VI. *Einige Bemerkungen zur Helmholtz'schen Vocallehre; von Emil von Quanten.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus *Oefversigt af K. Vetensk. Acad. Handlingar*, 1874 No. 6.)

I.

In seinem für die Theorie und Aesthetik der Tonkunst so wichtigen Werke: „*Die Lehre von den Tonempfindungen*“¹⁾ untersucht Hr. Helmholtz auch die Vocallaute. Sich zum Theil auf die Arbeiten seiner Vorgänger stützend, giebt er dem Resultat, zu welchem diese gekommen sind, eine neue Aufstellung und eine neue Erklärung.

Die Hauptsätze der Helmholtz'schen Vocallehre sind:

Der musikalische Klang (gemeiniglich Ton genannt) ist ein zusammengesetztes akustisches Product, bestehend aus einem Grundton und einer grösseren oder geringeren Anzahl von Obertönen. Die Schwingungszahl des tiefsten oder ersten Obertones ist doppelt so groß, als die des Grundtones, die des zweiten dreifach, des dritten vierfach, des vierten fünffach u. s. f. in regelmässiger Progression. Der Grundton, welcher gewöhnlich am stärksten klingt, bestimmt die Lage des Klanges in der Scale (Tonhöhe); die Anzahl, das gegenseitige Verhältniß und die Stärke der Obertöne bestimmen den Charakter oder die Farbe des Klanges, welche jedoch auch von dem Material des klingenden Körpers abhängt.

Wie bei den musikalischen Instrumenten ist auch der Klang des Stimmorgans zusammengesetzt aus Grundton und Obertönen. Bei den Instrumenten wechselt die Klangfarbe dadurch, daß die Obertöne bald in geringerer, bald in grösserer Anzahl auftreten, bald stärker, bald schwächer, bald mit periodischen Lücken, so daß z. B. nur der erste,

1) Dritte Auflage, Braunschweig 1870.

dritte, fünfte oder auch nur der zweite, vierte, sechste Oberton gehört wird, usw. Bei allen diesen Veränderungen nehmen die Obertöne der Instrumente regelmäßig an Stärke ab nach ihrer Ordnungsreihe aufwärts in der Scale.

Auch das Stimmorgan wechselt die Klangfarbe durch Veränderung der Anzahl der Obertöne; aber zugleich entsteht hier ein stärkeres Erklingen bald des einen, bald des anderen Obertons, ganz unabhängig von der Ordnungsfolge. Diese Verschiedenheit ist Grund des verschiedenen Charakters des Instrumental- und Vocal-Klanges und erklärt sich durch den Einfluß des Schall- oder Resonanz-Raumes auf die Klangbildung.

Sowohl das Instrument als das Stimmorgan ist versehen mit einem Schallraum, dessen Aufgabe es ist, den Klang durch Resonanz zu verstärken. Wenn die in dessen Schallraum oder Resonator befindliche Luft in Schwingung versetzt wird, giebt sie, wie Luft in jedem anderen Hohlraum, einen bestimmten Ton, dessen Höhe abhängt theils von der Quantität der eingeschlossenen Luft, theils von der Weite der Oeffnung des Resonators. Je größer Luftmenge und Oeffnung sind, desto höher ist der Ton. Sobald ein Ton, der mit dem eigenen Ton des Schallraumes übereinstimmt, draußen angegeben wird, sey er Grund- oder Oberton in einem Klang, so wird die Luftmasse des Schallraums sogleich in lebhafte Mitschwingung versetzt und der Ton in verstärkter Kraft vernommen. Auch die anderen Theiltöne im Klange werden durch Resonanz verstärkt, aber alle weniger in dem Maasse als der schwächere entsprechende Eigenton des Schallraums.

Bei den musikalischen Instrumenten sind die Schallräume — die Röhrenlängen der Flöten, Clarinetten, Hoboen, die von Resonanzböden und Seitenwänden eingeschlossenen Resonanzläden der Violine, des Violoncells, der Guitarre usw. — so abgepaßt, daß ihr Eigenton entweder zusammenfällt mit dem Grundton des Klanges oder ihm am nächsten entspricht, woraus folgt, daß dieser im ersteren Raum verstärkt wird und sodann die Obertöne in

abnehmendem Grade, ganz wie sie in der Scale aufwärts sich entfernen.

Anders ist es mit dem Stimmorgan. Unabhängig von dem Grundton, welcher neben seinen Obertönen durch die Schwingungen der Stimmbänder im Kehlkopf hervorgebracht werden, kann hier der Schallraum — Schlund- oder Mundhöhle — vermöge der Beweglichkeit aller seiner Theile seinen Umfang bald vergrößern, bald verringern, seine Oeffnung nach außen — den Mund — bald verengern, bald erweitern und in Folge deß sinkt oder steigt wechselseitig sein Eigenton, so daß dieser bald dem einen oder dem anderen der Obertöne des Grundtones entspricht. Diese durch Resonanz verstärkten Obertöne treten aus der Klangmasse hervor und geben dieser einen eigenthümlichen Charakter oder Farbe. Darin liegt nach Helmholtz das Geheimniß des Vocalklanges, welches nun entschleiert ist.

Bei dem Stimmorgan sind die stärksten Resonanzen der Schallröhre oder, was hier dasselbe ist, die stärksten schallenden Obertöne ungleich für verschiedene Vocale, aber für denselben Vocal immer gleich. Diefß erklärt, weshalb ein Vocal unter allen Umständen, der Grundton mag höher oder tiefer seyn, seine eigenthümliche Klangfarbe bewahren kann. Die stärksten schallenden Obertöne nennt Helmholtz charakteristische Vocaltöne, weil von ihnen hauptsächlich der specifische Vocallaut abhängt.

Bei den Vocalen *U*, *O* (Ä)¹⁾ und *A* bildet die Schallröhre einen ungetheilten Raum. Ein jeder von ihnen hat nur *einen* charakteristischen Ton. Beim *Ö*, *Y*, *Ä*, *E* und *I* hebt sich der Zungenrücken gegen den Mundboden und theilt die Schallröhre in zwei ungleich große Räume, deren jeder seinen Oberton verstärkt. Ein jeder dieser Vocale hat also *zwei* charakteristische Töne, welche gleichzeitig erschallen. Die constante Tonhöhe der charakteristischen Töne ist für:

<i>U</i> : <i>f</i>	<i>Y</i> : <i>g'''</i> und <i>f</i>
<i>O</i> : <i>b'</i>	<i>Ä</i> : <i>g'''</i> und <i>d''</i>
<i>A</i> : <i>b''</i> oder <i>d'''</i>	<i>E</i> : <i>b'''</i> und <i>f'</i>
<i>Ö</i> : <i>cis'''</i> und <i>f'</i>	<i>I</i> : <i>d'''</i> und <i>f</i>

1) Das gedehnte schwedische *O*.

Dabei bemerkt Helmholtz, daß jeder Vocal am vollkommensten erklinge, wenn sein charakteristischer Ton nur wenig höher sey als der Grundton, aus welchem er gesprochen oder gesungen wird.

Helmholtz selbst faßt seine Darstellung folgendermaßen. „Die Vocalklänge unterscheiden sich also von den Klängen der meisten musikalischen Instrumente wesentlich dadurch, daß die Stärke ihrer Obertöne nicht von der Ordnungszahl derselben, sondern von deren absoluter Tonhöhe abhängt. Wenn ich z. B. den Vocal *A* auf die Note *Es* singe, ist der verstärkte Ton *b''* der zwölfte des Klanges und wenn ich denselben Ton auf die Note *b'* singe, ist es der zweite Ton des Klanges, (ebenfalls *b''*), welcher verstärkt wird“¹⁾.

Die Bestimmungen, welche in Helmholtz's Vocallehre eingehen, können jedoch nicht in jeder Hinsicht richtig seyn. Theils streiten sie gegeneinander, theils in vielen Fällen gegen die Wirklichkeit, was auch in nicht geringem Maasse durch Helmholtz's eigene Beobachtungen bestätigt wird.

Hier zuvörderst einige Bemerkungen, welche sich auf die Art des Vorkommens der Obertöne gründen. Zuvor sey erinnert, daß der Unterschied zwischen der Sprech- und Singstimme nur der ist, daß der Grundton den Klang beim Sprechen viel weniger beherrscht als beim Singen, daß die Grundtöne des Sprechens oft einander viel näher liegen als die des Singens und folglich größer an Zahl sind und endlich, daß das Sprechen sich meistens nur auf den Mitteltönen der Stimme bewegt, während das Singen den ganzen Tonumfang in Anspruch nimmt. Hier, wie bei Helmholtz, wird der ganze Tonumfang jeder Stimmart in Betracht gezogen, wenn die Vocalbildung beim Singen eben so gut, wie beim Sprechen vor sich gehen soll.

Hat, wie Helmholtz sagt, der Vocal *U* den constanten charakteristischen Ton *f*, so folgt daraus, daß *U* sich nicht auf einen höheren Grundton als *F* bilden kann. Der tiefste

1) Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen, S. 179.

Oberton von *Fis*, nämlich *fis*, liegt schon eine halbe Tonstufe über *f* und je höher man in der Scale aufsteigt, desto tiefer herab auf den Bereich des Obertons der Grundtöne muß natürlicherweise *f* sinken. Aus demselben Grunde dürfte der Vocal *O* mit dem charakteristischen Ton *b'* sich nicht bilden können auf Töne, welche über *b* hinausgehen. Ein Sopran, dessen Tonbezirk z. B. mit *c'* beginnt, würde folglich durchaus nicht die Vocale *U* und *O* hervorbringen können. Die Wirklichkeit und Helmholtz selbst bezeugen aber das Gegentheil. Helmholtz äußert: „Auf *b'* können z. B. weibliche Stimmen noch bequem alle volltönenden Vocale bilden“ ¹⁾. Die Wirklichkeit zeigt, daß der Sopran die genannten Vocale noch viel höher hinauf singen kann. Aber daraus folgt auch unzweifelhaft, daß *f* und *b'* nicht die wahren charakteristischen Töne der Vocale *U* und *O* seyn können.

A hat, sagt Helmholtz, beim Norddeutschen den charakteristischen Ton *b''*, bei dem Engländer und Italiäner den Ton *d'''*. Hieraus folgt, daß die Norddeutschen den Vocal *A* von dem Ton *h'* an und weiter aufwärts in der Scale nicht müßten bilden können, weil *b''* an dieser Stelle nicht mehr vorkommen kann unter den Obertönen. Gleichergestalt würde der Engländer und Italiäner nicht den in Rede stehenden Vocal singen können, sobald er den Ton *d''* überschritte, weil mit demselben der charakteristische Ton *d'''* aus den Obertönen verschwindet. Ein norddeutscher Sopran, welcher z. B. bis *e'''* reicht, würde also *A* nicht auf die Töne *h'* bis *e'''* hervorbringen können, nahe anderthalb Octaven von seinem Umfang. Die Wirklichkeit bezeugt indess, daß sämtliche Soprane das *A* unbehindert auf alle Töne in der ein- und zweigestrichenen Octave bilden können. Sie können *A* auf ihre höchsten Töne singen, wenn auch andere Vocale, z. B. *E* und *I*, ihnen bequemer sind. Selbst Helmholtz bemerkt ausdrücklich, das *A* klinge am besten in den hohen Soprantönen oberhalb *e''* und *f''* ²⁾,

1) Ebendasselbst S. 173.

2) Ebendasselbst S. 174.

also in g'' , a'' usw. Aber schon im g'' liegt der erste Oberton, g''' , viele Tonstufen höher als beide b'' und d''' und hieraus folgt, wie übrigens auch die Wirklichkeit bezeugt, mit mathematischer Nothwendigkeit, daß weder b'' noch d''' der constante charakteristische Ton des Vocals A seyn kann.

Schreiten wir zu den Vocalen, welche zwei charakteristische Töne haben, so stoßen wir auf dieselben Widersprüche zwischen Theorie und Wirklichkeit. Betrachtet man zunächst die niederen charakteristischen Töne, so findet man, daß die Vocale Y und I den ihrigen, f , verlieren müßten, sobald die Stimme den Ton F überschreitet, die Vocale $Ö$ und E den ihrigen, f' , sobald sie f überschreitet. Selbst wenn die *höheren* charakteristischen Töne immer vorgefunden würden, müßten doch die genannten Vocale im angedeuteten Fall nur unvollkommen erschallen. Ein Baß z. B., dessen tiefster Ton E ist, würde also Y und I nur auf den *einen* Ton F vollkommen bilden können, ein Tenor dagegen, dessen tiefster Ton H ist, nicht auf einen einzigen seiner Töne. Der Sopran, dessen Umfang wohl in den meisten Fällen weit oberhalb f beginnt, dürfte weder Y noch E in ihrer Vollkommenheit bilden können. Aber so verhält es sich keineswegs in der Wirklichkeit. Fast alle Gesanglehrer bezeugen, daß die in Rede stehenden Vocale sich am besten in den höheren Tonlagen der Stimme ausnehmen, und selbst Helmholtz bemerkt, daß sie am besten in den Tönen erklingen, welche über b'' liegen¹⁾. Der Vocal $\tilde{A}$, dessen niederer charakteristischer Ton d'' ist, dürfte natürlicherweise nicht in seiner Vollkommenheit auf Töne erhalten werden können, die höher liegen als d' . Ein Sopran, dessen Tonbereich mit e' beginnt, würde es folglich nicht in seiner Macht haben, ein regelrechtes $\tilde{A}$ zu bilden. In Wirklichkeit kann sich aber Jeder überzeugen, daß der Sopran einen ebenso normalen $\tilde{A}$ -Laut hervorbringt wie der Contra-Alt oder Baß.

Betrachten wir nun die höheren charakteristischen Töne,

1) Ebendasselbst S. 174.

so stoßen wir auf Tonbezirke, in welchen, nach Helmholtz's Theorie, $\hat{O}$, $\hat{A}$, $\hat{Y}$, $\hat{E}$, $\hat{I}$ gar nicht erhalten werden dürften. Oberhalb g'' verschwindet der charakteristische Ton g''' von $\hat{A}$ und $\hat{Y}$, oberhalb cis'' der cis''' von $\hat{O}$, oberhalb b'' der b''' von $\hat{E}$, oberhalb d''' der d'''' von $\hat{I}$. Einem Sopran, der bis e''' reicht, würden also in den Tönen gis'' bis e''' beide charakteristischen Töne für die Vocale $\hat{A}$ und $\hat{Y}$ fehlen, in den Tönen d'' bis e''' beide für $\hat{O}$, in den Tönen h'' bis e''' beide für $\hat{E}$ und in den Tönen dis''' bis e''' beide für $\hat{I}$. Vom Tone dis''' an würde kein einziger Vocal mehr gesungen werden können. In Wirklichkeit erklingen indeß nicht bloß $\hat{I}$, sondern auch $\hat{E}$, $\hat{Y}$, $\hat{A}$, $\hat{O}$ so hoch wie die Stimme reicht, wenn auch $\hat{I}$ am bequemsten in den höchsten Tönen seyn dürfte.

Aus dem Angeführten geht hervor, daß Helmholtz's Vocalehre in soweit unrichtig ist, als die charakteristischen Töne der Vocale nicht die von ihm angegebene Tonhöhe haben können. Eine fortgesetzte nähere Untersuchung des Verhältnisses der Obertöne zu den Grundtönen wird zeigen, daß die Constanz, welche Helmholtz den charakteristischen Tönen beilegt, eine akustische Unmöglichkeit ist.

Zur Erleichterung einer schnelleren Uebersicht der Vorkommnisse der Obertöne folge hier eine Tabelle über die Octave $c - c'$ mit den ersten acht Obertönen der Grundtöne. Alle doppelte Erhöhungen oder Erniedrigungen sind ausgelassen.

c	cis — des	d dis — es	e eis — f	fa — ges	g gie — as	a ais — b	h — ces	his — c'
1. c'	cis' — des'	d' dis' — es'	e' eis' — f'	fa' — ges'	g' gie' — as'	a' ais' — b'	h' — ces''	his' — c''
2. g'	gis' — as'	d' ais' — b'	h' his' — c''	cis'' — des''	d'' dis'' — es''	e'' eis'' — f''	fa'' — ges''	g''
3. c''	cis'' — des''	d'' dis'' — es''	e'' eis'' — f''	fa'' — ges''	g'' gie'' — as''	a'' ais'' — b''	h'' — ces'''	c'''
4. e''	cis''' — f'''	fa''' g''	gis'' a''	ais'' — b''	h'' his'' — c'''	cis'' d'''	dis''' — es'''	e'''
5. g''	gis''' — as'''	a'' ais''' — b'''	h''' his''' — c'''	cis''' — des'''	d''' dis''' — es'''	e''' eis''' — f'''	fa''' — ges'''	g'''
6. b''	h'' — ces'''	d''' cis''' — des'''	d''' dis''' — es'''	e'''	f''' fa''' — ges'''	g''' gie''' — as'''	a'''	b'''
7. c'''	cis''' — des'''	d''' dis''' — es'''	e''' eis''' — f'''	fa''' — ges'''	g''' gie''' — as'''	a''' ais''' — b'''	h''' — ces'''	his''' — c'''
8. d'''	dis''' — es'''	e''' eis''' — f'''	fa''' g'''	gis''' a'''	a''' ais''' — b'''	h''' his''' — c'''	cis''' — des'''	d'''

Angenommen nun, wir wollten den Vocal *A* in der Octave *c—c'* bilden. Nach Helmholtz's Lehre, welche bestimmt, daß der constante charakteristische Ton von *A* bei den Norddeutschen bis *b''*, bei den Engländern und Italiänern bis *d'''* geht, müßte folgendes Verhältniß entstehen. Gebildet auf *c* fiel *A* in jedem Falle gut aus, denn unter den Obertönen von *c* findet man sowohl *b''* als *d'''*. Aber auf *cis* könnte *A* weder von einem Norddeutschen, noch von einem Engländer oder Italiäner gebildet werden, denn hier findet sich unter den Obertönen nicht *b''* oder *d'''*. Nach dieser Lücke käme *A* für den Engländer und Italiäner wiederum bei *d* vor, welches den Oberton *d'''* hat, aber nicht für den Norddeutschen, denn dem *d* fehlt der Oberton *b''*. Unter den Obertönen von *dis* findet man nur *b''*, unter denen von *e* nur *d'''*, unter denen von *f* keinen, unter denen von *fis* nur *b''*, unter denen von *g* nur *d'''*, unter denen von *gis* keinen, unter denen von *a* keinen, unter denen von *b* (= *ais*) jeden, unter denen von *h* keinen, unter denen des eingestrichenen *c* keinen. Es würde sich also das Sonderbare einstellen, das der Vocal *A* bald verschwände, bald wiederum zum Vorschein käme, je nach dem Zwischenraum, welcher abwechselt von einer halben, bis drei und einer halben Tonstufe, und diese Sonderbarkeit würde dadurch noch auffallender, daß *A* für den Norddeutschen öfterer verschwände als für den Engländer und Italiäner. Von den dreizehn chromatischen Tönen in der Octave *c—c'* könnten, nach Helmholtz's Vocalehre, ganze neun nicht das norddeutsche *A* hervorbringen, nämlich *cis*, *d*, *e*, *f*, *g*, *gis*, *a*, *h*, *c'*, wogegen das englische und italiänische *A* nur auf acht Tönen verschwände, nämlich auf *cis*, *dis*, *f*, *fis*, *gis*, *a*, *h*, *c'*.

Die Wirklichkeit beweist aber, wie Jeder leicht finden kann, daß *A* sich leicht auf allen Tönen der Octave *c—c'* singen läßt. G. Engel, ein verdienstvoller Gesangstheoretiker, sucht diesen Widerspruch zwischen Theorie und Wirklichkeit durch folgende Erklärung zu vermitteln. In solchen Fällen, wo die von Helmholtz angegebenen

charakteristischen Töne nicht vorkommen unter den Obertönen, bildet sich der Vocal dadurch, daß der Eigenton der Schallröhre diejenigen Obertöne etwas verstärkt, welche dem charakteristischen Ton am nächsten liegen ¹⁾. Nach dieser Hypothese, würde, wenn man z. B. *A* auf *cis* bildete, der Eigenton der Schallröhre einen der dem charakteristischen Ton *b''* zunächst liegenden Obertöne *gis''* und *h''* verstärken, namentlich den letzteren, welcher am nächsten liegt, und ebenso einen der dem charakteristischen Ton *d'''* am nächsten liegenden Obertöne *cis'''* und *dis'''*, welche beide gleich nahe sind. Da nun *h''* nur einen halben Ton höher ist als *b''*, *cis'''* bloß einen halben Ton niedriger, *dis'''* bloß einen halben Ton höher als *d'''*, kann man sich gewiß leicht denken, daß so geringe Abweichungen von der normalen Höhe des charakteristischen Tons, wie diese, nur einen schwachen Einfluß auf den Charakter der Klangfarbe des Vocals haben. Aber so geringe Abweichungen stellen sich lange nicht immer ein. Bildet man *A* auf *gis*, so sind die dem charakteristischen Ton *b''* am nächsten liegenden Obertöne *gis''* und *his''* ($= c''$), woraus folgt, daß der charakteristische Ton um einen ganzen Ton ab- oder aufwärts verschoben werden und also einen Spielraum von drei Tönen erhalten würde; bildet man *A* auf *c'*, so vergrößert sich der Spielraum um einen halben Ton, denn der nächste Oberton unterhalb *b''* ist *g''*. Engel sucht seine Hypothese durch die Behauptung zu unterstützen, daß der Vocal eine schlechtere Klangfarbe bekomme in allen Fällen, da dessen durch Helmholtz bestimmter charakteristischer Ton ersetzt werden müßte durch einen nächstliegenden Oberton. Keiner kann jedoch mit Fug behaupten, daß *A* unvollkommener auf *cis* als auf *c* laute, weniger charakteristisch auf *a* als auf *fis*, *b* usw. Im Allgemeinen würde eine in so kurzem Zwischenraum launisch auftretende Ungleichheit in der dem Vocale zugehörigen Klangfarbe zu unnatürlich seyn, um als wirklich angenommen werden zu können.

1) G. Engel, die Vocaltheorie von Helmholtz und die Kopfstimme, S. 8.

Unabhängig von Engel's Hypothese ist indess bewiesen worden, daß der von Helmholtz angegebene constante charakteristische Ton des Vocals *A* oft gar nicht vorkommt unter den Obertönen der Octave *c*—*c'*, und zugleich zeigt die Wirklichkeit, daß der Vocal *A* sich nichts destoweniger auf sämtliche Grundtöne der Octave bilden läßt. Dasselbe gilt von den übrigen Vocalen. Eine nähere Untersuchung zeigt, daß deren von Helmholtz als constant betrachteten charakteristischen Töne bald aus der Klangmasse der Grundtöne plötzlich verschwinden, bald plötzlich wieder zum Vorschein kommen, um sodann ein oder ein Paar Tonstufen höher hinauf abermals zu verschwinden, während der Vocal gleich deutlich auftritt auf jeder einzelnen Tonstufe.

Als Beispiel dieses Verhältnisses bei den Vocalen, die zwei gleichzeitig erklingende charakteristische Töne haben, will ich *Ö* wählen, mit den charakteristischen Tönen *f'* und *cis''*. Bei *c* kommen unter den Obertönen keine charakteristischen Töne vor, bei *cis* bloß *cis'''*, bei *d* keine, bei *dis* bloß *cis'''*, bei *e* keine, bei *f* bloß *f'*, bei *fs* bloß *cis'''*, bei *g* und *gis* keine, bei *a* bloß *cis'''*, bei *b*, *h* und *c'* keine. In der ganzen ungestrichenen Octave findet sich also kein einziger Ton, bei welchem beide charakteristischen Töne des *Ö* gleichzeitig vorkommen; der niedere charakteristische Ton *f'* findet sich nur bei einem einzigen Ton, nämlich *f*, und der höhere charakteristische *cis'''* bei vier Tönen, nämlich *cis*, *dis*, *fs*, *a*, wogegen weder *f'* noch *cis'''* vorkommt bei den acht Tönen *c*, *d*, *e*, *g*, *gis*, *b*, *h*, *c'*.

Aus vorstehenden Bemerkungen folgt, daß Helmholtz's charakteristische Vocaltöne nicht richtig seyn können, weil man keine von ihnen antrifft in der Klangmasse aller der Töne, auf welche sowohl in Wirklichkeit als nach Helmholtz's eigener Angabe Vocale rein und klar gebildet werden können. Erforscht man näher das Verhältniß der Obertöne zu den Grundtönen, so wird man auch finden, daß es nicht einen einzigen Oberton giebt

und geben kann, welcher in der Klangmasse sämtlicher Grundtöne einer ganzen Octave, noch weniger der ganzen Scale vorkommt. Die Obertöne setzen sich nämlich nicht in unmittelbarer Folge durch den Klangbezirk der einander zunächst belegenen Grundtöne fort; so ist z. B. der erste Oberton von *cis* derselbe wie der zweite von *c*, der erste von *d* derselbe wie der zweite von *cis* und der dritte von *c*, usw., sondern die Obertöne entstehen, wie bekannt, mit derselben Schwingungszahl in Verhältniß zu jedem besonderen Grundton, wodurch ein jeder solcher größtentheils ganz andere Obertöne bekommt als der nächst benachbarte. Untersucht man die Octave *c — c'*, so wird man unter den sämtlichen Obertönen ihrer Grundtöne nicht einen einzigen antreffen, welcher in der Klangmasse eines jeden Grundtones wieder vorkommt; noch weniger findet man elf solcher gemeinsamen Obertöne, die Anzahl, bis zu welcher Helmholtz's sämtliche constante charakteristische Töne aufsteigen. Auf dieselbe Weise in jeder anderen Octave. Hieraus geht als allgemeiner Schlusssatz hervor, daß die charakteristischen Vocaltöne gar nicht eine constante Tonhöhe besitzen können. Helmholtz's Irrthum, daß einerseits der Vocalklang aus dem Grundton und einem stark hervortretenden Oberton gebildet werde, und andererseits, daß der genannte Oberton für jeden Vocal immer derselbe sey, enthält also einen inneren Widerspruch. Bildete sich der Vocal unter allen Umständen mittelst des Grundtons und eines aus dessen Klangmasse hervortretenden Obertons, so müßte der letzte unwillkürlich wechseln in demselben Vocal.

Man sollte meinen, daß, wie auch Helmholtz selbst angiebt, wenn der Vocal am vollkommensten auftritt, der von ihm angegebene charakteristische Ton sich in dem Klange befinden müsse. Allein dieß ist nicht der Fall, Helmholtz bemerkt, daß der Vocal am besten klinge, wenn dessen charakteristischer Ton nur etwas höher als die gesungene Note liege¹⁾, daß folglich z. B. *U* am besten

1) H. Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen, S. 173.

erklinge auf den Tönen *d* und *e*, welche am nächsten unter *f* liegen, welchen er fortwährend als den constanten charakteristischen Ton vom *U* betrachtet. Aber der tiefste Oberton von *d* ist *d'* und von *e* ist er *e'*; also kommt, wenn man *U* auf *d* und *e* singt, der Ton *f* gar nicht in der Klangmasse des Vocale vor. Man mag die Schallröhre noch so genau auf den Ton *f* einstellen — etwas was für sich möglich ist — so wird doch daraus nicht folgen, daß *f* in Wirklichkeit gehört werde; denn der Eigenton des Mundes kann nicht ins Leben gerufen werden, wenn nicht — dieß ist das allgemeine Gesetz, auf welches Helmholtz seine Vocalehre baut — ein entsprechender Ton in der Klangmasse des Grundtons gefunden wird.

Auf Veranlassung von Helmholtz's Äußerung, daß *U* sich am besten auf die Töne *d* und *e* hervorbringen lasse, wird in einer schwedischen Gradualdissertation bemerkt¹⁾: „Aus diesem Beispiel erhellt auch, daß der Vocalklang des Stimmapparats nicht immer besteht aus unter einander harmonischen Tönen. Zwischen dem Grundton *e* und *f* (dem charakteristischen Ton für *U*) findet nämlich keine Harmonie statt“. Diese Worte können nicht anders verstanden werden, als daß der Verfasser sich vorstellt, *f* klinge mit, auch wenn *U* auf die Töne *d* und *e* gebildet werde; aber dieß ist nach Helmholtz's Theorie eine Unmöglichkeit, da diese nicht zuläßt, daß der Eigenton der Schallröhre sich selbstständig geltend mache. Da indeß kein Gesangkundiger läugnen wird, daß der Vocal *U* wirklich auf den Tönen *d* und *e* vortrefflich erklingt, so ist es jedenfalls eine Unrichtigkeit bei Helmholtz, daß er sagt, *f* sey der constante charakteristische Ton von *U*. Dieß, was absolut charakteristisch ist für die Sache — und diese Eigenschaft legt ja Helmholtz dem Ton *f* im Verhältniß zum Vocale *U* bei — müßte auch existiren bei oder in derselben Sache und nicht außerhalb derselben; aber

1) A. A. Lind, *Om vocal-ljudens sammensättning*. Upsala, 1869, S. 20.

im vorliegenden Fall liegt f offenbar außerhalb des Vocalklanges von U , hat also nur eine eingebildete Existenz.

Diese Bemerkung über Helmholtz's charakteristische Töne wird in einer Menge ähnlicher Fälle bestätigt. Daß der Vocal A vortrefflich auf den Tönen g'' und a'' erklingen kann, der Vocal E ebenso tadellos auf den Tönen d' und e' , beweist unwiderleglich, daß b'' oder d''' und f' eben so wenig die constanten charakteristischen Töne von A und E seyn können als f von U . Ganz andere stark erklingende Obertöne müßten in diesem Fall auftreten und thun es wirklich. Angenommen die Schallröhre stelle, wenn der Vocal U auf die Note d angegeben wird, ihren Eigenton auf einen der zwischen dem Grundton und dessen niedrigsten Oberton d' in der Scale belegenen Töne, unter welchen sich auch der von Helmholtz behauptete constante charakteristische Ton f des U befinde, so ist die Folge hiervon nur die, daß d' am meisten verstärkt wird; denn da f sich nicht unter den Obertönen findet, kann es auch gar nicht auftreten. Aehnlich in den übrigen ange deuteten Fällen; weit höhere Obertöne als die von Helmholtz angenommenen charakteristischen Töne werden in Wirklichkeit am meisten verstärkt.

Auch in dem Fall, daß die charakteristischen Töne mit den Grundtönen zusammenfallen, klingen, nach Helmholtz, die Vocale vortrefflich, z. B. U auf die Note f , E auf die Note f' usw. ¹⁾. Gegen die Ansicht, daß die Töne f und f' hier die Rolle von charakteristischen Vocaltönen spielen, müssen zwei Einwendungen gemacht werden. Fürs erste ist der Vocallaut, nach Helmholtz's Definition, ein eigenthümlich zusammengesetzter Klang ²⁾. Aber aus einem einzigen Ton oder mehrten unisonen Tönen entsteht kein Klang; der Begriff von Klang setzt ein Zusammenwirken von mehreren, wenigstens zwei Tönen von gegeneinander ungleichen Höhen voraus. Fallen Grundton und

1) Helmholtz, a. a. O. S. 173.

2) Ebendasselbst S. 162, 179.

charakteristischer Ton zusammen, so verschmelzen sie unmittelbar in einander; hier erschallt also in der That nur derselbe Ton und es ist schwer zu verstehen, wie der Vocal sich unter diesen Umständen eben so gut sollte bilden können, wie durch ein Zusammenwirken unter einander verschiedener Töne, d. h. durch einen auf gewisse Weise zusammengesetzten Klang. Die Befugniß zu diesem Einwand wird einigermaßen bestätigt durch die Versuche mit Zungenpfeifen, durch welche Robert Willis das Wesen der Vocale zu erklären gesucht hat¹⁾. Nach dem Resultate seiner Versuche besteht nämlich der Vocallaut, den man durch Zungenpfeifen erhält, immer aus zwei verschiedenen Tönen, einem tieferen, welcher durch die Zunge bestimmt wird und einem höheren, der von der Länge der Pfeife abhängt. Sobald der Ton der Zunge mit dem der Pfeife zusammenfällt, verschwindet augenblicklich der spezifische Vocallaut. Fürs Zweite muß eingewandt werden, daß wenn man untersucht, was in Wirklichkeit vorgeht, wenn die Schallröhre auf den Ton *f* eingestellt wird, falls der Vocal *U* sich auf diese Note bildet, man sicherlich findet, daß der Eigenton der Schallröhre in erster Hand den Grundton *f* verstärken muß, aber daß er demnächst den tiefsten Oberton *f'* verstärkt, welcher dadurch unter den Obertönen am stärksten auftritt. Der spezifische *U*-Klang wird hier also in der That zusammengesetzt aus den Tönen *f* und *f'*. Dasselbe gilt für die übrigen ähnlichen Fälle. Der Vocal wird nicht gebildet durch ein Unisono vom Grundton und Schallröhrtönen, sondern durch ein Zusammenwirken vom Grundton und dessen ersten oder tiefsten Oberton. Auch hier werden die charakteristischen Töne viel höher als Helmholtz sie annimmt.

Diese sicher unvollständige, aber, wie ich glaube, hinreichende Untersuchung der Vorkommungsweise der Obertöne, zeigt, daß Helmholtz's Vocalehre sowohl mit sich selbst als mit der Wirklichkeit in Widerspruch steht. Die Wirklichkeit lehrt, wie Helmholtz's eigene Erfahrung bezeugt,

1) Pogg. Ann. 1834, Bd. XXIV, S. 397.

daß die Vocale sich bilden können weit über die Strecke der Scale hinaus, innerhalb welcher die von Helmholtz angegebenen charakteristischen Töne zu finden sind. Die Lehre von der Zusammensetzung der Vocallaute aus einem Grundton und einem oder zwei sehr stark auftretenden Obertönen läßt sich nicht vereinigen mit der Lehre von der constanten Höhe der charakteristischen Töne, und in mehreren von Helmholtz besonders erwähnten Fällen zeigt sich, daß der charakteristische Ton ein ganz anderer als der von ihm angegebene seyn muß. Hieraus muß man den Schluß ziehen, daß die Vocalbildung nicht so geschieht, wie Helmholtz sie sich vorstellt.

II.

Ich schreite nun zu der physiologischen Seite der Helmholtz'schen Vocallehre.

Der Eigenton der Schallröhre beim Sprechen und Singen beruht, sagt Helmholtz, ausschließlich auf dem Vocal; und die Schallröhren bei Männern und Frauen — auch bei Kindern — haben in demselben Vocal immer dieselbe Resonanz. Das kleinere Volum der Schallröhre bei Frauen wird aufgewogen durch das dichtere Schließen der Mundöffnung, wodurch die Resonanz bei ihnen eben so tief wird wie bei der am Volumen größeren Schallröhre der Männer¹⁾. Diese Sätze dürften aus physiologischem Gesichtspunkt das Daseyn der constanten charakteristischen Töne sicher stellen. Aber diese Sätze sind nicht richtig.

Der Ursprung der Vocale liegt, wie Helmholtz ausdrücklich erinnert, in den Stimmbändern²⁾. Aus ihren Schwingungen entstehen Grundton und Obertöne, letztere bestimmt durch ersteren. Der Grundton wird, wie bekannt, bestimmt durch das Verhältniß zwischen Länge, Dicke und Spannung der Stimmbänder. Aber dieß Verhältniß beruht wiederum auf der Stellung, welche die einzelnen Theile des Stimmorgans zu einander einnehmen und die natür-

1) Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen, S. 165.

2) A. a. O. S. 165.

licherweise für jeden Grundton verschieden ist. Es ist bewiesen, daß das Zusammenziehen des *Musculus cricothyreoideus*, wodurch die Stimmbänder der Länge nach gespannt werden und wobei der Grundton steigt, zugleich ein Hinaufziehen des Kehlkopfs veranlaßt, welches die Längsspannung der Stimmbänder verringert, wobei der Grundton sinkt, begleitet von einer Senkung des Kehlkopfs¹⁾. Der Umstand, daß der Schildknorpel gegen den Ringknorpel heruntergedreht wird, wenn die Stimmbänder gespannt werden und wiederum in horizontale Stellung zurückkehren, wenn die Spannung abnimmt, hebt die angeführten Bewegungsrichtungen des Kehlkopfs nicht gänzlich auf. Der Kehlkopf steigt und sinkt mit dem Grundton. Beim Registerwechsel findet ein Abbruch oder ein Wechsel statt; jedoch geschehen in dem neuen Register dieselben Bewegungen eben so regelmäfsig²⁾.

Auch die Vocale üben ihrerseits einen Einfluß aus auf die Lage des Kehlkopfs, wie auf die Stellung der Schallröhre im Uebrigen. Bildet man beim gewöhnlichen Sprechen die ganze Vocalreihe auf einen gewissen Ton, z. B. auf *c*, so nehmen Kehlkopf, Zunge und Lippen verschiedene Stellung für jeden Vocal an. Der Kehlkopf stellt sich am tiefsten im *U*, am höchsten im *I*, die Zunge am tiefsten im *U* oder *A*, am höchsten im *I*. Die Lippen treten am meisten hervor im *U* oder *Y* und ziehen sich am meisten zurück im *I*. Die Mundöffnung ist am kleinsten beim *U* und am größten beim *Ä*³⁾. Wählt man sodann eine höhere Note, z. B. *d* und bildet auf sie die Vocale, so tritt dasselbe Verhältniß ein, jedoch mit dem Unterschied, daß sich der Kehlkopf für jeden Vocal in dem Maasse höher stellt als er sich stellte, da derselbe Vocal auf die Note *c* gebildet wurde. Spricht oder singt man die Vocale auf

1) C. L. Merkel, Physiologie der menschlichen Sprache, S. 14, 15, 20. — G. G. Weifs, Allgemeine Stimmbildungslehre, S. 106.

2) F. Sieber, Vollständiges Lehrbuch der Gesangkunst, S. 17 und 31.

3) Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen, S. 165 bis 169. — C. L. Merkel, Physiologie der menschlichen Sprache, S. 81 bis 105.

die Note *H*, so erfolgt das Gegentheil. Die Vocale bedingen also im Verhältniß zu einander verschiedene Lagen für den Kehlkopf, aber der Grundton bestimmt in jedem besonderen Fall die Lage des Kehlkopfs beim Vocal. Jedermann kann dieß an sich selbst beobachten, wenn er mit entblößtem Halse vor einem Spiegel singt oder die Bewegungen des Kehlkopfs von außen mit dem Finger verfolgt. Am leichtesten beobachtet man die Veränderungen, wenn man denselben Vocal auf Grundtönen wiederholt, die einander nicht zu nahe liegen. Springt man z. B. mit *A* oder irgend einem anderen Vocal von einer tieferen Octave zu einer höheren über oder umgekehrt, so wird es einem kaum entgehen, daß der Kehlkopf im ersten Fall plötzlich steigt und im letzteren plötzlich sinkt.

Macht man den Ton sehr hoch, so stellt sich eine Neigung ein, die Lippen zurück zu ziehen und die Mundöffnung zu erweitern; macht man ihn sehr tief, so erfolgt eine Neigung zu entgegengesetzten Veränderungen. Recht viele Sänger und Sängerinnen bilden ihre tiefsten Töne immer mit so kleiner Mundöffnung wie nur möglich. Da der Ton oder Vocal im ersten Fall zu scharf, im letzteren Fall zu undeutlich wird, dringen bekanntlich die meisten Gesanglehrer auf eine für die Mundöffnung und auch für die Zunge angemessene normale Stellung, welche unter allen Umständen beim Gesang unverändert beizubehalten sey. Die Vorschrift hat indeß keine allgemeine Gültigkeit, weil schon der Wechsel des Vocals (und des Klanges) unwillkürlich eine Veränderung in der Stellung der Schallröhre bedingt. Indefs kann Jedermann sich leicht überzeugen, wie leicht es ist, wenigstens nach einiger Uebung, *denselben* Vocal auf und ab durch die ganze Scale zu singen, ohne die Oeffnung des Mundes, die Stellung der Lippen und die Lage der Zunge zu verändern. *Dieser* Umstand, nicht eine ungereimte absolute Unbeweglichkeit der Lippen und Zunge, dürfte auch eigentlich bei den angeführten Vorschriften eines Theils der neueren Gesang-

lehrer gemeint seyn ¹⁾). Thatsächlich ist auch, daß der Vocal einen besonders ebenen Klang (*tämler*) bekommt, wenn die Oeffnung des Mundes, die Stellung der Lippen und die Lage der Zunge unverändert gehalten werden, während der Kehlkopf steigt und sinkt, alles nachdem der Grundton erhöht oder vertieft wird.

Betrachten wir nun näher, was sich unter diesen Umständen zuträgt. Wenn der Kehlkopf steigt, verkürzt er natürlicherweise die Schallröhre; wenn er sinkt, verlängert er sie. Im ersten Fall verringert er das Volum der Schallröhre, im letzteren vergrößert er es. Aber das verringerte Volum giebt einen höheren, das vergrößerte einen tieferen Eigenton. Der Eigenton der Schallröhre wechselt also in demselben Ton, wird höher in dem Maasse als der Grundton steigt und tiefer sowie dieser sinkt. Diefß zeigt also, daß der Eigenton der Schallröhre nicht ausschließlich von dem Vocal bestimmt wird, sondern auch von dem Grundton und zwar auf solche Weise, daß die Schallröhre ihren Eigenton in demselben Vocal, zu gleicher Zeit und an derselben Stelle, wie der Grundton ändert. Da nun auch unter den Obertönen des Grundtones diejenigen, welche am nächsten mit dem Eigenton der Schallröhre übereinstimmen, die stärkste Resonanz erhalten, so ergiebt sich endlich aus dem Angeführten, daß der in jedem Vocal vorherrschende Oberton oder charakteristische Ton wechselt mit dem Grundton, hinaufgeht, wenn letzterer steigt, und hinab, wenn dieser sinkt. Wo zwei charakteristische Töne im Vocale vorhanden sind, wechseln natürlich beide auf dieselbe Weise.

Diefß leicht zu controlirende Sachverhältniß bestätigt nicht nur von physiologischer Seite das im Vorhergehenden durch Untersuchung der Vorkommungsweise der Obertöne gefundene Resultat, daß die charakteristischen Vo-

1) O. Guttman, *Gymnastik der Stimme*, S. 31, 48 bis 59. — F. Sieber, *Vollständiges Lehrbuch der Gesangkunst*, S. 57 und 58. — G. Engel, Artikel: *Ansatz der Stimme*, in H. Mendel's *Musikal. Conversationslexicon* S. 242 bis 246.

caltöne keine constante Tonhöhe besitzen können, sondern giebt zugleich, wie es scheint, neue Gesetze für das Auftreten der charakteristischen Töne. Gesprochen oder gesungen auf denselben Grundton unterscheiden sich die Vocale von einander durch die verschiedene Höhe der charakteristischen Töne in einer gewissen Ordnung. Ändert man den Grundton, so ändert man auch, mit Beibehaltung der gegenseitigen Ordnung, die charakteristischen Töne der Vocale, schiebt sie hinauf, wenn man den Grundton erhöht, und hinab, wenn man diesen senkt. Der specifische Vocallaut beruht also nicht auf einem gewissen, unter allen Umständen constanten charakteristischen Ton, sondern auf einem gewissen mehr oder weniger constantem *Verhältniß* zwischen dem charakteristischen Ton und dem Grundton. Das allgemeine Gesetz lautet: je tiefer der Grundton, desto tiefer, je höher der Grundton, desto höher ist der charakteristische Ton in demselben Vocal. Als Corollar folgt, daß wenn der Grundton auch noch so tief, oder noch so hoch wird, doch sämtliche Vocale sich auf denselben bilden lassen müssen, wenn nur die Schallröhre dem jeden Vocale eigenthümlichen charakteristischen Ton (oder Tönen) im Verhältniß zum Grundton die zugehörige Resonanz zu geben vermag. Absolute akustische Gränzen für die Vocalbildung, wie Helmholtz annimmt, giebt es nicht, nur relative physiologische.

Die Richtigkeit dieses Schlusses wird durch die Erfahrung bestätigt, welche zeigt, daß die Vocalbildung unabhängig von der absoluten Lage des Grundtons in der Scale immer am vollkommensten in der Mittellage jeder Stimme geschieht, wo die Wirksamkeit des Stimmorgans mit der größten Freiheit und Sicherheit in allen Richtungen vor sich geht ¹⁾, weniger vollkommen dagegen auf den Gränztönen jeder Stimme auf- und abwärts ²⁾, in welchen letzteren Lagen die einzelnen Theile des Stimmorgans entweder so gespannt oder so schlaff sind, daß es im beiderseitigen

1) F. Eyret, Physiologie der menschlichen Tonbildung, S. 179, 245.

2) H. Helmholtz, die Lehre von den Tonempfindungen, S. 173.

Falle schwer hält, die Resonanzen der Schallröhre mit gehöriger Genauigkeit und Schnelligkeit abzuspassen. Auch sprechen bekanntlich alle Menschen in der Regel in der Mittellage ihrer Stimmen ¹⁾. Die tägliche Erfahrung lehrt, daß keiner der verschiedenen Stimmarten beim Sprechen oder Singen irgend einer der Vocale fehlt, trotz der Helmholtz'schen Theorie, welche dem *U* den constanten charakteristischen Ton *f* und dem *O* den constanten charakteristischen Ton *b'* giebt, in Folge hiervon diese Vocale sich nicht auf den Mitteltönen *c''* — *g''* bilden lassen dürften. Zugleich zeigt die Erfahrung, daß *alle* Stimmen, der Baß, der Contra-Alt, der Sopran, usw. dieselbe Schwierigkeit haben, die Vocale auf ihren höchsten und tiefsten Tönen hervorzubringen. Vergleicht man z. B. den Baß mit dem Tenor, so wird man finden, daß der Baß sämtliche Vocale vortrefflich auf den Ton *f* bildet, welcher zu seiner Mittellage gehört, daß aber der Contra-Alt gewisse Schwierigkeiten darin findet, auf denselben Ton *f*, welcher sein tiefster Ton ist, die Vocale schön und sicher zu singen, wie auch anderseits, daß der Contra-Alt alle Vocale ungehindert auf den zu seiner Mittellage gehörigen Ton *e'* bilden kann, während der Baß weit größere Schwierigkeit hat, sie auf denselben Ton *e'* zu singen, der zu seinen höchsten Tönen gehört. Aehnliche Resultate geben die Vergleiche zwischen anderen Stimmen von verschiedenem Umfang. Die Leichtigkeit und Schwierigkeit, Vocale zu bilden, verschieben sich auf der Scale auf und ab, je nachdem die individuellen Stimmen eine tiefere oder höhere Tonlage haben. Die absolute Lage der Grundtöne übt dagegen keinen Einfluß aus. Vollkommen werden sämtliche Vocale immer auf solche Grundtöne gebildet, die zu dem Mittelumfang der Stimme gehören, weniger vollkommen auf die Grundtöne, welche auf- oder abwärts entfernt von dem Mittelumfang liegen. Die Leichtigkeit sowohl als die Schwierigkeit beruht also offenbar auf physiologischen Bedingungen.

1) C. L. Merkel, Anatomie und Physiologie des menschlichen Stimm- und Sprach-Organ, S. 599 und 940.

Es finden jedoch hierbei eigenthümliche Verschiedenheiten zwischen den Vocalen statt. Es ist bekannt, daß Sänger und Sängerinnen den Vocal mit Umsicht in gewisser Tonlage wählen. Um nur die entgegengesetzten Schwierigkeiten anzuführen, ist *U* besonders schwer auf den höchsten Tönen der Stimme zu bilden, ebenso schwer als auf den tiefsten derselben ¹⁾. Der Umstand, daß der Bass nur mit Schwierigkeit das *U* rein auf seinen höchsten Tönen, *d'* und *e'*, singt, scheint auf den ersten Blick die Helmholtz'sche Theorie zu unterstützen, nach welcher *U* den constanten charakteristischen Ton *f* hat. Allein da man findet, daß die Schwierigkeit, *U* auf denselben Tönen, *d'* und *e'*, zu bilden, bei anderen Stimmarten desto mehr abnimmt, je tiefer hinab in ihrem Umfang die Töne *d'* und *e'* gelegen sind, und das Vermögen der Bildung von *U* daneben noch höher hinauf in der Scale verschoben wird, in dem Maasse als der Tonumfang der Stimme höher liegt, so sieht man ein, daß auch hier rein physiologische Verhältnisse ihren Einfluß ausüben. Ebenso ist es mit *I*. Nach Helmholtz, welcher dem *I* den constanten charakteristischen Ton *d'''* beilegt, müßte dieser Vocal sich ungehindert auf sämtlichen Tönen im Umfang der menschlichen Stimme bilden lassen, vom *E* des Basses, bis zum *e'''* des Soprans, obwohl, wie schon vorhin bemerkt, die vermeintliche Constanz des charakteristischen Tones den Gesetzen der Vorkommungsweise der Obertöne widerstreitet. Indes zeigt die Wirklichkeit, daß jede Stimme das *I* nur mit Schwierigkeit auf ihren tiefsten Tönen bildet, der Bass auf *E* und *F*, der Tenor auf *H* und *c*, der Sopran auf *c'*, *f* usw.; alles nach dem verschiedenen Umfang der Stimme.

Die Ursachen dieser Eigenthümlichkeiten sind nicht schwer nachzuweisen. Die Lage des Kehlkopfs und der darauf beruhende Eigenton der Schallröhre werden, wie gezeigt worden ist, beide von dem Grundton und dem Vocale bestimmt. *U* erfordert im Allgemeinen eine niedere Stellung des Kehlkopfs und hat folglich einen niederen cha-

1) C. L. Merkel, Physiologie der menschlichen Sprache, S. 87 und 90.

akteristischen Ton im Verhältniß zum Grundton. Aber bei den höchsten Tönen der Stimme ist der Kehlkopf durch denselben Grundton, welcher hier eine äußere Verkürzung und Spannung der Stimmbänder bedingt, so hinauf geschoben, daß es schwer hält, ihn zur Bildung des *U* hinreichend hinunter zu treiben. Die physiologischen Bedingungen für die hohen Töne der Stimme und für einen niedrigen vocalcharakteristischen Ton treten in Collision mit einander. *I* wiederum erfordert eine hohe Stellung des Kehlkopfs, hat also einen hohen charakteristischen Ton im Verhältniß zum Grundton. Aber der Kehlkopf hat in den tiefsten Tönen der Stimme eine besonders niedrige Stellung und läßt sich nicht gern zu der Höhe hinauf treiben, welche für das *I* erforderlich ist. Die physiologischen Bedingungen für die tiefen Töne der Stimme und für einen vocalcharakteristischen Ton gerathen hier in Streit mit einander. Die Schwierigkeiten für jede Stimme, das *U* auf den höchsten und das *I* auf den niedrigsten Tönen zu bilden, weisen folglich auf einander und erklären einander.

Die Anzahl der charakteristischen Töne wird folglich bei einem Theil der Vocale eben so groß, und bei einem anderen Theil doppelt so groß wie die Anzahl der Grundtöne, welche die Menschenstimmen umfassen, doch mit der kleinen Ausnahme der tiefsten Baßtöne, welche in Folge physiologischer Verhältnisse nicht den Vocal *I* bilden können, und der höchsten Tenortöne, welche aus gleichem Grunde nicht das *U* hervorzubringen vermögen. Diefes Resultat in Betreff des Vorkommens der charakteristischen Töne folgt aus der Erfahrung, daß Vocale mit unveränderter Mundöffnung gesprochen und gesungen werden können, während der Kehlkopf steigt und fällt, ganz nachdem der Grundton erhöht oder gesenkt wird.

(Schluß im vierten Heft.)