

(Aus dem psychologischen Institut der Universität Berlin.)

Akustische Untersuchungen.

II.

Von

WOLFGANG KÖHLER.

Der Leser dieser Arbeit wird gebeten, eine kleine physikalische Voruntersuchung mit in den Kauf zu nehmen. Die objektiven Vorgänge, welche Sinnesempfindungen hervorrufen, haben damit noch kein besonderes Interesse für die heutige Physik, die bemüht ist, den Anthropomorphismus überkommener Problemstellungen soweit wie möglich zu beseitigen, und zumal, seitdem jeder überzeugt ist, daß die für jene Vorgänge geltenden Gesetze Spezialfälle aus viel umfassenderen Zusammenhängen sind, hat sich der Physiker mit Recht von ihnen ab- und ganz anderen Fragen zugewandt, die eine entscheidende Bedeutung für sein System haben. — Inzwischen ist das Bedürfnis des Psychologen nach Kenntnis der physikalischen Bedingungen, die bei seinen Versuchen in Frage kommen, die bei seinen Schlüssen benutzt werden, nur immer mehr gestiegen. Er muß sich aus dem angegebenen Grunde oft genug selbst helfen, und um so eher kann er für Augenblicke Physiker werden, je mehr er zugleich von der Überzeugung durchdrungen ist, daß nichts seine Wissenschaft so sehr aufhält, als wenn Bewußtseinsvorgänge wie physikalische Gegenstände oder Photographien von solchen behandelt werden.

I. Die Formantentheorie.

Beobachtungen, über die ich im ersten Teil dieser Untersuchungen berichtet habe, sind von mehreren Lesern als Bestäti-

gung einer geläufigen Vokaltheorie aufgefaßt worden. Aus derselben Theorie ließen sich, wenn sie den Tatsachen entspräche, leicht Gründe entwickeln, die einen im folgenden gezogenen Schluß hinfällig machen würden. Beides hat mich veranlaßt, diese Lehre durch einfache Versuche zu prüfen, und wie ich hoffe, ist deren Resultat entscheidend. —

Eine detaillierte Geschichte der Vokaltheorien zu geben, kann hier um so weniger meine Aufgabe sein, als es schon in mehreren zusammenfassenden Darstellungen¹ genügend geschehen ist. Seit den grundlegenden Arbeiten von HELMHOLTZ besteht der größte Fortschritt, der auf diesem Gebiete gemacht wurde, in den vor zwei Jahrzehnten etwa gleichzeitig begonnenen Untersuchungen von HERMANN und PIPPING, die mit verschiedenen Apparaten zum ersten Male wirklich brauchbare Kurven von gesungenen Vokalen aufnehmen und beide HELMHOLTZ' Ansicht bestätigt finden, daß starke Teiltöne in ganz bestimmten absoluten Höhengebieten die verschiedenen Vokale charakterisieren.

Ein Zweifel an dieser Tatsache scheint mir nicht mehr möglich, nachdem auf den verschiedensten Wegen gewonnene Kurven, zuletzt die vom Trommelfell, immer wieder dasselbe Resultat ergeben haben. Es kommen als Beweismittel hinzu: Der berühmte Phonographenversuch (HERMANN, *Pflügers Archiv* 47, 1890) und die günstigen Erfolge, die HERMANN mit seinen Vokalsynthesen hatte (ebendasselbst und *Pflügers Archiv* 91, 1902), endlich die Eigenschaft einfacher Töne aus eben jenen Gebieten, wie die entsprechenden Vokale zu klingen (Akustische Untersuchungen I, *diese Beiträge* IV, S. 134), wovon noch in extenso zu reden ist. Einige Forscher sehen noch ein Bedenken in der speziellen Höhenlage, die für einzelne der charakteristischen Vokalgebiete angegeben wird: Wenn die Grundtonnote über dieses Gebiet hinaussteigt, so sagen sie mit Recht, müßte es nach der Theorie des „absoluten Momentes“ unmöglich sein, den betreffenden Vokal noch hervorzubringen; diese Folgerung aber widerspreche den Tatsachen. „Bei Anwendung der lauten Stimme kann man jeden Vokal in beliebiger Tonhöhe hervor-

¹ Vgl. z. B. ASHER und SPIRO, *Ergebnisse der Physiologie*. I, 2. S. 466 ff.: *Stimme und Sprache*, bearbeitet von GRÜTZNER. — NAGELS *Handbuch der Physiologie des Menschen*. IV, 2. S. 772 ff. — GUTZMANN, *Physiologie der Stimme und Sprache*. S. 72 ff.

bringen. Man singe das tiefste *u*; man wird in derselben Höhe auch *i* singen können; man singe das höchste *i*, in derselben Höhe kann man auch *u* singen.“ (KRÖNIG, *Poggend. Annalen* 157. 1876.) — „Man wird doch nicht im Ernst behaupten wollen, daß man in der oberen Hälfte der ersten Oktave, z. B. auf g^1 , kein *u* mehr singen könne; nicht einmal für g^2 träfe das zu, und das liegt oberhalb der beiden HERMANNschen Formanten.“ (NAGEL, *Handb. d. Physiol.* IV, 2, S. 789.) Denselben Einwand habe ich oft genug im Gespräch zu hören bekommen. Aber ich muß doch im Ernst behaupten, daß tatsächlich für jeden Vokal eine Grenze besteht, oberhalb deren er auf keine Weise mehr hervorgebracht werden kann, wie Ähnliches bereits von HELMHOLTZ und von HERMANN (*Pflügers Archiv* 91. 1902) angegeben wurde, auch manchen Theoretikern und Lehrern des Gesanges schon länger bekannt gewesen sein mag. Daß diese Grenze nicht völlig scharf ist, wird sich in einem späteren Teil dieser Arbeit als eine Selbstverständlichkeit erweisen. Vorläufig einige Daten aus unwissentlichen Versuchen:

Fräulein GOLLMER, der ich dafür wiederum zu Dank verpflichtet bin, gab sich die größte Mühe, die chromatische Skala von wechselnden Tonhöhen aus auf möglichst reines *u* und *o* zu singen.¹ Ich unterbrach sie, sobald eine Veränderung des Vokalcharakters merklich wurde. Da ich kein absolutes Tonbewusstsein besitze, waren die Versuche auch von meiner Seite unwissentlich. Es fanden sich in mehreren Fällen als Grenzen:

für <i>u</i> :	für <i>o</i> :
e^1 (etwas nach <i>o</i>)	c^2 (etwas nach <i>a</i>)
f^1 (deutlich nach <i>o</i>)	d^2 „ „ „
f^1 „ „ „	f^2 (deutlich nach <i>a</i>)
f^1 „ „ „	c^2 (etwas nach <i>a</i>)
	d^2 „ „ „
	cis^2 „ „ „
	dis^2 „ „ „

Dabei ist charakteristisch, daß die Sängerin selbst die Veränderung nicht recht wahrhaben will. Die Vorstellung, *u* oder *o* zu singen, verbunden mit den kinetischen Empfindungen für *u* und *o*, die ja wirklich bestehen bleiben können, weil die Mund-

¹ Fr. G. ist ausgebildete Sängerin.

höhle ihre charakteristische Form behält, trägt mit Leichtigkeit über den akustischen Wahrnehmungsbestand den Sieg davon. Die Täuschung wird noch begünstigt dadurch, daß mit dem Ansteigen der Grundtonnote die Tendenz immer stärker wird, eine Art von kurzem Vorschlag auf etwas tiefere Noten vorauszuschicken, so daß für einen kurzen Moment die Ähnlichkeit mit dem intendierten „tiefen“ Vokal wirklich größer sein kann. Die notwendigen Abweichungen kommen deshalb am deutlichsten etwas nach dem Toneinsatz zur Beobachtung, und wenn NAGEL ein auf g^2 gesungenes oder vielmehr beabsichtigtes u so prüfen wollte, so würde er finden, daß es wie schwedisches oa klingt, da man nicht einmal das o in der genannten Höhe rein hervorbringen kann.

Beobachtungen wie die angegebenen sind übrigens von einem Geübten zur ungefähren Bestimmung charakteristischer Tonhöhen verwendbar. DONDERS gab z. B. f^1 als charakteristisch für u an, HELMHOLTZ bemerkt dagegen (übereinstimmend mit unseren obigen Versuchen): „Wenn ich einen auf f^1 ansprechenden Resonator an das Ohr setze, und auf f oder B als Grundton singend mir denjenigen u -ähnlichen Vokal suche, der die stärkste Resonanz gibt, so entspricht dies nicht einem dumpfen u , sondern einem o -ähnlichen u .“ (L. v. d. Tonempf., 4. Aufl., S. 179.) Unzweifelhaft, aber damit ist nicht bewiesen, daß die gesuchte Tonhöhe das von HELMHOLTZ angegebene f ist. Nach den angeführten Versuchen muß sie vielmehr etwa in der Mitte zwischen f und f^1 liegen. — Ein anderer Fall: Nicht nur u und o gehen beim Überschreiten der oben bestimmten Höhen allmählich verloren; wer den Versuch mit $ü$ und $ö$ macht, findet, daß sie bei ungefähr denselben Noten sich nach i (eventuell $ö$) und e (oder $ä$) verschieben. Woraus zu schließen, daß das $ü$ eine charakteristische Note mit u , das $ö$ eine mit o gemein hat.

Damit ist wenigstens ein Ausgangspunkt für die physikalische Vokaltheorie gesichert. Gleich danach aber geraten wir in ein Gebiet, wo die größte Uneinigkeit herrscht. Es handelt sich um die nähere Interpretation des „absoluten Momentes“.

Da wir die Entscheidung über den Kernpunkt der ganzen Frage in Händen zu haben glauben, wird man uns das Eingehen auf alle einzelnen Streitpunkte der berühmten Polemik HERMANN-PIPPING erlassen. Wir entwickeln auch die Position beider Forscher der Kürze wegen nicht historisch, sondern so, wie wohl die Hauptmotive hüben und drüben zu den beiden Theorien gedrängt haben.

„Mit einiger Übung“, sagt PIPPING, „können viele Menschen aus den Vokalklängen harmonische Teiltöne heraushören; unharmonische Teiltöne hat meines Wissens niemand herausgehört.“

(*Zeitschr. f. Biologie* 31, S. 530. 1894.) Die Fourieranalyse liefert ihm nun, wie sie freilich nicht anders kann, aus empirisch gewonnenen Vokalkurven eine Reihe von Intensitäten ebenfalls für harmonische Teiltöne, und zwar sind bei jedem Vokal die Intensitäten von Obertönen, die in ein bestimmtes Gebiet fallen, besonders groß. Nach allem, was wir durch OHM-HELMHOLTZ über die Gesetze der Schallwahrnehmung wissen, sieht er sich berechtigt, die Intensitäten, die das mathematische Verfahren ergibt, auf die wirklich gehörten harmonischen Teiltöne zu beziehen, und findet auf diesem Wege als Grundsätze der Vokallehre:

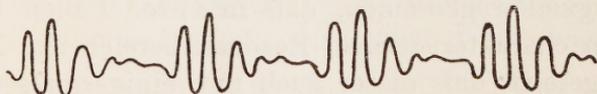
„1. Gesungene Vokalklänge enthalten lauter harmonische Teiltöne.

2. Die Intensitäten der einzelnen Teiltöne hängen in keinem nennenswerten Grade von ihren bezüglichen Ordnungszahlen ab.

3. Die verschiedenen Vokale unterscheiden sich untereinander durch Verstärkungsgebiete von verschiedener Anzahl, Breite und Lage in der Tonskala.“ (*Zeitschr. f. Biologie* 27, S. 77. 1890.)

Das ist, wie man sieht, in allem wesentlichen mit der HELMHOLTZSchen Vokaltheorie identisch, nach der aus dem obertonreichen Klang des Kehlkopfes je nach der Form der resonierenden Mundhöhle verschiedene Teile verstärkt werden, und jedem Vokal eine feste Form der Mundhöhle, folglich ein Verstärkungsgebiet von bestimmter Höhe entspricht.

Die Schlussweise, durch welche PIPPING dazu geführt wird, diese Theorie aufs neue energisch zu vertreten, setzt, wie wir sahen, gewisse — und zwar scheinbar durch HELMHOLTZ ganz gesicherte — Gesetze der Tonwahrnehmung voraus. Hier ist der Punkt, an dem HERMANN angreift. Eine Schallkurve, so sagt er, gibt einen physikalischen Vorgang wieder, ihre Deutung darf nicht beeinflusst werden durch Hypothesen (so nennt er, doch wohl nicht ganz mit Recht, den OHMSchen Satz über einfache Töne), welche die Tonwahrnehmung betreffen. Wer will beweisen, daß die Teiltöne, welche das vorliegende Kurvenbild ergeben haben, wirklich in der harmonischen Folge



Nach L. HERMANN.

Vokal A, auf c gesungen.

n , $2n$, $3n$ usf. liegen? Ein unbefangenes Auge wird ganz anderes sehen: Die Kurve hat große Ähnlichkeit mit einer Darstellung von Schwebungen; starke Schwingungen nehmen allmählich ab, setzen schliesslich beinahe oder ganz aus (die Kurve fällt einen Augenblick fast mit der Abszissenachse zusammen), um nach Ablauf der Grundperiode wieder zu der ursprünglichen Amplitude anzuwachsen. Das hat ganz den Anschein, als schwanke fortwährend die Intensität eines Tones zwischen einem Maximum und einem Minimum auf und ab. Bestimmen wir, wofür es verschiedene Wege gibt, die Höhe dieses Tones aus verschiedenen Kurven desselben Vokals, so ergibt sich, daß er bei Änderung der gesungenen Grundtonnote in einem bestimmten Gebiet der Skala verharret. Wir erinnern uns, wie wesentlich für einen Vokal die Form der Mundhöhle ist, und sehen, daß nurmehr ein Stück an der neuen Vokalthorie fehlt: Die Hauptperiode, die Note des Grundtones, ist durch die Zeit gegeben, innerhalb deren die Stimmbänder sich einmal vollständig öffnen und schliessen. Jedesmal wächst mit der Öffnung zwischen ihnen und nimmt ab mit ihrer Schließung die Stärke des Expirationsstromes, den sie in die Mundhöhle eintreten lassen. Nehmen wir nun an, daß wie eine Pfeife durch den anblasenden Luftstrom auch die Mundhöhle durch den Expirationsstrom angeblasen wird, so kommt in ihr offenbar ein Ton von verschiedener Höhe zustande, je nach ihrer Form und damit ihrer Abstimmung; und zwar muß die Intensität dieses Tones genau so schwanken, wie die Stärke des erzeugenden Luftstromes oszilliert. So ist unser schwebungsartiges Kurvenbild erklärt und auf das einfachste abgeleitet, woher die Schwingung von nahezu konstanter Höhe rührt, die z. B. allen a gemeinsam ist. Bei allen a ist eben die Abstimmung der „Mundpfeife“ etwa die gleiche. — Vielleicht, daß auch die harmonischen Teiltöne des Kehlkopfklanges dasselbe Kurvenbild ergeben müßten, wenn — wie HELMHOLTZ und PIPPING lehren — diejenigen durch Resonanz der Mundhöhle verstärkt würden, welche der Note unseres oszillierenden Mundtones nahe lägen; aber eine Theorie, die sich an die harmonischen Obertöne hält, wird kaum über die Schwierigkeit wegkommen, daß in vielen Fällen keiner von ihnen in den charakteristischen Resonanzbereich der Mundhöhle fällt, vorausgesetzt, daß dieser auch nur einigermaßen festliegt. Ganz anders unsere Theorie des oszillierenden Mundtones oder

„Formanten“: „Unter solchen Umständen kommt es durchaus nicht darauf an, ob die Periode des Mundtones¹ einen genauen Bruchteil der ganzen Periode ausmacht oder nicht, mit anderen Worten, ob der Mundton zum Kehrlton harmonisch ist“ (*Pflügers Archiv* 47, S. 381), wir haben also das gegen PIPPING angeführte Bedenken nicht zu fürchten. Ebenso fallen eine Reihe anderer fort, die wir nun (vgl. *Pflügers Archiv* 61, S. 188 ff.) gegen die Resonanztheorie von HELMHOLTZ-PIPPING ins Feld führen müssen.

Die zunächst nur in großen Zügen geschilderte Lehre HERMANN'S wird in der Mehrzahl der mir bekannt gewordenen Bearbeitungen des Gebietes mit mehr oder weniger Nachdruck gut geheissen. „Ich muß sagen,“ schreibt GRÜTZNER (a. a. O. S. 495), „daß mir diese ganze Auffassung . . . so bestrickend einfach vorkommt, daß ich sie schon um deswillen für richtig halten möchte.“ Später wird dies günstige Urteil etwas eingeschränkt (S. 501, 502), aber so, daß der Leser nun alles und nichts für richtig halten muß. Ähnlich stellt sich wohl NAGEL (a. a. O.), der Vorwurf jedoch, in seinen abschließenden Bemerkungen (S. 788 f.) die Problemlage zu verwirren, kann ihm ebensowenig erspart bleiben. Um so deutlicher sprechen sich WUNDT (*Physiologische Psychologie*, 6. Aufl., Bd. II, S. 395), SAMOJLOFF (*Pflügers Archiv* 78. 1899) und vor allem SCRIPTURE aus, dessen Darstellung (*Zeitschr. f. Biol.*, N. F., 30. 1906) in den Sätzen gipfelt: „. . . die Obertontheorie kann hiermit als abgetan gelten“ und: „Die Luftstosstheorie der Vokale steht einfach als eine Tatsache da, mit welcher jede Hörtheorie rechnen muß.“ — Wenn sich nun zeigt, daß gewisse Stimmgabeln wie Vokale klingen, und zwar gerade solche, deren Note den betreffenden HERMANN'Schen Formanten nahe kommt — ist dann nicht scheinbar die Theorie aufs glänzendste bestätigt? Schwingungen von etwa diesen Frequenzen füllen ja, wie die HERMANN'Schen Kurven zeigen, die Grundperiode der gesungenen Vokale aus, und so ist es durch unsere Beobachtung selbstverständlich geworden, daß das Ganze eben als Vokal von uns gehört wird. In der Tat haben alle Leser meiner Arbeit, mit denen ich über diesen Punkt sprechen konnte, in der erwähnten Feststellung zunächst eine Art Verifikation der HERMANN'Schen Theorie erblickt. Bei näherer Prüfung wird sich später zeigen, daß sie das nicht ist.

¹ So ist a. a. O. offenbar statt „Stimmtone“ zu lesen.

Inzwischen haben wir Seiten der Formantenlehre zu betrachten, die ihr die Klarheit und Einfachheit wieder nehmen, welche nach der obigen Schilderung zunächst für sie charakteristisch schien. Zwar den Einwurf, die Formantenschwingung müsse sich, wenn unharmonisch, allmählich gegen die Stimmpereoden verschieben, und davon sei in den Kurven nichts zu bemerken, kann HERMANN leicht dahin beantworten, es handle sich um ein „anaperiodisches“ Auftreten des Formanten, d. h. nach jeder Pause, die durch Kehlkopfverschluss hervorgerufen wird, setze er nicht mit dem Phasenverhältnis zu den harmonischen Teiltönen ein, das sich ergeben würde, wenn die Pause nicht einträte, sondern ganz von neuem mit demjenigen, das an der homologen Stelle der vorhergehenden Grundperiode bestand. Wesentlicher ist folgendes: Wir haben oben die Theorie so dargestellt, als sei der Formant ein Ton bestimmter Höhe wie andere auch, nur von oszillierender Intensität, und sein Vorhandensein als Ton mache schon den Vokal zu dem, was er ist. Nach vielen Äußerungen des Autors ist das jedoch keineswegs der Fall, sondern auch das Intermittieren des Formanten und die Art, wie es geschieht, kommt in Betracht. Noch in einer neueren Veröffentlichung finden wir das betont, und zwar in einem Zusammenhange, der deutlich das Motiv für diese Komplikation der Theorie durchblicken läßt: „Eine Sopranstimme kann bis g^2 , also bis an den Formanten selbst, heranreichen, und wenn auch in der höchsten Stimmlage die Vokale nicht mehr sehr deutlich unterscheidbar sind, so kann doch noch eine Art a produziert werden. Hier füllt also eine einzige Formantenschwingung die Periode ziemlich vollständig aus, das Ohr nimmt aber doch wahr, daß der Formant nicht periodisch fortläuft, sondern in einer etwas längeren Periode jedesmal von neuem mit selbständiger Phase (anaperiodisch) auftritt.“ (*Pflügers Archiv* 91, S. 155. 1902). Kein Zweifel, die hergebrachte Anschauung, daß an einfachen Tönen nur Stärke und Höhe zu unterscheiden ist, hat bei HERMANN den Gedanken nicht aufkommen lassen, einfache Töne könnten wie Vokale klingen: Daher der Nachdruck, der auf die angenommene Anaperiodizität¹ gelegt wird. Nachdem aber in dieser Weise Annahmen

¹ Für die HELMHOLTZ-PIPPINGSche Interpretation der Kurven besteht sie natürlich gar nicht.

über unbekannte und schwer prüfbare Vorgänge in die Theorie eingedrungen waren, sah sich HERMANN leider veranlaßt, die doch immer wieder bestätigten klaren Grundsätze der Lehre von den Tonempfindungen gegen wahre Rätsel einzuwechseln. „Meine eigene Auffassung von der Natur der Vokale,“ so führt er aus,¹ „erblickt in den Vokalen eine ganz spezifische Art von Schall, deren Natur erst zu ergründen ist und nie ergründet werden wird, wenn man mit aller Gewalt ihr die geläufigen Begriffe der Instrumentalmusik oder gar die anscheinenden Erfordernisse einer Hörhypothese aufzwingen will. Ist es nicht bemerkenswert, daß wir die nächsten Analoga der Vokale nicht in der Musik, sondern in der Welt der Geräusche finden, daß zahlreiche Geräusche, wie Knattern, Schmettern, Donnern, Klirren ihre Benennung von Anklängen an Vokale erhalten haben, und zwar in allen Sprachen? Welches musikalische Instrument klingt dagegen *a*-artig?“² Und doch sollte man dies wenigstens für gewisse Notenlagen bei irgendeinem erwarten, wenn es bloß auf Amplitudenverhältnisse der Partialtöne ankäme.“ Die Bemerkung über den Zusammenhang zwischen Vokalen und Geräuschen kann ich nur unterschreiben, wir werden sie weiterhin noch in ganz anderer Richtung zu verwenden haben, aber auf die „Amplitudenverhältnisse der Partialtöne“ führt auch die Gegenpartei (PIPPING) den Vokalcharakter nicht zurück. Und daß der Anfang der eben zitierten Stelle wirklich einen Sprung ins Dunkle vorschlägt, beweist eine spätere Ausführung, wo es³ heißt: „Die wahre Charakteristik des Vokals liegt eben in der anaperiodischen Erneuerung einer Formantschwingung; hierdurch entsteht ein spezifischer Gehörseindruck . . . Ob der Ton des Formanten dabei wirklich zur Wahrnehmung kommt, erscheint fraglich; die Zergliederung des Gesamteindrucks in tonartige Elemente ist kein Postulat, von dessen Erfüllung die Zulässigkeit der vorgetragenen Vorstellung irgendwie abhängen könnte.“ Kurz vorher wird noch betont, es sei

¹ *Pflügers Archiv* 61, S. 192.

² Diese Frage setzt mich in Erstaunen. In gewissen Höhen natürlich die Trompete. Wird ihr Klang doch im Deutschen bisweilen durch ein „Trara“ wiedergegeben, und eine ebenso deutliche Klangmalerei findet sich auch im Lateinischen:

„At tuba terribili sonitu taratantara dixit.“ (Ennius).

³ a. a. O., S. 202.

„außerordentlich schwer, wenn nicht unmöglich, die Vokalformanten unmittelbar oder mit Resonatoren herauszuhören.“ Schlimm genug für die Formanten! so sollte man denken — HERMANN macht ein Argument gegen die HELMHOLTZsche Theorie daraus. Das Merkwürdigste dabei ist, daß der Formant unter gewissen Umständen doch zur Wahrnehmung kommt, nämlich wenn er allein auftritt,¹ wie HERMANN selbst berichtet: „Beim Überlaufen mit dem Spiegelreproducer hört man meist nur den Formanten des *a*, d. h. ein schönes und wohlklingendes *fis*² bis *gis*².“² Dies ist wohl die schönste und überraschendste Art, den Formanten eines Vokals unmittelbar zu demonstrieren.“ (*Pflügers Archiv* 83. 1900).

In der Tat überraschend. Wenn man liest, daß die Formanten, wenn sie allein erklingen, zu hören sind, daß es aber vielleicht unmöglich ist, sie aus dem Gesamtvokal herauszuhören, daß sie trotzdem die bei weitem stärkste Komponente darin sind — denn darauf stützt sich ja ihre Bestimmung mittels der Fourieranalyse —, daß sie endlich an ganz bestimmten Stellen der Skala liegen und bestimmte Schwingungszahlen haben, aber statt gewöhnliche Töne zu sein, einen spezifischen Gehörseindruck erregen, von dem es fraglich erscheint, ob sie selbst darin zur Wahrnehmung kommen — wenn man das alles liest, drängt sich einem die Überzeugung auf: es gibt gar keine Formanten.

GRÜTZNER³ und SAUBERSCHWARZ⁴ haben zuerst und, soviel ich weiß, bisher allein versucht, über die Natur der Vokale dadurch ins klare zu kommen, daß sie sie mit dem Interferenzapparat partiell zerstörten. Wir kommen auf GRÜTZNERS Re-

¹ Ich will nur nebenbei bemerken, daß er dazu völlig aufgerstanden sein sollte. Nach HERMANN selbst müßte sein Intermittieren stets den Grundton als Unterbrechungston erzeugen. Das tut er nach dem obigen Zitat nicht. Angenommen aber, er intermittierte nicht, so kann er nicht anaperiodisch sein; ist er nicht anaperiodisch, so muß in allen Fällen, wo er wenigstens unharmonisch ist, die Form der Vokalkurven von Periode zu Periode sich ändern. Auch das ist nicht der Fall. Also —

² Es ist leider nicht angegeben, in welchem Frequenzverhältnis jedesmal der bei solchen Versuchen gehörte Formant zum Grundton steht, den man ja müßte feststellen können. Vielleicht bekommen wir auch auf diesem Wege eine Entscheidung.

³ Verhandl. d. Ges. Deutscher Naturforscher und Ärzte. Halle 1892. S. 147.

⁴ *Pflügers Archiv* 61. 1895.

sultat in anderem Zusammenhang zurück, haben dagegen auf die Arbeit von SAUBERSCHWARZ sogleich kurz einzugehen. Er hat auf die Noten $c, e, g, c^1, e^1, g^1, c^2, e^2, g^2$ die fünf Hauptvokale und die drei sog. Umlaute in das eine Ende einer Schalleitung singen lassen, in welche sechs Interferenzröhren eingefügt waren. Der Beobachter, der am anderen Ende saß, hatte anzugeben, was er hörte. Es wurden ausgelöscht: in einer Reihe von Versuchen der Grundton (mit ihm natürlich auch alle übrigen ungeradzahligem Teilschwingungen), in einer zweiten Grundton und Oktave (also 1. 3. 5. 7. . . . und 2. 6. 10. . . . Teilton); es wurde ferner eingestellt in einer dritten Reihe auf die Mitten der von HERMANN angegebenen Bewegungszonen seiner Formanten, in einer vierten endlich auf die Schwingungszahlen der PIPPINGSchen Resonanzmaxima. Obwohl das letztgenannte Verfahren physikalisch keineswegs einwandfrei ist,¹ hat es (weil die Interferenz wie die Resonanz immer eine solche für Zonen, nie für einzelne Schwingungszahlen ist) doch zu Resultaten geführt: in einer großen Anzahl von Fällen ist der Vokalcharakter zerstört. Leider aber ist dasselbe der Fall gewesen bei Auslöschung der HERMANNschen Formanten, und ebenso, wenn der Grundton mit den übrigen ungeradzahligem Teiltönen vernichtet wurde. So scheint es begrifflich, wenn der Autor zu keiner Entscheidung für oder gegen PIPPING oder HERMANN kommt, aber es ist bedauerlich, daß er ein für HERMANN wie PIPPINGS Theorie selbstverständliches Ergebnis seiner Versuche gegen die Bedeutung des absoluten Momentes überhaupt verwendet (S. 29 oben), und das allerwichtigste Resultat zwar ausdrücklich erwähnt, aber gar nichts daraus schließt: unzweifelhaft die größten Veränderungen an den Vokalen hat die Auslöschung von Grundton und Oktave samt ihren ungeradzahligem Vielfachen hervorgerufen, und zwar kommen diese Veränderungen immer mehr der Vernichtung gleich, je höher die Grundtonnote liegt. Es wurde dann im allgemeinen nur noch ein „hohes Pfeifen“ gehört, und zwar, wie zu erwarten, auf der Note des vierten Teiltones. „Aus diesen Untersuchungen,“ meint der Autor, „geht hervor, daß wir imstande

¹ Dem Resonanzmaximum braucht ja gar kein wirklich vorhandener Ton zu entsprechen. Auf diejenigen harmonischen Teiltöne wäre einzustellen gewesen, die möglicherweise in den Resonanzbereich fallen.

sind, durch Auslöschung einer Reihe harmonischer Teiltöne aus einem Vokalklang diesen allmählich zu vernichten.“ Freilich — und daraus folgt? —

Als ich meine ersten Vorversuche mit Interferenzröhren machte (mir standen 10 zur Verfügung) und fast aufs Geratewohl hier und da einen Teilton¹ auslöschte, wurde ich zuerst auf die Tatsache aufmerksam, daß die eintretenden Veränderungen im allgemeinen den Vokal nicht in einen ganz fremden Klang verwandelten, sondern in einen anderen Vokal, eventuell aus fremden Sprachen. Auch in SAUBERSCHWARZ' Protokollen finden sich einzelne solcher Fälle, und man kann sie sehr vermehren, wenn man nicht wie SAUBERSCHWARZ die Auslöschung der Teiltöne nur von den tiefsten her vornimmt, sondern auch in höheren Lagen. Es ist nicht schwer, ein *a* in ein *o* oder *ö* zu verwandeln, aus einem *o*, *i* oder *a* ein *u*, aus dem *u* wieder ein *a* oder *ö* zu machen u. dgl. m., wofern nur gewisse Bedingungen über die Grundtonhöhe innegehalten werden, die sich aus dem S. 3f. Ausgeführten von selbst ergeben. Das zeigt zunächst, und nach SAUBERSCHWARZ' Versuchen war nichts anderes zu erwarten, daß die charakteristischen Teiltöne der in die Leitung hineingesungenen Vokale sich überhaupt durch Interferenz vernichten lassen. Da völlige Interferenz darin besteht, daß um eine halbe Periode verschobene Schwingungszustände gleicher Amplitude sich aufheben, so steht man — wir sehen von der Anaperiodizität dabei ganz ab — schon vor einer Schwierigkeit: die Formantenamplitude soll ja fortwährend schwanken. Und helfen wir uns eben noch über diesen Punkt hinweg, indem wir annehmen, in zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Halbschwingungen des Formanten seien die homologen Exkursionen der Gleichheit noch so nahe, daß durch ihr Zusammentreffen eine sehr starke Reduktion der resultierenden Intensität erklärt werden könne, so sind wir um so weniger imstande, aus den Voraussetzungen der HERMANNschen Theorie das Auftreten anderer Vokale an Stelle der zerstörten zu erklären. Einige Vokale haben freilich nach HERMANN zwei Formanten, und der eine von ihnen liegt in diesen Fällen in demselben Gebiet wie der Formant eines anderen Vokals. Hätten wir oben

¹ So soll im folgenden kurz gesagt werden statt „Teilton mit ungeradzahligem Vielfachen“.

Beispiele angeführt, die solchen Fällen entsprechen, so würden sich die mitgeteilten Beobachtungen ohne weiteres aus dem Übrigbleiben des einen Formanten erklären; — die von uns ausgewählten Vokalumwandlungen aber lassen sich auf diesem Wege nicht ableiten, und so scheinen wir gezwungen, latente Formanten zu hypostasieren, die sich mit ihren charakteristischen Oszillationen erst ausbilden, wenn man gewisse andere beseitigt hat. Aber da erinnern wir uns wieder, daß Formanten Eigentöne der Mundhöhle sein sollen,¹ die unmöglich durch andere ersetzt werden können, sobald in der Schalleitung, 10–20 m entfernt, die ursprünglichen vernichtet sind.

Wir fürchten, den Leser durch Detail zu ermüden. — Eine Eigenschaft wird den Formanten immer wieder zugeschrieben, durch die sie auf den ersten Blick viel geeigneter schienen, die Vokale zu bilden, als gewöhnliche Obertöne. Sie sind „fast stets unharmonisch“. (*Pflügers Archiv* 91. 1902.) Über die sonstigen Bestimmungen, die ihnen zukommen sollen, äußert sich HERMANN in seinen späteren Arbeiten unbestimmter, aber auch in der letzten Darstellung¹ wird ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Formant „von der Stimmnote unabhängig ist, und nicht etwa einen harmonischen Oberton des Stimmklanges darstellt, vielmehr meist zu demselben unharmonisch ist.“ Daß oftmals in das HELMHOLTZ-PIPPINGSche Resonanzgebiet kein harmonischer Oberton hineinfallen und so zur dominierenden Komponente verstärkt werden könnte, war ja ein Argument gegen die Resonanztheorie, und eben, daß ein Formant als selbständiger Mundton an durch den Grundton festgelegte Schwingungszahlen nicht gebunden wäre, ist eine wesentliche Stütze der HERMANNschen Lehre. Wie aber, wenn wir nachweisen könnten, daß Vokale von unharmonischen Teiltönen schlechterdings frei sind? Dann müßten die Formanten in jedem Fall mit gewöhnlichen Obertönen zusammenfallen, und die neue Theorie wäre ihres Hauptvorzuges beraubt. Da sie ferner in diesem Falle erst eine weitere Hypothese würde zu Hilfe nehmen müssen, die uns dieses merkwürdige Zusammentreffen erklärte, so würden wir schon aus wissenschaftlicher Sparsamkeit fortan versuchen, ohne Formanten auszukommen.

¹ So noch neuerdings. HERMANN, Lehrbuch d. Physiologie, 14. Aufl., S. 209. 1910.

Der geforderte Nachweis ist mit den einfachsten Mitteln zu erbringen. Löscht man sämtliche harmonische Teiltöne von Vokalen durch Interferenz aus, dann kann zweierlei eintreten: entweder sind nur harmonische Teiltöne vorhanden gewesen, dann bleibt überhaupt nichts übrig, oder es gibt Formanten, dann müssen sie jetzt -- nach Beseitigung jedes Hindernisses -- deutlich zum Vorschein kommen, und wir haben es weit leichter, ihre Frequenz und ihre sonstigen Eigenschaften zu prüfen, als wenn wir auf das mühsame Studium von Kurven angewiesen sind. Dabei dürfen wir uns freilich nicht auf die Untersuchung der Vokale in einer festen Höhenlage beschränken, sondern müssen den Versuch von Note zu Note wiederholen; denn selbstverständlich könnte einmal der Formant wie zufällig mit einem Oberton zusammentreffen. Man hat weiter zu beachten, daß nur bei den Vokalen *u*, *o* und *a* das angegebene Verfahren zum Ziele führen kann. Zwar lassen sich auch *e* und *i* durch Interferenz zerstören, aber wegen der hohen Lage der für sie wesentlich in Betracht kommenden Komponenten werden die am Interferenzapparat einzustellenden Viertel-Wellenlängen zu kleine und für benachbarte Teiltöne zu wenig verschiedene Strecken, als daß man sicher sein dürfte, man habe nur harmonische Partialschwingungen ausgelöscht. Wir haben uns also auf die drei Vokale beschränkt, deren wichtige Komponenten nach allgemeiner Übereinstimmung der Vertreter des absoluten Momentes den Beginn der dreigestrichenen Oktave nicht überschreiten. Die Schallgeschwindigkeit in der Röhrenleitung wurde zu Beginn der Versuche mehrmals empirisch bestimmt und der Mittelwert der gewonnenen Zahlen bei der Berechnung der Wellenlängen zugrunde gelegt. Darauf wurde der Vokal, dessen Tonhöhe nach Stimmgabeln festgelegt war, zunächst ohne Interferenzeinstellung in die Leitung gesungen, und kontrolliert, ob er auf dem engen Wege nicht so schon von seinem Charakter verlor; dann erst schalteten wir die zehn vorhandenen Röhren auf die einzelnen harmonischen Teiltöne in der Verteilung ein, von der nach den Erfahrungen einiger Vorversuche die größte Wirkung zu erwarten war, und prüften, was von dem Klange übrig blieb. So sind wir oft genug verfahren; ich habe die meisten Versuche selbst angestellt, bisweilen aber auch andere Beobachter meine Angaben kontrollieren lassen, obwohl die Resultate derart waren, daß ein Irrtum nicht gut im Spiel sein

konnte: die Vokale werden vollständig vernichtet. Bei der beschränkten Anzahl von Interferenzröhren war es bisweilen nicht möglich, einen Rest nur ganz dicht an der Leitungsmündung eben hörbarer höchster Partialschwingungen zu beseitigen, die wie ein feines Knistern klangen. Sie lagen jedoch in allen Fällen oberhalb von c^4 , kamen also für die drei untersuchten Vokale gar nicht als Formanten in Betracht, und waren isoliert nur bei so angestrengtem Lauschen vernehmbar, daß sie unzweifelhaft im Gesamtklange ohne jede Wirkung sind. In weitaus den meisten Fällen aber trat absolute Stille ein, und oft genug habe ich mich erst durch Verschiebung der Interferenzröhren davon überzeugen müssen, daß der Gehilfe am anderen Ende der Leitung noch mit lauter Stimme sang. Noch neuerdings wurde wieder das u von f bis g^1 (wo es freilich schon nach o hinklingt), das a von c^1 bis d^2 durchgeprüft, und nie blieb auch nur eine Spur von den Klängen übrig.

Schon diese Versuche wären beweisend, wenn nicht durch Einstellung von zwei oder drei Interferenzröhren auf eine Schwingungszahl auch die benachbarten Töne eine empfindliche Einbuse erlitten. Wird c^2 durch zweimalige Interferenz zum Verschwinden gebracht, so hört man auch h^1 und cis^2 deutlich abgeschwächt, und wenn auch eine merkwürdige Anziehungskraft der harmonischen Obertöne auf die Formanten die Voraussetzung wäre — vorderhand könnte man noch einwenden, diese lägen eben den Obertönen so nahe, daß sie nebenbei auch ausgelöscht werden. Wir berufen uns nicht auf die Stärke der Formanten, die doch wenigstens in verminderter Intensität übrig bleiben müßten; denn ein einfaches Verfahren schneidet den angedeuteten Ausweg für die Formantenlehre vollständig ab.

Es besteht kein Zweifel, daß man in der eingestrichenen Oktave noch recht wohl den Vokal o singen kann; da die charakteristische Tonhöhe dieses Vokals (nach HELMHOLTZ b^1) am oberen Ende der eingestrichenen Oktave liegt, so kommt es z. B. bei f^1 (und ähnlich bei den benachbarten Noten) vor, daß der erste Oberton f^2 und der Grundton, die allein in Betracht zu ziehen wären, recht weit von jener Tonhöhe entfernt sind, eine Schwierigkeit, die gerade in diesem Falle durch einen unharmonischen, auf die charakteristische Note fallenden Mundton leicht beseitigt würde. Wir schalteten also Interferenz auf alle harmonischen Teiltöne des o ein bis auf denjenigen, der jedes-

mal der charakteristischen Note am nächsten kam, und bestimmten, ob der übrigbleibende Ton zur harmonischen Reihe gehörte, ob er etwa ein unharmonischer Formant war, den wir in den zuerst geschilderten Versuchen versehentlich mit vernichtet hatten, oder ob gar nicht nur ein harmonischer Oberton, sondern neben ihm noch der Formant zu finden war. Solche Versuche am *o* haben wir, von c^1 bis d^2 in Halbtonschritten aufsteigend, sorgfältig angestellt, jedesmal mit dem Erfolg, daß nur ein einfacher Ton ohne Nachbarn und in genau der Höhe der betreffenden harmonischen Komponente zu hören war. Kein Wunder, daß die völlige Vernichtung sämtlicher harmonischer Teiltöne, die wir auch bei dieser Gelegenheit wieder versuchten, den besten Erfolg ergab.

Dieselben Kontrollversuche beim *u*, ähnliche beim *a* anzustellen, habe ich unterlassen und meine, man wird es mir nicht verübeln. Wenn einmal die Mundhöhle durch den Expirationsstrom des Kehlkopfes angeblasen wird, so müssen nach HERMANN selbst (und wir können ihm nur beistimmen) in der Regel unharmonische Komponenten dabei entstehen; gründet er auf die genannte Prämisse eine Vokaltheorie, so fällt sie, wenn auch nur für einen Vokal nachgewiesen wird, daß die Prämisse nicht den Tatsachen entspricht.

Indessen sollen der Klarheit und Vollständigkeit halber noch einige Punkte erörtert werden, wo wieder die Formantentheorie zunächst im Vorteil zu sein scheint, während die betreffenden Tatsachen sich völlig einwandfrei erklären, auch wenn man nur harmonische Teiltöne als vorhanden voraussetzt.

Wir haben oben begründet, weshalb das für *u*, *o* und *a* angewandte Verfahren seine Beweiskraft bei den Vokalen *e* und *i* verliert. Gerade bei ihnen aber entsteht für jede Theorie, die harmonische Teiltöne als die einzigen physikalischen Komponenten der Vokalklänge ansieht, eine scheinbar unüberwindliche, von HERMANN mehrfach hervorgehobene Schwierigkeit insofern, als z. B. eine Baßstimme auf die Note *G* sehr wohl noch ein *i* hervorzubringen vermag, während doch in die Höhe des für *i* charakteristischen Gebietes (zum mindesten f^4) erst etwa der 28. bis 29. Partialton eines auf *G* aufgebauten Klanges fallen. Selbst für die Note *g* würde erst der 14. Partialton in Betracht kommen, und wenn, wie NAGEL versichert, „das Vorhandensein von Obertönen solcher Ordnungszahlen überhaupt im Stimm-

klänge nicht mehr nachweisbar ist“, so scheint es zunächst, als müßten wir doch noch auf die HERMANNschen Mundtöne rekurrieren, deren Höhe ja von der Grundtonnote völlig unabhängig ist. Indessen haben wir gegen dieses Bedenken zweierlei ins Feld zu führen. Man hat sich daran gewöhnt, von Obertönen so zu sprechen, als handle es sich bei einem „zusammengesetzten“ Klange physikalisch um eine Vielheit sozusagen von Tonindividuen, die isoliert erzeugt und durch die Luft fortgepflanzt würden, und nimmt deshalb Anstoß an der hohen Zahl von rund 30 Partialtönen, die in dem angeführten Falle zur Erzeugung eines i erforderlich wären. In Wirklichkeit bedeutet die Behauptung, in einem Klange seien 30 Teiltöne enthalten, physikalisch doch nur, daß eine Luftschwingung vorhanden ist, deren äußerst komplizierter zeitlicher Verlauf nur durch 30 Glieder einer FOURIERSchen Reihe befriedigend dargestellt werden kann. Daß Resonatoren, deren Schwingungszahl mit derjenigen von einem der 30 Glieder übereinstimmt, durch einen solchen Klang zum Mitschwingen gebracht werden, ist eine physikalische Tatsache für sich, und ferner eine psychische, natürlich physiologisch begründete Erscheinung für sich, daß wir unter günstigen Umständen eine Art von Fourieranalyse mit dem gehörten Klange vornehmen können, d. h. bei einer Zerlegung unserer Wahrnehmung bis auf letzte konkrete Elemente eben auf 30 Komponenten kommen, die jenen aus der Fourieranalyse mathematisch gewonnenen entsprechen. Nicht genug kann betont werden, daß dieser mathematischen Zerlegung einer Luftschwingung in sinusförmige Partialschwingungen physikalisch nicht mehr Realität zukommt, als der bei manchen optischen Überlegungen unentbehrlichen Zerfällung eines natürlichen Lichtstrahls in zwei gleiche, senkrecht zueinander polarisierte Komponenten.

In diesem Sinne bitten wir uns nun auch zu verstehen, wenn wir zu der Behauptung übergehen, daß es tatsächlich Schallquellen gibt, von denen noch kompliziertere Wellen ausgehen, Wellen, die nur durch eine FOURIERSche Reihe von mindestens 40 Gliedern dargestellt werden können, die also, wenn man es einmal so nennen will, 40 Teiltöne enthalten. Ich lege hier großen Wert auf die Übereinstimmung mit Herrn Geheimrat STUMPF, der am Klavier schon früher bis 20 Teiltöne hat feststellen können und es sehr wohl für möglich hält, daß in gewissen Fällen auch noch eine Oktave höher (und damit

kommen wir zum 40. Teilton) merkliche Komponenten zu finden sind. Eine einfache Beobachtung bringt das zur Gewissheit. Das Berliner Institut besitzt eine durchschlagende Zungenpfeife mit dem Grundton 50 v. d. Wenn man sie anbläst, so hört man eine wahre Flut von Tönen, die mehrere Oktaven hindurch in den zu erwartenden Höhen einzeln festgestellt werden können. Schliesslich indessen rücken sie zu nahe aneinander, als dass man ihre Tonhöhe noch mit dem Ohr direkt bestimmen könnte. Aber leicht überzeugt man sich davon, dass in dem Klange Tongruppen vorhanden sind, die einen ausgeprägten *i*-Charakter haben. Nun wird später gezeigt werden, dass es schlechterdings keine Töne unterhalb der Schwingungszahl 2000 gibt, die wie *i* klingen, es müssen also Teiltöne von mindestens dieser Höhe in dem Klange, den die Zunge erzeugt, enthalten sein. Der Zunge aber ist kein Hohlraum vorgelagert, in welchem — wie nach HERMANN in der Mundhöhle — ein Formant zustande kommen könnte, so dass wir gezwungen sind, auf die Existenz von harmonischen Obertönen mit mindestens der Frequenz 2000, also auf die des 40. Teiltones zum Beispiel, zu schliessen. — Der Kehlkopf hat freilich mit einem Zungenmechanismus viel weniger Ähnlichkeit als mit einer sogenannten Gegenschlagpfeife. Aber auch eine Gegenschlagpfeife muss ihrer Natur nach sehr komplizierte Schwingungsformen des austretenden Luftstromes hervorbringen, so dass wir ohne irgend welche Bedenken annehmen können, dass auch die tiefsten Klänge, die ein männlicher Kehlkopf erzeugt, noch Obertöne in der viergestrichenen Oktave enthalten, da in anderen Fällen das Vorhandensein der damit gegebenen Komponentenzahl erwiesen ist.

Wir fassen endlich die Tatsache ins Auge, von der die ganze Formantenlehre ausgegangen ist, und zwar um den Nachweis zu führen, dass sie sich als eine notwendige Konsequenz der HELMHOLTZ-PIPPINGSchen Lehre zur Hauptposition für ihre Bekämpfung nicht wohl eignet. Es handelt sich um die schwebungsartige Form, welche die Vokalkurven häufig zeigen, und welche HERMANN, wie bereits zu schildern war, zuerst auf die Annahme eines Mundtones von oszillierender Intensität brachte. Das Wort „Schwebungen“ ist nicht ganz eindeutig. Wir meinen mit Schwebungen einmal den bekannten Empfindungsverlauf, der durch die Superposition zweier Schallwellen von nicht zu grossem Frequenzunterschied und etwa gleicher Intensität physikalisch

bedingt wird, dann aber auch das An- und Abschwellen der resultierenden Amplitude, welches objektive Registrierungen dieses Reizvorganges zeigen. Es ist wiederum ein verbreiteter Irrtum¹, daß beide Tatsachen, die psychische wie die physikalische, aneinander gebunden wären: wenn die psychische durch Überschreitung physiologischer Grenzen, die wir nicht bestimmt angeben können, zum Verschwinden gebracht ist, bleibt die physikalische mit Notwendigkeit bestehen; konkreter ausgedrückt: wenn zwei etwa gleich starke Töne so weit voneinander abweichen, daß das subjektive Schwebungsphänomen sich verliert, behält die registrierende Kurve ihren oszillierenden Charakter unverändert bei. Angenommen nun, die HELMHOLTZsche Vokaltheorie wäre richtig, so wird im allgemeinen das Resonanzmaximum der Mundhöhle nicht mit der Frequenz eines Obertones zusammenfallen, sondern zwischen zwei Komponenten liegen, also beide zugleich, wenn auch in geringerem Grade, durch Resonanz verstärken. Die übrigen Teiltöne, auch der Grundton (wie HERMANN selbst gezeigt hat und meine Trommelfellkurven bestätigen), sind im allgemeinen von geringer Intensität², und wir werden wenigstens im groben ein Bild der zu erwartenden Kurve bekommen, wenn wir vorläufig nur die beiden verstärkten Partialtöne zur Superposition bringen. Nach dem Gesagten muß das Resultat eine Kurve von Schwebungscharakter sein, wenn nur die Intensitäten der beiden Komponenten

¹ Man vergleiche z. B. einen von WUNDT (Phys. Psych., 6. Aufl., Bd. II, S. 395/96) gezogenen Schluß.

² Das dürfen wir wohl für gesichert halten, nachdem, hier so gut übereinstimmend wie hinsichtlich des „absoluten Momentes“, alle überhaupt ernstlich in Betracht kommenden Methoden der Klangaufzeichnung zu dem Resultat geführt haben, daß der Grundton in Vokalen erst dann mit größerer Intensität auftritt, wenn seine Note sich dem charakteristischen Gebiet nähert. Wir haben es vorläufig nur mit der physikalischen Konstitution der Vokale zu tun und deshalb nicht die Schwierigkeit zu erörtern, welche aus der angegebenen Tatsache für die gegenwärtige Lehre von den Tonempfindungen erwächst. Ebensowenig sind vorläufig Erörterungen darüber am Platze, welche Bedeutung den in manchen Fällen vorhandenen zweiten Verstärkungsgebieten in Vokalen zukommt. In einer physikalischen Untersuchung darf nur ihr Vorhandensein konstatiert und zugleich darauf hingewiesen werden, daß sie naturgemäß den Schwebungscharakter der Kurven, von dem oben die Rede ist, zurücktreten lassen. Um so bedeutungsvoller könnte ihre Existenz wie die Schwäche der Grundtöne für die psychologische Akustik werden.

nicht gar zu verschieden sind, und es ist leicht anzugeben, welche Frequenz die Kurvenschwebungen haben werden. Da nämlich je zwei benachbarte Obertöne als Vielfache des Grundtones um soviel Schwingungen in der Sekunde differieren, wie der Grundton eben in einer Sekunde macht, so ist klar, daß auf jede Grundtonperiode eine ganze Schwebung der beiden Obertöne entfällt. Eben eine Schwebung kommt in allen Vokalkurven, die überhaupt den angegebenen Charakter zeigen, auf eine ganze Grundtonschwingung, und damit haben wir das Kurvenbild, welches zur Formantentheorie Anlaß gegeben hat, aus der HELMHOLTZschen Lehre auf die einfachste Weise abgeleitet. Es ist nur noch zu bemerken, daß die Schwebungen der Vokalkurven deshalb nicht von so gleichmäßigem Ansteigen und Abfallen sind, wie zwei Stimmgabeln sie geben, weil sich schwächere Komponenten modifizierend über die Oszillationen der beiden Haupttöne hinlagern.

Wenn wir nach alledem die HELMHOLTZsche Vokaltheorie für die richtige halten, so hoffen wir den Leser auf unserer Seite zu haben, bleibt doch eine andere Interpretation alles dessen, was wir von den Vokalen wissen, gar nicht übrig. Wir wollen nur noch bemerken, daß man bei der etwaigen Nachprüfung der geschilderten Versuche, in denen Vokale völlig zum Verschwinden gebracht wurden, die Interferenzen für ganz bestimmte Obertöne immer besonders sorgfältig einzustellen hat, weil sonst bei deren großer Intensität noch Spuren übrig bleiben, und daß diese Obertöne (von wechselnder Ordnungszahl) jedesmal in dem charakteristischen Gebiet des betreffenden Vokals liegen. Entsprechend zeigt sich bei den angegebenen Kontrollversuchen, daß die freigelegten harmonischen Teiltöne, wie es die HELMHOLTZsche Lehre verlangt, von großer Stärke sind, da sie ja jedesmal dem Resonanzmaximum am nächsten liegen und unter Umständen mit ihm zusammenfallen.

II. Die Qualitäten einfacher Tonempfindungen.¹

In dem ersten Teil dieser Untersuchungen erwies es sich als notwendig, Merkmale von Tonmehrheiten zu postulieren, die

¹ Das zweite und dritte Kapitel enthalten den ausführlicheren Bericht über Versuche, deren Ergebnisse der Verf. z. T. schon auf dem 4. Kongress für experimentelle Psychologie in Innsbruck mitgeteilt hat.

keinen ersichtlichen Zusammenhang mit den Eigenschaften ihrer absoluten Komponenten aufweisen. Den „Intervallfarben“, wie wir sie nannten, war damals vor allem eingehende Bearbeitung zgedacht, da ja die Realität von Inhalten am besten immer dadurch nachgewiesen wird, daß man die Gesetze, unter denen sie stehen, bis ins einzelne aufzeigt. Die zunächst nur als vorläufig gedachte Nachprüfung einer Behauptung über einfache Töne, die sich in derselben Abhandlung findet, führte indessen bald zu so unerwarteten Ergebnissen, daß ein sofortiges Weiterarbeiten in dieser Richtung selbstverständlich wurde, und das um so mehr, als eine Untersuchung der Eigenschaften von Komplexen sich leicht auf falsche Wege verirrt, solange an den Elementen, aus denen sie sich aufbauen, Wesentliches ungeklärt oder gar völlig unbemerkt geblieben ist.¹ Im folgenden wird also fast ausschließlich von einfachen Tönen die Rede sein, und zwar einmal in der psychologischen Bedeutung einfachster Inhalte des phänomenalen Tonsystems, die sich im Bewußtsein sondern lassen, dann aber auch in der physikalischen elastischer Schwingungen von Sinusverlauf, wobei als gesichert vorausgesetzt wird, daß bis auf bekannte Ausnahmefälle, die hier keine Rolle spielen und sich vielleicht noch unter die allgemeine Regel werden einordnen lassen, die letzteren die Reize sind, welche zu jenen Anlaß geben. —

In der früheren Arbeit wird (a. a. O. S. 285) erstens behauptet, daß gewisse einfache Töne wie Vokale klingen. Diese Beobachtung wird dahin gedeutet, daß es sich bei den betreffenden Tönen um Spezialfälle aus der kontinuierlichen Reihe der Tonfarben im Sinne STUMPF'S handle, und darauf (a. a. O. S. 286) zweitens als selbstverständlich supponiert, „die Reihe der Tonfarben . . . (besitze) an sich keine ausgezeichneten Punkte.“

¹ Schon in dieser Arbeit möchte ich jedoch darauf hinweisen, daß die polemische Bemerkung (*d. Beiträge* IV, S. 175), es sei über Komplexqualitäten etwas unvorsichtig geschrieben worden, nicht auf F. KRUEGER abzielte. Ich habe nicht bedacht, daß der an jener Stelle von mir gebrauchte Terminus von dem genannten Forscher herrührt, und bedaure, auf diese Weise vielleicht zu einer Mißdeutung jenes Satzes Anlaß gegeben zu haben. Um aber damit nicht die neue Täuschung zu verursachen, als wäre ich mit allem einverstanden, was KRUEGER über Komplexqualitäten schreibt, muß ich betonen, daß mir der Nachweis von Mehrheitsmerkmalen so sinnfälliger Art, wie es die Intervallfarben sind, auf visuellem Gebiet z. B. noch nicht erbracht scheint.

Jene Behauptung ist unvollständig; diese ist nicht selbstverständlich, sondern falsch, sofern überhaupt die angegebene Eigenschaft einfacher Töne mit Tonfarben zu tun hat. Die Erweiterung des ersten Satzes ist Aufgabe dieses Abschnittes, die Widerlegung des zweiten bringt das letzte Kapitel.

Die Versuche, über die ich zunächst zu berichten habe, wurden zur Beantwortung folgender Fragen angestellt: Wenn schon die beobachtete Eigentümlichkeit bestimmter einfacher Töne zur Erklärung der Vokale benutzt werden soll, muß man dann nicht bei jeder beliebigen Versuchsperson, besonders auch bei unmusikalischen, die Fähigkeit voraussetzen, aus vielen einfachen Tönen diejenigen herauszufinden, welche Vokalen ähnlich klingen, da doch auch diejenigen, denen Musik ein zweckloser Lärm zu sein scheint, keine Schwierigkeiten im Erkennen und Hervorbringen von Vokalen finden? Und aus demselben Grunde: Stimmen denn die Töne, welche etwa als besonders vokalähnlich bezeichnet werden, der Tonhöhe nach überall ungefähr mit solchen überein, die entweder von HELMHOLTZ oder PIPPING oder HERMANN als charakteristisch für die verschiedenen Vokale angegeben worden sind? Ferner: Mit welcher Genauigkeit ist jede einzelne Versuchsperson imstande, die betreffenden Töne festzustellen, und wie groß sind die Abweichungen, die sich aus dem Dialekt und aus anderen individuellen Verschiedenheiten der Beobachter ergeben? Wie endlich verhalten sie sich gegenüber Tönen, welche nicht Vokalen entsprechen, gegenüber denen also, welche zwischen je zwei der ausgewählten liegen? — Diese Gesichtspunkte haben als gemeinsame Voraussetzung ein Bild der Tonreihe, in welchem die Tonhöhen und die Tonfarben einander als gerade Linien parallel laufen, solange nur die unverfälschte Empfindung berücksichtigt wird. Auf diesen Geraden aber sollten sich für verschiedene Sprach- und Dialektgenossenschaften aus Gründen, über welche ich noch keine Überlegungen anstellte, verschiedene kurze Strecken dadurch auszeichnen, daß in ihrer Mitte die Tonfarben den Vokalen der betreffenden Sprache maximal ähnlich sind, während den Grenzen zu die Ähnlichkeit sich mehr und mehr verliert; zwischen den „Vokalgebieten“ dagegen mochten irgendwelche Tonfarben liegen, die vielleicht den Vokalen anderer Völker entsprachen oder überhaupt für keines ausgezeichnet waren.

Vorversuche, in denen ich aus dem reichen Stimmgabel-

material des Berliner Institutes beliebige auswählte, sie vorsichtig anzuschlagen suchte, damit ihre hohen Obertöne nicht irreführend wirkten, und Versuchspersonen vor das Ohr hielt, zeigten sehr bald, daß ein jeder Beobachter Stimmgabeln fand, die ihm mit Vokalen Ähnlichkeit zu besitzen schienen. Ich muß freilich bemerken, und bitte es bei Nachprüfung meiner Versuche zu beachten, daß nicht ein jeder vom ersten Male an sicher ist. Zwar ein *i* und ein *u* findet ein jeder rasch heraus und ist sogar mit ihrer Vokalnatur sehr wohl zufrieden, aber bestimmte Urteile über die übrigen Vokale bekommt man bei vielen erst, nachdem vielleicht 10 bis 20 oder gar noch mehr Gabeln dargeboten wurden, wobei die tieferen zunächst auch als *u*, die höheren als *i* bezeichnet werden. Dann ist es meistens, als ob plötzlich die Ohren der Beobachter geöffnet würden, als ob sie jetzt eigentlich erst herausgefunden hätten, was an den Tönen beurteilt werden soll, und in kurzem wird, sobald dieses Stadium erreicht ist, das Urteil fest und völlig unbeirrbar durch das ganz willkürliche Herausgreifen der dargebotenen Tonhöhen. Andere wieder gibt es, die vom ersten Versuch an ohne viel Überlegung ihre Entscheidung mit Sicherheit fällen und sogar von den unharmonischen Obertönen, die den Stimmgabelklang trotz aller Vorsicht oft entstellen und jene andere Kategorie von Anfängern zu häufigen *i*-Urteilen veranlassen, als einer sekundären Beimischung alsbald absehen. Gewisse Schwankungen des Urteils gegenüber einer und derselben Stimmgabel und ein Abweichen desselben von der Gesetzmäßigkeit, die wir bald kennen lernen werden, traten gerade bei den sonst zuverlässigsten Beobachtern in Fällen auf, die zunächst unerklärlich scheinen, sich später aber als eine natürliche Konsequenz des allzu primitiven Verfahrens entpuppen werden.

Von den Vorversuchen sind zunächst diejenigen bemerkenswert, die mit einer sehr unmusikalischen Beobachterin, Frau Dr. W., angestellt wurden. Die Beschäftigung mit Tönen war ihr überhaupt unangenehm, die Aufmerksamkeit intensiv auf sie zu richten, strengte sie sichtlich an, und nur mit Mühe konnte sie davon abgebracht werden, ihrem vorwiegend visuellen Typus folgend, jeden gehörten Ton in optische Vorstellungsschemata einzutragen, durch die sie, wie sich zeigte, nur verwirrt wurde. Denn wenn sie auch *u* und *i* bald am Grunde und an der Spitze eines keilförmigen Gebildes unterbringen konnte, so geriet sie

doch in Verlegenheit, weil die übrigen Vokale (und die Stimmgabeln, deren Töne denselben ähneln) nicht in diesen Plan paßten, und mühte sich, sie eindeutig auf Kurven unterzubringen, welche ihr hier und da aus der *u-i*-Reihe abzubiegen schienen. So wurde sie nur langsam ihres Urteils sicherer, behauptete aber doch schliesslich, bei den Stimmgabeln, die sie für gute Vokale erklärte, sei eine Verwechslung unmöglich. Zu dieser Zeit stimmten ihre Angaben auch schon sehr gut mit denen der anderen Versuchspersonen überein.¹ Nur kurz erwähnt sei an dieser Stelle, daß man durch ein einfaches Mittel, dessen Wirkungsweise mir noch nicht ganz klar ist, sehr oft schon zuverlässliche Urteile erhält, wenn in der angegebenen Weise angeschlagene Stimmgabeln noch schwankende Aussagen hervorrufen: Man fügt zu der fraglichen Gabel, die laut tönt, ganz leise ihre tiefere Oktave, und die Angabe des Vokals erfolgt sofort. *c*² (leise) und *c*³ (laut) zusammen werden sofort als *a* erkannt, *c*³ und *c*⁴ ebenso als *e*. Wir werden später sehen, daß das *a*- und *e*-mäßige in diesen beiden Kombinationen keineswegs stärker ausgeprägt ist als in den einfachen Tönen *c*³ bzw. *c*⁴, klingt doch *c*² gewiß nicht wie *a*, *c*³ nicht wie *e*. Soviel ich sehe, gibt es zwei Wege, auf denen man eine Erklärung finden könnte. Entweder erschwert das Ungewohnte relativ einfacher Töne, wie sie Stimmgabeln, mit den Vokalen der Sprache verglichen, doch jedenfalls geben, das Ähnlichkeitsurteil: Das Fehlen von Merkmalen der Sprachlaute überhaupt, also von Geräuschen und alledem, was zusammengesetzte Klänge von einfacheren unterscheidet, stört den Beobachter, und umgekehrt, eine Bereicherung des Klanges innerhalb gewisser Grenzen macht ihn den Stimmlauten ähnlicher. Oder aber: Die Höhe des *c*³ und *c*⁴, die sich für den Geschulten dem *a* und *e* sehr nähern, wirkt befremdend, da doch gesprochene oder gesungene Vokale von dieser Tonhöhe nicht vorkommen; sobald nun, wie es gerade bei Oktaven leicht geschieht, der höhere Ton seinen Höhenwert verliert, und seine Vokalfärbung sozusagen auf den tieferen übergeht, nähert sich der Charakter des ganzen wiederum mehr dem natürlicher Sprachklänge.

¹ Als längere Versuchsreihen begonnen werden sollten, mußte die Versuchsperson, die diese Untersuchungen trotz aller Abneigung dagegen standhaft aushielt, leider verreisen.

Wir haben auf die Schwierigkeiten, die der Anfänger bei solchen Versuchen zu finden pflegt, einigen Nachdruck gelegt, nicht nur, weil sie ja bei einer Nachprüfung dieser Untersuchungen sofort auffallen und uns entgegengehalten werden würden. Das Ziel, das wir uns vorläufig steckten, ist rein sinnespsychologischer Natur, allein die Eigenschaften des phänomenalen Tonsystems sind festzustellen. Aber wir verkennen keineswegs, daß viele, vielleicht die meisten Arten höherer psychischer Vorgänge schon in diese Frage wie in alle ähnlichen hineinspielen und als eine noch ungeklärte Vielheit notwendig vorausgesetzter Prozesse an den Einzelresultaten teilhaben müssen, wenschon wir nicht in der Lage sind, diesen Einfluß genau zu verfolgen. Schon das ist eine Trivialität, und wir wollen ihr nicht weitere an die Seite stellen, indem wir die Gründe anführen, welche uns bei Beachtung gewisser methodischer Sicherheitsmaßregeln dennoch erlauben, Gesamtergebnisse derartiger Versuche wirklich auf die Inhalte zu beziehen, für deren Untersuchung sie gewonnen wurden. Und so durften und mußten auch Selbstbeobachtungen über die Art und Weise, wie die zahlreichen Urteile zustande kamen, im allgemeinen zurücktreten hinter der nächstliegenden Aufgabe einer genauen Beobachtung der Empfindungsinhalte. Sind einmal die Eigenschaften dieser bekannt, so läßt sich — und der Verfasser wüßte kaum einen günstigeren Fall zu nennen — die ganze Untersuchung mit anderen Versuchspersonen wiederholen, nunmehr aber, um den Prozeß der Abstraktion zu studieren. Immer wieder beobachtet man die merkwürdige Tatsache, daß Beobachter, die vor kurzem noch unsichere und einander widersprechende Urteile abgaben, nach vier oder fünf Versuchsreihen den Kopf schütteln, wenn sie jetzt andere Anfänger in derselben Lage sehen; sie können gar nicht mehr begreifen, wie da überhaupt Zweifel möglich sind: Die Abstraktion des vokalähnlichen Momentes in den Tönen ist ihnen eben geläufig geworden.

Zu dem ersten Resultat der Vorversuche haben wir nunmehr das zweite zu fügen, welches zuerst über die oben wiedergegebenen Anschauungen, von denen aus die Untersuchung unternommen wurde, hinausführte. Zwar fand ich nur eine Erwartung bestätigt, als die Töne, welche den maximal vokalähnlichen (im folgenden auch kurz Vokale genannt) unmittelbar benachbart sind, mit denselben Namen bezeichnet wurden wie diese, mit der Einschränkung, sie seien ein weniger gutes oder deutliches *u*, *o*, *a* usw. Aber gerade diejenigen Beobachter, die am schnellsten oder sofort zu sicheren Angaben über die optimalen Vokale gekommen waren, gingen auch hier sogleich zu präziseren Urteilen insofern über, als sie die Art der Abweichung durch Ausdrücke wie „*a* nach *o* hin“, oder „*i* mit ein wenig *e*“ u. dgl. m. charakterisierten, und die weniger geschulten Versuchspersonen verfahren genau so, nachdem wieder eine

Periode der Unsicherheit überwunden war. Nicht lange, so zeigte sich, daß ganz spontan von allen die Tonreihen, die sich zwischen je zwei Vokalen erstrecken, in ihrer ganzen Ausdehnung als eine Art Zwischenvokale aufgefaßt und beurteilt wurden, so daß z. B. — ich zitiere aus einem Protokoll — nacheinander die Aussagen folgten:

900 ¹	<i>a</i> nach <i>o</i> hin
400	<i>u</i> „ <i>o</i> „
2400	gutes <i>e</i>
450	zwischen <i>u</i> und <i>o</i>
3200	<i>i</i>
	usf.

Es ist selbstverständlich, daß diese Fähigkeit, die Richtung der Abweichung von den optimalen Vokalen anzugeben, nicht beliebig weit geht, aber sie findet ihre Grenze nur in der unmittelbarsten Nähe jener, so daß z. B. Unsicherheit darüber herrschen kann, ob die Stimmgabel von 1100 Schwingungen, die im allgemeinen als gutes *a* bezeichnet wurde, vielleicht noch ein wenig nach *o* oder vielmehr schon etwas nach *e* klingt, wenn einmal der Eindruck entstanden ist, sie gebe kein völlig reines *a*. Dagegen bei den Gabeln, deren Schwingungszahlen beiderseits etwa gleich weit von zwei optimalen Vokalen entfernt liegen, ist es gar nicht zweifelhaft, daß sie beiden ähnlich sind, und nur darüber sind die Versuchspersonen bisweilen im unklaren, ob etwa der Ton 750, den sie sofort zwischen *a* und *o* einordnen, dem ersten oder zweiten mehr ähnelt. Strecken aber, die mit den Vokalen überhaupt keine Verwandtschaft gehabt hätten, konnten in den Vorversuchen nicht gefunden werden.

Indessen wurde es bald aufgegeben, die ganze Tonreihe in dieser Weise zu untersuchen. Denn für alle Versuchspersonen übereinstimmend ergab sich, daß die optimalen Vokale sämtlich in einem Bereich enthalten waren, der die Töne von der kleinen bis zur fünfgestrichenen Oktave umfaßt. Ebenfalls für alle fand sich, daß in dieser Strecke den niedrigsten Schwingungszahlen das *u* zugeordnet wurde und daß die übrigen in der Reihenfolge *o a e* und *i* folgten.

Dieselbe Reihenfolge auch der gesprochenen und gesungenen Vokale scheint für viele etwas Natürliches zu haben. Ich er-

¹ Die Zahlen geben die Frequenzen der Stimmgabeln an.

innere mich noch sehr wohl, wie ich bei der ersten Lektüre des klassischen Werkes von HELMHOLTZ zunächst bemüht war, mir die Noten der Resonanzmaxima für die einzelnen Vokale (S. 177 f. der 4. Aufl.) mechanisch einzuprägen, sie immer wieder vergafs und davon Abstand nahm, als ich plötzlich bemerkte, wenigstens ihre Reihenfolge in der Skala entspreche genau einer Vokalfolge, die mir mit einem Male irgendwie selbstverständlich vorkam, nämlich der eben angegebenen.¹ Bisweilen habe ich Bekannten die Frage gestellt, ob ihnen irgend eine Anordnung der Vokale besonders natürlich vorkomme, und habe meistens gefunden, dafs entweder die Frage nicht verstanden oder aber nach einigem Besinnen eben jene Aufeinanderfolge als natürlich bezeichnet wird. In den Fällen, wo man keine Antwort bekommt, oder die Anordnung irgend abweicht, ist das gleiche Resultat oft dadurch zu erreichen, dafs man fortgesetzt Fragen von der Form stellt: Ist das *a* oder das *e* dem *o* ähnlicher? und so indirekt eine Vokalreihe konstruieren läfst.

Wenigstens anzudeuten ist schon hier, auf welchen Wegen eine Erklärung der besprochenen Anordnungstendenz versucht werden könnte, weil sich dabei ein nicht ganz unmöglicher Einwand gegen unsere Versuche sogleich erledigen läfst. Wenn, wie erwähnt, die Reihenfolge der Resonanzmaxima mit der „natürlichen“ der Vokale zusammenfällt, liegt dann nicht die Vermutung nahe, wir hätten, wenn auch nicht bei absichtlicher Beobachtung und deutlich, irgendwie bemerkt, dafs die verstärkten Komponenten in gesprochenen und gesungenen Vokalen vom *u* über *o*, *a* und *e* bis zum *i* die Tonleiter emporsteigen? Sagt doch der alte KEMPELEN, den WILLIS (*Poggend. Ann. d. Phys.* 24. 1832) zitiert: „Il me semble, que lorsque je prononce des voyelles différentes sur le même ton, elles ont pourtant quelque chose qui donne de change à mon oreille, et me fait penser qu'il y a une certaine mélodie, qui cependant comme je le sais très-bien ne peut être produite que par la variation des tons en aigus et en graves. . . .“ Aber wer den Versuch macht, findet, dafs das „Melodieartige“ nicht etwa vom *u* zum *i* immerfort auf-, sondern, wenn man vom *u* herkommt, nach dem *a* wieder hinabsteigt, weil *e* und *i* aufser den hohen auch starke

¹ Wo für einen Vokal zwei Resonanzmaxima angegeben sind, gilt das Gesagte für das obere von ihnen.

Resonanztöne unterhalb von dem des *a*, identisch mit denen des *o* und *u* haben. Vielleicht aber wird er nicht einmal das finden; denn immerhin gehört einige Übung dazu, über die Richtung, welche die „Melodie“ nimmt, ins klare zu kommen; vollends die Obertöne von *e* und *i* genau herauszuhören, welche in das bei diesen Vokalen verstärkte Bereich fallen, ist mir noch heute unmöglich. Indessen würden wir uns nicht wundern, wenn man versuchen sollte, auf dem angedeuteten Wege noch viel mehr zu erklären, und behauptete, die Ähnlichkeit einfacher Töne mit Vokalen überhaupt sei daraus abzuleiten, daß z. B. im gesprochenen *u* starke Töne um c^1 , im *e* solche um c^4 mitklingen usf. Dabei habe sich die Höhe c^1 mit dem Namen *u*, c^4 mit der Benennung *e* assoziiert und nunmehr reproduzierten die beiden Höhen die assoziierten Namen. — Hier scheint uns eine Verwechslung vorzuliegen: Wohl kann man kaum daran zweifeln, daß unbemerkte Teile des jeweiligen Wahrnehmungsbestandes Vorstellungen zu reproduzieren vermögen, mit denen sie früher in Assoziation traten; dafür mußten sie jedoch bei Stiftung der Assoziation offenbar bemerkt sein. Gerade umgekehrt aber würde sich der Sachverhalt in unserem Falle darstellen: bei der Entstehung der Assoziation wären die einfachen Töne, die später als reproduzierende Momente dienen sollten, unbemerkt geblieben. Wir halten es für ganz unwahrscheinlich, daß auf diesem Wege überhaupt Assoziationen von nennenswerter Stärke zustande kommen sollten, ganz besonders aber in diesem Falle; denn meine Beobachter sind nicht einmal imstande, mit klar erfaßten Tonhöhen irgend etwas zu assoziieren, da sie ja kein absolutes Tonbewußtsein besitzen. Sollten sie etwa ein absolutes Tonunterbewußtsein haben? — Wir verzichten danach auf eine Angabe der weiteren Gründe, die einen derartigen Erklärungsversuch als verfehlt erscheinen lassen. Als einen Irrweg wird ihn ohnehin jeder erkennen, der die später folgenden Mitteilungen in eigener Beobachtung nachprüft.

Einen etwas besseren Weg zur Deutung unserer Anordnungstendenz schlägt man durch den Hinweis darauf ein, daß beim Singen die Vokale nur in der angegebenen „natürlichen“ Reihenfolge kontinuierlich ineinander übergeführt werden können. Wollte man z. B. mit *a* beginnen, so würde man bald gezwungen sein, die akustische Kontinuität durch einen Sprung zu unterbrechen und ebenso bei allen anderen Anfängen außer denen

von *u* oder *i* aus, die beide jene Reihenfolge, nur von entgegengesetzten Seiten her, aus sich entwickeln lassen. Aber man bemerkt nicht, daß diejenigen, welche man zur Einordnung der Vokale in eine Reihe auffordert, den einfachen Versuch anstellen, sie singend durch stetige Übergänge zu verbinden, und gegen die Annahme eines Schlusses aus unbemerkten Erfahrungen in dieser Richtung spricht diesmal, daß die Befragten — es dürfen natürlich keine Phonetiker sein — den Versuch hinterdrein als eine interessante Neuigkeit ausprobieren.

Da endlich die kinetischen Empfindungen beim Aussprechen der Vokale, wenn man vom *u* allmählich bis zum *i* fortschreitet, eine Reihe bilden, die ungefähr wie die „Melodie“ KEMPELENS (und die Parallele liegt in der Natur der Sache) nach dem *a* wieder rückwärts läuft,¹ so bleibt nichts anderes übrig als die Annahme, daß die Vokale sich für gute Beobachter auf Grund der Tonfarbenverwandtschaft ihrer Hauptkomponenten einer natürlichen Anordnung einfügen. Wie die Erklärung im einzelnen zu gestalten ist, davon können wir wieder deshalb noch nicht sprechen, weil die für Tonmehrheiten geltenden Gesetze uns noch nicht bekannt sind.

Aber die Urteile der Versuchspersonen ergaben merkwürdigerweise nicht nur für alle die gleiche Reihenfolge der Vokale in ihrer Zuordnung zu den Tonhöhen, sondern nach anfänglichen Abweichungen auch eine so gute Übereinstimmung in den absoluten Schwingungszahlen, denen gute Vokale entsprechen sollten, daß ich schließlic unwillkürlich die Gewohnheit annahm, in den Protokollen die Urteile neuer ungeübter Versuchspersonen in „richtige“ und „falsche“ zu scheiden, und jedesmal näherten sich denn auch ihre Angaben, wo sie anfänglich abweichend gewesen waren, sehr bald denen der übrigen, den „richtigen“. Ganz unerklärlich aber war mir damals, weshalb in der ersten Zeit gewisse Urteilsverschiebungen bei den meisten Versuchspersonen übereinstimmend erfolgten, so daß z. B. die für gut erklärten *o* rasch etwas nach unten, dagegen die *a* im allgemeinen ein wenig und die *i* beträchtlich nach oben rückten. Von Suggestion seitens des Versuchsleiters konnte schon deshalb keine Rede sein, weil ich nur ganz indifferente Fragen an die Versuchspersonen richtete und vor allem, weil ich zu meiner

¹ Wir bitten, nur die Probe zu machen; sie wirkt sogleich überzeugend.

Verwunderung dieselben Verschiebungen erst zu der gleichen Zeit an mir selbst erlebte, indem ich mich unwillkürlich bei jedem Versuch fragte: Wie würdest du in diesem Falle urteilen?

Endlich zeigte sich Übereinstimmung zwischen den Angaben der Beobachter auch insofern, als sie die sogenannten Umlaute *ö* und *ü* in der Reihe einfacher Töne nicht fanden. Zwar kam es bisweilen vor, daß der Klang tieferer Gabeln aus dem *u*-Gebiet, seltener der sehr hoher in der Nähe des optimalen *i* als *ü*-ähnlich bezeichnet wurde, aber die Versuchspersonen fanden in beiden Fällen recht bald von selbst, daß der Klang unrein war und daß im ersten hohe Obertöne durch ungewandtes Anschlagen des Experimentators mitgeklungen hatten, und auch im zweiten eine Beimischung, und zwar geräuschartigen Charakters vorhanden war, die übrigens kein eigentliches *ü* ergab. Wurden die betreffenden Gabeln durch andere von gleicher Höhe ersetzt oder mit aller Vorsicht angeschlagen, so blieben auf *ü* lautende Urteile schliesslich von selbst aus. Ebenso sind die wenigen Urteile zu erklären, in denen Töne aus dem *o*-Gebiet mit *ö* bezeichnet wurden. Auch sie unterblieben nach kurzer Zeit, weil die Versuchspersonen von den unharmonischen Obertönen der Gabeln, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, abstrahieren lernten. Ein einziger Beobachter hat Töne eines ganz bestimmten anderen Gebietes wiederholt mit *ö* bezeichnet, worauf wir noch zu sprechen kommen.

Für die Hauptversuche wurden 30 Gabeln des angegebenen Bereiches ausgewählt, deren tiefste auf 163, deren höchste auf 4000 Schwingungen abgestimmt war. Eine völlig gleichmäßige Verteilung der übrigen auf das dazwischen liegende Gebiet verlangte das Ziel der Versuche, wie es meine damaligen Anschauungen bedingten, nicht, für manche Stellen der Skala besaß das Institut auch nicht die erforderlichen Gabeln. So waren die kleine, die ein- und viergestrichene Oktave schwächer vertreten als die beiden übrigen, und im einzelnen kamen neben etwas großen Intervallen auch Häufungen vor; für die Beweiskraft der Versuche ist das nur vorteilhaft. Jede der Gabeln wurde im ganzen 15mal dargeboten, in jeder Versuchsreihe, während deren natürlich die Reihenfolge der Darbietungen ganz ungeordnet und willkürlich war, durchschnittlich einmal. Gelegentlich jedoch kam mehrere Tage hintereinander eine ganze Gruppe einander benachbarter Tonhöhen aus einem anzugebenden Grunde nicht vor. — Der Versuchsleiter saß hinter der Versuchsperson, schlug die Gabeln an und näherte sie erst einige Zeit danach dem Ohr des Beobachters, weil sich in den Vorversuchen erwiesen hatte, daß das Anschlagegeräusch sehr störte und einige Augenblicke hinterher die hohen Obertöne noch be-

sonders merklich waren. Es wurde natürlich darauf geachtet, daß die Versuchspersonen die Gabeln nicht sahen, so daß eine Beeinflussung durch deren Gestalt und die Größe des Resonanzkastens vermieden wurde. Wenn das Urteil nicht sofort sicher war, wurde die Darbietung so oft wiederholt, wie die Beobachter es wünschten. Als besonders vorteilhaft zeigte es sich, den Ton nur für eine kurze Zeit, nachdem die Gabel dem Ohr genähert war, erklingen zu lassen und dann schnell mit dem Finger zum Schweigen zu bringen, worauf wir bei Besprechung der Resultate noch zurückkommen.

Durchgeführt wurden diese Reihen nur mit drei Beobachtern, den Verfasser eingerechnet. Das sind natürlich zu wenig Zeugen in einer wichtigen Verhandlung, zumal einer von ihnen parteiisch sein könnte. Es wäre aber töricht gewesen, mit einer Häufung solcher Versuche Zeit zu verlieren: Denn erstens zeigte sich, daß sie mit Stimmgabeln gar nicht angestellt werden dürften, weil deren Klänge gerade bei dieser Gelegenheit wieder als recht zusammengesetzt erkannt wurden, und die Obertöne zu einer Streuung der Urteile führten, die offenbar nicht in der Natur der eigentlich zu beurteilenden Materie begründet war. Sodann beantworteten ihre Ergebnisse alle gröberen Fragen genau entsprechend den Vorversuchen, welche demnach in dieser Hinsicht zu den Hauptversuchen ohne weiteres hinzugezogen werden könnten. Drittens ergaben sie trotz der primitiven Mittel bereits mit ausreichender Bestimmtheit ein Resultat, das wieder einen Schritt über unsere bisherige Stellungnahme hinaus bedeutet; und endlich legten sie die Vermutung nahe: Vielleicht haben wir überhaupt bisher im Dunkeln getappt, viel wichtigere Dinge sind hier im Spiele, als der Klangcharakter der Vokale, und andere Versuche müssen darüber sofort entscheiden. So wurde denen, über die wir zunächst berichten, durch sie selbst ein Ende gemacht.

Versuchspersonen waren außer dem Verfasser Herr Dr. phil. v. ALLESCH und Herr cand. phil. GOTHOT. Der letztere war zur Zeit dieser Versuche Neuling in psychologischen Beobachtungen, Herr v. A. hat darin große, ich selbst habe einige Übung, aber Herr v. A. beteiligt sich zum erstenmal an akustischen Versuchen, da seine Begabung wie sein Interesse für musikalische Dinge gering und seine Aufmerksamkeit im ganzen stark visuell gerichtet ist, so daß ihn diese Beobachtungen sehr anstrengen.

Herrn G. gelingt das Nachsingen von Stimmgabeltönen im Anfang nicht recht, doch lernt er es bald, dokumentiert sich aber doch als wenig musikalisch, als er bei späteren Versuchen mehrmals Tonschritte ihrer Richtung nach nicht zu beurteilen vermag, obwohl die Distanzen mehrere Schwingungen betragen. Der Verfasser selbst ist zwar musikalisch interessiert, aber wenig geschult und nur etwa von der durchschnittlichen Begabung für eigentlich musikalische Leistungen, wie z. B. das Erkennen von Intervallen. Von absolutem Tonbewußtsein ist bei ihm zu jener Zeit so wenig die Rede wie bei den anderen Versuchspersonen dieser und der Vorversuche.

Die folgenden Tabellen geben in ohne weiteres verständlicher Weise die erhaltenen Resultate derart wieder, daß hinter jeder Schwingungszahl (linke Randkolumne) die Anzahl der Urteile angegeben sind, in denen der betreffende Stimmgabelton mit den oben vermerkten Vokalen benannt wurde. Dabei bedeutet *u—o* ein *u*, das etwas *o* enthält, *o—u* ein *o*, das nach *u* hin abweicht, und entsprechend sind die übrigen zusammengesetzten Bezeichnungen aufzufassen. In Fällen, wo die Versuchsperson im Zweifel war, ob z. B. ein Ton mehr nach *a* oder nach *e* hin klang, wurde doch eines der Urteile *a—e* oder *e—a* verlangt, ebenso bei den ganz vereinzelt Urteilen vom Typus: mitten zwischen *e* und *i*. Bei wiederholter Darbietung der betreffenden Töne wurden solche Angaben ohnehin nicht lange aufrechterhalten, und so darf dieser Fehler in der Methodik wohl bei den sonstigen Mängeln der Versuche nicht hoch angerechnet werden, hatten doch überdies die „Gleichheitsfälle“ kein besonderes Interesse für die Fragen, die nach meinen damaligen Voraussetzungen zunächst zu beantworten waren.

Zu den einzelnen Tabellen ist zunächst folgendes zu bemerken: Der ersten Versuchsperson, Herrn Dr. v. A., die, wie gesagt, für das akustische Gebiet geringe Veranlagung und Neigung besitzt, erschwerte ich absichtlich ihre Aufgabe noch dadurch, daß ich kaum einige Vorversuche mit ihr machte, bei denen sie übrigens fast sogleich „richtig“ urteilte, und ferner ihre Versuchsreihen dreimal für längere Zeit (das zweite Mal für etwa 4 Wochen) unterbrach und ohne vorbereitende Übung wieder aufnahm. Herr G. dagegen hatte, als die mitgeteilten Reihen begonnen wurden, viele Vorversuche hinter sich, und bei ihnen schon lange „richtig“ geurteilt. Ich beabsichtigte bei ihm,

Tabelle I.

Vp. v. ALLESCH.

	u	u-o	o-u	o	o-a	a-o	a	a-e	e-a	ä	e-ä	e	e-i	i-e	i
163	12	3													
195	8	6	1												
231	9	6													
259	10	5													
329	3	7	4		1										
350	2	5	7	1											
400		4	7	3	1										
435		1	3	4	7										
480			2	11	2										
550			2	7	6										
600				3	9	3									
650			1	2	8	4									
700				1	3	10	1								
750					8	7									
800				1	6	8									
900					2	11	2								
1000					1	8	4	2							
1100					1	6	5	3							
1200						2	7	6							
1365						1	9	4	1						
1536					1	1	2	10	1						
1600						1	2	11		1					
1707							3	7	4	1					
1920								2	9		1	2	1		
2000							1	4	8	1	1				
2400												10	4	1	
2800									1			1	6	5	2
3200													3	8	4
3840															15
4000														1	14

Tabelle II.

Vp. Готтор.

	u	u-o	o-u	o	o-a	a-o	a	a-e	e-a	ä	e-ä	e	e-i	i-e	i
163	13	2													
195	13	1	1												
231	15														
259	15														
329	13	2													
350	6	8	1												
400	9	5	1												
435	2	2	11												
480		5	8	2											
550			5	4	6										
600				10	5										
650			2	3	8	2									
700				3	4	8									
750			1	1	4	9									
800					4	11									
900					1	11	3								
1000						8	7								
1100						1	14								
1200							13	2							
1365							4	8		3					
.															
.															
.															
2800												4	5	3	3
3200													5	1	9
3840													3	1	11
4000													2		13
u	u-o	o-u	o	o-a	a-o	a	a-e	e-a	ä	e-ä	e	e-i	i-e	i	

Tabelle III.

Vp. KÖHLER.

	u	u-o	o-u	o	o-a	a-o	a	a-e	e-a	ä	e-ä	e	e-i	i-e	i
163	15														
195	15														
231	14			1											
259	15														
329	2	1	3	9											
350	2	10	2	1											
400	1	1	7	6											
435		2	4	9											
480			6	8	1										
550				11	4										
600				5	9	1									
650				3	8	4									
700					3	12									
750					2	13									
800					1	13	1								
900						12	3								
1000						6	7	2							
1100						2	13								
1200							10	5							
1365							4	11							
1536								13	2						
1600								7	7	1					
1707								1	7	6	1				
1920									1	5	4	4	1		
2000										2	1	2	10		
2400													11	4	
2800													1	14	
3200														6	5
3840														1	2
4000															2
u	u-o	o-u	o	o-a	a-o	a	a-e	e-a	ä	e-ä	e	e-i	i-e	i	

zu prüfen, bis zu welcher Sicherheit die Angaben einer Versuchsperson von ebenfalls mässiiger akustischer Veranlagung durch fortgesetzte Übung gebracht werden könnten. Die in seiner ersten Tabelle fehlenden Urteile über 6 Töne aus der oberen Hälfte der drei- und dem Anfang der viergestrichenen Oktave trage ich, um die Übersichtlichkeit der übrigen nicht zu stören, in einer besonderen Übersicht nach.

Tabelle IIb.

Vp. GOTHOT.

	<i>a-e</i>	<i>a-ä</i>	<i>ä-ö</i>	<i>ö</i>	<i>ä</i>	<i>ä-e-ö</i>	<i>ä-e</i>	<i>ö-e</i>	<i>e-ö</i>	<i>e-ä</i>	<i>e-ö-i</i>	<i>e</i>	<i>e-i</i>	<i>i-e</i>
1536	6		3	1	3			1	1					
1600	2	1	5	2		3			1				1	
1707			3		8		1		2				1	
1920								1	6	1	1	6		
2000								3	4	1		6	1	
2400									3			2	7	3

Der Verfasser endlich war durch die unwillkürlichen Urteile, die er als Versuchsleiter abgab, in guter Übung, als seine Reihen begannen. Eigentlich „falsche“ Urteile in dem Sinne, daß etwa ein *a* für ein *u* gehalten wäre u. dgl., hat er von Anfang an nicht abgegeben, seitdem er überhaupt auf die behandelte Eigenschaft von Stimmgabeltönen aufmerksam wurde.

Über die Art und Weise, wie die Urteile zustande kamen, ist zweierlei zu bemerken. Alle drei Versuchspersonen und nicht nur sie, sondern auch alle, die an den Vorversuchen teilnahmen oder später gelegentlich in längeren Reihen urteilten, stellten mit Entschiedenheit in Abrede, daß sie irgendwie auf Grund einer Tonhöhenkenntnis zu ihren Aussagen kämen. Da indessen, wie ich damals glaubte, trotzdem der Einwand gemacht werden könnte, die Versuchspersonen würden sich allmählich darüber klar, in welcher Gegend des überhaupt untersuchten Teiles der Tonreihe ein dargebotener Ton liege, verteilten nun sozusagen die Vokale auf die ganze Strecke und beurteilten demgemäß die höheren Töne als *i* oder *e*, mittlere als *o* usf.,

habe ich von Herrn Dr. v. A. und Herrn G. mehrere Tage hintereinander alle diejenigen Töne nicht beurteilen lassen, die von ihnen bisher als *u* bezeichnet worden waren. Der Erfolg war nicht der, daß die Versuchspersonen nun eine neue „Verteilung“ der Vokale auf der Skala vornahmen, also z. B. *u* nannten, was bisher als zwischen *u* und *o* liegend beurteilt worden war usf., sondern daß die *u*-Urteile vollständig ausblieben. Auch die durch dieses Verfahren erzwungene Häufung der *u*-Versuche an den folgenden Tagen brachte keine Störung mit sich.

Nach kurzer Zeit waren ferner alle Versuchspersonen darin einig, daß sie, um nach ihrem subjektiven Eindruck zu urteilen, nicht etwa — wie es vielleicht durch die Fragestellung nahegelegt war — den gehörten Ton nacheinander mit den verschiedenen Vokalen vergleichen dürften, weil sie sonst leicht durch die Vokalvorstellung den gehörten Vokal „überdecken“ und etwas Fremdes in ihn hineinhören könnten. Eben um das Auftauchen akustischer und akustisch-motorischer Vergleichsvorstellungen zu verhindern, wurde jede einzelne Darbietung auf kurze Zeit eingeschränkt und in Fällen, wo ein sicheres Urteil nicht sofort zustande kam, der Versuch mehrmals wiederholt. Bei dem Verfasser ist ferner die Disposition, die Gesichtsmuskeln unwillkürlich für die jeweilige Vokalstellung der Mundhöhle zu innervieren, ganz erstaunlich groß. Nicht umsonst saß er als Versuchsleiter hinter dem Beobachter: Hunderte von Malen bemerkte er zu seinem Erstaunen, daß sein Mund, während er ein für ihn sogleich feststehendes Urteil von der Versuchsperson zu hören erwartete, unter fester Anspannung der Muskeln die betreffende Resonanzstellung angenommen hatte. Nach und nach verliert sich übrigens die Gefahr einer Beeinflussung durch jenen Vorstellungs-, diesen Empfindungsfaktor, weil das Urteil als eine unmittelbare Benennung immer rascher erfolgt und zumal über die Hauptkomponente in einem Ton, ob er also vor allem *a* oder *i* usw. enthält, kaum jemals mehr ein Zweifel besteht. „Bei den besten Vokalen,“ sagte Herr v. A. bald nach Beginn der Versuche aus, „höre ich eben einfach, welcher es jedesmal ist.“ Eine irgendwie geartete Überlegung ist nicht mehr festzustellen, ebensowenig als wenn jemand die Vokale nachsprechen sollte, die ein anderer ihm vorsagt. Allein in den Fällen, wo es sich um die feinere Angabe handelt,

ob z. B. ein Ton als *o—u* oder *u—o* zu beurteilen ist, spielen sich naturgemäß kompliziertere Vorgänge ab.

Wiederum alle Versuchspersonen geben bald an, daß der Vokalcharakter einer angeschlagenen Stimmgabel während der Dauer des Tones nicht ganz konstant bleibt, und schließen von selbst aus der Art der am häufigsten vorkommenden Änderungen, daß sie auf das Hervor- oder Zurücktreten von Obertönen zurückzuführen sind; denn in der Regel handelt es sich um Vokalbeimischungen, die zu den sonstigen Erfahrungen der Beobachter nicht recht stimmen. Wenn z. B. ein zwischen *u* und *o* liegender Ton bei genauester Prüfung auch noch eine Spur *a* zu enthalten scheint, während sonst im allgemeinen nur zwei „Komponenten“ anzugeben waren, und wenn die geringe Beimischung von *a* sich zuweilen bald nach dem Anschlagen verliert, so liegt die Meinung nahe, es handle sich um die Mitwirkung der Oktave und Duodezime. Leider ist es oft außerordentlich schwer, sich darüber klar zu werden, ob wirklich ein Oberton die schwache Nuancierung hervorbringt oder ob sie im Grundton schon enthalten ist; Herr Dr. v. A. und Herr G. wenigstens können der Tonhöhe nach nur Obertöne heraushören, die durch eine weite Distanz von dem Grundton getrennt sind. — Das auffälligste Beispiel einer Obertonwirkung findet sich in meinen Urteilen über den Ton 329, die ich wie die übrigen nach dem unanalysierten Eindruck abgab, obwohl ich die starke Oktave mehrmals sehr wohl als vorhanden erkannte;¹ weniger merklich dürfte das Abweichen der Stimmgabelklänge von der Einfachheit reiner Töne fast überall mitgespielt haben, auch in dem Sinne, daß die Versuchspersonen, gewöhnt, von gewissen Beimengungen der Töne zu abstrahieren, gelegentlich eine „hellere“ Vokalnuance des Grundtones fälschlich auf dergleichen zurückführten und infolgedessen nicht angaben. Ich habe nach Abschluß der Versuche bei mehreren Gabeln, bei denen Grund zu Argwohn war, den Grundton durch Interferenz ausgelöscht und war aufs höchste überrascht, wie kräftige Töne von der Höhe und dem Vokalcharakter der jeweilig ersten Obertöne zurückblieben. — Neben der Beeinflussung der Urteile durch

¹ Eben diese Gabel, so äußerte sich Herr v. A., kann sogar nach *a* klingen. — Vernichtet man übrigens ihre Obertöne durch Interferenz, so bleibt der Grundton als ein deutliches *u—o* zurück.

höhere Partialtöne scheint noch, wie wiederholte Aussagen der Versuchspersonen vermuten lassen, eine Einwirkung von Intensitätsunterschieden zu bestehen. Von der Gabel 2000 z. B., die bald nach dem Anschlagen wie $e-a$ klingt, wird gelegentlich ausgesagt, ihr Ton gehe mit abnehmender Intensität allmählich fast in e über, während doch — wenigstens glaubt es der Beobachter voraussetzen zu dürfen — die Obertöne zu Anfang relativ stärker sein müßten, also die entgegengesetzte Veränderung zu erwarten wäre. Dieselbe Urteilsverschiebung tritt auch ein, wenn die Gabel vom Ohr des Beobachters entfernt wird: Zugleich mit dem kleinen Ansteigen der Tonhöhe, das ebenfalls dabei bemerkt wird, tritt, wenn ich so sagen darf, eine „Aufhellung“ des Vokals, eine geringe Verschiebung nach höheren Vokalen hin ein. Indessen ist der Einfluß der Intensität vollständig zu vernachlässigen in einem Verfahren, das den gröberen Mangel hat, an Stimmgabelklängen die Eigenschaften einfacher Töne zu untersuchen.

Durch beiderlei Einflüsse nicht zu erklären ist meiner Meinung nach die Abweichung, die Herr G. in seinen Urteilen oberhalb des guten a zeigt und die hauptsächlich darin besteht, daß er gewisse Schattierungen des $ä$ — verschiedene Nuancen des $ä$ hören alle Versuchspersonen, nicht nur die der eben zu besprechenden Reihen, in der oberen Hälfte der dreigestrichenen Oktave — als $ö$, oder doch als mit $ö$ verwandt bezeichnet, während kein anderer Beobachter über die ersten Vorversuche hinaus das Urteil $ö$ abgegeben hat. Wenn man die Mischlaute auszusprechen versucht, durch die er jene Töne wiederzugeben bemüht war, so findet man sie sämtlich einander und zugleich dem $ä$ ähnlich, so daß der Versuchsperson vielleicht nur die Einordnung zwischen a und e nicht wie den übrigen gelungen ist, während doch bei ihr der gleiche Empfindungsbestand wie bei jenen vorliegt. Diese Erklärung wird noch wahrscheinlicher dadurch, daß für die anderen Versuchspersonen eben die Vokalcharaktere dieser Töne einen fremdartigen Eindruck machen, für den Verfasser besonders der Ton 1600, ohne daß freilich über das abzugebende Urteil ein Zweifel bleibt. Schlechthin $ö$ wurde übrigens, wie die Tabelle IIb zeigt, von Herrn G. im ganzen nur dreimal geurteilt. — Das Studium von Vokalreihen, die sich aus je zwei Tönen herstellen lassen, dürfte uns über

die psychologische Natur der Umlaute und über die erörterte Abweichung leicht Aufklärung verschaffen.

Noch eine vorläufige Bemerkung, die der Leser schon erwartet haben wird, schicken wir der Besprechung des Hauptresultates voraus. Es wurde oben bemerkt, daß der Verfasser zu Beginn der Versuche kein absolutes Tonbewußtsein besaß. Als Versuchsleiter hat er jedoch, ganz abgesehen von den Vorversuchen, 30mal den Ton jeder der 30 Gabeln unwillkürlich selbst auf seinen Vokalcharakter hin beurteilt, während er natürlich zugleich die Schwingungszahl und damit ungefähr die Note der Gabeln ablesen konnte. Die natürliche und ungewollte Folge war ein absolutes Tonbewußtsein für Stimmgabeln, derart, daß z. B. der Ton 600 auf Grund seines Vokalcharakters als mit Sicherheit zwischen c^2 und e^2 liegend erkannt werden konnte. Ich betone: das Erkennen des Vokalcharakters ist notwendige Bedingung dafür, daß das Tonhöhenurteil zustande kommt; absichtlich habe ich vermieden, eine Steigerung dieser Fähigkeit über den unabsichtlich erreichten Grad herbeizuführen, obwohl ich nicht im geringsten bezweifle, daß das Urteil, solange nicht Stimmgabeln mit starken Obertönen in Frage kommen, zu einer vollen Sicherheit bis auf Halb- und Vierteltöne zu bringen wäre. Ich behaupte noch nicht, daß die bisher unter dem Namen des absoluten Tonbewußtseins bekannten Fähigkeiten mit unserem Thema in Zusammenhang stehen.

Wir kommen zu den Hauptpunkten. Den Satz, daß Höhe und Intensität die einzigen abstrakten Momente einfacher Tonempfindungen seien, widerlegen diese Tabellen. Wie immer man die neue Eigenschaft der Töne nennen mag — wir werden ihr sogleich einen Namen geben —, daß sie besteht, wird niemand leugnen wollen. — In Übereinstimmung mit den Vorversuchen finden wir ferner, daß nicht nur für gewisse Gebiete der Tonreihe jenes Moment Ähnlichkeit zwischen Tönen und Vokalen bedingt, daß vielmehr — innerhalb des untersuchten Gebietes — jeder Ton, der nicht selbst wie einer unserer Vokale klingt, sich durch seine Ähnlichkeit zu den beiden benachbarten „Vokaltönen“ als Zwischenvokal charakterisieren läßt.

Schon aus diesem Grunde dürfte wohl eine Ableitung der Vokalähnlichkeit einfacher Töne aus ihrem Vorkommen in den sozusagen empirischen Vokalen der Sprache unmöglich sein; ganz abgesehen von den psychologischen Konstruktionen, die wir als dazu erforderlich schon oben

gekennzeichnet haben, wird überhaupt niemand, der nur einige Male Beobachtungen, wie die unsrigen, gemacht hat, von Kunststücken etwas wissen wollen, in denen Eigenschaften von Teilen auf die völlig unerklärten der Komplexe zurückgeführt werden sollten, da doch auf dem umgekehrten Wege, den wir gehen, ein bisher rätselhaftes Landschaftsbild sich plötzlich aus den einfachsten Grundformationen klar aufgebaut zeigt. Diejenigen, deren Augen trotzdem von der bisherigen Anschauung noch allzu starke Nachbilder haben, werden doch nach Lektüre des dritten Kapitels diese Dinge wohl ebenso ansehen wie wir.

Den Standpunkt der Vorversuche aber haben wir wiederum zu verlassen, weil jene zwischen zwei Vokalen liegenden Töne nicht eine unterschiedslose Menge ausmachen, sondern offenbar eine fein abgestufte Reihe bilden, die von größter Ähnlichkeit mit dem einen Vokal zu ebenso großer mit dem anderen fortschreitet, während die mit dem ersten abnimmt. Wir begründen diese Behauptung vorläufig nur damit, daß bei den Tönen, die Zwischenvokalen entsprechen, die Urteile fast ausnahmslos mit steigender Schwingungszahl allmählich nach rechts, also dem jeweilig „höheren“ Vokal zurücken. Wie fein diese Abstufung ist, kann erst das nächste Kapitel lehren.

Nur vorsichtig aber wagt der Verfasser denjenigen Gedanken einzuführen, der an diesem Punkte ihm selbst erst langsam aufdämmerte, sogleich verworfen, sich immer von neuem aufdrängte und durch andere Ergebnisse, wie sie im letzten Kapitel mitzuteilen sind, endlich zu einer nicht länger zu bezweifelnden Wahrheit wurde.

Ein Vergleich der Eigenschaft reiner Töne, von der hier die Rede ist, mit den Momenten anderer Empfindungsgebiete, die man deren Qualitäten nennt, läßt auch die Gesamtheit der „Einzelwerte“, die jene Variable des Tonsinngebietes annehmen kann, als ein qualitatives System erscheinen. Wir greifen das nächstliegende Beispiel heraus: Wie im Farbengebiet eine Reihe psychischer Qualitäten¹ vom Rot durch die Nuancen des Orange zum Gelb, von diesem eine zweite zum Grün führt usf., so verläuft eine Ähnlichkeitsreihe im phänomenalen Tonsystem vom *u* über die Abstufungen des

¹ Man vergleiche hier und zu den folgenden Ausführungen G. E. MÜLLER, Zur Psychophysik der Gesichtsempfindungen. *Zeitschr. f. Psychol.* 10.

u—o und *o—u* zum *o*, von diesem eine neue zum *a* und weitere zum *e* und *i*. Auf diesem Wege kommen wir freilich nicht zum Ausgangspunkt zurück wie im Farbensystem, aber daß die gesättigten bunten Farben auf einer geschlossenen Kurve darzustellen sind, ist ja nicht für ihre Gesamtheit als qualitatives System charakteristisch. Wie die Analogie im einzelnen sich bestätigt, wie etwa ein *o—u* ebensowenig wie ein Grün-Gelb durch Analyse in diejenigen beiden Elemente zerlegt werden kann, mit denen es doch — schon die Benennung zeigt es — die größte Verwandtschaft hat, wie eben die Sprache hier und dort bestimmte Stellen auszuzeichnen gefunden hat u. dgl. m., das sieht ein jeder ohne weiteres. Und dabei fällt ihm sicher ein: Sollte man nicht hinsichtlich der Namen, die die Sprache für ein qualitatives System im Gebiet des Tonsinnes ausbildet, ganz bestimmte Erwartungen hegen dürfen? Das Organ, aus Kehlkopf, Mundhöhle und Zunge zusammengesetzt, das überhaupt Namen gibt, findet ja in diesem Falle eben die Qualitäten zu benennen, die allein es selbst als akustisches Instrument hervorbringen kann, um dadurch die Gesamtheit der Qualitäten in den verschiedenen Sinnesgebieten zu symbolisieren. Was liegt näher, als daß es in einem solchen Falle die Qualitäten, die zu bezeichnen sind, selbst nachahmend hervorbringt? Und in der Tat, wenn die Reihe der einfachen Vokaltöne (der Ausdruck bedarf wohl keiner Erläuterung mehr) mit ihren Zwischenstufen ein qualitatives System ausmacht, so finden wir für dieses wirklich die zugehörigen Namen durch einfache Wiedererzeugung dessen, was gekennzeichnet werden soll, auf die natürlichste Weise gegeben.

Diese Namen bezeichnen freilich zunächst Komplexe, die gesprochenen Vokale, wie sie selbst Komplexe, selbst gesprochene Vokale sind. Aber man kann nichts anderes erwarten bei einem namengebenden Instrument, dessen Natur wie die aller anderen akustischen Instrumente nur die Erzeugung von zusammengesetzten Schallwellen erlaubt. Durch die Eigenart des Sprachmechanismus mit seinem Mundresonator von variabler Abstimmung wird immerhin eine starke Einschränkung in der Zahl und Stärke der notwendigerweise zugleich erzeugten Qualitäten erreicht, und da die entstehenden Komplexe, was für sie charakteristisch ist, nur den durch Resonanzwirkung dominierenden unter ihren einfachen Teilen zu verdanken haben, so wird unser Argument durch die zusammengesetzte Natur der „empirischen“ Vokale nicht entwertet. Ein Beweis zu sein, kann es ohnehin nicht beanspruchen.

Noch ein Punkt ist als Beleg dafür heranzuziehen, daß wir es hier in der Tat mit einem qualitativen System zu tun haben: Es ist im allgemeinen eine Eigenschaft von Qualitäten, nach der Empfindung, in der sie (mit den übrigen abstrakten Momenten zu einem Konkretum vereinigt) dem Bewußtsein lebhaft gegeben sind, unbewusste Spuren zu hinterlassen, die schon nach wenigen Wiederholungen entsprechender Empfindungen, wir wissen noch nicht wie, ein Wiedererkennen der abermals gegebenen Qualitäten, nach gesteigerter Wiederholungszahl eine Reproduktion ihnen ähnlicher Vorstellungen ermöglichen und schliesslich die Grundlage für abstrakte Allgemeinvorstellungen geben¹, wobei nicht daran erinnert zu werden braucht, daß ohne solche Spuren auch an eine Namengebung nicht zu denken wäre. Wir halten es für eine Bestätigung unserer Behauptung, daß diese Erscheinungen sämtlich in dem von uns als qualitativ bezeichneten System wiederkehren.

Der Leser ist vielleicht zu der Bemerkung geneigt, solche Argumente, und zumal das letzte, könnten doch unmöglich als hinreichender Beweis für die qualitative Natur des betrachteten Systems ausgegeben werden. Wir sind ganz einer Meinung mit ihm. Eine Behauptung wie die unsrige kann man überhaupt nicht beweisen, so wenig wie die Definition irgendeiner bestimmten Empfindungsqualität, z. B. eines Rot, möglich ist, am Ende muß man doch hören und sich dann selbst ein Urteil darüber bilden, ob man nach Analogie anderer Sinnesgebiete die besprochene Eigenschaft Qualität oder ich weiß nicht wie sonst zu nennen hat. Nein, hinreichend sind die obigen Bedingungen für den qualitativen Charakter eines abstrakten Momentes nicht, auch nicht einmal notwendig; das zeigen z. B. die Geruchsempfindungen, die keine rechten Namen, die Gelenk- und Muskelempfindungen, die weder Namen, noch bei den meisten scharfe Erinnerungsbilder haben. Weshalb wir diese Argumente trotzdem gebracht haben, wird sich sogleich zeigen.

Denn nun entsteht die Frage: Haben denn die einfachen Töne zwei Qualitäten, Tonhöhe und was wir jetzt als qualitativ bezeichnet haben? Laufen durch die ganze Tonreihe beide,

¹ Die unbewussten Spuren sind freilich zunächst auch solche der konkreten Empfindungen, aber kein abstraktes Moment derselben wird so sicher wiedererkannt, so genau reproduziert wie die Qualität.

unlöslich aneinander gebunden, nebeneinander hin? Das wäre an sich möglich, da bei der großen Selbständigkeit der phänomenalen Systeme, die in anderer Hinsicht durch JOHANNES MÜLLER so eindringlich betont wurde, der Gedanke nichts befremdendes mehr hat, es könnten einer physikalischen Variablen (der Schwingungszahl) zwei phänomenale entsprechen.

Jedoch, wir glauben nicht daran. Es ist Zeit, zu behaupten: Nicht Qualitäten des Tongebietes neben anderen sind es, die wir untersuchen, es sind **die** Qualitäten, die es überhaupt besitzt. Tonhöhen aber, was sie auch sein mögen, gehören an die Stelle nicht, die ihnen bisher eingeräumt wurde.

Wir haben die neuen Qualitäten mit denen anderer Sinne verglichen und fanden reichliche Beziehungen; wir vergleichen die Tonhöhen und finden gar keine. Kein Zweifel, an dieser Stelle enthält die bisherige Lehre von den Tonempfindungen einen Fehler. Wo ist das qualitative System, das so einförmig zwischen seinen Grenzen verläuft, mit dem adäquaten physikalischen System in seiner Homogenität so merkwürdige Ähnlichkeit besitzt? Keines will sich finden. Wo sind die Namen, diese „Qualitäten“ zu bezeichnen, das „Süß“ und „Sauer“, „Gelb“ und „Rot“ in einem Gebiet, wo das Namengeben so leicht wäre? Ein künstliches System, das dem Naiven fremd ist, und Analogien aus anderen Sinnesgebieten, durch die man in mehrfacher Hinsicht noch bedenklicher wird, vermögen ihr Fehlen nicht zu verbergen. Und damit in engstem Zusammenhang: Wo sind die Gedächtnisspuren, die ein Wiedererkennen, ein Reproduzieren und Allgemeinvorstellungen bestimmter Stellen des ganzen Systems ermöglichen? Nur die wenigen, die im Besitz des absoluten Tonbewußtseins sind, scheinen dergleichen zu besitzen, und so merkwürdig sind die Eigenschaften ihrer Fähigkeit, daß sie als ein Gedächtnis für Tonhöhen nicht lange mehr wird aufgefaßt werden können.

Wir wollen wieder keinen Beweis versuchen. Der Leser ist erstaunt, befremdet, der Autor war es auch einmal, und weiß aus Erfahrung, wie allein er die ganz anders gerichteten Gedanken anderer in so ungewohnte Bahnen lenken kann: Alles, was über den Begriff der Tonhöhe in einer späteren Arbeit zu sagen ist, wird von der negativen, was jetzt und im dritten Kapitel über die Eigenschaften unserer Qualitäten berichtet

werden soll, wird von der positiven Seite her unsere Behauptung immer plausibler erscheinen lassen.

Über einige Gegenargumente indessen haben wir uns schon jetzt zu äußern. Für die Phonetik, so könnte man sagen, mögen diese neuen Qualitäten die größte Bedeutung haben, für die Musik, das ist die Hauptsache, kommen sie nicht in Betracht; da ferner in der Musik Tonhöhen doch immer das Wesentliche bleiben werden, so sind sie es auch für die Psychologie der Tonerempfindungen, und die neuen Qualitäten werden für die psychologische Akustik ein nicht sehr wesentliches Merkmal einfacher Töne. Nun, der Verfasser ist mit dieser Auffassung der Tonpsychologie, als sei sie nur Hilfswissenschaft und Vorbereitung für die Musiktheorie, ganz und gar nicht einverstanden und betont mit Nachdruck, daß keine praktische Anwendbarkeit, und sei es in der höchsten aller Künste, darüber zu entscheiden hat, welchen Begriffen eine zentrale Stellung in der Theorie des phänomenalen Tonsystems zukommt. Übrigens haben die absoluten Tonhöhen — und nur solche kommen in diesem Zusammenhang als Qualitäten in Betracht — für die Musik genau ebensowenig oder ebensoviel Bedeutung, wie das, was der Verfasser Qualitäten nennt.

Aber könnte man nicht zweitens Analogien mit Empfindungen anderer Sinne auch heranziehen, um gegen unsere Behauptung zu argumentieren? Das Rot und Grün, das Warm und Kalt usw., die die Qualitäten anderer Sinne sind, finden wir doch in der Tat als das „Empfindbare“ eben dieser Sinne, wo immer die Organe Reizen von hinreichender Stärke ausgesetzt sind, mögen sie nun äußere oder innere sein. Und die Qualitäten des Tongebietes sollten sich aufser in den Vokalen der Sprache nur in Versuchen dokumentieren, bei denen mit künstlich hergestellten einfachen Tönen gearbeitet wird? — Zunächst, wenn es so wäre, — wir würden ruhig bei unserer Behauptung bleiben, gerade da nur von den Elementen akustischer Wahrnehmungen bisher die Rede war und noch nicht abzusehen ist, welche Ergebnisse aus ihrer Kombination entstehen können, aufser *ö* und *ü*; denn diese und ihre Übergänge ineinander kennt unsere Sprache wohl nur deshalb als die einzigen Beispiele, weil der Resonanzmechanismus von Mundhöhle und Zunge nur sie und nicht die übrigen möglichen Kombinationen hervorzubringen erlaubt. Wenn wir also nur zeigen können,

dafs zusammengesetzte Klangwahrnehmungen in jedem Falle aus Elementen bestehen, deren qualitativ „Empfindbares“ unseren Qualitätenreihen angehört, so verkehrt sich der angeführte Einwand sogleich in eine Bestätigung unserer Behauptung.¹ Und leicht ist dieser Nachweis zu erbringen: Wir haben im ersten Kapitel über Versuche berichtet, in denen einzelne und zwar die dominierenden Komponenten von gesungenen Vokalklängen durch Ausschaltung der übrigen mit dem Interferenzapparat isoliert wurden. Regelmäßig hatten dabei die freigelegten reinen Töne denjenigen Vokalcharakter, der Tönen ihrer Höhe nach den Tabellen der Stimmgabelversuche zukommen muß. Deshalb ja eben glauben wir mit unseren Beobachtungen eine nahezu vollständige Erklärung der gesprochenen und gesungenen Vokale gefunden zu haben. — Wir benutzten ferner gegen die Formantentheorie die Resultate von Versuchen, in denen, wiederum mit dem Interferenzapparat, gegebene Vokale in andere verwandelt wurden. Diese Versuche wurden zunächst planlos gemacht. Sie wurden später wiederholt unter der Voraussetzung, dafs jeder einfache Ton, der in einem Klange enthalten ist, in diesem ebendenselben Vokalcharakter besitzt, der ihm nach den mitgeteilten Tabellen zukommt, wenn er isoliert gehört wird. Ein gesungener Vokal besteht ja nicht nur aus den Teiltönen, die in das für ihn charakteristische Gebiet fallen und durch ihre Stärke dem ganzen Klang ihre eigene Qualität verleihen. Sind sie durch Interferenz entfernt, so hört man die übrigbleibenden Teiltöne als einen neuen Vokalklang, dessen Charakter mit dem der nunmehr stärksten Komponente übereinstimmt. Es braucht nicht näher ausgeführt zu werden, wie man so bei einiger Kenntnis der Intensitäten von Teiltönen verschiedener Höhe Vokalverwandlungen vornehmen kann, deren Ergebnis man auf Grund jener Tabellen vorausgesagt hat. — Es gibt schlechterdings — wir beschränken uns natürlich vorläufig auf das untersuchte Gebiet — keinen einfachen Ton, der die von uns Qualität genannte Eigenschaft nicht besäße. Auch Differenztöne, das ist ja nicht ganz selbstverständlich, bilden keine Ausnahme: Die Primärtöne c^4 und g^4 , um irgend ein Beispiel herauszugreifen, geben den Differenzton c^3 , und dieser klingt,

¹ Wir sehen dabei von den Intervallfarben ab, die, ebenfalls qualitativer Natur, in eine ganz andere Sphäre gehören.

mit dem freien Ohr herausgehört, deutlich nach *a*, wie es den obigen Tabellen entspricht.¹

Wir haben uns eben verteidigt, indem wir vorläufig annahmen, nur angenähert einfache Töne ließen die neue Qualität hören. Aber auch diese Voraussetzung ist ganz und gar nicht richtig. Wer Jäger ist, der sieht und hört im Walde Dinge, die sich andere nicht träumen lassen. Er braucht lange Schulung, um so weit zu kommen. Nicht einmal die ist nötig für solche, die nur gelegentlich ihre Aufmerksamkeit gewissen Beobachtungen zuwenden wollen. — Wir hatten schon im ersten Kapitel (Seite 9) eine Bemerkung HERMANN'S zu zitieren, in der er darauf hinweist, „daß zahlreiche Geräusche, wie Knattern, Schmetterern, Donnern, Klirren ihre Benennung von Anklängen an Vokale erhalten haben, und zwar in allen Sprachen.“ Für ihn war diese Tatsache ein Hinweis darauf, daß die Vokale mit den Geräuschen in besonders innigem Zusammenhang stehen könnten, uns gibt sie jetzt die Gewißheit, daß die Geräusche, deren Nachahmung jene Worte sind, dominierende Tongruppen aus der Höhe der verschiedenen Vokale enthalten, während die Konsonanten allein zur Wiedergabe der eigentlich geräuschartigen Bestandteile² dienen. Die Beispiele aber, die HERMANN gibt, sind nur vier unter vielen. Bei AUERBACH (WINKELMANN'S Handb. d. Phys. II. Teil: Akustik, 2. Aufl., S. 276), der in ihnen ebenfalls nur Nachahmungen von Geräuschen sieht, findet sich schon eine Art Wörterbuch solcher Ausdrücke, und wenn man die Gesamtheit aller Worte aus den verschiedenen Sprachen sammeln wollte, welche akustische Wahrnehmungen wiedergeben, so würde man wohl nur einen geringen Bruchteil von solchen darunter finden, die nicht durch die in ihnen enthaltenen Vokale (und Konsonanten) offenbar ihren Gegenstand nachzuahmen suchen. Und was wollen doch alle diese Fälle gegenüber der Unzahl von akustischen Eindrücken bedeuten, in denen, wer darauf achtet, ohne weiteres Vokale oder den Vokalen wenigstens ähnliche Mischformen neben Geräuschen hört, die aber nicht zu geläufigen Ausdrücken der nachahmenden Volkssprache geworden sind, so daß wir — eigene Erfahrung des Lesers ist doch durch

¹ c^3 hat 1024 Schwingungen.

² Diese Bezeichnung enthält ein Stück Theorie, das sicher nicht ganz richtig ist. Wir werden im dritten Kapitel darauf zurückkommen.

eine Häufung von nahe genug liegenden Beispielen nicht zu ersetzen — geradezu sagen können: Die Farben, in denen die natürliche¹ akustische Wahrnehmungswelt gemalt ist, sind außer Geräuschen² Glieder unserer Qualitätenreihen oder Kombinationen von solchen. Zumal wer sich ein wenig übt, über die ungefähre Zusammensetzung der Mischvokale zu urteilen, die z. B. ein leichter Schlag mit irgend einem Gegenstand gegen einen anderen erzeugt, kann über die Richtigkeit dieses Satzes nicht lange im Zweifel bleiben. Ein einziges Beispiel, durch das wir eine früher erörterte Frage für einen Augenblick von ganz anderer Seite wieder aufnehmen, sei noch gestattet. Die von uns damals bekämpfte Klangfarbentheorie, welche die HELMHOLTZSche Theorie der Vokale auf Instrumente überträgt, behauptet z. B. von der Trompete, daß sie ein für deren Klangfarbe charakteristisches Resonanzgebiet am oberen Ende der dreigestrichenen Oktave besitze. Wir vergleichen unsere Tabellen; danach müßte, falls jene Theorie richtig ist, die Trompete in jeder Höhe wie *ä—e* klingen. Läßt man sich aber die Trompete Ton für Ton vielleicht durch zwei Oktaven vorspielen, so findet man — ein Instrumentenmacher, der keine Ahnung von diesen Untersuchungen hat, machte auf meine Frage hin diese Angabe, und ich schrieb sie schon vorher nach eigener Beobachtung genau so nieder — daß die Trompete allerdings in allen Höhen Klänge gibt, die ohne weiteres als bestimmten Vokalen ähnlich zu bezeichnen sind, daß aber ihr Vokalcharakter von *a—o* in der Tiefe über *a* nach *ä*, weiter nach *e* und *e—i* sich verschiebt, weil eben die Intensitätsverhältnisse der Partialtöne ungefähr die gleichen bleiben und die von vornherein stärkste Obertongruppe allmählich immer weiter in der Skala hinaufsteigt.³ Das läßt sich wohl als Argument verwenden sowohl für die Frage, die uns eben vor allem interessiert, wie für die Widerlegung jener Klangfarbentheorie.

Ein weiterer Einwand, den man uns machen könnte, stützt sich darauf, daß das Moment, welches wir als Qualität bezeichnen,

¹ So schränken wir wieder unsere Behauptung ein, weil in der Musik (in Klängen und Zusammenklängen also) neben den Qualitäten, die schon einfache Töne haben, unserer Meinung nach noch Intervallqualitäten auftreten.

² Vgl. Anm. 2 auf voriger Seite.

³ Vgl. hierzu auch die Anmerkung 2, S. 9.

ja nur von dem Anfang der kleinen bis zum Ende der viergestrichenen Oktave nachgewiesen sei, während doch die Tonreihe sich nach beiden Seiten noch erheblich weiter erstreckte. Was man Qualitäten eines Sinnesgebietes nennt, so könnte man sagen, das müßte doch in allen Empfindungen eben dieses Gebietes nachzuweisen sein. — Dieser Einwand ist wohl der beste, den man dem Verfasser nach seinen bisherigen Mitteilungen machen könnte. Ursprünglich vermutete er, daß sich vom *u* und vom *i* aus beiderseits Endstrecken ohne qualitative Veränderung anschließen, wie sie an den Grenzen des sichtbaren Farbenspektrums ja auch gegeben sind, daß also die tiefen Töne unterhalb der untersuchten sämtlich in gleicher Weise wie *u*, die höchsten bis zur oberen Hörgrenze wie *i* klängen. Aber er wurde schon in den mitgeteilten Versuchsreihen eines besseren belehrt durch die wiederholte Angabe seiner Versuchspersonen, daß die tiefsten dargebotenen Töne zwar nach *u* klängen, aber kein gutes, sondern ein „dumpfes“ *u* gäben, und daß andererseits eine Gabel von 4800 Schwingungen — sie kam nur gelegentlich zur Beurteilung — schon jenseits des guten *i* liege, ohne daß man angeben könne, welcher Art die Abweichung sei. Wir erwähnen diese Beobachtung vorläufig nur, um zu zeigen, daß die höchsten und tiefsten Töne, die beurteilt wurden, zwar noch als verwandt mit den Vokalen *i* und *u* erkannt wurden, aber auch zugleich fremdartige Nuancen zeigten, die an die Möglichkeit von Qualitäten außerhalb des untersuchten Gebietes denken lassen. Im dritten Kapitel werden wir an Beispielen zeigen, daß damit der besprochene Einwand, wie es bei einer richtigen Theorie sein muß, in eine vollkommene Bestätigung unserer Meinung umschlägt oder vielmehr Anlaß zu einer Verallgemeinerung derselben gibt, deren Bedeutung der Verfasser bisher nicht zu übersehen vermag.

Endlich könnte man sich noch aus folgendem Grunde gegen unsere Behauptung ablehnend verhalten: Die akustischen Wahrnehmungen sind einerseits seit PYTHAGORAS und vor allem seit ARISTOTELES und seinen Schülern so oft untersucht worden, haben zu verschiedenen Zeiten so sehr im Vordergrund des Interesses von Physikern, Physiologen und Psychologen ersten Ranges gestanden, andererseits sollen doch die behaupteten Tatsachen so allgemein durch das Gebiet des Tonsinnes verbreitet sein, daß man geneigt sein kann, dieses Widerspruches wegen

ihnen vorläufig die Anerkennung zu versagen. Seit HELMHOLTZ vollends hat die Stimmgabel als akustisches Instrument allgemeine Verbreitung gefunden, völlig reine Töne sind des öfteren mit dem Interferenzapparat hergestellt worden, und eine so auffällige Beobachtung wie die des Verfassers sollte den Forschern entgangen sein? — Einem solchen Argument gegenüber muß ich zunächst auf meine Tabellen und das folgende Kapitel verweisen: selbst wenn schon ARISTOXENOS mit Stimmgabeln und Interferenzröhren gearbeitet hätte — ich muß bei meiner Behauptung bleiben. Es ist aber daran zu erinnern, daß der gleiche Einwand gegen die Beobachtung zu erheben wäre und erhoben worden ist, daß Klänge von Instrumenten aus einer ganzen Reihe von z. T. sehr starken Teiltönen zusammengesetzt sind, wie ebenso gegen die andere, daß bei weitem die Mehrzahl aller Zusammenklänge von hörbaren Differenztönen begleitet wird. Beide Erscheinungen sind darum nicht weniger real, haben keine geringere Bedeutung für die Tonpsychologie, weil sie erst vor wenigen Jahrhunderten entdeckt wurden. Könnte es in unserem Falle nicht ebenso stehen, und nachdem einmal darauf aufmerksam gemacht wurde, bald eine allgemein bekannte Tatsache werden, was aus irgend welchen Gründen so lange nicht bemerkt wurde? — Aber wir haben wirklich keinen Grund, dem Einwand soweit nachzugeben, wie wir es in diesem Augenblick zu tun scheinen. Gut, die Forscher mögen es nicht bemerkt haben, wie vokalähnliche Momente überall in den Wahrnehmungen des Tonsinnes enthalten sind. Beobachtet wurde es sicher und konnte seine Wirkungen zeigen in eben den tausend onomatopöetischen Wendungen, in denen die Völker aller Rassen und aller Zeiten nachzuahmen bemüht waren, wie dieses oder jenes Tier ruft, singt und schreit, wie die Instrumente von den einfachsten bis zu denen des modernen Orchesters klingen, wie überhaupt die Vorgänge, welche sich dem Ohr mehr oder weniger deutlich zu erkennen geben, für das wahrnehmende Bewußtsein „lauten“. Die Antwort haben wir auch auf diesen Einwand zu geben und haben sie absichtlich wiederholt, obwohl sie mit derjenigen übereinstimmt, die wir auf das erste der angeführten Bedenken gaben. — Endlich ist es gar nicht richtig, daß unsere Beobachtung von anderen Akustikern nicht auch gemacht wäre; die uns allen anhaftende Gewohnheit, Erscheinungen als „zufällig“ unbeachtet zu lassen, die keinen Zusammenhang mit

unseren derzeitigen theoretischen Überzeugungen erkennen lassen, hat nur verhindert, daß gelegentlich Bemerktes planmäßig untersucht und zu dem allgemeinen Befund erweitert wurde, der der Natur der Sache nach möglich gewesen wäre. Bereits im 1. Teil dieser Untersuchungen (*diese Beiträge* IV, S. 181) wurden aus einer bald 80 Jahre alten Arbeit von WILLIS Beobachtungen zitiert, die den Autor vielleicht heute zu denselben Folgerungen veranlaßt hätten, wie wir sie gezogen haben. — Der Ästhetiker KÖSTLIN, so entnehme ich der Arbeit v. QUANTENS über Vokale (*Poggend. Ann.* 154. 1875), fand, daß das Fagott dem *u*, das Waldhorn dem *o*, die Posaune dem *a*, die Oboe dem *ä*, die Trompete endlich dem *e* ähnlich klinge, ja daß bei allen Instrumenten in gewissen Tonlagen ein Vokallaut mehr oder weniger vorherrschend auftritt: in den tiefen Tönen das *a*, in den mittleren das *e* und in den höchsten das *i*. Nach GRASSMANN¹ zeigen schon die einfachen Töne (Stimmgabeln vor Resonatoren) „aufs entschiedenste den Charakter dieser Reihe, nämlich die tiefen Töne bis etwa zu c^3 hinauf den Charakter eines in der Tiefe dumpfen, dann immer heller werdenden, zuletzt dem *ü* sich nähernden *u*, von c^3 bis etwa zu e^4 den Charakter des *ü*, von da ab bis zu beliebiger Höhe den des *i*.“ Diese z. T. unrichtigen Beobachtungen erinnern mich lebhaft an Protokolle aus den geschilderten Vorversuchen, die die ersten Urteile von Anfängern enthalten. Daß eine Verwandtschaft zwischen dem Klang von Stimmgabeln und Vokalen besteht, ist zum wenigsten erkannt, aber GRASSMANN hatte mehr Achtung vor mathematischen Theorien als vor Beobachtungen, selbst wenn diese von ihm selbst gemacht waren, und so finden wir gegen Schluß der Arbeit eine vollständige Geometrie der Vokale entwickelt und daneben, im Widerspruch zu dem, was der Autor selbst gehört hat, den Satz, daß man „an den einfachen Tönen nur ihre Tonhöhe und ihre Tonstärke unterscheiden“ könne. — Die GRASSMANNSCHE Theorie wollte LAHR² nachprüfen, indem er Vokale aus Stimmgabelklängen zusammensetzte. Dabei hatte es „beinahe den Anschein, als sei der Vokal *u* durch einen einfachen Ton darzustellen“. Aber nicht durch einen beliebigen; denn „der Klang einer auf einen hohen Ton abgestimmten Gabel (ist) dem *i*-Klang sehr ähnlich.“

¹ WIEDEMANN'S Annalen I. 1877.

² Annalen d. Physik u. Chemie. 1886.

Eine Gabel von 1000 Schwingungen, mit mehreren tieferen zusammen angeschlagen, gibt ihm ein *a*, so daß dieser Ton wirklich für *a* charakteristisch scheint. Leider „überzeugt man sich aber, daß er nach Auslöschen der übrigen sofort wie *u* klingt“. — Die z. T. schon früher zitierte Stelle einer gegen HERMANN gerichteten Abhandlung von HENSEN¹ lautet vollständig: „HERMANN sieht in den Vokalklängen etwas ganz Besonderes, Exzeptionelles. Für gesungene Vokale gebe ich das nicht zu. Oft höre ich in den Klängen eines Cello, einer Violine, dem Anschein nach eine menschliche Stimme Vokale singen, ja selbst gewisse Stimmgabeln singen ziemlich deutlich Vokale.“ — Aber was will das alles heißen gegen die Beobachtungen, die v. WESENDONK² im vergangenen Jahre mitgeteilt hat: um ein Haar, so hätte ihn, was er hörte, zu unseren Anschauungen geradezu zwingen müssen. Er stellt Vokale mit angeblasenen Flaschen künstlich her und bemerkt dabei, daß die Flaschentöne bis *b*² wie *u*, von *b*³ bis *f*⁴ wie *i*, *f*³ und *d*³ mehr wie *a*, *as*³ wie *e* klingen. Ganz wie es meinen Versuchspersonen zu gehen pflegte, entdeckt er, nachdem offenbar *u* und *i* von vornherein deutlich gewesen waren, zunächst *e* und *a* unterhalb von *i*. Allein das *o* fehlt: Zusatz eines starken Tones aus der Gegend des *b*¹ verleiht einer Tonmehrheit *o*-Charakter, „obwohl doch die einzelnen Töne nach *u* klingen“. Alle Vokale bis auf einen also sind in nahezu einfachen Tönen aufgefunden worden, *b*¹, das nach HELMHOLTZ Resonanznote für *o* ist, klingt noch nach *u* (in der Tat gibt es ein *o—u*), — hätte es nicht nahe gelegen, etwas höher nach einem *o* zu suchen? Auch v. WESENDONK wird durch seine Beobachtungen an der überlieferten Lehre nicht irre.

Wie kommt es aber, daß sowohl GRASSMANN wie LAHR übereinstimmend mit dem anfänglichen Verhalten vieler meiner Versuchspersonen, solange sie noch ungeübt sind, die Stimmgabeltöne bis etwa *c*³ hinauf für *u*-ähnlich erklären? Vermutlich dadurch, daß sie alle die Ähnlichkeit zwischen Vokalen und Stimmgabeltönen in einer Richtung suchen, auf die es gar nicht ankommt. HELMHOLTZ bemerkt an einer Stelle, die von „Klängen

¹ *Zeitschr. f. Biologie* 28. 1891.

² *Phys. Zeitschr.* 10. 1909. Die Arbeit v. WESENDONKS ist um einige Monate früher erschienen als die des Verfassers, aber erst $\frac{3}{4}$ Jahre nach deren Abschluß von ihm bemerkt worden. Die Priorität für die Angabe, daß einfache Töne gewisser Höhen wie *a*, andere wie *e* klingen, gebührt dem genannten Forscher.

ohne Obertöne“¹ handelt, daß „unter den menschlichen Stimmlauten das *u* diesen einfachen Tönen am nächsten kommt“, d. h., daß es der einfachste Klang unter den menschlichen Vokalen ist. Der Verfasser hält es für sehr wahrscheinlich, daß die Verwandtschaft in dieser Hinsicht es ist, die reine Töne im Anfang als *u*-ähnlich bezeichnen läßt, welche der Qualität nach *o* und *a* benannt werden müßten. Bei *e* und besonders *i* dagegen macht sich die qualitative Entfernung vom *u* von vornherein so stark geltend, daß jener Irrtum nicht aufkommen kann.

Drei andere Forscher haben zwar keine Beobachtungen über die Vokalähnlichkeit einfacher Töne gemacht, aber offenbar von dem mageren Begriff der Tonhöhe nicht befriedigt, den eigentlichen Inhalt, der Töne gleichsam erfüllt, auf mancherlei Weise in das theoretische Tonsystem einzuführen gesucht: MACH,² indem er die Tonhöhen aus etwas ganz anderem, dem „dumpf“ und „hell“ zusammensetzen suchte, STUMPF,³ als er den Begriff der Tonfarben einführte, BRENTANO,⁴ indem er eine Anzahl von Analogien mit dem Farbensinn heranzog, die auf Tonhöhen gewiß nicht passen.

III. Die ausgezeichneten Punkte des phänomenalen Tonsystems.

„Ist uns das reine *A* nicht eine ebenso scharf charakterisierte und einheitliche Empfindung wie das reine Weiße?“

v. KRIES. 1904.

Der allgemeinste Satz über Sinnesempfindungen, den wir haben, ist das Gesetz der spezifischen Energien. Wir können uns nicht entschließen, irgend Wesentliches an ihm aufzugeben, nachdem alle Angriffe, die man versucht hat, nebenbei getroffen und neuere Untersuchungen der niederen Sinne nur immer weitere Bestätigungen seines Hauptgehaltes gebracht haben. Für unseren gegenwärtigen Zweck fassen wir seinen Inhalt, den JOH. MÜLLER in sieben Untersätze teilte, dahin zusammen, daß die Empfindungsinhalte der einzelnen Sinnesgebiete den Reizen, durch die sie veranlaßt werden, völlig heterogen und ihre physiologischen Korrelate so selbständig und stabil sind, daß sie auf beliebige Reizung, äußere wie innere, adäquate wie

¹ Lehre v. d. Tonempf. S. 119 f.

² Analyse der Empfindungen.

³ *Rev. philos.* 20. 1885 und *Tonpsych.*

⁴ Untersuchungen z. Sinnespsychologie. 1907.

inadäquate, entweder mit den ihnen ein für allemal eigentümlichen Erregungen und den zugehörigen Inhalten oder überhaupt nicht reagieren.¹

Tatsachen, die einem jeden, zumal aus der Lehre vom Lichtsinn, geläufig sind, zwingen dazu, zu diesem ersten Satz einen zweiten hinzuzufügen, der, wie der vorige im wesentlichen negativen Inhalts, seine positive Seite nur in der Untersuchung einzelner Sinnesgebiete zeigen kann. Negativ ist er, weil er wie der erste eine Abwehr gegenüber verbreiteten Vorurteilen bedeutet. Ausdrücklich formuliert muß er werden, obwohl er implicite in fast jeder Untersuchung phänomenaler Systeme ausgesprochen ist, weil erst seine allgemeine Fassung zeigt, daß sein Inhalt von einiger Tragweite ist. — Man könnte meinen, in dem ganz heterogenen Material von Inhalten, die ein Sinnesgebiet ausmachen, werde die Gesamtheit physikalischer Reize, die man die adäquaten nennt, wenigstens insofern getreu abgebildet, als alle Eigenschaften des physikalischen Systems sich in denen des nur inhaltlich verschiedenen phänomenalen wiederfinden. Das gerade ist nicht der Fall. Eben die Gesetze, die ein phänomenales System als System beherrschen, die ordinalen oder formalen Eigenschaften, die es besitzt, weichen so sehr von denen des adäquaten Reizsystems ab, daß, ganz abgesehen von der inhaltlichen Unvergleichbarkeit, im allgemeinen nur eine komplizierte Funktion die Beziehungen zwischen der Anordnungsweise hier und dort wiederzugeben vermag. Wir weisen, wie angedeutet, auf diese längst bekannte Tatsache nur deshalb ausdrücklich hin, weil sie einmal von einer noch immer verbreiteten Erkenntnistheorie nicht genügend beachtet wird, und zweitens, weil die folgenden Mitteilungen uns als ein neuer Beitrag zu der alten Erkenntnis erscheinen.

Bisher wurde von dem Qualitätensystem, das wir nachgewiesen haben, nur in dem Sinne gesprochen, wie etwa WUNDT von der Farbengesamtheit spricht, als ob also durch nicht viel

¹ Der Verfasser verkennt nicht die Bedeutung, die entwicklungsgeschichtliche Betrachtungen bei der genetischen Erklärung für die zweite Hälfte dieses Satzes haben, sieht aber nicht ein, inwiefern er selbst dadurch minder richtig würde. Über seine Ausdehnung auf Einzelqualitäten abschließend zu urteilen, ist wohl bei dem gegenwärtigen Stand der eigentlichen Sinnesphysiologie, also der Lehre von den Sinnesorganen in weitestem Sinne, noch nicht möglich.

mehr als sprachliche Gewohnheiten bedingt wäre, an welcher Stelle der Tonreihe die Versuchspersonen ein reines *u*, ein reines *o* usf. finden. Nur gelegentlich bei Schilderung der Vorversuche wurde darauf hingewiesen, wie merkwürdig gut die von verschiedenen Beobachtern als reine Vokale bezeichneten Töne der Schwingungszahl nach übereinstimmen. Wir haben unsere Tabellen noch nicht zu Ende gelesen: Wie steht es bei den Hauptversuchen mit dieser Übereinstimmung? Herr Dr. v. A. stammt aus Kärnten, Herr G. ist Rheinländer, der Verfasser kann, nachdem er als Kind sein Geburtsland verlassen und häufig den Wohnort gewechselt hat, höchstens Spuren einer sächsischen Mundart behalten haben, spricht aber im ganzen dialektfrei. Wenn schon die Sprache auch der beiden anderen Beobachter keine auffallenden Lokalfärbungen zeigt, — sollte man nicht doch deren Herkunft in den Tabellen gewissermaßen fixiert finden? Wir entnehmen aus diesen für jeden Beobachter diejenigen beiden Tonhöhen, auf die am meisten Urteile „reines *o*, *a*“ usf. entfallen sind, indem wir das *u* aus später anzugebenden Gründen vorläufig beiseite lassen. Hinter den Tonhöhen sind die zugehörigen Urteilszahlen angegeben.

	v. A.	G.	K.
<i>o</i>	480 (11)	550 (4)	435 ¹ (9)
	550 (7)	600 (10)	550 (11)
<i>a</i>	1200 (7)	1100 (14)	1100 (13)
	1365 (9)	1200 (13)	1200 (10)
<i>e</i>	1920 (2)	1920 (6)	2000 (10)
	2400 (10)	2000 (6)	2400 (11)
<i>i</i>	3840 (15)	3840 (11)	3840 (12)
	4000 (14)	4000 (13)	4000 (13)

Die Unterschiede sind gering, am meisten weicht noch das *a* des Herrn v. ALLESCH ab und das *o* des Herrn GOTHOT, während jedesmal die beiden anderen Beobachter besser übereinstimmen; aber weniger auffällig ist an diesen Zahlen, daß sie für jeden Vokal bei den verschiedenen Beobachtern einander nahe liegen, als daß sie für verschiedene Vokale mit grober Annäherung in Oktaven zueinander stehen; der Verfasser meinte, als er diesen

¹ Über 329, auf das ebensoviel Urteile entfallen sind, wie auf 435, vgl. S. 38. Auch das zwischen 435 und 550 liegende 480 ist nur um einmal weniger mit *o* bezeichnet worden.

Umstand bemerkte, es möchte ihm vielleicht eine Gesetzmäßigkeit zugrunde liegen, da die Abweichungen auf den argen Fehlern der bisherigen Versuche beruhen könnten, und entschloß sich, der Sache auf den Grund zu gehen.

Von vornherein war einleuchtend, daß eine genaue Untersuchung nicht mit Stimmgabelklängen, sondern nurmehr mit reinen Tönen angestellt werden konnte, schien es doch zunächst, als müßten die Abweichungen der reinen Vokale vom Oktavenabstand, wenn diese Andeutung einer Gesetzmäßigkeit überhaupt in der Natur der Sache begründet und nicht zufällig war, allein auf die zusammengesetzte Natur der beurteilten Wahrnehmungen zurückgeführt werden. Und zweitens, da eine derartige Gesetzmäßigkeit nur durch die Annahme verständlich wurde, die reinen Vokale seien irgendwie in der Empfindung ausgezeichnete Punkte, so lag es nahe, die Versuche mit reinen Tönen nicht nach der bisher verwandten Konstanzmethode, sondern als Einstellungen nach der Methode der Minimaländerungen vorzunehmen, ganz analog dem Verfahren, das im Gebiete des Lichtsinnes zur Auffindung der Urfarben schon mehrfach in Anwendung gekommen ist. Als Analogon für den Spektralapparat war in unserem Falle der STERNsche Tonvariator von selbst gegeben, um so mehr, als seine angeblasenen Flaschen von stetig zu variierender Tonhöhe zwar keineswegs reine Töne, aber doch wenigstens Klänge liefern, die schon wegen der Schwäche der geradzahigen Teiltöne¹ zu den einfachsten gehören, die man bis auf weiteres herstellen kann. Völlige Reinheit der Töne mußte durch Interferenzen angestrebt werden. Nun wären die Versuche undurchführbar geworden, hätten wir für jeden der vielen einander folgenden Töne, unter denen die Versuchsperson den reinen Vokal suchen sollte, jedesmal die zugehörige Einstellung der Interferenzröhren vornehmen wollen. Eben die Eigenschaft der Interferenzröhren aber, die uns bei den Versuchen des ersten Kapitels so lästig war, gab hier die bequemste Lösung an die Hand. Die Strecke der Skala, die durch ein und dieselbe Interferenzeinstellung zum Verschwinden gebracht wird, ist so groß, daß man leicht mit

¹ Sie sind immerhin vorhanden, trotzdem es sich um gedackte Pfeifen handelt; wird der Grundton durch Interferenz vernichtet, so springt der Klang um eine Oktave in die Höhe, damit ist der zweite Teilton nachgewiesen.

drei auf nicht ganz gleiche Schwingungszahlen eingestellten Interferenzen das Gebiet einer grossen Terz obertonfrei machen kann; denn das Wirkungsgebiet der auf einen mittleren Wert eingestellten Interferenzröhren greift in die nahe darüber und darunter gelegenen Zonen über, die von den beiden anderen Röhren obertonfrei gehalten werden. Hätten die höheren Partial-schwingungen der STERNschen Flaschen grössere Intensität, als sie tatsächlich besitzen, so wäre freilich mit drei Röhren für jeden Oberton das Ziel nicht erreicht gewesen, da eine einzelne Röhre einen stärkeren Ton nicht vollständig zum Verschwinden bringt und an den Rändern des angegebenen Gebietes doch nur die Wirkung je einer Röhre in Betracht kommt; bei den zunächst zu schildernden Versuchen haben wir keine Beimischung von Obertönen bemerken können, wiederholte Kontrolle durch Auslöschen auch noch des Grundtones gab stets das zu erwartende Resultat, dafs überhaupt nichts mehr von dem Klange übrig blieb. Sollte indessen hier und da trotzdem ein Oberton im Spiele gewesen sein, so ist das für unsere Schlüsse gleichgültig: Er kann die Resultate ja nicht wohl verbessert haben. Bei späteren Versuchen, in denen besonders grosse Vorsicht am Platze war, waren wir in der glücklichen Lage, 24 Interferenzröhren zu besitzen.

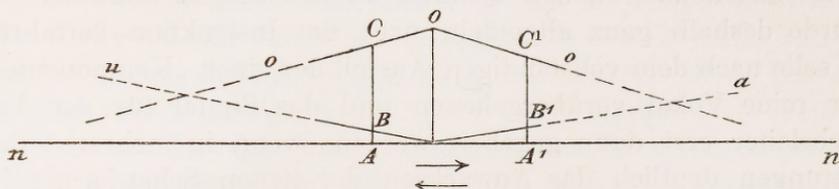
Im übrigen ist die Versuchsanordnung einfach genug: Die Schalleitung lief von der jeweils benutzten Flasche des Tonvariators durch die beiden Wände eines Zwischenzimmers, das die Schallisolierung verbesserte, in den Beobachtungsraum; hier erst waren die Interferenzapparate angeschlossen, von deren zweiter Mündung ein Schlauch zum Ohr des Beobachters führte. Während der ersten Versuchsreihen wurde der Ton im Beobachtungszimmer durch einen Resonator verstärkt, dessen Eigenton selbstverständlich nicht in das untersuchte Gebiet fiel, in den späteren wurde er jedoch fortgelassen, weil auf diesem Wege zwar die meisten Töne ein wenig, aber auch alle ungleich verstärkt wurden. Den Intensitätsunterschied zwischen den Flaschen, die bei verschiedenen Vokalen benutzt wurden, zu beseitigen, haben wir gar nicht erst versucht, da ja jeder Mafsstab für eine Vergleichung der Stärken so verschiedener Töne fehlt. Auch geringe Urteilsverschiebungen, die auf diesem Wege entstanden sein könnten, dürften die Resultate nur verschlechtert haben. — Die weiterhin zu erwähnenden Signale gab die Ver-

suchsperson, indem sie den Stromschlüssel einer elektrischen Leitung schloß, die vom Beobachtungszimmer in den Raum des Experimentators führte und hier durch den Elektromagneten einer Glocke, späterhin, weil die Signale dann deutlicher wurden, durch den eines Schallhammers ging.

In den ersten Vorversuchen war der Verfasser Beobachter, Versuchsleiterin, wie in allen Fällen, wo er Versuchsperson war, mit immer gleichem Interesse Fräulein v. MALTZEW. Es handelte sich um Einstellung eines reinen o . Nach den Versuchen, die im zweiten Kapitel mitgeteilt sind, war reines o in der Nähe von c^2 zu erwarten. Tatonnierende Versuche zeigten in der Tat, daß völlig reine Töne in der Nähe von a^1 mit Sicherheit als zwischen o und u liegend erkannt werden konnten. Es wurde zunächst so verfahren, daß einer von diesen Tönen für wenige Sekunden angegeben, dann der anblasende Luftstrom unterbrochen und erst, nachdem die Flasche des Tonvariators ein wenig höher gestimmt war, wieder zugeleitet wurde usw. Der Versuchsperson wurden also, durch ganz kurze Zeitstrecken voneinander getrennt, reine Töne von allmählich wachsender Schwingungszahl vorgeführt, und die Aufgabe war einfach, durch das Glockensignal Halt zu gebieten, wenn das reine o erreicht schien.

Schon die ersten Vorversuche waren in gewissem Sinne entscheidend. Mit einer Deutlichkeit, die er gar nicht erwartet hatte, konnte der Verfasser verfolgen, wie die u -Nuance, die in den tiefsten der dargebotenen Töne noch ganz beträchtlich gewesen war, Schritt für Schritt zugunsten des o herausfiel, wie sie sich dann eben noch bemerken ließ, wie endlich ein o ohne jede Beimischung zu sein schien, und sogleich darauf unverkennbar die ersten Spuren einer Beimischung von a auftraten. — Dabei wurde auch schon deutlich, daß selbst bei Verwendung völlig reiner Töne Versuche wie die des vorigen Kapitels über die nunmehr aufgeworfene Frage schlechterdings nicht entscheiden können. Denn nicht durch eine isolierte Beurteilung jedes einzelnen der sukzessiv dargebotenen Töne auf seine Vokalähnlichkeit war die unerwartete subjektive Sicherheit zu erreichen, die den Verfasser an diesen neuen Versuchen überraschte, sondern allein durch ein aufmerksames Verfolgen der ganzen Reihe, in der das Verschwinden einer „Komponente“ (in unserem Falle des u) und das erste Auftauchen einer neuen

(des a) beobachtet werden muß, während an eben der Stelle, wo beide sich treffen, eine dritte (das o), die während des ganzen Prozesses die stärkste ist, ihr Maximum erreicht. Durch ein Schema etwa folgender Art hoffen wir den Vorgang veranschaulichen zu können.



Als Funktion der Schwingungszahlen sind die „Valenzen“, wenn ich so sagen darf, von u , o und a eingetragen, die natürlich vorläufig nicht numerisch zu bestimmen sind. Wenn wir an irgendeinem Punkte der Abszisse das Lot errichten, so schneiden wir im allgemeinen zwei Grade (vielleicht sind es in Wirklichkeit Kurven), die links den Valenzenverlauf für u und o , rechts für o und a angeben. Der Quotient der Abstände je zweier übereinander liegender Schnittpunkte von der Abszisse gibt also das Verhältnis wieder, in dem bei der betreffenden Schwingungszahl (Abszissenpunkt) die Valenzen von u und o (links), von a und o (rechts) stehen. Bei Annäherung an das reine o von unten her wird der Quotient $\frac{u}{o}$ (in einem Einzelfalle also $\frac{AB}{AC}$) immer kleiner und an einem Punkte Null, jenseits wächst $\frac{a}{o}$ (wieder in einem Spezialfall $\frac{A^1B^1}{A^1C^1}$) von Null an ständig, solange wir uns in den Grenzen halten, über die hinaus Versuche dieser Art nicht ausgedehnt zu werden brauchten. Ich wiederhole, es ist sehr schwer, mit einiger Sicherheit zu behaupten, ob ein isoliert gegebener reiner Ton von ganz ungefähr der Schwingungszahl des reinen o wirklich das optimale o ist, nach weniger Übung dagegen recht leicht, den Punkt in einer Reihe sehr nahe benachbarter reiner Töne anzugeben, an dem eben die u -Valenz verschwindet und ein ausgezeichnete Punkt dadurch erreicht ist, daß gleich darauf eine neue, die des a , in schwächster Andeutung zunächst, aber stetig wachsend, auftritt. Es versteht sich von selbst, daß es keinen wesentlichen

Unterschied macht, ob man gerade vom *u* oder ob man vom *a* ausgeht.

Wie aus dem Gesagten von selbst hervorgeht, mußte als die beste Modifikation des Versuchsverfahrens diejenige erscheinen, die auch das erste Auftauchen der jenseits des reinen Vokals sich einstellenden neuen Qualität zu beobachten erlaubte. Es wurde deshalb ganz allgemein nach der Instruktion verfahren, es solle nach dem vollständigen Ausfall der einen „Komponente“¹ der reine Vokal vorübergelassen und das Signal für den Versuchsleiter erst dann gegeben werden, wenn in mehreren Darbietungen deutlich das Anwachsen der neuen Schattierung beobachtet sei. Es erwies sich als möglich, wenn auch nicht ganz leicht, auf das Signal, das den Versuch abbrach, weitere folgen zu lassen, welche angaben, um wieviel vorher der „Wendepunkt“ gelegen hatte. Bei bekannter GröÙe der Schritte konnte also die Flasche des Tonvariators hinterher entsprechend zurückgestimmt und doch noch eine Messung derjenigen Tonhöhe vorgenommen werden, auf die es eigentlich abgesehen war.

Fast ebenso erstaunt wie über die Selbstverständlichkeit, mit der sich das geschilderte Bild des Vorganges dem Beobachter darbot, war ich zugleich dadurch, daß die zuerst gewählten Schritte — ihren damaligen Betrag haben wir zu notieren versäumt — sich als viel zu groß erwiesen: sofort kamen Fälle von Reihen vor, in denen auf ein *o* mit ganz geringer Beimischung von *u* ein nächstes folgte, in dem unverkennbar schon *a* enthalten war. Wir verkleinerten die Distanz zwischen je zwei aufeinander folgenden Tönen immer mehr und fanden, daß für die Tonhöhe des *o* bei einer Verstimmung um je 10 Skalenteile (an der Kurbelskala des Tonvariators), d. h. um etwa $1\frac{1}{2}$ Schwingungen, die qualitative Veränderung von jeder Darbietung zur folgenden noch sehr deutlich merkbar war, mußten aber auf die Verwendung so kleiner Schritte verzichten, weil einmal die Reihen sonst zu lange gedauert hätten und zu ermüdend gewesen wären, und dann vor allen Dingen, weil der Variationsmechanismus an den Flaschen, nach dem wir uns richten mußten, nicht so exakt gearbeitet ist, daß bei Verstim-

¹ Ich werde nicht mißverstanden werden, wenn ich diesen Ausdruck gebrauche: vermutlich ist ein *u*-*o* für sich allein genommen eine ebenso wenig zusammengesetzte Qualität wie ein reines *o*.

mungen um diese Beträge gleiche Verschiebungen an der Skala noch angenähert gleiche Änderung der Schwingungszahl zur Folge hätten. Bei Distanzen von doppeltem Betrag, wie wir sie (für o) von da ab wählten, war wenigstens ganz ungefähr Proportionalität vorhanden. Diese Tatsache, daß Qualitätenänderungen noch merklich sind, deren Betrag die bisher als Unterschiedsschwelle für Tonhöhen angegebenen Werte nicht wesentlich übersteigt, vielleicht sogar ihr gleichkommt,¹ ist es, die wir nunmehr zur Bestätigung des im vorigen Kapitel (S. 41) über die Feinheit der Qualitätsabstufung Behaupteten nachzutragen haben, indem wir vorgreifend mitteilen, daß, wie zu erwarten, sich bei keinem der anderen untersuchten Gebiete ein abweichendes Verhalten der Qualitäten zeigte.

Zu jenem subjektiven Bild eines eigentümlichen „Reihenbewußtseins“, das die Versuche dem Beobachter zeigen, fügen wir einige objektive Daten. Die drei ersten Einstellungen auf reines o wurden gemessen durch Aufsuchen derjenigen Zungen des APPUNSCHEN Tonmessers, die die langsamsten Schwebungen mit den eingestellten Tönen machten. Es ergaben sich in Schwingungszahlen die Werte:

523,9

521,4

521,4.

Durch diese Resultate ermutigt, stellten wir mehrere Versuchsreihen an, in denen die dargebotenen Töne sich bald von der Seite des u , bald von der des a dem reinen o näherten. Da sie zwar nicht immer genau so gute Übereinstimmung ergaben, aber doch nicht daran zweifeln ließen, daß das reine o für mich in dem Bereich zwischen 520 und 530 Schwingungen liegt, so gingen wir bald zu Versuchen am reinen a über, indem wir wieder zunächst Töne aufsuchten, die mit Sicherheit eine Abweichung nach e (oder nach o) erkennen ließen; und wiederum zeigte sich, daß unterhalb des reinen a und oberhalb Töne, die etwa das Intervall einer kleinen bis großen Terz zwischen sich einschlossen, über ihre Abweichung nach o und e keinen Zweifel

¹ Bis zu ebenmerklichen Veränderungen hinabzugehen, wäre nicht angebracht gewesen, selbst wenn die praktische Möglichkeit vorgelegen hätte. Der oben erwähnte Betrag von $1\frac{1}{2}$ Schwingungen aber ist jedenfalls für uns noch übermerklich.

liesen. Von diesen und ihnen benachbarten ausgehende Reihen wurden nun in eben der Weise beobachtet, wie die, welche das reine *o* enthielten, und wirklich zeigte sich, daß nicht allein mit einer Genauigkeit (durch die mittlere Variation gemessen), die der der *o*-Einstellungen nicht viel nachgab, ein reines *a* getroffen werden konnte, sondern vor allem, daß der Wert, um den die einzelnen Einstellungen sich gruppieren, ganz ungefähr 1050 Schwingungen betrug, also eine Oktave über dem für *o* gefundenen lag. Sogleich begann auch Frl. v. M. mit Vorversuchen über *o* und *a*, wir beide mit solchen über *u*. Auf das Resultat dieser letzteren waren wir besonders gespannt, weil sich bei ihnen sogleich zeigen mußte, ob unterhalb des *u* eine weitere Qualität auftritt oder nicht. Zunächst fand sich für uns beide übereinstimmend, daß in einem *u* von etwa 280 Schwingungen noch eine merkliche *o*-Nuance enthalten war. Von diesem Punkte aus wurde der Ton schrittweise wie in den anderen Reihen vertieft, und beide Beobachter konnten sich leicht davon überzeugen, daß zwar durch Ausfall der *o*-Beimischung eine Anzahl der einander folgenden Töne immer besseres und zuletzt ein von *o* freies *u* gaben, daß aber auch gleich darauf eine neue Veränderung eintrat, bei der das *u* immer mehr verschleiert wurde, je weiter die Töne hinabstiegen. Nach einiger Ratlosigkeit im Anfang fanden wir denn auch den Sprachlaut, mit dem die neue Qualität ebensowohl verwandt schien wie die schon bekannten mit den Vokalen: es war der sogenannte Halbvokal *m*.

Damit war erklärt, weshalb die Beobachter der Stimmgabelversuche die tiefsten Töne zwar *u*, aber mehrfach dumpfes, brummendes *u* genannt hatten. Es war eben neben dem *u* auch *m* in diesen Tönen enthalten; daß die *m*-Nuance nicht als solche erkannt wurde, erklärt sich leicht durch die starke Einstellung auf Vokale, die durch die Fragestellung jener Versuche in den Beobachtern erzeugt werden mußte, und da eine Abweichung nach höheren Vokalen hin nur, wenn Obertöne im Spiele waren, gehört werden konnte, so wurden diese Töne in der Regel mit *u* bezeichnet. Nach den Tabellen jener Versuche könnte es deshalb scheinen, als wäre das Bereich des guten *u* nach unten überhaupt nicht abzugrenzen oder gar in der Gegend der beiden tiefsten beurteilten Töne (163 und 195) zu suchen. Wir werden noch deutlicher erkennen, wie falsch beide Annahmen sind. — Nicht lange übrigens, nachdem wir die Ähnlichkeit der unterhalb von *u* gelegenen Töne mit dem *m* erkannt hatten, fand der Verfasser wertvolle Bestätigungen einerseits bei HELMHOLTZ und HERMANN, andererseits bei GRÜTZNER und SAUBERSCHWARZ. In der „Lehre von den Tonempfindungen“

(4. Aufl. S. 189) heisst es: „An das *u* schließt sich noch der brummende Ton, der entsteht, wenn man mit geschlossenem Munde singt. Dieser brummende Ton wird beim Ansatz der Konsonanten *m*, *n*, *ng* gebraucht. Die Nasenhöhle, welche hierbei für den Ausgang des Luftstroms dient, hat im Verhältnis zur Grösse ihrer Höhlung eine noch engere Öffnung, als die Mundhöhle beim Vokal *u*.“ Der Resonanzmechanismus ist also bei *m* auf noch tiefere Töne eingestellt als beim *u*, so dass auch in diesem Falle die bei den Vokalen gefundene Analogie zwischen der Reihenordnung der Resonanzmaxima und der Qualitäten einfacher Töne wiederkehrt. Wirklich hat HERMANN (*Pflügers Archiv* 83. 1901) aus seinen Kurven des *m* einen charakteristischen Ton bestimmt, der unterhalb des für *u* gefundenen liegt. — In dem Bericht über die Naturforscherversammlung in Halle (1892) wird aus dem GRÜTZNERSCHEN Vortrag über Interferenzversuche an Vokalen berichtet: „Löscht man bei den Vokalen *a* *o* und *u* den charakteristischen Ton aus (bzw. schwächt man ihn ab), so verwandelt sich in bestimmten Tonhöhen *a* in *o*, *o* in *u* und *u* in ein brummendes *m*.“ In der Untersuchung von SAUBERSCHWARZ endlich ist von den Beobachtern ebenfalls der Rest eines auf *c* gesungenen Vokals, dessen Obertöne vernichtet waren, gelegentlich als *m* gehört worden. — Es ist interessant, dass HELMHOLTZ und GRÜTZNER genau so wie meine Beobachter diese tiefen Töne „brummend“ finden. Wir haben ausführlich davon gesprochen, wie die Volkssprache in ihren onomatopöetischen Ausdrücken zu erkennen gibt, dass ein grosser Teil der akustischen Wahrnehmungen sich aus Vokalen zusammensetzt; auch das *u* in dem Worte „brummen“ dient offenbar der Nachahmung, aber nicht minder tut es das *m*, und so finden wir hier zuerst ein weiteres wesentliches Element der gewöhnlich als Geräusche bezeichneten Gehörseindrücke als Qualität bestimmter einfacher Töne wieder.

Da es uns schon nach einiger Übung gelang, ein reines *u* mit grosser Sicherheit einzustellen, ganz einerlei, ob die Annäherung von unten oder von oben her erfolgte, und die Werte, die Frl. v. MALTZEWS¹ Versuche mit *o* und *a* ergaben, nach wenigen Reihen nur mehr geringe Streuung zeigten, so begannen wir die Hauptversuche über die Vokale *u* *o* und *a*. — Beide Beobachter nahmen 40 Einstellungen für jeden der drei Vokaltöne vor, je 20 unter Annäherung von unten und ebensoviele von oben, und zwar folgten in einer Versuchsgruppe die einzelnen Bestimmungen so aufeinander, wie folgendes Beispiel angibt:

¹ Meine Mitarbeiterin stammt aus Rußland, spricht aber deutsch ohne sehr auffallende fremde Schattierung. Sie ist musikalisch, besitzt aber nicht eine Spur von absolutem Tonbewusstsein.

- a* von oben
a von unten
- u* von unten
u von oben
- o* von oben
o von unten.

Doch bildeten nicht sechs, sondern zwölf Versuche eine vollständige Gruppe, da wir immer zwei Versuche der gleichen Art nacheinander anstellten, so daß je vier Versuche, zwei von oben und zwei von unten, sich in kurzen Intervallen folgten. Von solchen Versuchsgruppen wurden zwei an einem Tage, eine morgens und eine abends erledigt, so daß nach fünf Tagen von jedem der beiden Beobachter die beabsichtigten 120 Einstellungen vorlagen.

An der Art der Reihenvorführung hatten wir schon bei den Vorversuchen zweierlei Änderungen vorgenommen und behielten sie bei den Hauptversuchen bei: Jeder einzelne Ton der Reihe wurde kurz hintereinander zweimal angegeben, dafür aber die einzelne Darbietung noch mehr verkürzt, wieder, wie in den Versuchen des zweiten Kapitels, um die Einwirkung von „empirischen“ Vokalvorstellungen möglichst zu verhindern, und ferner wurde die Zeit und das Tempo der Darbietungen durch Metronomschläge festgelegt, die im Beobachtungsraum nur selten ganz leise gehört und niemals als Störung empfunden wurden. Zur Entstehung eines deutlichen „Reihenbewußtseins“ in dem oben angegebenen Sinn ist nämlich eine gewisse Schnelligkeit und Regelmäßigkeit in der Aufeinanderfolge der einzelnen Schritte erforderlich.¹ Die Größe der Schritte betrug für *u* etwa 2, für *o* 3, für *a* $3\frac{1}{2}$ Schwingungen. Um ganze Anzahlen von Schwingungen zu verstellen, erwies sich als untunlich; der Experimentator mußte, wenn die Verstimmungen schnell genug erfolgen sollten, in runden Beträgen der Flaschenskala fortschreiten können. Wir wählten als Stufen für *u* 40 (eine Schwingung = 23,5 Skalenteilen), für *o* 20 (1 : 6), für *a* ebenfalls 20 (1 : 5,5)

¹ Später blieb das Metronom jedoch fort, da durch fortgesetzte Übung der Versuchsleiter von selbst ein bequemes und gleichmäßiges Tempo innehält.

Skalenteile. Daß übrigens die Ausgangspunkte der Reihen bald etwas höher, bald tiefer waren, versteht sich von selbst.

Die Messung der eingestellten Töne wurde bei diesen Versuchen so vorgenommen, daß der Experimentator nach jeder Einstellung notierte, welchem Punkt der Skala des Tonvariators das (in erwähnter Weise zurückdatierende) Signal entsprach und nach je vier zusammengehörigen Reihen aus ihnen das arithmetische Mittel bildete. Auf dieses wurde dann die betreffende Flasche abgestimmt und wie in den Vorversuchen am Tonmesser verglichen, welche seiner Zungen die langsamsten Schwebungen mit dem Flaschenton machte. Unser Tonmesser enthält nur Töne von 400 bis 800 Schwingungen, es mußten also bei Versuchen über *u* und *a* Oktavenschwebungen beobachtet werden; niemals haben wir darin eine Schwierigkeit gefunden. Da in dem Gebiet, in welches sämtliche Einstellungen fielen, etwa drei Schwingungen Differenz zwischen benachbarten Zungen liegen, so ist durch die Art der Messung nach dem Schwebungsminimum für die drei Vokale die Möglichkeit von Bestimmungsfehlern gegeben, die bei *u* den Wert $\frac{3}{4}$, bei *o* $1\frac{1}{2}$, bei *a* drei Schwingungen nicht übersteigen können. Mit einem Abzählen der Schwebungen und damit einer exakteren Messung der eingestellten Töne hätte nur trügerische Genauigkeit erzielt werden können, da schon die Druckschwankungen des Variatorgebläses Tonhöhenveränderungen von etwa der Größe der angegebenen Messungsfehler bedingen,¹ und aus äußeren Gründen nur fünf Versuchstage zur Verfügung standen, in denen unmöglich neben den im ganzen 240 Versuchen noch ebensoviel Schwebungsbestimmungen hätten vorgenommen werden können. Der Verfasser hat die Schwingungszahlen der Einzelresultate aus dem gemessenen arithmetischen Mittel, den notierten Skalenbeträgen der einzelnen Werte und dem besonders bestimmten Proportionalitätsfaktor, der Distanzen der Variatorskala in Differenzen von Schwingungszahlen umzusetzen erlaubt, nachträglich berechnet. Ein für allemal die benutzten Flaschen nach Schwingungszahlen zu eichen, ist nicht möglich, weil verschiedene Einflüsse wie Temperaturschwankungen, Stellung der Anblaseröhren u. dgl. schon von Tag zu Tag Verstimmungen herbei-

¹ Das ist wenigstens der Fall, wenn man, wie wir in diesen Versuchen, gezwungen ist, die ganze Bewegung der sinkenden „Glocke“ auszunutzen.

führen. In der Tabelle sind die Hauptdaten¹ vereinigt, die in diesen — wie sich von selbst versteht, unwissentlichen — Versuchsreihen gewonnen wurden. Dabei bedeutet, wie üblich, A. M. das arithmetische Mittel, Z. W. den Zentralwert, M. Z. die Zahlen, welche die Mittelzone einschließen, m. V. die mittlere Variation.

Vp.	u				o			
	A. M.	Z. W.	M. Z.	m. V.	A. M.	Z. W.	M. Z.	m. V.
v. M.	265,7	266,4	262,7— 268,5	3,3	528	527,6	519,6— 538,3	10,2
K.	262,3	262,7	259— 266,2	3,9	515	512,9	509,2— 522,4	7

¹ Die Einzelresultate dieser wie der späteren Reihen lassen wir am Schlufs der Arbeit folgen. — Man könnte fragen, weshalb wir die Werte bis auf Bruchteile von Schwingungen genau angeben, da doch nach dem Gesagten schon die Messungen nicht einmal bis auf ganze Schwingungen zuverlässig sind. Das geschieht aus folgendem Grunde: Die Frequenzen der Zungen am hiesigen Tonmesser sind bis auf Bruchteile von Schwingungen genau bestimmt, sie bilden bei dem obigen Messungsverfahren eigentlich die Skalenwerte, die bei sonstigen Messungen mit ganzen Zahlen bezeichnet werden. Angenommen z. B., es läge nun ein zu messender Ton derart zwischen denen zweier benachbarter Tonmessertöne (etwa 521,4 und 523,9), dafs er mit beiden langsame, aber mit dem einen (etwa 521,4) noch langsamere Schwebungen machte als mit dem anderen, so würden wir den ersten (521,4) als Messungsergebnis erhalten. Würde hinterher auf ganze Zahlen (521 also) abgerundet, so entstände mit einiger Wahrscheinlichkeit ein Fehler, denn von den abgerundeten Zahlen könnte die andere (524) dem zu messenden Ton näher liegen. In den Durchschnittsergebnissen ferner handelt es sich ebenfalls nicht eigentlich um die Mittelwerte der eingestellten Töne, sondern um das Mittel derjenigen Tonmessertöne, die jedesmal den eingestellten am nächsten liegen. Wenn es also überhaupt geschehen sollte, müfste man auf die Schwingungszahlen der Tonmessertöne abrunden. Aber die Unterschiede gegen die oben mitgetheilten Werte wären so gering, dafs ich, weil wieder dagegen Einwände möglich wären, bei den unveränderten Zahlen geblieben bin, wie sie eben die Rechnung ergibt. Wer es für nötig hält, mag sie abrunden; die Beweiskraft der Versuche wird durch diese Frage nicht tangiert. Es ist ferner zu bemerken, dafs die Zentralwerte und die ihnen verwandten, die Mittelzone begrenzenden Werte nicht nach dem genauen Verfahren von FECHNER bestimmt sind. Die Verschiebung, die durch das genaue Verfahren resultieren würde, steigt zu Gröfsenordnungen hinab, die für die ganze Untersuchung nicht in Betracht kommen.

Vp.	<i>a</i>			
	A. M.	Z. W.	M. Z.	m. V.
v. M.	1054,8	1056,3	1042,2— 1066,9	12,7
K.	1046,8	1044,3	1039,1— 1055,6	9,4

Über *e* konnten damals nur ungefähr orientierende Einstellungen vorgenommen werden, genauere erst nach einer längeren Unterbrechung der Versuche, aber nunmehr auch von zwei weiteren Beobachtern, die aufser *e* reines *u* o und *a* einzustellen hatten. Der eine ist Herr stud. jur. SACHS, musikalisch gut veranlagt und geübter Violin- und Klavierspieler, Berliner, aber ohne merklichen Dialekt; er hat an anderen akustischen Versuchen bereits teilgenommen; absolutes Tonbewußtsein hat früher für Töne der eigenen Violine bestanden, seit er Klavier spielt, hat es sich verloren, von Klaviertönen wird nur *g*¹ und auch nur am eigenen Instrument erkannt, weil dasselbe bei dieser Note eine Klangfarbensingularität zeigt; über die Höhe einfacher Töne ist Versuchsperson völlig im unklaren, und ist sehr verblüfft, als ihr zum Schluß der Versuche gesagt wird, daß von den dargebotenen Tönen keiner wesentlich unter *h* liegt. Die zweite Versuchsperson ist der im zweiten Kapitel bereits erwähnte stud. phil. GOTHOT. Beide machen ihre sämtlichen Versuche unwissentlich. — Sie finden sich schnell in die Aufgabe; nach der ersten Reihe, die ihm vorgeführt wird, bemerkt Herr GOTHOT, „es sei ein Knick darin gewesen, wo der reine Vokal (es war ein *a*) lag“; bei tatonnierenden Versuchen darüber, in welcher Höhe das *u* für ihn läge — auch hierbei wurde selbstverständlich auf vollständige Unwissentlichkeit geachtet —, fand Herr GOTHOT sofort, daß das *u* bei Annäherung von *o* her nur bis zu einer gewissen Grenze besser wurde und dann mit einer neuen Nuance versetzt war, die er zuerst für *g*-artig hielt oder als „brummend“ bezeichnete, dann aber von selbst als *m* erkannte. Herr SACHS gelangte zu dieser Erkenntnis noch schneller: In Tönen bis *d*¹ (288 Schwingungen) hinab fand er noch merklich *o* enthalten; bei einzeln angegebenen *cis*¹ war er unsicher, ob noch eine Spur von *o* darin sei, bemerkte aber sofort, daß eine absteigende Reihe, die ihm von hier aus in gleichmäßigen

Schritten vorgeführt wurde, „zunächst noch bessere *u*, dann aber etwas Neues brachte, das wie *m* klang“. Ich muß freilich hinzufügen, daß Herr SACHS damals alle Versuche über *o a* und *e* erledigt hatte, also in dergleichen Beobachtungen sehr geübt war. Eine Ausnahme gegenüber den anderen Versuchspersonen bildete er insofern, als ihm alle Töne bis über die wie *o* klingenden hinaus eine gewisse Ähnlichkeit mit *u* nicht zu verlieren schienen, die auch für Herrn G. im Anfang bestanden hatte, allmählich aber spurlos verschwand. Nach kurzer Zeit jedoch begann Herr S. zu unterscheiden zwischen diesem *u*, das allen Tönen, die es überhaupt enthielten, als konstanter Faktor beigegeben zu sein schien, und dem variablen *u*, dessen von Stufe zu Stufe erfolgendes Auftreten oder Ausfallen er bei *o*, dessen Ansteigen zum Optimum er bei Einstellung eben des *u* genau verfolgen konnte, wenn er jenem anderen *u* die Aufmerksamkeit nicht zuwandte. Auch in den Synästhesien¹, die Herr S. gelegentlich in geringerem Grade hat, aber auf Instruktion hin unterdrücken kann, unterschieden sich die beiden *u*; denn das variable „ist“ tiefblau, das konstante braun. — Zu den Versuchen des Herrn G. ist noch zu bemerken, daß dieser Versuchsperson jedesmal vor Beginn einer Versuchsgruppe eine Reihe reiner Töne mit dem betreffenden Vokal darin vorgeführt wurde. Es hatte sich gezeigt, daß die Übung bei Herrn G. von Tag zu Tag so schnell nachliefs, daß die ersten Einstellungen jedes Tages etwas größere Streuung zeigten, die dann von Reihe zu Reihe abnahm. Wenn dagegen durch eine derartige Vorführung die Gesamtheit der Qualitätenabstufungen gegenwärtig geworden war, so urteilte er sicherer. Die Bedenken, die gegen dieses Verfahren zu sprechen scheinen, werden wir mit einem allgemeinen Einwand zusammen später entkräften.

Die für *e*-Reihen erforderlichen Tonhöhen sind mit den STERNschen Flaschen nicht herzustellen. Einen ganz notdürftigen Ersatz fanden wir an einer Pfeife der EDELMANNschen kontinuierlichen Tonreihe, die, überblasen², Töne aus dem Gebiet um *c*⁴

¹ Solange genauere Untersuchungen fehlen, möchte der Verfasser die große Häufigkeit von Synästhesien und Assoziationen, durch welche Vokale mit Farben verbunden scheinen, nicht als Argument für die Behauptungen des zweiten Kapitels verwenden. So wurden sie besser gar nicht erwähnt.

² Als Gebläse wurde das des Tonvariators benutzt.

gibt. Die Verstellungen des Pfeifenstempels jedoch kann man nicht gleichmäsig und kaum klein genug machen, mit dem Fehlen einer Skala und der Ungleichheit der Schritte ist die Möglichkeit abgeschnitten, den reinen Vokal zu überschreiten und seine Stelle doch noch anzugeben, wie es bisher geschehen war, und endlich zeigte sich, daß der schrille Ton, den das Instrument beim Überblasen gibt, durch noch so viel Interferenzen nicht völlig zu reinigen war, nicht nur von Obertönen, sondern auch von allerlei anderen Beimengungen. Alles das machte die Versuche über *e*, wenigstens für Frl. v. M. und mich, höchst unangenehm, die beiden anderen Beobachter zeigten sich anspruchsloser und waren eher geneigt, die *e*-Einstellungen besonders leicht zu finden. Beide gaben an, zwischen *a* und *i*, deren Ausfall bei den Versuchen zu beobachten ist, sei ein so großer Unterschied, daß man das optimale *e* kaum ein wenig überschreiten könne, ohne sofort die neue Qualität zu bemerken. Im allgemeinen jedoch wurde nicht abgewartet, bis diese auftrat, sondern, so gut es ging, einfach auf gutes *e* eingestellt; aber da die Versuchsperson bei der Ungleichheit der Schritte nie wissen konnte, ob ein eben gehörtes gutes *e* wirklich das beste war, das in der Reihe vorkam, so zögerte sie bisweilen mit dem Signal und konnte es erst geben, wenn schon Spuren der neuen Qualität bemerkt waren.

Die Herren S. und G. machten zunächst in fünf Tagen je 20 Einstellungen für *o* und *a*, wobei wieder vier Reihen mit demselben Vokal (wie bei den vorigen Versuchen) einander folgten, an einem Tage also im ganzen acht Reihen erledigt wurden. Es schlossen sich an: je 18 Versuche über *e* und *u*, derart, daß an sechs Tagen je sechs Versuche gemacht wurden, an den ersten drei über *e*, den letzten drei über *u*. Innerhalb einer Gruppe von sechs Reihen wurde regelmäsig mit der Annäherungsrichtung gewechselt. Frl. v. M. und der Verfasser machten je 36 Versuche über *e*, ebenfalls immer sechs an einem Tage. Die Resultate aller dieser Reihen sind in der folgenden Tabelle enthalten; in der Rubrik *n* sind die Anzahlen von Versuchen angegeben, aus denen die Daten berechnet wurden. Die Einzelwerte, die jetzt nach jedem einzelnen Versuch bestimmt wurden, finden sich am Schluß der Arbeit.¹

¹ Der Fehler, der von der Art der Messungen herrührt, kann beim *e* bis zu sechs Schwingungen betragen.

Vp.	u					o				
	n	A. M.	Z. W.	M. Z.	m. V.	n	A. M.	Z. W.	M. Z.	m. V.
S.	18	261,2	261,4	258,9— 263,4	2,3	20	521,7	523,9	516,1— 526,7	5,3
G.	18	263,9	264,9	262— 266,6	2,6	20	521,5	523,9	514,5— 529,7	9,6
	a					e				
S.	20	1053	1047,8	1042,8— 1059,4	10,8	18	2085,6	2085,6	2070,8— 2106,8	27,4
G.	20	1057,4	1062,8	1039,2— 1070,8	16	18	2094,8	2095,6	2085,6— 2118,8	25,5
K.						36	2112,4	2118,8	2085,6— 2141,6	35,6
v. M.						36	2094,8	2090,8	2058— 2132,4	35,2

In seiner neueren Darstellung der Lehre von den Gesichtsempfindungen¹ äußert v. KRIES folgendes Bedenken gegen die Annahme ausgezeichneter Empfindungen im Farbensystem: „Ich bin von jeher geneigt gewesen, die erwähnten Empfindungen mit AUBERT als physiologisch (?) direkt charakterisierte Prinzipalfarben anzusehen, muß aber gestehen, daß die Sicherheit meiner Überzeugung in dieser Hinsicht eher ab- als zugenommen hat. Zu einer gewissen Vorsicht dürfen hier die Tatsachen der Akustik mahnen. Auf Grund rein psychologischer Beobachtung würde ich ohne Zweifel in höchstem Maße versucht sein, auch den reinen Vokalklängen eine in der Empfindung fixierte Sonderstellung zuzuschreiben. Ist uns das reine *a* nicht eine ebenso scharf charakterisierte und einheitliche Empfindung, wie das reine Weiß?“ — Dieses Argument, fürchte ich, verliert jetzt seine Beweiskraft ganz, wenn es nicht gar für die Behauptung spricht, gegen die es sich wenden soll. Das zeigt sich sogleich, wenn wir die beiden mitgeteilten Tabellen miteinander vergleichen und aus beiden die Folgerungen ziehen, zu denen sie hinreichenden Anlaß geben: Wenn wirklich in der Reihe einfacher Tonqualitäten empfindungsmäßig ausgezeichnete Punkte vorkommen, so ist zu erwarten, daß sich bei größeren Anzahlen

¹ NAGELS Handb. d. Phys. III (1), S. 138. 1904.

von Versuchen, in denen sie aufgesucht werden, vor allem zwei Bedingungen erfüllt zeigen. Die erste, durch die sich allgemein „typische Werte“ zu erkennen geben, ist ein nahes Zusammenfallen von arithmetischem Mittel und Zentralwert, die zweite ist geringe Streuung der Einzelbestimmungen, gemessen durch die Mittelzone und die mittlere Variation. Nicht notwendig wegen der individuellen Verschiedenheiten phänomenaler Systeme, aber, wenn einmal vorhanden, von um so größerem Gewicht, ist nahe Übereinstimmung der Resultate verschiedener Beobachter. Kommt noch zu alledem eine klare Gesetzmäßigkeit, die auf tieferliegende Zusammenhänge hinweist, so bleibt ein Zweifel nicht mehr möglich.

In physikalischer Messung hat c^1 256, cis^1 271,2 Schwingungen, einem Halbtonschritt entspricht also ein Frequenzunterschied von 15,2 Schwingungen in der Tonhöhe der u -Werte, für die o -Einstellungen ergibt sich entsprechend etwa 30, für a 60 und für e 120. Die Differenzen zwischen arithmetischem Mittel und Zentralwert¹ sind:

Vp.	u	o	a	e
S.	0,2	2,2	5,2	0
G.	1	2,4	5,4	0,8
K.	0,4	2,1	2,5	6,4
v. M.	0,7	0,4	1,5	4,0

Die nächste Tabelle gibt ganz ungefähr an, welchen Bruchteil eines Halbtonschrittes erstens die Mittelzone und zweitens die mittlere Variation ausmachen.

Vp.	u		o		a		e	
	M. Z.	m. V.						
S.	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$
G.	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$
K.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$
v. M.	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

¹ Diese Differenzen müssen trotz der Ungenauigkeit der Messungen der Größenordnung nach ein richtiges Bild geben.

Keine Mittelzone reicht an das Intervall eines Halbtones, keine mittlere Variation an das eines Vierteltones heran.

Eine Subtraktion der größten und kleinsten arithmetischen Mittel, sowie der größten und kleinsten Zentralwerte zeigt, daß die größte vorhandene Abweichung der Beobachter voneinander in beiden Fällen unter einem Vierteltonschritt bleibt.

Division des arithmetischen Mittels von o durch 2, von a durch 4, von e durch 8 und Zusammenstellung der Quotienten mit den Mittelwerten von u ergibt die Tabelle:

Vp.	u	o	a	e
S.	261,2	260,9	263,3	260,7
G.	263,9	260,8	264,4	261,9
K.	262,3	257,5	261,7	264,1
v. M.	265,7	264	263,7	261,9

Die Quotienten sind mit Abweichungen, die im Maximalfall einen Viertelton, sonst aber weit weniger betragen, einander und den u -Werten gleich: Die Punkte, auf welche eingestellt wurde, stehen in Oktaven.

Aus diesen Ergebnissen folgt¹: Die Qualitätenreihen des phänomenalen Tonsystems erstrecken sich zwischen festen, empfindungsmäßig ausgezeichneten Punkten und jede über eine Oktave.

Wiederum sind wir in der Lage, wenigstens eine Art von Bestätigung durch andere anführen zu können. R. KÖNIG² fand, als er die HELMHOLTZschen Versuche über die charakteristischen Tonhöhen der Vokale nachprüfte, daß in der Tat, wie von HELMHOLTZ angegeben war, bei der Mundstellung für a die Stimmgabel b^2 , für o b^1 , für e b^3 vor der Mundhöhle verstärkt wurde. Für i hatte HELMHOLTZ auf anderem Wege — so hohe Stimmgabeln besaß er nicht — d^4 gefunden. KÖNIG überzeugte sich bei Anwendung von Gabeln, daß d^4 zu niedrig sei, ging höher hinauf und fand erst in b^4 den richtigen Wert. Für u hatte DONDERS f^1 , HELMHOLTZ f angegeben; unser Forscher aber

¹ Streng genommen ist der Satz noch nicht für alle Qualitätenreihen bewiesen; einen Schritt in dieser Richtung und einen Ausblick auf weitere bringt der Schlufs des Kapitels.

² Quelques expériences d'acoustique. 1882. S. 42 ff.

vermutete, es möchten alle Resonanzmaxima in Oktaven zueinander stehen, und bekam in der Tat nach der gleichen Methode *b* als charakteristische Note für *u*. „Il me paraît plus que probable“, so heißt es dann, „qu'il faut chercher dans la simplicité de ces rapports la cause physiologique qui fait que nous retrouvons toujours à peu près les mêmes cinq voyelles dans les différentes langues, quoique la voix humaine en puisse produire un nombre indéfini . . .“ Aber die bestimmten Noten, welche sich gefunden haben, werden doch als charakteristisch nur für die Vokale der Norddeutschen angesehen. Sie liegen alle einen Ton niedriger als die ausgezeichneten Punkte der Tonreihe; daß sie von diesen etwas abweichen, ist kein Wunder; daß sie sämtlich genau *b* wären, kann man wohl mit der HELMHOLTZSchen Resonanzmethode und bei der Gefahr, die Form der Mundhöhle während der Versuche zu verändern, gar nicht erweisen. — TREBS hat bei einer Untersuchung über „Die Harmonie der Vokale“¹, d. h. über sprachliche Doppelbildungen („Variationen“) von der Art des „Ticktack, Klippklapp“ usf. die von verschiedenen Forschern angegebenen charakteristischen Obertöne zusammengestellt und findet, daß „zwischen den Schwingungszahlen der charakteristischen Obertöne . . . eine wichtige Beziehung (besteht): die Resonanztöne der Vokale bilden Oktaven miteinander.“ (Dabei ist der Autor offenbar über KÖNIGS Versuche nicht unterrichtet.) Die speziellen Angaben freilich zeigen, daß es bei diesem Gesetz nicht nur auf reine Vokale ankommt; denn als Beweismittel wird neben *u* . . . *o* auch *â* . . . *a* und *ä* . . . *i* angeführt u. dergl. — Immerhin sieht man, wie die psychische Gesetzmäßigkeit sich deutlich in physikalischen Vorgängen zu erkennen gibt, auf die sie Einfluß hat; denn nicht die Vorgänge im Sprachmechanismus sind, wie wohl TREBS und KÖNIG meinen, das Primäre, sondern jene Eigenschaft des phänomenalen Tonsystems.

Übrigens ist der Verfasser nicht irgendwie durch diese beiden Autoren beeinflusst worden. Die betreffenden Abhandlungen hat er beide erst gelesen, als die oben mitgeteilten Resultate bereits feststanden.

Vielleicht aber ist doch jemand zu dem Gedanken geneigt, eine unbemerkte Tonhöhe aus den „empirischen“ Vokalen habe sich in unbemerkter Assoziation so fest mit der Vorstellung z. B. des *a*-Klanges assoziiert, daß sie nun mit erstaunlicher Sicherheit

¹ *Archiv f. d. ges. Psych.* 14. 1909.

eben die Vorstellung eines *a* reproduziere — nein doch! daß sie (bei unbemerkten Assoziationen ist das ganz anders) selbst als *a* beurteilt werde. Aber es ist gar kein Grund ersichtlich, weshalb die Mundhöhle an Resonanzstellungen Gefallen finden sollte, die um Oktaven voneinander entfernt sind, und jeder, der nur oberflächlich hinhören will, wird finden, welche reiche Skala ganz verschiedener *a* er und seine Umgebung in buntem Wechsel hervorbringen. Ganz abgesehen übrigens von den unüberwindlichen Schwierigkeiten, die sich auf diesem Wege sonst schon ergeben würden — er ist ja durch Ergebnisse des ersten Kapitels schlechterdings versperrt. Selbst wenn es Formanten geben sollte — und auch das wird kaum mehr jemand behaupten wollen —, so müßte ihre Tonhöhe nach jenen Versuchen Schwankungen unterliegen, die ein hohes Vielfaches der mittleren Variationen bei unseren letzten Einstellungen wären. Denn anderenfalls wären sie notwendig bei Ausschaltung der harmonischen Teiltöne, wie wir sie damals vornahmen, und bei Freilegung der kritischen Gebiete, wie sie in den Kontrollversuchen angewendet wurde, zum Vorschein gekommen.

Von ganz anderer Seite her könnte man zu einem Einwand kommen, wenn man die absoluten Schwingungszahlen der eingestellten Töne betrachtet: sie fallen mit den *c* der gegenwärtig üblichen musikalischen Stimmung ziemlich genau zusammen. Eben diese Noten, so könnte man sagen, sind uns durch die musikalische Kultur irgendwie ausgezeichnet geworden, und wenn schon die Vokalähnlichkeit einfacher Töne zugegeben werden mag, — die Genauigkeit der Resultate, die Übereinstimmung der Beobachter und der Oktavenabstand zwischen den Tonhöhen für verschiedene Vokale, lassen sich vielleicht hiermit in Zusammenhang bringen, so daß diese drei Umstände ihre Beweiskraft für die Existenz empfindungsmäßig ausgezeichneter Punkte verlieren. Aber wieder könnte nur für Herrn S., der früher absolutes Tonbewußtsein für die Violine besaß, eine derartige Einwirkung scheinbar in Betracht kommen, für die übrigen Beobachter ist *c* gewiß keine ausgezeichnete Note, und Herr S. erkennt die Höhen reiner Töne so wenig wie wir. Bei Herrn G. vor allem kann ich nicht ohne einige Heiterkeit an die ausgesprochene Möglichkeit denken; auf ihn hat musikalische Kultur gewiß nicht sehr gewirkt. Wenn also kein Zufall vorliegt, so würde ich eher vermuten, C-dur sei irgendwie bevorzugte Tonart

geworden, weil in den verschiedenen *c* der musikalischen Instrumente der Grundton und einige Obertöne mit ausgezeichneten Punkten des akustischen Qualitätensystems zusammenfallen.¹

Man könnte ferner das Gedächtnis für Tonhöhen noch heranziehen, um wenigstens den Oktavenabstand der eingestellten Töne zu erklären. Es sei vielleicht bei *o* z. B. ein *c* aus irgend welchen anderen Gründen getroffen worden, aber das nun alle übrigen Hauptqualitäten gerade auf die *c* anderer Oktaven fielen, sei durch eine Nachwirkung der *o*-Versuche zu erklären. Dagegen genügt das Argument, das alle Beobachter außer mir Vorversuche mit *o* und *a* zugleich begonnen haben, so das ebensowohl die Tonhöhe des *a*, wenn sie von der des *o* abweiche, zu jener Einwirkung hätte Anlaß geben können.

Aber würde nicht das Gedächtnis, entweder für Tonhöhen oder für die Eigenschaft der Töne, die wir ihre Qualität genannt haben, wenigstens die Sicherheit der Einstellungen auf anderem Wege erklären lassen? Man hat sich eben in den ersten Versuchen eine Tonhöhe oder eine Qualität gemerkt und stellt immer wieder auf sie ein, — so wäre dieser Einwand zu formulieren. Aber wer Tonreihen wie die in unseren Versuchen vorgeführten selbst einmal beobachtet hat, der muß sich für außerstande erklären, während des angestregten Hörens die Höhe oder die Qualität früher eingestellter Töne zu behalten, vielmehr wird die Nachwirkung vorausgegangener Versuche schon durch die ersten Glieder einer neuen Reihe in einer Weise ausgelöscht, die der am Tachistoskop verwendeten Methode der auslöschenden Reize in manchem einigermaßen ähnlich ist. Aus diesem Grunde ist auch die vor den Versuchen stattfindende Vorführung einer Reihe, wie sie bei Herrn G. zur Anwendung kam, recht harmlos. Ich selbst habe mir vor Vorversuchen über *e* gelegentlich *e*-Reihen vorführen lassen und fand, das es völlig unmöglich ist, die Tonhöhe oder Qualität, die einem dabei als „Wendepunkt“ erschienen ist, während der folgenden Versuche zu behalten oder auch nur wiederzuerkennen, wenn sie von neuem vorkommt. Ein Punkt der Reihe ist es, den man treffen muß, sollen die Versuche überhaupt gute Resultate geben, und das „Reihenbewußtsein“ würde sofort unmöglich gemacht, wenn man nach der Tonhöhe oder der Qualität früherer Einstellungen urteilen wollte.

¹ Dagegen spricht freilich, das die Toniken von *C*-dur früher andere Höhen hatten.

Welchen Zweck überhaupt die vorbereitende Reihe haben kann, sehen wir bei Besprechung eines weiteren Einwandes. Wir haben oben geschildert, wie deutlich dem Verfasser schon bei den Vorversuchen das allmähliche Ausfallen der einen Nuance und das erste Auftreten der neuen beim Passieren des gesuchten Punktes gewesen war. Sollte man danach nicht erwarten, daß überhaupt keine Unterschiede zwischen den Einstellungen bestehen, aufser denen, die selbstverständlich sind, weil im allgemeinen die Glieder der einen Reihe unter denen der nächsten gar nicht vorkommen, sondern zwischen diese fallen? Jeder, der die MÜLLER-LYERSche Täuschung kennt, wird sich von vornherein sagen, daß eine derartige Genauigkeit nicht erwartet werden kann. Es sind in diesen Versuchen wie bei jener Täuschung Momente wirksam, die den Beobachter, ohne daß er es weiß, etwas ganz anderes beurteilen lassen, als beabsichtigt ist. Jeder starke Ton nach mehreren schwächeren — und die Töne der STERNschen Flaschen wie die der EDELMANNschen Pfeife sind leider von sehr ungleicher Intensität —, jeder Ton, zu dem von den vorhergehenden ein etwas größerer Schritt führt — und die Proportionalität zwischen Skalenverschiebungen an den Flaschen und Frequenzveränderungen der Töne ist oftmals merklich gestört —, kurz, jede auffallende Unregelmäßigkeit in der Abfolge der Töne hat gewisse Chancen, mit der einen Veränderung verwechselt zu werden, auf die es ankommt, zumal natürlich die Aufmerksamkeit während einer Reihe nicht immer maximal gespannt ist.¹ Hätten wir ideale akustische Instrumente, so ließen sich gewiß die mittleren Variationen der Einstellungen noch beträchtlich verringern. Bei dem Beobachter, der den geschilderten Einflüssen besonders zugänglich war, glaubten wir durch eine Vorführung der in Betracht kommenden Qualitäten vorläufig Abhilfe schaffen zu sollen. War das ein Fehler, so vermag er doch die Übereinstimmung dieser Versuchsperson mit den übrigen, sowie das Oktavenverhältnis der von ihr eingestellten reinen Vokale nicht zu erklären.

¹ Durch Einflüsse dieser Art ist es vielleicht auch zu erklären, daß die *o*-Einstellungen des Verfassers, die in den Vorversuchen ähnliche Mittelwerte ergaben, wie die Hauptversuche der anderen Versuchspersonen, in seinen Hauptreihen merklich nach unten abweichen. Bei gelegentlichen Kontrollversuchen der letzten Zeit fanden sich Werte, die um die der anderen Beobachter gruppiert waren.

Ist es nicht endlich seltsam, daß scheinbar gerade den deutschen Hauptvokalen ausgezeichnete Punkte entsprechen? Die Antwort liegt nahe: die reinen Vokale unter den einfachen Tönen haben mit den deutschen Vokalen wohl nicht mehr zu tun, als mit denen der englischen, japanischen oder Herero-Sprache. Bei den einfachen Hauptvokalen — darauf kommt es hier an¹ — weichen unsere Sprachgewohnheiten ungefähr ebenso sehr von der „Reinheit“ ab wie die anderer Völker, und die Engländer z. B. haben mit ihrem *â* etwa in dem Worte „*thought*“ nur einen Parallelfall ausgebildet zu dem deutschen *ä* etwa in dem Worte „*Währung*“. — Auch der Deutsche stellt bei Versuchen wie den mitgeteilten nicht etwa auf eine Qualität ein, die ihm ganz geläufig wäre, sondern lernt an Reihen von reinen Tönen allmählich den ausgezeichneten Punkt treffen, aus dessen qualitativer Umgebung diejenigen Töne stammen, welche in den *a*-Schattierungen seiner Sprache dominieren. Im zweiten Kapitel wurde von einer recht allgemeinen Tendenz der Versuchspersonen gesprochen, statt tieferer Stimmgabeln, die ihnen im Anfang als gutes *a* erschienen, später etwas höhere anzugeben, die ihnen erst zu „hell“ vorgekommen waren. Es ist zu vermuten, daß in gewissen norddeutschen Dialekten das Durchschnitts-*a* etwas nach *o* hinneigt und die Beobachter — es waren in den Vorversuchen fast ausschließlich Norddeutsche — allmählich von dieser Sprachgewohnheit abkamen.

Besser jedoch als alle Erörterungen dürften die Versuche für unsere Sätze sprechen, die ganz zum Schluß Frl. v. M. und der Verfasser über einen weiteren ausgezeichneten Punkt anstellten. Das *i* zu untersuchen, war unmöglich, weil kein Instrument sich als brauchbar erwies; da jedoch die Gabel von 4000 Schwingungen von allen drei Beobachtern der Konstanzversuche gelegentlich als nach *e* abweichend, eine andere von 4800 als schon nicht mehr gutes *i*, als jenseits von *i* liegend bezeichnet worden war, und in der kleinen Terz zwischen beiden die Schwingungszahl liegt, die der Oktave der *e*-Einstellungen entspricht, so kann eine Bestätigung des Oktavengesetzes auch in diesem Falle von zukünftigen Versuchen wohl erwartet werden. — Wir wandten uns derjenigen Qualitätenreihe zu, in der dicht unter dem reinen *u* die ersten Spuren von *m* auftreten. Wegen

¹ Die uns so fremden amerikanischen Vokale bestehen aus Nuancen, die sukzessiv ineinander übergeführt werden.

der Wichtigkeit der Versuche will ich berichten, wie wir zunächst ungefähr die Tonhöhe bestimmten, in der das *u* verschwindet, und die Aufzeichnungen mitteilen, die ich als Beobachter bei diesen Versuchen machte. Frl. v. M. stellte, von einer mir unbekanntem Tonhöhe ausgehend, am Tonvariator immer tiefere Töne ein, zwischen denen willkürliche Schritte lagen, und ich hatte die Änderung der Qualität zu beurteilen. Zwischen je zwei Urteilen verging längere Zeit, weil das Stimmen, das Berechnen der Interferenzen und das Einstellen der Röhren von Frl. v. M. allein vorzunehmen war. Während dieser Operationen verließ ich den Beobachtungsraum und beschäftigte mich mit wissenschaftlicher Lektüre. So bin ich vollständig sicher, daß mir die Höhe des vorher gegebenen Tones vollständig entschwunden war, wenn der nächste beurteilt wurde, so daß durch die Vermeidung von Intervallurteilen und die Unbekanntheit des Ausgangspunktes jede Tonhöhenkenntnis ausgeschlossen war.

Ich notierte:

1. bei *h* . . . *u* mit etwas *m*. Der Ton liegt unzweifelhaft unter dem *u*.
2. bei *g* . . . etwa ebensoviel *m* wie *u*. Ein direktes Urteil über die Tonhöhe ist unmöglich; die Höhe des vorigen Tones ist ganz vergessen. Wenn ich nach dem scheinbaren „Valenzenverhältnis“ der Qualität einen Analogieschluss zu anderen Oktaven machen sollte, würde ich sagen, *g* oder *gis* (höchstens *a*). Nach der Qualität könnte der erste Ton ein *h* gewesen sein.
3. bei *f* . . . kein großer Qualitätenunterschied gegen das vorige Mal. Ich möchte fast „ $\frac{2}{3} m$, $\frac{1}{3} u$ “ und danach auf *e* oder *f* schätzen.¹
4. bei *d* . . . noch etwas *u*. Es dürfen keine großen Schritte mehr kommen.
5. bei *c* . . . vielleicht schon jenseits von *m*. Jedenfalls dem sehr nahe.

¹ Da nach dem „Valenzenverhältnis“ unbekannter Qualitäten die Tonhöhe annähernd erkannt werden kann, liegt der Gedanke nahe, der Oktavensatz sei noch zu erweitern und etwa so zu formulieren: homologe Punkte von Qualitätenreihen des phänomenalen Tonsystems liegen in Oktaven. Dieser Satz läßt wohl experimentelle Prüfung zu.

Dasselbe Verfahren wurde noch dreimal (mit anderem Ausgangspunkt und anderen Schritten natürlich) angewendet, immer mit dem gleichen Resultat; und da einige Reihen sehr bald zu subjektiver Gewisheit darüber führten, daß bei absteigendem Verfahren von einem gewissen Punkte an das m eine stetig wachsende neue Beimengung erhielt, für die ich freilich kein Analogon aus der Sprache wußte, so wurden nach einigen Vorversuchen die Hauptreihen begonnen. Ihre Resultate für Frl. v. M. (die sich beim ersten Auffinden des u -freien m ganz so verhielt wie ich) und für den Verfasser enthält die Tabelle; die Schritte von Ton zu Ton entsprachen einer Differenz von $\frac{3}{4}$ Schwingungen und folgten bei diesen Versuchen einer revidierten Skala. Die Fehler der Messung liegen unter $\frac{3}{8}$ Schwingung.

Vp.	n	m			
		A. M.	Z. W.	M. Z.	m. V.
v. M.	36	131,9	132,4	131—133,3	1,5
K.	36	131,6	131,7	130,4—132,4	1,5

Wenn man die arithmetischen Mittel der Einstellungen mit 2 multipliziert, erhält man in Übereinstimmung mit der vorigen Tabelle (S. 72) die Werte 263,8 und 263,2: Die Qualitätenreihe zwischen m und u erstreckt sich wie die übrigen über eine Oktave. Über die unterhalb von m auftretende neue Qualität vermag Frl. v. M. ebensowenig ein sicheres Urteil abzugeben wie ich, ihr allmähliches Auftreten wie ihr Verschwinden dagegen sind uns völlig deutlich.

Ohne vorläufig zwingende Gründe anzugeben, darf zum Schluß der Verfasser eine Vermutung über diejenigen Qualitäten äußern, die oberhalb des i liegen. Subjektive Töne aus der fünfgestrichenen Oktave sowie der Ton der erwähnten Gabel von 4800 Schwingungen setzen sich für ihn genau so aus i und dem Konsonanten s zusammen, wie solche unterhalb von c^1 aus u und m . Zu gleicher Zeit — bei Schluß der Untersuchungen — und unabhängig ist Herr SACHS, der eine sehr interessierte Versuchsperson war, auf denselben Gedanken gekommen; er erinnerte sich an frühere akustische Versuche mit höchsten Tönen, bei denen er Beobachter war, und fand, daß diese wie i — s geklungen hatten. Endlich erscheint es Frl. v. M. wie dem Ver-

m		u			o			a			e		
v. M.	K.	S.	G.	v. M.	K.	S.	G.	v. M.	K.	S.	G.	v. M.	K.
127,1	128,1	256,2	257,3	255,8	248,2	508,4	499,9	499,2	497,5	1035,4	1029	1025,8	1025,8
128,6	128,6	257,3	258,9	258,3	250,2	508,4	499,9	503,5	501,5	35,4	29	27,8	27,4
128,6	128,6	257,3	260,7	259,8	251,7	514,5	499,9	509,7	503,4	42,8	35,4	28,8	30,8
129,4	129,4	258,9	260,7	259,8	255,9	514,5	512,4	511,2	505,4	42,8	35,4	30,8	33,8
129,4	129,4	258,9	262	259,8	257,5	514,5	514,5	514,2	505,4	42,8	35,4	30,8	35,4
129,4	129,4	258,9	262	260,8	258,2	517,7	514,5	515	505,5	42,8	42,8	32,8	35,4
130,4	129,4	260,7	263,4	260,8	258,8	517,7	517,7	517,9	506,7	42,8	42,8	34,3	35,8
131	130,4	260,7	263,4	261,3	258,9	521,4	517,7	518,2	507,5	47,8	53,4	36,8	36,8
131	130,4	260,7	264,9	261,8	258,9	521,4	523,9	518,2	508,4	47,8	53,4	38,5	38,4
131	130,4	262	264,9	262,3	258,9	523,9	523,9	519,4	508,9	47,8	59,4	40,4	38,8
131	130,4	262	264,9	263	259	523,9	523,9	519,7	509,4	47,8	66,2	43,9	39,4
131	131	262	264,9	263,3	259,2	523,9	523,9	520,2	509,9	53,4	66,2	47,5	39,4
131	131	262	264,9	264,8	259,7	526,7	526,7	520,9	510,4	53,4	66,2	48,8	39,8
131	131	263,4	266,6	264,8	260,9	526,7	526,7	521,2	510,5	59,4	66,2	52,4	39,8
131,7	131	263,4	266,6	264,8	261,9	526,7	529,7	522,5	510,9	59,4	70,8	52,5	40,8
131,7	131	263,4	266,6	265	261,9	526,7	529,7	522,5	512	59,4	70,8	52,8	41,8
131,7	131	266,6	267,7	265,8	261,9	526,7	533,1	523	512,4	66,2	70,8	53,4	41,8
132,4	131,7	266,6	269,9	265,8	262	526,7	533,1	524,5	512,4	66,2	79,4	54,8	42,8

132,4	131,7	265,8	262	529,7	535,4	526,9	512,4	79,4	88,4	54,9	42,8	95,6	118,8
132,4	131,7	266,3	262,5	533,1	544,2	527,4	512,4	88,4	88,4	56,3	43,8	106,8	118,8
132,4	132,4	266,5	262,9			527,7	513,4			56,4	44,8	106,8	118,8
132,4	132,4	266,7	263,2			528,9	513,4			57,4	46,8	106,8	118,8
132,4	132,4	266,7	263,2			529,2	513,9			58,3	46,8	118,8	132,4
132,4	132,4	266,8	263,4			531,7	514,2			59,8	49,8	118,8	132,4
132,4	132,4	266,8	264,3			532,7	514,4			60,8	51,8	118,8	132,4
133,3	132,4	267,2	264,9			536,7	514,5			61,4	52,8	132,4	132,4
133,3	132,4	267,3	265,2			537	515,4			62,3	53,8	132,4	141,6
133,3	132,4	267,8	265,5			537,7	518,5			64,3	53,8	132,4	141,6
133,3	133,3	268	265,9			537,7	520,4			66	54,8	132,4	141,6
133,3	133,3	268,5	266,1			538	521,4			66,4	54,8	132,4	158,8
133,9	133,9	268,5	266,3			538,5	523,4			67,3	56,4	132,4	158,8
133,9	133,9	268,8	266,6			539,7	523,5			67,5	56,8	141,6	166,8
133,9	133,9	269,5	266,6			540,4	524,4			69,4	56,8	158,8	166,8
133,9	133,9	269,8	266,8			541,2	524,5			69,4	56,8	158,8	166,8
134,9	133,9	270,3	267,1			541,2	526			71,4	57,4	166,8	176,8
135,4	134,9	270,5	267,2			542,5	529,4			72,5	58,4	176,8	228
		270,7	267,7			544	529,7			72,5	63,8		
		271,8	269			545,4	530,4			75,3	64,4		
		272,8	270,7			546,2	531,5			84,3	66,4		
		273,8	272			546,5	534,2			86	74,4		

fasser so, als schlösse sich an das *s* noch weiter aufwärts das sogenannte „vordere“ *ch* (z. B. in „lächeln“) an. Die Konsonanten *s* und *ch* werden bisher, wenn sie bei hohen Pfeifen vorkommen, nicht als solche wiedererkannt und kurzweg als Blasegeräusche behandelt. Dieses merkwürdige Blasegeräusch ist aber an bestimmte Höhenggebiete durchaus gebunden und zeigt deutlich qualitative Abstufungen noch bei Schwingungszahlen, wo man längst in jeden Ton jede Tonhöhe hineinhören kann. Sind die ausgesprochenen Vermutungen richtig — und die Erfahrungen HERMANN'S bei Aufnahmen von Konsonanten mit dem Phonographen sprechen zu ihren Gunsten —, so haben wir zwei weitere Hauptkomponenten aller „Geräusche“ als Qualitäten einfacher Tonempfindungen anzusehen; denn wie die der Vokale ist die Erzeugung der Konsonanten nicht ein akustisches Privileg des Menschen; für den, der hören will, klingen sie überall, und wieder haben wir einen ausreichenden Beleg in den klangmalenden Worten aller Sprachen.

Dafs die mitgeteilten Tatsachen nicht einfach an das angereiht werden können, was bisher geläufige Anschauung über den Tonsinn war, haben wir sogleich zu erkennen gegeben, indem wir den Begriff der Tonhöhe, der den Platz der Tonqualität widerrechtlich eingenommen hat, aus seiner Stellung zu verdrängen suchten. In dieser Hinsicht viele schon jetzt überzeugt zu haben, darauf rechnen wir nicht; doch zweifeln wir nicht daran, dafs man uns später beistimmen wird, wenn weitere Argumente hinzukommen. — Die Frage nach den physiologischen Grundlagen der angegebenen Tatsachen wurde absichtlich nicht berührt; noch ist die Zeit nicht dazu. Sehen wir recht, so hat jetzt die Pathologie das Wort: Ausfallserscheinungen könnten uns weiter führen.

Meinen Versuchspersonen sage ich für ihre freundliche Mitwirkung, meiner Mitarbeiterin Frl. v. MALTZEW für ihre immer hilfsbereite Güte, Herrn Geheimrat STUMPF für die unbeschränkte Überlassung der Hilfsmittel des Psychologischen Instituts und ihre Ergänzung für die Zwecke der Arbeit herzlichen Dank.