen im Folgenden dargestellt werden.

Wurden bei diesen ersten Film- und Röntgenfilmausmessungen noch die Ränder jedes Filmbildchens als Koordinatensystem benutzt, so zeigte sich bei entsprechenden Messungen an der Röntgenaufnahme der Sprachorgane, dass dies hier nicht möglich war. Die verschiedenen Versuche, durch Fixationen des Schädels während des Sprechens eine ähnliche Messung zu gewährleisten, hat unserer Auffassung nach zu keinem brauchbaren Ergebnis geführt, erstens weil dazu die Schädel an sich zu verschieden sind und zweitens, weil es zu unnatürlich ist, den Schädel in dieser Weise beim Sprechen einzuspannen und weil ja auch die Bewegungen des Kopfes zu den Sprechbewegungen im weiteren Sinn gehören und also nicht mit solchen Mitteln zwangsweise ausgeschaltet werden dürfen (1).

Will man die Bewegungen der Zunge quantitativ erfassen, so ist es nicht nur notwendig, Messpunkte zu bestimmen, die eine quantitative Vergleichung verschiedener Messungen erlauben (2), sondern zugleich auch erforderlich, ein Koordinatensystem zu suchen, das den Bewegungen des Unterkiefers Rechnung trägt und die zahlenmässige Bestimmung der Messpunkte garantiert (3).

Nimmt man an, dass sich der Kopf, so wie es tatsächlich geschieht, während des Sprechens bewegt (vergl. die Gestikulationskurven a.a.O.), so wird man für die Bewegungen des

(1) ZWIRNER, E., *Die Grundlagen der vergleichenden Sprachphysiologie und Sprachphysik*, Erster Teil: *Passow-Schäfer-Beiträge*, Bd. 31, S. 148 (1934); sowie ZWIRNER, E., „Aufgabe und Methoden des Sprachvergleichung durch Mass und Zahl“ (Phonometrie). *Zeitschrift für Mundartforschung*, Jg. 12, S. 66 (1936).

(2) ZWIRNER, E., „Speech and Speaking“. *Proceedings of the Second International Congress of Phonetic Sciences*, 1935, London, 1937, S. 239; sowie ZWIRNER, E., „Röntgenaufnahmen und Röntgenfilme der Sprachorgane“. *Arch. néerl. de Phon. exp.*, Bd. XII, S. 129 (1936).

(3) M. SCHEIER hat bei seinen ersten Messungen („Die Bedeutung des Röntgenverfahrens für die Physiologie der Sprache und Stimme“. *Arch. f. Laryngologie und Rhinologie*, 22, 204, 1909) einen Punkt durch ein kleines Bleiplättchen markiert — ein Verfahren, das damals für seine Zwecke wohl ausreichte, aber für unsere Aufgabe hier, wie nicht näher auseinandergesetzt zu werden braucht, garnicht in Frage kommt.

Zäpfchens und des weichen Gaumens (1) sowie der Oberlippe (2) nach einem Bezugssystem suchen müssen, das an ausgezeichneten Punkten des knöchernen Schädels orientiert ist. Von einem solchen Bezugssystem aus liessen sich selbstverständlich, nach Bestimmung geeigneter Messpunkte, nicht allein die Bewegungen von Gaumen und Zäpfchen, sondern auch die der Zunge und des Unterkiefers erfassen. Die erhaltenen Zahlen würden jedoch über die aktive Bewegung der Zunge — wenigstens unmittelbar — keinen Aufschluss geben, da sie stets erst durch die Werte korrigiert werden müssten, welche die passive, durch die Kieferbewegung erfolgte Veränderung der Lage des Mundbodens angeben (3). Aus diesen Gründen ist es zweckmässig, für die Bewegungen der Zunge und der Unterlippe nach einem Bezugssystem zu suchen, das am Unterkiefer selbst orientiert ist, also mit dem Unterkiefer zusammen in bezug auf das erste Koordinatensystem veränderlich ist und daher die aktiven Bewegungen der Zunge unmittelbar zum Ausdruck bringt.

Die nächstliegenden Bezugslinien für die Messung der Bewegungen von Zunge, Lippen, weichem Gaumen und Zäpfchen wären ohne Zweifel Linien, die man durch die orale Begrenzung der oberen und unteren Zahnreihen oder der oberen und unteren Zahnleisten ziehen könnte. Gegen die Wahl solcher Linien sprechen jedoch einige Bedenken. Zunächst einmal sind die oralen Begrenzungen der Zahnreihen sehr unregelmässig, und um eine eindeutig definierte Gerade durch die obere Begrenzung der unteren bzw. durch die untere Begrenzung der oberen Zahnreihe legen zu können, wäre es etwa nötig festzulegen, diese Gerade z. B. durch die beiden höchsten Erhebungen der oberen oder unteren Zahnreihen zu ziehen. Solche Erhebungen werden im Röntgenbild z. B. dargestellt durch die Schatten der Schneidezähne vorn und der Molarzähne hinten. Das aber hat bereits die Konsequenz, dass man bei dem nicht seltenen Verlust der Molaren bzw. vor oder nach dem Durchbruch des letzten Molarzahnes Werte erhält, die wohl eine Vergleichung der Bewegungen bei der gleichen Person, nicht aber eine Vergleichung verschiedener Personen erlauben. Ein anderer Nachteil liegt in der individuell verschiedenen Ausbildung der Zahnleiste selbst und in der Einschmelzung der oberen und vor allem der unteren Zahnleiste, wie sie bei älteren Individuen

(1) NAGEL, *Handbuch der Physiologie der Menschen*, Bd. 4, Braunschweig, 1909, S. 724.

(2) BRAUS, HERMANN, *Anatomie der Menschen*, Erster Band: *Bewegungsapparat*, Berlin, 1921, S. 807.

(3) BRAUS, HERMANN, *A. a. O.*, S. 762 f.

auftritt (1). Aus diesen Gründen ist weder die Begrenzung der Zahnreihen noch die der Zahnleisten geeignet, an ihnen ein Bezugssystem für Messungen zu orientieren.

Geeignete Punkte am knöchernen Schädel für die Konstruktion brauchbarer Bezugssysteme liefern dagegen die nasale Begrenzung des Gaumendaches einerseits und die untere Begrenzung der Unterkieferschenkel andererseits. Diese Knochen sind den zu messenden Weichteilen so nahe benachbart, dass sie auch bei knapper Bemessung der Filmgrösse auf allen Röntgenaufnahmen der Mundhöhle mit sichtbar sind.

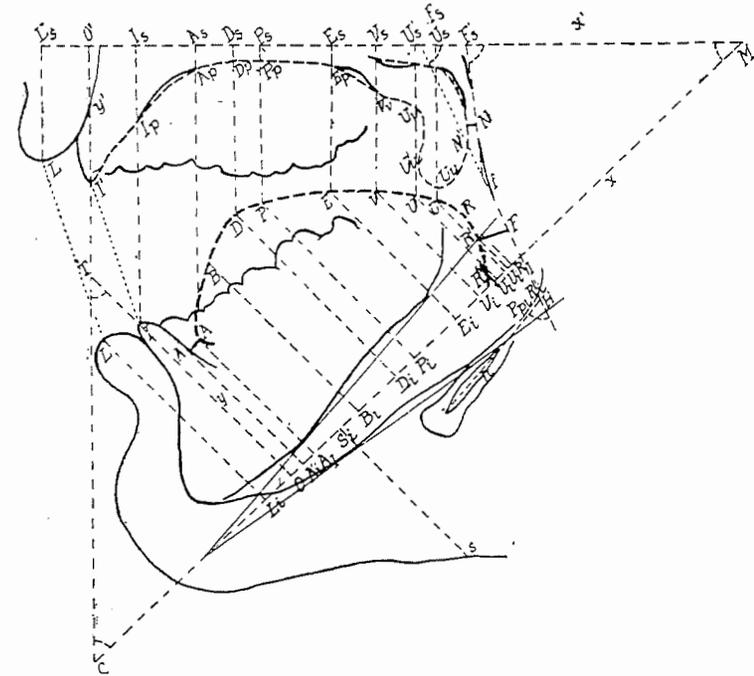


Abb. 1

Die nasale Begrenzung des Dachs der Mundhöhle ist eine verhältnismässig ebene Fläche, welche leicht quer konkav ist, d. h. leicht nach vorn und hinten ansteigt. Auf dem Röntgenbild zeigt sich diese Begrenzung ebenfalls in allen Fällen als ein verhältnismässig gerades Stück, das vorn und hinten durch leichte Erhebungen ausgezeichnet ist, durch welche sich mit genügender Sicherheit eine sogenannte „Doppeltangente“ ziehen

(1) HERMANN BRAUS, *A. a. O.*, S. 800.

lässt, die bei normaler Kopfhaltung leicht von vorn oben nach hinten unten abfällt und im folgenden als *Maxillar-(Mx)-Linie* bezeichnet wird (1).

Abgesehen von den verhältnismässig seltenen sog. „schaukelnden Unterkiefern“ (2) ist auch die untere Begrenzung der Unterkiefer so gestaltet, dass jeder Schenkel, sowohl vorn als besonders hinten am *Angulus mandibulae*, an dem der kräftige Kaumuskel ansetzt, deutliche Erhebungen zeigt, durch deren untere Begrenzungen, die auch auf dem Röntgenbild gut sichtbar sind, sich ebenfalls eine „Doppeltangente“ ziehen lässt — und zwar durch jeden Schenkel je eine.

Die durch die Erhebungen der nasalen Fläche des Gäumendaches gezogene Doppeltangente repräsentiert, auf Grund der anatomischen Bezugspunkte, durch welche sie gelegt ist, eine Linie, die der Medianfläche des Körpers entspricht. Die beiden an die Schenkel des Unterkiefers gelegten Doppeltangenten, welche nur dann in eine Linie zusammenfallen, wenn die untere Begrenzung beider Kieferschenkel im Strahlengang der Röntgenstrahlen gelegen haben, und welche sonst auf dem Röntgenbild einen mehr oder weniger spitzen Winkel bilden, stellen dagegen zwei Linien dar, die — am Schädel — von der Mitte vorn nach hinten seitlich auseinandertreten und daher nicht ohne weiteres der Maxillar-Linie gleichgesetzt werden können. Um eine entsprechende Linie zu erhalten, muss man auf dem Röntgenbild den von den beiden Doppeltangenten gebildeten Winkel, den *Mandibularwinkel*, halbieren. Der dadurch erhaltene Halbierungsschenkel wird im folgenden als *Mandibular-(Md)-Linie* bezeichnet, die von vorn unten nach hinten oben ansteigt.

Die Maxillar- und die Mandibular-Linien schneiden sich im Punkte M. Der durch die beiden Linien gebildete Winkel, welcher wegen der starken Variation des Winkels am *Angulus mandibulae*, von dem er abhängt, auch bei geschlossenen Kiefern erheblichen individuellen Schwankungen unterliegt, wird im folgenden als *Kieferöffnungswinkel* bezeichnet. An sich würde die Beziehung auf die Schenkel dieses Winkels ausreichen, um alle Punkte eindeutig zu kennzeichnen, die sich auf der durch diese Schenkel begrenzten Fläche befinden.

Aber erstens wäre es wünschenswert für die Charakterisierung der Bewegungen der Zunge und der Unterlippe, welche ausser ihrer aktiven Bewegung durch die Beziehungen zum knöchernen Unterkiefer auch passiv bewegt werden, zwei Bezugssysteme zu haben, von denen das eine an der Maxillar-Linie, das andere

(1) Vgl. dazu die Abbildung 1.

(2) MARTIN, RUDOLF, *Lehrbuch der Anthropologie*, A. Aufl., Jena, 1928, 2. Bd., S. 981 (nach Zoja bei Europäern 1-1,3 %; nach Töttröck 4,4 %).

an der Mandibular-Linie orientiert ist, wodurch man bei der Messung unabhängig vom Kiederöffnungswinkel würde. Und zweitens würde es die Rechnung vereinfachen, wenn man als Bezugssystem statt eines Winkels von variabler Grösse rechtwinklige Koordinatensysteme wählen würde. Um solche konstruieren zu können, bedarf es der Einführung des Begriffs der Stützgeraden.

Um die Breite einer beliebigen geschlossenen Kurve C in einer vorgeschriebenen Richtung zu bestimmen (1), denke man sich die Kurve C Punkt für Punkt auf eine Gerade der vorgeschriebenen Richtung senkrecht projiziert. Diese Projektionen würden in ihrer Gesamtheit eine Strecke AB erfüllen, deren Länge die Breite der Kurve in dieser Richtung angibt. Die beiden äussersten Projektionslote in A und B haben die Eigenschaft, dass sie zwar mindestens einen Punkt mit der projizierten Kurve C gemeinsam haben, aber doch die Kurve ganz je auf einer Seite lassen. Geraden von solcher Beschaffenheit nennt man „Stützgeraden“ der Kurve in einer vorgegebenen Richtung. In jeder Richtung besitzt eine geschlossene Kurve genau zwei Stützgeraden. Man kann sich das entweder in der eben beschriebenen Weise für jede Richtung klarmachen, oder auch so, dass man zwei Parallele der vorgeschriebenen Richtung annimmt, die die Kurve C zwischen sich lassen, und nun jede von ihnen parallel mit sich an die Kurve C heranschiebt, bis sie genau an die Kurve stösst. Der Begriff der Stützgeraden deckt sich nicht mit dem der Tangente — u. a. gerade wegen der Bestimmung, dass die Stützgerade die Kurve, zu der sie gehört, stets ganz je auf einer Seite lässt. Und eben dadurch eignet sie sich zur Erfüllung der Aufgabe, an empirischen Kurven in einer vorgegebenen Richtung eindeutig einen bestimmten Punkt zu definieren.

In der Richtung der Maxillar-Linie lässt sich eine Stützgerade an die untere Begrenzung der oberen Schneidezähne legen und von dem so erhaltenen Punkt, dem *oberen Zahnpunkt I'* (Dens incisivus), eine Senkrechte auf die Maxillar-Linie fallen: die *obere Schneidezahnlinie*, die in O' schneidet. Das gleiche gilt für eine Stützgerade in der Richtung der Mandibular-Linie durch den Gipfel des Schattens der unteren Schneidezähne, durch die der *untere Zahnpunkt I*, die *untere Schneidezahnlinie* und der Punkt O erhalten werden. Durch Konstruktion der genannten Senkrechten auf die Maxillar- und die Mandibular-Linien, welche sich im Punkte T (*Locus trigonalis*) schneiden, entstehen zwei rechtwinklige Koordinatensysteme: das (gestrichene) *Maxillar-*

(1) RADEMACHER und TOEPLITZ, *Von Zahlen und Figuren*, Berlin, 1930, Kap. 20b: *Kurven konstanter Breite*, S. 128 f.

*System* und das (ungestrichene) *Mandibular-System*. Im gestrichenen System bildet die Maxillar-Linie die  $x'$ -Achse, die Strecke  $I'O'$  den negativen Schenkel der  $y'$ -Achse, im ungestrichenen System bildet die Mandibular-Linie die  $x$ -Achse, die Senkrechte  $IO$  die  $y$ -Achse.

Da nun der Kieferöffnungswinkel bei mässiger Mundöffnung in der Regel ein ziemlich spitzer Winkel ist und die Schenkel des Winkels von  $M$  bis zu den Punkten  $O$  und  $O'$  verhältnismässig lang sind, ist seine Messung und Konstruktion aus zwei Gründen ungünstig. Erstens bedarf es zur Konstruktion dieses spitzen Winkels verhältnismässig grosser Flächen, die oft ein mehrfaches der Masse der Mundhöhle ausmachen, und zweitens wirkt sich ein nur geringer Mess- oder Zeichenfehler bei der Konstruktion oder Messung des Winkels unter Umständen an den anderen Enden der Schenkel schon störend aus. Es ist daher zweckmässig, die Messung dieses Winkels durch die eines andern zu ersetzen. Verlängert man die  $y'$ -Achse des Maxillarsystems über den Punkt  $I'$  hinaus, so schneidet diese Verlängerung in dem Punkt  $C$  die  $x$ -Achse des Mandibularsystems. Kennt man die Strecke  $CO'$ , sowie den Winkel bei  $C$  zwischen den Geraden  $CO'$  und  $CM$ , so lässt sich mit Hilfe dieser Daten ein rechtwinkeliges Dreieck, das *grosse Kieferdreieck*, konstruieren mit  $CM$  als Hypothenuse und  $CO'$  und  $O'M$  als Katheten. Durch die Möglichkeit der Konstruktion dieses Dreiecks kann auf die Messung des Kieferöffnungswinkels bei  $M$  verzichtet und an seiner Stelle bei  $C$  der Komplementärwinkel gemessen werden. Dieser hat den Vorteil, in der Regel dem  $O$ -Punkt des ungestrichenen Systems eng benachbart zu liegen; ausserdem werden sich geringe Fehler bei der Messung und Konstruktion dieses Winkels praktisch überhaupt nicht auswirken. Die Angabe der Strecke  $CO$  genügt, um die Lage des ungestrichenen Systems innerhalb des Kieferdreiecks eindeutig zu bestimmen. Da sich der komplementäre Kieferöffnungswinkel überdies sowohl in dem grossen als in dem ähnlichen kleinen Kieferdreieck befindet, das durch Konstruktion des Schnittpunktes der  $y$ - mit der  $y'$ -Achse konstruiert werden kann, so ist der Kieferöffnungswinkel stets auch gleich dem Winkel, der in  $T$  durch die  $y$ -Achse und die  $y'$ -Achse des gestrichenen bzw. ungestrichenen Systems gebildet wird.

Durch die Konstruktion der genannten Geraden sind die beiden Bezugssysteme, welche zur Messung der am Ober- und Unterkiefer fixierten Weichteile und ihrer Bewegungen notwendig sind, in einer Form definiert, die eine Vergleichung der Messungen von Person zu Person erlaubt. Gleichzeitig ist auch das Verhältnis zwischen den beiden Koordinatensystemen eindeutig bestimmt. Es ist nun notwendig, die Messpunkte

selbst mit Bezug auf die beiden Koordinatensysteme einzuführen.

Zu diesem Zweck muss man sich vor Augen führen, dass die Messung von Röntgenbildern der Organe des Ansatzrohres auch wieder unter zweierlei Gesichtspunkten erfolgen kann. Einmal können unter physikalischem Gesichtspunkt die Form, die Dämpfung, die Resonanz und ihre Veränderungen am Ansatzrohr (1) als solchem betrachtet werden. Von diesen Faktoren sind auf dem Röntgenbild fassbar ein Profil der Form und auf dem Röntgenfilmstreifen die Profile der in aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten veränderten Formen des Ansatzrohres. Zweitens kann man unter physiologischem Gesichtspunkt die Bewegungen der verschiedenen Organe betrachten, von denen auf den Röntgenbildern zu sehen sind die Profile der Formen, bzw. der Form- und Lageveränderungen der Kiefer, der Lippen, der Zunge, des Velums, der Uvula und des Zungebeins. Dieser zweite Gesichtspunkt ist freilich bei dem nunmehr fast vierzigjährigen Studium von Röntgenbildern des Ansatzrohres noch wenig berücksichtigt worden (siehe oben!); und dabei sind die Formveränderungen bzw. Muskelbewegungen dieser Organe gerade deshalb von hohem Interesse und rein methodisch von der Tätigkeit anderer Muskeln unterschieden, weil die Tätigkeit dieser Muskeln nicht nur wie der aller quergestreiften Muskulatur ein sichtbarer Ausdruck zentralnervösen Geschehens und dieses eine Funktion von Psychischem ist, sondern weil das Psychische selbst sich unmittelbar durch die Sprechbewegungen äussert.

Da sämtliche Zungenmuskeln einschliesslich der *Mm. geniohyoideus* und *thyreochoideus* vom *Hypoglossus* innerviert werden, dessen Fasern durch die *Ansa hypoglossi* und den *Ramus descendens* auch als Bewegungsnerv zu den *Musculi Sternohyoideus*, *Omohyoideus* und *Sternothyreoideus* laufen, ist also jede artikulatorische Bewegung der Zunge zunächst ein unmittelbarer Ausdruck für ein nervöses Geschehen im Kerngebiet des *Hypoglossus* in der Tiefe des untersten Teils der Rautengrube (2) — mittelbar aber auch ein Ausdruck für

(1) GIESSWEIN (*Verh. Ges. Dtsch. Hals- usw. Aerzte*, Nürnberg, 1921, S. 87) fasst das Ansatzrohr als weichwandigen, sich gabelnden Schalltrichter auf, dessen Wände streckenweise veränderliche resonatorenähnliche Hohlräume bilden. Ueber Form und resonatorische Bedeutung der Nase siehe BILANZONI, *Stomatologia*, 1925, 9. Ferner ZWIRNER, EBERHARD, „Aussgusspräparate mazerierter Oberkieferhöhlen Erwachsener“. *Ztschr. f. Anatomie u. Entwicklungsgeschichte*, 74, 365 (1924).

(2) EDINGER, LUDWIG, *Vorlesungen über den Bau der nervösen Zentralorgane des Menschen und der Tiere*, Erster Band, 7. Aufl., Leipzig, 1904, S. 142.

Erregungsabläufe in den Gebieten der Grosshirnrinde, von denen — gekreuzt — Fasern als ein Aestchen des Tractus cortico-bulbaris zu Hypoglossuskern verlaufen. C. und O. VOGT (1) bestimmten durch elektrische Reizungen das direkte, leicht erregbare Feld für Mastikation, d. h. rhythmisches Kauen, Trinken, Schlucken und rhythmische Kehlkopfbewegungen (Feld 6ba) und das Feld für die Denervation der Mastikation und schwer erregbare Adversionsbewegungen (Feld 5y).

Bei der Kompliziertheit des synergischen und antagonistischen Zusammenwirkens der verschiedenen Zungenmuskeln und ihrer Faserbündel bedarf es einerseits noch feinerer lokalisatorischer Kenntnisse über die zentralnervöse Vertretung dieser Muskelgruppen und ihrer Beziehungen zum motorischen Sprachzentrum, andererseits aber noch einer Methode der Bestimmung des Muskelzugs aus der Formveränderung. Die Voraussetzung dafür ist die genaue quantitative Erfassung der Zungenform selbst, die im Folgenden gegeben werden soll.

Der Unterschied der physikalisch-akustischen und der physiologischen Betrachtung von Röntgenbildern (von der psychologischen und sprachgeschichtlichen Seite sei aus Zweckmässigkeitsgründen im Augenblick abgesehen) wirkt sich unmittelbar aus in der Wahl der Bezugssysteme für die einzelnen noch zu suchenden, bzw. einzuführenden Messpunkte der Begrenzungslinien. Soll z. B. ein Messpunkt der Zungenoberfläche dazu dienen, die Form des Ansatzrohres mitzubestimmen, so wird man ihn zweckmässig auf das beim Sprechen feststehende, bzw. als feststehend zu denkende (gestrichene) *Maxillar-System* beziehen. Soll derselbe Punkt die Form, bzw. Formveränderung der Muskulatur der Zunge definieren helfen, wird man ihn auf das (ungestrichene) *Mandibular-System* beziehen, das mit der Zunge zusammen durch den sich bewegenden Unterkiefer seine Lage verändert.

Den Stützgeraden entsprechend, welche in der Richtung der  $x$ - bzw.  $x'$ -Achse durch die Zahnpunkte I und I' gelegt worden sind, werden jetzt Stützgeraden in den gleichen Richtungen an die konvexen Begrenzungslinien der Ober- und Unterlippe gelegt und dadurch die Lippenpunkte L und L' gewonnen. Die von L' auf die  $x'$ -Achse gefällte Senkrechte schneidet diese, die man auch als *Linia superior* bezeichnen könnte, in L's; die von L auf die  $x$ -Achse, (*Linia inferior*) gefällte Senkrechte schneidet diese in L<sub>i</sub>. Die Angabe der Ordinaten der Punkte L und L' genügt als Mass für die Rundung der Lippen, da die Abszisse

(1) VOGT, C. und O., *Journ. f. Psychol. u. Neurol.*, Bd. 25, Ergänzungsheft 1, Leipzig, 1919, S. 412.

die Vorstülpung, die Ordinate Senkung und Hebung der Lippenprofile definiert, welche die Rundung der Lippen begleiten. Dabei handelt es sich um physiologische Fragen der Muskel-tätigkeit. Soll die Öffnungsweite des Ansatzrohres angegeben werden, so ist die Strecke LL<sub>s</sub> zu messen und von ihr die Strecke L'L'<sub>s</sub> abzuziehen. Eine Vergleichung der Ordinaten der Lippenpunkte mit den Zahnpunkten erlaubt, die Stellung der Lippen zu den Zähnen zu beurteilen.

Für die Charakteristik der Kurve, die die Form des harten Gaumens und die Stellung, bzw. Bewegung des weichen Gaumens und des Zäpfchens repräsentiert, werden folgende, am Maxillar-System orientierte Messpunkte eingeführt (1). Legt man eine Stützgerade in der Richtung der  $x'$ -Achse an die Konvexität des Palatums, so erhält man den Punkt P<sub>p</sub>. Die von P<sub>p</sub> auf  $x'$  gefällte Senkrechte schneidet die  $x'$ -Achse in P<sub>n</sub> und die Zungenoberfläche in P; die Senkrechte von P auf  $x$  schneidet in P<sub>i</sub>.

Legt man eine Stützgerade in der Richtung von  $x'$  durch das untere Ende der Uvula, so erhält man den Punkt U<sub>u</sub>. Die von U<sub>u</sub> auf  $x'$  gefällte Senkrechte schneidet diese in U<sub>s</sub>, die nasale Begrenzung des Velums in U<sub>n</sub> und die Zungenoberfläche in U; die Senkrechte von U auf  $x$  schneidet in U<sub>i</sub>.

In zahlreichen Fällen hängt das Zäpfchen mit seinem unteren Ende leicht nach vorn. In diesen Fällen lässt sich in der Richtung der  $y'$ -Achse eine Stützgerade an die dadurch gebildete vordere Konvexität des Zäpfchens legen, wodurch man den Punkt U'<sub>u</sub> erhält. Diese Stützgerade schneidet die orale Begrenzung des Velums in U'<sub>v</sub>, die nasale Begrenzung in U'<sub>n</sub>, die  $x$ -Achse in U'<sub>s</sub> und die Zungenoberfläche in U'. Die Senkrechte von U' auf  $x$  schneidet diese in U'<sub>i</sub>.

Ist die zur Konstruktion dieser Stützgeraden notwendige konvexe Vorbuckelung des Zäpfchens nicht vorhanden, so muss auf die Konstruktion des Punktes U' verzichtet werden und dafür auf einem Umweg der Punkt V' gesucht werden. Wird die Strecke P<sub>s</sub>U<sub>s</sub> gedrittelt und im hinteren Teilpunkt die Senkrechte auf der  $x'$ -Achse errichtet, so schneidet diese die orale Begrenzungslinie des weichen Gaumens in V<sub>v</sub>, die nasale Begrenzungslinie in V<sub>n</sub>, die  $x'$ -Achse in V<sub>s</sub> und die Zungenoberfläche in V. Die Senkrechte von V auf  $x$  schneidet in V<sub>i</sub>.

Halbiert man die Strecke V<sub>s</sub>U<sub>s</sub> und errichtet im Mittelpunkt ebenfalls eine Senkrechte, so schneidet diese die orale Begrenzungslinie des weichen Gaumens in V', die nasale Seite in V'<sub>n</sub>

(1) JESPERSEN, OTTO, *Lehrbuch der Phonetik*, 4. Aufl., Leipzig-Berlin, 1926, S. 29 f.

und die  $x'$ -Achse in  $V'_s$ . Mit Hilfe dieser Senkrechten lässt sich die oben beschriebene Stützgerade ersetzen.

Durch die Einführung der genannten Messpunkte werden ausser dem oberen Zahnpunkt sieben und bei einer ventralen Vorbuckelung des Zäpfchens sogar acht Punkte der Begrenzungslinie des Dachs der Mundhöhle bestimmt, von denen vier bzw. fünf Punkte allein zur Bestimmung der Lage des Zäpfchens herangezogen werden.

Für die Charakteristik der Form und Lage der Zungenkurve, die eine Zungenstellung oder eine Phase der Zungenbewegung repräsentiert, werden folgende, am gestrichenen System orientierte Messpunkte eingeführt: Legt man eine Stützgerade in der Richtung der  $x$ -Achse an den konvexen Rücken der Zunge, so erhält man einen Punkt  $D$  (dorsum linguae), der in bezug auf die Mandibularlinie den höchsten Punkt des Zungenrückens darstellt. Eine von ihm auf die  $x$ -Achse, die Linea inferior, gefällte Senkrechte schneidet diese in  $D_i$ .

Legt man eine Stützgerade in der Richtung der  $y$ -Achse an die Konvexität der Zungenspitze, so berührt diese die Zunge im Punkte  $A$  (apex linguae) und schneidet die  $x$ -Achse in  $A_i$ .

Legt man eine Stützgerade ebenfalls in der Richtung der  $y$ -Achse an die Konvexität der Zungenwurzel, so berührt diese die Zungenkurve in  $R_i$ . Die Strecke  $A_iR_i$  stellt die Länge der Zunge in der Richtung der  $x$ -Achse dar. (Siehe oben die Ausführungen zum Begriff der Stützgeraden.)

Da die Muskulatur der Zunge erlaubt, der Zungenoberfläche ungleichmässige Krümmungen und auch konkave Ausbiegungen vor allem im vorderen Teil zu geben, so ist es notwendig, noch weitere und auf anderem Wege erhaltene Punkte der Zungenkurve zur Messung heranzuziehen. Vorher sei jedoch mit einigen Worten ein Erklärungsversuch für gelegentliche derartige konkave Einbuchtungen der Zungenkurve gegeben.

Eine Reihe von Beobachtungen spricht dafür, dass es sich oft nicht um reelle Einbuchtungen, sondern um eine Kreuzung der Profile der beiden Zungenränder handelt, da die muldenförmige Zunge seitlich erhöhte Ränder hat, von denen der eine hinter dem anderen verschwindet.

Um nun zu den oben beschriebenen Punkten  $A$ ,  $D$  und  $R$  noch zusätzliche Punkte zu erhalten, halbiert man die Strecke  $A_iD_i$  und errichtet im Mittelpunkt  $B_i$  eine Senkrechte, die die Zungenoberfläche in  $B$  schneidet. Halbiert man die Strecke  $D_iR_i$  und errichtet im Mittelpunkt  $E_i$  eine Senkrechte, so schneidet diese die Zungenoberfläche in  $E$ .

Um die Masse des sich durch die Artikulation der Zunge verändernden Ansatzrohres zu gewinnen, ist es, obgleich es

zunächst nahe liegt, nicht zweckmässig, die oben beschriebenen 5 Senkrechten durch  $A$ ,  $B$ ,  $D$ ,  $E$  und  $R$  bis zum harten Gaumen zu verlängern, da diese Geraden konstruktionsgemäss mit dem sich bewegenden Unterkiefer ihre Richtung verändern. Es ist vielmehr zweckmässig, als Bezugssystem das gestrichene Koordinatensystem zu wählen, andererseits aber doch den eben definierten unteren Zahnpunkt  $I$ , den Zungenspitzenpunkt  $A$ , den Zungenrückenpunkt  $D$  und den Zungenwurzelpunkt  $R$  zu berücksichtigen. Es werden daher von  $L$ ,  $I$ ,  $A$ ,  $E$  und  $D$  aus Senkrechte auf  $x'$  gefällt, die — in einem Teil der Fälle — das Palatum in  $L_p$ ,  $I_p$ ,  $A_p$ ,  $E_p$  und  $D_p$  und in allen Fällen  $x'$  in  $L_s$ ,  $I_s$ ,  $A_s$ ,  $E_s$  und  $D_s$  schneiden. Sie geben zusammen mit den Verbindungsgeraden  $LL'$  und  $II'$  einen anschaulichen Begriff von den vordersten Teilen des Ansatzrohres. Bei der Neigung von Zunge, weichem Gaumen und Zäpfchen in den hinteren Teilen wäre es nun aber unzulässig, auch die Senkrechte  $RR_p$  nach oben hin zu verlängern. Es werden vielmehr die schon erwähnten  $PP_p$ ,  $VV_v$ ,  $U'U'_u$  und  $UU_u$  herangezogen.

Durch  $PP_p$  ist nicht nur der Abstand der Zunge vom höchsten Punkt des Gaumendaches bezeichnet, sondern an der Abszisse  $O'P_s$  kann gleichzeitig auch das Verhältnis des höchsten Punktes der Zunge, des Zungenrückenpunktes ( $D$ ), sowie des Zungenspitzenpunktes ( $A$ ) zum höchsten Gaumenpunkt ( $P^p$ ) beurteilt werden.

Für die Charakteristik des Ansatzrohres sind nun aber auch noch wichtig die kürzeste Entfernung des Zungenrückens von der unteren, und die kürzeste Entfernung des Zäpfchenrückens von der oberen Rachenwand — letzte vor allem im Hinblick auf die Unterscheidung nasaler und nicht nasalierter Vokale und die Bestimmung der nasalen Konsonanten. Dazu muss zweckmässigerweise nach einem neuen Verfahren gesucht werden, das sich deshalb leicht finden lässt, weil die anatomischen Verhältnisse der Rachenwand gerade für diese Bestimmung günstig liegen: die Rachenwand verläuft nämlich in dieser Gegend so geradlinig, dass sie durch zwei, oft sogar durch eine einzige gerade Linie, die ihren Hauptverlauf angibt, mit genügender Exaktheit wiedergegeben werden kann. Das mathematische Problem ist dabei etwa folgendes: die empirische, schon mit dem Auge als flach zu erkennende Kurve der Rachenwand wird durch ein Näherungspolygon approximiert. Da der untere Teil den Hauptzug einer geraden Linie hat, sucht man durch Ausprobieren mit dem Lineal diejenige gerade Linie, welche sich dem an sich schon geraden Verlauf der empirischen Kurve am besten anschmiegt. Und zwar ist das — exakt formuliert — diejenige Linie, welche die Summe der Abstandsquadrate der Kurvenpunkte von der geraden Linie zum Minimum macht

(Trend I. Grades) (1). Für die praktischen Zwecke der Messung genügt es, wie Kontrollzeichnungen gezeigt haben, mit dem blossen Auge diese Gerade zu legen. Reicht eine solche Gerade zur Charakterisierung der Rachenwand nicht aus, sondern neigt sich, wie es in der Regel der Fall ist, die Rachenwand in der Gegend der Uvula etwas nach hinten zurück, um sich dann zum Nasendach wieder nach vorn zu wölben, liegt also mit anderen Worten eine Kurve mit Wendepunkt vor, dann wird als eine zweite gerade Linie  $f'$  die Wendetangente genommen, die sich dieser Kurve am besten anschmiegt und die freilich auch hier mit dem blossen Auge gesucht werden kann. Diese beiden durch die Kurve der Rachenwand gelegten Geraden  $f$  und  $f'$  schneiden  $x'$  in den Punkten  $F_s$  und  $F'_s$  in zwei zu messenden Winkeln, den *Rachenwinkeln*. Eine Stützgerade in Richtung von  $f$  an die Konvexität des Zungenrückens ergibt den Punkt  $R'$ , eine Stützgerade in Richtung von  $f'$  an die Konvexität des Zäpfchens den Punkt  $N'$ .

Durch die beiden Senkrechten auf  $f$  bzw.  $f'$  —  $R'F$  (Isthmus faucium) und  $N'N$  (Isthmus nasalis) — erhält man mit genügender Sicherheit ein Mass für die beiden engsten Stellen des Schlundes. Bestimmt man schliesslich noch den Punkt, an dem die Zungenkurve die  $x$ -Achse schneidet, so erhält man noch den Punkt  $R''$  und hat dadurch die Zunge durch die Punkte  $A, B, D, P, E, V, U', U, R, R'$  und  $R''$ , also mit einem hohen Grad von Genauigkeit bestimmt.

Etwa das gleiche Problem, wie bei der Bestimmung der Schlundenge liegt bei der Bestimmung der kürzesten Entfernung der Zungenspitze von der Hinterfläche der Zähne bzw. der Zahnleiste vor. Hier gibt aber bereits eine Senkrechte von  $A$  auf die  $y$ -Achse, die in  $A'$  die Begrenzungslinie, den Limbus alveolaris schneidet, diese Entfernung mit hinreichender Genauigkeit an. Die Senkrechte von  $A'$  auf die  $x$ -Achse schneidet diese in  $A'_1$ .

Es bleiben zum Schluss noch zahlenmässig zu erfassen die Regio submentalis und vor allem das Os hyoideum. Für die Bestimmung der Bewegung der ersteren genügt ein einziger Punkt, der zweckmässig an Bezugspunkten des Maxillar- und Mandibular-Systems orientiert wird. Zu diesem Zweck fällt man von  $P_p$  die Senkrechte auf  $x$ , wodurch man den Punkt  $P_p$  erhält und vierteilt die Strecke  $OP_p$ . Am Ende des distalsten Viertels, im Punkte  $S_i$ , errichtet man die Senkrechte, die die Regio submentalis in  $S$  schneidet.

(1) LORENZ, P., *Der Trend*, Berlin, 1928. — Für die Hinweise auf mathematische Literatur und verschiedene mathematische Möglichkeiten möchte ich Herrn Dr. KURT ZWIRNER auch an dieser Stelle meinen Dank sagen.

Um die Bewegungen des Os hyoideum auf möglichst handliche Weise zu bestimmen, ist es vorteilhaft, eine Gerade durch die seitlich meist verschobenen Hörner des Zungenbeins zu legen, die Gerade  $h$ , welche die Gerade  $f$  in einem zu bestimmenden Winkel in  $H$  schneidet. Punkt und Winkel genügen zur Bestimmung der Lage und also auch der Lageveränderungen des Zungenbeins.

Bevor mit Untersuchungen quantitativer Auswertung der den einzelnen Lauten zuzuordnenden Stellungen begonnen werden kann, ist es notwendig, eine Reihe von Voruntersuchungen einzuschalten. Zunächst ist eine Röntgenaufnahme nach dem angegebenen Verfahren auszumessen, mit Hilfe der so erhaltenen Zahlenwerte die ursprüngliche Zeichnung wieder zu konstruieren und dann durch Ueberzeichnung der ursprünglichen Aufnahme festzustellen, ob tatsächlich mit den angegebenen Messwerten der wesentliche Verlauf der entscheidenden Profilinien erfasst wird. Das ist in Abbildung 1 bereits geschehen: die gestrichelten Linien sind durch Konstruktion auf Grund der Zahlen der folgenden Tabelle erhalten, die Zahlen stammen von Ausmessungen einer Pause der ursprünglichen Röntgenaufnahme. Die ausgezogenen Linien stellen die nachträgliche, unmittelbare Uebertragung des Röntgenbildes auf das System der konstruierten Linien dar. Die Zeichnung zeigt erstens, was überhaupt durch die verschiedenen, eben beschriebenen Messpunkte berücksichtigt und was von ihnen unberücksichtigt bleiben soll. Sie zeigt zweitens, dass die konstruierten Profilinien der Zunge, des harten und weichen Gaumens, des Zäpfchens und der Rachenwand im wesentlichen mit den wirklichen Konturen des Röntgenbildes zusammenfallen. Nur an sechs Stellen werden bei der hier zu Grunde gelegten Röntgenaufnahme die rellen Verhältnisse in feststellbarem Umfang, also über Strichbreite, nicht wiedergegeben: am harten Gaumen zwischen  $J$  und  $A_p$ , am Uebergang des harten zum weichen Gaumen zwischen  $E_p$  und  $V_v$ , an der nasalen Begrenzung der Uvula zwischen  $N'$  und  $U_n$  zwischen  $U'_n$  und  $V_n$  und schliesslich an der flachen Krümmung der Rachenwand zwischen  $F$  und  $N$  bzw. zwischen  $N$  und  $F'_s$ . Bei anderen Röntgenaufnahmen liegen die Verhältnisse zwischen Konstruktion und Pause in der Regel ähnlich — immer jedenfalls wird der wesentliche Verlauf der in Frage kommenden Profile erfasst.

Im Folgenden wird zunächst eine Tabelle gezeigt, welche — auf Grund der eben beschriebenen Methode der Messung — den wesentlichen Verlauf der verschiedenen Profilkurven von Abbildung 1 durch Zahlen wiedergibt.

## TABELLE

## 1. Koordinatensysteme bzw. Kieferdreiecke

$\angle C$	—	46,2°
CO	—	57 mm
CO'	—	129 mm

## 2. Ungestrichenes System

Messpunkte	Abszisse (x)	Ordinate (y)
—	—	—
L	—8 mm	47 mm
I	0	45
A'	3	34
A	7	34
S	13,5	—37
B	19	44
D	30	47
P	35	45
E	47	37
V	54	30
U'	59	24
U	61	20
R	63	15
R'	62	9
R''	56	0

} hier willkürlich  
angenommen

## 3. Gestrichenes System

Messpunkte	Abszisse (x')	Ordinate (y')
—	—	—
L'	—10 mm	—24 mm
I'	0	—29
L <sub>p</sub>	3	—23,5
L	3	—61,5
I <sub>p</sub>	10	—15,5
I	10	—57
A <sub>p</sub>	22	—5
A	22	—60
D <sub>p</sub>	30	—3
D	30	—34,5
P <sub>p</sub>	35	—3
P	35	—32,5
E <sub>p</sub>	50	—4
E	50	—30

V <sub>n</sub>	59	—3
V <sub>v</sub>	59	—10
V	59	—30
U' <sub>n</sub>	67	—4
U' <sub>v</sub>	67	—13
U' <sub>n</sub>	67	—26
U'	67	—31
F <sub>s</sub>	68	—0
U <sub>n</sub>	71	—5
U <sub>u</sub>	71	—30
U	71	—32
F' <sub>s</sub>	77,5	—0

## 4. Zusätzliche Bestimmungen

LL'	=	39 mm
II'	=	30 mm
$\angle F_s$	=	65°
F <sub>s</sub> F	=	41 mm
FR'	=	6 mm
F <sub>s</sub> H	=	58 mm
$\angle H$	=	65°
$\angle F'_s$	=	83°
F' <sub>s</sub> N	=	18 mm
NN'	=	2 mm

Ehe eine Messmethode aber empfohlen, bzw. eine empfohlene benutzt werden darf, ist es vor allen Dingen wichtig, sich über die Messgenauigkeit dieser Methode, d. h. über die Grösse der durch die Methode selbst bedingten Fehler Rechenschaft zu geben.

Die folgende Abbildung 2 zeigt die fünfmalige Konstruktion ein und derselben Röntgenaufnahme des von einer deutschsprechenden Person auf C<sup>1</sup> gesungenen Vokals A. Dies Röntgenbild ist fünfmal durchgemessen worden und die Messungsergebnisse sind zu fünf verschiedenen aufeinander gezeichneten Medianprofilen benutzt worden.

Die Abbildung zeigt zunächst eine gewisse Streuung des Kieferöffnungswinkels und eine dadurch bedingte Streuung in den Profilen des Maxillar-Systems; ferner eine gewisse Streuung des auf das Mandibular-System bezogenen Zungenprofils. Diese Streuung ist jedoch gelegentlich nicht viel grösser, als die Strichdicke. Die folgenden Abbildungen werden zeigen, dass die hier graphisch dargestellten Grenzen der Messgenauigkeit zwar nicht vernachlässigt werden können, aber doch die Messungsergebnisse und die Vergleichung nirgends wesentlich beeinträchtigen.

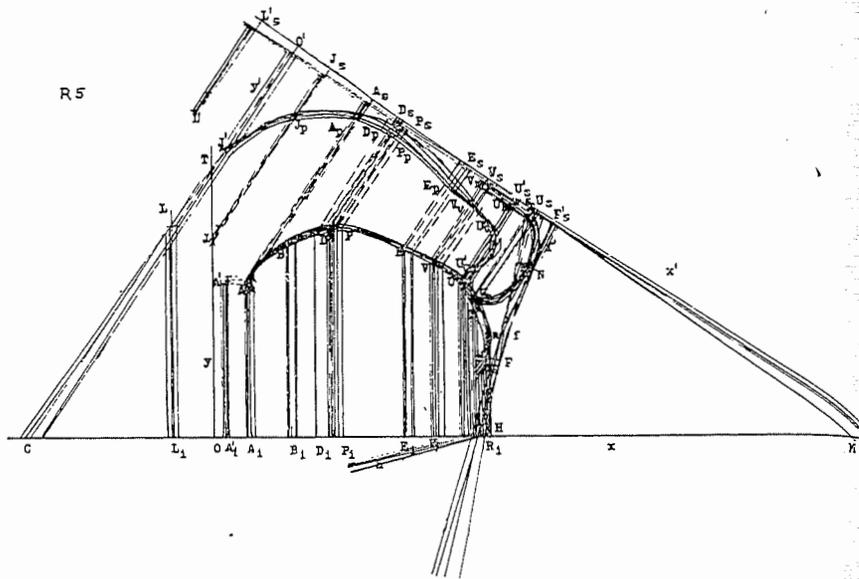


Abb. 2

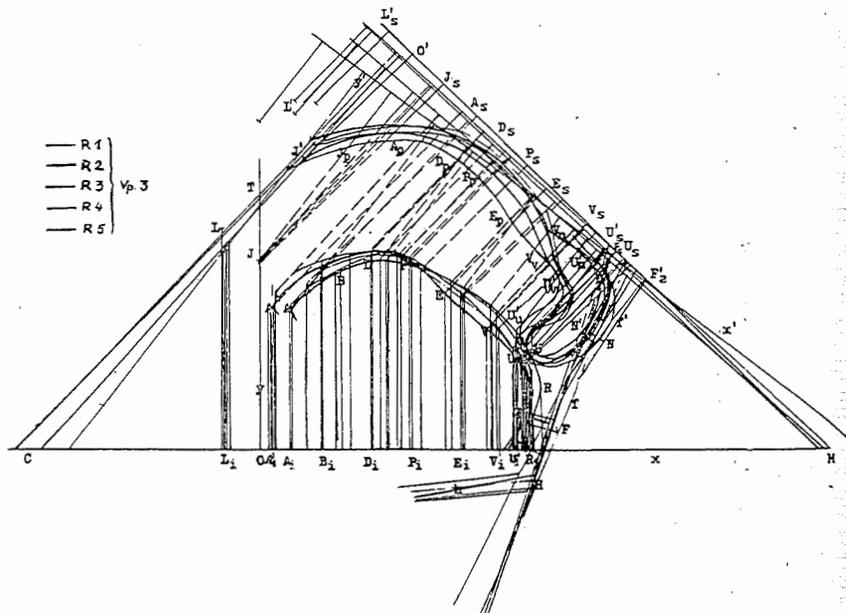


Abb. 3

Erheblich grösser ist bereits die Streuung, welche dadurch zustande kommt, dass ein und dieselbe Person denselben Laut mehrmals zu verschiedenen Zeiten singt.

Die Abbildung 3 zeigt auf den ersten Blick eine erheblich grössere Streuung des Kieferöffnungswinkels und aller Profillinien.

Aber unvergleich grösser werden diese Schwankungen, wenn man die Medianprofile nicht einer, sondern mehrerer Versuchspersonen miteinander vergleicht.

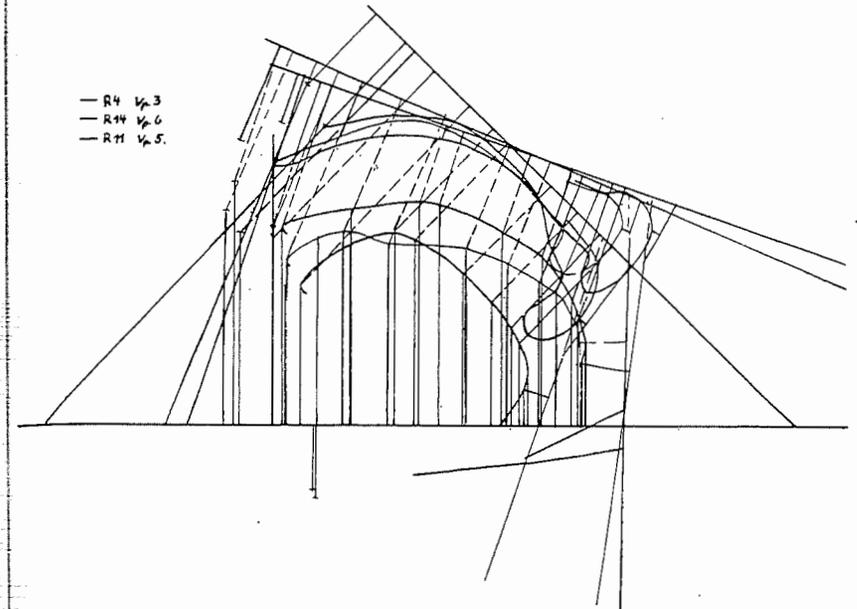


Abb. 4

Die Abbildung 4 zeigt wiederum die Medianprofile des — diesmal von drei verschiedenen Personen auf C<sup>1</sup> gesungenen — Vokals A, wiederum auf das Mandibular-System bezogen. Hier sehen Sie bereits eine derartige Verschiedenheit der Konfiguration des Ansatzrohres, dass es ohne Kenntnis dessen, was gesungen worden ist, kaum möglich scheint, zu sagen, dass es sich in allen drei Fällen um den gleichen Laut handelt.

Etwas übersichtlicher wird das Bild jedoch, wenn man die Medianprofile, wie es in der folgenden Figur (Abb. 5) geschehen ist, nicht auf das Mandibular-System, sondern auf das Maxillar-System bezieht. Immerhin zeigen sich auch hier die Verschiedenheiten der Zungenprofile recht deutlich.

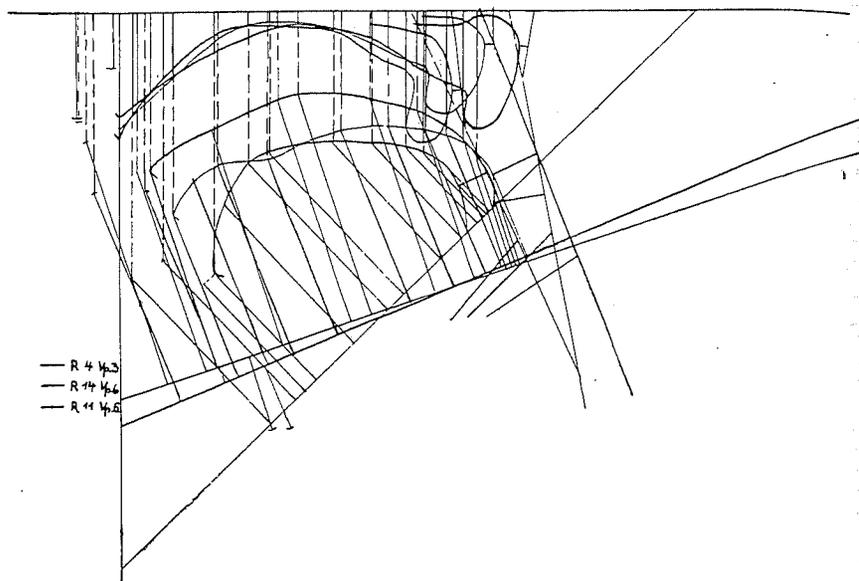


Abb. 5

Zu einer noch grösseren Einheitlichkeit kommt man, wenn man gewisse Normierungen vornimmt — derart, dass man sämtliche Medianprofile auf eine normierte Schädelgrösse bezieht, wie es in der folgenden Abbildung (Abb. 6) geschehen ist. Dann zeigt sich nämlich, dass die drei Personen sich — abgesehen von der durch diese Normierung aufgehobenen Verschiedenheit der absoluten Grösse der verglichenen Organe — im wesentlichen durch Verschiedenheiten des Kieferöffnungswinkel unterscheiden. Würde man auch diese Verschiedenheiten noch zeichnerisch ausschalten, so würden die drei Medianprofile des auf C<sup>1</sup> gesungenen Vokals A noch erheblicher näher aneinander rücken. Aber natürlich wären sie auch dadurch keineswegs aufzuheben — sind einzelne Verschiedenheiten der Zungenprofile doch wahrscheinlich schon dadurch bedingt, dass die Profile des harten Gaumens Verschiedenheiten zeigen, welche beim Singen- und Sprechenlernen mit Hilfe des Ohres gerade durch solche Verschiedenheiten der Zungenstellung ausgeglichen werden.

Es muss noch ein Wort über diese Normierungen selbst gesagt werden. Denn genau genommen handelt es sich um ein unzulässiges Verfahren, das nur dann wirklich berechtigt wäre, wenn die verschiedenen Versuchspersonen sich lediglich hinsichtlich der Grössen aller ihrer Organe unterscheiden würden, die Pro-

portionen aller Organe untereinander aber identisch wären. Das ist jedoch bekanntlich nicht der Fall und es kann infolgedessen das hier benutzte Verfahren der Normierung nur annäherungsweise die Vergleichbarkeit erhöhen; andererseits muss man sich auch

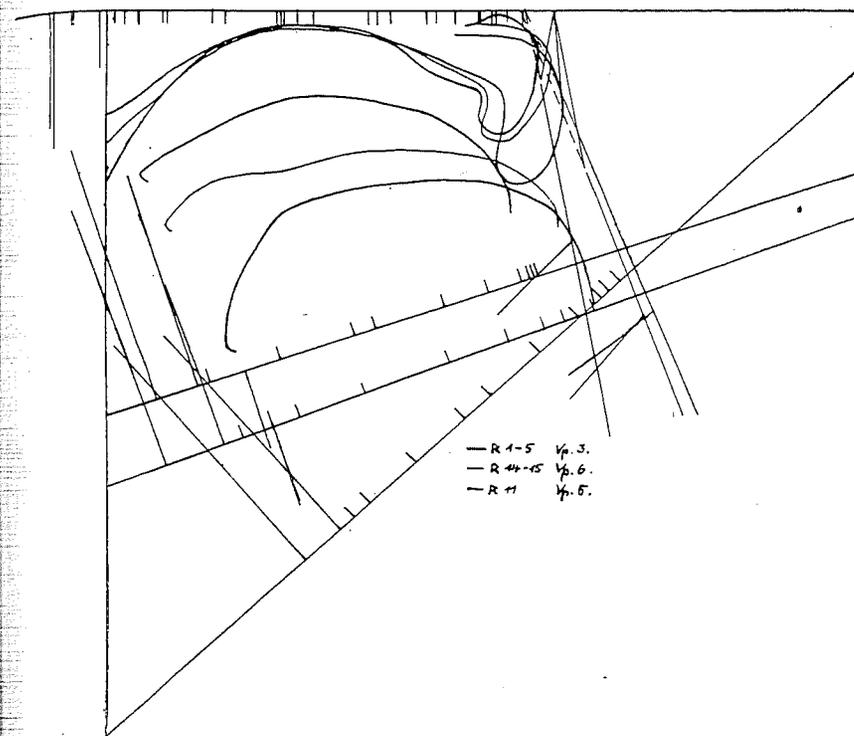


Abb. 6

sagen, dass das ganze Verfahren, welches im Wesen der Röntgenaufnahme liegt, sich nämlich auf die Vergleichung der Medianprofile zu beschränken, doch recht unvollkommen ist, da es uns kaum Aufschluss über die Lage bzw. die Bewegung derjenigen Organe und Organteile vermittelt, welche rechts und links der Medianebene liegen. Hier wäre in Zukunft das Verfahren der Tomographie (1) heranzuziehen, durch das man sich nicht allein ein Bild von der Konfiguration der Medianfläche, sondern von der Konfiguration der Räume des Ansatzrohres machen kann. Derartige Aufnahmen, mit Formant-Analysen in Verbindung

(1) CANUYT, GUNSETT et GREINER, „La méthode des coupes radiographiques (Tomographie ou Planigraphie) appliquée à l'Étude de la Phonation“, *Revue Française de Phoniatrie*, 6. Jg. (Juli 1938), pag. 133.

gebracht, ähnlich, wie es Sovijärvi in seinem Vortrag auf diesem Kongress bereits getan hat (1), werden uns nach und nach für die einzelnen Sprachen diejenigen Aufschlüsse vermitteln, die wir anstreben. Freilich schliesst das tomographische Verfahren den Uebergang von der Röntgenaufnahme zum Röntgenonfilm und zum Zeitlupen-Röntgenonfilm leider grundsätzlich aus. Es gibt also bis jetzt noch keinen Weg, der uns über die *Veränderung* der Konfiguration der *Räume* Aufschluss zu geben vermöchte.

Das prinzipiell Entscheidende an dieser Darlegung ist aber wiederum, dass zu einer Ordnung der Sprachlaute und daher auch der Medianprofile der Sprachlaute nicht der Weg von den physiologischen zu den psychologischen bzw. linguistischen Verhältnissen d. h. also von der Stellung bzw. der Bewegung der Sprachorgane zur psychologischen Bestimmung des gesungenen bzw. der linguistischen Bestimmung des gesprochenen Lautes, sondern dass der Weg auch hier wiederum umgekehrt beschritten werden muss.

Natürlich ist es möglich, auf Grund bereits gewonnener Kenntnisse einem Röntgenbild gegenüber zu sagen: das wird wohl ein gesungenes *a* sein. Und das Gleiche wird voraussichtlich auch möglich sein, wenn wir einmal genauere Aufschlüsse über die Bewegung der Sprachorgane bei gesprochenen Lauten durch die Röntgenonfilme oder Zeitlupenfilme bekommen haben werden. Immer aber handelt es sich dabei sozusagen um eine *Diagnose* auf Grund bereits durchgeführter Forschungen und diese Forschungen bestehen — und haben immer bestanden — in einem *Vergleichen* zwischen dem durch Abhören bestimmten Laut und der irgendwie erfolgten Registrierung der diesem Laut zugehörigen und zuzuordnenden Stellung oder Bewegung der Sprachorgane. In der Durchführung derartiger Zuordnungen zwischen psychologischen oder linguistischen Gesichtspunkten einerseits und physiologischen (bzw. physikalischen) Zuordnungen andererseits liegt also die *eigentliche Forschungsaufgabe*: denn nur durch sie werden neue Erkenntnisse erworben. Wie weit es gelingt, auf Grund derartiger gewonnener Erkenntnisse nun Diagnosen zu stellen, d. h. zu raten: das wird wohl dies oder jenes sein, ist für die Forschung d. h. für die Gewinnung neuer Erkenntnisse ziemlich unerheblich. Ich persönlich bezweifle auch, dass es möglich sein wird, feinere Diagnosen dieser Art zu stellen, d. h. etwa anzugeben, welche Klangfarbe das auf Grund des Röntgenbildes erratene *a*-artige Gebilde

(1) SOVIJÄRVI, ANTTI (Helsinki), „Die wechselnden und festen Formanten erklärt durch Spektrogramme und Röntgenogramme der finnischen Vokale“, *Proceedings of the Third International Congress of Phonetic Sciences, Ghent, 1938.*

haben wird: die Klangfarbe aber macht den Sprachlaut erst zum Sprachlaut, da es kein „*a* überhaupt“, das allen Sprachen eigentümlich ist, gibt.

Die nächste Abbildung 7 zeigt die Konstruktion von drei normierten Medianprofilen dreier Versuchspersonen, welche auf  $C^1$  den Laut *e* gesungen haben — bezogen auf das Maxillarsystem.

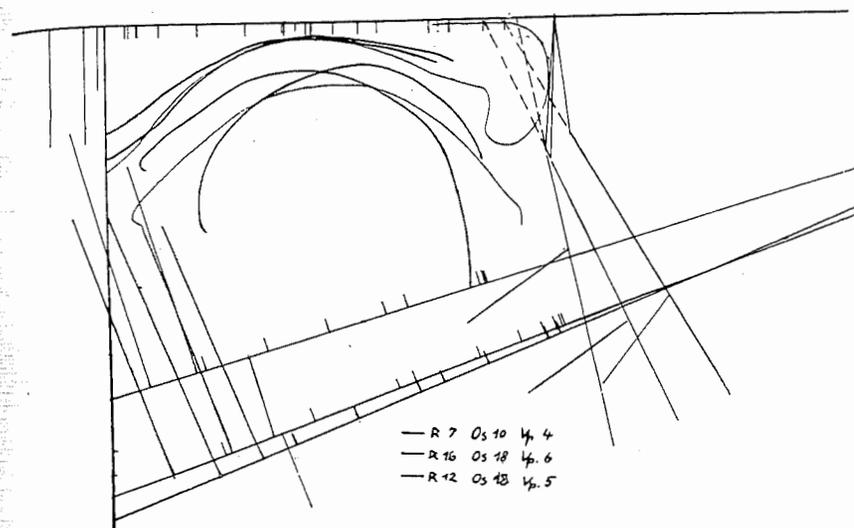


Abb. 7

Worauf es auch hier zunächst wieder ankommt, ist die grosse Variation bereits dieser drei Fälle zu zeigen. Weiteren Forschungen wird es vorbehalten bleiben, so viele Röntgenbilder gesungener Laute derselben Sprachgemeinschaft herzustellen und durchzumessen, dass man auch hier statistisch einwandfrei arbeiten kann und die Variation aller Messpunkte, z. B. des Zungenprofils exakt errechnen kann. Die geförderte Gleichheit des Materials wird, wie aus den vorangehenden Erörterungen hervorgeht, durch das Abhören der Versuchspersonen zu garantieren sein.

Die folgende Abbildung 8 zeigt die Konstruktion von vier normierten Medianprofilen des Lautes *i*, gesungen von vier verschiedenen Versuchspersonen auf  $C^1$ , bezogen auf das Mandibular-System.

Die nächste Abbildung 9 zeigt vier Medianprofile des Lautes *o*, wiederum von vier Versuchspersonen auf  $C^1$  gesungen. Deut-

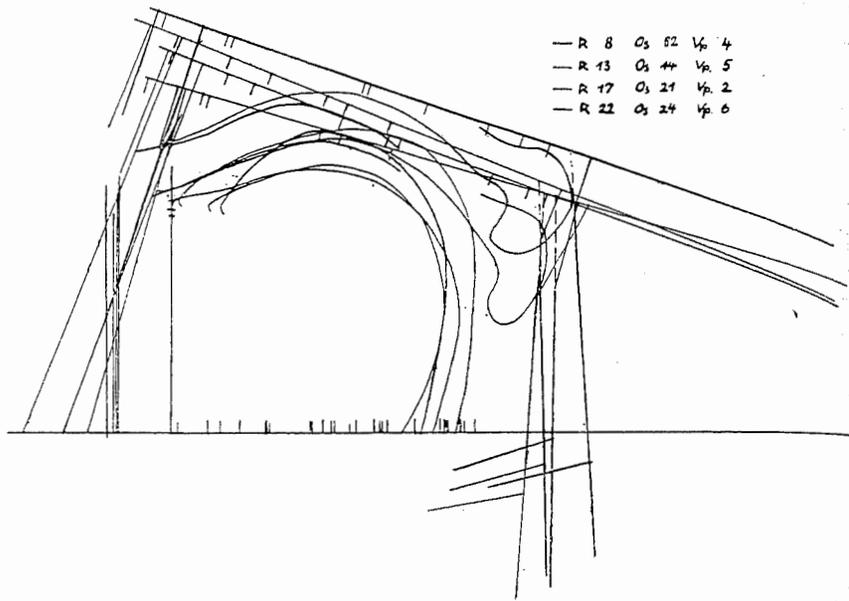


Abb. 8

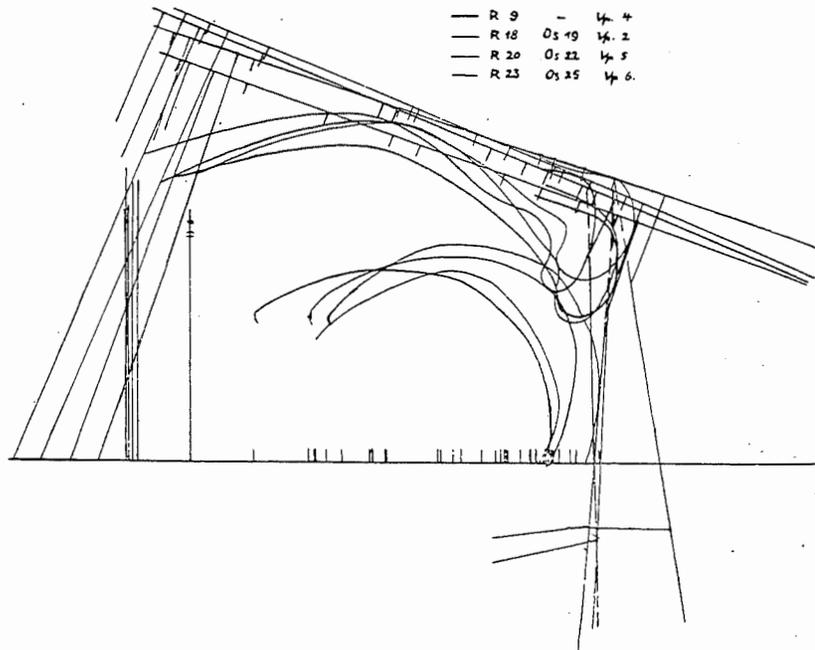


Abb. 9

lich sieht man den ganz anderen Typus der nach hinten unten gezogenen Zunge; aber auch hier fällt — obgleich es sich um normierte Verhältnisse handelt — die ausserordentliche Variation bereits dieser vier Medianprofile auf.

Die folgende Abbildung 10 zeigt den Laut u, ebenfalls wieder von vier Personen auf C<sup>1</sup> gesungen, auf das Mandibular-System bezogen.

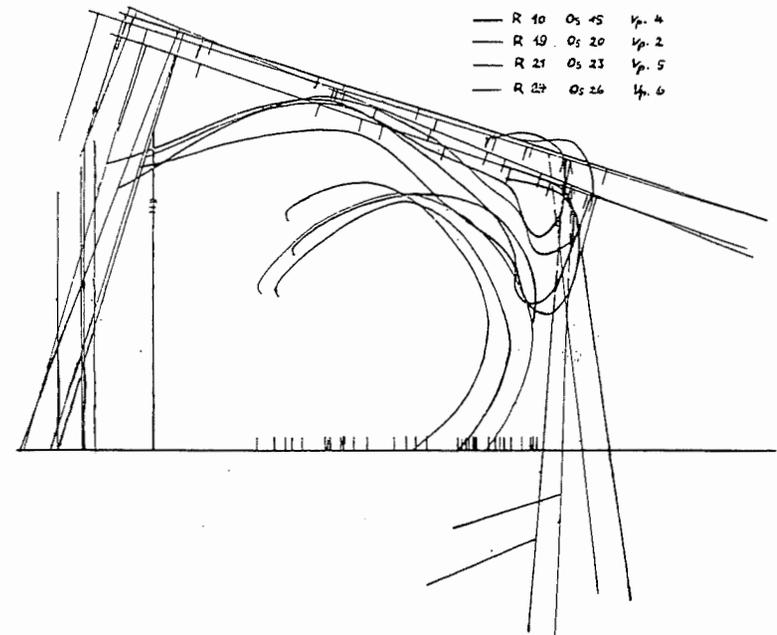


Abb. 10

Und zum Schluss zeige ich wenigstens *eine* Abbildung 11 aller von ein und derselben deutschsprechenden Person gesungenen Laute a, e, i, o, u. Deutlich sieht man die flachliegende Zunge des a, die hochstehende Zunge bei i und e und die zurückgezogene Zunge bei o und u (1).

(1) Anmerkung: Bei dieser und den vorangehenden Abbildungen handelt es sich um schwarz-weiss Aufnahmen an sich bunter Zeichnungen. Die Abbildungen stammen sämtlich aus einer demnächst erscheinenden Arbeit: Die Schwankung der Mundlage beim Singen der deutschen Vokale. *Phonometrische Forschungen Reihe A*, Bd. 4, Berlin, Metten und Co Verlagsanstalt. Die Arbeit selbst ist im Manuskript abgeschlossen. In dieser Arbeit sind auch die Formanten aller auf Schallplatten festgehaltenen und mit Hilfe der Fouriemethode analysierten Laute dargestellt.

So ungleichartig die Ausgangspunkte der beiden hier gehaltenen Vorträge waren : die an Schalldruckkurven untersuchte Quantität der neuhochdeutschen Vokale und die an Röntgenaufnahmen untersuchten Medianprofile des Ansatzrohres beim

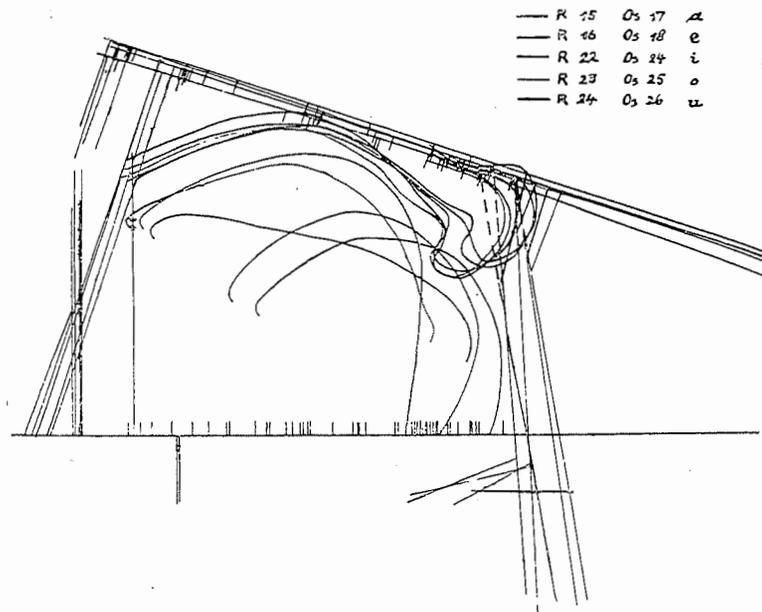


Abb. 11

Singen der deutschen Vokale — so gleichartig ist doch das theoretische Prinzip, das beiden Untersuchungen zu Grunde liegt. In beiden Vorträgen handelte es sich darum, die Variation der empirischen Verhältnisse mit quantitativen Mitteln festzustellen und die angemessene Ordnung der Messungsergebnisse zu finden. In beiden Vorträgen mussten daher die naturwissenschaftlichen Ansprüche der Experimentalphonetik zurückgewiesen und an ihre Stelle musste die *Zuordnung naturwissenschaftlicher Methoden zu linguistischen Erkenntnissen* (1) gesetzt werden. Wo solche Zuordnungen nicht durchgeführt werden, verflüchtigt sich der Gegenstand. Wo dies aber geschieht, harret der quantitativen Phonetik eine noch kaum abzusehende und kaum zu erschöpfende wissenschaftliche Aufgabe.

(1) Grundfragen der Phonometrie a. a. O.

## DISCUSSION :

Prof. W. DOROSZEWSKI (Warsaw) :

La communication du Dr. ZWIRNER illustre l'importance des évaluations numériques et par conséquent de la statistique en phonétique. La méthode quantitative peut être appliquée aux faits de phonétique non seulement dans les expériences réalisées à l'aide d'appareils enregistreurs, mais aussi dans les enquêtes dialectologiques menées par un enquêteur suffisamment préparé — genre d'études qu'avec des collaborateurs je mène depuis quelques années.

Cette méthode permet de mettre la précision au service de problèmes généraux.

Prof. TH. BAADER (Nimeguen) :

Zu den Vorträgen Dr. ZWIRNERS möchte ich hinzufügen, dass auch ich von der Einheit der Phonetik und der Phonologie seit langem überzeugt bin. Um diese Einheit auch terminologisch zum Ausdruck zu bringen, möchte ich vorschlagen als Bezeichnung der „Phonetischen Wissenschaften“ den Terminus „Phonophenomenologie“ (d. h. Phenomenologie der Phonologie oder phonomenologische Phonologie) zu benutzen.

TUESDAY, 19 JULY. MORNING

SESSION FOR TECHNICS

Chairman : Prof. FERDINAND TRENDELENBURG.

14. Dr. MARTIN GRÜTZMACHER (Berlin) : *Ein neuer Tonhöhenschreiber, seine Anwendung auf mathematische, phonetische und musikalische Probleme, nach gemeinsamen Versuchen mit W. Lottermoser.*

Eines der wichtigsten Probleme der Phonetik ist die Ermittlung der Tonhöhenbewegung gesprochener und gesungener

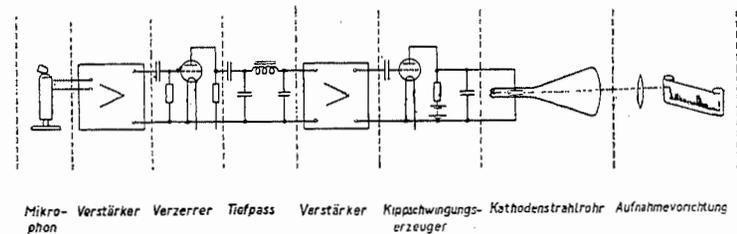


Abb. 1. Versuchsanordnung.

Worte und Sätze. Die Wirkungsweise eines elektrischen Gerätes,